

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

## FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



Trabajo de Suficiencia Profesional

Diseño de un Artefacto Fluvial Tipo Pontón para el Tránsito de Personas y  
Embarque de Carga como Parte de un Muelle Fluvial para el Distrito de Puinahua en  
la Región Loreto

Para obtener el título profesional de:

Ingeniero Naval

Elaborado por:

Juan Carlos Javier Puma Reátegui

ID [0009-0005-4245-6254](#)

Asesor:

Dr. Víctor Nilo Acosta Pastor

ID [0009-0000-1036-2185](#)

LIMA – PERÚ

2024

---

Citar/How to cite	(Puma, 2025)
Referencia/Reference	Puma, J. (2025). <i>Diseño de un Artefacto Fluvial Tipo Pontón para el Tránsito de Personas y Embarque de Carga como Parte de un Muelle Fluvial para el Distrito de Puinahua en la Región Loreto</i> [Trabajo de Suficiencia Profesional, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

---

## TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN.....</b>	<b>XII</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>XIII</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>XIV</b>
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>1</b>
1.1. ANTECEDENTES .....	1
1.2. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	4
1.3. OBJETIVOS .....	5
1.3.1. <i>Objetivo General</i> .....	5
1.3.2. <i>Objetivo Específico</i> .....	5
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	6
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>7</b>
2.1. MUELLES .....	7
2.1.1. <i>Clasificación De Muelles</i> .....	7
2.1.1.1. <i>Clasificación Según Funcionalidad. Según el tipo de mercancía o personas que se embarca o manipula. Estos pueden ser comerciales, pesqueros, industriales, militares o deportivos.</i> .....	7
2.1.1.1.1. <i>Comerciales</i> .....	7
2.1.1.1.2. <i>Pesqueros</i> .....	8
2.1.1.1.3. <i>Industriales</i> .....	8
2.1.1.1.4. <i>Militares</i> .....	8
2.1.1.1.5. <i>Deportivos</i> .....	9
2.1.1.2. <i>Clasificación Según Estructura. Según el tipo de elementos utilizados en su construcción.</i> .....	9
2.1.1.2.1. <i>Cerrados</i> .....	9
2.1.1.2.2. <i>Abierto</i> .....	10
2.1.1.2.3. <i>Flotantes</i> .....	10
2.1.1.3. <i>Clasificación Según su Configuración Espacial. Según la disposición de este frente a la zona de emplazamiento.</i> .....	11
2.1.1.3.1. <i>Marginal</i> .....	11
2.1.1.3.2. <i>Espigón</i> .....	11
2.1.1.3.3. <i>Tipo “T”</i> .....	12

<b>2.1.1.3.4. <i>Tipo Isla</i></b> .....	12
<b>2.1.2. <i>Muelles Flotantes</i></b> .....	13
<b>2.1.2.1. Componentes de un Muelle Flotante. Los componentes básicos de un muelle flotante se pueden descomponer en los siguientes:</b> .....	14
<b>2.1.2.1.1. <i>Pontón Flotante</i></b> .....	14
<b>2.1.2.1.2. <i>Puente de Acceso</i></b> .....	15
<b>2.1.2.1.3. <i>Sistema de Amarre y Fondeo</i></b> .....	16
<b>2.2. ESTUDIOS PREVIOS PARA EL DESARROLLO DEL MUELLE</b> .....	19
<b>2.2.1. <i>Batimetría</i></b> .....	19
<b>2.2.2. <i>Topografía</i></b> .....	19
<b>2.2.3. <i>Correntometría</i></b> .....	20
<b>2.3. INGENIERÍA NAVAL</b> .....	20
<b>2.3.1. <i>Curvas Hidrostáticas</i></b> .....	21
<b>2.3.2. <i>Estabilidad</i></b> .....	22
<b>2.3.3. <i>Elementos Estructurales</i></b> .....	26
<b>2.3.4. <i>Normativa Aplicada a la Construcción de Muelles Flotantes</i></b> .....	27
<b>CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO</b> .....	28
<b>3.1. CÁLCULO ESTRUCTURAL</b> .....	28
<b>3.1.1. <i>Consideraciones Generales</i></b> .....	28
<b>3.1.2. <i>Cálculo de Planchaje de Casco</i></b> .....	30
<b>3.1.2.1. <i>Planchaje de Cubierta</i></b> .....	30
<b>3.1.2.2. <i>Planchaje de Fondo</i></b> .....	30
<b>3.1.2.3. <i>Planchaje de Pantoque</i></b> .....	31
<b>3.1.2.4. <i>Planchaje de Costado</i></b> .....	31
<b>3.1.2.5. <i>Planchaje de Espejos</i></b> .....	32
<b>3.1.3. <i>Cálculo de Refuerzos de Fondo de Casco</i></b> .....	32
<b>3.1.3.1. <i>Longitudinales de Fondo</i></b> .....	32
<b>3.1.3.2. <i>Vagras Reforzadas</i></b> .....	33
<b>3.1.3.3. <i>Varengas Reforzadas</i></b> .....	34
<b>3.1.4. <i>Cálculo de Refuerzos del Costado</i></b> .....	35
<b>3.1.4.1. <i>Longitudinales del Costado</i></b> .....	35
<b>3.1.4.2. <i>Cuadernas Reforzadas</i></b> .....	36
<b>3.1.5. <i>Cálculos de Refuerzo de Cubierta</i></b> .....	37
<b>3.1.5.1. <i>Longitudinales de Cubierta</i></b> .....	37
<b>3.1.5.2. <i>Esloras</i></b> .....	38

3.1.5.3. Baos .....	39
3.1.6. Mamparos Estancos.....	40
3.1.6.1. Mamparo de Tanque de Colisión.....	40
3.1.6.2. Mamparos de Compartimientos Estancos.....	41
3.2. CÁLCULO DE PESOS .....	43
3.2.1. Materiales .....	43
3.2.2. Soldadura .....	43
3.2.3. Pesos Teóricos de la Ficha Técnica.....	43
3.2.4. Pesos Calculados de Planos .....	44
<b>CAPÍTULO IV: ESTUDIO DE ESTABILIDAD SIN AVERÍA.....</b>	<b>51</b>
4.1. INFORMACIÓN SUSTENTADORA .....	51
4.2. REFERENCIAS GEOMÉTRICAS .....	51
4.3. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.....	52
4.4. CONSIDERACIONES AL ANÁLISIS .....	53
4.5. CRITERIOS DE ESTABILIDAD APLICADOS.....	54
4.5.1. <i>Código Internacional de Estabilidad Sin Avería (Código IS)</i> .....	54
4.5.2. <i>Notas explicativas del Código Internacional de Estabilidad sin Avería</i> ....	55
4.5.3. <i>Normas para construcción y Clasificación de Embarcaciones de Navegación Interior – American Bureau Shipping</i> .....	56
4.6. ESTABILIDAD SIN AVERÍA .....	58
4.6.1. <i>Condición Intacta 01: Pontón en Liviano / Brazo en Posición Inicial</i> .....	58
4.6.2. <i>Condición Intacta 02: Pontón con 25% de Carga en Cubierta / Brazo en Posición Inicial</i> .....	60
4.6.3. <i>Condición Intacta 03: Pontón con 50% de Carga en Cubierta / Brazo en Posición Inicial</i> .....	63
4.6.4. <i>Condición Intacta 04: Pontón con 75% de Carga en Cubierta / Brazo en Posición Inicial</i> .....	65
4.6.5. <i>Condición Intacta 05: Pontón con 100% de Carga en Cubierta / Brazo en Posición Inicial</i> .....	68
4.6.6. <i>Condición Intacta 06: Pontón con 100% de Carga en Cubierta / Brazo en Posición de Operación</i> .....	70
<b>CAPÍTULO V: RESULTADOS.....</b>	<b>73</b>
5.1. FORMA DEL CASCO .....	73
5.2. COMPARTIMENTADO .....	74

<b>5.3. PLANCHAS Y PERFILES ESTRUCTURALES .....</b>	<b>74</b>
<b>5.4. SECCIÓN MAESTRA Y MAMPARO TÍPICO .....</b>	<b>79</b>
<b>5.5. ACCESORIOS DEL CASCO .....</b>	<b>79</b>
<b>5.6. MARCAS EN EL PONTÓN .....</b>	<b>83</b>
<b>5.7. PINTURA .....</b>	<b>84</b>
<b>5.7.1. <i>Pintado General</i> .....</b>	<b>84</b>
<b>5.7.2. <i>Plan de Pintado</i>.....</b>	<b>84</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>86</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>87</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>88</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>90</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Refuerzo de Barcaza – “Refuerzo B”</i>	28
<i>Tabla 2 Planchaje de Cubierta</i>	30
<i>Tabla 3 Planchaje de Fondo</i>	31
<i>Tabla 4 Planchaje de Pantoque</i>	31
<i>Tabla 5 Planchaje de Costado</i>	31
<i>Tabla 6 Planchaje de Espejos</i>	32
<i>Tabla 7 Módulo de Sección Requerido – Longitudinales de Fondo</i>	32
<i>Tabla 8 Módulo de Sección Requerido – Vagra Reforzada</i>	33
<i>Tabla 9 Módulo de Sección Requerido – Varenga Reforzada</i>	34
<i>Tabla 10 Módulo de Sección Requerido – Longitudinales de. Costado</i>	35
<i>Tabla 11 Módulo de Sección Requerido – Cuaderna Reforzada</i>	36
<i>Tabla 12 Módulo de Sección Requerido – Longitudinales de Cubierta</i>	37
<i>Tabla 13 Módulo de Sección Requerido – Eslora</i>	38
<i>Tabla 14 Módulo de Sección Requerido – Bao</i>	39
<i>Tabla 15 Espesor de Mamparo de Tanque de Colisión</i>	40
<i>Tabla 16 Módulo de Sección Requerido</i>	41
<i>Tabla 17 Espesor de mamparos estancos</i>	41
<i>Tabla 18 Módulo de sección requerido</i>	42
<i>Tabla 19 Propiedades Mecánicas A131 – Gr. A</i>	43
<i>Tabla 20 Propiedades Mecánicas A36 – Gr. A</i>	43
<i>Tabla 21 Elementos &amp; Perfiles</i>	44
<i>Tabla 22 Planchaje – Espesores Nominales</i>	44
<i>Tabla 23 Peso de Planchas y Perfiles</i>	45
<i>Tabla 24 Valores de <math>C_h</math></i>	57
<i>Tabla 25 Condición Intacta 01: Pesos y CG</i>	58
<i>Tabla 26 Condición Intacta 01: Condición de Equilibrio</i>	58
<i>Tabla 27 Condición Intacta 01: Corrección de Curvas Cruzadas de Estabilidad</i>	59
<i>Tabla 28 Condición Intacta 01: Criterios de Estabilidad</i>	59
<i>Tabla 29 Condición Intacta 02: Pesos y CG</i>	60
<i>Tabla 30 Condición Intacta 02: Condición de Equilibrio</i>	61
<i>Tabla 31 Condición Intacta 02: Corrección de Curvas Cruzadas de Estabilidad</i>	61
<i>Tabla 32 Condición Intacta 02: Criterios de Estabilidad</i>	62
<i>Tabla 33 Condición Intacta 03: Pesos y CG</i>	63

Tabla 34 Condición Intacta 03: Condición de Equilibrio	63
Tabla 35 Condición Intacta 03: Corrección de Curvas Cruzadas de Estabilidad	64
Tabla 36 Condición Intacta 03: Criterios de Estabilidad	64
Tabla 37 Condición Intacta 04: Pesos y CG	65
Tabla 38 Condición Intacta 04: Condición de Equilibrio	66
Tabla 39 Condición Intacta 04: Corrección de Curvas Cruzadas de Estabilidad	66
Tabla 40 Condición Intacta 04: Criterios de Estabilidad	67
Tabla 41 Condición Intacta 05: Pesos y CG	68
Tabla 42 Condición Intacta 05: Condición de Equilibrio	68
Tabla 43 Condición Intacta 05: Corrección de Curvas Cruzadas de Estabilidad	69
Tabla 44 Condición Intacta 05: Criterios de Estabilidad	69
Tabla 45 Condición Intacta 06: Pesos y CG	70
Tabla 46 Condición Intacta 06: Condición de Equilibrio	71
Tabla 47 Condición Intacta 06: Corrección de Curvas Cruzadas de Estabilidad	71
Tabla 48 Condición Intacta 06: Criterios de Estabilidad	72
Tabla 49 Módulo de Sección – Longitudinal de Fondo	75
Tabla 50 Módulo de Sección – Vagra Reforzada	75
Tabla 51 Módulo De Sección – Varenga Reforzada	75
Tabla 52 Módulo de Sección – Longitudinales de Costado	75
Tabla 53 Módulo de Sección – Cuaderna Reforzada	76
Tabla 54 Módulo de Sección – Longitudinal de Cubierta	76
Tabla 55 Módulo de Sección – Eslora	76
Tabla 56 Módulo de Sección – Bao	76
Tabla 57 Módulo de Sección – Refuerzos del Mamparo	77
Tabla 58 Perfiles Seleccionados	77
Tabla 59 Peso Estimado del Pontón	77
Tabla 60 Planchaje – Espesores Nominales	78
Tabla 61 Especificaciones de la Bita	80
Tabla 62 Especificaciones de las Escotillas	81
Tabla 63 Especificaciones de las Escaleras	82
Tabla 64 Sistemas de plan de pintado	85
Tabla 65 Plan de Pintado Propuesto	85

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i>	<i>Embarcadero en el Río Napo – COMUNIDAD MAZAN.....</i>	2
<i>Figura 2</i>	<i>Embarcadero en el Río Nanay – SIMAI .....</i>	2
<i>Figura 3</i>	<i>Embarcadero en el Río Amazonas – PETROPERU.....</i>	2
<i>Figura 4</i>	<i>Embarcadero Fluvial en el Río Amazonas – SANTA ROSA DEL YAVARÍ – PERÚ .....</i>	3
<i>Figura 5</i>	<i>Embarcadero Fluvial en el Río Amazonas – LETICIA - COLOMBIA .....</i>	3
<i>Figura 6</i>	<i>Embarcadero Fluvial en el Río Amazonas – TABATINGA – BRASIL.....</i>	3
<i>Figura 7</i>	<i>Lugar de atraque fluvial de las embarcaciones en creciente .....</i>	5
<i>Figura 8</i>	<i>Lugar de atraque fluvial de las embarcaciones en vacante .....</i>	5
<i>Figura 9</i>	<i>Terminal portuario Chancay.....</i>	7
<i>Figura 10</i>	<i>Desembarcadero Pesquero Artesanal del Puerto Morín .....</i>	8
<i>Figura 11</i>	<i>Astillero SIMA S.A.....</i>	8
<i>Figura 12</i>	<i>Base Naval de la Marina de Guerra del Perú.....</i>	9
<i>Figura 13</i>	<i>Yacht Club Peruano.....</i>	9
<i>Figura 14</i>	<i>Muelle Fluvial Lorica .....</i>	10
<i>Figura 15</i>	<i>Muelle Marítimo Vergara.....</i>	10
<i>Figura 16</i>	<i>Muelle Fluvial ENAPU.....</i>	11
<i>Figura 17</i>	<i>Muelle Marítimo de Puerto Bolívar .....</i>	11
<i>Figura 18</i>	<i>Muelle Marítimo de Ilo.....</i>	12
<i>Figura 19</i>	<i>Muelle Marítimo de Moñitos .....</i>	12
<i>Figura 20</i>	<i>Muelle Marítimo de San Antonio Este .....</i>	13
<i>Figura 21</i>	<i>Arreglos Típicos de Muelles Flotantes .....</i>	14
<i>Figura 22</i>	<i>Configuraciones para un puente de acceso .....</i>	15
<i>Figura 23</i>	<i>Sistemas de amarre típicos para muelles flotantes .....</i>	17
<i>Figura 24</i>	<i>Batimetría del Lecho Marino .....</i>	19
<i>Figura 25</i>	<i>Mediciones topográficas con el teodolito.....</i>	20
<i>Figura 26</i>	<i>Boya de deriva superficial .....</i>	20
<i>Figura 27</i>	<i>Curvas Hidrostáticas.....</i>	22
<i>Figura 28</i>	<i>Metacentro Transversal .....</i>	23
<i>Figura 29</i>	<i>Radio Metacéntrico .....</i>	24
<i>Figura 30</i>	<i>Equilibrio de un Cuerpo Flotante.....</i>	24
<i>Figura 31</i>	<i>Escora en diferentes ángulos.....</i>	25
<i>Figura 32</i>	<i>Curva de Estabilidad Intacta .....</i>	26

Figura 33	Perfil Seleccionado – L. 2" x 2" x 5/16"	33
Figura 34	Perfil Seleccionado – T 10" x 2" x 5/16" para Vagra Reforzada	34
Figura 35	Perfil Seleccionado – T 10" x 2" x 5/16" para Varenga Reforzada	35
Figura 36	Perfil Seleccionado – L 2" x 2" x 5/16"	36
Figura 37	Perfil Seleccionado – T 8" x 2" x 5/16"	37
Figura 38	Perfil seleccionado – Pl. 3" x 3/8"	38
Figura 39	Perfil seleccionado – T 8" x 2" x 5/16"	39
Figura 40	Perfil seleccionado – T 8" x 2" x 3/8"	40
Figura 41	Perfil Seleccionado - Pl. 2" x 5/16" para Mamparos de Tanques de Colisión	41
Figura 42	Perfil Seleccionado - Pl. 2" x 5/16" para Mamparos de Compartimientos Estancos	42
Figura 43	Sistema de Coordenadas	51
Figura 44	Trimado negativo y positivo	52
Figura 45	Vista General	53
Figura 46	Vista de Planta del Pontón	53
Figura 47	Condición Intacta 01: Pontón en Liviano / Brazo en Posición Inicial	58
Figura 48	Condición Intacta 01: Curva de Estabilidad Corregida	60
Figura 49	Condición Intacta 02: Pontón con 25% de Carga en Cubierta / Brazo en Posición Inicial	60
Figura 50	Condición Intacta 02: Curva de Estabilidad Corregida	62
Figura 51	Condición Intacta 03: Pontón con 50% de Carga en Cubierta / Brazo en Posición Inicial	63
Figura 52	Condición Intacta 03: Curva de Estabilidad Corregida	65
Figura 53	Condición Intacta 04: Pontón con 75% de Carga en Cubierta / Brazo en Posición Inicial	65
Figura 54	Condición Intacta 04: Curva de Estabilidad Corregida	67
Figura 55	Condición Intacta 05: Pontón con 100% de Carga en Cubierta / Brazo en Posición Inicial	68
Figura 56	Condición Intacta 05: Curva de Estabilidad Corregida	70
Figura 57	Condición Intacta 06: Pontón con 100% de Carga en Cubierta / Brazo en Operación	70
Figura 58	Condición Intacta 06: Curva de Estabilidad Corregida	72
Figura 59	Vista Longitudinal del Casco Exterior	73
Figura 60	Vista Transversal del Casco Exterior	73
Figura 61	Vista de Planta del Casco Exterior	73

<i>Figura 62 Vista de la Estructura General del Pontón .....</i>	78
<i>Figura 63 Cuaderna Maestra del Pontón .....</i>	79
<i>Figura 64 Mamparo Típico del Pontón .....</i>	79
<i>Figura 65 Esquema de Bita .....</i>	80
<i>Figura 66 Brazo de Carga.....</i>	81
<i>Figura 67 Escotillas .....</i>	81
<i>Figura 68 Escaleras.....</i>	82
<i>Figura 69 Distribución de Neumáticos .....</i>	83
<i>Figura 70 Defensas del casco.....</i>	83

## Resumen

El transporte fluvial en la región Loreto, representa el principal medio de traslado para mercaderías y pasajeros en la cuenca de los ríos navegables de la Amazonía Peruana; dicho transporte permite el intercambio comercial entre los poblados y ciudades ribereñas. Las embarcaciones que realizan estas actividades son del tipo barcazas autopropulsadas o “motochatas”, las cuales acoden en los distintos embarcaderos fluviales que están presentes en las riberas de los ríos navegables. El Centro Poblado de Bretaña una de las rutas comerciales y el centro de actividad comercial más importante en la zona, después de la ciudad de Requena, en la cual los pobladores de las localidades aledañas acuden a realizar sus compras usando las embarcaciones como medio de transporte para lo cual es imprescindible la construcción de un embarcadero fluvial como parte del proyecto social impulsado por la empresa PetroTal Perú S.R.L. denominado “Facilidad Acuática Bretaña”; que consta de un artefacto fluvial tipo “Pontón” y un puente móvil pivotante. El presente trabajo tiene como propósito diseñar un artefacto fluvial tipo “Pontón” para mejorar la seguridad y efectividad en las operaciones de embarque y desembarque de carga general y pasajeros, el cual constituye uno de los problemas actuales por la falta de facilidad de acceso de manera fluida y segura por la población hacia el Centro Poblado de Bretaña. Dicho “Pontón” se diseñó con las recomendaciones y requerimientos técnicos internacionales del diseño naval y regulaciones de la autoridad marítima nacional DICAPI. El “Pontón” cubre con las exigencias básicas y principales de la ingeniería naval como es el desarrollo de la memoria descriptiva, memoria de cálculo, informe de pesos, estudio de estabilidad y cubicación de compartimientos, así como los planos de disposición general, desarrollo de las líneas de forma, curvas hidrostáticas y curvas cruzadas.

*Palabras claves:* Pónton, transporte fluvial, ríos navegables, Barcaza Autopropulsadas, Motochatas, embarcadero fluvial.

## Abstract

River transport in the Loreto region represents the primary means of transport for goods and passengers in the navigable river basins of the Peruvian Amazon. This transport enables commercial exchange between riverside towns and cities. The vessels that carry out these activities are self-propelled barges or "motochatas", which dock at the various river piers located along the banks of navigable rivers. The Brittany Town Center is one of the most important commercial routes and center of commercial activity in the area, after the city of Requena. Residents of surrounding towns use boats to shop. For this purpose, the construction of a river pier is essential as part of the social project promoted by PetroTal Perú S.R.L. called the "Britain Aquatic Facility," which consists of a "pontoon"-type river craft and a pivoting mobile bridge. The purpose of this work is to design a "pontoon"-type river vessel to improve the safety and effectiveness of general cargo and passenger loading and unloading operations. This constitutes a current problem due to the lack of easy, smooth, and safe access for the population to the Brittany Population Center. This "pontoon" was designed according to international naval design recommendations and technical requirements and regulations of the national maritime authority (DICAPI). The "pontoon" meets the basic and primary requirements of naval engineering, such as the development of descriptive reports, calculation reports, weight reports, stability study, and compartment cubical calculations, as well as general layout plans, development of form lines, hydrostatic curves, and cross curves.

**Keywords:** Pontoon, river transport, navigable rivers, self-propelled barges, motorboats, river pier.

## INTRODUCCIÓN

La cuenca hidrográfica del Amazonas permite el desarrollo de las comunidades nativas, centros poblados y principales puertos fluviales alrededor de los ríos. A través del transporte de pasajeros, mercancías, combustibles, cargas a granel, madera, animales y otros similares, atrayendo inversiones y demandando tecnología.

Para abordar el presente trabajo se desarrollan VIII capítulos como se detalla a continuación:

El capítulo I presenta claramente el planteamiento del problema que comprende los antecedentes investigativos, descripción de la problemática, los objetivos y el alcance considerando la realidad y las limitantes actuales.

El capítulo II corresponde al marco teórico el cual desarrollará conceptos fundamentales para el diseño, estándares, criterios técnicos, y normativas relevantes en artefactos fluviales.

El capítulo III se centra en el diseño del artefacto fluvial propuesto, es decir, se desarrollan los análisis y cálculos necesarios con las cuales se definen las dimensiones principales, escantillónado y estimaciones de pesos para así elaborar la disposición general y las líneas de forma,

En cuanto a la estabilidad del artefacto fluvial, esta se analizará en condición intacta en el capítulo IV, en el cual se presenta un análisis de escenarios de operaciones de embarque y desembarque específicos, esto con el fin de salvaguardar la integridad física de los pasajeros que formen parte de dichas operaciones.

Así mismo, se presentan los respectivos resultados, conclusiones, recomendaciones y referencias bibliográficas utilizadas en la elaboración del presente trabajo.

## Capítulo I: Planteamiento Del Problema

### 1.1. Antecedentes

Es de conocimiento público que PetroTal Perú S.R.L. viene realizando actividades de exploración en Perú en mérito a los contratos de licencia suscritos con el Estado Peruano a través de PERUPETRO S.A., entre ellos el Lote 95, habiendo establecido su Campamento Base Logístico en el Centro Poblado de Bretaña, capital del distrito de Puinahua, región Loreto. Por lo que la empresa petrolera como parte de su plan de Responsabilidad Social propuso el desarrollo y la construcción de un embarcadero fluvial para mejorar el comercio y turismo.

Además, se tiene que los principales proyectos de nuevas embarcaciones de transporte y sobre todo de embarcaciones para el turismo vivencial, uno de los más solicitados en la selva Amazónica Peruana; requieren de modernos embarcaderos que brinden una seguridad y efectividad de las operaciones tanto a los lugareños como a los extranjeros. En los últimos años, la creciente demanda turística en la reserva de Pacaya-Samiria fue de 4,985 visitantes en el 2004 ha crecido hasta unos 10,533 hasta setiembre del año 2018 constituyéndose en una de las más visitadas de la región y uno de los destinos con mayor proyección de crecimiento al 2024, esto presenta una oportunidad única para impulsar el desarrollo económico de la región y sobre todo del Centro Poblado de Bretaña que se encuentra ubicado en la zona de amortiguamiento de la reserva Pacaya-Samiria.

Los embarcaderos fluviales de la selva amazónica están conformados en su mayoría por pontones de acero y madera en los cuales acoderan las distintas embarcaciones fluviales como barcazas, motochatas, deslizadores, botes “pongberos”, canoas y botes “peque-peque”. A continuación, se muestra algunos embarcaderos fluviales que existen en la región Loreto; además se indica los embarcaderos de la empresa PETROPERÚ y SIMAI, así como el embarcadero turístico de Tabatinga en Brasil y Leticia en Colombia, ubicados en el hito fronterizo denominado “Tres Frontera”.

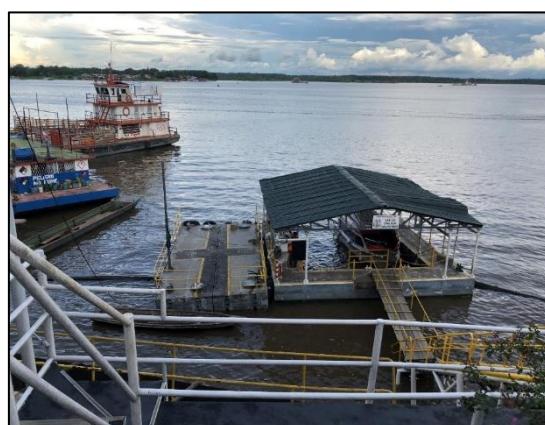
**Figura 1**  
*Embarcadero en el Río Napo – COMUNIDAD MAZAN*



**Figura 2**  
*Embarcadero en el Río Nanay – SIMAI*



**Figura 3**  
*Embarcadero en el Río Amazonas – PETROPERU*



**Figura 4**

*Embarcadero Fluvial en el Río Amazonas – SANTA ROSA DEL YAVARÍ – PERÚ*

**Figura 5**

*Embarcadero Fluvial en el Río Amazonas – LETICIA - COLOMBIA*

**Figura 6**

*Embarcadero Fluvial en el Río Amazonas – TABATINGA – BRASIL*



Los días 21 al 23 de agosto del 2018 se realizó la primera visita y reunión de coordinación con los representantes de PetroTal Perú S.R.L. y Representantes de la

Población de Bretaña con el objetivo de analizar las áreas consideradas para la ubicación de la Facilidad Acuática y recibir los requerimientos de la Población para el análisis y presentación de propuestas. El 26 de octubre del 2018 se inicia el servicio de consultoría para el análisis de alternativas de la Facilidad Acuática Bretaña por la empresa BV Maritime Services SAC. Del 06 al 14 de noviembre del 2018 se inicia la etapa de estudios en la zona que comprende: Geodesia, Topografía, Batimetría, Corrientes y Suelos. Finalmente, el 24 de noviembre del 2018 se presenta a PetroTal Perú S.R.L. la ubicación de la Facilidad Acuática y el Cronograma de Actividades para el diseño del pontón y del puente móvil pivotante.

## **1.2. Descripción de la Realidad Problemática**

En las instalaciones del Lote 95 – Bretaña, adjudicado a PetroTal Perú S.R.L, se enfrenta un desafío crítico en cuanto a la efectividad y seguridad de las operaciones de embarque y desembarque de carga general y tránsito de pasajeros. Actualmente, no existe una infraestructura adecuada digna para el uso de sus habitantes y pobladores de las zonas aledañas, lo que ha llevado a una serie de complicaciones como tiempos prolongados de espera para realizar operaciones con carga en general con lluvias prolongadas y poca afluencia de turistas al no darse las condiciones mínimas para su tránsito.

Como se puede apreciar en las imágenes líneas abajo, la ubicación remota y las particularidades del Lote 95 - Bretaña requieren una solución diseñada específicamente para abordar las necesidades antes mencionadas. Este proyecto de desarrollo de un embarcadero fluvial se centró en la búsqueda de una solución que permita a las instalaciones del Centro Poblado de Bretaña mejorar el flujo de sus operaciones con carga en general, facilitar el tránsito de los pobladores que desarrollan actividades ribereñas, así como de cumplir con los estándares de seguridad y medio ambiente.

**Figura 7**  
*Lugar de atraque fluvial de las embarcaciones en creciente*



*Nota.* Margen derecho del río Puinahua. Imagen tomada en la creciente del río Puinahua.

**Figura 8**  
*Lugar de atraque fluvial de las embarcaciones en vaciante*



*Nota.* Se observa una pendiente pronunciada. Imagen tomada en la vaciante del río Puinahua.

### 1.3. Objetivos

A continuación, se indica el objetivo general y los objetivos específicos:

#### 1.3.1. *Objetivo General*

Diseñar un artefacto fluvial tipo pontón para mejorar el tránsito de personas y embarque de carga como parte de un embarcadero fluvial para el distrito de Puinahua en la región Loreto.

#### 1.3.2. *Objetivo Específico*

Definir las especificaciones técnicas de un artefacto fluvial con requerimientos de PetroTal y de la población de Bretaña.

Encontrar el thalweg y la dirección de la corriente del río; así como realizar la batimetría, y los cortes transversales de la zona elegida donde se establecerá el embarcadero fluvial.

Diseñar un casco de pontón que se adapte a las condiciones y requerimientos del entorno, considerando factores como la estacionalidad del río y estándares navales.

#### **1.4. Justificación e Importancia**

EL diseño de un embarcadero fluvial flotante permitirá contribuir con una propuesta viable que contribuirá a la mejora e impacto positivo en el embarco/desembarco de carga general y el tránsito de pasajeros de forma segura sin causar impacto en la preservación de la vida submarina, flora y fauna circundante. Así mismo, promueve el comercio entre las comunidades y ciudades circundantes, así como el desarrollo social y turístico por encontrarse en la zona de amortiguamiento de la reserva de Pacaya-Samiria.

## Capítulo II: Marco Teórico

### 2.1. Muelles

Son instalaciones diseñadas para formar una zona de atraque que, por lo general, exceden la eslora de la embarcación amarrado a ellas y que están conectadas con la tierra total o parcialmente. También proporcionan una superficie horizontal adecuada para facilitar el tránsito de personas y realizar operaciones de carga y descarga.

#### 2.1.1. Clasificación De Muelles

Se identificarán tres tipos de criterios para la clasificación de un embarcadero, el primero se refiere a su propósito o uso previsto. El segundo considera el método de construcción, y el tercero se basa en su disposición espacial.

