

ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UN MUELLE FLOTANTE DE HORMIGÓN ARMADO

Götte, Emmanuel Augusto; Andrian, José María; Cassano, Carmen; Londero, Magalí Solange;

Ingeniero Civil; Tesista Ingeniería Civil; Arquitecta; Ingeniera Civil.
UTN Facultad Regional Paraná.

emmanuelgotte@outlook.com

RESUMEN:

Este artículo aborda el análisis estructural de un muelle flotante en Hernandarias, Entre Ríos, Argentina, destacando su complejidad debido a su interacción con el agua. La estructura está formada por una combinación de hormigón armado y poliestireno expandido (EPS), y cuenta con una pasarela metálica para facilitar el acceso. Para llevar a cabo este análisis, se utilizó un modelo tridimensional de elementos finitos tipo Shell con el software RFEM5, que permite representar las placas de hormigón que envuelven el EPS. Se consideraron diversos estados de carga que representan situaciones críticas de esfuerzos, como el impacto del oleaje del río Paraná, esfuerzos durante la botadura, flujo del cauce, montaje o fabricación, así como la presión del agua sobre la estructura sumergida. Se realizó una evaluación detallada de los estados tensionales y se dimensionó el hormigón evaluando cada estado de carga, teniendo en cuenta un estado de dimensionamiento tensional en hormigón no fisurado (Estado I).

ABSTRACT:

This article addresses the structural analysis of a floating dock in Hernandarias, Entre Ríos, Argentina, highlighting its complexity due to its interaction with water. The structure is composed of a combination of reinforced concrete and expanded polystyrene (EPS), and features a metal walkway to facilitate access. To carry out this analysis, a three-dimensional finite element model of Shell type was used with RFEM5 software, allowing the representation of the concrete plates surrounding the EPS. Various loading conditions were considered to represent critical stress situations, including the impact of waves from the Paraná River, stresses during launching, flow of the watercourse, assembly or manufacturing, as well as water pressure on the submerged structure. A detailed evaluation of stress states was conducted, and the concrete was dimensioned for each loading condition, considering a non-fissured concrete tensional state (State I).

Organiza:

INTRODUCCIÓN

Las estructuras sumergidas de hormigón se utilizan en una variedad de aplicaciones, incluyendo viviendas, muelles y la producción de energía. El análisis estructural de estas estructuras es importante para garantizar su seguridad y estabilidad. En el presente caso, nos enfocaremos en el análisis de un muelle flotante propuesto para la ciudad de Hernandarias, provincia de Entre Ríos. En el sitio, previamente había existido un muelle fijo de hormigón que, debido a la degradación y el paso del tiempo, se desmoronó. El diseño del nuevo muelle flotante contempla la utilización de materiales que combinan la resistencia estructural del hormigón armado con la flotabilidad del poliestireno expandido (EPS). Esta combinación ofrece una solución técnica y económica viable para la construcción del muelle.

ACCESO PEATONAL

El muelle dispone de un puente peatonal de 15 metros de longitud que conecta directamente con la superficie, facilitando el acceso a los visitantes (Ver Figura 1.). Cabe destacar que este puente está equipado con un sistema de rodillo y rotula esférica que le permite adaptarse a las variaciones de nivel del río.

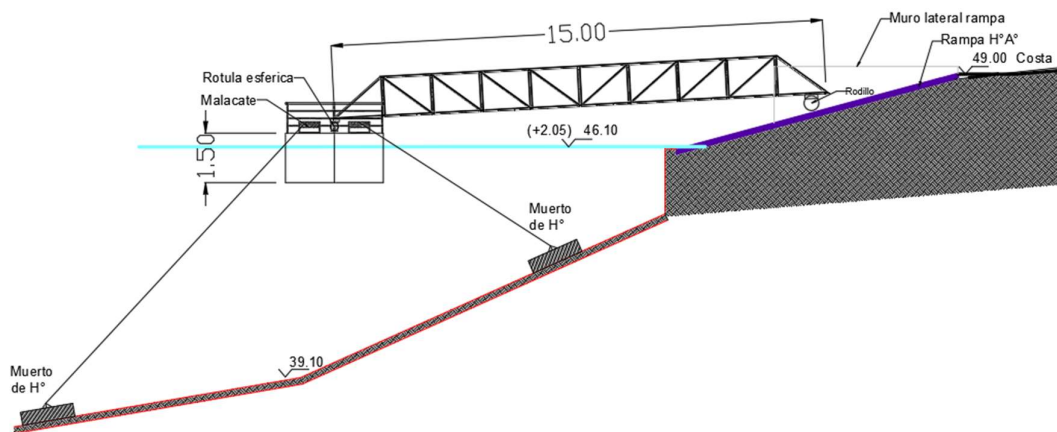


Figura 1. - Sección transversal muelle

MATERIALES MUELLE

El muelle se basa en un núcleo de poliestireno expandido (EPS) y un revestimiento de hormigón armado. El resultado es una bandeja de hormigón invertida, que actúa como un cajón neumático, pero llena de EPS en lugar de aire.

El poliestireno expandido proporciona mucha más flotabilidad y, por lo tanto, menos calado. Con una densidad de solo 20 kg/m³, es 50 veces más ligero que el agua. Además, la estructura se vuelve insubmersible, ya que donde hay EPS, no puede haber agua, eliminando así la posibilidad de acumulación de agua en caso de una filtración.

El hormigón se utiliza para proporcionar resistencia, rigidez y protección al núcleo de EPS, asegurando la integridad estructural del sistema.

Organiza:

Este sistema es mucho más ligero que el de cajones estándar porque requiere menos hormigón. Aunque incorporar poliestireno puede aumentar los costos inicialmente, estos pueden recuperarse total o parcialmente debido al uso reducido de hormigón, una construcción más eficiente y ahorros en los costos del sitio de construcción.

A diferencia del sistema de cajones estándar, el poliestireno no necesita un piso de hormigón. Además, las paredes pueden ser más delgadas, ya que una eventual fuga no causará acumulación de agua ni hundimiento, y no se requieren paredes divisorias. El EPS soporta directamente el piso, permitiendo usar menos vigas o paredes internas para la resistencia. Estos ahorros en hormigón resultan en un peso propio reducido y menor calado.

ACCIONES PERMANENTES Y VARIABLES

Se consideraron cargas permanentes incluyendo la plataforma de hormigón armado, los flotadores, el sistema de amarre, la pasarela metálica y las instalaciones auxiliares. (Ver Figura 2.). Además, se tuvo en cuenta las sobrecargas de uso la peatonal, maquinaria y otros elementos que puedan estar sobre el muelle.

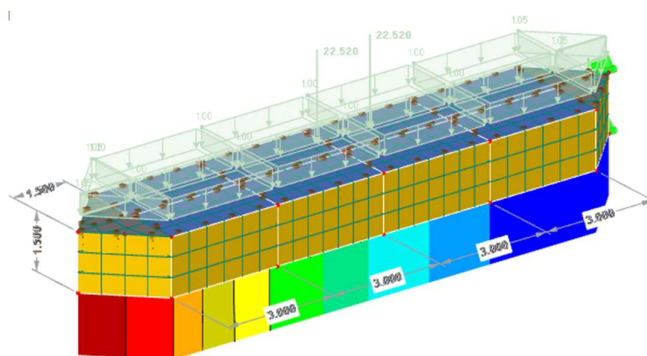


Figura 2. - Modelo muelle para con cargas permanentes y variables

MODELO DE ANÁLISIS:

Para estructuras flotantes, asemejamos al agua actuando como una fundación elástica, esto quiere decir que la condición de vínculo corresponde al comportamiento de un resorte que se comprime bajo carga y se descomprime al aliviarse la carga (Ver Figura 3.). Este valor de rigidez elástica puede ser disminuido antes disminuciones de presión hidrostática.

En un rango elástico:

$$\sigma = k_v * h \quad (1)$$

Organiza:

En nuestro caso σ se asimila a la presión hidrostática en la parte inferior del muelle y el desplazamiento h corresponda a la profundidad de inmersión. k es igual a 10 kN/m^3 . Este valor representa la rigidez de la fundación elástica proporcionada por el agua, el cual es sumamente bajo, por lo que la estructura tendrá grandes deformaciones en sentido vertical. El análisis de grandes deformaciones es incluido en el software de análisis, en nuestro caso RFEM5.

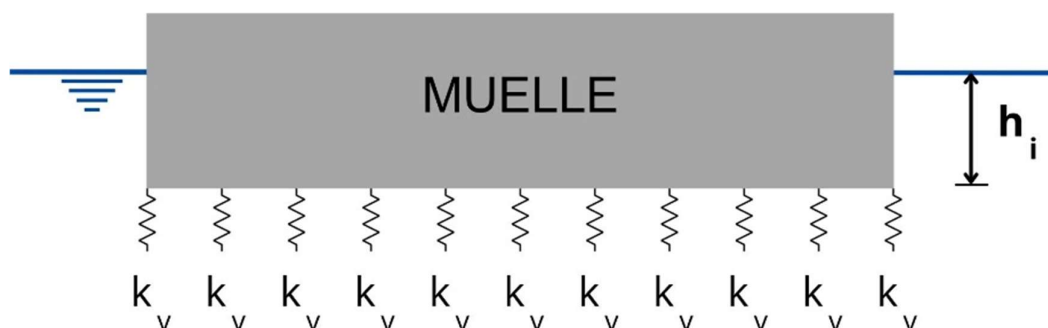


Figura 3. - Representación de vinculación muelle

PRESIONES LATERALES HIDROSTÁTICAS:

La presión hidrostática, como es sabido, aumenta de manera proporcional a la profundidad. La profundidad de inmersión del cuerpo, a su vez, está sujeta a las cargas que se consideren. Por lo tanto, el método propuesto para analizar esta presión se divide en dos etapas: la primera etapa establece la profundidad de inmersión del cuerpo, mientras que la segunda etapa aplica la presión lateral del agua.

En la primera etapa, se utiliza un coeficiente de fundación elástica para considerar la interacción entre el agua y la estructura (densidad del agua). Se muestra que la profundidad de inmersión es directamente proporcional a las cargas actuantes sobre el muelle flotante. Por lo que se deberá determinar cada profundidad de inmersión (h_i) por estado de carga analizado (U_i).

En la segunda etapa, se aplican la presión lateral hidrostática respectiva a cada combinación (Ver Figura 4.). Esta presión es una fuerza que actúa perpendicular a las paredes laterales de la cuba y la magnitud con la que la ejerce es proporcional a la profundidad de inmersión del cuerpo y a la densidad del agua.

Organiza:

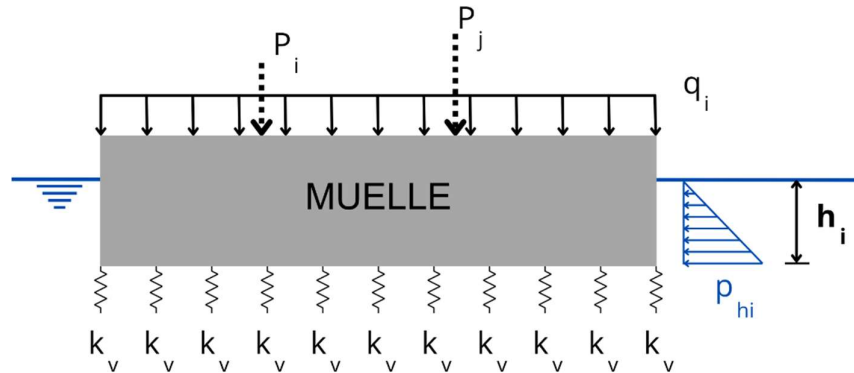


Figura 4. - Presión hidrostática para cada estado i de carga.