**2.1.1.1. Clasificación Según Funcionalidad.** Según el tipo de mercancía o personas que se embarca o manipula. Estos pueden ser comerciales, pesqueros, industriales, militares o deportivos.

**2.1.1.1.1. Comerciales.** Destinados al comercio de mercancías, cuentan con la infraestructura adecuada para la estiba de embarcaciones que atracan en sus instalaciones.

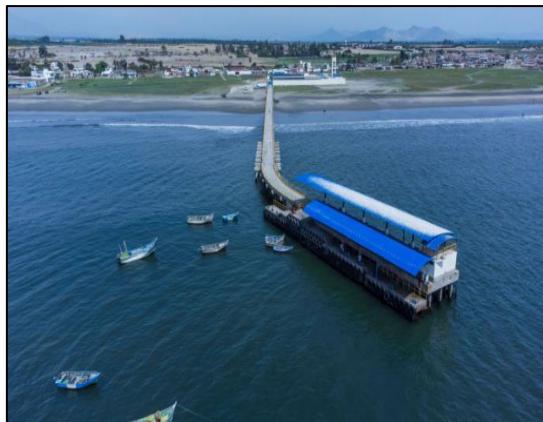
**Figura 9**  
*Terminal portuario Chancay*



*Nota.* Megapuerto de Chancay localizado en el distrito de Chancay, provincia de Huaral. Tomado de (PortalPortuario, 2024)

**2.1.1.1.2. Pesqueros.** Albergan embarcaciones que se dedican al rubro de la pesca.

**Figura 10**  
Desembarcadero Pesquero Artesanal del Puerto Morín



Nota. Balneario peruano ubicado en el distrito de Virú, en el Departamento de La Libertad. Tomado de (Gobierno del Perú, 2024)

**2.1.1.1.3. Industriales.** Están orientados a la construcción y reparación de embarcaciones. Cuentan con toda la implementación necesaria para la reparación de estas como grúas, dique seco, zonas de botadura, etc.

**Figura 11**  
Astillero SIMA S.A.



Nota. Servicios Industriales de la Marina (SIMA), ubicado en la Provincia Constitucional del Callao. Tomado de (Gobierno del Perú, 2023)

**2.1.1.1.4. Militares.** Destinadas al atraque de naves de uso militar, poseen infraestructura para un amplio rango de usos, que van desde el embarque y desembarque de pasajeros hasta operaciones de guerra y rescate.

**Figura 12**  
*Base Naval de la Marina de Guerra del Perú*



*Nota.* Sede de la Comandancia General de la Marina (Segunda Zona Naval), ubicado en la Provincia Constitucional del Callao. Tomado de (Gobierno del Perú, 2024)

**2.1.1.1.5. Deportivos.** Albergan yates y otros tipos de embarcaciones de recreo durante estancias más o menos prolongadas.

**Figura 13**  
*Yacht Club Peruano*



*Nota.* Ubicado en el distrito de La Punta de la Provincia Constitucional del Callao. Tomado de (Yacht Club Peruano, s.f.)

**2.1.1.2. Clasificación Según Estructura.** Según el tipo de elementos utilizados en su construcción.

**2.1.1.2.1. Cerrados.** Están formados por una elevación vertical (o quasi) desde la línea de atraque a la cimentación que no permite el flujo de agua a través.

**Figura 14**  
*Muelle Fluvial Lorica*



*Nota.* Ubicado en el Municipio de Santa Cruz de Lorica, departamento de Córdoba, Colombia, a orillas del Río Sinú. Tomado de (GSNoticias, 2024)

**2.1.1.2.2. Abiertos.** La estructura está formada por una plataforma sustentada en pilotes, siendo la elevación de estos discontinua en la línea de atraque, permitiendo así el paso de agua.

**Figura 15**  
*Muelle Marítimo Vergara*



*Nota.* Ubicado en la ciudad de Viña del Mar, Región de Valparaíso, Chile. Tomado de (PORTUS, 2019)

**2.1.1.2.3. Flotantes.** Aquellos en los que parte de su estructura se encuentra flotando, con la posibilidad de moverse si es necesario en sentido vertical u horizontal.

**Figura 16**  
Muelle Fluvial ENAPU

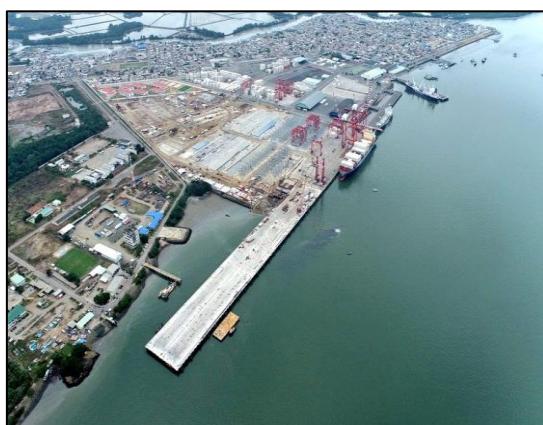


*Nota.* Ubicado en el margen izquierdo del Río Itaya en la ciudad de Iquitos, Provincia de Maynas, Región Loreto. Tomado de (Desarrollo Peruano, 2021)

**2.1.1.3. Clasificación Según su Configuración Espacial.** Según la disposición de este frente a la zona de emplazamiento.

**2.1.1.3.1. Marginal.** La estructura estará orientada de forma aproximadamente paralela al borde costero. Generalmente la plataforma está apoyada en la tierra.

**Figura 17**  
Muelle Marítimo de Puerto Bolívar



*Nota.* Ubicado en la ciudad de San Antonio de Machala, Provincia de El Oro, Ecuador. Tomado de (ELUNIVERSO, 2023)

**2.1.1.3.2. Espigón.** La estructura se proyectará desde el borde costero hacia el mar en dirección perpendicular a este, brinda la posibilidad de atraque por ambos costados del muelle.

**Figura 18**  
*Muelle Marítimo de Ilo*



*Nota.* Ubicado en la ciudad de Ilo, Provincia de Ilo, Región Moquegua. Tomado de (MyGuidePeru, s.f.)

**2.1.1.3.3. Tipo “T”.** La estructura está conectada a tierra mediante un acceso perpendicular al borde costero. Principalmente son empleados en donde la necesidad de espacio para atracar no es demasiada.

**Figura 19**  
*Muelle Marítimo de Moñitos*



*Nota.* Ubicado en el Municipio de Moñitos, Departamento de Córdoba, Colombia, a orillas del mar Caribe. Tomado de (EL UNIVERSAL, 2015)

**2.1.1.3.4. Tipo Isla.** La estructura se encontrará separada de la playa y estará destinada a embarcación de gran calado.

**Figura 20**  
*Muelle Marítimo de San Antonio Este*



*Nota.* Ubicado en la bahía de San Antonio, Golfo San Matías, Provincia de Río Negro, Argentina.

Tomado de (PESCAR, 2022)

### **2.1.2. Muelles Flotantes**

La instalación de un muelle flotante dependerá de factores como la profundidad, la variación de los niveles marinos o fluviales, la configuración de la costa o ribera y de la disponibilidad de recursos económicos. En la práctica, se recomienda la instalación de estos cuando se cumple alguna de las siguientes condiciones:

**Aguas Profundas.** En lugares donde la profundidad presente un impedimento para realizar fundiciones, los muelles flotantes han presentado una solución por la simplicidad de las líneas de fondeo que lo mantienen en su posición.

**Terrenos inestables.** Cuando la construcción de las fundiciones del muelle se complica por lo inestable del terreno, un muelle flotante puede ser la solución, pues este se puede remolcar y ser reubicado en otra locación más estable.

**Gran Variación del Nivel.** Desde el punto de vista operacional, es preferible un muelle flotante pues la posición relativa entre la embarcación y el pontón se mantiene constante, por lo que la eficiencia de carga y descarga no varía demasiado.

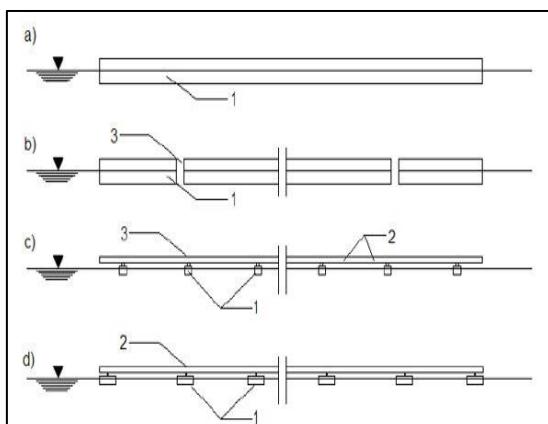
**Corto periodo de implementación.** La construcción de este tipo de estructura es más rápida y menos costosa que una convencional, esto representa una gran ventaja en zonas aisladas o de acceso exclusivamente por vía marítima, en donde el tránsito de

maquinaria es demasiado complicado. Además, el pontón flotante puede ser construido en un astillero y ser remolcado desde allí hasta su lugar de instalación final.

**2.1.2.1. Componentes de un Muelle Flotante.** Los componentes básicos de un muelle flotante se pueden descomponer en los siguientes:

**2.1.2.1.1. Pontón Flotante.** Artefacto naval diseñado bajo ciertos parámetros con tal de cumplir las condiciones y requerimientos funcionales para su correcta operación. Se encuentran parcialmente suspendidas sobre el nivel del agua, anclados al fondo marino o fluvial. Dependiendo de los requerimientos, la configuración de este puede variar en alguna de las siguientes formas como la Figura 21.

**Figura 21**  
Arreglos Típicos de Muelles Flotantes



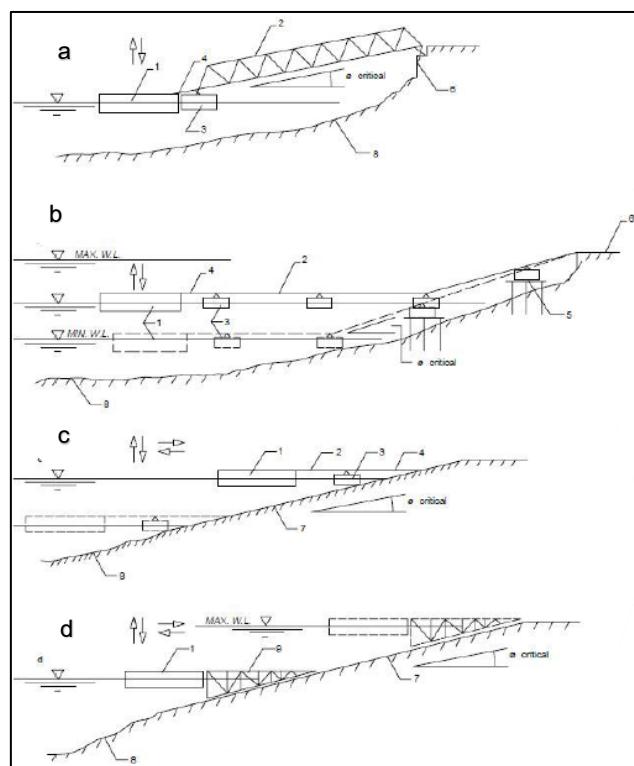
*Nota.* a) Un pontón único, b) Varios pontones unidos por un mecanismo pivotante, c) Varios pontones pequeños unidos por una cubierta, con mecanismo pivotante, d) Varios pontones pequeños unidos por una cubierta continua. Tomado de *Port Engineering: Planning, Construction, Maintenance, and Security* (p. 475), por Gregory P. Tsinker, 2004, John Wiley & Sons, Inc.

Según la información recopilada, los diseños más comúnmente utilizados son los con un pontón único y los de varios pontones unidos por una cubierta continua, que permite el tráfico ya sea de rodados o personas. Su uso más común es el de servir a embarcaciones menores (pesqueros o embarcaciones de recreo) aunque también poseen la capacidad de soportar grandes embarcaciones.

**2.1.2.1.2. Puente de Acceso.** Es la conexión entre el pontón y el borde costero. El diseño debe considerar las condiciones a satisfacer (tránsito de personas, carga y variaciones del nivel del mar o río). Se debe tener cuidado con el tramo del puente que va sobre el borde costero o ribereño, considerando las posibles articulaciones que permitan al extremo opuesto, ubicado en el pontón, la posibilidad de variar su posición por efecto de los cambios estacionales en el nivel de agua.

Otro parámetro de importancia es la longitud del puente, esta estará dada por la batimetría del borde costero o ribereño o por los requerimientos del muelle, se considera de una sola luz cuando las variaciones del nivel de agua son menores a los 10 metros. Dependiendo de la distancia entre el pontón y la costa o ribera, se puede usar una de las siguientes configuraciones como en la Figura 22:

**Figura 22**  
Configuraciones para un puente de acceso



*Nota.* 1. Muelles flotantes, 2. Puente de acceso, 3. Pontón de apoyo del puente, 4. Rampa, 5. Plataforma, 6. Estribo, 7. Camino, 8. Talud de lecho natural, 9. Cuña móvil. Tomado de Port

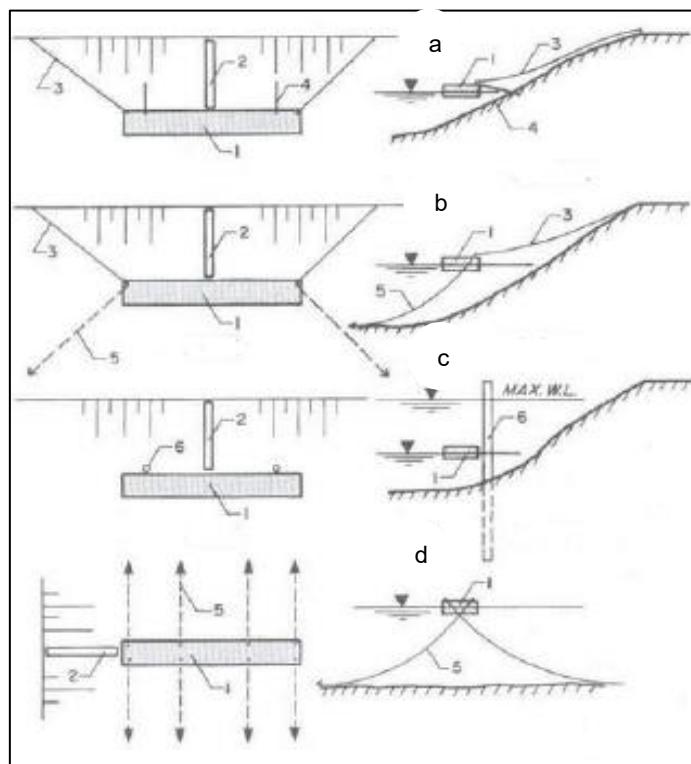
*Engineering: Planning, Construction, Maintenance, and Security* (p. 476), por Gregory P. Tsinker, 2004, John Wiley & Sons, Inc.

**Puente articulado de un tramo.** Este tipo de puentes son utilizados cuando el borde costero no presenta demasiada erosión. Un puente articulado de un tramo es generalmente usado donde la variación de la marea es menor que 10 metros. (Figura 22a)

**Puente en tramos flotantes articulados.** Es usado donde la variación de la marea excede los 10 metros, o el borde costero no presente las condiciones para construir. Típicamente un puente de acceso flotante consiste en una serie de pontones intercomunicados entre sí. Como este tipo de puentes suele estar a través de la corriente, deben proveerse de mejores defensas en contra de objetos flotantes que pueden acumularse contra el puente. En general, este tipo de puentes es utilizado en zonas donde el río es relativamente estable. (Figura 22b y 22c).

**Cuña móvil.** El acceso al muelle es mediante una cuña que dependiendo del nivel del agua se mueve en conjunto con este a través de una pista. Este tipo de puentes se utilizan cuando la pendiente de la orilla posee una inclinación suave y el terreno es apto para la construcción. (Figura 22d)

**2.1.2.1.3. Sistema de Amarre y Fondeo.** La función básica del sistema de amarre y fondeo es permitir al muelle operar de forma adecuada, manteniendo al pontón en una posición relativamente estable con respecto al puente de acceso. Los elementos que componen estos sistemas pueden estar dentro o fuera de la costa. Según su posición del sistema de amarre se pueden obtener las siguientes configuraciones como en la Figura 23.

**Figura 23***Sistemas de amarre típicos para muelles flotantes*

*Nota.* 1. Muelle flotante, 2. Puente de acceso, 3. Línea de amarre en tierra, 4. Poste apuntalado, 5. Línea de amarre en alta mar, 6. Pilotes de amarre. Tomado de *Port Engineering: Planning, Construction, Maintenance, and Security* (p. 483), por Gregory P. Tsinker, 2004, John Wiley & Sons, Inc.

**Sistema de amarre terrestre.** Este sistema emplea postes apuntalados articulados (un mínimo de dos) y líneas de amarre en ángulo con la tierra desde el muelle. Los postes de amarres están articulados en ambos extremos y, según su longitud y la importancia de la estructura, están hechas de madera o acero. Los postes apuntalados controlan el movimiento del muelle en dirección normal a la tierra. El sistema de amarre como en la Figura 23a se utiliza generalmente cuando la distancia entre el muelle y la orilla es relativamente corta.

**Sistema por cables de amarre terrestres y sumergidos.** La parte terrestre de este sistema (Figura 23b) es similar a la Figura 23a, y la parte sumergida consiste en cables de amarre (generalmente de cadenas o cables galvanizados) asegurados al muelle y a las anclas. Para evitar que el sistema se afloje en niveles bajos de agua o se sobre esfuerce en

niveles altos, la longitud de las líneas de amarre sumergidas normalmente se controla mediante cabrestantes ubicados en la cubierta del muelle. Este sistema se utiliza cuando la distancia entre el pilar y el terreno es apreciable.

**Sistema con pilotes de amarre.** En este tipo de amarre se emplea con un mínimo de dos pilotes (Figura 23c). El número de pilotes y sus estructuras normalmente dependen de la longitud del muelle y la magnitud de las fuerzas de amarre involucradas. Cuando el nivel del agua fluctúa, el muelle se desliza hacia arriba y hacia abajo a lo largo de los pilotes. En este caso, las conexiones de amarre entre el muelle y el pilote están diseñadas para permitir el movimiento vertical libre del muelle sin desplazamientos significativos, al tiempo que permiten cierto grado de inclinación y asiento de la estructura. La forma más simple de conexión es un aro que se desliza a lo largo del pilote. El muelle se puede amarrar delante de los pilotes o detrás de ellos. En el último caso, los pilotes se utilizan no solo para el anclaje del muelle, sino también como un elemento de apoyo convencional que protege el muelle del impacto de los barcos. Un sistema de amarre con pilotes convencional se utiliza normalmente en aguas relativamente poco profundas (hasta 12 a 15 m), donde la construcción de estructuras fijadas al fondo suele ser económicamente factible.

**Sistema con cables de amarre sumergibles bidireccionales.** Este sistema (Figura 23d) se utiliza generalmente para amarrar muelles que se proyectan hacia el mar desde la costa. En este caso, las líneas de amarre controlan el movimiento de un muelle paralelo a la dirección de la costa. Si el puente de acceso está articulado al muelle, controla el movimiento perpendicular a la costa. Cabe mencionar que en todos los esquemas de amarre antes mencionados, la longitud de las líneas de amarre sumergidas se puede reducir mediante el uso de plomada. Todos los esquemas anteriores, con algunas variaciones, se han utilizado en la práctica para satisfacer las condiciones físicas existentes y los requisitos operativos de las terminales flotantes.

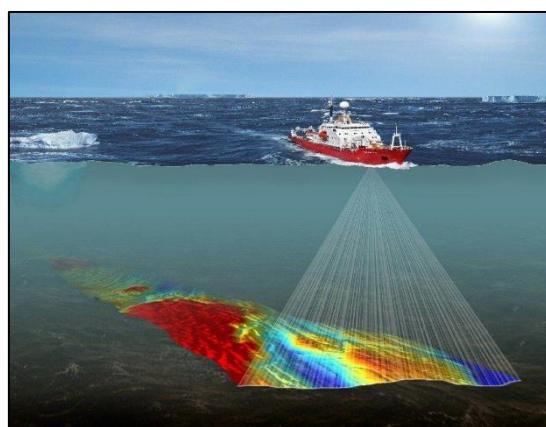
## 2.2. Estudios Previos para el Desarrollo del Muelle

Los estudios que se deben realizar en la zona de emplazamiento previo a la edificación de un muelle flotante son los siguientes:

### 2.2.1. Batimetría

Es la ciencia que realiza estudios topográficos de las zonas que están cubiertas por aguas marinas o aguas continentales. Cuando se hacen estudios topográficos en fondos cubiertos de agua se realizan mediciones orientadas a obtener datos de la profundidad y posición de los puntos muestrados. Esos puntos de posición están formados por coordenadas X, Y, y Z. A partir de ellos se pueden definir líneas con el mismo valor de profundidad llamadas isóbatas. El conjunto de todas las isóbatas de una zona da lugar al modelo batimétrico obtenido que determinará la estructura del fondo acuático estudiado.

**Figura 24**  
*Batimetría del Lecho Marino*



Nota. Tomado de (T&S Ingeniería, 2022)

### 2.2.2. Topografía

Determina las dimensiones y el contorno (características tridimensionales) de la superficie de la tierra a través de la medición de distancias, direcciones y elevaciones. Define también las líneas y niveles que se necesitan para la construcción de edificios, caminos, presas y otras estructuras. Además de estas mediciones en campo, la topografía incluye el cálculo de áreas, volúmenes y otras cuantificaciones, así como la elaboración de los diagramas y planos necesarios.

**Figura 25**  
Mediciones topográficas con el teodolito



Nota. Tomado de (EGC Consulting, 2022)

### 2.2.3. Correntometría

Es una técnica utilizada para medir la velocidad y dirección de las corrientes en cuerpos de agua. Para describir el flujo de las corrientes se utiliza el método lagrangiano que se centra en observar la trayectoria de una boya que es transportado por la corriente. Sus efectos son determinantes en obras marítimas y fluviales en etapas de proyecto y diseño.

**Figura 26**  
Boya de deriva superficial



Nota. Tomado de (MEDCLIC, 2014)

## 2.3. Ingeniería Naval

Como se trata de una construcción de un artefacto naval fluvial, hay ciertos estudios que se le deben realizar para garantizar la seguridad y su correcto funcionamiento. Los cuales son:

### **2.3.1. Curvas Hidrostáticas**

Se realiza para estudiar el comportamiento estático de la estructura. Las principales propiedades hidrostáticas analizadas son las siguientes:

**A<sub>max</sub>:** Área transversal sumergida máxima hasta la línea de flotación.

**A<sub>ms</sub>:** Área transversal sumergida hasta la línea de flotación en el centro del buque.

**AWP:** Área del plano de flotación en la línea de flotación.

**B:** Manga de la embarcación.

**GM:** Altura metacéntrica.

**KB:** Distancia desde la quilla (línea de base) hasta el centro de flotabilidad.

**KG:** Distancia desde la quilla (línea de base) hasta el centro de gravedad.

**LOA:** Eslora total

**LCB:** Centro de carena longitudinal.

**LCF:** Centro de flotación longitudinal.

**LCG:** Centro de gravedad longitudinal.

**LWL:** Eslora de la línea de flotación.

**LBP:** Eslora entre perpendiculares

**L:** Eslora de la embarcación.

**T<sub>m</sub>:** Calado medio.

**Δ:** Desplazamiento en la línea de flotación.

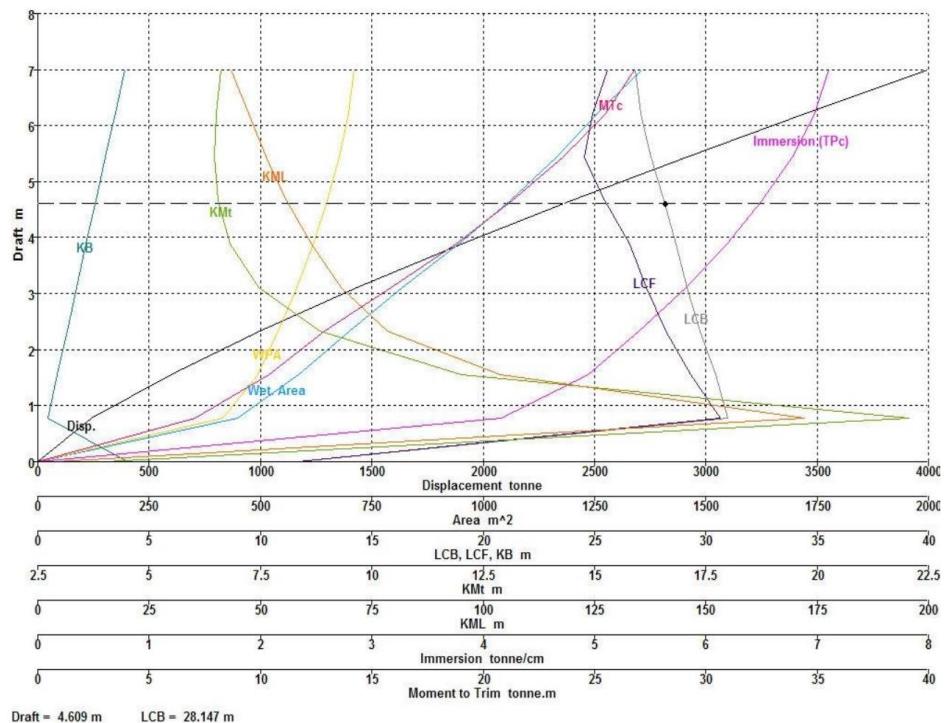
**Δ:** Volumen sumergido de desplazamiento en la línea de flotación.

**TPC:** Toneladas por cm de inmersión.

**MTC:** Momento de cambio de trimado.

Hoy en día este tipo de estudio se realiza mediante softwares que funcionan mediante la integración numérica. Estos softwares consideran pequeñas áreas o volúmenes, según sea el caso.

**Figura 27**  
Curvas Hidrostáticas



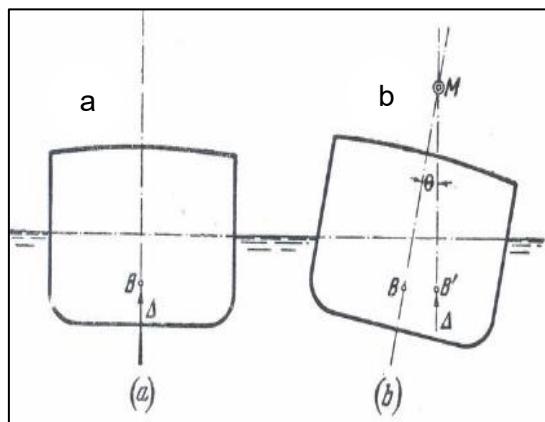
Nota. Adaptado de *Maxsurf Stability* (p. 99), por Maxsurf Stability Program & User Manual, 2013, Bentley Systems, Incorporated.

### 2.3.2. Estabilidad

La estabilidad de una estructura flotante debe de cumplir con el Principio de Arquímedes, que expresa lo siguiente: "Todo cuerpo sumergido total o parcialmente en un fluido recibe un empuje vertical, hacia arriba, igual al peso del líquido desalojado por el cuerpo". Además, se deben de cumplir dos condiciones básicas de equilibrio. La primera de ellas dice que un cuerpo semisumergido en un fluido permanecerá en equilibrio si se cumple que el peso del propio cuerpo y el empuje que recibe del fluido deben ser de igual fuerza, pero en dirección opuesta. La segunda condición estipula la existencia de un punto llamado centro de empuje (B). Para que exista equilibrio, se tiene que cumplir estrictamente con la primera condición, y además que el centro de gravedad del cuerpo sumergido debe estar en la misma línea vertical que el centro de empuje de este mismo.

Suponiendo que el cuerpo comienza en un estado de equilibrio como lo muestra la Figura 27a y luego se escora con un ángulo  $\theta$ , pero manteniendo el mismo volumen de carena ( $\nabla$ ), el centro de empuje pasara a la posición  $B'$ , como se indica en la Figura 27b.

**Figura 28**  
*Metacentro Transversal*



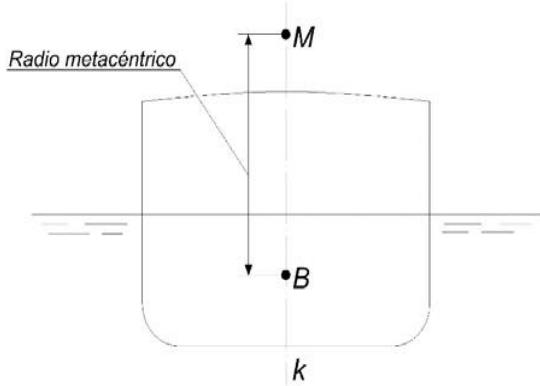
*Nota.* Adaptado de *Elementos de Arquitectura Naval* (p. 22), por Antonio Mandelli, 1986, Librería y Editorial Alsina.

Al prolongar la recta vertical del nuevo punto de centro de carena e interceptarla con la posición del centro anterior, se obtendrá un punto imaginario llamado Metacentro transversal (M). Este punto se mantendrá invariable para pequeños ángulos de escora ( $8^\circ$  a  $12^\circ$ ).

La distancia entre dicho punto y el centro de empuje, es decir, el segmento  $BM$ , se conoce como Radio metacéntrico, y está dado por  $BM = I/\nabla$ ; donde  $I$  es el momento de inercia de la superficie de flotación con respecto al eje del baricentro longitudinal y  $\nabla$  es el volumen de la carena.

En la práctica resulta más cómodo fijar la posición de  $M$  con respecto a la línea de construcción, es decir, referirse al segmento  $KM$  de la Figura 28 tal como  $KM = KB + BM$ .

**Figura 29**  
Radio Metacéntrico



Nota. Adaptado de *Elementos de Arquitectura Naval* (p. 23), por Antonio Mandelli, 1986, Librería y Editorial Alsina.

Para que exista equilibrio en un cuerpo flotante, se deben de cumplir las dos condiciones básicas vistas anteriormente. Ahora bien, el equilibrio se puede presentar en alguna de las siguientes formas:

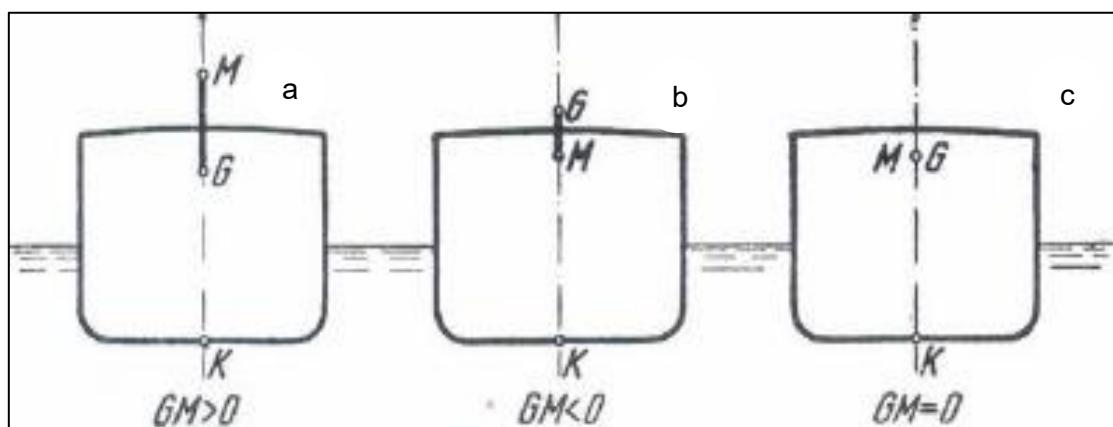
**$GM = KM - KG > 0$** , el equilibrio será estable si **M** está por encima de **G**. (Figura 28a)

**$GM = KM - KG < 0$** , el equilibrio será inestable si **M** está por debajo de **G**. (Figura 28b)

**$GM = KM - KG = 0$** , el equilibrio será indiferente si **M** coincide con **G**. (Figura 28c)

El segmento **GM** se conoce como altura metacéntrica.

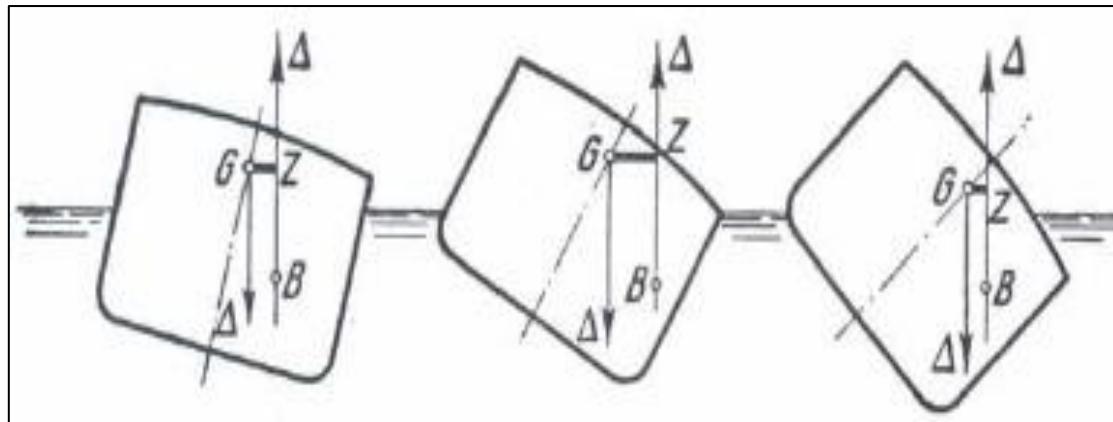
**Figura 30**  
Equilibrio de un Cuerpo Flotante



Nota. Adaptado de *Elementos de Arquitectura Naval* (p. 23), por Antonio Mandelli, 1986, Librería y Editorial Alsina.

Cuando la escora toma un ángulo mayor a  $12^\circ$ , el punto **M** deja de ser fijo, por lo que el segmento **GM** deja de ser válido. Supongamos un buque, cuyo desplazamiento es  $\Delta$  y con un centro de gravedad **G**, escorado distintos ángulos como muestra la Figura 30.

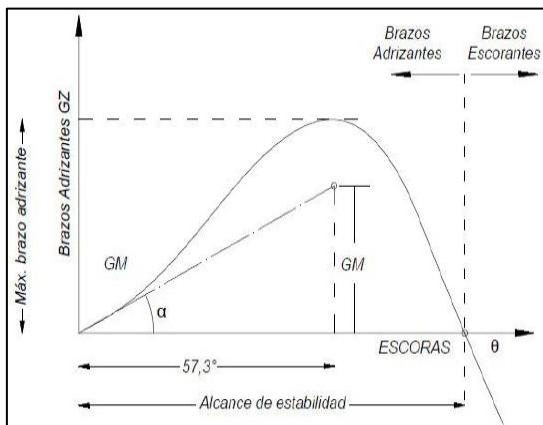
**Figura 31**  
Escora en diferentes ángulos



Nota. Adaptado de *Elementos de Arquitectura Naval* (p. 47), por Antonio Mandelli, 1986, Librería y Editorial Alsina.

Para cada uno de ellos quedará perfectamente fijada la posición del centro de carena **B**. Las únicas dos fuerzas actuantes sobre el buque serán, pues, el peso y el empuje, ambas iguales al desplazamiento por la primera condición básica de equilibrio y aplicadas en **G** y **B**, respectivamente. Se formará entonces la *cupla* =  $\Delta \cdot GZ$ . Esta *cupla* será *adrizante* si, como en la Figura 30, trata de adrizar al buque, y *escorante* en caso contrario. El brazo de esta cupla, **GZ**, se llamará, asimismo, *brazo adrizante* o *escorante*, según el caso. Llevando ahora los valores del *brazo adrizante* en función de la escora obtendremos una curva (Figura 31) llamada *curva de brazos adrizantes*.

**Figura 32**  
Curva de Estabilidad Intacta



Nota. Adaptado de *Elementos de Arquitectura Naval* (p. 48), por Antonio Mandelli, 1986, Librería y Editorial Alsina.

Los brazos adrizantes crecen hasta alcanzar un máximo, que corresponderá a un determinado ángulo de escora según el buque y condición de carga, para decrecer luego hasta anularse y, desde un cierto valor de la escora en adelante, hacerse negativos, es decir, convertirse en brazos escorantes. El ángulo para el que el brazo adrizante se anula será, pues, el máximo ángulo que puede escorarse el buque de modo que éste vuelva, por sí solo, a adrizar. En efecto, para brazos escorantes negativos las cuplas también lo serán y tenderán a escorar cada vez más al buque. Este ángulo se llama *alcance de la estabilidad*.

### 2.3.3. Elementos Estructurales

El cálculo de los elementos estructurales es una de las partes primordiales a la hora de determinar la capacidad de carga de la estructura, pues esta es quien determina la rigidez necesaria para soportar la acción de las fuerzas. Para esto existen reglamentos que buscan establecer el mínimo de elementos para asegurar que la estructura sea resistente y ofrezca seguridad ante la acción de cargas externas. Además, se pueden realizar análisis estructurales mediante software, a fin de esclarecer dudas sobre alguna zona de interés dentro de la estructura.

#### **2.3.4. Normativa Aplicada a la Construcción de Muelles Flotantes**

Si bien en Perú no existen normas propias para la construcción de estructuras flotantes, se opta por cumplir con normas internacionales que han sido utilizadas en la construcción de otras estructuras de esta clase, así como, recomendaciones por parte de la autoridad nacional para realizar pruebas de estabilidad. Algunas de las normas utilizadas son las siguientes:

**American Bureau of Shipping (ABS)**, Steel Vessels for Service on Rivers and Intracoastal Waterways, 2019.

**American Bureau of Shipping (ABS)**, Steel Barges, 2019.

**Código IS 2008**, Código Internacional de Estabilidad sin Avería, Edición de 2009.

**Resolución Directoral N°0474-98** - Dirección General de Capitanías y Guardacostas Del Perú, 13 de noviembre 1998. “Normas para la preparación y ejecución de las pruebas de estabilidad a naves nacionales que realizan actividades acuáticas en el mar, ríos y lagos navegables”.

## Capítulo III: Desarrollo del Trabajo

### 3.1. Cálculo Estructural

Como parte del diseño del proyecto denominado “Facilidad Acuática Bretaña”, se contará con un artefacto fluvial denominado “BRETAÑA”, el cual permitirá el atraque de embarcaciones (motochata, deslizadores, convoys, etc) en el área acuática de la comunidad de Bretaña.

#### 3.1.1. Consideraciones Generales

De acuerdo con la norma<sup>1</sup>, para el reforzamiento de la barcaza por temas de varadura, golpes y contactos con otras embarcaciones o artefactos fluviales en condiciones normales de operación se deberá reforzar de acuerdo con la Tabla 1. Por lo tanto, de acuerdo con las condiciones de operación del Pontón “Bretaña” los elementos del casco que se reforzarán y los espesores de plancha, no deberán ser menores a los establecidos considerando la Notación “Reinforcement B” de la Tabla 1.

**Tabla 1**  
*Refuerzo de Barcaza – “Refuerzo B”*

	<b>Reinforcement A</b>	<b>Reinforcement B</b>
Bilge radius for full-length of barge (knuckle plate).	$t_{min} = 16.0 \text{ mm (5/8 in)}$	$t_{min} = 12.5 \text{ mm (1/2 in)}$
Side Shell.	$t_{min} = 11.0 \text{ mm (7/16 in)}$	$t_{min} = 9.5 \text{ mm (3/8 in)}$
Deck stringer plate – hopper barge	$t_{min} = 11.0 \text{ mm (7/16 in)}$	$t_{min} = 9.5 \text{ mm (3/8 in)}$
Lower 1.83 m (6 ft) of sides and ends of hopper plating.	$t_{min} = 9.5 \text{ mm (3/8 in)}$	$t_{min} = 9.5 \text{ mm (3/8 in)}$
Headlog and sternlog plate.	$t_{min} = 19.0 \text{ mm (3/4 in)}$	$t_{min} = 16.0 \text{ mm (5/8 in)}$
Transom side and bottom periphery (picture frame) plates.	$t_{min} = 16.0 \text{ mm (5/8 in)}$	$t_{min} = 12.5 \text{ mm (1/2 in)}$
All side shell, bottom shell and deck structural members in wing and rake compartments.	Use appropriate Rule coefficients with 1.83 m (6 ft) overflow above deck at side. Where no wing tanks are fitted, this reinforcement is to apply to the side shell	Use appropriate Rule coefficients with 1.22 m (4 ft) overflow above deck at side. Where no wing tanks are fitted, this reinforcement is to apply to the side shell

<sup>1</sup> ABS RULES FOR BUILDING OF STEEL VESSELS FOR SERVICE ON RIVERS AND INTRACOASTAL WATERWAYS, 2019 - Part 3, Ch. 2 Sec. 2 [21].

	<b>Reinforcement A</b>	<b>Reinforcement B</b>
	structure in cargo/void spaces and the side, bottom and deck structure in way of rakes.	structure in cargo/void spaces and the side, bottom and deck structure in way of rakes.

De acuerdo con las reglas de construcción<sup>2</sup> todos los perfiles deben cumplir con las siguientes relaciones:

- [Altura / Espesor] del perfil:
  - < 50 para perfiles con ala y alma.
  - < 15 para platinas.
- [Altura de perfil / Longitud no soportada]:
  - Refuerzos de cubierta, transversales: 58.5.
  - Refuerzos de cubierta en tanques y compartimentos: 83.5.
  - Refuerzos en el fondo: 125.
- [Ancho efectivo]:
  - En general, se usará un ancho efectivo igual a la semisuma de la separación entre refuerzos similares o el 33% de la longitud no soportada, el que sea menor.
  - Para elementos reforzados se usará un ancho efectivo igual a la semisuma de la separación entre refuerzos similares o el 16.5% de la longitud no soportada, el que sea menor.
- [Cortes y relaciones]:
  - Los elementos que tengan cortes o aligeramientos para el pase de perfiles deben guardar una proporción igual o mayor a 2.5 veces la altura del menor elemento.

---

<sup>2</sup> STEEL BARGES – ABS RULES FOR BUILDING AND CLASSING

### 3.1.2. Cálculo de Planchaje de Casco

El tipo de sistema a emplear será uno mixto, con estructura predominante longitudinal.

- Eslora: 30.00 m
- Manga: 10.00 m
- Puntal: 2.10 m
- Calado de diseño: 0.35 m
- Separación entre longitudinales (s): 500 mm
- Separación entre Bulárcama (S): 1250 mm
- Relación de aspecto del panel elegido: 2.5

#### 3.1.2.1. Planchaje de Cubierta.

El espesor mínimo requerido será el mayor de acuerdo con las siguientes expresiones (ABS Part 3, Cap 2, Sec. 2, [7]):

**Tabla 2**  
*Planchaje de Cubierta*

	ABS Inland Vessel	ABS Steel Barges
Fórmula	$t = 0.066L + 3.5 \dots(a)$ $t = 0.01s \dots(b)$	$t = 0.009s + 2.4 \dots(a)$ $t = \frac{(L+48.76)s}{26L+8681} \dots(b)$
L [m]	30	30
s [mm]	500	500
<b>t min [mm]</b>	<b>5.48</b>	<b>6.90</b>

El espesor no debe ser menor del mínimo requerido para evitar deformaciones por efectos de carga sobre cubierta ( $p = 2 \text{ ton/m}^2 \leftrightarrow 20 \text{ kN/m}^2$ ;  $h = p/7.07$ ), el cual se determina bajo la siguiente expresión:

$$t = 0.00395s\sqrt{h} + 1.5 \text{ mm}$$

$$t = 4.82 \text{ mm}$$

#### 3.1.2.2. Planchaje de Fondo.

El espesor mínimo requerido del planchaje de Fondo es (Según ABS Part 3, Cap 2, Sec. 2, [17.1]):

**Tabla 3**  
*Planchaje de Fondo*

	<b>ABS</b> <b>Inland Vessel</b>	<b>ABS</b> <b>Steel Barges</b>
Fórmula	$t = 0.069L + 0.007s - 0.8 \dots(a)$ $t_{\min} = 5 \dots(b)$	$t = 0.045L + 0.007s + 1.8 \dots(a)$ $t = 0.055L + 0.01s + 1 \dots(b)$
L [m]	30	30
s [mm]	500	500
<b>t<sub>min</sub> [mm]</b>	<b>5.00</b>	<b>7.65</b>

**3.1.2.3. Planchaje de Pantoque.** El espesor mínimo requerido del planchaje de pantoque es (Según ABS Part 3, Cap 2, Sec. 2, [17.5]):

**Tabla 4**  
*Planchaje de Pantoque*

	<b>ABS</b> <b>Inland Vessel</b>	<b>ABS</b> <b>Steel Barges</b>
Fórmula	$t = t_{\min}$ de fondo	$t = t_{\min}$ de fondo
<b>t<sub>min</sub> [mm]</b>	<b>5.00</b>	<b>7.65</b>

**3.1.2.4. Planchaje de Costado.** El espesor mínimo requerido del planchaje de costado es (Según ABS Part 3, Cap 2, Sec. 2, [17.3]):

**Tabla 5**  
*Planchaje de Costado*

	<b>ABS</b> <b>Inland Vessel</b>	<b>ABS</b> <b>Steel Barges</b>
Fórmula	$t = 0.069L + 0.007s - 1.3 \dots(a)$ $t_{\min} = 5 \dots(b)$	$t = 0.07L + 0.007s \dots(a)$ $t = 0.055L + 0.01s + 1 \dots(b)$
L [m]	30	30
s [mm]	550	550
<b>t<sub>min</sub> [mm]</b>	<b>5.00</b>	<b>8.15</b>

### 3.1.2.5. Planchaje de Espejos.

El espesor mínimo requerido por considerar:

**Tabla 6**  
*Planchaje de Espejos*

	ABS	ABS
	Inland Vessel	Steel Barges
Fórmula	$t = t_{min} \text{ de fondo}$	$t = 0.05L + 0.009s + 1 \dots (b)$
L [m]	30	30
s [mm]	500	500
<b>t<sub>min</sub> [mm]</b>	<b>5.00</b>	<b>7.00</b>

### 3.1.3. Cálculo de Refuerzos de Fondo de Casco

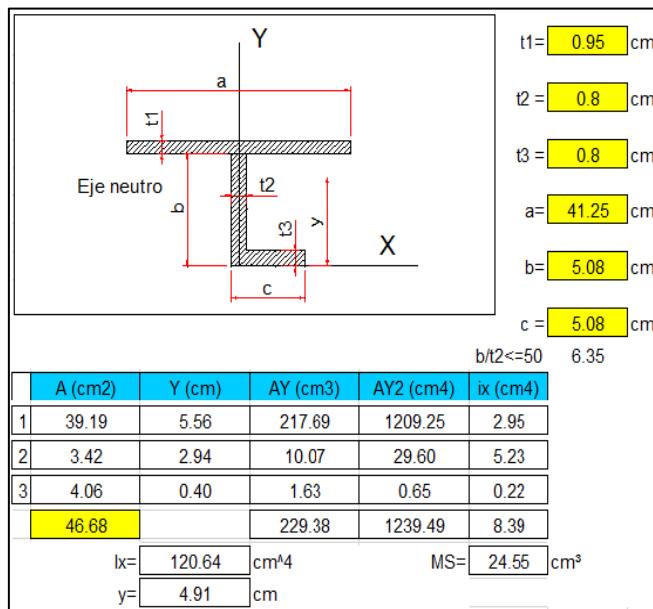
**3.1.3.1. Longitudinales de Fondo.** El módulo de sección SM mínimo requerido de los longitudinales de fondo, según ABS Part 3, Cap 2, Sec. 2, se muestra en la Tabla 7. Las características del perfil seleccionado se presentan en la Figura 33.

**Tabla 7**  
*Módulo de Sección Requerido – Longitudinales de Fondo*

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
c (adimensional)	1.08	-
h (altura)	2.1	[m]
s (separación)	0.500	[m]
l (longitud no soportada)	1.25	[m]
Formula	$SM = 7.8 chsl^2 \text{ cm}^3$	
<b>SM<sub>1</sub></b>	<b>13.82</b>	<b>[cm<sup>3</sup>]</b>
<b>SM<sub>2</sub><sup>3</sup></b>	<b>21.85</b>	<b>[cm<sup>3</sup>]</b>

<sup>3</sup> Módulo de sección calculado en base al reforzamiento tipo B (h = altura +1.22) para tanques vacíos y compartimentos con lanzamiento.

**Figura 33**  
Perfil Seleccionado – L. 2" x 2" x 5/16"



**3.1.3.2. Vagras Reforzadas.** El módulo de sección SM mínimo requerido de las vagras reforzadas, según ABS Part 3, Cap 2, Sec. 2 es como se indica en la Tabla 8. Las características del perfil seleccionado se muestran en la Figura 34.

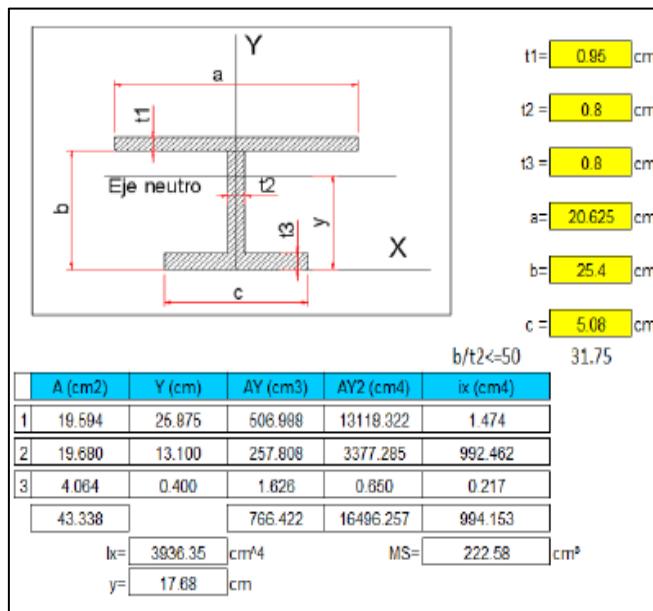
**Tabla 8**  
Módulo de Sección Requerido – Vagra Reforzada

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
c (adimensional)	1.08	-
h (altura)	2.1	[m]
s (separación)	2.5	[m]
l (longitud no soportada)	1.25	[m]
Formula	$SM = 7.8 chsl^2 \text{ cm}^3$	
<b>SM<sub>1</sub></b>	<b>69.10</b>	[cm <sup>3</sup> ]
<b>SM<sub>2</sub></b> <sup>4</sup>	<b>109.24</b>	[cm <sup>3</sup> ]

<sup>4</sup> Módulo de sección calculado en base al reforzamiento tipo B (h = altura +1.22) para tanques vacíos y compartimentos con lanzamiento.

**Figura 34**

Perfil Seleccionado – T 10" x 2" x 5/16" para Vagra Reforzada



**3.1.3.3. Varengas Reforzadas.** El módulo de sección SM mínimo requerido de las varengas reforzadas, según ABS Part 3, Cap 2, Sec. 2, es como se indica en la Tabla 9. Las características del perfil seleccionado se muestran en la Figura 35.

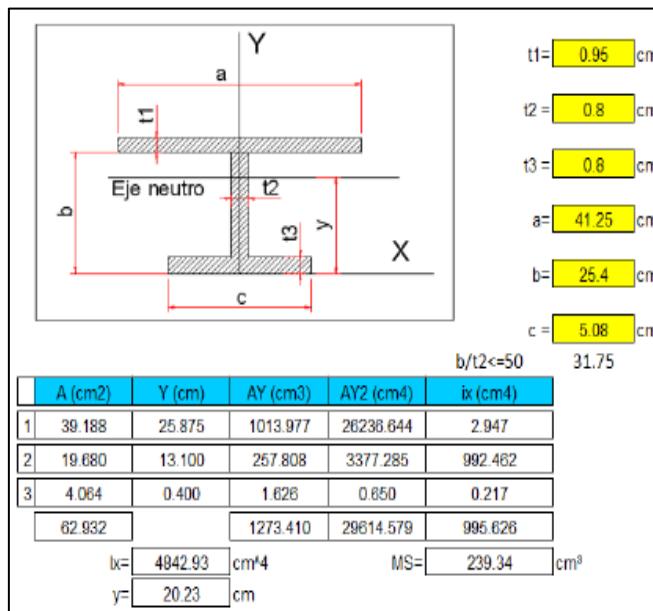
**Tabla 9**

Módulo de Sección Requerido – Varenga Reforzada

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
c (adimensional)	1.0	-
h (altura)	2.1	[m]
s (separación)	1.25	[m]
l (longitud no soportada)	2.5	[m]
Formula	$SM = 7.8 chsl^2 \text{ cm}^3$	
<b>SM<sub>1</sub></b>	<b>127.96</b>	<b>[cm<sup>3</sup>]</b>
<b>SM<sub>2</sub></b> <sup>5</sup>	<b>202.31</b>	<b>[cm<sup>3</sup>]</b>

<sup>5</sup> Módulo de sección calculado en base al reforzamiento tipo B (h = altura +1.22) para tanques vacíos y compartimentos con lanzamiento.

**Figura 35**  
Perfil Seleccionado – T 10" x 2" x 5/16" para Varenga Reforzada



### 3.1.4. Cálculo de Refuerzos del Costado

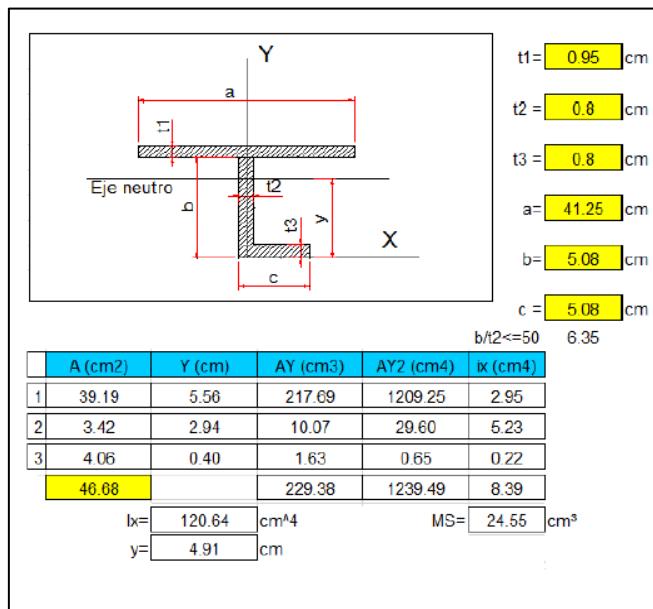
**3.1.4.1. Longitudinales del Costado.** El módulo de sección SM mínimo requerido de las longitudinales de costado según ABS Part 3, Cap 2, Sec. 4, [9.3]) se muestra en la Tabla 10. Las características del perfil seleccionado se presentan en la Figura 36.

**Tabla 10**  
Módulo de Sección Requerido – Longitudinales de Costado

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
c (adimensional)	1.08	-
h (altura)	1.5	[m]
s (separación)	0.55	[m]
l (longitud no soportada)	1.25	[m]
Formula	$SM = 7.8 chsl^2 \text{ cm}^3$	
<b>SM<sub>1</sub></b>	<b>10.85</b>	<b>[cm<sup>3</sup>]</b>
<b>SM<sub>2</sub><sup>6</sup></b>	<b>19.69</b>	<b>[cm<sup>3</sup>]</b>

<sup>6</sup> Módulo de sección calculado en base al reforzamiento tipo B (h = altura +1.22) para tanques vacíos y compartimentos con lanzamiento.

**Figura 36**  
Perfil Seleccionado – L 2" x 2" x 5/16"



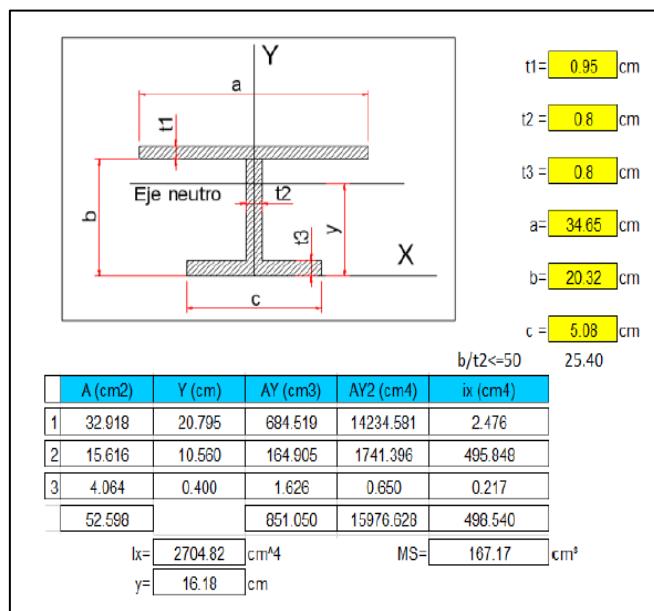
**3.1.4.2. Cuadernas Reforzadas.** El módulo de sección SM mínimo requerido de las cuadernas reforzadas según ABS Part 3, Cap 2, Sec. 4, [13]) se muestra en la Tabla 11. Las características del perfil seleccionado se presentan en la Figura 37.

**Tabla 11**  
Módulo de Sección Requerido – Cuaderna Reforzada

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
c (adimensional)	1.0	-
h (altura)	1.05	[m]
s (separación)	1.25	[m]
l (longitud no soportada)	2.1	[m]
Formula	$SM = 7.8 chsl^2 \text{ cm}^3$	
<b>SM<sub>1</sub></b>	<b>45.14</b>	[cm <sup>3</sup> ]
<b>SM<sub>2</sub><sup>7</sup></b>	<b>97.60</b>	[cm <sup>3</sup> ]

<sup>7</sup> Módulo de sección calculado en base al reforzamiento tipo B (h = altura +1.22) para tanques vacíos y compartimentos con lanzamiento.

**Figura 37**  
Perfil Seleccionado – T 8" x 2" x 5/16"



### 3.1.5. Cálculos de Refuerzo de Cubierta

**3.1.5.1. Longitudinales de Cubierta.** El módulo de sección SM mínimo requerido de los longitudinales de cubierta según ABS Part 3, Cap 2, Sec. 4, [9.3]) se muestra en la Tabla 12. Las características del perfil seleccionado se presentan en la Figura 38.

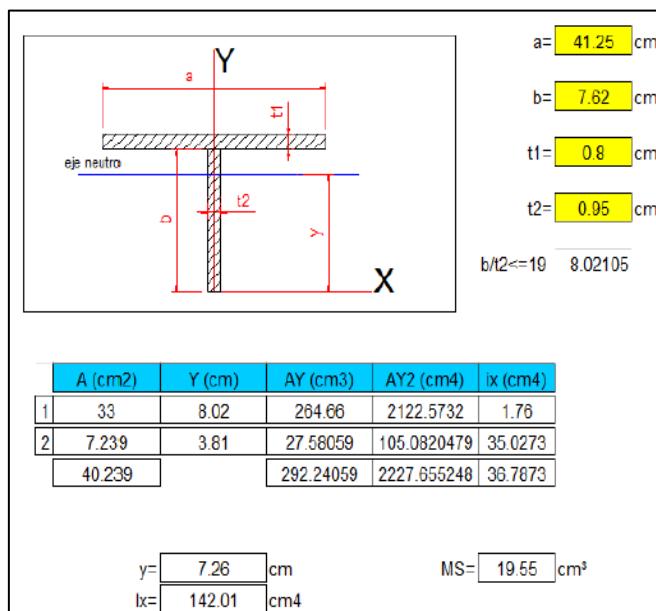
**Tabla 12**  
Módulo de Sección Requerido – Longitudinales de Cubierta

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
c (adimensional)	0.7	-
h (altura) <sup>8</sup>	3.15	[m]
s (separación)	0.500	[m]
l (longitud no soportada)	1.25	[m]
Formula	$SM = 7.8 chsl^2 \text{ cm}^3$	
<b>SM<sub>1</sub></b>	<b>13.44</b>	[cm <sup>3</sup> ]
<b>SM<sub>2</sub><sup>9</sup></b>	<b>18.64</b>	[cm <sup>3</sup> ]

<sup>8</sup> La altura para elementos de cubierta será de 1.5D.

<sup>9</sup> Módulo de sección calculado en base al reforzamiento tipo B (h = altura +1.22) para tanques vacíos y compartimentos con lanzamiento.

**Figura 38**  
Perfil seleccionado – Pl. 3" x 3/8"



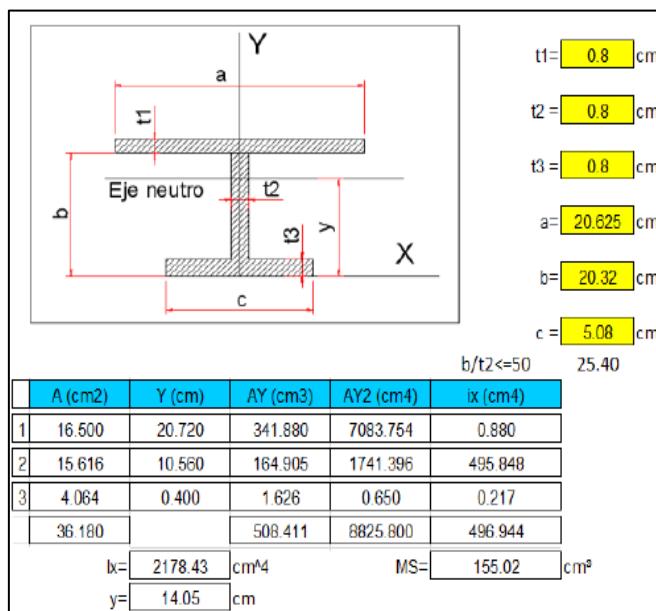
**3.1.5.2. Esloras.** El módulo de sección SM mínimo requerido de las esloras según ABS Part 3, Cap 2, Sec. 4, [13]) se muestra en la Tabla 13. Las características del perfil seleccionado se presentan en la Figura 39.

**Tabla 13**  
Módulo de Sección Requerido – Eslora

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
c (adimensional)	0.7	-
h (altura)	3.15	[m]
s (separación)	2.5	[m]
l (longitud no soportada)	1.25	[m]
Formula	$SM = 7.8 chsl^2 \text{ cm}^3$	
<b>SM<sub>1</sub></b>	<b>67.18</b>	[cm <sup>3</sup> ]
<b>SM<sub>2</sub></b> <sup>10</sup>	<b>93.20</b>	[cm <sup>3</sup> ]

<sup>10</sup> Módulo de sección calculado en base al reforzamiento tipo B (h = altura +1.22) para tanques vacíos y compartimentos con lanzamiento.

**Figura 39**  
Perfil seleccionado – T 8" x 2" x 5/16"



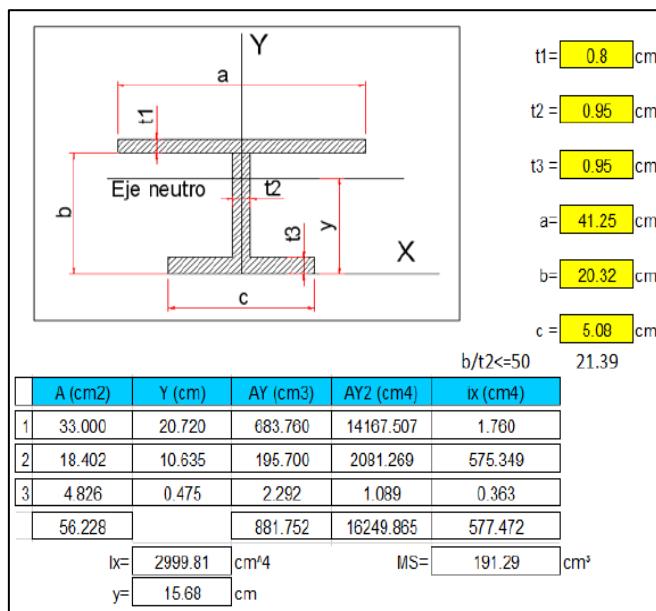
**3.1.5.3. Baos.** El módulo de sección SM mínimo requerido de los baos según ABS Part 3, Cap 2, Sec. 4, [13]) se muestra en la Tabla 14. Las características del perfil seleccionado se presentan en la Figura 40.