Para el modelo de elementos finitos, realizado con elementos de placa tipo Shell de hormigón H-25, se han adoptado espesores de 8 cm para las caras superiores, a excepción de aquellas ubicadas en los extremos donde se ha decidido adoptar un espesor de 15 cm (Ver Figura 5.). Esto se debe a que se instalarán cabrestantes (malacates) con la finalidad de sujetar y ajustar la posición adecuada del muelle. Para las caras verticales exteriores e interiores, se ha optado por un espesor de 10 cm.

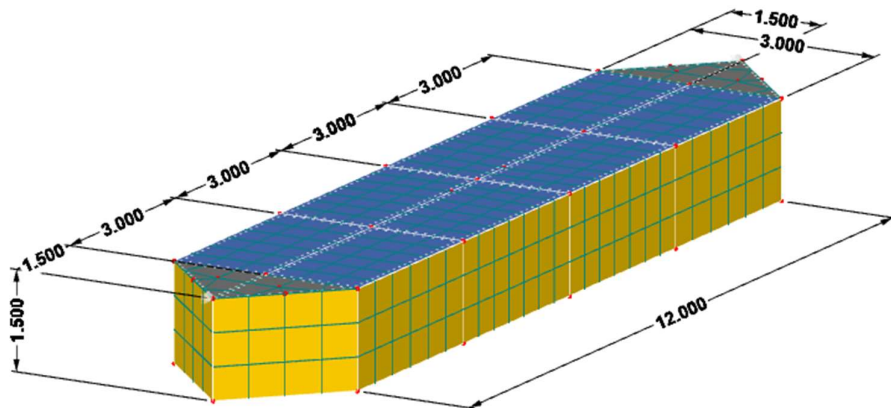


Figura 5. - Modelo análisis cálculo presión de inmersión

Bajo este análisis, con módulos de reacción verticales equivalentes a 10 kN/m³, se obtuvo una profundidad de inmersión media de 1,01 m para los distintos estados de carga de servicio.

Con ello, se obtuvo las diferentes profundidades de inmersión y con ellas se calculó las presiones hidrostáticas correspondientes a cada estado de carga. Generalizando con en la siguiente expresión:

$$p_{h_i} = h_i * \gamma \quad (2)$$

Donde:
Organiza:

i : estado de carga analizado

p_{hi} : presión hidrostática para estado de carga correspondiente

h_i : profundidad de inmersión para el estado de carga analizado

γ : densidad del líquido de inmersión

Como no hubo grandes variaciones de altura y a modo de simplificar el cálculo, se adopta la máxima presión y se adiciona como una combinación independiente (Figura 6.).

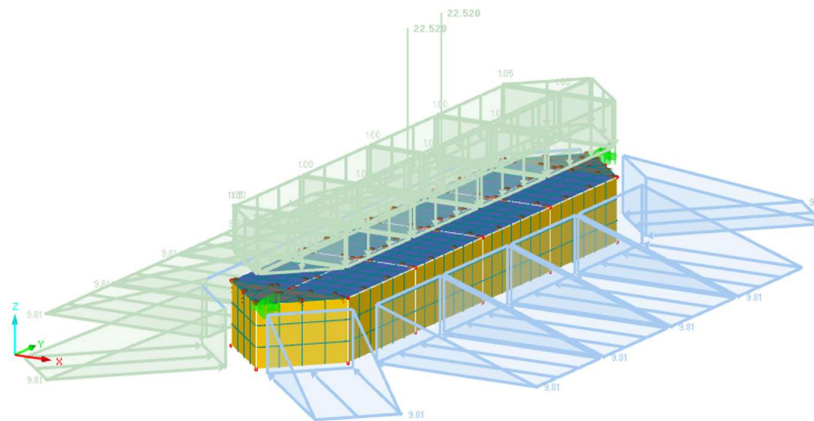


Figura 6. - Acciones estáticas sobre modelo FEM muelle.

EVALUACIÓN DE LA ACCIÓN DEL OLEAJE

El viento es la principal causa de las olas, cuya altura depende de su velocidad, la longitud del recorrido del viento (fetch), el tiempo de duración y la profundidad del agua.

El comportamiento de una ola se asemeja a una forma sinusoidal definida por una altura de onda y un período. Realmente la forma sinusoidal real es de forma sumamente irregular por lo que se adopta el método de Braslavskov (FETCH) el cual puede aplicarse tanto en aguas profundas como poco profundas para obtener estos parámetros característicos.

Estas olas generan fuerzas tanto horizontales como verticales sobre las estructuras flotantes. En particular, las fuerzas verticales generan diferencias en la presión del agua en la parte inferior del muelle. Esto resultará principalmente en momentos en el cuerpo flotante. Las fuerzas verticales inducidas pueden resultar en momentos de flexión a lo largo del muelle. En la Figura 7. se muestran dos situaciones de onda que causan momentos de hundimiento (sagging) y acaparamiento (hogging).

Organiza:

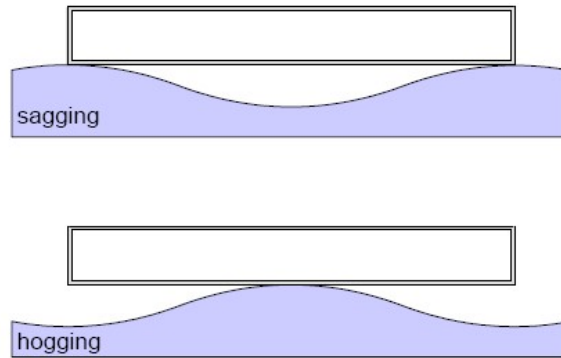


Figura 7. - Estados de hundimiento (sagging) y acaparamiento (hogging).

El momento de hundimiento (sagging) ocurre cuando una ola ejerce presión sobre la parte inferior de la estructura flotante, lo que resulta en un momento en la parte central. Esto puede ocurrir cuando una ola pasa debajo de la estructura y ejerce una presión ascendente en la parte inferior, causando un momento de pandeo. En contraste, el momento de acaparamiento (hogging) ocurre cuando la ola ejerce presión sobre la parte superior de la estructura, lo que provoca un momento de flexión en los extremos. Esto puede suceder cuando una ola más alta impacta directamente sobre la parte superior de la estructura flotante.

Para el modelado de estas situaciones, se reducen los valores de coeficiente elástico a lo largo de toda la parte inferior del muelle. Esto quiere decir que, en las zonas de menor presión debido a la ola, el vínculo se relaja a la mitad de su valor.

EVALUACIÓN DE ESTABILIDAD DE FLOTACIÓN

La estabilidad es crucial para las estructuras flotantes ya que, si experimenta una carga vertical excéntrica, carga horizontal o momento, rotará alrededor de su centro de flotación, causando una inclinación en la estructura. La rotación resulta en que una parte de la estructura se sumerge más profundamente en el agua mientras que otra parte se eleva menos. Según la hidrostática, la parte sumergida más profundamente experimenta una mayor presión del agua, lo que genera una mayor fuerza de flotación y crea un momento de enderezamiento el cual devuelve la estructura al equilibrio. Si este momento de enderezamiento, causado por la presión del agua (fuerza restauradora hidrostática), puede devolver la estructura flotante al equilibrio y a su posición original después de retirar la carga aplicada, se considera que la estructura es estable.

El punto de intersección de la línea de acción de la fuerza de flotación neta y la línea central de la estructura es llamado metacentro. La estabilidad de una estructura flotante se caracteriza por la distancia entre su centro de gravedad y su metacentro, conocida como altura metacéntrica. Cuanto mayor es esta altura, mayor es su estabilidad. Por lo tanto, se tomaron los siguientes criterios para el diseño del muelle en función de la estabilidad:

- El centro de gravedad debe mantenerse lo más bajo posible.
- El metacentro debe estar lo más alto posible.

Organiza:

Se puede lograr una mayor estabilidad incorporando peso en la parte inferior ya que un centro de gravedad más bajo mejora la estabilidad de una estructura flotante. Si el centro de gravedad está situado por debajo del punto donde la estructura se inclina, la estructura se enderezará naturalmente, al igual que el principio de la parte inferior del muelle de un velero. En nuestro caso, una rotación con un desplazamiento de 0.54 m en el extremo (Ver Figura 8.). La estabilidad por peso es efectiva principalmente con rotaciones significativas. Cuanto mayor sea la rotación, mayor será el momento de levantamiento, aumentando así la estabilidad.

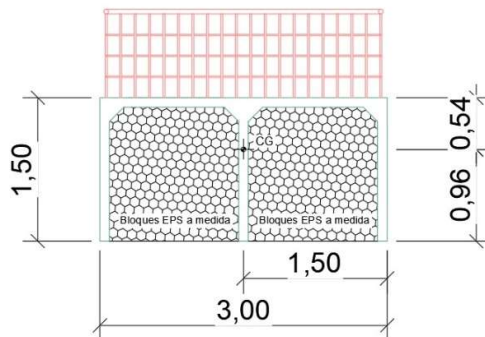


Figura 8. - Centro de gravedad muelle flotante

Además, se puede mejorar a través de su forma. La base de la estabilidad de forma radica en el desplazamiento del centro de flotación cuando la estructura rota. Cuanto más se desplace el centro de flotación y pueda desplazarse con cierta rotación, mayor será el metacentro y, por lo tanto, más estable será la estructura flotante.

La estabilidad del muelle depende de la posición del centro de gravedad (G) en relación con el metacentro (M).

- Si G está por debajo de M, el cuerpo flotante es estable.
- Si G está por encima de M, el cuerpo flotante es inestable.
- Si G está en la misma posición que M, el cuerpo flotante está en equilibrio indiferente.

En nuestro caso, como el muelle se asemeja a un cuerpo flotante rectangular, donde la estabilidad en ambas direcciones ortogonales no es igual ya que, su ancho y largo no son iguales. En la dirección de la longitud más pequeña, el cuerpo flotante es menos estable.

En el caso analizado en el presente trabajo, como el muelle se asemeja a un cuerpo flotante rectangular con medidas de ancho y largos diferentes, su estabilidad para ambas direcciones no será igual.

El cuerpo será menos estable en la dirección de menor valor. Cuanto más ancho es el cuerpo flotante, más se permite que el centro de flotación puede desplazarse más hacia los lados. Y, cuanto más ancho y rígido sea dicho cuerpo, el centro de flotación desplaza considerablemente con una pequeña rotación (ver Figura 9.). Por lo tanto, un cuerpo ancho tiene una alta estabilidad inicial; sin embargo, cuando la rotación es grande (ver Figura 10.), la distancia entre G (centro de gravedad) y M (metacentro)

Organiza:

disminuye, por lo que el momento de levantamiento o restaurador es menor, pero esto se puede despreciar con rotaciones normales y pequeñas.

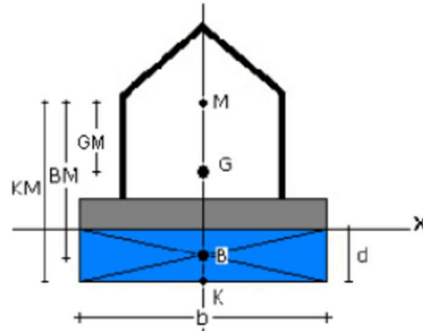


Figura 9. - Distancias para muelle horizontal.

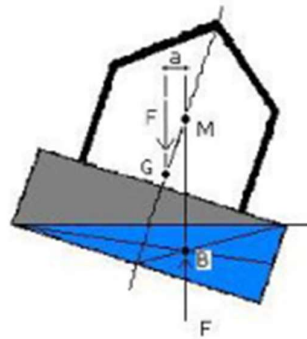


Figura 10. - Distancias para muelle inclinado.