**Tabla 14**  
Módulo de Sección Requerido – Bao

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
c (adimensional)	0.7	-
h (altura)	3.15	[m]
s (separación)	1.25	[m]
l (longitud no soportada)	2.5	[m]
Formula	$SM = 7.8 chsl^2 \text{ cm}^3$	
<b>SM<sub>1</sub></b>	<b>134.36</b>	[cm <sup>3</sup> ]
<b>SM<sub>2</sub></b> <sup>11</sup>	<b>186.40</b>	[cm <sup>3</sup> ]

<sup>11</sup> Módulo de sección calculado en base al reforzamiento tipo B (h = altura +1.22) para tanques vacíos y compartimentos con lanzamiento.

**Figura 40**  
Perfil seleccionado – T 8" x 2" x 3/8"



### 3.1.6. Mamparos Estancos

**3.1.6.1. Mamparo de Tanque de Colisión.** El espesor mínimo de los mamparos para tanque de colisión según ABS Part 3, Cap 2, Sec. 4, [15.3.1]) se muestra en la Tabla 15.

**Tabla 15**  
*Espesor de Mamparo de Tanque de Colisión*

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
h (altura) <sup>12</sup>	1.05	[m]
s (separación)	500	[mm]
Formula	$t = \left( \frac{s\sqrt{h}}{254} \right) + 1.78 \text{ mm}$ $t = 5 \text{ mm}$	
<b>t mínimo</b>	<b>5</b>	<b>[mm]</b>

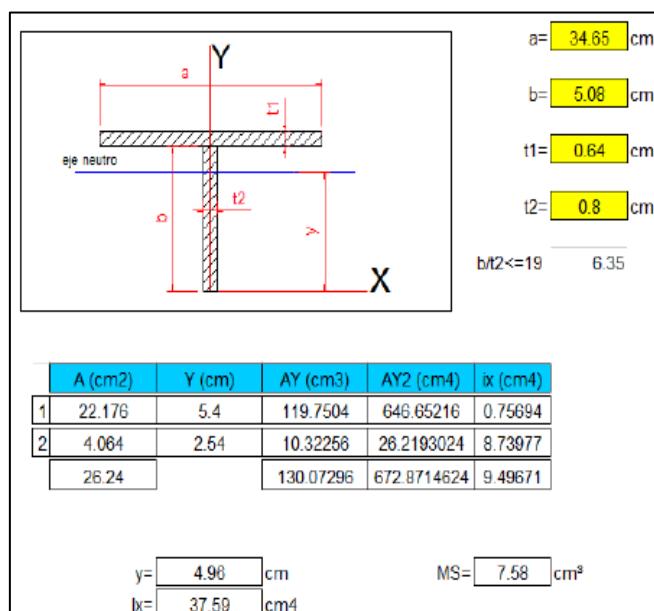
El módulo de sección SM de los refuerzos verticales pertenecientes a los mamparos según ABS Part 3, Cap 2, Sec. 4, [15.3.2]) se muestra en la Tabla 16. Las características del perfil seleccionado se presentan en la Figura 41.

<sup>12</sup> Para el sistema de reforzamiento tipo B, tomar h= 1.05 + 1.22.

**Tabla 16**  
Módulo de Sección Requerido

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
c (adimensional)	0.7	-
h (altura)	2.27	[m]
s (separación)	0.5	[m]
l (longitud no soportada)	1.05	[m]
Formula	$SM = 7.8 chsl^2 \text{ cm}^3$	
<b>SM mínimo</b>	<b>6.83</b>	<b>[cm<sup>3</sup>]</b>

**Figura 41**  
Perfil Seleccionado - Pl. 2" x 5/16" para Mamparos de Tanques de Colisión



**3.1.6.2. Mamparos de Compartimientos Estancos.** El espesor mínimo de los mamparos para compartimientos estancos según ABS Part 3, Cap 2, Sec. 4, [15.5.1]) se muestra en la Tabla 17.

**Tabla 17**  
Espesor de mamparos estancos

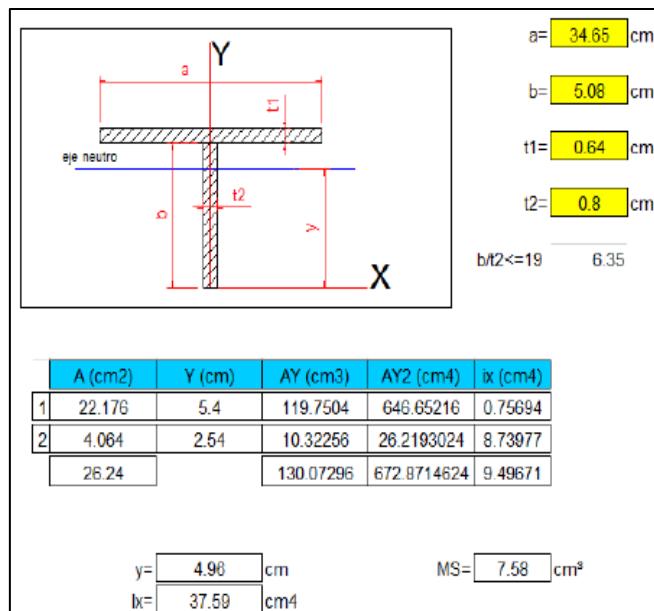
PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
h (altura)	2.27	[m]
s (separación)	500	[mm]
Formula	$t = \left(\frac{s\sqrt{h}}{290}\right) + 1 \text{ mm}$ $t = 4.5 \text{ mm}$	
<b>t mínimo</b>	<b>4.5</b>	<b>[mm]</b>

El módulo de sección SM de los refuerzos pertenecientes a los mamparos para compartimientos estancos según ABS Part 3, Cap 2, Sec. 4, [15.5.2]) se muestra en la Tabla 18. Las características del perfil seleccionado se presentan en la Figura 42.

**Tabla 18**  
*Módulo de sección requerido*

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
c (adimensional)	0.7	-
h (altura)	2.27	[m]
s (separación)	0.5	[m]
l (longitud no soportada)	1.05	[m]
Formula	$SM = 7.8 chsl^2 \text{ cm}^3$	
<b>SM mínimo</b>	<b>6.83</b>	<b>[cm<sup>3</sup>]</b>

**Figura 42**  
*Perfil Seleccionado - Pl. 2" x 5/16" para Mamparos de Compartimientos Estancos*



Por tanto, el espesor del mamparo longitudinal, transversal y de colisión será de plancha ASTM A131/A36 - GRADO A – Pl. 1/4", y refuerzos de Pl. 2" x 5/16" – ASTM A36 – GRADO A, pudiéndose elegir un refuerzo de mayor altura (hasta 3") para facilitar la construcción y supervisión de uniones soldadas.

### 3.2. Cálculo de Pesos

#### 3.2.1. Materiales

Las propiedades mecánicas del material A131 – Gr. A se muestra en la Tabla 19.

**Tabla 19**

*Propiedades Mecánicas A131 – Gr. A*

NORMA TÉCNICA	Límite de Fluencia			Resistencia a la Tracción			Elongación	
	Kg/mm <sup>2</sup>	ksi	MPa	Kg/mm <sup>2</sup>	ksi	MPa	Probeta 2"	Probeta 8"
ASTM A 131/A 131M grado A	24 min	34 min	235 min	41-53	58 -75	450 - 520	24% min	21% min

Las propiedades mecánicas del material A36 – Gr. A se muestran en la Tabla 20.

**Tabla 20**

*Propiedades Mecánicas A36 – Gr. A*

Propiedades Mecánicas	Valores
Límite de Fluencia	2530
Resistencia a la Tracción (kg/cm <sup>2</sup> ) min.	4080-5620
Alargamiento en 200mm (2.0mm, 2.5mm, 3.0mm, 1/8", 3/32", 4.5mm y 3/16")	15.0% mínimo
Alargamiento en 200mm (6.0mm)	17.0% mínimo
Alargamiento en 200mm (1/4")	17.5% mínimo
Alargamiento en 200mm (5/16", 3/8" y 1/2")	20.0% mínimo

#### 3.2.2. Soldadura

El peso de soldadura ha sido estimado de acuerdo con el factor de experiencia. El porcentaje peso por metal depositado de soldadura varía de 3.5 - 5% del peso de acero en total.

#### 3.2.3. Pesos Teóricos de la Ficha Técnica

De acuerdo con las fichas técnicas se tiene en las Tablas 21 y 22 los pesos estimados por ml, área o unidad.

**Tabla 21**  
*Elementos & Perfiles*

PERFIL	DIMENSION	PESO/ML (kg/mL)
Longitudinales de Cubierta	Pl. 3" x 3/8"	34.10
Baos	T 8" x 2" x 3/8"	113.66
Esloras	T 8" x 2" x 5/16"	95.71
Longitudinales de Costado	L 2" x 2" x 5/16"	38.28
Cuadernas Reforzadas	T 8" x 2" x 5/16"	95.71
Longitudinales de Fondo	L. 2" x 2" x 5/16"	38.28
Varengas Reforzadas	T 10" x 2" x 5/16"	114.85
Vagras	T 10" x 2" x 5/16"	114.85
Refuerzos de Mamparos	Pl. 2" x 5/16"	19.14
Puntales	Ø 3" – SCH 80	91.62
Bitas y Verduguetes	Ø 10" – SCH 80	575.7
Ref. Vertical Mamp. Long.	T 8" x 2" x 5/16"	95.71
Ref. Horizontal Mamp. Long.	Pl. 2½" x 5/16"	23.925
Ref. Vertical Mamp. Transv.	Pl. 2" x 5/16"	19.14
Ref. Horizontal Mamp. Transv.	L 5" x 3" x 5/16"	76.57

**Tabla 22**  
*Planchaje – Espesores Nominales*

ITEM	DIMENSION	kg/m <sup>2</sup>
Cubierta	8.0 mm <>5/16"	62.80
Costado Br	8.0 mm <>5/16"	62.80
Costado Er	9.5 mm <>3/8"	74.58
Pantoque	9.5 mm <>3/8"	74.58
Fondo	9.5 mm <>3/8"	74.58
Mamparos	6.4 mm <>1/4"	50.24
Espejo Popa	9.5 mm <>3/8"	74.58
Espejo Proa	8.0 mm <>5/16"	62.80
Cartelas	8.0 mm <>5/16"	62.80
Injertos (Accesorios)	9.5 mm <>3/8"	74.58

### 3.2.4. Pesos Calculados de Planos

De acuerdo con los planos elaborados, se muestra en la Tabla 24 un resumen estimado de los pesos y en la Tabla 25 se indica el metrado con los pesos estimados.

**Tabla 23**  
*Peso de Planchas y Perfiles*

ZONA	DESCRIPCIÓN	DIMENSIONES	LONGITUD (mm)	CANTIDAD	ML (m)	AREA (m <sup>2</sup> )	AREA TOTAL (m <sup>2</sup> )	Kg/m <sup>2</sup>	Kg/ML	PESO (Ton)
Fondo	Longitudinal de fondo	"L" 2"x5/16"	26250	16	420.00	-	-	-	38.28	2.680
	Vagra reforzada	"T" 10"x2"x5/16"	30000	2	60.00	-	-	-	114.85	1.149
	Vagra reforzada (piques)	"T" 10"x2"x5/16"	3750	4	15.00	-	-	-	114.85	0.287
	Varenga reforzada	"T" 10"x2"x5/16"	10000	19	190.00	-	-	-	114.85	3.637
									<b>Subtotal</b>	<b>7.752</b>
Cubierta	Longitudinal de cubierta	3"x3/8"	30000	16	480.00	-	-	-	34.10	2.728
	Refuerzo de escotilla	3"x3/8"	998	10	9.98	-	-	-	34.10	0.057
	Eslora	"T" 8"x2"x5/16"	30000	2	60.00	-	-	-	95.71	0.957
	Eslora (piques)	"T" 8"x2"x5/16"	3750	4	15.00	-	-	-	95.71	0.239
	Bao reforzado	"T" 8"x2"x3/8"	10000	19	190.00	-	-	-	113.66	3.599
									<b>Subtotal</b>	<b>7.580</b>
Bandas	Bandas	"L" 2"x5/16"	30000	6	180.00	-	-	-	38.28	1.148



	Refuerzos horizontales	"I" 5"x3"x5/16"	10000	4	40	-	-	-	76.57	0.510
Mamparo transversal	Refuerzos verticales	2"x5/16"	1700	19	32.3	-	-	-	19.14	0.103
	Refuerzo típico	2-1/2"x5/16"	500	8	4	-	-	-	23.925	0.016
	Cartela 200x200	5/16"	-	20	-	0.026	0.52	62.8	-	0.033
									<b>Subtotal</b>	0.662
Elementos de amarre (bitas)	Tubo 10" sch80	-	1400	6	8.40	-	-	-	575.7	0.806
	Tubo 4" sch80	-	1200	6	7.20	-	-	-	133.86	0.161
	Refuerzo central	"T" 8"x2"x3/8"	1000	6	6.00	-	-	-	113.66	0.114
	Refuerzo central	"T" 8"x2"x5/16"	1000	6	6.00	-	-	-	95.71	0.096
	Platina 630x3/8"	3/8"	-	6	-	0.128	0.77	74.58	-	0.010
	Cartela 300x300	5/16"	-	6	-	0.068	0.41	62.8	-	0.004
	Cajón	1/2"	-	6	-	0.955	5.73	99.70	-	0.095
	Disco de 325	1/2"	-	12	-	0.041	0.50	99.70	-	0.004
	Disco de 179	1/2"	-	12	-	0.013	0.15	99.70	-	0.001
	Corbata	100x34x5/16"	-	12	-	0.003	0.04	62.8	-	0.000
									<b>Subtotal</b>	1.291
	Injerto winche	3/8"	-	2	-	1.440	2.88	74.58	-	0.215

	Panama chock, accesorio	-	-	2	-	-	-	0.19	-	0.386
Elementos de fondeo	Media barra de 3"	3"	1.862	4	7.45	-	-	-	107.31	0.133
	Tubo 12" sch 80	-	3100	2	6.20	-	-	-	792.06	0.818
	Injerto para cancamo	16 mm	-	2	-	0.28	0.56	125.60	-	0.070
	Bao intermedio	"T" 8"x2"x5/16"	5000.00	2	10.00	-	-	-	95.71	0.160
	Refuerzo central - mamp.	"T" 8"x2"x5/16"	0.96	2	1.92	-	-	-	74.6	0.024
	Refuerzo fondo	"T" 10"x2"x5/16"	8500.00	2	17.00	-	-	-	191.1	0.541
	Cartelas	300x300x3/8"	-	16	-	0.07	1.08	74.58	-	0.081
	Corbata	100x34x5/16	-	16	-	0.00	0.05	62.8	-	0.003
<b>Subtotal</b>										2.432
Brazo de carga	Tapas de brazo	5/16"	-	1	-	0.30	0.30	62.8	-	0.019
	Cartela	600x1000x5/16"	-	4	-	0.60	2.40	62.8	-	0.038
	Tubo 4" sch80	-	6.00	2	12.00	-	-	-	133.86	0.268
	Tubo 12" sch 80	-	1.00	1	1.00	-	-	-	792.06	0.132
	Tubo 10" sch80	-	6.00	1	6.00	-	-	-	575.7	0.576
	Refuerzo bajo cubierta	"T" 8"x2"x5/16"	1250.00	2	2.50	-	-	-	74.6	0.031
	Platinas	1/2"	0.09	1	-	-	0.09	99.70	-	0.009

	Refuerzos del brazo	3/4"	1.08	1	-	-	1.08	149.15	-	0.161
									<b>Subtotal</b>	1.233
	Cartelas de pantóque	Pl. 5/16"	-	48	-	0.36	17.28	62.8	-	1.085
	Cartela de 200x200	Pl. 5/16"	-	460	-	0.02	11.04	62.8	-	0.693
	Cartela de 300x300	Pl. 5/16"	-	77	-	0.07	5.20	62.8	-	0.326
	Disco de 4"									
Cartelas & Otros	(base de puntal)	Pl. 5/16"	-	19	-	0.01	0.17	62.8	-	0.011
	Cartela de espejo	Pl. 5/16"	-	36	-	0.20	7.29	62.8	-	0.458
	Corbata	100x34x5/16"	-	147	-	0.03	5.00	62.8	-	0.314
	Soporte de luminarias	Tubo 3" sch 80	1700	2	3.40	-	-	-	91.62	0.052
	Cáncamos para llantas	-	-	20	-	-	-	0.3	-	0.006
	Llantas con cadenas	-	-	20	-	-	-	20	-	0.400
									<b>Subtotal</b>	3.345

	Pte.										
Planchaje	Basculante- conexión	-	-	3	-	-	-	-	-	0.373	
	Cubierta	Pl.5/16"	-	1	-	297.50	-	62.8	-	18.683	
	Banda BR	Pl.5/16"	-	1	-	63.00	-	62.8	-	3.956	
	Banda ER	Pl. 3/8"	-	1	-	63.00	-	74.58	-	4.699	
	Pantoque	Pl. 3/8"	-	1	-	41.64	-	74.58	-	3.105	
	Fondo	Pl. 3/8"	-	1	-	276.36	-	74.58	-	20.611	
	Mamparos transversales	Pl. 1/4"	-	4	-	21.00	-	50.24	-	4.220	
	Mamparos longitudinales	Pl. 1/4"	-	1	-	63.00	-	50.24	-	3.165	
	Espejo de popa	Pl. 3/8"	-	1	-	21.00	-	74.58	-	1.566	
	Espejo de proa	Pl.5/16"	-	1	-	21.00	-	62.8	-	1.319	
										<b>Subtotal</b>	61.697
										<b>Total</b>	97.114

## Capítulo IV: Estudio de Estabilidad sin Avería

Se realizará el estudio de Estabilidad sin Avería en las diferentes condiciones de operación con carga en cubierta: 25%, 50%, 75% y 100%.

### 4.1. Información Sustentadora

Los planos considerados en el estudio son los siguientes:

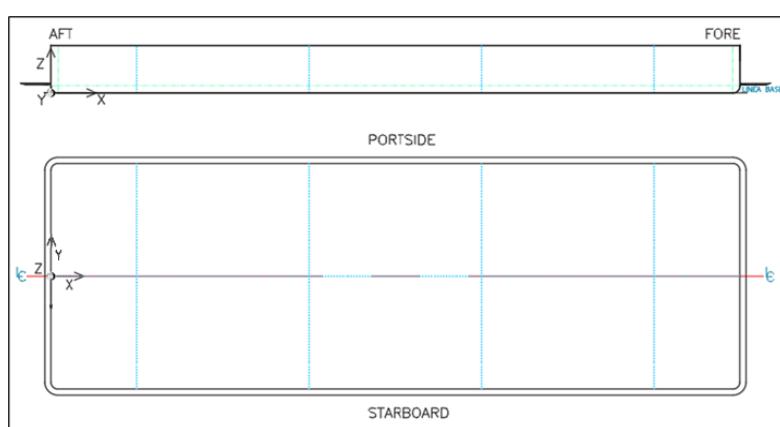
- BV-FAB-PB-03-LF Líneas de Forma
- BV-FAB-PB-04-CH Curvas Hidrostáticas
- BV-FAB-PB-05-CH Curvas Cruzadas
- BV-FAB-PB-02-MC Memoria de Cálculo
- BV-FAB-PB-03-IP Informe de Pesos

### 4.2. Referencias Geométricas

El sistema de coordenadas de la barcaza se muestra en la Figura 43:

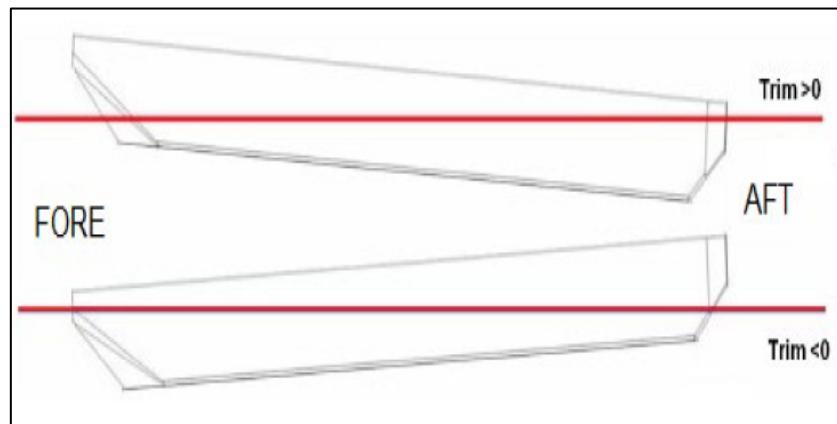
- Eje X tiene origen en el espejo de popa, medidas longitudinales aumentan positivamente a proa (fore).
- Eje Y tiene origen en la línea base, medidas transversales aumentan positivamente a babor (portside).
- Eje Z tiene origen en la línea de crujía, medidas verticales aumentan positivamente hacia cubierta.

**Figura 43**  
Sistema de Coordenadas



El Trimado (trim) es medido entre las perpendiculares (extremos de proa y popa), obtener un resultado negativo implica que el extremo de proa tiene mayor calado que la popa y un resultado positivo implica que el extremo de popa tiene mayor calado que la proa, como se observa en la Figura 44.

**Figura 44**  
*Trimado negativo y positivo*

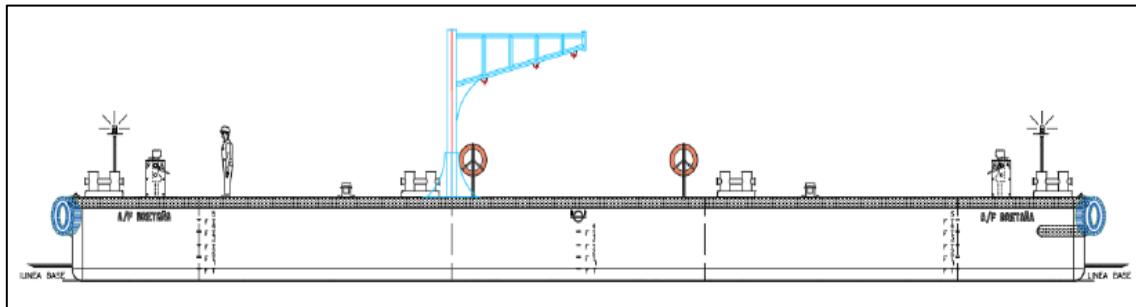


#### 4.3. Características Principales

Como se muestra en la Figura 45 de la Vista General del pontón, este tiene las siguientes características:

- Tipo de Servicio: Artefacto Fluvial / Pontón.
- Nombre: "Bretaña".
- Eslora total: 30.00 m.
- Manga total: 10.00 m.
- Puntal moldeado: 2.10 m.
- N.<sup>o</sup> de Compartimentos: 10 und.

**Figura 45**  
Vista General



#### 4.4. Consideraciones al Análisis

Se ha establecido dos áreas de carga de **10 m<sup>2</sup>** c/u como se muestra en la Figura 46 ( $\rho = 1 \text{ ton/m}^2$ ).

- **Del espacio de carga:**

Dimensiones del espacio de carga: 5x2x1,5m

Centro de acción del área de carga N°1: 22.5 m desde popa.

Centro de acción del área de carga N°2: 7.5 m desde popa.

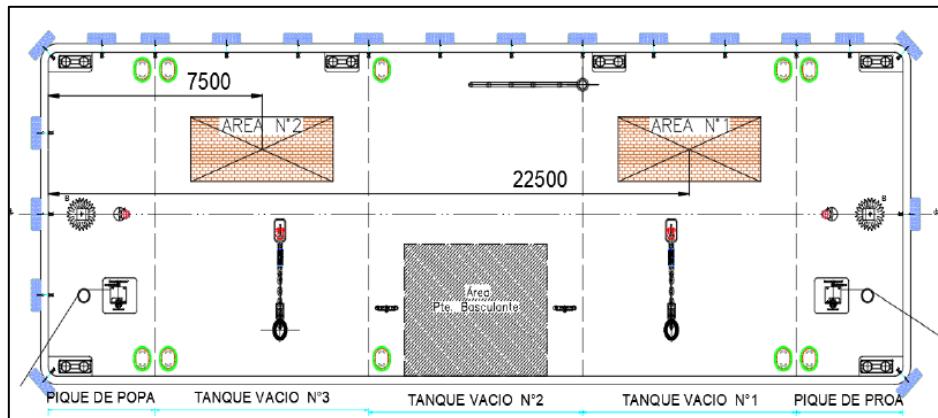
- **De la carga:**

Carga máxima izada: 1.00 ton

- **Del viento:**

Velocidad de viento aplicado: OMI = 30 m/s // ABS = 25.7 m/s.

**Figura 46**  
Vista de Planta del Pontón



## **4.5. Criterios de Estabilidad Aplicados**

### **4.5.1. Código Internacional de Estabilidad Sin Avería (Código IS)**

Según el Código Internacional de Estabilidad sin Avería, elaborado por la Organización Marítima Internacional (2008), indica lo siguiente:

#### **2.2. Pontones**

##### **2.2.3. Realización de los cálculos.**

.1. No se tendrá en cuenta la flotabilidad de la cubiertada (salvo que se haya autorizado una concesión por flotabilidad en el caso de cubiertadas de madera firmemente sujetas).

.2. Se tendrán en cuenta factores tales como la absorción de agua (por ejemplo, de la madera), el agua retenida en la carga (por ejemplo, en tuberías) y la acumulación de hielo.

.3. Al realizar los cálculos de la escora producida por el viento:

.3.1. Se supondrá que la presión del viento es constante y, para operaciones de índole general, que actúa sobre una masa sólida que se extiende a todo lo largo de la cubierta de carga y hasta una altura supuesta por encima de dicha cubierta.

.3.2. Se supondrá que el centro de gravedad de la carga está situado en el punto medio de la altura de ésta, y

.3.3. El brazo de palanca debido al viento se tomará desde el centro de la cubiertada hasta el punto medio del calado medio.

.4. Los cálculos se realizarán de modo que abarquen una gama completa de calados operacionales.

.5. Se supondrá que el ángulo de inundación descendente es aquel al que se sumerge una abertura por la que puede producirse una inundación progresiva. Estas aberturas no incluyen las que van cerradas con una tapa de registro estanca ni los respiraderos provistos de cierre automático.

#### *2.2.4. Criterios de estabilidad sin avería*

.1. El área bajo la curva de los brazos adrizantes hasta el ángulo correspondiente al brazo adrizante máximo no será inferior a 0,08 metro-radián.

.2. El ángulo de escora estática producido por una carga del viento uniformemente distribuida de 540 Pa (velocidad del viento de 30 m/s) no debe ser superior al ángulo para el que se sumerja la mitad del francobordo en la condición pertinente de carga, donde el brazo de palanca del momento escorante producido por el viento se mide desde el centroide de la superficie expuesta al viento hasta el punto medio del calado.

.3. El mínimo rango de estabilidad debe ser:  $20^\circ$  si  $L < 100$  m o  $15^\circ$  si  $L > 150$  m

Para las esloras intermedias se calculará por interpolación. (p. 34)

#### **4.5.2. Notas explicativas del Código Internacional de Estabilidad sin Avería**

De acuerdo con las Notas explicativas del Código IS, la Organización Marítima Internacional (2008) señala lo siguiente:

Capítulo 4: Orientaciones para la aplicación del código de estabilidad sin avería

4.1. Criterios relativos a las propiedades de la curva de brazos adrizantes: En el caso de determinados buques, es posible que la prescripción incluida en el párrafo 2.2.3 de la parte A del Código no resulte viable. Dichos buques suelen ser de manga ancha y poco calado, con un cociente  $B/D \geq 2,5$ . Para ellos, pueden aplicar los criterios alternativos siguientes:

4.1.1. El brazo adrizante máximo (GZ) debería darse a un ángulo de escora no inferior a  $15^\circ$ .

4.1.2. El área bajo la curva de brazos adrizantes (curva de brazos GZ) no debería ser inferior a 0,070 metro-radián hasta un ángulo de  $15^\circ$ , si el brazo adrizante máximo (GZ) se da a un ángulo igual a  $15^\circ$ , o de 0,055 metro-radián hasta un ángulo de  $30^\circ$  si el brazo adrizante máximo (GZ) se da a un ángulo igual o superior a  $30^\circ$ .

Cuando el brazo adrizante máximo (GZ) se dé a un ángulo comprendido entre 15° y 30°, el área correspondiente bajo la curva de brazos adrizantes debería ser igual a: 0.055+0.001 (30°-  $\phi_{max}$ ) metro-radián. (p. 33)

#### **4.5.3. Normas para construcción y Clasificación de Embarcaciones de Navegación Interior – American Bureau Shipping**

De acuerdo con la Norma American Bureau Shipping (2019), se tiene las siguientes consideraciones:

##### 3. Requisitos de Estabilidad Intacta para Barcazas Equipadas con brazo de carga

###### 3.1. Barcazas con y sin Contra balance

3.1.1. Cada barcaza que está equipada para izar pesos debe cumplir, por cálculos de diseño, esta sección bajo las siguientes condiciones:

i) Ya sea para cada condición de carga y condición de pre-izaje o el rango de condiciones, incluidas las condiciones de pre-izaje, delineadas por las pautas de operaciones de elevación contenidas en el cuadernillo de asiento y estabilidad.

ii) Momento escorante por izaje.

iii) El efecto del viento en el área proyectada de la barcaza (incluida la cubierta de carga o equipamiento) debe evaluarse a una velocidad de viento de 25,7 m/s (50 nudos). Si se utilizara una velocidad de viento menor, dicha velocidad de viento se incluirá en el cuadernillo de asiento y estabilidad como una restricción operativa durante las operaciones de izaje.

El momento escorante por viento se calculará como:  $P \times A \times H \text{ N-m}$  (kgf, lbf – ft);

donde: P = presión de viento, calculado líneas abajo, A = área lateral proyectada, en m<sup>2</sup> (ft<sup>2</sup>) de todas las superficies expuestas (incluyendo cubierta de carga), en la condición adrizada, H = distancia vertical en m (ft), desde el centroide de A al centroide del área lateral bajo el agua o aproximadamente la mitad del calado.

Este momento escorante por viento debe permanecer constante para todos los ángulos de escora:  $P = f \times V_k^2 \times C_h \times C_s \text{ N/m}^2$  (kgf/m<sup>2</sup>, lbf/ft<sup>2</sup>); donde:  $f = 0.611$  (0.0623, 0.00338),  $V_k$  = velocidad del viento en m/s (m/s, knots),  $C_s = 1.0$ , coeficiente de forma,  $C_h$  = coeficiente de altura, mostrado en la Tabla 24.

**Tabla 24**  
Valores de  $C_h$

H (m)	H(ft)	$C_h$
0.0 – 15.3	0 – 50	1.00
15.3 – 30.5	50 – 100	1.10
30.5 – 46.0	100 – 150	1.20
46.0 – 61.0	150 – 200	1.30
61.0 – 76.0	200 – 250	1.37
76.0 – 91.5	250 – 300	1.43
91.5 - superior	300 y superior	1.48

3.1.2. Cada barcaza debe tener una curva de brazos adrizantes con las siguientes características:

- i) El área debajo de la curva de brazos adrizantes desde el ángulo de equilibrio (debido al momento de inclinación del viento) hasta el más pequeño de los siguientes ángulos debe ser de al menos 0.053 metros-radianes (10 pies-grados):
  - a) La segunda intercepción a la curva.
  - b) El ángulo de inundación.
  - c) 40°
- ii) La parte más baja de la cubierta a la intemperie y el punto de inundación más bajo, no deben sumergirse en el ángulo de equilibrio.

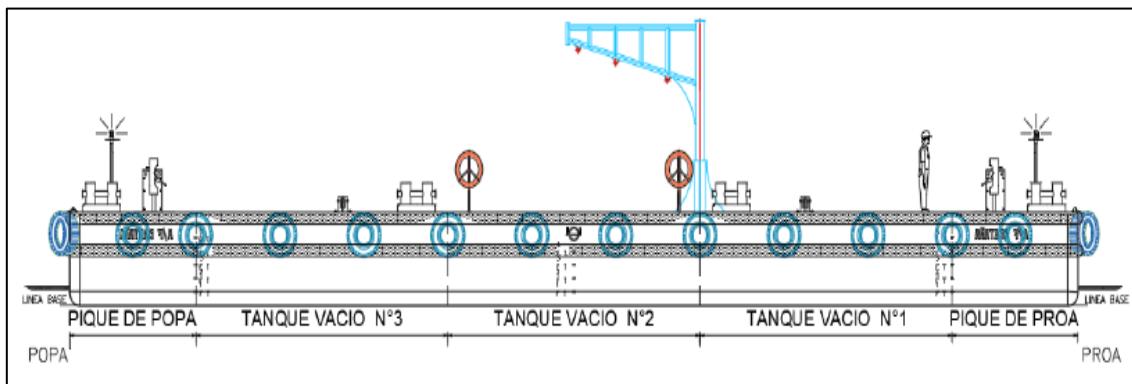
La curva de brazos adrizantes se debe corregir por el aumento en el centro de gravedad vertical debido a la operación de izaje. (El aumento en el VCG se debe a que la pluma está en la posición elevada y la carga en el gancho de izaje que actúa en el extremo más alto de esta). (p. 120-122)

## 4.6. Estabilidad Sin Avería

### 4.6.1. Condición Intacta 01: Pontón en Liviano / Brazo en Posición Inicial

**Figura 47**

Condición Intacta 01: Pontón en Liviano / Brazo en Posición Inicial



**Tabla 25**

Condición Intacta 01: Pesos y CG

Nº	Descripción	Cantidad	Desp. [Ton]	Xg [m]	Yg [m]	Zg [m]
1	Pontón en rosca	1	95.881	15.000	0.000	1.052
			<b>Peso [Ton]</b>	<b>Xg [m]</b>	<b>Yg [m]</b>	<b>Zg [m]</b>
2	Peso de la plataforma	1	28.000	15.000	-2.964	2.100
3	Peso del brazo de carga	1	1.233	17.778	4.000	4.999
4	Lastre	1	30.000	15.000	2.500	0.160
<b>RESUMEN</b>			<b>155.114</b>	<b>15.022</b>	<b>-0.020</b>	<b>1.100</b>

**Tabla 26**

Condición Intacta 01: Condición de Equilibrio

Descripción	Valor
Francobordo [m]	1.576
Calado en Sección Media [m]	0.524
Desplazamiento [ton]	155.1
Escora (+vo hacia Esterior) [º]	-0.1
Calado en Perpendicular de Proa [m]	0.526
Calado en Perpendicular de Popa [m]	0.522
Ang. de Trimado (+vo hacia Popa) [º]	-0.004
Coeficiente Prismático	0.972
Coeficiente de Bloque	0.955
Coeficiente de Sección Media	0.982
Coeficiente de Área de Flotación	0.998

LCB desde Perpendicular de Popa (+vo hacia Proa) [m]	15.019
LCF desde Perpendicular de Popa (+vo hacia Proa) [m]	15.000
KB [m]	0.261
KG corregido [m]	1.100
BMt [m]	16.095
BML [m]	144.301
GMr corregido [m]	15.257
GML corregido [m]	143.462
KMt [m]	16.357
KML [m]	144.562
TPc [ton/cm]	2.998
MTc [ton.m]	7.418
Trimado (+vo hacia Popa) [m]	-0.0078

**Tabla 27***Condición Intacta 01: Corrección de Curvas Cruzadas de Estabilidad*

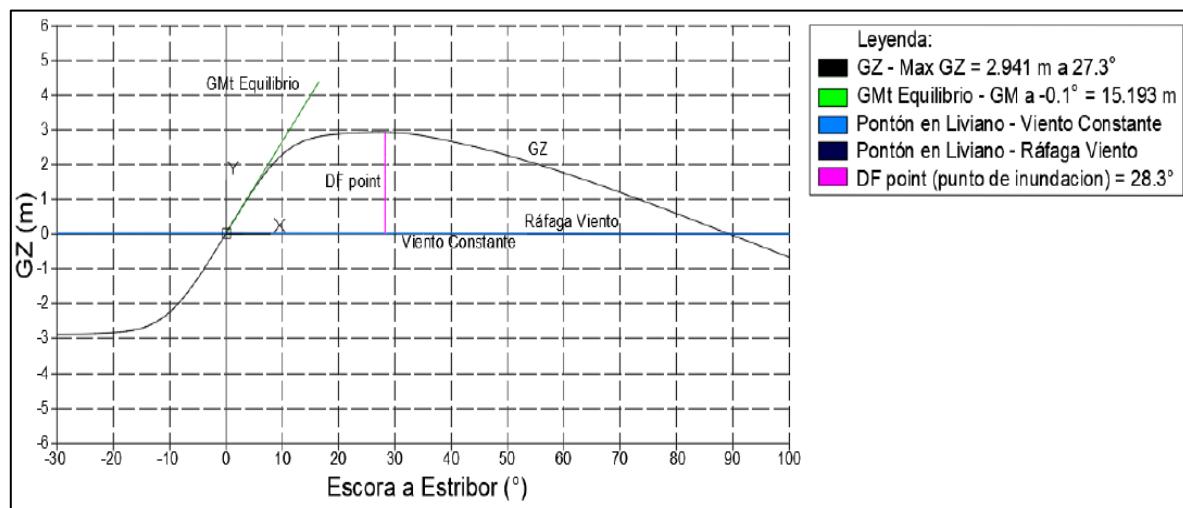
Por C.G.	Por FSM	Pesos Colgantes	Pesos Fijos	Total Corrección.
1.052	0.000	0.000	0.048	1.100

**Tabla 28***Condición Intacta 01: Criterios de Estabilidad*

OMI	Regla	Unidades	Valor Actual	Estatus
1. Área bajo la curva de brazos adrizantes hasta el brazo adrizante máximo no será menor a (>):	0.08	m.rad	1.061	CUMPLE
2. Mínimo rango de estabilidad para L<=100, es:	20°	deg	89.3°	CUMPLE
3. Ángulo de máximo GZ debe ser al menos (>)	15°	deg	27.3°	CUMPLE
4. Área bajo la curva de brazos adrizantes entre 30° y el ángulo de GZ máximo, no debe ser menor a (>)	0.056	m.rad	1.061	CUMPLE

**Figura 48**

Condición Intacta 01: Curva de Estabilidad Corregida

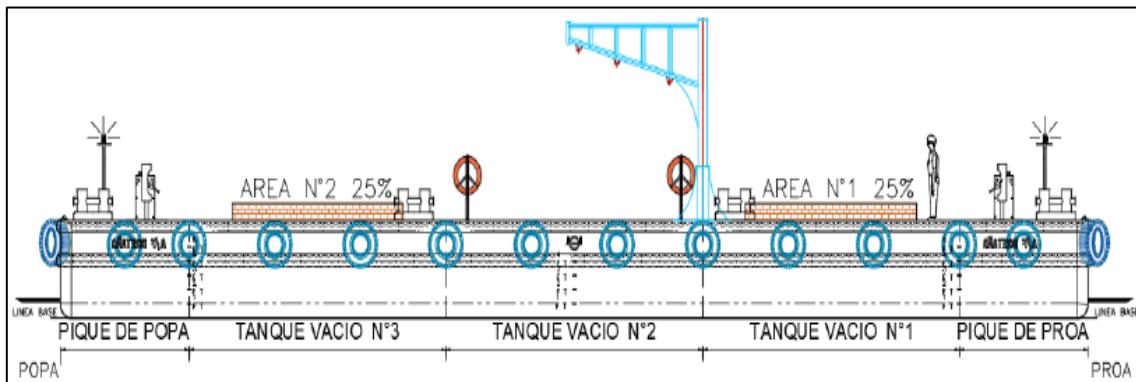


#### 4.6.2. Condición Intacta 02: Pontón con 25% de Carga en Cubierta / Brazo en Posición Inicial

##### Inicial

**Figura 49**

Condición Intacta 02: Pontón con 25% de Carga en Cubierta / Brazo en Posición Inicial

**Tabla 29**

Condición Intacta 02: Pesos y CG

Nº	Descripción	Cantidad	Desp. [Ton]	Xg [m]	Yg [m]	Zg [m]
1	Pontón en rosca	1	95.881	15.000	0.000	1.052
			Peso [Ton]	Xg [m]	Yg [m]	Zg [m]
2	Peso de la plataforma	1	28.000	15.000	-2.964	2.100
3	Peso del brazo de carga	1	1.233	17.778	4.000	4.999
4	Lastre	1	30.000	15.000	2.500	0.160
5	Carga en área N°1	25%	2.500	22.500	2.000	2.287
6	Carga en área N°2	25%	2.500	7.500	2.000	2.287
		<b>RESUMEN</b>	<b>160.114</b>	<b>15.021</b>	<b>0.043</b>	<b>1.137</b>

**Tabla 30***Condición Intacta 02: Condición de Equilibrio*

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Francobordo [m]	1.559
Calado en Sección Media [m]	0.541
Desplazamiento [ton]	160.1
Escola (+vo hacia Esterior) [°]	0.2
Calado en Perpendicular de Proa [m]	0.543
Calado en Perpendicular de Popa [m]	0.538
Ang. de Trimado (+vo hacia Popa) [°]	-0.005
Coeficiente Prismático	0.972
Coeficiente de Bloque	0.941
Coeficiente de Sección Media	0.968
Coeficiente de Área de Flotación	0.998
LCB desde Perpendicular de Popa (+vo hacia Proa) [m]	15.021
LCF desde Perpendicular de Popa (+vo hacia Proa) [m]	15.000
KB [m]	0.270
KG corregido [m]	1.137
BMT [m]	15.593
BML [m]	139.796
GMT corregido [m]	14.726
GML corregido [m]	138.928
KMT [m]	15.863
KML [m]	140.065
TPc [ton/cm]	2.998
MTc [ton.m]	7.415
Trimado (+vo hacia Popa) [m]	-0.0088

**Tabla 31***Condición Intacta 02: Corrección de Curvas Cruzadas de Estabilidad*

<b>Por C.G.</b>	<b>Por FSM</b>	<b>Pesos Colgantes</b>	<b>Pesos Fijos</b>	<b>Total Corrección.</b>
1.052	0.000	0.000	0.085	1.137

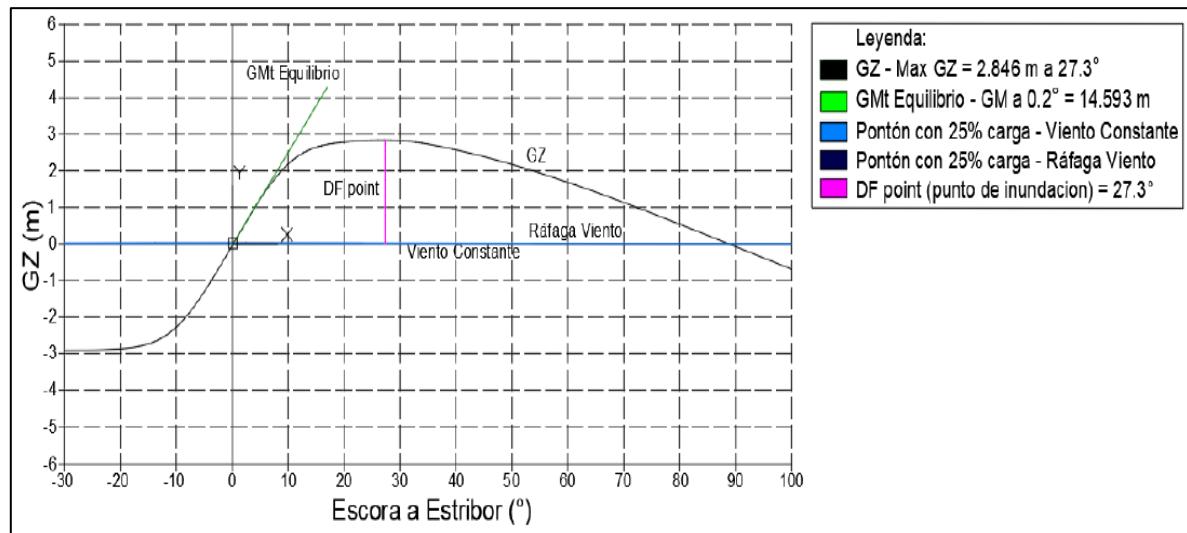
**Tabla 32**

Condición Intacta 02: Criterios de Estabilidad

OMI	Regla	Unidades	Valor Actual	Estatus
1. Área bajo la curva de brazos adrizantes hasta el brazo adrizante máximo no será menor a (>):	0.08	m.rad	1.016	CUMPLE
2. Mínimo rango de estabilidad para $L \leq 100$ , es:	20°	deg	88.7°	CUMPLE
3. Ángulo de máximo GZ debe ser al menos (>)	15°	deg	27.3°	CUMPLE
4. Área bajo la curva de brazos adrizantes entre 30° y el ángulo de GZ máximo, no debe ser menor a (>)	0.056	m.rad	1.016	CUMPLE

**Figura 50**

Condición Intacta 02: Curva de Estabilidad Corregida

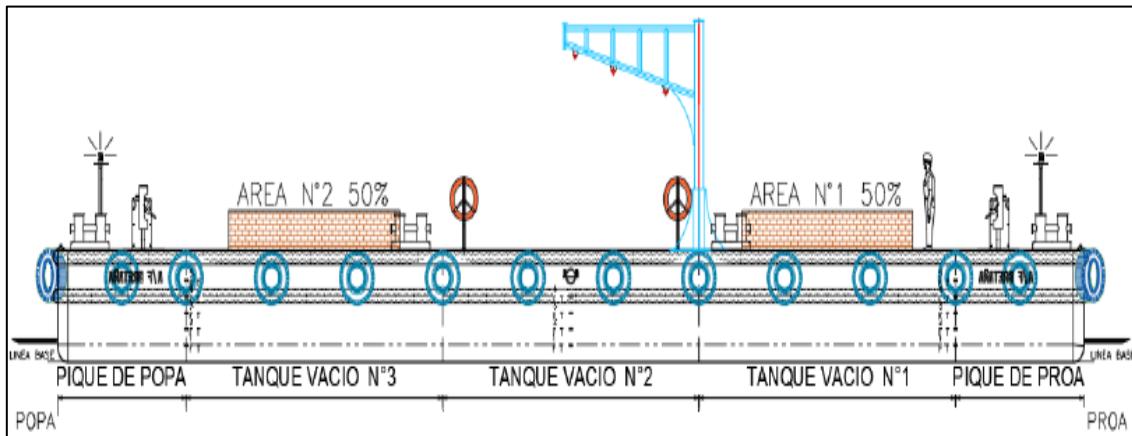


#### 4.6.3. Condición Intacta 03: Pontón con 50% de Carga en Cubierta / Brazo en Posición Inicial

##### Inicial

**Figura 51**

Condición Intacta 03: Pontón con 50% de Carga en Cubierta / Brazo en Posición Inicial



**Tabla 33**

Condición Intacta 03: Pesos y CG

Nº	Descripción	Cantidad	Desp. [Ton]	Xg [m]	Yg [m]	Zg [m]
1	Pontón en rosca	1	95.881	15.000	0.000	1.052
			<b>Peso [Ton]</b>	<b>Xg [m]</b>	<b>Yg [m]</b>	<b>Zg [m]</b>
2	Peso de la plataforma	1	28.000	15.000	-2.964	2.100
3	Peso del brazo de carga	1	1.233	17.778	4.000	4.999
4	Lastre	1	30.000	15.000	2.500	0.160
5	Carga en área N°1	50%	5.000	22.500	2.000	2.475
6	Carga en área N°2	50%	5.000	7.500	2.000	2.475
		<b>RESUMEN</b>	<b>165.114</b>	<b>15.021</b>	<b>0.103</b>	<b>1.183</b>

**Tabla 34**

Condición Intacta 03: Condición de Equilibrio

Descripción	Valor
Francobordo [m]	1.543
Calado en Sección Media [m]	0.557
Desplazamiento [ton]	165.1
Escola (+vo hacia Esterior) [º]	0.4
Calado en Perpendicular de Proa [m]	0.560
Calado en Perpendicular de Popa [m]	0.555
Ang. de Trimado (+vo hacia Popa) [º]	-0.005
Coeficiente Prismático	0.973

Coeficiente de Bloque	0.912
Coeficiente de Sección Media	0.937
Coeficiente de Área de Flotación	0.998
LCB desde Perpendicular de Popa (+vo hacia Proa) [m]	15.020
LCF desde Perpendicular de Popa (+vo hacia Proa) [m]	15.000
KB [m]	0.279
KG corregido [m]	1.183
BMt [m]	15.121
BML [m]	135.565
GMt corregido [m]	14.217
GML corregido [m]	134.660
KMt [m]	15.400
KML [m]	135.840
TPc [ton/cm]	2.998
MTc [ton.m]	7.412
Trimado (+vo hacia Popa) [m]	-0.0088

**Tabla 35***Condición Intacta 03: Corrección de Curvas Cruzadas de Estabilidad*

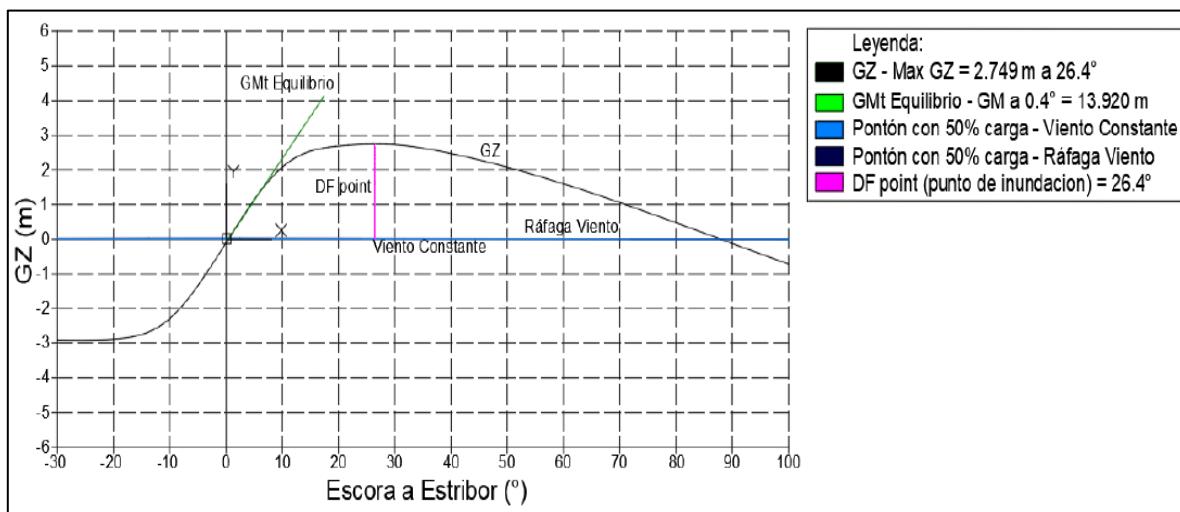
Por C.G.	Por FSM	Pesos Colgantes	Pesos Fijos	Total Corrección.
1.052	0.000	0.000	0.048	1.100

**Tabla 36***Condición Intacta 03: Criterios de Estabilidad*

OMI	Regla	Unidades	Valor Actual	Estatus
1. Área bajo la curva de brazos adrizantes hasta el brazo adrizante máximo no será menor a (>):	0.08	m.rad	0.928	CUMPLE
2. Mínimo rango de estabilidad para L<=100, es:	20°	deg	87.9°	CUMPLE
3. Ángulo de máximo GZ debe ser al menos (>)	15°	deg	26.4°	CUMPLE
4. Área bajo la curva de brazos adrizantes entre 30° y el ángulo de GZ máximo, no debe ser menor a (>)	0.056	m.rad	0.928	CUMPLE

**Figura 52**

Condición Intacta 03: Curva de Estabilidad Corregida

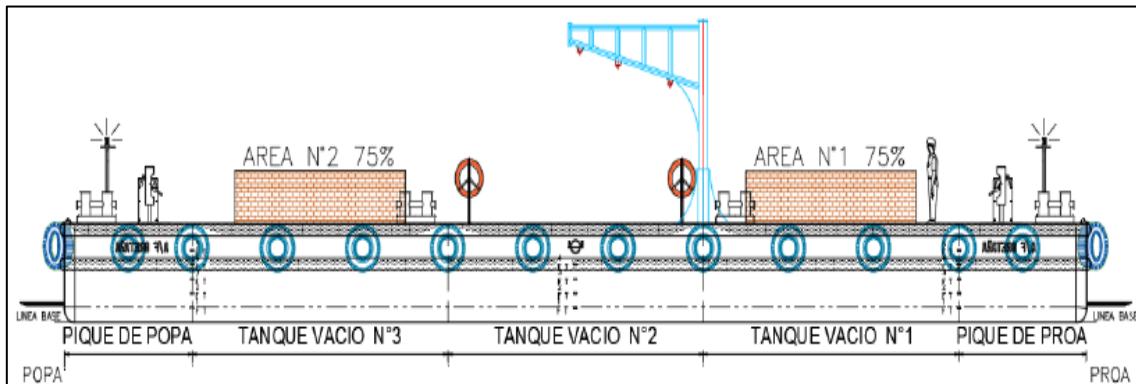


#### 4.6.4. Condición Intacta 04: Pontón con 75% de Carga en Cubierta / Brazo en Posición Inicial

##### Inicial

**Figura 53**

Condición Intacta 04: Pontón con 75% de Carga en Cubierta / Brazo en Posición Inicial

**Tabla 37**

Condición Intacta 04: Pesos y CG

Nº	Descripción	Cantidad	Desp. [Ton]	Xg [m]	Yg [m]	Zg [m]
1	Pontón en rosca	1	95.881	15.000	0.000	1.052
			Peso [Ton]	Xg [m]	Yg [m]	Zg [m]
2	Peso de la plataforma	1	28.000	15.000	-2.964	2.100
3	Peso del brazo de carga	1	1.233	17.778	4.000	4.999
4	Lastre	1	30.000	15.000	2.500	0.160
5	Carga en área N°1	75%	7.500	22.500	2.000	2.662
6	Carga en área N°2	75%	7.500	7.500	2.000	2.662
		<b>RESUMEN</b>	<b>170.114</b>	<b>15.020</b>	<b>0.158</b>	<b>1.238</b>

**Tabla 38***Condición Intacta 04: Condición de Equilibrio*

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Francobordo [m]	1.526
Calado en Sección Media [m]	0.574
Desplazamiento [ton]	170.1
Escola (+vo hacia Esterior) [°]	0.7
Calado en Perpendicular de Proa [m]	0.576
Calado en Perpendicular de Popa [m]	0.572
Ang. de Trimado (+vo hacia Popa) [°]	-0.004
Coeficiente Prismático	0.974
Coeficiente de Bloque	0.885
Coeficiente de Sección Media	0.909
Coeficiente de Área de Flotación	0.998
LCB desde Perpendicular de Popa (+vo hacia Proa) [m]	15.019
LCF desde Perpendicular de Popa (+vo hacia Proa) [m]	15.000
KB [m]	0.288
KG corregido [m]	1.238
BMT [m]	14.679
BML [m]	131.586
GMT corregido [m]	13.729
GML corregido [m]	130.636
KMT [m]	14.966
KML [m]	131.865
TPc [ton/cm]	2.998
MTc [ton.m]	7.408
Trimado (+vo hacia Popa) [m]	-0.0086

**Tabla 39***Condición Intacta 04: Corrección de Curvas Cruzadas de Estabilidad*

Por C.G.	Por FSM	Pesos Colgantes	Pesos Fijos	Total Corrección.
1.052	0.000	0.000	0.186	1.238

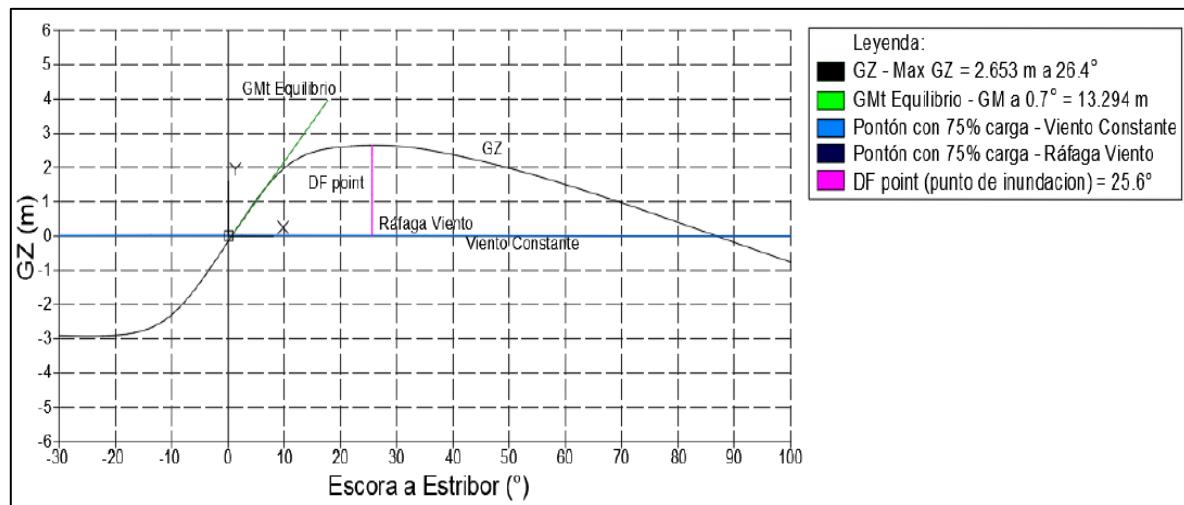
**Tabla 40**

Condición Intacta 04: Criterios de Estabilidad

OMI	Regla	Unidades	Valor Actual	Estatus
1. Área bajo la curva de brazos adrizantes hasta el brazo adrizante máximo no será menor a (>):	0.08	m.rad	0.886	CUMPLE
2. Mínimo rango de estabilidad para $L \leq 100$ , es:	20°	deg	86.9°	CUMPLE
3. Ángulo de máximo GZ debe ser al menos (>)	15°	deg	25.6°	CUMPLE
4. Área bajo la curva de brazos adrizantes entre 30° y el ángulo de GZ máximo, no debe ser menor a (>)	0.056	m.rad	0.886	CUMPLE

**Figura 54**

Condición Intacta 04: Curva de Estabilidad Corregida

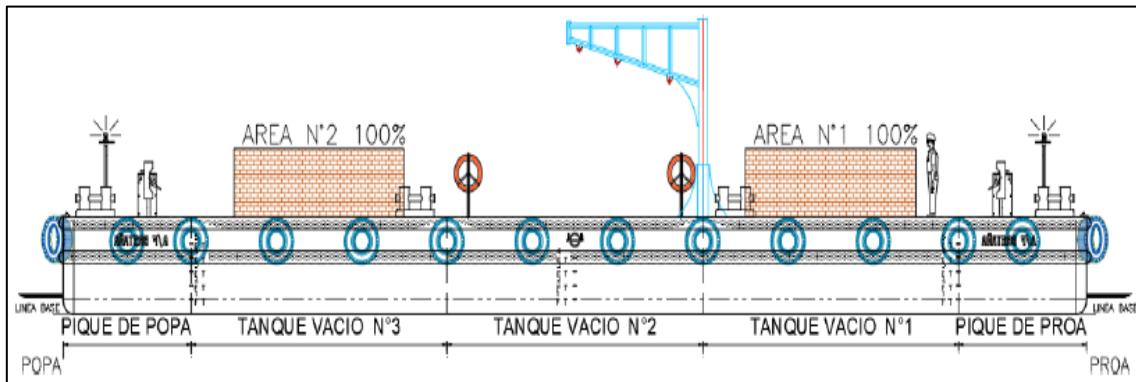


#### 4.6.5. Condición Intacta 05: Pontón con 100% de Carga en Cubierta / Brazo en Posición Inicial

##### Incial

**Figura 55**

Condición Intacta 05: Pontón con 100% de Carga en Cubierta / Brazo en Posición Inicial



**Tabla 41**

Condición Intacta 05: Pesos y CG

Nº	Descripción	Cantidad	Desp. [Ton]	Xg [m]	Yg [m]	Zg [m]
1	Pontón en rosca	1	95.881	15.000	0.000	1.052
			<b>Peso [Ton]</b>	<b>Xg [m]</b>	<b>Yg [m]</b>	<b>Zg [m]</b>
2	Peso de la plataforma	1	28.000	15.000	-2.964	2.100
3	Peso del brazo de carga	1	1.233	17.778	4.000	4.999
4	Lastre	1	30.000	15.000	2.500	0.160
5	Carga en área N°1	100%	10.000	22.500	2.000	2.850
6	Carga en área N°2	100%	10.000	7.500	2.000	2.850
		<b>RESUMEN</b>	<b>175.114</b>	<b>15.020</b>	<b>0.211</b>	<b>1.300</b>

**Tabla 42**

Condición Intacta 05: Condición de Equilibrio

Descripción	Valor
Francobordo [m]	1.509
Calado en Sección Media [m]	0.591
Desplazamiento [ton]	175.1
Escora (+vo hacia Esterior) [º]	0.9
Calado en Perpendicular de Proa [m]	0.593
Calado en Perpendicular de Popa [m]	0.588
Ang. de Trimado (+vo hacia Popa) [º]	-0.004
Coeficiente Prismático	0.975
Coeficiente de Bloque	0.861

Coeficiente de Sección Media	0.883
Coeficiente de Área de Flotación	0.998
LCB desde Perpendicular de Popa (+vo hacia Proa) [m]	15.018
LCF desde Perpendicular de Popa (+vo hacia Proa) [m]	15.000
KB [m]	0.297
KG corregido [m]	1.300
BMt [m]	14.262
BML [m]	127.836
GMt corregido [m]	13.259
GML corregido [m]	126.833
KMt [m]	14.557
KML [m]	128.117
TPc [ton/cm]	2.999
MTc [ton.m]	7.403
Trimado (+vo hacia Popa) [m]	-0.0083

**Tabla 43***Condición Intacta 05: Corrección de Curvas Cruzadas de Estabilidad*

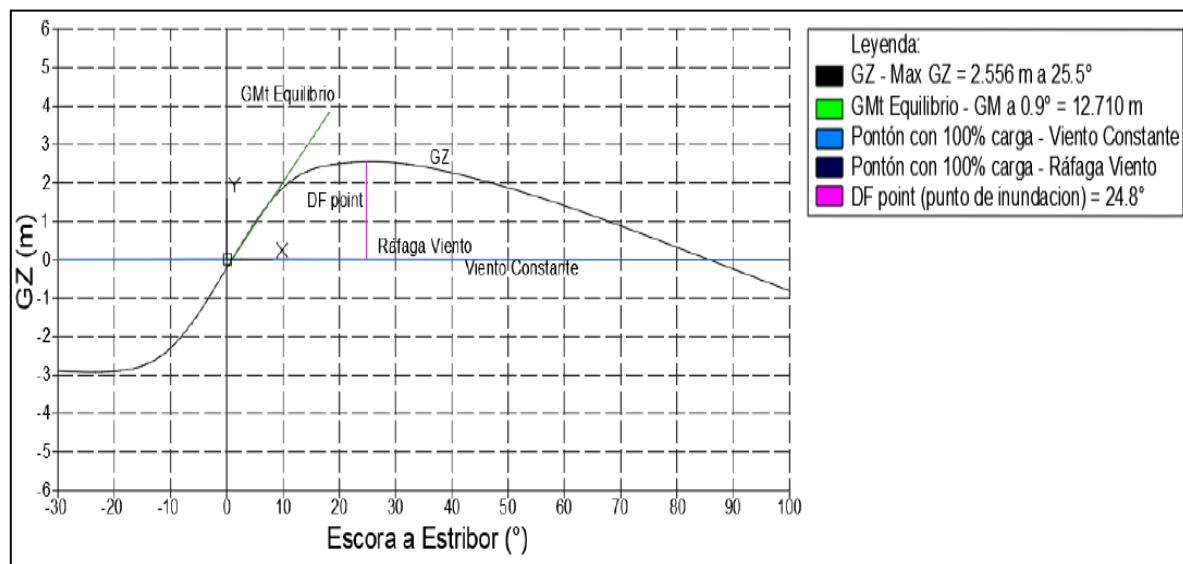
Por C.G.	Por FSM	Pesos Colgantes	Pesos Fijos	Total Corrección.
1.052	0.000	0.000	0.248	1.300