Para encontrar la distancia metacéntrica se de uso de una fórmula utilizada en la ingeniería naval (Scribanti), para encontrar la altura entre el centro de flotación y el metacentro

$$BM = \frac{I_w}{V} * \left(1 + \frac{1}{2} (\tan \alpha)^2 \right) \quad (3)$$

Donde:

I_w : es el momento de inercia de la sección sumergida

V : es el volumen de líquido desplazado

α : rotación embarcación

La altura del punto de flotación (KB) es la distancia vertical entre el punto de flotación (centroide del área de la superficie sumergida) y la parte inferior del muelle. En un cuerpo flotante rectangular, KB es igual a la mitad del calado (d).

Organiza:

El metacentro transversal (BM) es el punto de intersección entre la vertical que pasa por el punto de flotación y la vertical que pasa por el centro de carena (centroide del volumen sumergido).

La altura del metacentro (KM) es la distancia vertical entre el metacentro y la parte inferior del muelle. Se obtiene sumando KB y BM.

El metacentro longitudinal (GM) es la distancia horizontal entre el metacentro y el centro de gravedad. Se calcula restando KG a KM.

Con lo cual llegamos a un momento de enderezamiento igual a:

$$M_e = F * \sin \alpha * GM \quad (4)$$

Donde

$F = E$ (empuje hidrostático) = W (peso muelle):

M_e : Momento de enderezamiento

α : Inclinación debido a carga

Para evaluar esta estabilidad, se aplicó una carga de 5 kN/m en el extremo del muelle, con ello se obtuvo un desplazamiento el cual es proporcional a la inclinación y con esto calculamos el momento estabilizante para esta hipótesis de carga. Bajo esta hipótesis, el muelle se encuentra estable.

MOVIMIENTO DEBIDO A LAS OLAS

Si una estructura flotante está posicionada en una zona propensa a experimentar olas, puede comenzar a balancearse bajo la acción de estas. Si la frecuencia de la carga es desfavorable, el balanceo puede aumentar, pudiendo llegar a provocar grandes movimientos indeseables que podrían causar daños graves. Para prevenir esto, el período natural de oscilación del muelle debe ser significativamente mayor que el de las olas.

Las olas también provocan movimientos en la estructura flotante, incluyendo el balanceo (roll), el cabeceo (pitch) y el desplazamiento vertical (heave). El primero, es el movimiento lateral de la estructura, causado por el efecto de las olas que empujan lateralmente sobre la estructura flotante, y puede ser particularmente notable en condiciones de aguas agitadas. El segundo, es el movimiento de la estructura alrededor de su eje longitudinal, y las olas que impactan de frente pueden provocar este tipo de movimiento. El tercero, se refiere al movimiento vertical hacia arriba y hacia abajo de la estructura debido al paso de las olas, y puede ser significativo dependiendo de la altura y frecuencia de las olas.

Organiza:

Para reducir estos movimientos en el muelle, se amarra mediante 4 lastres en sus extremos (ver Figura 11.), fijando además la acción del flujo del río.

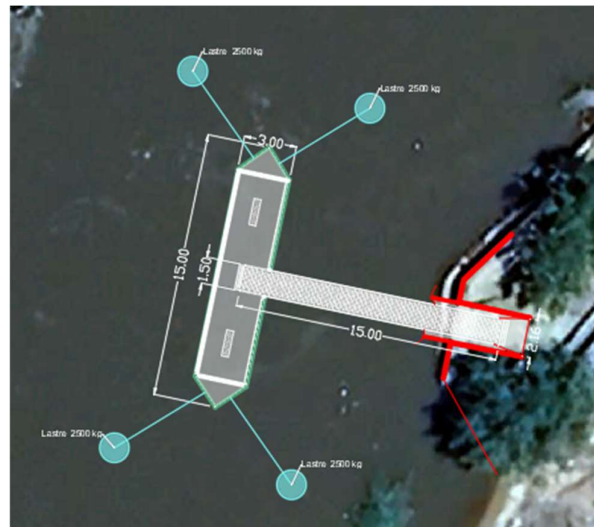


Figura 11. - Ubicación de lastres en muelle

ACCIÓN DEL FLUJO

Al encontrarse el muelle situado en la corriente del cauce, este recibe un empuje que se calculó mediante la ley de Stokes. Utilizada en la dinámica de fluidos, la ecuación es una función utilizada para calcular la fuerza de resistencia que experimenta un objeto debido al movimiento a través de un fluido.

$$F_r = \frac{1}{2} * \rho * \mu^2 * Cd * A \quad (5)$$

Donde:

F_r : Fuerza de resistencia (componente de la fuerza en la dirección del flujo)

ρ : Densidad del fluido

μ : Velocidad del fluido

Cd : Coeficiente de arrastre

A : Área de referencia mostrada a la corriente

Se generaron esfuerzos horizontales sobre el muelle simulando la corriente del agua de 22,50 kN, además se adoptaron dos hipótesis teóricas de empuje del agua como factor de seguridad, considerando el doble y el triple de la calculada, es decir 45,00 kN y 67,50 kN.

Organiza:

Estas hipótesis formaron parte de las condiciones de carga a las que se sometió el modelo y mediante un análisis mayorado de los esfuerzos se obtuvo la carga máxima en el cable. En la Figura 12. se muestra el valor de la fuerza para la condición mencionada.