**Tabla 44***Condición Intacta 05: Criterios de Estabilidad*

OMI	Regla	Unidades	Valor Actual	Estatus
1. Área bajo la curva de brazos adrizantes hasta el brazo adrizante máximo no será menor a (>):	0.08	m.rad	0.805	CUMPLE
2. Mínimo rango de estabilidad para $L \leq 100$ , es:	20°	deg	85.8°	CUMPLE
3. Ángulo de máximo GZ debe ser al menos (>)	15°	deg	24.8°	CUMPLE
4. Área bajo la curva de brazos adrizantes entre 30° y el ángulo de GZ máximo, no debe ser menor a (>)	0.056	m.rad	0.805	CUMPLE

**Figura 56**

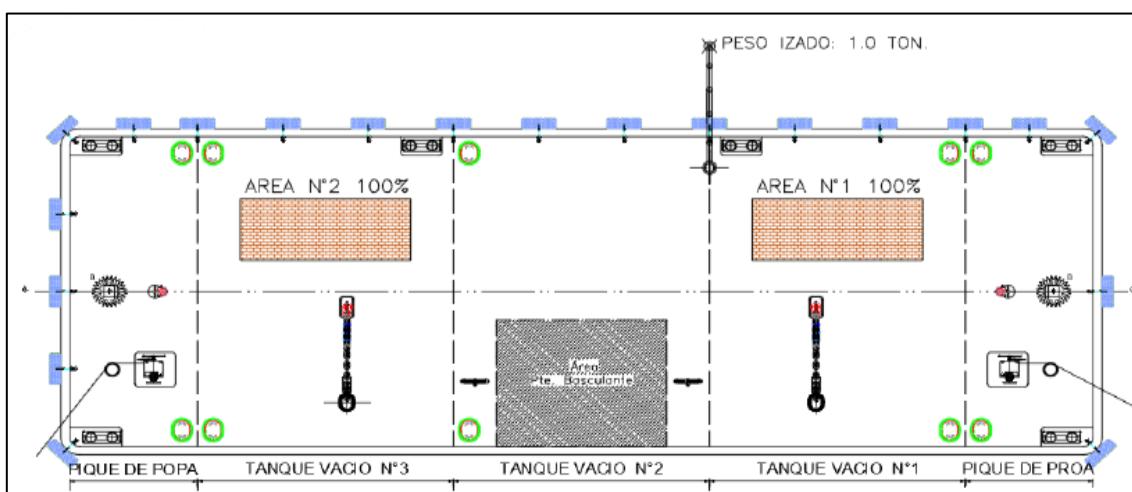
Condición Intacta 05: Curva de Estabilidad Corregida



#### 4.6.6. Condición Intacta 06: Pontón con 100% de Carga en Cubierta / Brazo en Posición de Operación

**Figura 57**

Condición Intacta 06: Pontón con 100% de Carga en Cubierta / Brazo en Operación

**Tabla 45**

Condición Intacta 06: Pesos y CG

Nº	Descripción	Cantidad	Desp. [Ton]	Xg [m]	Yg [m]	Zg [m]
1	Pontón en rosca	1	95.881	15.000	0.000	1.052
			Peso [Ton]	Xg [m]	Yg [m]	Zg [m]
2	Peso de la plataforma	1	28.000	15.000	-2.964	2.100
3	Peso del brazo de carga	1	1.233	17.778	4.000	4.999

4	Lastre	1	30.000	15.000	2.500	0.160
5	Carga en área N°1	100%	10.000	22.500	2.000	2.850
6	Carga en área N°2	100%	10.000	7.500	2.000	2.850
7	Carga en el brazo	1	1.000	18.750	7.924	5.757
<b>RESUMEN</b>			176.114	15.048	0.262	1.325

**Tabla 46***Condición Intacta 06: Condición de Equilibrio*

Descripción	Valor
Francobordo [m]	1.506
Calado en Sección Media [m]	0.594
Desplazamiento [ton]	176.1
Escora (+vo hacia Estibor) [º]	1.1
Calado en Perpendicular de Proa [m]	0.600
Calado en Perpendicular de Popa [m]	0.588
Ang. de Trimado (+vo hacia Popa) [º]	-0.011
Coeficiente Prismático	0.970
Coeficiente de Bloque	0.835
Coeficiente de Sección Media	0.861
Coeficiente de Área de Flotación	0.998
LCB desde Perpendicular de Popa (+vo hacia Proa) [m]	15.048
LCF desde Perpendicular de Popa (+vo hacia Proa) [m]	15.000
KB [m]	0.300
KG corregido [m]	1.325
BMt [m]	14.184
BML [m]	127.119
GMt corregido [m]	13.159
GML corregido [m]	126.093
KMt [m]	14.481
KML [m]	127.393
TPc [ton/cm]	2.999
MTc [ton.m]	7.402
Trimado (+vo hacia Popa) [m]	-0.0216

**Tabla 47***Condición Intacta 06: Corrección de Curvas Cruzadas de Estabilidad*

Por C.G.	Por FSM	Pesos Colgantes	Pesos Fijos	Total Corrección.
1.052	0.000	0.025	0.248	1.325

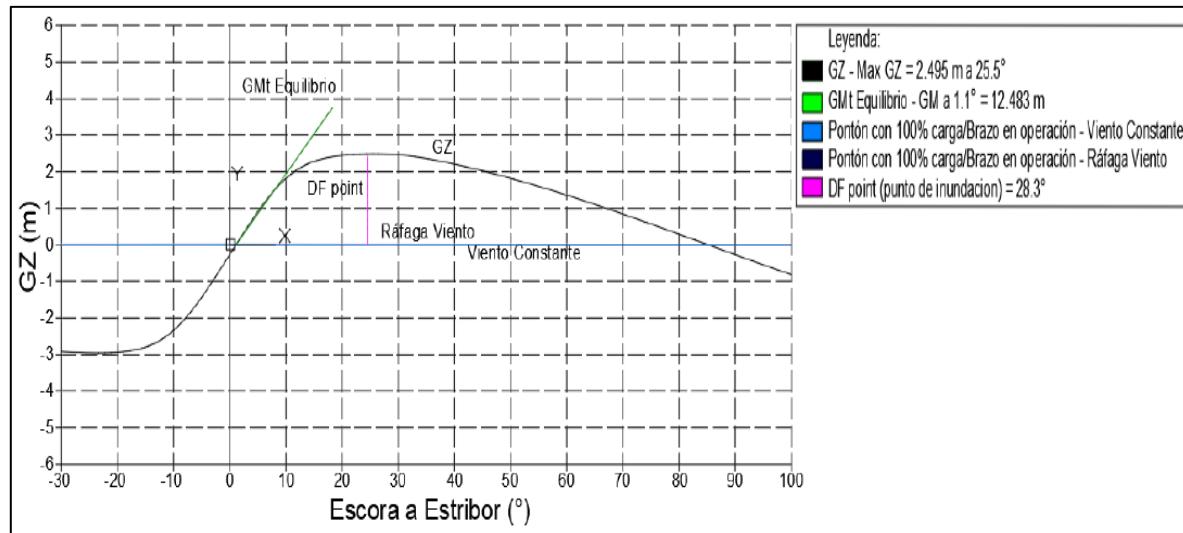
**Tabla 48**

Condición Intacta 06: Criterios de Estabilidad

OMI	Regla	Unidades	Valor Actual	Estatus
1. Área desde el ángulo de equilibrio hasta el menor ángulo entre $40^\circ$ , ángulo de inundación y segunda intercepción a la curva, debe ser al menos ( $\geq$ ).	0.053	m.rad	0.7325	<b>CUMPLE</b>
2. El ángulo de escora provocado por un viento constante no deberá ser superior a $16^\circ$ o al 80% del ángulo de inmersión del borde de la cubierta, si este ángulo es menor ( $<$ )	80%	- - -	5.50%	<b>CUMPLE</b>
3. Ratio entre el área formada por el brazo escorante debido a la ráfaga de viento, con el ángulo de balance y el brazo escorante debido a la ráfaga de viento, con el ángulo de inundación o $50^\circ$ o el ángulo de la segunda intersección entre la curva del brazo escorante debido a la ráfaga de viento y la de brazos GZ, tomando el menor de esos valores, debe ser menor a ( $\leq$ )	100%	- - -	4.59%	<b>CUMPLE</b>

**Figura 58**

Condición Intacta 06: Curva de Estabilidad Corregida



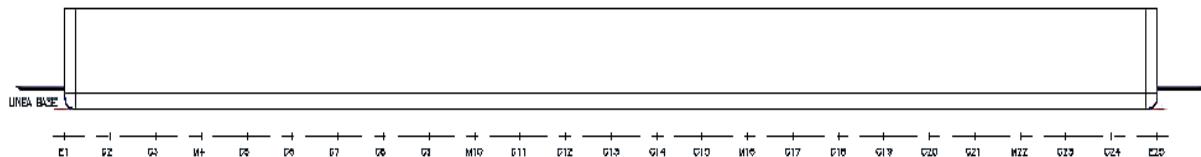
## Capítulo V: Resultados

El casco será construido en planchas de acero naval ASTM 131 grado A, empleando un sistema longitudinal. Los espesores de plancha y escantillónado de los refuerzos estructurales fueron calculados de acuerdo con las Reglas de la Sociedad Clasificadora American Bureau of Shipping (ABS).

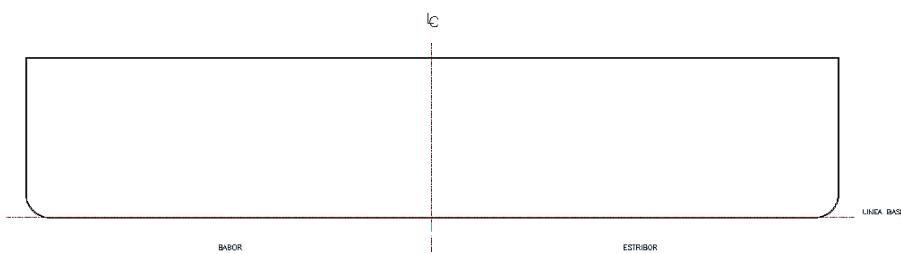
### 5.1. Forma del Casco

El artefacto fluvial es simétrico en proa y popa, con una distribución de sección media y cuerpo paralelo uniforme, pantoque redondeado con radio de 0.3 m, sin curva de bao ni arrufo.

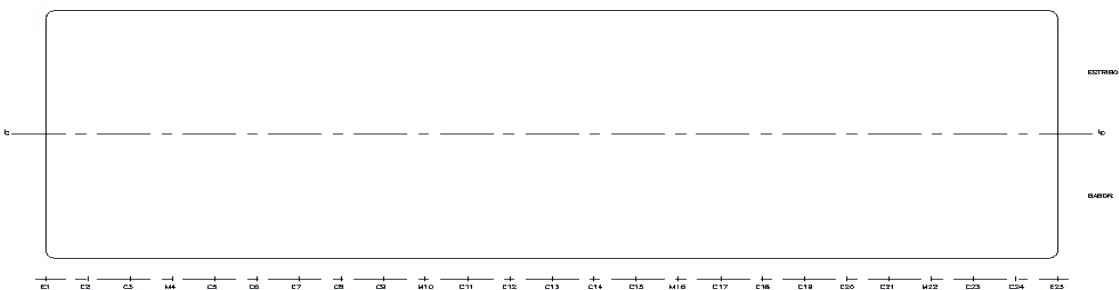
**Figura 59**  
*Vista Longitudinal del Casco Exterior*



**Figura 60**  
*Vista Transversal del Casco Exterior*



**Figura 61**  
*Vista de Planta del Casco Exterior*



## **5.2. Compartimentado**

El casco será dividido mediante cuatro (04) mamparos transversales interiores y estancos de banda a banda, un (01) mamparo longitudinal siguiendo el plano de crujía que se inicia en el espejo de proa y termina en el espejo de popa, dividiendo el espacio de los tanques vacíos y piques dando lugar a diez (10) compartimentos, cada uno con registros y escaleras. La designación y volumen aproximado de cada compartimento, desde proa a popa, y de babor a estribor es:

- Pique de proa Br/Er: 39.37 m<sup>3</sup>
- Tanque Vacío N°1 Br/Er: 78.70 m<sup>3</sup>
- Tanque Vacío N°2 Br/Er: 78.70 m<sup>3</sup>
- Tanque Vacío N°3 Br/Er: 78.70 m<sup>3</sup>
- Pique de popa Br/Er: 39.37 m<sup>3</sup>

El espaciamiento de mamparos transversales es simétrico a lo largo del Pontón, teniendo en cuenta un mamparo longitudinal en crujía y elementos estructurales que tienen una separación:

- Mamparo de Colisión: 3.75 m
- Espacio entre mamparos estancos: 7.50 m
- Espaciamiento Longitudinal: 0.50 m
- Espaciamiento Transversal: 1.25 m

## **5.3. Planchas y perfiles estructurales**

El casco y cubierta principal están diseñados en base a las propiedades mecánicas del acero de grado A, clase I (según designación ASTM 131 Gr. A y/o similar) y los elementos estructurales reforzados como: Mamparos, Cuadernas, Baos, Varengas y Refuerzos de Mamparos son de Acero Estructural (Designación ASTM A36 y/o similar). A continuación, se muestran los módulos de sección, así como el planchaje y los elementos estructurales elegidos.

**Tabla 49***Módulo de Sección – Longitudinal de Fondo*

<b>PARÁMETRO</b>	<b>MIN. REQUERIDO</b>	<b>ELEGIDO</b>
Espesor/altura (t/h)	<50	6.35
Ancho efectivo [m]	0.5-33%l	0.4125
<b>SM [cm<sup>3</sup>]</b>	<b>21.85</b>	<b>24.55</b>

**Tabla 50***Módulo de Sección – Vagra Reforzada*

<b>PARÁMETRO</b>	<b>MIN. REQUERIDO</b>	<b>ELEGIDO</b>
Espesor/altura (t/h)	<50	31.75
Ancho efectivo [m]	16.5%l	0.206
Long. /altura (l/h) <sup>13</sup>	125 mm por m (156.25)	203.2
Altura por scallop	-----	-----
<b>SM [cm<sup>3</sup>]</b>	<b>109.24</b>	<b>222.58</b>

**Tabla 51***Módulo De Sección – Varenga Reforzada*

<b>PARÁMETRO</b>	<b>MIN. REQUERIDO</b>	<b>ELEGIDO</b>
Espesor/altura (t/h)	<50	31.75
Ancho efectivo [m]	16.5%l	0.4125
Long. /altura (l/h) <sup>14</sup>	125 mm por m (312)	254
Altura por scallop	127	254
<b>SM [cm<sup>3</sup>]</b>	<b>202.31</b>	<b>239.34</b>

**Tabla 52***Módulo de Sección – Longitudinales de Costado*

<b>PARÁMETRO</b>	<b>MIN. REQUERIDO</b>	<b>ELEGIDO</b>
Espesor/altura (t/h)	<50	6.35
Ancho efectivo [m]	0.55 o 33%l	0.4125
<b>SM [cm<sup>3</sup>]</b>	<b>19.69</b>	<b>24.55</b>

<sup>13</sup> La altura del perfil es similar a la varenga, de modo que se garantice la facilidad de construcción e integración estructural de ambos miembros.

<sup>14</sup> La altura del perfil será similar a la varenga.

**Tabla 53***Módulo de Sección – Cuaderna Reforzada*

<b>PARÁMETRO</b>	<b>MIN. REQUERIDO</b>	<b>ELEGIDO</b>
Espesor/altura (t/h)	<50	25.4
Ancho efectivo [m]	16.5%l	0.3465
Altura para scallop	h>127	203.2
<b>SM [cm<sup>3</sup>]</b>	<b>97.60</b>	<b>167.17</b>

**Tabla 54***Módulo de Sección – Longitudinal de Cubierta*

<b>PARÁMETRO</b>	<b>MIN. REQUERIDO</b>	<b>ELEGIDO</b>
Espesor/altura (t/h)	<50	8.02
Ancho efectivo [m]	0.55 o 33%l	0.4125
<b>SM [cm<sup>3</sup>]</b>	<b>18.64</b>	<b>19.55</b>

**Tabla 55***Módulo de Sección – Eslora*

<b>PARÁMETRO</b>	<b>MIN. REQUERIDO</b>	<b>ELEGIDO</b>
Espesor/altura (t/h)	<50	25.4
Ancho efectivo [m]	16.5%l	0.206
Long. /altura (l/h)	----	6.15
Altura para scallop	----	----
<b>SM [cm<sup>3</sup>]</b>	<b>93.20</b>	<b>155.31</b>

**Tabla 56***Módulo de Sección – Bao*

<b>PARÁMETRO</b>	<b>MIN. REQUERIDO</b>	<b>ELEGIDO</b>
Espesor/altura (t/h)	<50	21.39
Ancho efectivo [m]	16.5%l	0.4125
Long/altura (l/h)	58.5 mm por m (146.25)	203.2
Corte de pasantes (h)	<190.5	203.2
<b>SM [cm<sup>3</sup>]</b>	<b>186.40</b>	<b>191.3</b>

**Tabla 57***Módulo de Sección – Refuerzos del Mamparo*

<b>PARÁMETRO</b>	<b>MIN. REQUERIDO</b>	<b>ELEGIDO</b>
Espesor/altura (t/h)	<15	6.35
Ancho efectivo [m]	500-0.33%l	0.3465
<b>SM [cm<sup>3</sup>]</b>	<b>6.83</b>	<b>7.58</b>

De acuerdo con los módulos de sección se muestra la Tabla 58 de perfiles principales,

la Tabla 59 el peso estimado del pontón y la Tabla 60 los espesores para el planchaje.

**Tabla 58***Perfiles Seleccionados*

<b>PERFIL</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>DIMENSIÓN</b>
Longitudinales de Cubierta	ASTM A-36 / Grado A	Pl. 3"x3/8"
Baos	ASTM A-36 / Grado A	T 8"x2"x3/8"
Esloras	ASTM A-36 / Grado A	T 8"x2"x5/16"
Longitudinales de Costado	ASTM A-36 / Grado A	L 2" x2" x5/16"
Cuadernas Reforzadas	ASTM A-36 / Grado A	T 8"x2"x5/16"
Longitudinales de Fondo	ASTM A-36 / Grado A	L. 2" x2" x5/16"
Varengas Reforzadas	ASTM A-36 / Grado A	T 10"x2"x5/16"
Vagras	ASTM A-36 / Grado A	T 10"x2"x5/16"
Refuerzos de Mamparos	ASTM A-36 / Grado A	Pl. 2"x5/16"
Puntales	A53- Grado B	Ø 3" – SCH 80
Refz. Vertical Mamp. Long.	Grado A – Clase I	"T" 8"x2"x5/16"
Ref. Horizontal Mamp. Long.	Grado A – Clase I	"L" 2 ½ "x5/16"
Refz. Vertical Mamp. Transv.	Grado A – Clase I	"Pl. 2"x5/16"
Ref. Horizontal Mamp. Transv.	Grado A – Clase I	"L" 5"x3"x5/16"

**Tabla 59***Peso Estimado del Pontón*

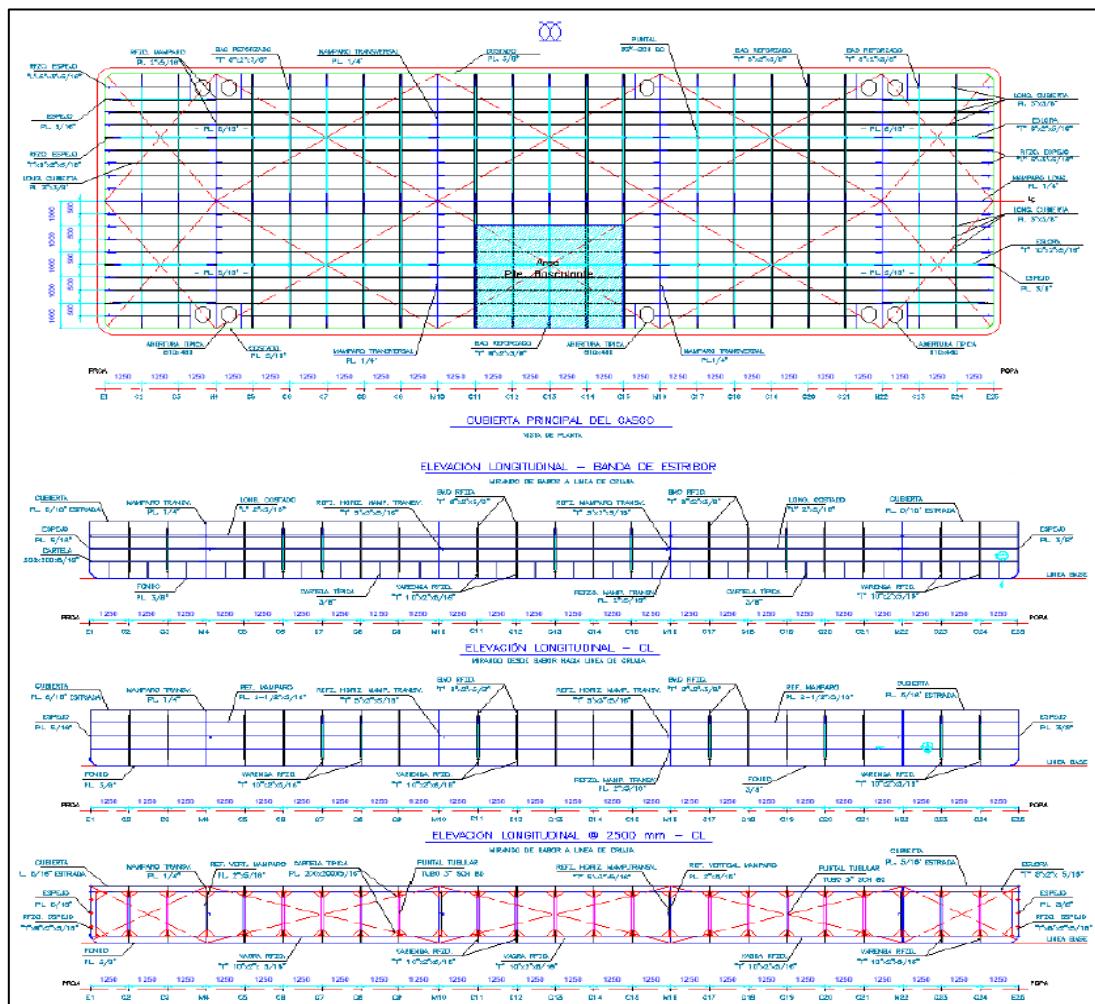
<b>ITEM</b>	<b>PESO PARCIAL</b>
Casco (Planchaje y mamparos)	61.697
Perfiles y Refuerzos Adicionales	30.462
Otros	4.955
<b>Total Estimado</b>	<b>97.115</b>

**Tabla 60**  
*Planchaje – Espesores Nominales*

ZONA	MATERIAL	ABS INLAND VESSELS	ABS STEEL BARGES <sup>15</sup>	ESPESOR ELEGIDO <sup>16</sup>
Cubierta	Grado A – Clase I	5.48	6.9	5/16" <sup>17</sup>
Costado	Grado A – Clase I	5.42	8.15	Estribor: 3/8" Babor: 5/16"
Fondo	Grado A – Clase I	5.07	7.65	3/8"
Pantoque	Grado A – Clase I	5.07	7.65	3/8"
Espejo	Grado A – Clase I	5.07	7.00	Popa: 3/8" Proa: 5/16"

## **Figura 62**

*Vista de la Estructura General del Pontón*



<sup>15</sup> Artefactos navales tipo pontón.

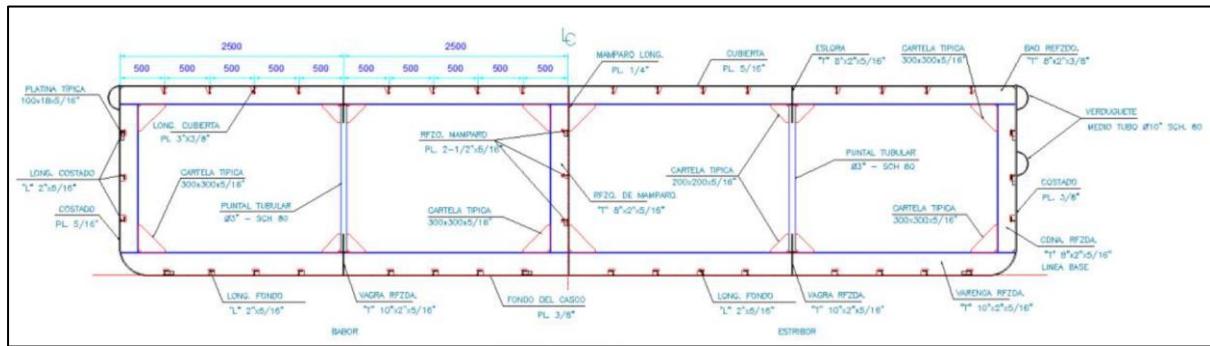
<sup>16</sup> Sistema de Reforzamiento tipo B para el casco lateral y fondo.

<sup>17</sup> La plancha elegida puede ser del tipo A36 o del tipo Estriada con un espesor de 5/16".

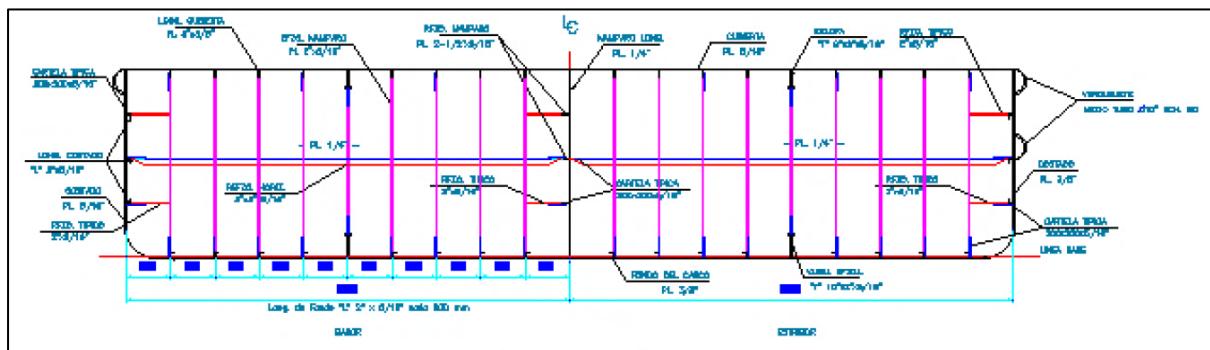
## 5.4. Sección Maestra y Mamparo Típico

Presentan una estructura longitudinal con refuerzos bajo cubierta espaciados 0.5 m y elementos transversales reforzados espaciados cada 1.25 m y puntales espaciados cada 2.5m.

**Figura 63**  
*Cuaderna Maestra del Pontón*



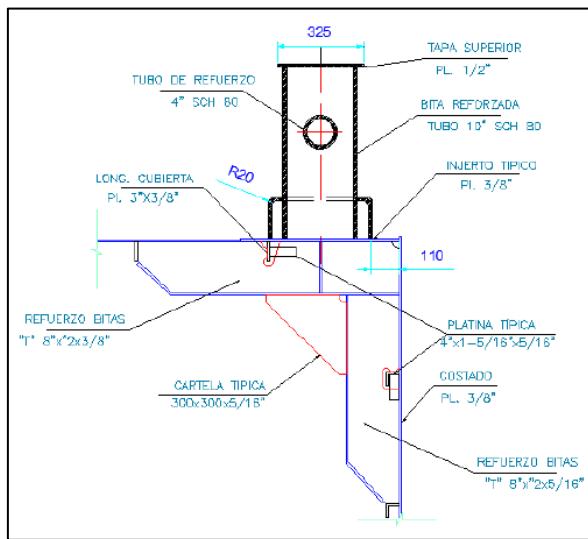
**Figura 64**  
*Mamparo Típico del Pontón*



## 5.5. Accesorios del Casco

Las bitas (06) están distribuidos convenientemente y reforzados bajo cubierta por perfiles "T" 8"x2"x5/16" y con un injerto parcial sobrecubierta de 3/8".

**Figura 65**  
Esquema de Bita

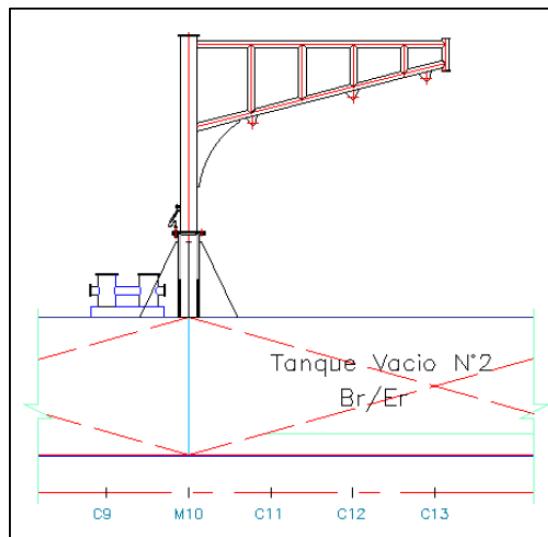


**Tabla 61**  
Especificaciones de la Bita

ITEM	VALOR
Tipo	Doble
Carga de trabajo (SWL)	20
Cantidad	06
Dimensiones aprox.	1.1x0.45m
Material	ASTM A53/A36
Tipo de soldadura	Continua, filete 8 mm.
Injerto y refuerzos	Injerto de 3/8" (1.3x0.6m)

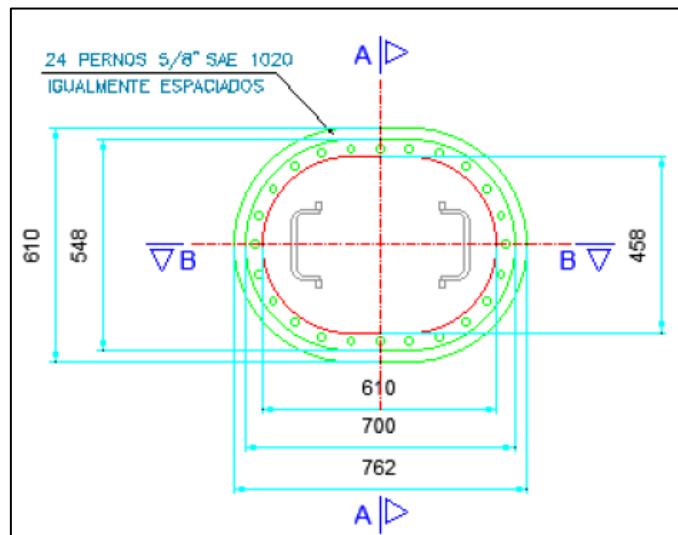
El brazo de carga posee un winche manual (1 Ton) para izaje y arriado de la carga en general, permitiendo un radio de giro de 3.9 m y una altura máxima de 3.6 m sobre cubierta.