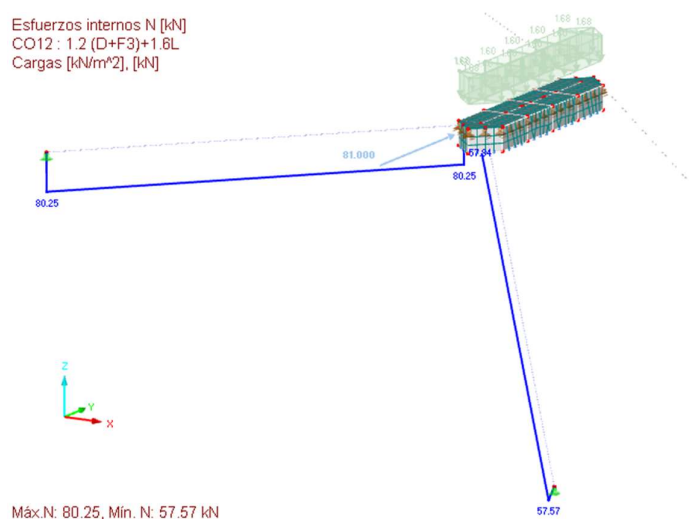


Figura 12. - Tensiones en lastres debido a la acción del flujo

ACCIONES DE FABRICACIÓN Y MONTAJE

Aunque la fabricación in situ, como la construcción flotante, podría haber ofrecido ventajas en términos de eficiencia, lamentablemente, su implementación se vio obstaculizada por la falta de personal capacitado para su ejecución. Debido a esto, aparecen nuevas situaciones límites las cuales son sumamente mandatorias a la hora del diseño. En todas actúan cargas de origen propio.

Para el montaje, se previeron 4 vínculos embebidos en el hormigón, los cuales serán el punto de amarre para el izaje en por una grúa (ver Figura 13.). En lo que se dimensiono el vínculo en base a esta hipótesis.

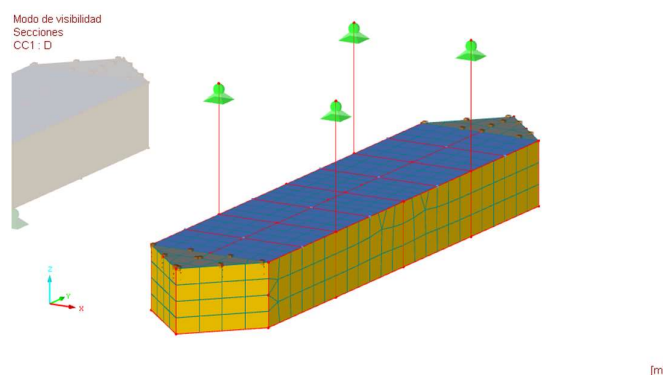


Figura 13. - Situación montaje de izado

Organiza:

Luego se suponen dos situaciones de almacenamiento, en las cuales el muelle es apoyado en tres puntos. Esto sería muy difícil de comprobar que sus tres apoyos estén a nivel. Por lo que analizan y subdividen en dos hipótesis. Una apoyado en sus extremos (ver Figura 14.) y otra con un apoyo en la mitad (ver Figura 15.).

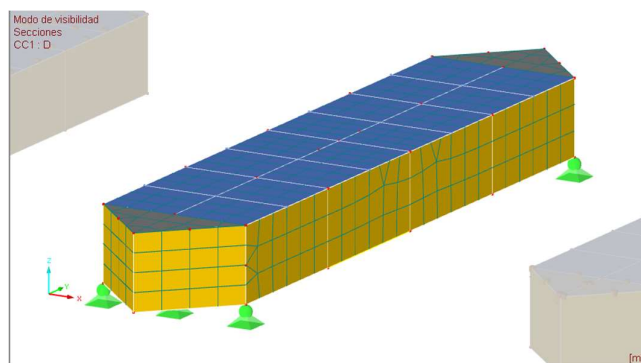


Figura 14. - Situación montaje de apoyos extremos

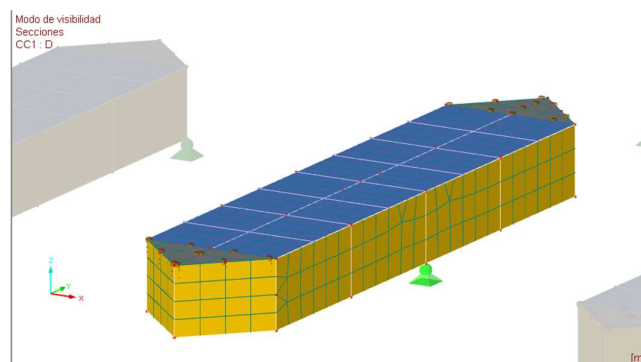


Figura 15. - Situación montaje de apoyo intermedio

ANÁLISIS Y DIMENSIONADO:

Para su análisis se utilizó un modelo de elementos finitos de tipo placa (Shell) y para su para su diseño en análisis de estado límite bajo dos tipos estado límite de servicio (ELS) y el estado límite último (ELU).

A este modelo se le adicionó cargas como la presencia de cargas permanentes inherentes a la estructura, cargas derivadas del uso de la superestructura, acciones laterales generadas por la corriente del cauce, y debido a su inmersión, presiones hidrostáticas laterales.

Una vez realizado este modelo, se procedió analizar la estructura en distintas hipótesis que corresponden a las condiciones críticas de trabajo con el fin de encontrar las tensiones máximas con las cuales se dimensionó. Una vez obtenido su esfuerzo, se dimensiono la armadura, en un estado no fisurado, integrando la curva tensiones

Organiza:

obtenida por el software. Esta se resolvió con mallas electrosoldadas con una concentración de armadura en el sector de los cabrestantes y en los vínculos de izaje.

Es importante destacar que, sobre el muelle, no se amarraran embarcaciones, ya que esto traería nuevas hipótesis al análisis.

RESULTADOS SITUACIONES LÍMITES:

Se muestran a continuación un resumen de las situaciones límites analizadas y el estado tensional mandatorio para cada una de ellas:

1. Oleaje estático (Figura 16.)
2. Oleaje bajo hundimiento (Figura 17.)
3. Oleaje acaparamiento (Figura 18.)
4. Acción flujo del cauce (Figura 19.)
5. Fabricación apoyo extremo (Figura 20.)
6. Fabricación apoyo medio (Figura 21.)
7. Montaje izado (Figura 22.)