**Figura 66**  
*Brazo de Carga*



El acceso a los compartimentos se realizará por medio de escotillas estándar, que cuentan con las características mencionadas en la Tabla 62.

**Figura 67**  
*Escotillas*



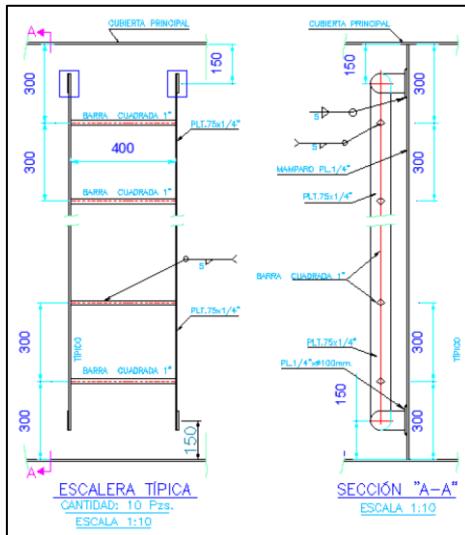
**Tabla 62**  
*Especificaciones de las Escotillas*

ITEM	VALOR
Tipo	A
Presión de trabajo	1.5 m.c.a
Cantidad	10

Dimensiones aprox.	762x610
Material	Cast Steel / Acero Gr. A
Tipo de soldadura	Continua, filete 8 mm

El ingreso a los compartimentos se realizará mediante escaleras estándar, con las siguientes características

**Figura 68**  
*Escaleras*

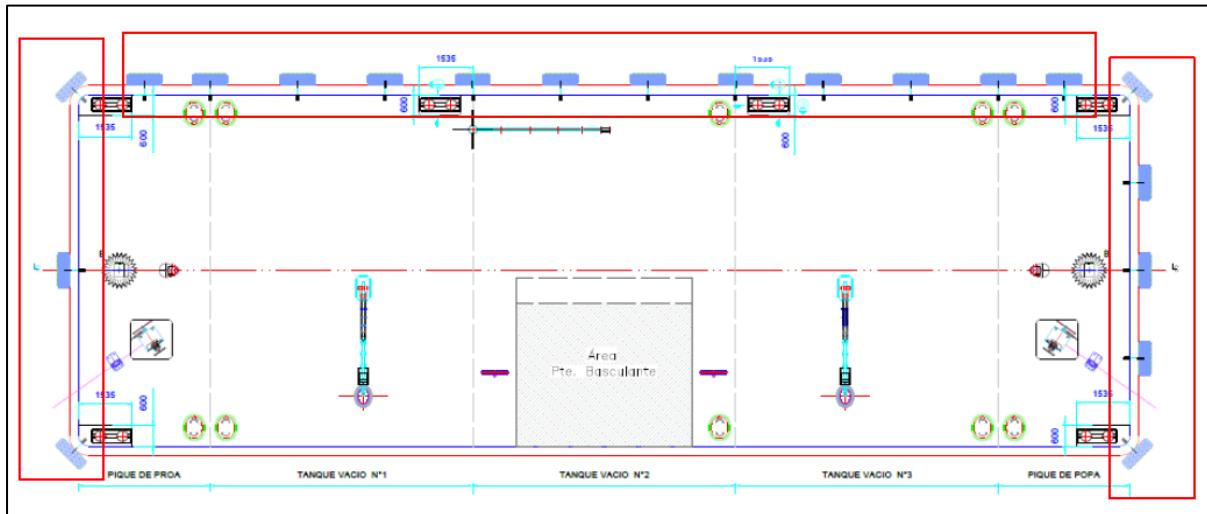


**Tabla 63**  
*Especificaciones de las Escaleras*

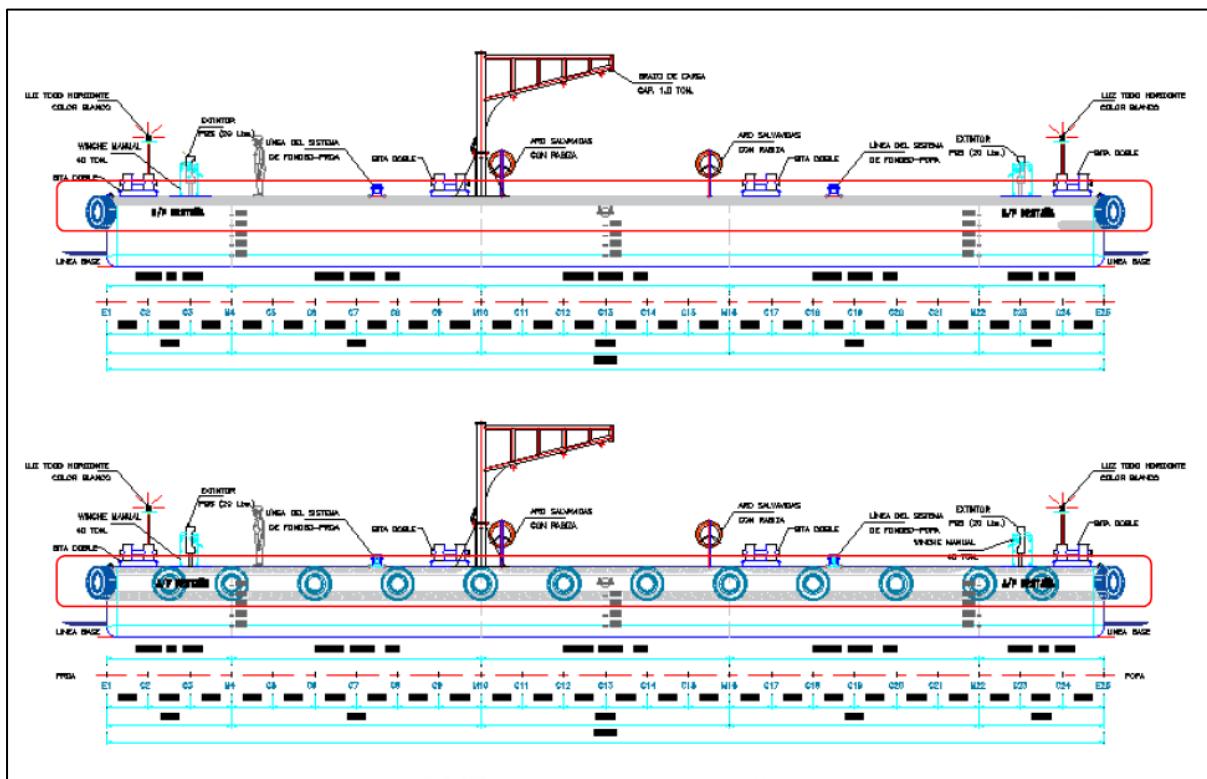
ITEM	VALOR
Tipo	Estándar
Cantidad	12
Dimensiones aprox.	1.7x0.3
Material	Acero grado A
Tipo de soldadura	Continua, filete 6 mm.
Perfiles y refuerzos	Platinas estándar de 5/16" - barras cuadradas de 19 mm

Para la defensa del casco se instalarán verduguetes en todo el perímetro exterior y zonas principales del pontón, las cuales serán confeccionadas con medio tubo 10" ø SCH-80 ASTM A53 Gr.B e instaladas a babor y estribor como se indica en la Figura 70. Además, contará con 20 neumáticos aro 20 como se presenta en la Figura 69.

**Figura 69**  
Distribución de Neumáticos



**Figura 70**  
Defensas del casco



## 5.6. Marcas en el Pontón

El artefacto fluvial tendrá las siguientes marcas:

- **Nombre y puerto de registro.** Fabricados en plancha de acero de 3/16" mm. de espesor y soldada en el espejo a popa de la embarcación.

- **Calados.** Fabricados en plancha de acero de 3/16" mm. de espesor, soldados al casco a proa, centro y popa a ambos lados de la embarcación.
- **Nombre y número de Matrícula.** Fabricados en plancha de acero de 3/16" mm. de espesor y soldada al costado proa-popla de la embarcación.
- **Francobordo.** Fabricados en plancha de acero de 3/16" mm. de espesor y soldados al casco central, de acuerdo con las disposiciones vigentes de las regulaciones internacionales de línea de máxima carga.

## **5.7. Pintura**

### **5.7.1. Pintado General**

Todas las planchas y elementos serán arenadas al metal blanco para obtener la rugosidad necesaria para el anclaje de la pintura, tales como: casco exterior, casco interior, cubierta, elementos estructurales, también se aplicará a todos los ítems metálicos del casco de acuerdo con el plan de pintura y colores seleccionados por el armador y los requerimientos del fabricante

Todos los repaces de soldaduras, quemaduras, áreas corroídas y/o dañadas serán arenadas o tratadas mecánicamente en concordancia con lo que especifique el fabricante de la pintura a ser aplicada.

### **5.7.2. Plan de Pintado**

El sistema de pintado garantiza la protección del casco de acuerdo con el sistema y esquema de pintado elegido. Generalmente se prefiere un esquema de durabilidad por 3 - 5 años, luego del cual se realiza el mantenimiento respectivo, para lo cual se cumplirá con el procedimiento de preparación y aplicación del sistema en coordinación con el fabricante.

La performance de los sistemas, generalmente son estimados de acuerdo con los resultados prácticos de campo del fabricante, por lo que un sistema a 10 mills de espesor seco y expuesto se muestra en las siguientes tablas.

**Tabla 64***Sistemas de plan de pintado*

SISTEMA	ESQUEMA
I	Zin Epoxi (Organico)
	Esmalte Epoxi
	Esmalte Poliuretano
II	Anticorrosivo Epoxi
	Esmalte Epoxi
	Esmalte Poliuretano
III	Esmalte Epoxi
	Esmalte Poliuretano

**Tabla 65***Plan de Pintado Propuesto<sup>18</sup>*

PLAN DE PINTADO A (min. 5 años)	PLAN DE PINTADO B (min. 3 años)
JET ZINC SHOP	JET ZINC SHOP WELDING
WELDING PRIME	PRIME
(1 MIL)	(1 MIL)
JET 72 ZT MIO	2 capas de JET 70 MP
(6 MILS)	(5 MILS)
JET 70 MP	
(6 MILS)	

- Casco en general (cubierta, fondo y costado) – Aprox. 1097.36 m<sup>2</sup>
  - ❖ Arenado al blanco.
  - ❖ Plan de pintado tipo A.
- Compartimentos vacíos – Aprox. 2041.9 m<sup>2</sup>
  - ❖ • Arenado al blanco.
  - ❖ • Plan de pintado tipo B.

<sup>18</sup> Plan de acuerdo con el sistema I - marca Qroma

## Conclusiones

El escantillonado y planchaje del casco se encuentra acorde con la normativa de la referencia y mantiene relación con artefactos fluviales que brindan el mismo servicio o condición de operación en la hoya amazónica.

El estudio de estabilidad sin avería ha sido realizado para las diferentes condiciones de operación cumpliendo los criterios de estabilidad aplicables para este tipo de artefacto fluvial. Los criterios de estabilidad aplicados en las diferentes condiciones de operación del Pontón satisfacen los requerimientos de la norma.

En la condición de máxima carga se incluye en el análisis el brazo de carga en operación con una tonelada suspendida, obteniéndose resultados favorables satisfaciendo los requerimientos de la norma.

Se ha considerado adicionar una mezcla de concreto de 30 Ton, con una densidad de 2,5 ton/m<sup>3</sup> como lastre, la cual será colocada y distribuida conveniente en el tanque N°2 estribor con la finalidad de evitar una escora producto de la reacción del puente basculante.

### **Recomendaciones**

Se recomienda mantener los espesores del planchaje y módulos de sección con la Notación “Reforzamiento B” como medida de protección contra varaduras, golpes y contactos con otras embarcaciones o artefactos fluviales en condiciones normales de operación y estacionalidad del río.

Como una buena práctica en el desarrollo de proyectos de impacto social para las comunidades ribereñas que se encuentran en la cuenca de los ríos navegables de la Amazonía Peruana, es recomendable contar con el apoyo del Estado Peruano en la obtención de datos necesarios para un correcto estudio considerando todas las variables que puedan afectar al proyecto, tales como densidad poblacional, máximo histórico de los ríos, flujo de turistas en la comunidad, etc.

## Referencias

- American Bureau of Shipping. (2019). *STEEL BARGES*. Spring, Texas, USA: © 2019 American Bureau of Shipping. All rights reserved. Recuperado el 2019
- American Bureau of Shipping. (2019). *STEEL VESSELS FOR SERVICE ON RIVERS AND INTRACOASTAL WATERWAYS*. Spring, Texas, USA: © 2019 American Bureau of Shipping. All rights reserved. Recuperado el 2019
- Bentley Systems. (2013). *Maxsurf Stability Program & User Manual* (Version 20 ed.). © Bentley Systems, Incorporated 2013. Recuperado el 2019
- Desarrollo Peruano. (13 de Mayo de 2021). *Iquitos, con Nuevo Embarcadero para Pasajeros*. Obtenido de Desarrollo Peruano:  
<https://desarrolloperuano.blogspot.com/2021/05/iquitos-con-nuevo-embarcadero-para.html>
- EGC Consulting. (21 de Noviembre de 2022). *Topografía: todo sobre la tierra [Fotografía]*. Obtenido de EGC Consulting: <https://egcconsulting.net/topografia-todo-sobre-la-tierra/>
- EL UNIVERSAL. (08 de Diciembre de 2015). *Córdoba estrena nuevo Muelle Turístico Marino [Fotografía]*. Obtenido de EL UNIVERSAL:  
<https://www.eluniversal.com.co/regional/cordoba/2015/12/08/cordoba-estrena-nuevo-muelle-turistico-marino/>
- ELUNIVERSO. (21 de Noviembre de 2023). *Gobierno entrega nuevo muelle en Puerto Bolívar*. Obtenido de ELUNIVERSO:  
<https://www.eluniverso.com/noticias/ecuador/gobierno-entrega-nuevo-muelle-en-puerto-bolivar-nota/>
- Gobierno del Perú. (1 de Febrero de 2023). *SIMA Perú construirá una patrullera oceánica y otras embarcaciones que impulsarán la industrial naval [Fotografía]*. Obtenido de gob.pe: <https://www.gob.pe/institucion/mindef/noticias/695297-sima-peru-construirá-una-patrullera-oceanica-y-otras-embarcaciones-que-impulsaran-la-industrial-naval>
- Gobierno del Perú. (15 de Octubre de 2024). *En el marco de las actividades por el Mes del Almirante Miguel Grau, la Marina de Guerra del Perú realizó la actividad puertas abiertas [Fotografía]*. Obtenido de gob.pe:  
<https://www.gob.pe/institucion/marina/noticias/1040249-en-el-marco-de-las-actividades-por-el-mes-del-almirante-miguel-grau-la-marina-de-guerra-del-peru-realizo-la-actividad-puertas-abiertas>
- Gobierno del Perú. (20 de Marzo de 2024). *Gobierno inaugura renovado Desembarcadero Pesquero Artesanal de Puerto Morín [Fotografía]*. Obtenido de gob.pe:

- <https://www.gob.pe/institucion/produce/noticias/923618-gobierno-inaugura-renovado-desembarcadero-pesquero-artesanal-de-puerto-morin>
- GSNoticias. (24 de Julio de 2024). *Embarcadero fluvial del Sinú para Lorica [Fotografía]*. Obtenido de GSNoticias: <https://gsnoticias.com/embarcadero-fluvial-del-sinu-para-lorica/>
- Mandelli, A. (1986). *Elementos de Arquitectura Naval*. Buenos Aires: Libreria y Editorial Alsina.
- MEDCLIC. (2014). *LAS PLATAFORMAS LAGRANGIANAS: DESCUBRIENDO EL MAPA DE CORRIENTES DE SUPERFICIE [Fotografía]*. Obtenido de MEDCLIC: <https://www.medclic.es/es/instrumentos/plataformas-lagrangianas/>
- MyGuidePeru. (s.f.). *Puerto de Ilo*. Obtenido de MyGuidePeru: <https://www.myguideperu.com/es/cosas-por-hacer/puerto-de-il>
- Organización Marítima Internacional. (2008). Capítulo 4: Orientaciones para la Aplicación del Código de Estabilidad Sin Avería. En *Notas Explicativas del Código Internacional de Estabilidad Sin Avería* (pág. 33).
- Organización Marítima Internacional. (2008). Parte B Recomendaciones Aplicables a Buques Dedicados a Determinados Tipos de Operaciones y a Determinados Tipos de Buques y Directrices Adicionales. En *Código Internacional de Estabilidad Sin Avería* (pág. 26). Recuperado el 2019
- PESCARE. (31 de Octubre de 2022). *Río Negro con grandes desafíos en materia portuaria [Fotografía]*. Obtenido de PESCARE: <https://pescare.com.ar/rio-negro-con-grandes-desafios-en-materia-portuaria/>
- PortalPortuario. (12 de Noviembre de 2024). *Perú: 16 jefes de Estado internacionales estarán presentes en inauguración de Puerto de Chancay [Fotografía]*. Obtenido de PortalPortuario: <https://portalportuario.cl/peru-16-jefes-de-estado-internacionales-estaran-presentes-en-inauguracion-de-puerto-de-chancay/>
- PORTUS. (24 de Noviembre de 2019). *Muelle Vergara: Ícono de la transformación urbana en la costa de Viña del Mar*. Obtenido de PORTUS: <https://portusonline.org/muelle-vergara-icono-de-la-transformacion-urbana-en-la-costa-de-vina-del-mar/>
- T&S Ingeniería. (24 de Noviembre de 2022). *Batimetria: Qué es, su importancia y más [Fotografía]*. Obtenido de T&S Ingeniería: <https://grupots.com/batimetria/>
- Tsinker, G. P. (2004). *Port Engineering: Planning, Construction, Maintenance, and Security*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Yacht Club Peruano. (s.f.). *¿Quiénes somos?* Obtenido de Yacht Club Peruano: <https://ycp.com.pe/nosotros/>

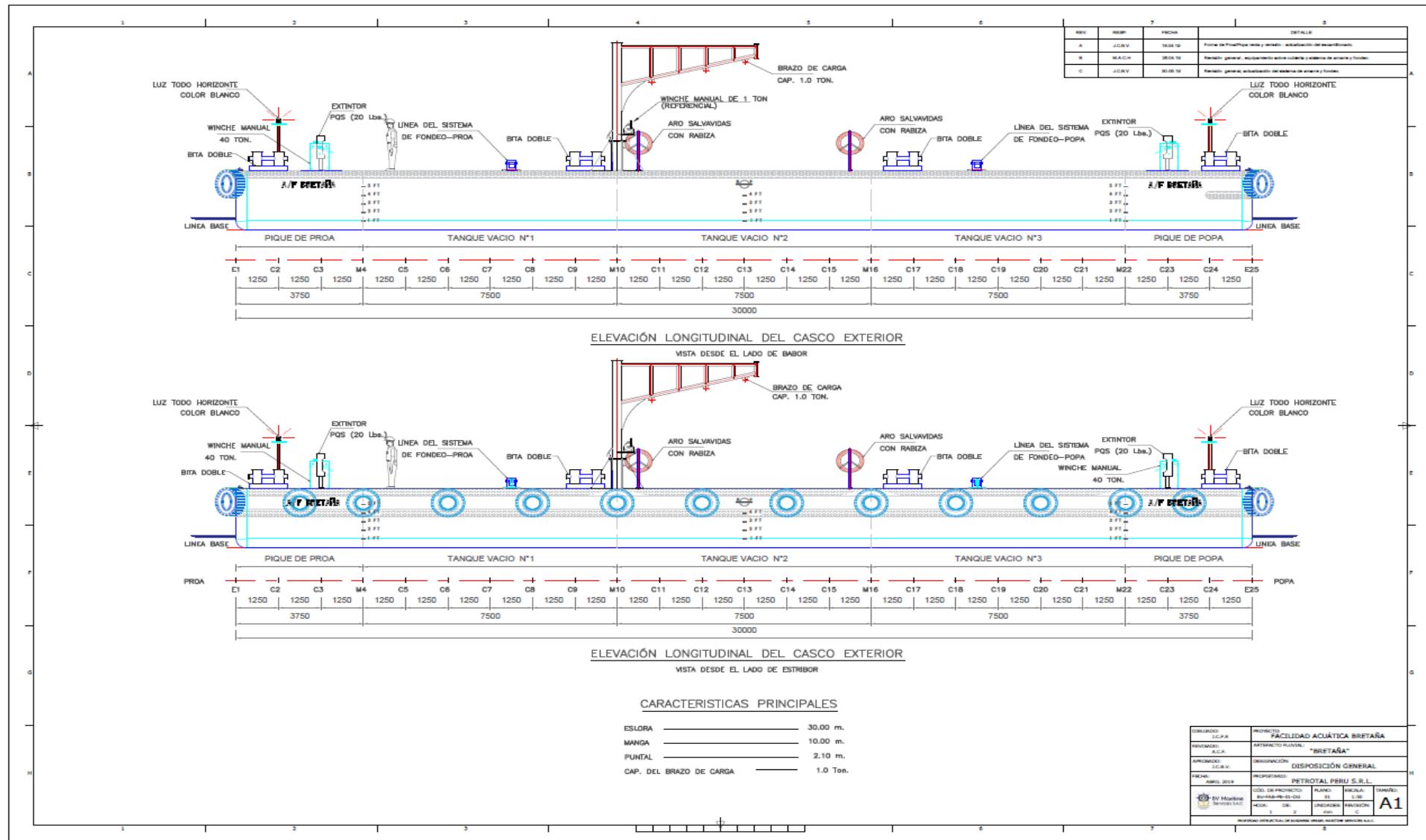
**Anexo.**

**ANEXO 1: Planos del Pontón ..... 1**

## Anexo 1: Planos del Pontón

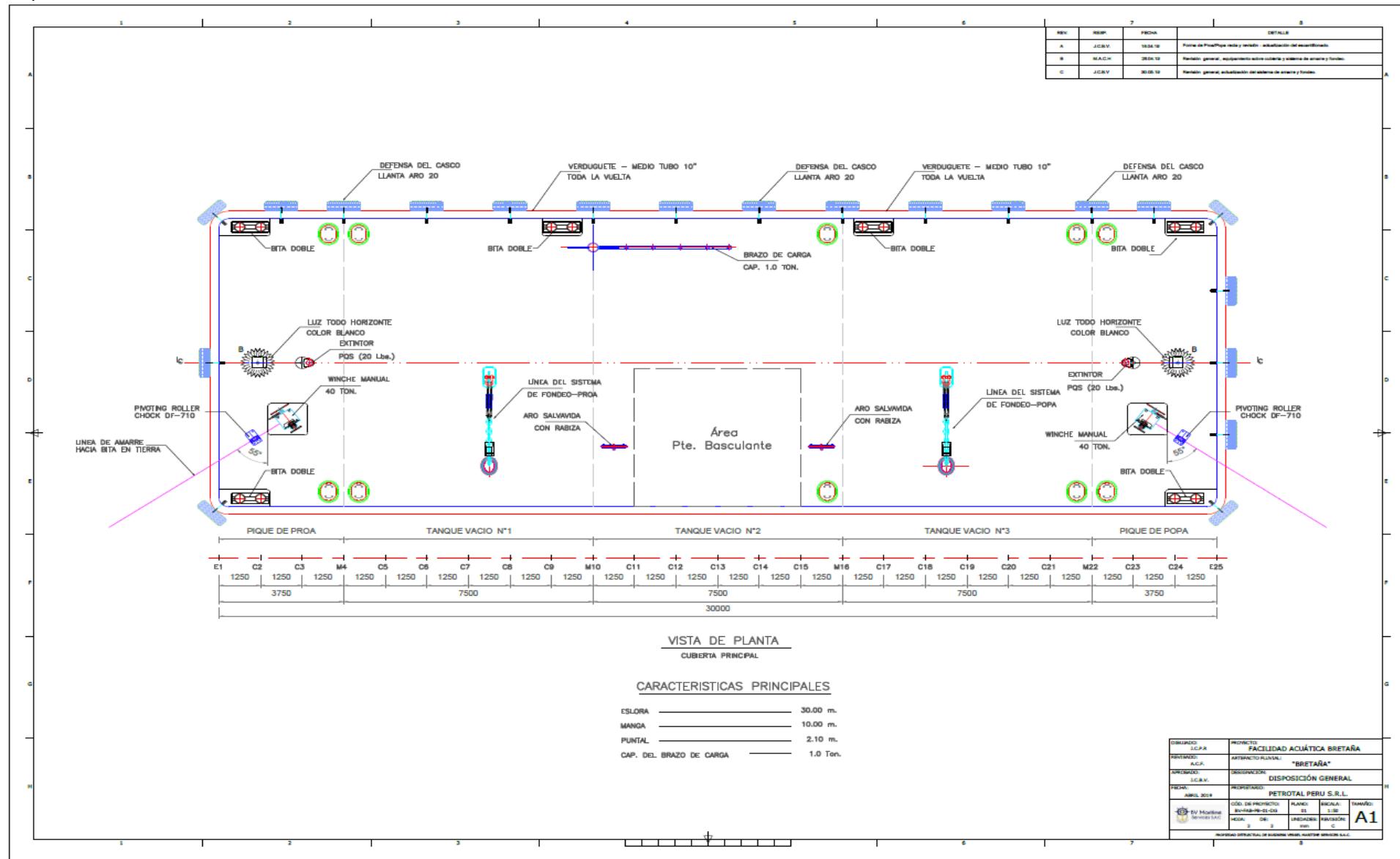
### Plano A 1

#### Disposición General – Vista Longitudinal



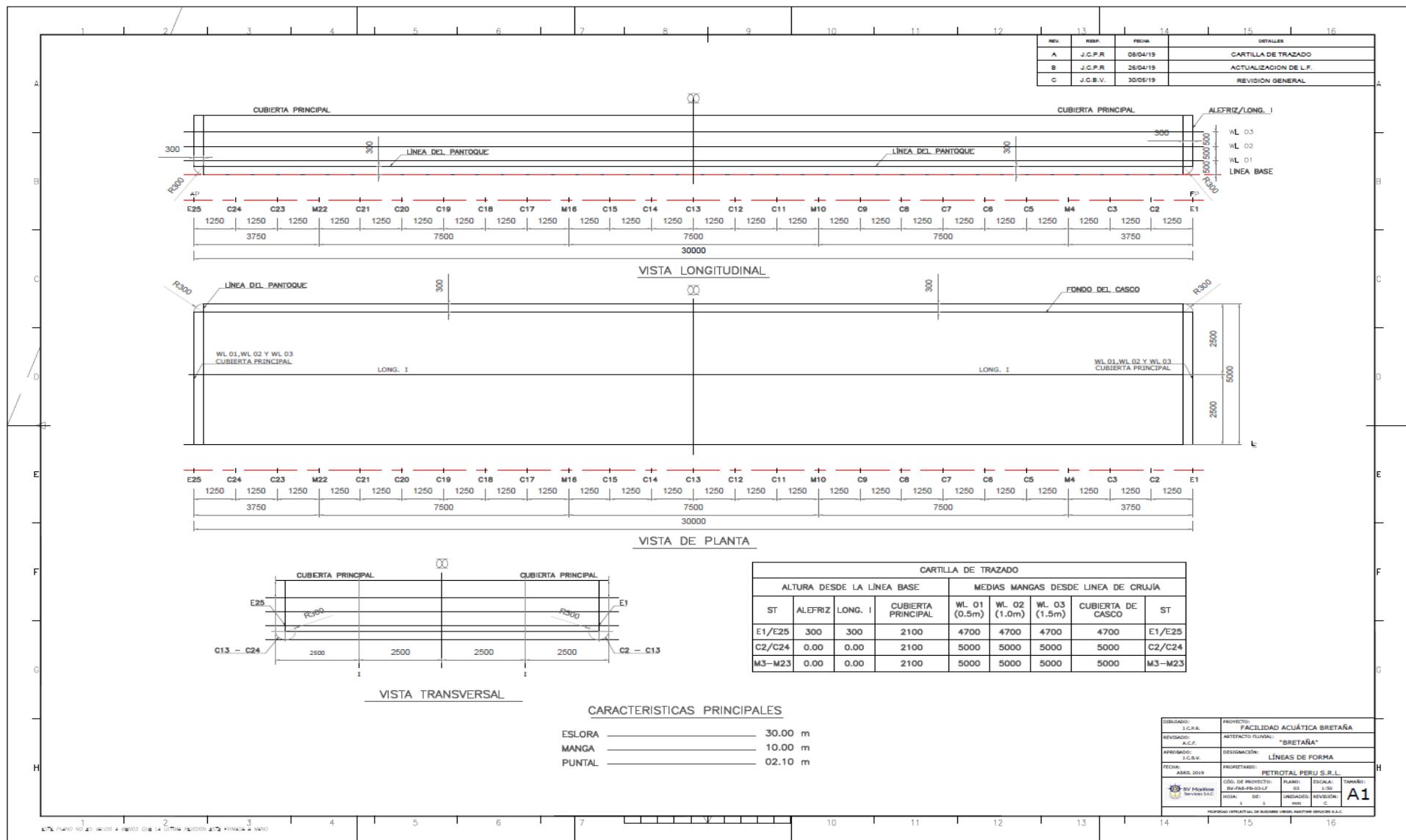
## Plano A 2

### Disposición General – Vista de Planta



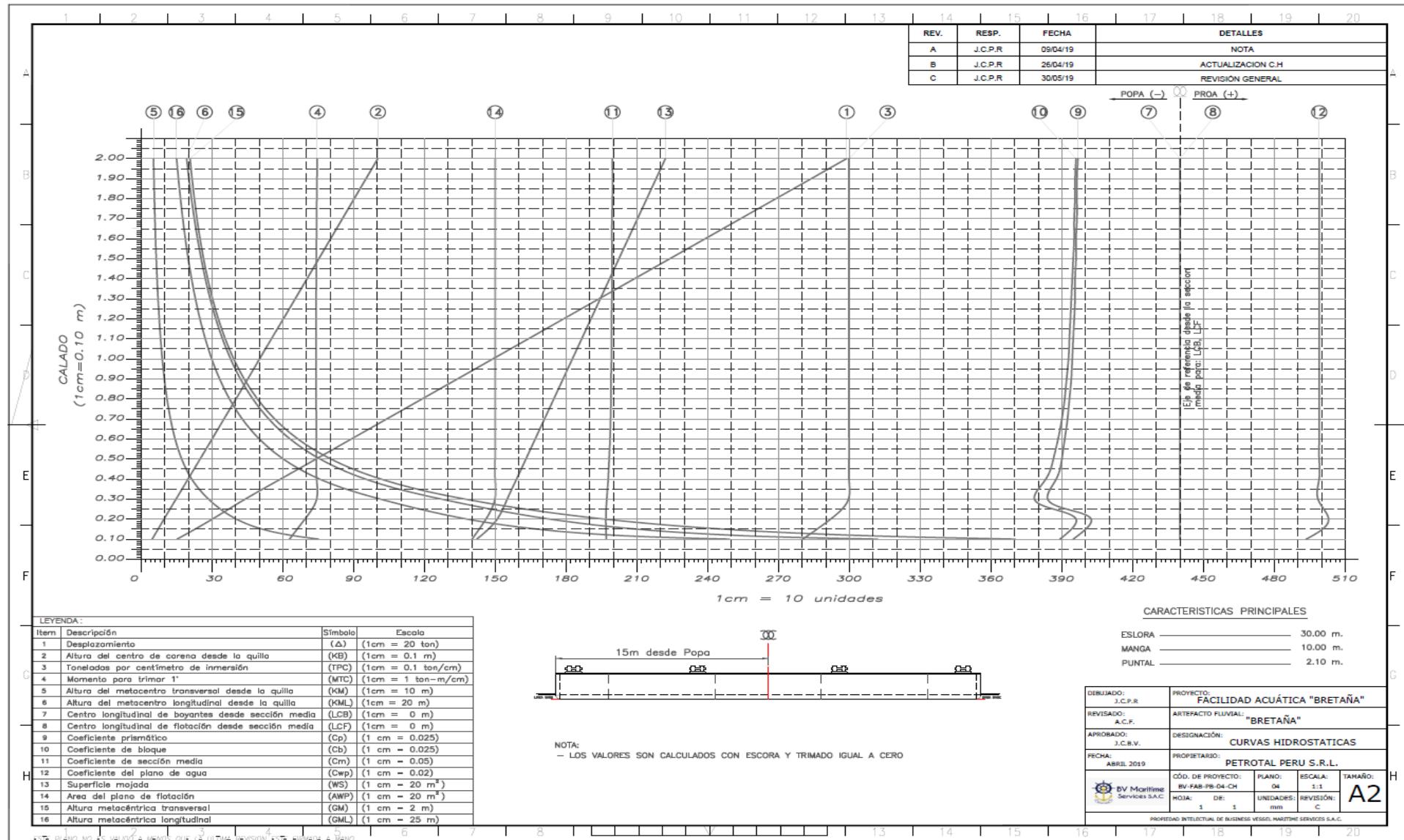
## Plano A 3

### Líneas de Forma

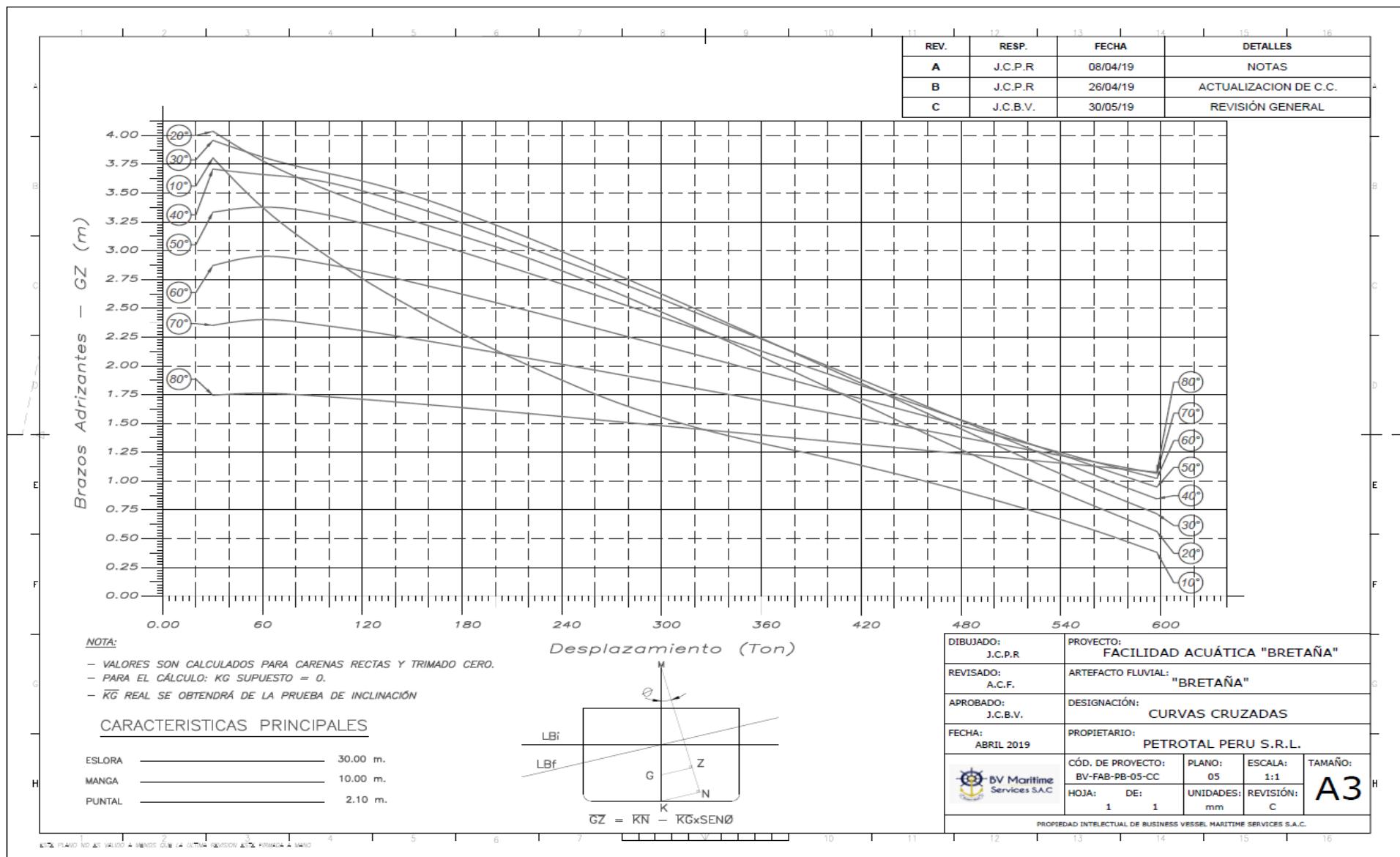


## Plano A 4

### Curvas Hidrostáticas

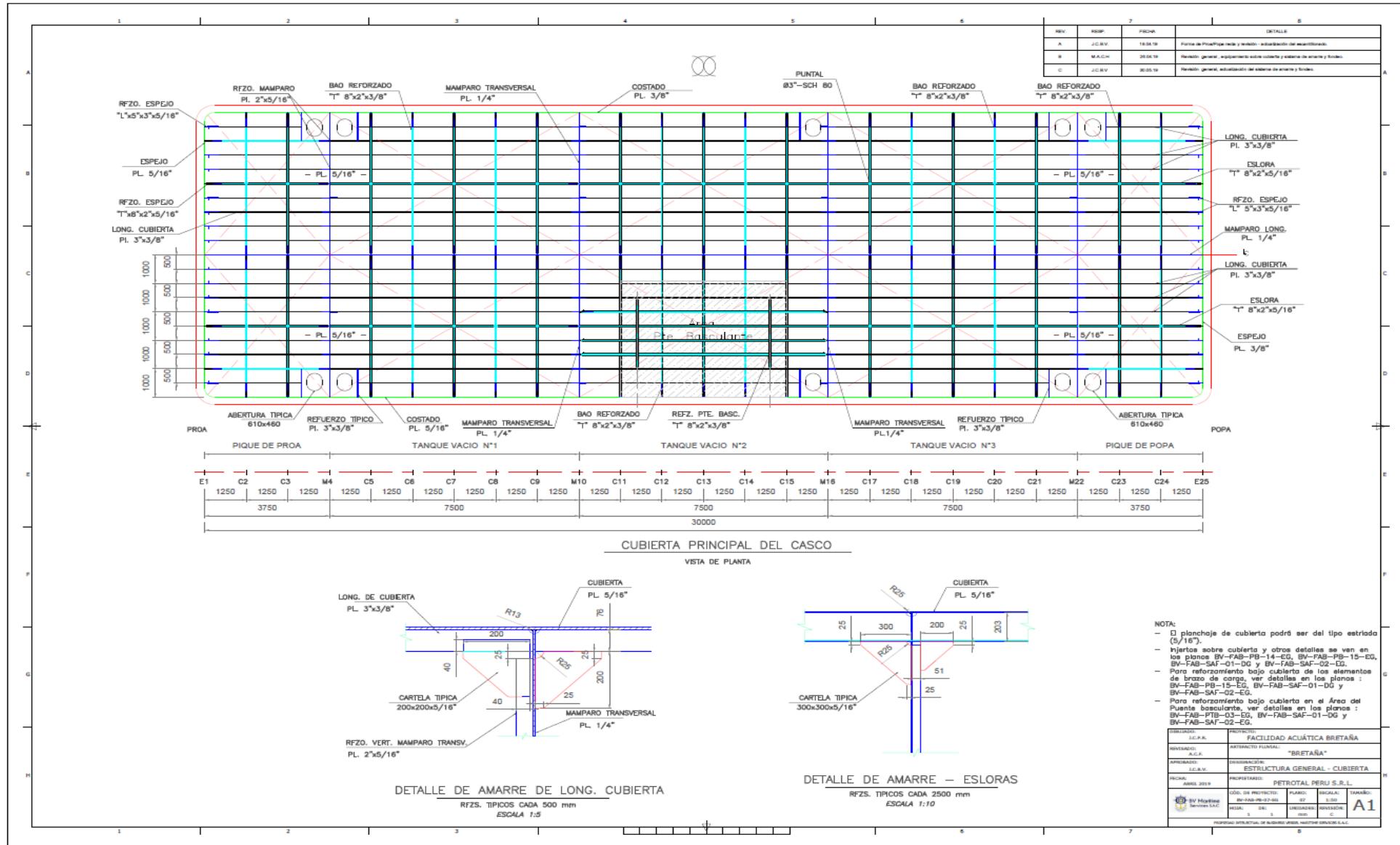


**Plano A 5**  
**Curvas Cruzadas**

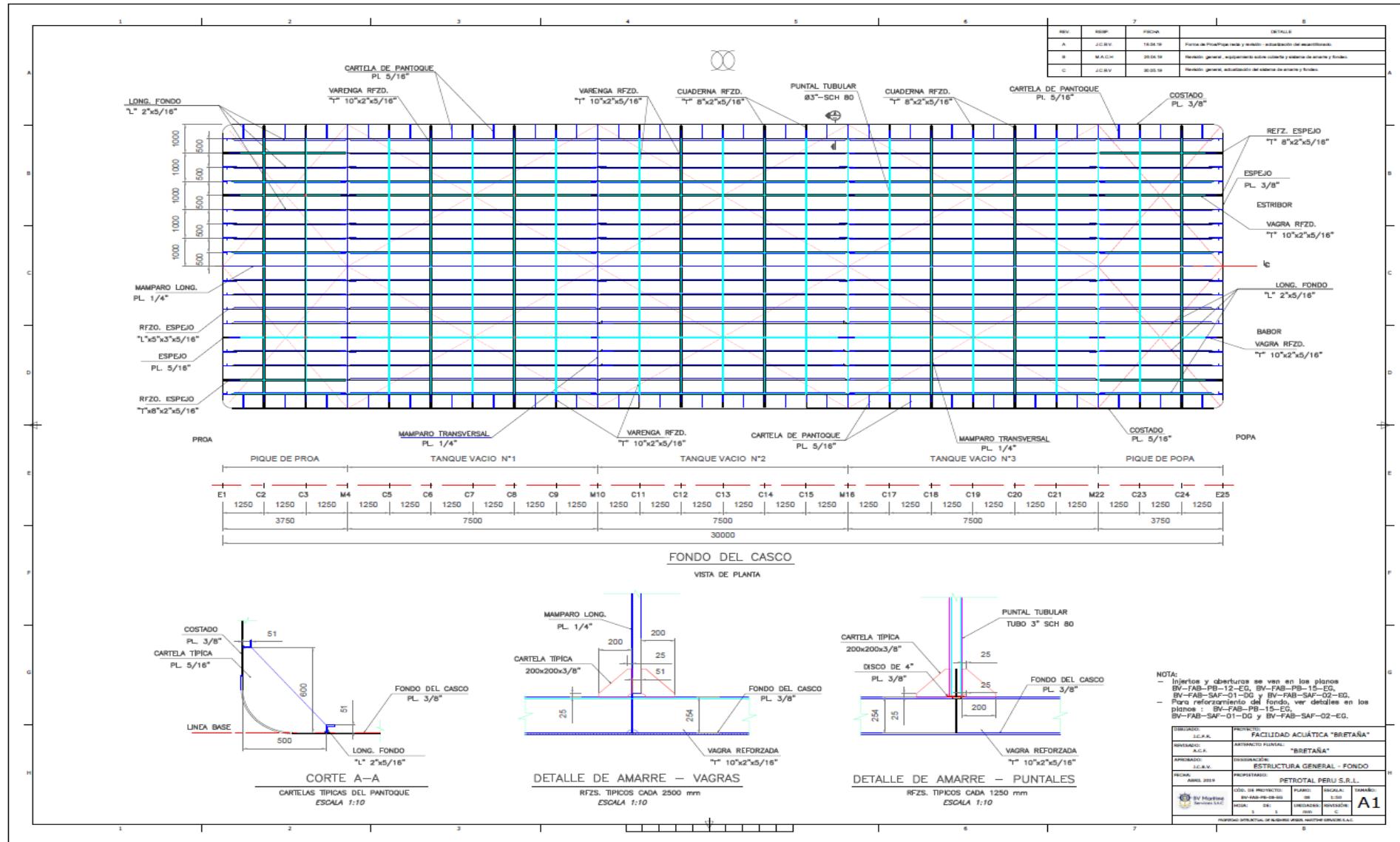


## Plano A 6

### Estructura General - Curbierta

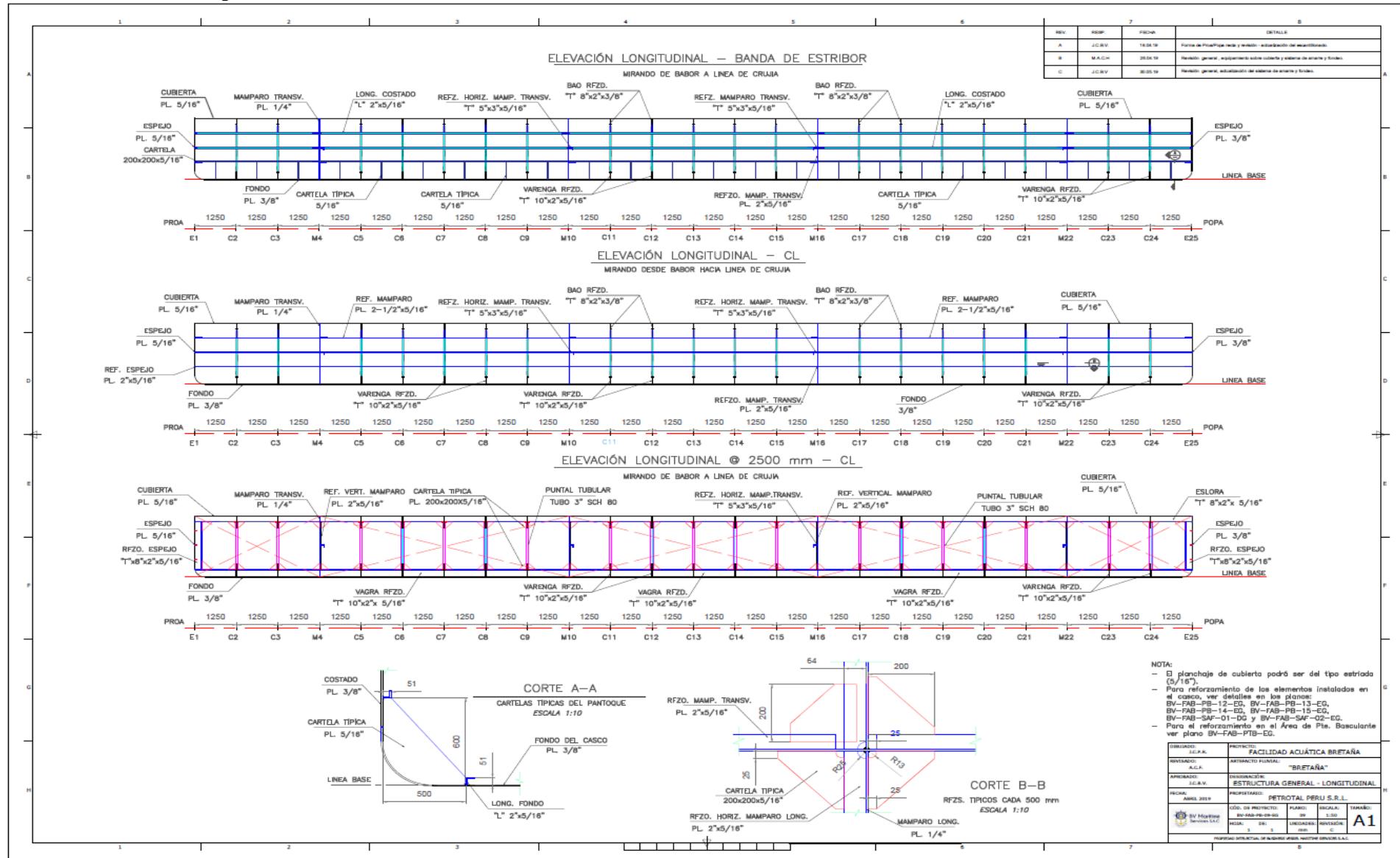


**Plano A 7**  
**Estructura General - Fondo**

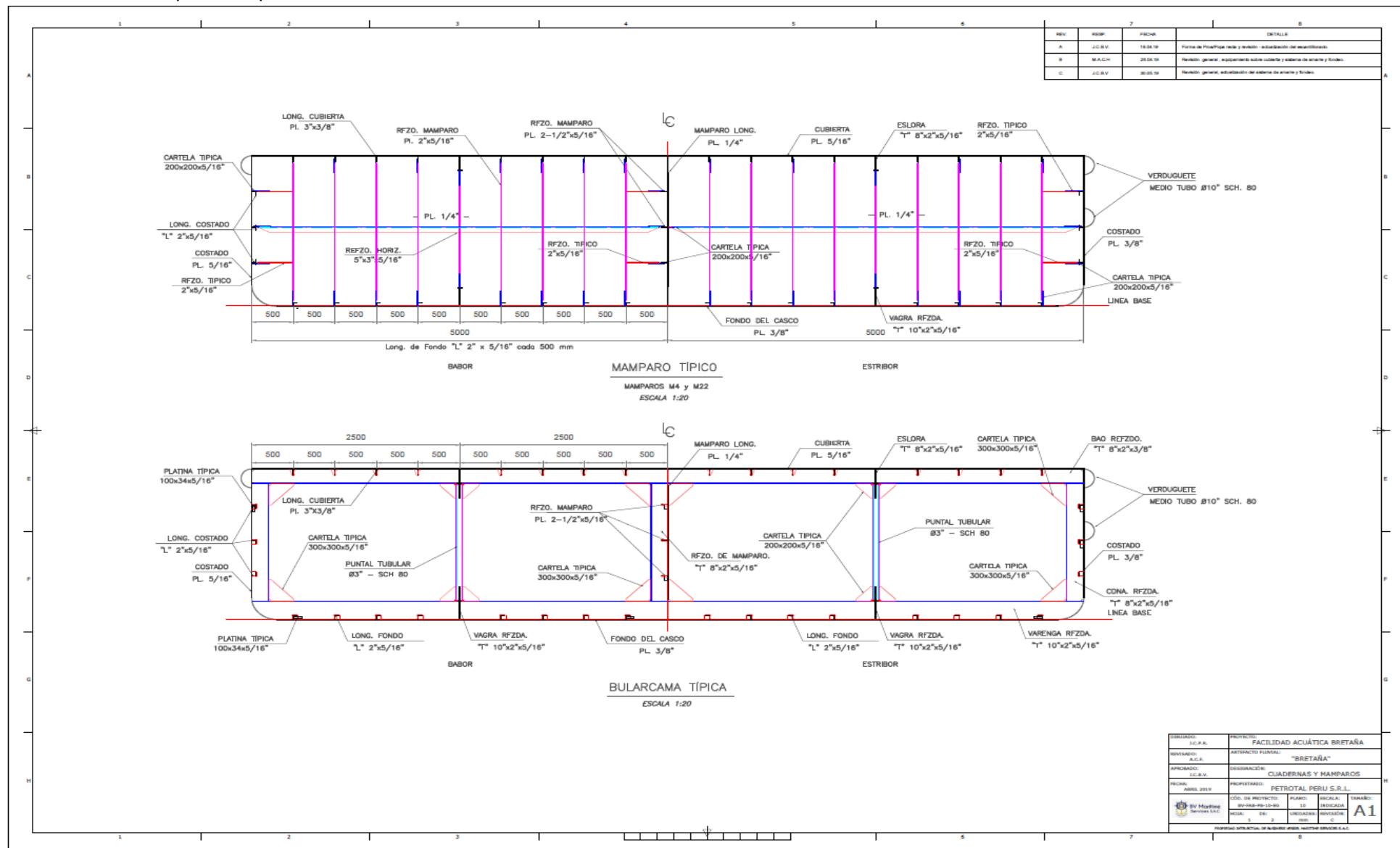


## Plano A 8

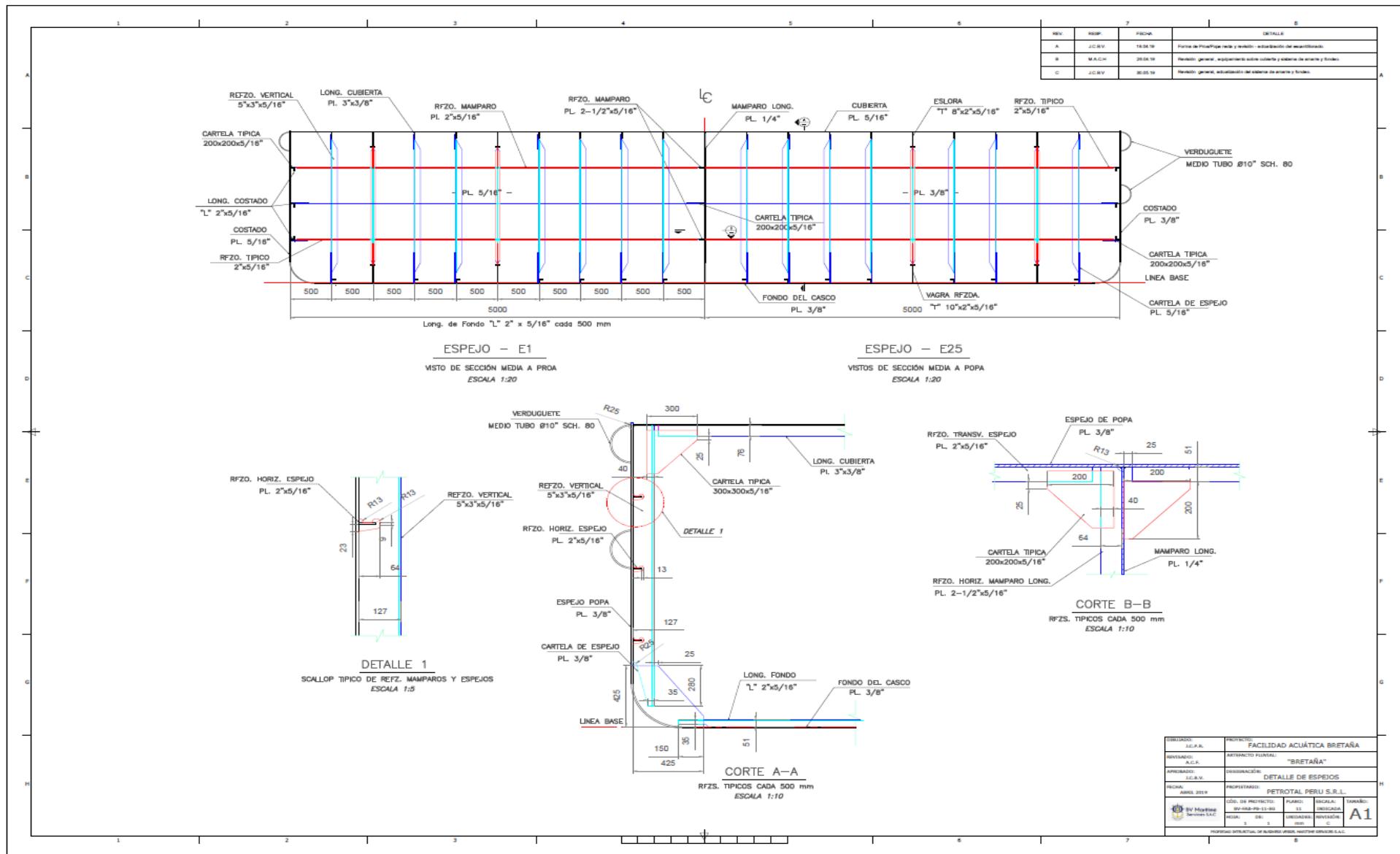
### Estructura General - Longitudinal

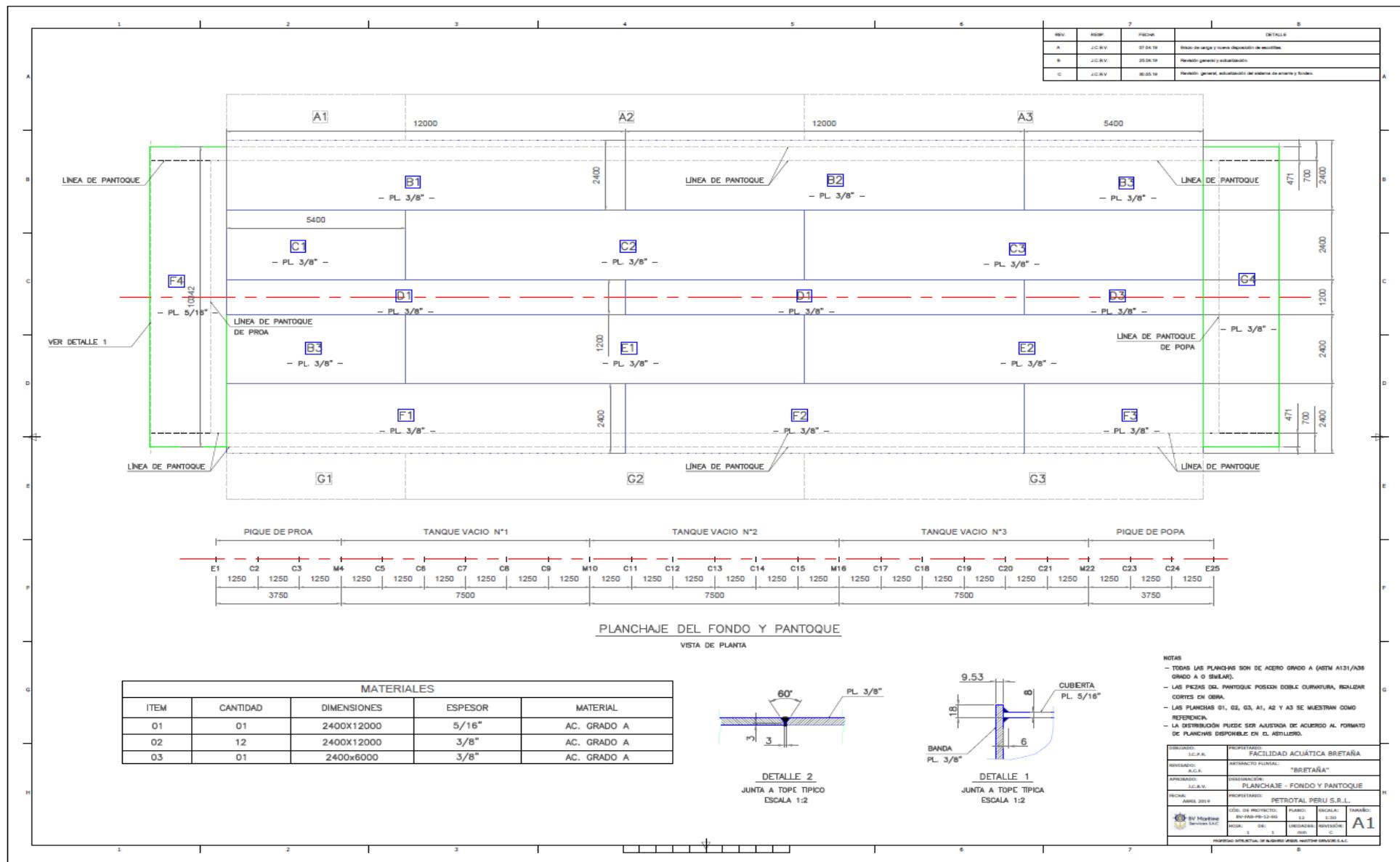


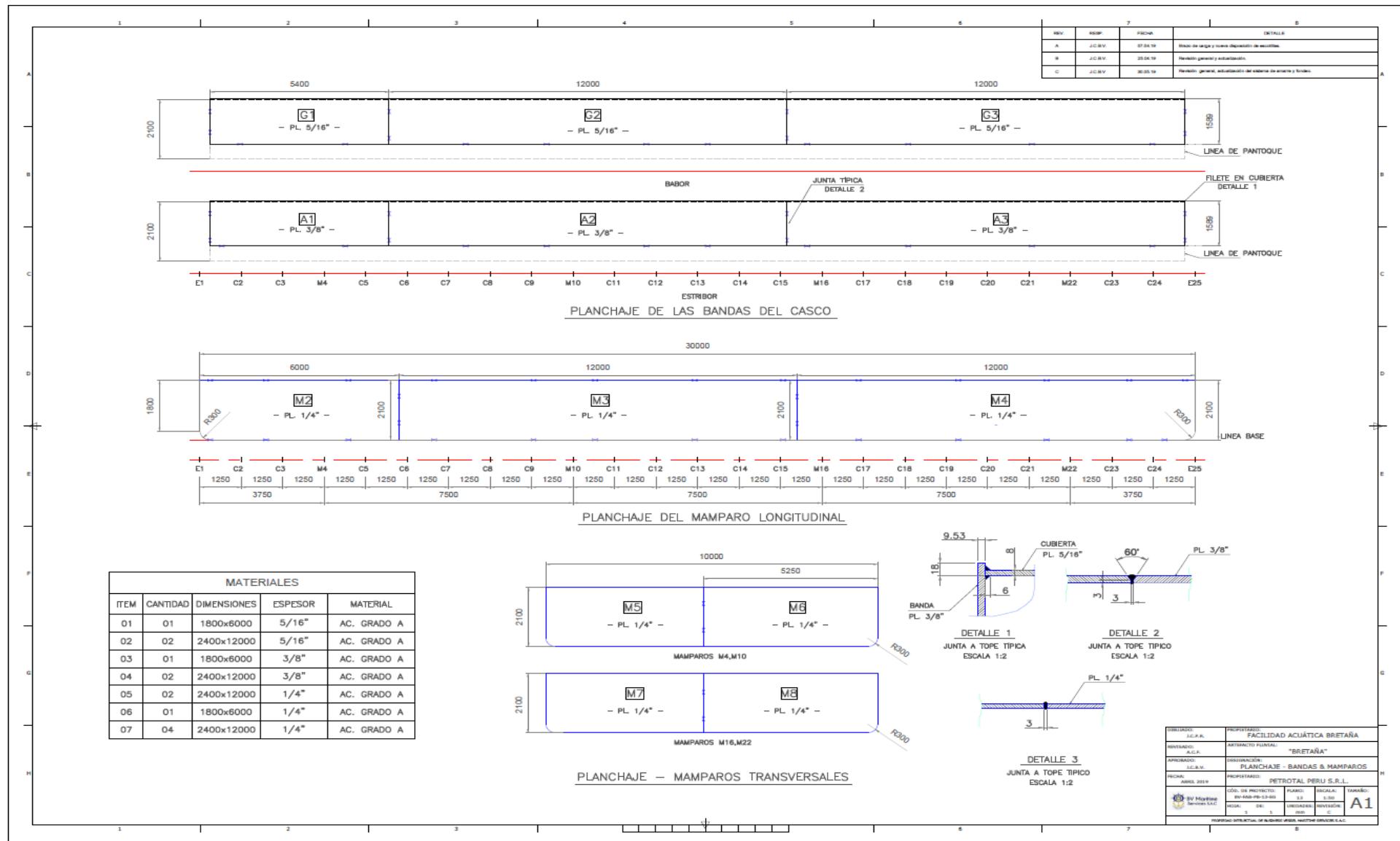
**Plano A 9**  
**Cuadernas & Mamparos - Típicos**



**Plano A 10**  
**Detalles de Espejos**



**Plano A 11****Planchaje de Fondo & Pantoque**

**Plano A 12***Planchaje de Mamparos y Bandas*

**Plano A 13****Planchaje de Cubierta**