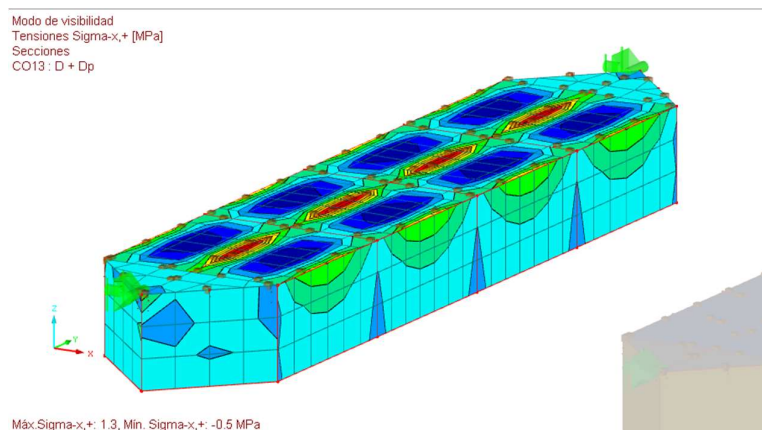
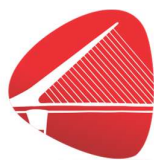


Figura 16. - Oleaje estático

Organiza:



Modo de visibilidad
Tensiones Sigma-x, + [MPa]
Secciones
CO13: D + Dp

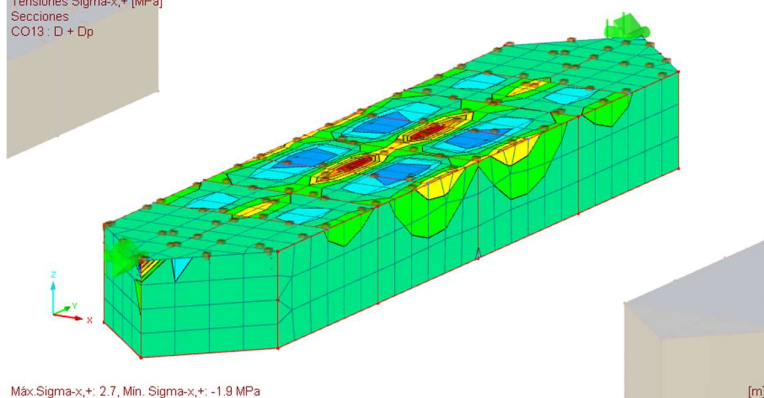


Figura 17. - Oleaje en situación hundimiento

Modo de visibilidad
Tensiones Sigma-x, + [MPa]
Secciones
CO13: D + Dp

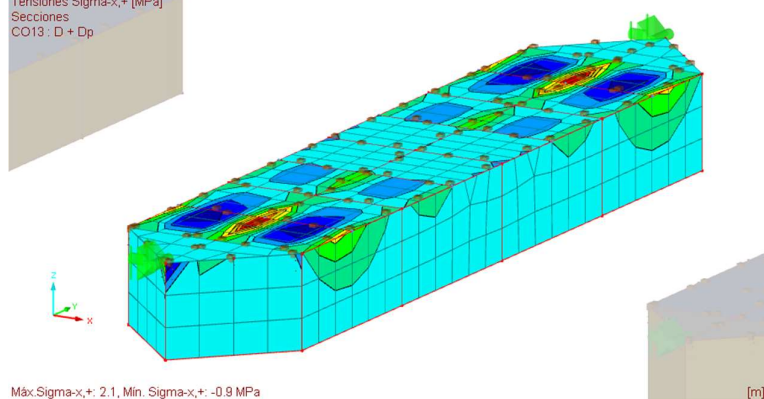


Figura 18. - Oleaje en situación acaparamiento

Tensiones Sigma-x, + [kN/cm²]
CC6: Empuje de agua real
Cargas [kN]

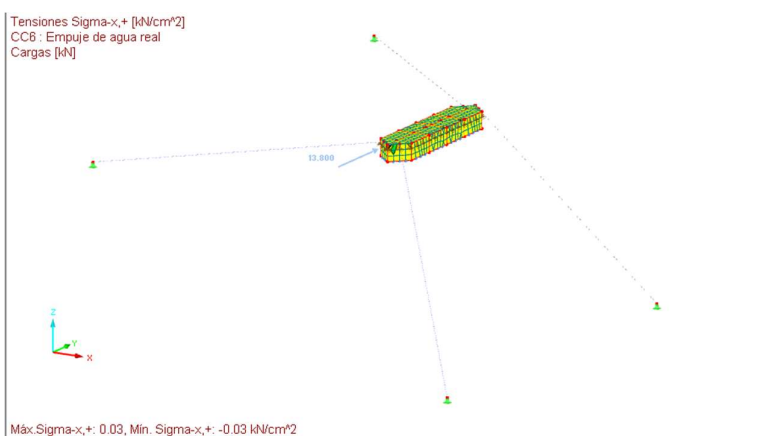


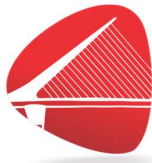
Figura 19. - Acción lateral de arrete o anclaje (corriente)

Organiza:



Asociación de Ingenieros
Estructurales
ARGENTINA

Tel/Fax: [+54] 11 5252.8838 | Whatsapp: [+54 9] 11 3180.3746 | Hipólito Yrigoyen 1144 Piso 1° - Of. 2 | Buenos Aires
Horario de atención: de lunes a viernes de 13:00 a 18:00 hs. | Mail: info@jornadasaie.org.ar - www.jornadasaie.org.ar



28°
JORNADAS
ARGENTINAS
DE INGENIERÍA
ESTRUCTURAL
18 al 21 de septiembre de 2024 / CABA

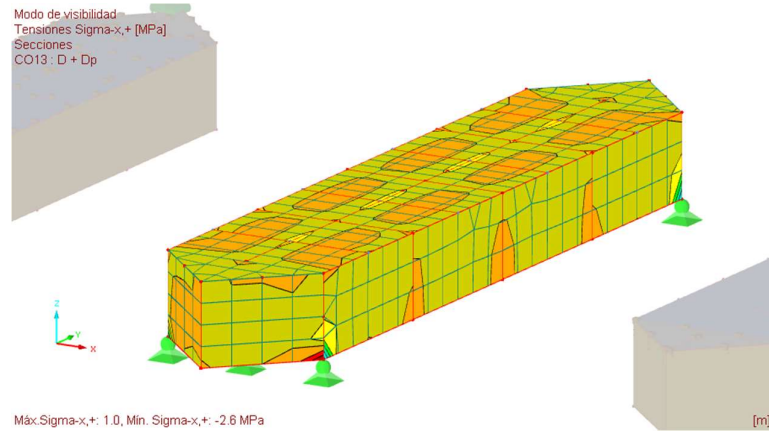


Figura 20. - Apoyado en suelo (dos puntos extremos)

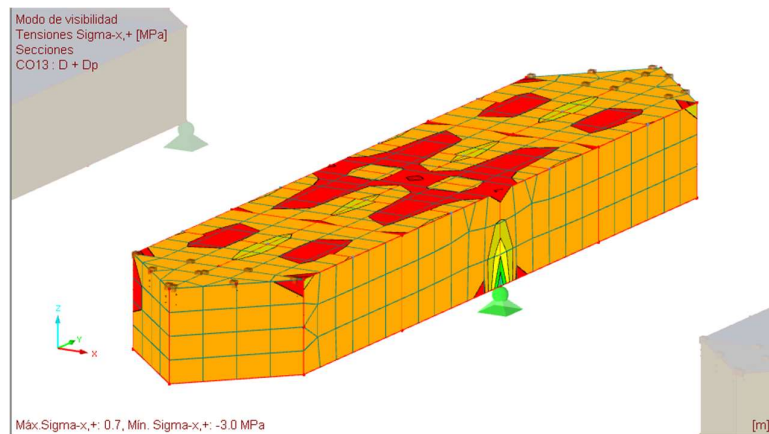


Figura 21. - Apoyado en suelo (central)

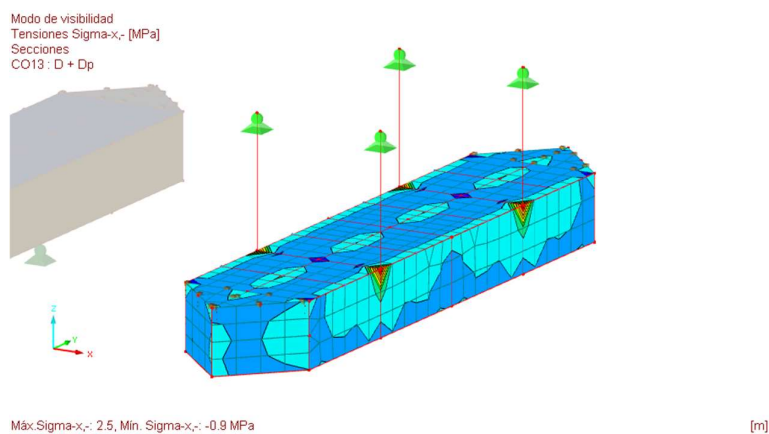
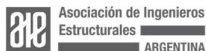


Figura 22. - Izado para descarga

Organiza:



Tel/Fax: [+54] 11 5252.8838 | Whatsapp: [+54 9] 11 3180.3746 | Hipólito Yrigoyen 1144 Piso 1° - Of. 2 | Buenos Aires
Horario de atención: de lunes a viernes de 13:00 a 18:00 hs. | Mail: info@jornadasaie.org.ar - www.jornadasaie.org.ar

CONCLUSIONES:

El presente trabajo afronta el abordaje integral de lo que implica el cálculo estructural de una estructura flotante, queriendo demostrar que no solo son importantes sus hipótesis de dimensionamiento sino que, también cobran importancia otros aspectos como pueden ser aquellos referidos a la durabilidad del mismo por estar en contacto con el agua y los agentes que pudiera contener la misma; o aquellos que tienen que ver con los esfuerzos que podría verse sometido por el amarre de distintas embarcaciones.

Es crucial destacar la importancia de contemplar las crecidas del río Paraná en el diseño del muelle, garantizando su resistencia y estabilidad ante posibles variaciones del nivel del agua, así como realizar una evaluación detallada de las condiciones hidrológicas y ambientales del sitio de emplazamiento.

Si bien el presente trabajo tiene como objetivo la descripción del lado técnico del proyecto, es importante resaltar el valor cultural y social que tiene este tipo de construcciones para ciudades ribereñas como lo son aquellas en la Costa del Río Paraná. Este proyecto en particular forma parte de la identidad de la Ciudad de Hernandarias, ubicándose a metros del barco flotante de hormigón armado, homónimo a la ciudad que posee más de 100 años de antigüedad.

Se espera que esta investigación sirva como base para futuros proyectos similares y como ejemplo de buenas prácticas en el diseño y construcción de infraestructuras costeras.

BIBLIOGRAFIA:

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Paraná. (2022). Arquitectura flotante: Desarrollo desde un punto de vista integrado.

Koekoek, M. (2010). Connecting modular floating structures. Gemeente Rotterdam: Netherlands.

Blazejewski, R., Pilarczyk, K. W., & Przedwojski, B. (1995). River training techniques: fundamentals, design and applications. CRC Press.

Kuiper, G. J. (2006). Theoretical manual of stability and trim. Delft University of Technology.

Prefectura Naval Argentina. (2023). Alturas de ríos. Recuperado de <https://contenidosweb.prefecturanaval.gob.ar/alturas>

INTI-CIRSOC. (2005). Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón, CIRSOC 201. Buenos Aires: Edición 2005.

Organiza: