

Universidad de Valladolid



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE ARQUITECTURA DE VALLADOLID

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA  
DE VALLADOLID  
GRADO EN FUNDAMENTOS DE LA ARQUITECTURA

TUTORES: DR. JOSE ANTONIO BALMORI ROIZ  
DR. JAVIER ARIAS MADERO

# ARQUITECTURA RESIDENCIAL FLOTANTE: *Nuevas formas de vida sobre el agua*

AUTOR: DANIEL GUTIÉRREZ MOÑUX

TRABAJO FIN DE GRADO - 2019/2020





## ÍNDICE

|   |                   |   |
|---|-------------------|---|
| 1 | ANTECEDENTES..... | 6 |
|---|-------------------|---|

### CAPÍTULO 1\_INTRODUCCIÓN

|   |  |    |
|---|--|----|
| 2 | INTRODUCCIÓN .....   | 10 |
| 3 | RELACIÓN DE LOS SERES HUMANOS CON EL AGUA <i>¿ Por qué a las personas les gusta vivir junto al agua? .....</i> | 14 |
| 4 | CONCEPTOS FÍSICOS CLAVES SOBRE LA FLOTABILIDAD DE CUERPOS.....   | 18 |

### CAPÍTULO 2\_PROCESO DE PRODUCCIÓN

|    |  |    |
|----|--|----|
| 5  | TIPOS DE PRODUCCIÓN Ó CONSTRUCCIÓN .....                                 | 23 |
| 6  | PRINCIPALES PARTES CONSTRUCTIVAS.....                                    | 25 |
| 7  | COMPARTIMENTACIÓN Y ACABADOS DE UNA VIVIENDA FLOTANTE.....               | 30 |
| 8  | PRODUCCIÓN AUTÓNOMA DE ENERGÍA CON PANELES FOTOVOLTAICOS .....           | 36 |
| 9  | INSTALACIONES ELÉCTRICAS.....  | 40 |
| 10 | SUMINISTRO DE AGUA (AFS + ACS) .....                                     | 43 |
| 11 | SISTEMAS DE FUNCIONAMIENTO INTERNO DE CALEFACCIÓN, Y CLIMATIZACIÓN ..... | 45 |
| 12 | FONTANERÍA .....   | 48 |
| 13 | MOTORIZACIÓN Y SISTEMAS DE MOVILIDAD .....                               | 50 |
| 14 | SISTEMAS DE ANCLAJE.....   | 53 |

### CAPÍTULO 3\_LEGISLACIÓN Y NORMATIVA EXISTENTE SOBRE VIVIENDAS FLOTANTES

|    |   |    |
|----|---|----|
| 15 | LEGISLACIÓN Y NORMATIVA EXISTENTE SOBRE VIVIENDAS FLOTANTES ..... | 57 |
|----|---|----|

|    |   |    |
|----|---|----|
| 16 | LOS PRECIOS DE UNA VIVIENDA FLOTANTE .....          | 70 |
| 17 | COMPARACIÓN DE TIPOLOGÍAS DE AMARRES ACTUALES ..... | 72 |

#### **CAPÍTULO 4\_EJEMPLOS DE ARQUITECTURA FLOTANTE**

|    |  |    |
|----|--|----|
| 18 | CASOS PARTICULARES DE CONSTRUCCIONES FLOTANTES (PROYECTOS ESPECÍFICOS) ..... | 77 |
| 19 | EDIFICIOS FLOTANTES- IBA DOCK .....  | 81 |
| 20 | ASENTAMIENTOS POBLACIONALES FLOTANTES .....                                  | 82 |

#### **CAPÍTULO 5\_PROYECTO PROPUESTO**

|    |  |    |
|----|--|----|
| 21 | METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE UNA VIVIENDA FLOTANTE .....    | 90 |
| 22 | ESTIMACIÓN DEL COSTO DE UNA VIVIENDA FLOTANTE LOW-COST ..... | 92 |
| 23 | CONCLUSIONES .....   | 94 |

#### **BIBLIOGRAFÍA**

Agradecimientos:

A mis padres, que me apoyaron siempre, y a mis amigos.

A mis tutores Jose Antonio y Javier.

## 1 ANTECEDENTES

La construcción de viviendas flotantes se está convirtiendo en una práctica cada vez más extendida en muchos lugares del mundo. Esto está llevando a que, en la práctica, tengan dificultades para desarrollar los proyectos de construcción de los edificios flotantes por la poca claridad de la normativa y las regulaciones que existen sobre este tipo de edificación. Entre la escasa normativa existente sobre esta tipología de arquitectura, la ley holandesa sobre edificaciones flotantes es de las más avanzadas que existen, y podría usarse como referencia para una hipotética futura legislación que regule las edificaciones flotantes en España, donde actualmente no existe ninguna normativa al respecto.

Este trabajo de investigación se estructura en cinco grandes capítulos basado en el formato científico IMRaD. Se inician con una introducción al tema centrada en la relación que existe y ha existido históricamente entre el agua y los seres humanos. A continuación, la búsqueda de documentación e investigación se recoge en un capítulo sobre cómo es el proceso de producción de esta tipología de viviendas, realizando una explicación técnica de cada elemento. La investigación ha continuado con un estudio de la legislación y normativa existente, en muchos países del mundo inexistente. De toda la legislación encontrada, la Ley Holandesa de edificación sobre el agua desarrollada por el ministerio de construcción de dicho país es un referente. Por ello, este marco legislativo se toma para definir los aspectos que debe cumplir una edificación de este tipo y poder dar forma a una propuesta de proyecto propia. Previamente a realizarla, se ha seleccionado en una recopilación de ejemplos específicos; tanto de planificaciones urbanísticas sobre el agua como de edificios y viviendas residenciales, que recogen una visión general de todo lo aprendido hasta ese momento y presentan particularidades ya sea por su sistema constructivo, localización y adaptaciones de la legislación. Por último, el trabajo se cierra con un capítulo final en el que se presenta una propuesta de anteproyecto de una vivienda flotante que pudiera ser construida en la realidad gracias a toda la información recopilada y los conocimientos que he adquirido durante el desarrollo del trabajo. El proyecto no busca ser un proyecto de ejecución al uso, sino que debe entenderse como un punto de partida sobre el que poder desarrollar un prototipo potencialmente aplicable en España.

La conclusión principal es que la construcción de viviendas sobre el agua es una solución arquitectónica viable y sostenible al problema creciente del aumento del nivel del mar en las zonas costeras, la escasez de suelo urbanizable, y el crecimiento ordenado de sistemas urbanos. Tras el estudio de ejemplos, sistemas constructivos y planificaciones urbanas de desarrollos urbanísticos residenciales se alcanza la conclusión de que la arquitectura residencial flotante puede llegar a ofrecer los mismos niveles de confort que una vivienda en tierra, siempre y cuando este ejecutada correctamente. Además, en algunos aspectos una vivienda flotante puede ofrecer ventajas respecto a una vivienda tradicional, como el precio menor del suelo o parcela de agua, la posibilidad de cambiar la ubicación de la vivienda o la fluctuación de la vivienda con respecto al nivel del agua lo que la protege de inundaciones si se encontrara en tierra. Es posible que en el futuro la construcción sobre el medio acuático sea una práctica generalizada en la arquitectura residencial tanto de viviendas unifamiliares como de bloques residenciales, o incluso de equipamiento y espacios públicos.







## 2 INTRODUCCIÓN

### 2.1 RELACIÓN HISTÓRICA ARQUITECTURA AGUA

La historia del ser humano ha transcurrido desde el principio ligada al agua. En épocas pasadas las principales razones para establecer asentamientos en entornos acuáticos guardaban una relación defensiva, económica o religiosa. La accesibilidad al agua ofrecía ventajas desde el punto de vista comercial y de comunicación así como económicas y de supervivencia ya que facilitaba el regadío y simplificaba el drenaje de los terrenos de cultivo. Los asentamientos con acceso al agua gozaban de puertos con rutas navales de comercio, astilleros y gozaban de una mayor protección frente a ataques terrestres. Por todos estos motivos la gran mayoría de las grandes ciudades se sitúan cerca del mar, en el margen de un río o en islas.

Además de las ciudades medievales europeas, civilizaciones orientales y antiguas han establecido sus asentamientos también de acuerdo con esta lógica. Es el ejemplo de la capital azteca de Tenochtitlan en México (FIG.01) que fue fundada en el siglo XIV por medio de la expansión de una isla pequeña y pantanosa situada en el lago Texoco unida con pasos elevados a la margen del lago. En Europa, la ciudad-estado de Venecia se convirtió en una gran potencia marítima y comercial entre los siglos XIII y XVII (FIG.02). La ciudad se estableció en una laguna de agua salada con un terreno pantanoso muy complicado. Se crearon nuevas islas artificialmente y ampliaron las ya existentes que aumentaron la superficie emergida de la llamada Ciudad de Los Canales. Sus construcciones se edificaron sobre cimientos a base de pilotes de madera, muy juntos entre sí, y los canales entre las islas se utilizaron tanto como vías de comunicación de transporte como de mercancías.

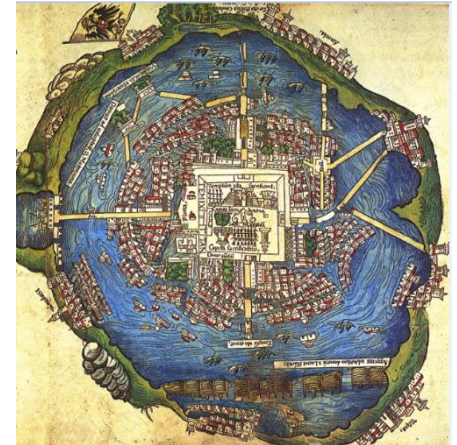


FIG.01\_Plano antiguo de Tenochtitlan  
FIG.02\_Plan Urbano de Venecia SXVI



Si hay una región geográfica con una larga tradición histórica de construcción sobre el agua y de convivencia con el medio acuático esta sería Holanda. Durante la Edad de Oro en el antiguo territorio de Flandes y, especialmente en su capital, Ámsterdam (FIG.03) creó un complejo sistema de canales y diques que protegieran a la población de las inundaciones y facilitaran un acceso directo a los navíos procedentes del Mar del Norte. Hay que reseñar que Holanda es una continuación de la llanura septentrional europea fundamentalmente caracterizada por ser una tierra en la que abundan landas, colinas y arenales con un desnivel mínimo sobre el

nivel del mar. Se trata de un área especialmente vulnerable al aumento del nivel del mar frente a la línea costera de dunas y a las inundaciones producidas por dos potentes ríos; el Rin y el Mosa.

Durante la época de la Edad de Oro se edificaron puertos fortificados amurallados, canales y fosos a lo largo de los ríos y costas de toda Europa. Ragusa, Livorno, Amberes o Tallín son ciudades históricas europeas donde el agua cobra una importancia vital desde el punto de vista defensivo.



Anteriormente, en la Edad Media era muy común el uso del foso en fortificaciones o castillos como mecanismo de defensa para evitar la colocación de armas de asedio cerca de las murallas, así como la excavación de túneles bajo los elementos defensivos. Algunos ejemplos son el castillo de Leeds, en Kent, Inglaterra asentado sobre dos islas rodeadas por las aguas del río Len, el castillo de Windsord, sobre una colina y dominando una zona importante estratégicamente sobre el río Tamesis o el castillo de Malbork (FIG.04) construido por la Orden Teutónica en la margen derecha del río Nogat, afluente del Vístula. En Asia también fueron muy frecuentes las fortificaciones con foso como el Palacio Imperial de Japón en Tokio y la Ciudad Prohibida de Pekín.

FIG.03\_Plan Urbano de Amsterdam SXVII

FIG.04\_Castillo de Malbork, Polonia

Otro de los roles importantes desempeñados por las construcciones con una relación directa con el agua era el espiritual. El complejo arquitectónico de la Villa Adriana de Tivoli fue creada como un lugar de retiro en el que el emperador Adriano podía aislarse del mundo exterior.

En el siglo XX las razones para edificar sobre el agua cambiaron. Para muchos arquitectos contemporáneos la cercanía al agua ha sido considerada como un elemento de diseño paisajístico por encima de la funcionalidad. En este contexto primaba la búsqueda de efectos ópticos de reflexión de la imagen en el

medio acuático para buscar potenciar visualmente el elemento arquitectónico. También se empleaba de manera simbólica para mimetizar el edificio con su entorno o aislarlo del paisaje circundante para darle mayor protagonismo.

Las exposiciones universales del siglo XX han ejercido gran influencia sobre las ideas de diseño en el agua y la relación de la arquitectura con ella. Este tipo de eventos proporcionaban a los arquitectos la libertad creativa (y recursos económicos) suficiente para experimentar con nuevos conceptos tanto arquitectónicos como de la relación arquitectura-agua. Desde el principio en la Exposición Universal de Chicago que combinó la arquitectura clásica con lagunas y canales artificiales a la Expo de 1967 de Montreal (FIG.05) edificada sobre la ampliación de una isla se ha experimentado con el medio acuático. Kiyonori Kikutake diseñó una ciudad flotante del futuro llamada Aquapolis para la Expo 1975 de Okinawa y en 1986 el Pabellón de Canadá de Vancouver construido sobre un embarcadero y tejado de teflón concebido como un transatlántico gigante posado sobre el agua. Todos estos experimentos han contribuido al desarrollo e ideas acerca de qué construir sobre el agua.

Actualmente los territorios de escasa altitud, como los Países Bajos, investigan constantemente posibles soluciones para combatir el nivel del mar y las consiguientes inundaciones. Además de ello, nuestra percepción sobre el agua ha cambiado y ya no percibimos los puertos, ríos y canales como elementos meramente funcionales, sino que los consideramos como lugares apetecibles para vivir y visitar. De hecho, consideramos los lugares con agua como más atractivos frente a los puramente terrestres. Los ríos que antes servían para evacuar aguas residuales y desechos hoy día han sido regenerados y limpiados mientras que las industrias antaño relacionadas con estos entornos industriales y degradados se han convertido en áreas residenciales o culturales que ponen en valor una ubicación cercana al agua. Podemos decir que la tendencia a convivir con el agua, que siempre ha estado vinculada a nosotros, es cada vez mayor.

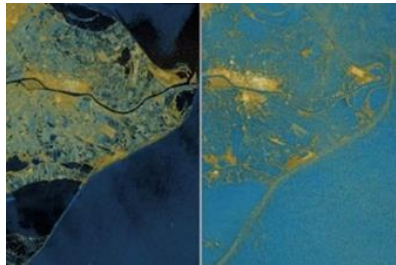
El agua se ha convertido en un nuevo horizonte, un futuro ya presente hoy día en el campo de la arquitectura, la ingeniería y el urbanismo con posibilidades infinitas de vida. (FIG.06)



FIG.05\_Expo de 1967 Montreal

FIG.06\_Prototipo de Vivienda Flotante de la empresa GoFriday

## 2.2 CAMBIO CLIMÁTICO Y AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR A NIVEL GLOBAL



### PREDICCIÓN MEDIA SUBIDA NIVEL DEL MAR

- Si se siguiesen emitiendo gases de efecto invernadero
- Escenario de un recorte drástico de las emisiones

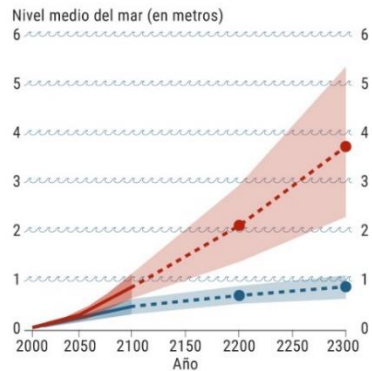


FIG.07\_ Consecuencias de la borrasca Gloria en el Delta del Ebro

FIG.08\_ Predicción media de subida del nivel del mar.

El aumento del nivel del mar, el aumento de las tormentas y de las crecidas de los ríos, el hundimiento de la tierra en los deltas de los grandes ríos; así como el rápido aumento de la población y la urbanización en las zonas costeras aumentarán en gran medida la necesidad de estrategias de resistencia frente a las inundaciones y el aumento generalizado del nivel del mar (FIG.07) <sup>1</sup>. El cambio climático no solo aumentará la cantidad de inundaciones, tormentas y huracanes, sino también de sequías, incendios forestales y olas de calor. Algunas áreas del planeta sufrirán por un gran incremento de la cantidad de agua presente en su territorio, mientras que en otras zonas, en cambio, sufrirán por la inexistencia de ella. Según los registros de los mareógrafos y las mediciones por vía satélite el nivel medio del mar aumentó entre 10 y 20 centímetros durante el siglo pasado <sup>2</sup>. Sin embargo, la tasa de aumento durante los últimos 20 años demuestra que la subida del nivel del mar se produce más o menos al doble de velocidad que en los 80 años precedentes <sup>3</sup> y la previsiones más alarmantes recogen subidas de entre 3 y 5 metros en los próximos 300 años si las emisiones de gases de efecto invernadero no cesan (FIG.08).

El aumento del nivel del mar está directamente relacionado con la emisión de gases de efecto invernadero y el consecuente aumento de la temperatura, que es responsable de nuevos fenómenos como son la dilatación térmica del agua líquida, el deshielo de los glaciares y casquetes polares, así como de las grandes masas de hielo de Groenlandia y la Antártida Occidental.

En este contexto actual en la que las amenazas climáticas globales son tan evidentes cobran especialmente importancia el papel que juegan las grandes urbes de nuestro planeta, habitadas por un número, cada vez más creciente, de personas. Se debe insistir en una mejor planificación de las ciudades de forma que puedan ofrecer nuevos enfoques de diseño hacia la protección contra inundaciones, mostrando ejemplos de soluciones integradas, colaborativas y adaptativas. Estos desafíos relacionados con el cambio climático también pueden brindar oportunidades más allá de la reducción del riesgo a la inundación en el sentido de la

<sup>1</sup> Bbc-Climate change-Matt McGrath, 23 Sept. 2019

<sup>2</sup> Greenpeace-Cambio climático

<sup>3</sup> National Geographic-GMSL Studio, 5 Sept. 2010



creación de nuevas comunidades y entornos apoyándose en nuevas soluciones tecnológicas y arquitectónicas que permitan la vida humana sobre el agua.

De este modo la arquitectura flotante sobre el medio acuático se posiciona como una solución a la crisis climática y a las nuevas condiciones de vida que se empiezan a producir en los entornos habitados por el ser humanos. En esencia una nueva relación de la sociedad con el agua puede significar colaboración, seguridad y prosperidad, todo a la vez.

### 3 RELACIÓN DE LOS SERES HUMANOS CON EL AGUA

#### *¿ Por qué a las personas les gusta vivir junto al agua?*

En el año 2012 la revista internacionalmente conocida National Geographic elaboró un ranking sobre los entornos urbanos más saludables del planeta<sup>4</sup>. El estudio recogía desde grandes urbes hasta entornos urbanos de menor tamaño pero lo que todas estas ciudades tenían en común era una estrecha relación entre el urbanismo y el medio natural y, más específicamente, el agua.

Las ciudades con mayor calidad de vida del mundo, según los estudios que han salido a la luz en estos últimos años<sup>5 6 7</sup>, se caracterizan por la existencia de grandes zonas verdes en coexistencia con el agua. Vancouver, Copenhague o Melbourne se han consolidado como algunas de las Metrópolis más saludables y con mayor calidad de vida de nuestro planeta por lo que se presupone que la presencia de entornos acuáticos en las áreas urbanas influye positivamente en la salud de sus habitantes. (FIG.09)

A día de hoy, la gran mayoría de asentamientos humanos se ubican junto a una fuente de agua, no sólo grandes metrópolis globales sino poblaciones de menor tamaño, de todas las culturas y continentes. (FIG.10)

---

<sup>4</sup> Sustainable Cities Index Arcadis

<sup>5</sup> CondeNastTraveller

<sup>6</sup> Ranking Mercer-Quality of Living Survey, 2019

<sup>7</sup> Numbeo, Quality of Life Index by City, 2020



FIG.09\_Ciudad de Vancouver

FIG.10\_Poblado de Koh Panyee, Tailandia

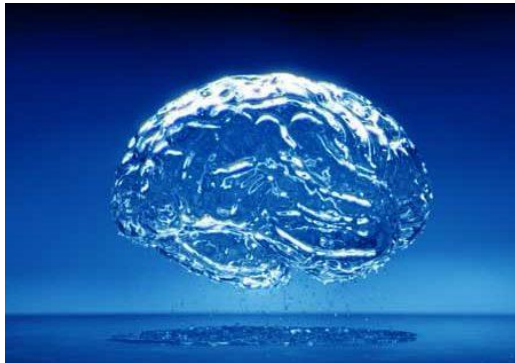


FIG.11\_El agua produce un estado de relajación en el ser Humano.

FIG.12\_Cerebro Humano

Esto nos lleva a plantearnos que sensaciones produce el agua a las personas que habitan cerca de ella y por qué la convivencia con el medio acuático resulta tan atractiva para la población. El hecho es que desde que los humanos comenzamos a explorar el planeta, hemos seguido el agua ya que esta nos provoca beneficios físicos y psicológicos que hacen que el medio líquido sea el elemento natural más importante para nosotros, indispensable para la vida. Además de esta relación vital con el agua conviene explorar los efectos psicológicos que produce en nuestra mente y en qué medida afectan a nuestra vida. Estudios recientes como el proyecto "Blue Gym", desarrollado en el Reino Unido, han encontrado que las personas que viven cerca de las costas son generalmente más saludables y felices. Está comprobado que los niveles de estrés de las personas disminuyen cuando nos encontramos en espacios abiertos con presencia de agua, y que a mayor presencia del color azul, mayor relajación nos produce. (FIG.11) Es lo que se conoce como "mente azul" un estado mental que permite escapar de las preocupaciones diarias, ansiedades y sobre estímulos de nuestra vida. Los datos inmobiliarios<sup>8</sup> incluso sugieren que las viviendas ubicadas con vistas a masas de agua pueden llegar a aumentar su valor hasta en un 120 por ciento sobre el valor de la propiedad; y las cifras del mundo real sugieren que estamos dispuestos a pagar del 10 al 20 por ciento más por la misma habitación con vista al mar en un alojamiento. En lugares donde el agua no abunda las multitudes frecuentan vías fluviales renovadas y se reúnen en piscinas de agua dulce. Nuestra atracción por el agua es generalizada, y las razones detrás de por qué preferimos instalarnos cerca de una fuente de agua o reunirnos en entornos acuáticos, a veces, pueden resultar incluso difíciles de entender; pero está claro que de alguna manera nos sentimos atraídos hacia ella.

De hecho, el agua constituye aproximadamente el 70 por ciento de la composición del cerebro (FIG.12) así como del conjunto del cuerpo humano, está presente en el 70 por ciento de la Tierra, e incluso comprende el 31 por ciento de nuestros huesos. El propio sonido del agua resulta relajante para el ser humano e incluso nos ayuda a conciliar el sueño y las sensaciones que se producen en nosotros al sumergirnos en ella físicamente hacen que nuestros músculos puedan relajarse al renunciar al peso de la gravedad, lo cual se traduce en un descanso para nuestro cerebro.

<sup>8</sup> CondeNast Traveller, estudio de mercado de la inmobiliaria Zillow "What would you pay to live in teh wáter?"

Existe y ha existido históricamente una gran demanda de vivienda en entornos con presencia de agua. Siempre ha habido una mayoría de población dispuesta a establecerse preferentemente cerca de este tipo de lugares, y hoy en día, con las nuevas posibilidades que ofrecen las viviendas flotantes se abre un mercado muy atractivo para numerosos potenciales compradores de vivienda que deseen llevar una vida vinculada directamente al agua. Una vivienda flotante puede aportar a su inquilino los beneficios y el disfrute de vivir en un entorno natural acuático con las mismas comodidades de una vivienda tipo situada en tierra firme.

Podemos concluir que nuestros océanos y vías fluviales, así como los modos de vida que albergan en ellos, contienen valores para la sociedad a mayores de los ecológicos y económicos. Tienen grandes beneficios emocionales ya que, además de hacer posible la vida en la tierra, repercuten directamente en beneficios para nuestra salud ``El agua es medicina, para todos, para la vida``.

### 3.1 COMUNIDADES FLOTANTES EN LA ACTUALIDAD: ISLA DE LOS UROS/TONLE SAP

Cuando hablamos de comunidades flotantes sobre el agua imaginamos proyectos visionarios que no son una realidad palpable. Sin embargo, comunidades organizadas, pequeños pueblos en todo el mundo se han sentado, y se asientan hoy en día, sobre la superficie del agua. Estas comunidades han surgido como una respuesta de la población local a una necesidad de asentamiento en el territorio por una serie de condicionantes (escasez de suelo no inundable, seguridad, facilidad de desplazamiento, ...) que los han llevado a edificar sus viviendas siguiendo técnicas de construcción sobre el agua.

Dos de los pueblos que continúan hoy con esta forma de vida son las comunidades flotantes de la Isla de los Uros en Perú y del Lago Tonle Sap en Camboya. En una localización geográfica muy distante entre sí comparten una relación estrecha entre vivienda y agua.



FIG.13,14,15\_ Comunidad flotante en las Islas de los Uros-Perú.





#### A. ISLA DE LOS UROS-PERÚ

Estos particulares islotes amarillentos ubicados en la bahía de Puno sobre el Lago Titicaca están contruidos con un tipo de junco que crece en el agua llamado Totora. La comunidad recolecta sus raíces cuando salen a flote en la época de lluvias y los corta conformando grandes bloques que unen y conforman una isla con capacidad para entre cinco y siete familias. Las embarcaciones y viviendas sobre las islas también están fabricadas con el mismo material, son casas de planta rectangular, con un solo habitáculo en el que convive toda la familia. Una isla de totora puede perdurar sobre el lago entre 20 y 30 años si se mantienen correctamente. Para ello, se debe colocar una nueva capa de totora cada 15 días sobre la superficie y anclar la isla con piedras, cuerdas y estacas.



La razón por la que los uros se vieron obligados a desplazarse desde tierra firme al lago Titicaca fue principalmente defensiva para evitar ser conquistados por otros pueblos de la antigüedad como los incas o los tiahuanacos. Además, descubrieron que en pleno lago tenían más medios de supervivencia gracias a la caza y la pesca, y se asentaron en él de forma permanente y definitiva. (FIG.13,14,15)

#### B. LAGO TONLE SAP-CAMBOYA

El lago tonle-sap, situado en el corazón de Camboya, se calcula que alberga a entorno 200 aldeas flotantes con capacidad para unas 90000 personas (FIG.16,17,18). Es el mayor lago de agua dulce del sudeste asiático y se caracteriza por sus grandes variaciones de nivel entre la época seca y la época de lluvias. La población vive en construcciones de tipo palafito o, directamente, en estructuras de madera que flotan sobre el nivel del lago.



La particularidad de estas poblaciones es que en la mayoría de los casos se tratan de asentamientos temporales puesto que sus habitantes regresan a tierra firme cuando el nivel del agua desciende bruscamente en la estación seca y no se pueden dedicar a la pesca. Cuando vuelve la estación húmeda el lago se llena de vida, vuelven sus habitantes y se retoman las actividades de pesca tanto de pescado como de cangrejos y gambas entre los manglares.

Es importante remarcar que en el lago conviven pueblos de diferentes etnias y no es una solo comunidad la que se caracteriza por esta forma de vida.

FIG.16,17,18\_Comunidad flotante en el Lago Tonle Sap-Camboya.

## 4 CONCEPTOS FÍSICOS CLAVES SOBRE LA FLOTABILIDAD DE CUERPOS

### 4.1 PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES DE LA FUERZA DE FLOTACIÓN

El Principio de Arquímedes establece que cuando un cuerpo se sumerge en un fluido inactivo, el cuerpo experimenta una fuerza ascendente igual y opuesta al peso del fluido desplazado por él. Este principio tiene dos aplicaciones muy interesantes. La primera es que nos permite obtener el volumen de cualquier objeto de forma irregular al comprobar que éste flota en un medio líquido. Sin embargo, estamos más interesados en la segunda, esta fuerza ascendente opuesta al peso del fluido desplazado se llama fuerza de flotabilidad (Ec.1). La flotabilidad es el resultado de todas las presiones normales ejercidas por el fluido en toda la superficie sumergida del cuerpo. (FIG.19)

$$E = P e V = - \rho f g V \quad [Ec.1]$$

Donde,

*E: es el empuje [N].*

*Pe: es el peso específico del fluido [N/m<sup>3</sup>].*

*e: es el peso específico del f*

*V: el «volumen de fluido desplazado» por algún cuerpo sumergido parcial o totalmente en el mismo.*

*g: la aceleración de la gravedad.*

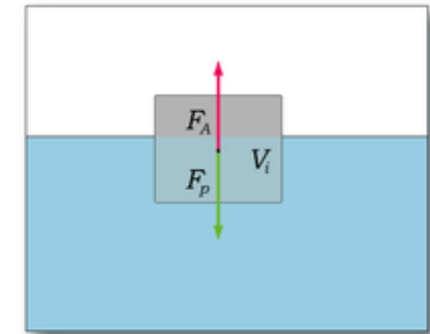
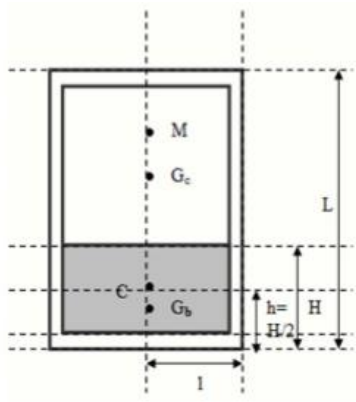


FIG.19\_Representación gráfica del empuje (fuerza ascendente) y el peso (fuerza descendente) de un cuerpo en un fluido.



#### 4.2 GRADO DE ESTABILIDAD FLOTANTE

El término estabilidad se refiere a la tendencia de un cuerpo a volver a su estado original después de haber sufrido una perturbación. El grado de estabilidad se refiere a la velocidad con la que un cuerpo volverá a su posición vertical.

Para una vivienda flotante, la estabilidad estructural es muy importante para evitar fallos estructurales causados por el momento flector producido y el desplazamiento ya que, si no se mantiene la estabilidad flotante, el cuerpo volcará. La estabilidad es uno de los requisitos de seguridad que se tienen en cuenta para todo el diseño estructural de una vivienda sobre el agua.

Si un cuerpo rígido sometido a una pequeña perturbación tiende a volver a ese estado se dice que posee estabilidad, que es un cuerpo rígido estable. Si, por el contrario, la perturbación producida en el cuerpo rígido desde la posición de equilibrio tiende a aumentar entonces se dice que el cuerpo está en un estado de estabilidad negativa, que es cuerpo flotante inestable. Para lograr la estabilidad de un cuerpo la altura metacéntrica GM debe ser positiva (FIG.20). La estabilidad está vinculada con la altura metacéntrica del cuerpo GM. La estabilidad flotante de un objeto estará determinada por el centro de flotabilidad de un cuerpo flotante, el cual dependerá de la forma del cuerpo y de la posición en la que esté flotando (FIG.21). El punto de intersección de las líneas de acción de la fuerza de flotabilidad se llama Metacentro (M) y la distancia entre el centro de Gravedad (G) Y (M), se llama altura metacéntrica (GM).

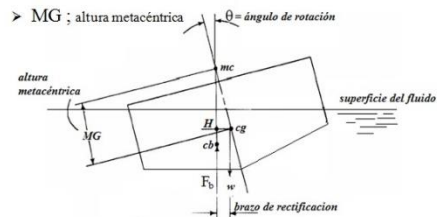


FIG.20\_Cálculo de la altura metacéntrica (GM)

FIG.21\_Representación de la altura metacéntrica cuando la embarcación sufre una inclinación

La expresión matemática para la altura metacéntrica GM es:

$$Gm = I_{oo} / V - CG \quad [\text{Ec.2}]$$

Dónde,

*GM*: es la altura metacéntrica

*I<sub>oo</sub>*: es el momento de inercia del cuerpo bajo la línea de flotación

*V*: es el volumen del cuerpo

*C*: es el centroide del volumen desplazado por el fluido

*G*: es la fuerza de la gravedad

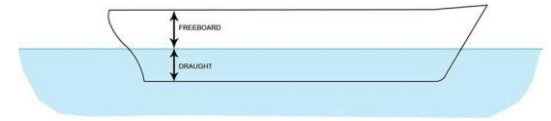


FIG.22\_Representación del freeboard, casco sobre el agua en una embarcación.

El momento de inercia de un cuerpo cúbico bajo el agua se calcula de la siguiente manera:

$$I_{oo} = (bh^3) / 12 \quad [\text{Ec.3}]$$

Dónde,

*I<sub>oo</sub>*: es el momento de inercia del cuerpo bajo la línea de flotación

*b*: es la base del cuerpo

*h*: es la altura del cuerpo

#### 4.3 ALTURA DE AMORTIGUACIÓN

Cualquier modelo de casa flotante debe poder mantenerse al menos entre 10 y 15 cm por encima de la línea de flotación (freeboard) sobre la superficie del agua cuando está completamente cargada (FIG.22). La altura de amortiguación por encima de la superficie del agua está pensada para absorber cualquier sobrecarga que experimente la estructura para que se mantenga sobre la superficie del agua sin hundirse.

La idea es mantener siempre un margen de distancia entre el agua y la plataforma para evitar que el agua se extienda sobre ella.





## 5 TIPOS DE PRODUCCIÓN Ó CONSTRUCCIÓN

### 5.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL (PROYECTOS EN SERIE)

El proceso de fabricación de las viviendas flotantes se lleva a cabo, por lo general, en las instalaciones de la compañía armadora (FIG.23). En estas sedes las empresas realizan todo el proceso de diseño de la vivienda, tanto proyectual como de ejecución, del papel a la realidad. La fabricación y el montaje se suelen realizar en el mismo edificio para proporcionar un proceso preciso y una supervisión de calidad así, como para evitar grandes desplazamientos de la estructura antes de ser montada por completo.

Cada proyecto se puede personalizar según los deseos del cliente y el diseño del proyecto. Estas empresas armadoras abarcan una amplia gama de posibilidades en cuanto a tipologías, niveles de confort, equipamiento y autonomía, para poder adaptarse a cualquier tipo de potencial comprador. La utilización de sistemas modulares (FIG.24) durante todo el proceso constructivo agiliza los tiempos de ejecución y permite aumentar la personalización de la vivienda cambiando unas piezas por otras. De hecho, el propio cliente es el primero en dar un primer enfoque al proyecto según las necesidades que tenga y, junto con el personal de apoyo del equipo de diseño, va tomando decisiones entre las distintas opciones de personalización disponibles. Después de la conclusión del acuerdo sobre la fabricación y compra del proyecto, las empresas suelen permitir la visita del propio cliente a la nave de armado mientras se procede a la construcción del proyecto

En promedio, el proceso de fabricación de este tipo de viviendas se demora aproximadamente entre 2 y 4 meses, dependiendo del tamaño, la complejidad y las modificaciones que se vayan realizando sobre el proyecto durante la fase de construcción. El desarrollo, redacción y presupuesto final del proyecto, anterior a la construcción, de una vivienda individual puede llevar más tiempo y estimarse entre 3 y 6 meses adicionales previos al inicio de la ejecución de las obras. Algunas empresas constructoras utilizan la técnica de realizar de manera independiente la estructura y el cuerpo del edificio respecto a la plataforma flotante, lo que permite instalar cualquiera de sus proyectos también en el terreno, fuera del agua. En cualquier caso, la construcción se basa en la colocación y ensamblaje de todas las piezas sobre una plataforma de hormigón, previamente ejecutada, que se hace flotar en el agua. Las dimensiones de las viviendas que se construyen están adaptadas previamente a las dimensiones

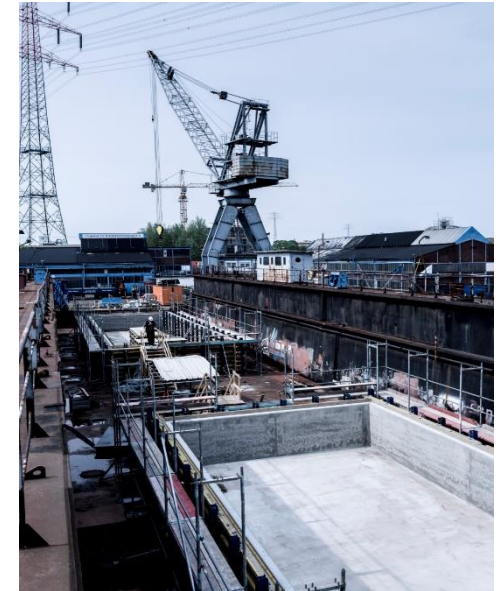


FIG.23\_Construcción de la plataforma en la compañía armadora.

FIG.24\_Montaje de elementos prefabricados





del transporte según la ubicación final de la edificación. Por lo que es posible entregar al cliente el producto directamente montado y listo para su utilización.

Después de la producción hay empresas que son capaces de transportar con remolcadores la vivienda completa, y en una sola pieza, hasta el lugar de colocación (FIG.25) .Si, sin embargo, la ubicación final de la construcción flotante se ubica a una distancia lejana o es inaccesible trasladarla por el agua otros armadores preparan un despiece de la casa para que esta sea montada en el lugar de destino. Se recurre a un embalaje de las piezas en contenedores estándar (dependiendo del tamaño elegido para la casa) y esta se transporta hasta el lugar de instalación donde tendrá lugar el ensamblaje final (FIG.26). Un equipo especializado de la empresa se encargaría de montar la vivienda en un periodo de entre dos y tres semanas, según el tamaño y de acuerdo con las condiciones previamente establecidas con el cliente.



FIG.25\_Transporte por carretera

FIG.26\_Colocación en ubicación final



## 6 PRINCIPALES PARTES CONSTRUCTIVAS

### 6.1 ESTRUCTURAS DE FLOTACIÓN: PONTONES Y GRANDES PONTONES

#### 1.1.1. INTRODUCCIÓN. PONTONES

Es posible que el elemento principal de una vivienda flotante sea la estructura que le permite flotar y su uso se ha realizado con éxito en ingeniería hidráulica durante varias décadas. Es este el sistema que marca la diferencia entre una casa asentada en la tierra frente a una vivienda capaz de flotar. Esta estructura conocida en el mundo anglosajón como "pontoon", pontón o flotadores en español, adquiere diferentes formas y puede ser de muy diversos tipos para ajustarse a la tipología de edificación que se asiente sobre ella, el tamaño de esta, las cargas soportadas o las aguas en las que se va a sumergir. Cada tipo de pontón tiene sus propias propiedades y se personaliza de acuerdo con el tipo de uso de la vivienda flotante. Los tipos más comúnmente utilizados son los de hormigón armado, ampliamente utilizados en la industria de construcción neerlandesa sobre agua (FIG.27) , y los de origen plástico, propios para embarcaciones de medio y pequeño tamaño pero que ofrecen las mismas condiciones de flotabilidad que sus equivalentes de hormigón (FIG 28). Por encima de estas estructuras de flotación encontraríamos los grandes pontones a base de placas gigantes que flotan en el mar y se utilizan para la construcción de infraestructuras portuarias o la ampliación de terrenos edificables sobre agua.

#### 1.1.2. PONTONES DE HORMIGÓN ARMADO

El pontón de hormigón tradicional para viviendas flotantes se utiliza en entornos marítimos o fluviales muy expuestos por lo general y ofrece una alta estabilidad y flotabilidad. La construcción consiste en una estructura tipo cajón de hormigón armado con un núcleo de plástico celular, lo que cual aumenta sus características de flotación y le da una larga vida útil. Este tipo de pontones tipo cajón funcionan aplicando el Principio de Arquímedes previamente relatado como si del casco de una embarcación naval se tratase. El volumen de agua desplazado por el cajón de hormigón genera una fuerza ascendente hacia arriba que impide que la estructura se hunda y se mantenga a flote. El pontón de hormigón ofrece características de amortiguación frente al oleaje debido a su construcción y peso. Si se aumenta el ancho del pontón el efecto de amortiguación se refuerza, pero hay que tener siempre en cuenta el equilibrio que debe existir entre la carga sobre el cuerpo

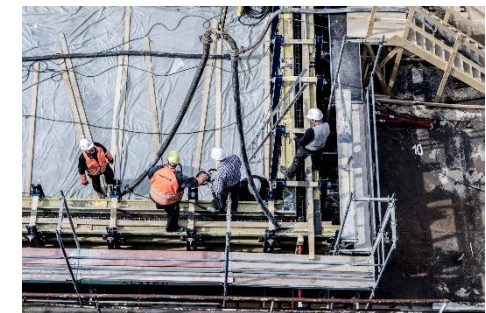
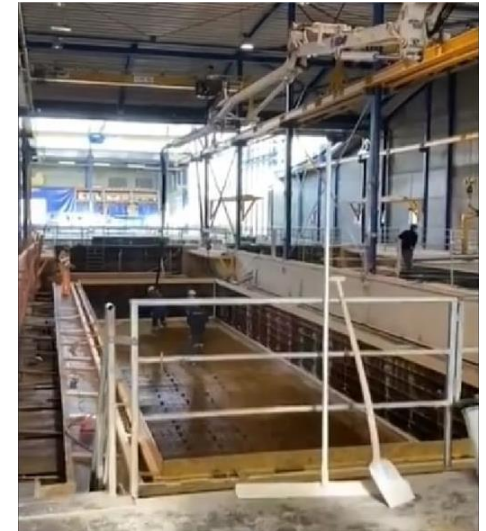


FIG.27\_Instalaciones de la Empresa Armadora de construcción sobre el agua ABCArkenbouw

FIG.28\_Montaje del encofrado del Pontón de Hormigón

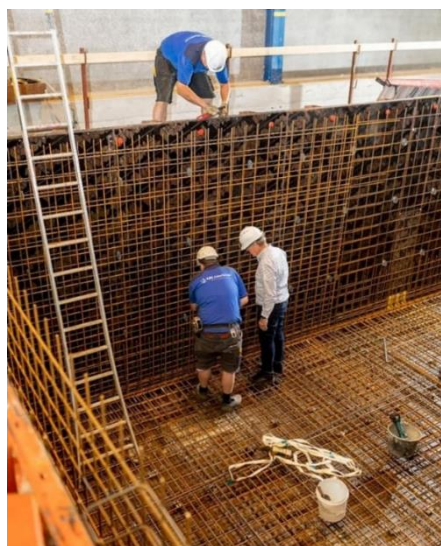
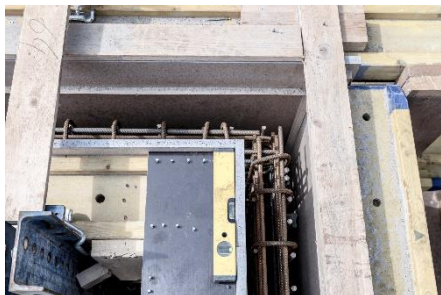


FIG.29\_Detalle del armado de Pontón de Hormigón.

FIG.30\_Operarios fijando las Armaduras

flotante y el volumen de agua que éste desplaza. A mayor anchura de la plataforma, mayor superficie de la embarcación, y mayor carga se puede colocar sobre ella.

Las ventajas que este tipo de pontones ofrecen son tiempos de construcción cortos, la facilidad de desplazamiento y movimiento en fábrica, la durabilidad y el hecho de que son una alternativa ecológica. Además, existen numerosos sistemas de acoplamiento entre pontones para que se puedan unir entre sí (sistemas alambre/goma) y entre pontones y el muelle de atraque. Los pontones de hormigón son completamente insubmersibles, tienen una alta flotabilidad y una línea de flotación constante. Las cubiertas y flancos de hormigón de los pontones se pueden acabar con materiales cerámicos o maderas para su uso como terrazas o simplemente darle un mejor acabado.

Una de las corrientes actuales de construcción en viviendas flotantes que cuenta con pontones de hormigón armado es la de utilizar el espacio del cajón de flotación como un espacio habitable o bodega haciéndolo accesible desde el interior de la vivienda. Incluso este espacio puede ser aprovechado para estancias viveras ya que se puede ventilar e iluminar mediante ventanas colocadas en la parte superior del cajón, siempre por encima de la línea de flotación de la vivienda.

### 1.1.3. PONTONES MONOLÍTICOS DE HORMIGÓN DE UNA SOLA PIEZA

Los pontones están formados por un hormigón impermeable de alto rendimiento que recubre el sistema de armado del cajón y la espuma de poliestireno de alta intensidad que confiere al conjunto las propiedades de flotación. Se diseñan y arman como un elemento monolítico (FIG.29), en una sola pieza, con el fin de evitar la aparición de juntas de construcción y filtraciones que pudieran afectar al armado interior. Este método de construcción que concibe la plataforma como un elemento unitario garantiza un grado muy alto de estabilidad frente a sistemas de pontones modulares compuestos por varias piezas. La ejecución de la pieza tiene lugar en los embarcaderos de la fábrica y requiere el trabajo de operarios que fijen las armaduras (FIG.30) y el uso de grúas para proyectar el hormigón dentro del encofrado de la estructura que se encuentra desde el inicio del proceso constructivo flotando sobre el agua.

Estos pontones de hormigón armado son los más estables del mercado gracias a una mayor masa propia, resistencia al agua salada y permanencia. Sin embargo, no son adecuados para estructuras flotantes de carácter recreativo puesto que su masa conlleva que no puedan ser controlados por un motor lo cual limita mucho su movilidad. Un edificio construido sobre pontones de hormigón suele atracarse en una ubicación de forma semipermanente ya que sólo se puede mover por el agua si es arrastrado por otra embarcación (FIG.31).

#### 1.1.4. PONTONES MODULARES DE HORMIGÓN

Dependiendo de las condiciones locales y la infraestructura de la empresa armadora los pontones se pueden diseñar no como una pieza unitaria y continua sino como un sistema modular a base de varios pontones acoplados fuertemente de menor tamaño (FIG.32). Este sistema es apto solo para aguas tranquilas y funciona bien gracias a su elevado peso y un centro de gravedad bajo. La ejecución del sistema se realiza mediante una grúa que coloca los diferentes módulos que conforman el pontón uno al lado de otro y que se conectan por los mecanismos de anclaje desarrollados por cada empresa en particular.

#### 1.1.5. PONTONES/FLOTADORES PLÁSTICOS RELLENOS

Se trata de pontones conformados a base de polietileno, un material plástico, ligero y no absorbente que permite la flotación de estructuras pequeñas y ligeras (FIG.33). Son pontones que destacan por su bajo peso, duración y buena relación calidad-precio. Los pontones están rellenos con espuma de poliestireno de alta densidad y son capaces de mantener siempre su capacidad de flotación, aunque se produzcan daños en su recubrimiento externo con un grosor variable de entre 900 y 1200 milímetros.

La disposición más común de la estructura de flotación es la de dos flotadores longitudinales de entre 1'5 y 2 metros de anchura y una altura de entre 1 y 1,5 metros aproximadamente. Con esta disposición de los flotadores las viviendas flotantes ofrecen una excelente estabilidad en aguas tranquilas y es estructuralmente resistente a olas de hasta 1 metro de altura, con cualquier ángulo de incidencia, que podrían darse en aguas cerradas por efecto del viento. Además, la existencia de dos flotadores diferenciados permite la sustitución de uno de ellos en caso de que resultara dañado (FIG.34).

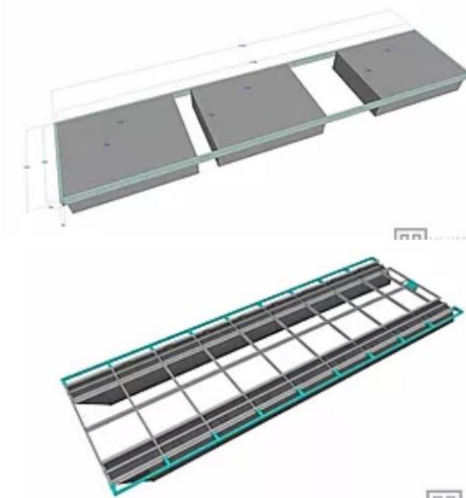


FIG.31\_Vivienda Flotante con Pontón de Hormigón siendo remolcada.

FIG.32\_Pontón Modular de Hormigón

FIG.33\_Pontón Plástico de Polietileno.





FIG.34\_Plataforma Metálica instalada sobre Pontones Plásticos.

FIG.35\_Vista en detalle de los flotadores

FIG.36\_Pontón de Aluminio

Este tipo de pontón está diseñado para resistir bajas temperaturas, pero no está preparado para aguantar el impacto de placas de hielo en ríos congelados. Es común que algunos modelos de pontones plásticos incorporen en su interior los tanques de tratamiento de aguas residuales (FIG.35).

#### 1.1.6. PONTONES DE ALUMINIO

Los pontones de aluminio están contruidos a partir de aleaciones ligeras de aluminio. Se componen de varios módulos de una longitud variable de entre 800 y 1500 milímetros sobredimensionados con el fin de proporcionar la seguridad necesaria en el caso de que alguna de las secciones esté dañada. Los pontones de aluminio son especialmente adecuados para casas flotantes con motores de gran potencia y para ubicaciones de la vivienda en entornos marítimos de agua salada con una mayor carga de olas. Son adecuados para todo tipo de embarcaciones, pero tienen la desventaja de ser entre dos y tres veces más caros que los pontones de hormigón y polietileno equivalentes.

#### 1.1.7. PLATAFORMAS METÁLICAS

Aparte del uso generalizado de pontones, es posible utilizar plataformas de diferentes estructuras para asegurar la flotación de la vivienda flotante. Por ejemplo, las plataformas metálicas resultan una base estable y duradera para la casa (FIG.36). En función de si la vivienda se va a colocar sobre agua dulce o salada se podrá utilizar una plataforma de metal pintada o una plataforma de metal galvanizado para proteger la estructura del óxido, respectivamente. Hay que tener en cuenta que la complejidad de la plataforma empleada dependerá del tipo de pontones de la embarcación y sobre los que se asienta la plataforma.

Estas plataformas metálicas son, por lo general, parcialmente desmontables con el fin de reducir las dimensiones de transporte, así como los costos y restricciones de transporte hasta el lugar de la obra. Cada modelo de plataforma está personalizada de acuerdo con el cliente y teniendo en cuenta aspectos como la potencia del motor acoplado o si se van a incluir en el piso bocas de inspección. Este tipo de plataforma tiene una vida útil de unos 30 años, aunque deben pasar una inspección en tierra cada 5 o 10 años en función del modelo.

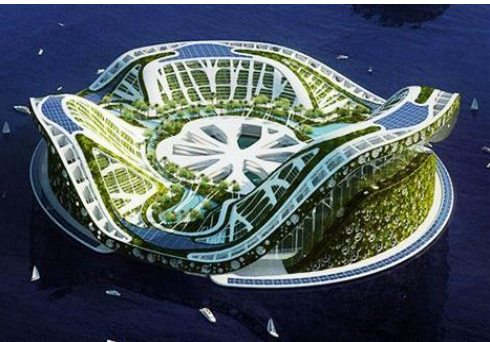


FIG.37\_ MegaFloat Tokyo Aeropuerto Flotante con pontón VLFS

FIG.38\_ Plataforma de lanzamiento para la Empresa Space-X con Pontón VLFS

FIG.39\_ Proyecto Lylipad Floating Ecopolis propuesto por el arquitecto Vincent Callebaut

### 1.1.8. GRANDES PONTONES

Las estructuras flotantes muy grandes de tipo pontón (VLFS) son placas gigantes que descansan sobre la superficie del mar. Se trata de estructuras que cuentan con una gran superficie y un espesor relativamente pequeño que se comportan elásticamente bajo la acción del oleaje. Esta interacción estructura-fluido recibe el nombre de hidroelasticidad. Para diseñar una estructura flotante VLFS (Very Large Floating Structure) es necesario realizar un análisis hidroléctrico para evaluar el movimiento dinámico y las tensiones de la estructura que se producirían en la ubicación del proyecto debido a la acción de las olas.

El aumento en el interés en las estructuras de flotación de gran tamaño se desencadenó por las necesidades de urbanización sobre el agua que surgieron en Japón, Singapur y los Países Bajos por la escasez de Tierra firme libre. Se trata de una mejor solución desde el punto de vista ambiental respecto a la tradicional ya que las obras de recuperación de tierras generalmente tienen un impacto ambiental negativo en las costas y el ecosistema marino.

Los VLFS también se conocen como tipo estera debido a su pequeño calado en relación con las dimensiones de la longitud. Las estructuras flotantes de tipo pontón muy grandes a menudo se llaman Mega-Flotadores y como regla general tiene al menos una longitud mayor de 60 metros (200 pies) Estas estructuras pueden llegar a tener entre 500 y 5000 metros de longitud y entre 100 y 1000 metros de ancho, con un espesor de 2 a 10 metros.

Los materiales con los que se construyen estas estructuras flotantes son acero y hormigón (híbrido pretensado o reforzado). Están diseñados para soportar la acción del viento o las olas en mar abierto y por lo general se amarran de manera segura al lecho oceánico.

#### *Aplicaciones de los pontones VLFS*

Los pontones VLFS se han utilizado para la construcción de grandes superestructuras sobre el agua como campos de golf, granjas, complejos habitables a largo plazo, aeropuertos, terminales de cruceros flotantes o plataformas de aterrizaje de cohetes.

Es destacable el prototipo de aeropuerto flotante Mega-Float (FIG.37) construido en la bahía de Tokio, con un kilómetro de longitud, destinado principalmente como un experimento para investigar las cargas y las respuestas de este tipo de superestructuras flotantes.

En la década de 2010, la empresa de lanzamiento de cohetes espaciales SpaceX contrató un astillero para construir una plataforma de aterrizaje flotante para vehículos de lanzamiento orbitales reutilizables. La plataforma tenía una superficie de plataforma de aterrizaje de aproximadamente 90 por 50 metros que permitía el aterrizaje de cohetes en cualquier lugar del océano (FIG.38). Otros proyectos que se han propuesto, de carácter más utópico son algunos como el propuesto por el arquitecto Vincent Callebaut para crea una ciudad flotante sobre estructuras de grandes pontones tipo VLFS. El proyecto llamado Lylipad Floating Ecopolis (FIG.39) no se ha llevado a la realidad, pero es una muestra de las múltiples aplicaciones que pueden tener estas grandes estructuras flotantes.

## 7 COMPARTIMENTACIÓN Y ACABADOS DE UNA VIVIENDA FLOTANTE

### 7.1 CERRAMIENTOS EXTERIORES

Los cerramientos en este tipo de viviendas se construyen mediante una estructura de madera que se termina con un acabado panelado en su cara exterior. El acabado de los paneles exteriores se suele ejecutar en tableros de madera, como por ejemplo, de alerce siberiano, aunque éste es solo una posibilidad dentro del abanico de opciones disponibles que engloba otras especies de madera y diferentes acabados. Las placas se acoplan unas a otras mediante uniones mecánicas, sin productos químicos, para garantizar un clima interior agradable y saludable. (FIG.40) El cerramiento exterior junto con los tabiques interiores y los falsos techos trabajan en conjunto para garantizar un óptimo aislamiento térmico y lograr una eficiencia energética que permita a la vivienda ser ecológicamente sostenible.

La construcción de los paneles de acabado exterior también se puede ejecutar a base de paneles Vivix Formica o equivalentes o de paneles sándwich de madera tratada TRICAPA® con un espesor de 20 mm y un aislamiento interno de 10 cm de espesor a base de láminas de corcho aglomerado expandido (FIG.41).



FIG.40\_Montaje del Cerramiento Exterior en fábrica.

FIG.41\_Paneles Vivix Formica en Vivienda



Otras opciones de uso generalizado para el acabado exterior son maderas pintada no cepilladas, maderas quemadas o placas decorativas de cemento.

#### 1.1.9. TABIQUES INTERIORES

Las paredes interiores de las viviendas flotantes están construidas a partir de paneles de madera que se colocan en una estructura prefabricada de marco de madera (FIG.42) lo que permite múltiples configuraciones de la tabiquería interior permitiendo organizar los espacios vivideros de la casa de acuerdo con los gustos y necesidades del cliente. Una vivienda diseñada de planta libre podría transformarse en una casa multifuncional rápidamente y con muy poco gasto gracias a la modularidad y prefabricación de los paneles interiores que conforman la tabiquería de la vivienda.



Por lo general, los paneles de los tabiques están hechos de madera de pino y abeto con marcado de resistencia C24, aunque también hay en el mercado otros tipos de maderas como la madera TRICAPA a base de hojas de 13 mm o incluso paneles sándwich de sólido grueso con aislamiento de lana de roca o cm de espesor para tabiquería interior (FIG.43). El aislante que suelen incorporar estos sistemas prefabricados es de lana mineral de un espesor de entre 100 y 150 mm. La estructura del panel de pared también incluye una cámara de separación entre capas así como barrera de vapor. El grosor y el tipo de aislamiento se puede modificar a petición del cliente, así como detalles decorativos con madera contrachapada de abedul o abeto, tableros decorativos o placas decorativas pintadas impermeables. Los paneles se colocan sobre perfiles metálicos que compartimentan el interior (FIG.44).



FIG.42\_Montaje de la Tabiquería Interior.

FIG.43\_Colocación del Aislamiento.

FIG.44\_Perfilería de los montantes.



#### 1.1.10. SUELOS INTERIORES

Para suelos interiores las opciones que más se colocan hoy en día son a base de paneles de madera de pino y abeto sobre una capa de aislamiento de entre 100 y 150 mm (FIG.45), que según el modelo estará compuesto de lana de roca o placas de poliéster aunque es habitual que sea el propio cliente el que defina tanto el grosor como el tipo de aislamiento a pedido.

Otras empresas no incluyen un modelo específico de suelo interior para la vivienda al considerarlo fuera de las instalaciones básicas de la vivienda y dejan al cliente total libertad para elegirlo de acuerdo con sus preferencias e ideas personales. Lo principal es que el revestimiento para pisos elegido ofrezca una resistencia suficiente al agua puesto que estas viviendas siempre se ubican en entornos acuáticos y determinadas maderas sufren con la humedad si no están adecuadamente tratadas. La instalación del suelo se realiza en estos casos a pedido y el propietario puede elegir casi cualquier material de laminados y pisos de madera, piedra natural o baldosas.

#### 1.1.11. SUELOS EXTERIORES

Los suelos exteriores no se ejecutan de la misma manera que los interiores puesto que el grado de humedad y exposición que reciben es mayor debido a que se encuentran en ámbitos exteriores y requieren tratamientos especiales para hacer frente a estas condiciones.

En suelos para terrazas exteriores es habitual el uso de tableros de madera de alerce siberiano procesados con aceites de origen natural y vax duro (FIG.46), tableros compuestos de madera o tableros de otras especies de madera, así como revestimientos sintéticos externos, alfombras y césped artificial. Otra opción que se ejecuta con frecuencia es el de acabados de 25 mm de espesor pino escocés con un tratamiento especial ThermoWood (FIG.47) que se complementa con la impregnación de la madera con sales metálicas para aumentar la resistencia que ofrece este material a la exposición a la intemperie y a la humedad.



FIG.45\_ Tableros de Madera sobre Pontón para Suelo Exterior de Terraza.

FIG.46\_ Colocación de pieza del Falso Techo

FIG.47\_ Paneles tricapa ThermoWood



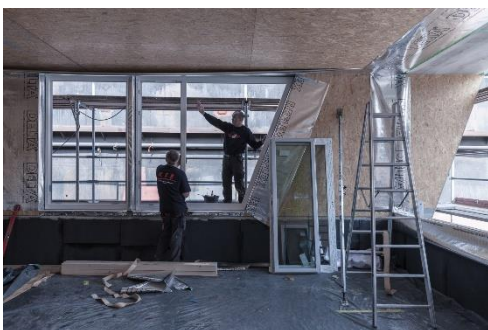


FIG.48\_Montaje de la Carpintería.  
FIG.49\_Instalación de la Perfilera de la Carpintería.

### 1.1.12. FALSOS TECHOS

Las posibilidades de ejecución de los falsos techos en la vivienda flotante son tantas como en una vivienda en tierra. Se trata de estructuras modulares paneladas en las que se integran las diferentes soluciones aplicadas en función del catálogo ofrecido por la empresa armadora y las necesidades y gustos del cliente. Lo más común es resolverlos a base de paneles de madera junto con un aislante en la parte superior del mismo. Algunas de las soluciones que hay actualmente en el mercado son los paneles TRICAPA WOOD de 8 mm de espesor sobre los que se aplica una capa aislante de 10 cm de aglomerado expandido de corcho.

Otros revestimientos del falso techo se resuelven con paneles de madera de pino y abeto junto con aislamiento de lana de roca o lana mineral de en torno a 150 mm. El grosor de la capa de aislamiento es algo orientativo que puede ser modificado de acuerdo con la petición del cliente y según la ubicación a la que se vaya a destinar a la vivienda. Existen otras posibilidades como techos modulares con particiones metálicas galvanizadas y placas OSB impermeables.

Las diferentes placas con las que se conforma el falso techo se acoplan con un material sellante especial para techos que garantice una impermeabilización completa y duradera en la vivienda flotante siempre teniendo en cuenta que estas casas se ubican siempre en entornos húmedos. El drenaje de aguas en la parte superior de los techos se resuelve mediante bajantes que permiten evacuar rápidamente el agua desde la cubierta plana y evita la formación de charcos cuando se producen precipitaciones copiosas.

### 1.1.13. CARPINTERÍAS

Para el cristal de todos los modelos de ventana utilizados en este tipo de viviendas se usa vidrio templado transparente equipado con una película de control solar y al que se le pueden realizar tratamientos a mayores como teñidos y sombreados. El sistema de carpintería estándar para ventanas utiliza paneles de vidrio de cámara única con 2 vidrios templados y rellenos de gas argón entre ellos (FIG.48).

Para la ejecución del doble acristalamiento en carpintería metálica de aluminio anodizado se recurre al sistema Planitherm (FIG.49) o equivalente con dos paneles de 16 mm que contiene gas argón. Esta estructura para el panel de vidrio de la ventana asegura una persistencia del calor interior de la vivienda adecuada y una exudación de vidrio reducida, especialmente para aquellas estancias en las que se produce un fuerte contraste de temperatura entre dentro y fuera como ocurren en los cuartos húmedos.

A petición del cliente los marcos de las ventanas pueden fabricarse en materiales diferentes, previamente acordados con él, y antes de realizar el pedido. Es posible encargar ventanas y puertas correderas asumiendo el incremento en el coste de la carpintería (FIG.50). Si el edificio no está programado para un asentamiento a largo plazo, entonces para abrir las puertas, recomendamos utilizar soluciones de vidrio completo. Donde las puertas están completamente hechas de vidrio, si marco de madera, lo que resulta en una sensación de amplitud y excelente diseño.

Para las ventanas y puertas de la vivienda algunas constructoras de casas flotantes recurren a perfiles sintéticos que cumplan con los requisitos de normativa de la región donde va a ser instalada la casa.

Las puertas de acceso frontales antirrobo se fabrican en elementos de acero inoxidable y su estructura metálica garantiza un alto grado de seguridad tanto como para los propietarios como a sus pertenencias.

Por lo general, los modelos de puertas y ventanas que ofrece cada empresa se pueden reemplazar por otras propuestas con características y diseños personalizados propuestos por el cliente asumiendo un sobrecoste en la tarifa final.



FIG.50\_Vivienda Terminada equipada con carpinterías correderas.

## 7.2 SUPERESTRUCTURA DE LAS VIVIENDAS FLOTANTES

Las viviendas flotantes cuentan con una superestructura, generalmente metálica, aunque a veces puede ser de madera contrachapada (FIG.51), sobre la que se colocan los elementos prefabricados modulares que conforman la compartimentación interior de la vivienda.

Algunas viviendas utilizan una superestructura en la que todas las piezas o son de acero galvanizadas en caliente o son de acero inoxidable. A estos elementos metálicos de acero se les suele aplicar una protección anticorrosiva para aumentar su resistencia y durabilidad dado el ambiente húmedo en el que se van a encontrar a lo largo de su vida útil.

Lo más común es utilizar acero galvanizado por inmersión en caliente de zinc, también se suelen aplicar otros productos para aumentar la resistencia que ofrece el metal a la radiación ultravioleta e incluso frente a las heladas. Otros materiales que suelen utilizarse para revestir la superestructura son placas de aluminio o contrachapados laminados resistentes al agua.



FIG.51\_Superestructura de madera contrachapada.

## 8 PRODUCCIÓN AUTÓNOMA DE ENERGÍA CON PANELES FOTOVOLTAICOS

### 8.1 PREDIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN SOLAR

Algunas viviendas flotantes disponen de un sistema de acumulación de energía eléctrica, formado por un conjunto de baterías eléctricas, que permite a la casa tener un mayor grado de autonomía y no ser completamente dependiente de la red eléctrica de abastecimiento. En condiciones de funcionamiento normales, estas baterías junto con el inversor convierten la corriente directa de 24 V CC a 230 V AC. Estas baterías se cargan durante todo el día por un conjunto de paneles solares fotovoltaicos (FIG.52), cuya capacidad de producción depende de diferentes factores:

- La ubicación de la casa, y sobre todo, la latitud donde se ha instalado la casa; ya que un aumento de la latitud disminuye el ángulo de incidencia del sol y por lo tanto la cantidad de energía utilizable.
- El día del año; en los días de verano, la cantidad de energía solar disponible es muy superior a la de los días de invierno.
- El tamaño de la superficie utilizada para la colocación de los paneles solares y la tecnología utilizada.

Las necesidades energéticas de la vivienda varían según el número de personas presentes, el grado de aislamiento térmico en las superficies circundantes (paredes, techo y suelo) y la cantidad de dispositivos electrónicos que estén activos en cada momento. El número de personas viene definido por la capacidad máxima de la vivienda, el número de ocupantes, y varía en función del tipo y dimensiones de la vivienda. La ubicación de la instalación solar se define desde el principio, así como las dimensiones de su superficie, a mayor superficie, mayor capacidad para generar energía eléctrica (FIG.53).

Las empresas constructoras suelen asesorar al cliente en cuanto a la cantidad y la ubicación de los paneles solares de acuerdo a sus necesidades energéticas. Esta es una primera aproximación a partir de datos aproximados con la finalidad de ayudar al comprador potencial en este proceso de toma de decisiones.



FIG.52\_Campo solar sobre el agua.

FIG.53\_Vivienda Flotante equipada con paneles solares en cubierta.



Este proceso se organiza en cinco pasos:

### 1º. Definir las dimensiones de la vivienda

Por un lado, establecer la longitud total de la plataforma, generalmente entre 10 y 18 metros, la longitud de la terraza de proa y la terraza de popa si las hubiera. Con estas dimensiones se determina la longitud de la zona habitable, que es igual a la longitud de la plataforma menos la longitud combinada de las terrazas que tenga la vivienda. Multiplicando el valor de longitud de la zona habitable por el ancho de la plataforma obtendremos la superficie habitable total y si hacemos lo propio con la longitud de la suma de terrazas obtendremos la superficie de cubierta libre.

### 2º. Definir el número de personas

El cliente también debe determinar el número de personas que, por regla general, tienen la intención de permanecer en su vivienda de manera habitual. El consumo energético total promedio estimado para la vivienda, incluyendo el consumo de todos los equipos eléctricos con los que está equipada depende de la cantidad de ocupantes. Se considera, por regla general, que el número de ocupantes permanente es la disponibilidad de plazas de cama en función de si las habitaciones son individuales, dobles o triples. Por lo general la capacidad de este tipo de viviendas varía entre 2 y 6 personas (FIG.54).

### 3º. Interpretar las gráficas

Una vez establecidas las dimensiones y ocupación aproximadas de la vivienda podemos consultar los gráficos estimativos de autonomía eléctrica en función de la longitud y número de personas. El número de paneles está en el eje de abscisas, y el porcentaje de autonomía en el eje de ordenadas. Lógicamente a mayor número de paneles mayor producción autónoma de energía solar se produce en relación con la cantidad total de energía necesaria para abastecer la vivienda.

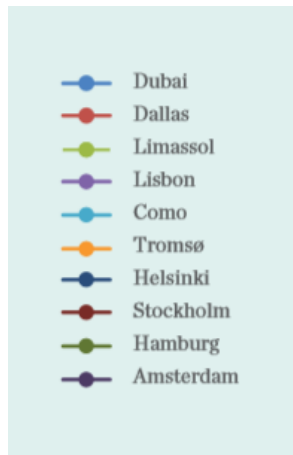


FIG.54\_Definir el número de ocupantes de la Vivienda Flotante.

FIG.55\_Simbología de las ciudades que aparecen en las gráficas

#### 4º. Ubicar la vivienda

De las diferentes curvas, de las gráficas el cliente debe considerar los datos estimados a la ubicación de referencia en la latitud más cercana posible a la localización definitiva de su vivienda. Los gráficos muestran ciudades en latitudes variadas (FIG.55) con condiciones diferenciadas ya que en función de la latitud, las horas de luz solar y el ángulo de inclinación de la misma se producen grandes variaciones. Para dimensionar correctamente la instalación solar se aconseja tomar de referencia la latitud inmediatamente superior a la de la ubicación de la vivienda con el fin de obtener la situación energética más desfavorable con ese número de paneles y comprobar si es suficiente para cubrir la mayor parte de las necesidades energéticas de la casa. Las ubicaciones de referencia son diez, se reparten en tres continentes y que van desde el paralelo 25 ° Norte al 70 ° norte.

#### 5º. Definir el número de paneles

Una vez seleccionado el diagrama para la ubicación más adecuada, el cliente debe centrarse en la gráfica respectiva para predimensionar la instalación. En la gráfica podemos establecer la relación que existe entre el número de paneles solares instalados con el porcentaje de producción de energía solar respecto al total necesario para que la vivienda fuera energéticamente autosuficiente (FIG.56,57,58).

Hay que aclarar, que con las dimensiones medias de una vivienda flotantes actual y la capacidad de paneles instalables que se podrían colocar no llega en ningún caso a abastecer de forma autosuficiente a la vivienda, esto es el 100 por 100 de la demanda. Dependiendo del grado de autonomía de la vivienda será necesario complementar la producción energética con un generador de gasolina o establecer recargar periódicas de la batería usando la red eléctrica pública en el punto de atraque habitual.

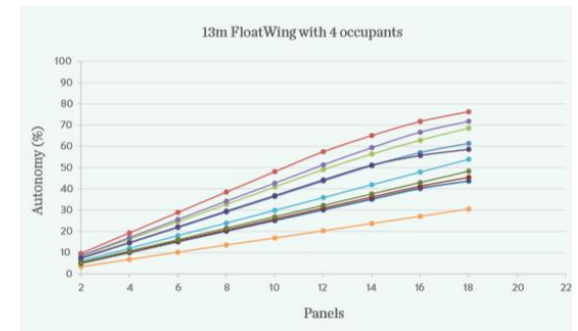
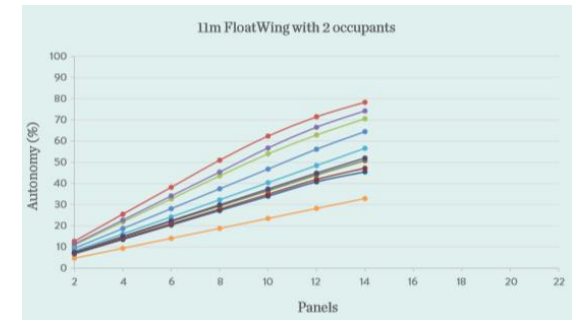
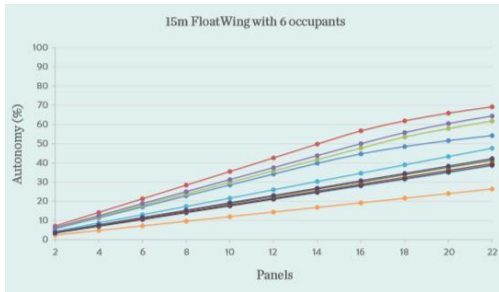


FIG.56\_ Gráfica de autonomía para vivienda de 11 m de longitud y 2 ocupantes.

FIG.57\_ Gráfica de autonomía para vivienda de 13 m de longitud y 4 ocupantes.



El número total de paneles instalables viene definido por las dimensiones, longitud en metros, de la cubierta de la vivienda. Como datos de referencia:

- un techo de 10 m de longitud no puede acomodar más de 6 paneles solares fotovoltaicos.
- un techo de 12m de longitud no puede acomodar más de 10 paneles solares fotovoltaicos.
- un techo de 14m de longitud no puede acomodar más de 14 paneles solares fotovoltaicos.
- un techo de 16 m de longitud no puede acomodar más de 18 paneles solares fotovoltaicos.
- un techo de 18 m de longitud no puede acomodar más de 18 paneles solares fotovoltaicos.

FIG.58\_Gráfica de autonomía para vivienda de 15 m de longitud y 6 ocupantes.



## 9 INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Las casas flotantes actuales se equipan con un nivel de instalaciones eléctricas básicas de acuerdo con la tipología específica de vivienda que se trate, las necesidades que tenga, la capacidad de personas que pueda albergar en su interior o el grado de movilidad de la misma. Existen viviendas en gran medida autosuficientes gracias a la incorporación de sistemas energéticos que cubran su demanda mientras que, en otros casos, la vivienda es dependiente de la red eléctrica municipal para cubrir su abastecimiento. Por lo general, todas las tipologías de viviendas incluyen una serie de interruptores en superficie y de enchufes varios independientemente de la procedencia de la energía que abastece la casa (FIG.59).

Toda la instalación eléctrica está equipada con fusibles y con un interruptor principal del panel de control que permite desconectar completamente a todos los consumidores garantizando una seguridad total en el caso de que se requiera una desconexión completa del sistema energético. El cableado de la instalación se sitúa entre los paneles de la tabiquería interior y los falsos techos (FIG.60,61).

La iluminación tanto para interiores como para exteriores se resuelve mediante bombillas de diodos LED muy eficientes energéticamente. En el conjunto básico hay tomas USB instaladas y tomas de 12 voltios para automóviles. Las viviendas de menor nivel de autonomía son suministradas directamente por la red pública y carecen de cualquier otro tipo de equipo de producción o almacenamiento. Este sistema está pensado para viviendas de carácter permanente que siempre van a estar atracadas en un punto con conexión directa a la red energética y no tienen un mecanismo de desplazamiento o motorización que haga necesario la existencia de un sistema a base de cargadores y baterías.

Los fabricantes que ofrecen un conjunto eléctrico estándar dependiente de una conexión a la red pública suelen utilizar instalaciones eléctricas de 12 voltios, y están equipadas con una o varias baterías de descarga lenta y de gran capacidad alimentadas por un cargador estándar para la carga de 220-240 V.



FIG.59\_Interruptores y enchufes básicos en una vivienda flotante.

FIG.60\_Colocación del cableado en los falsos techos.

FIG.61\_Colocación del cableado en los paneles de la tabiquería interior.



### 9.1 ACCESORIOS QUE SE PUEDEN INCLUIR EN UNA VIVIENDA FLOTANTE EN EL APARTADO ENERGÉTICO

En la gran mayoría de viviendas sobre el agua son necesarios una serie de accesorios en el apartado energético que puedan garantizar el suministro energético a la vivienda durante unos días. Esto se debe a que, en numerosos casos, este tipo de viviendas no se sitúa en una ubicación permanente e invariable durante toda su vida útil y necesitan sistemas suplementarios a la red eléctrica pública para cuando no haya una conexión directa a la misma. Estos accesorios son los más comunes:



Un cargador de batería (FIG.62) que se proporciona para una conexión de red continua y una salida de conexión costera ya sea un embarcadero, muelle o puerto deportivo(muelle). El cargador está diseñado y sobredimensionado para no sobrecargar el conjunto de las baterías de la vivienda de forma que puedan cargarse y utilizarse con la mayor rapidez posible.

Un inversor solar (FIG.63) que realice las operaciones de carga de las baterías y que garantice el sistema eléctrico interno con un voltaje de 220-240 V o 110-127 V, en el caso de que sea necesario.



Un sistema de batería cargadas de repuesto (FIG.64) para intercambiarlas por las usadas y evitar la instalación de un sistema de paneles solares en los casos en los que se necesite cierta autonomía energética puesto que la vivienda no permanece atracada ni conectada a la red pública durante el tiempo mínimo de recarga de las baterías. El sistema está creado y personalizado para un reemplazo rápido y conveniente de la batería, que le permite preparar la batería cargada o incluso varias de ellas y reemplazarlas en lugar de las vacías.

Un sistema de paneles solares para viviendas motorizadas con una alta demanda energética y un grado de movilidad alto. Con este sistema se busca cubrir el consumo de la casa y que pueda proporcionar la carga y el mantenimiento de la batería necesarios. Se trata de un sistema comparativamente más costoso, y que solo resultará necesario en aquellos lugares donde no está disponible la conexión permanente a la red eléctrica para cargar la batería.

FIG.62\_Cargador de batería.

FIG.63\_Inversor solar.

FIG.64\_Sistema de batería cargadas de repuesto.

## 9.2 SISTEMAS DE ACUMULACIÓN DE ENERGÍA CAPTADA POR SISTEMAS DE PANELES SOLARES

Los modelos de vivienda de algunas empresas incorporan sistemas de acumulación de la energía eléctrica captada mediante paneles solares. Estos sistemas de acumulación están formados por un conjunto de baterías eléctricas con la capacidad suficiente para almacenar la energía previamente captada y poder destinarla, en cualquier momento, a las funciones de la vivienda que así lo requieran. Todos los dispositivos, así como las instalaciones eléctricas se alimentan, por lo general, con una corriente de 230V. Estas baterías se cargan durante todo el día por un conjunto de paneles solares fotovoltaicos monocristalinos, generalmente del modelo Sunmodule Plus® o equivalente (FIG.65), capaces de generar 285 W en la potencia pico.

El aporte suplementario de energía que se necesita a mayores de la generada por los paneles solares (FIG.66) se produce a través de un generador térmico programable de gasolina que se pone en marcha automáticamente en los momentos del día en que se produzca una mayor demanda energética y se necesite el apoyo energético del generador. En este caso, el generador alimenta directamente al cuadro de distribución y la energía restante que no es necesaria en ese momento se destina a reponer el nivel de carga de las baterías.

Cuando la casa está ubicada de manera semipermanente en un atraque o en un puerto deportivo se conecta a la red eléctrica pública, y en este caso esta fuente energética tiene prioridad sobre todos los demás sistemas de producción independientes que se utilizan preferentemente cuando la vivienda está en movimiento. En las circunstancias en la que la vivienda se conecta a la red eléctrica de abastecimiento, la carga energética pública se introduce en el cuadro de distribución eléctrica para abastecer a la vivienda y es capaz de recargar las baterías de la misma con el excedente.



FIG.65\_Panel Solar Fotovoltaico Monocrystalino modelo Sunmodule Plus.

FIG.66\_Panel Solar colocado sobre la vivienda flotante.

## 10 SUMINISTRO DE AGUA (AFS + ACS)

Las casas flotantes contienen todas las instalaciones sanitarias para ofrecer las mismas comodidades de una vivienda en Tierra, pero flotando en el agua. Dependiendo de si la vivienda está concebida como una embarcación móvil o una vivienda para ser colocada en un lugar de forma semipermanente tendrá sus propios sistemas de suministro de agua y de producción de ACS o se conectará directamente a la red pública de abastecimiento.

### 10.1 SUMINISTRO DE AGUA

El agua potable en este tipo de viviendas poder ser, o bien, suministrado directamente por la red pública o por medio de equipo de producción o almacenamiento. Si se utiliza la casa flotante como un atraque en muelle semipermanente es posible construir una conexión con el sistema de alcantarillado y suministro de agua de la red pública municipal.

Algunos modelos móviles realizan su abastecimiento de agua bombeando directamente desde el río o lago circundante y tratando el agua recogida con un sistema de filtración que incluye una caldera de agua y un tanque de presión. En viviendas de mayor complejidad el agua potable se almacena en tanques que puedan asegurar el consumo diario por persona de 100 litros entre 4 y 5 días en función de la capacidad del tanque y la ocupación de la vivienda. La presión se logra a través de un grupo Hydropress (FIG.67) que puede generar una presión de hasta, aproximadamente, 3 bares.

### 10.2 AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS)

El ACS se genera mediante un calentador eléctrico. Otras viviendas más avanzadas realizan el calentamiento de agua doméstica utilizando dos paneles solares y un sistema basado en una bomba de calor (Box Solar ENERGIE o equivalente) (FIG.68). Estos sistemas están equipados, por lo general, con válvulas de seguridad, que regulan y controlan el flujo de agua y vapor que está pasando a través de la bomba.



FIG.67\_Grupo de presión Hydropress de 1500 W.



FIG.68\_Caldera tipo Box Solar Energie.

Otras viviendas, diseñadas para colocarse en entornos fríos, recogen el agua en una pequeña caldera de acero inoxidable, que se calienta mediante el horno de la casa de baños, sin consumo de energía, lo que significa que no hay que preocuparse de que quemar el horno sin suficiente electricidad lo dañe.

Las viviendas flotantes más avanzadas están equipadas con sistemas de calentamiento de agua para abastecer de agua caliente sanitaria a la vivienda cuando ésta no está atracada y conectada a la red pública de abastecimiento. Son sistemas que permiten disponer de agua de manera autónoma a la vivienda y están diseñados, por lo general, para permitir un consumo de agua caliente de en torno a 50 litros por persona y por día a una temperatura máxima de 60 ° C y con una capacidad de reserva equivalente al consumo diario total de la vivienda. Estos sistemas de calentamiento de agua sanitaria se dimensionan, principalmente, en función del número de potenciales usuarios de la instalación.

El conjunto de sistemas de calefacción/refrigeración y calentamiento del agua supondrá un importante gasto de energía diario para la vivienda flotante y su valor dependerá, en gran parte, tanto del número de potenciales usuarios (ocupantes) como de la localización en la que se encuentre y las condiciones térmicas que allí se produzcan (FIG.69).

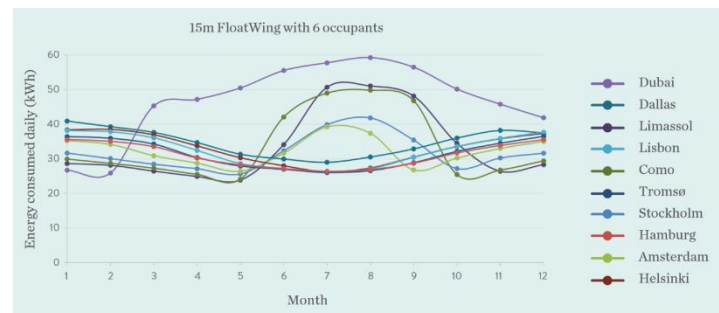


FIG.69\_Energía consumida diariamente por sistemas de funcionamiento de calefacción/refrigeración y calentamiento del agua por una Vivienda Flotante media para 6 ocupantes a lo largo del año y en diferentes ubicaciones.

## 11 SISTEMAS DE FUNCIONAMIENTO INTERNO DE CALEFACCIÓN, Y CLIMATIZACIÓN

Las viviendas flotantes tienen la necesidad de mantener controlado el consumo eléctrico en el funcionamiento de todos sus sistemas y subsistemas que trabajan conjuntamente con el fin de aumentar la autonomía energética de la casa. Hoy en día, el nivel de comodidad que ofrecen este tipo de viviendas es equiparable al de una vivienda asentada en Tierra. Los sistemas de funcionamiento de confort se encargan de mantener unas condiciones óptimas para todos los ocupantes con el mínimo gasto energético posible.

### 11.1 SISTEMAS DE CALEFACCIÓN Y CLIMATIZACIÓN

Los sistemas de aire acondicionado que se diseñan para este tipo de viviendas garantizan un confort térmico interior, manteniendo una temperatura constante en el habitáculo de entre 20 y 25 ° C en cualquier momento del año y en cualquier posición geográfica. Cuando se trabaja en un tipo de vivienda tan particular como este se debe prestar especial atención al dimensionamiento y diseño de los dispositivos y equipos que se van a instalar puesto que estos deben de estar preparados para trabajar en condiciones muy diferentes e incluso extremas en función de donde se vaya a ubicar la vivienda. Los sistemas de calefacción utilizados son variados; desde radiadores específicos (FIG.70) para esta tipología de viviendas a suelos radiantes.

El entorno exterior puede tener características muy diversas desde temperaturas atmosféricas que pueden llegar a superar los 40 ° C en el Mediterráneo y una fuerte radiación solar a las encontradas en el norte de Noruega o en los lagos Canadienses con temperaturas atmosféricas que pueden llegar hasta -20 ° C y una radiación solar mínima en los meses de invierno. Frente a los amplios saltos térmicos que se producen en la atmósfera ,la temperatura en el agua experimenta una amplitud térmica inferior de entre 0 ° C y 30 ° C en cualquier punto del planeta. Los dispositivos y el equipo seleccionado para asegurar el mayor confort térmico posible deben ser compatibles con unos niveles de rendimiento y de gasto energético considerablemente eficientes para no comprometer el abastecimiento energético de la vivienda, así como su autonomía.

Por estos motivos, cuando se realiza un prediseño de la instalación del sistema de climatización (FIG.71) se presentan en diferentes alternativas con variadas particularidades técnicas y se decide cual es la mejor opción de las planteadas de acuerdo a las necesidades y al uso que vaya a realizar el cliente de la vivienda.

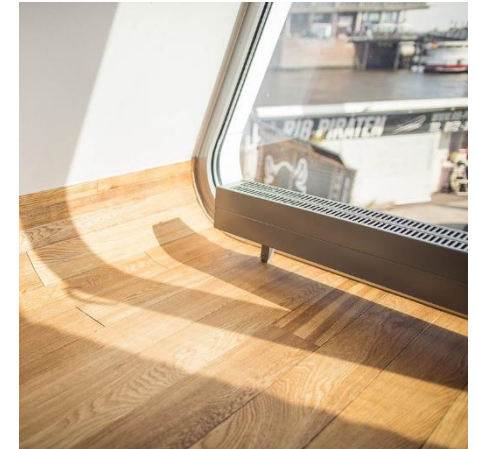


FIG.70\_Sistema de Calefacción por Radiadores.

FIG.71\_Climatizador de Pared Tipo



Cuando hablamos sobre la eficiencia de los sistemas de funcionamiento interno de la vivienda flotante hay que para lograr una temperatura interior dentro de los niveles de comodidad, de entre 20 y 25 ° C, con independencia de las condiciones externas, cobra especial importancia el aislamiento térmico de la envolvente respecto al ambiente exterior, una cubierta con un bajo nivel de transferencia del calor, así como las prestaciones que puedan ofrecer las carpinterías empleadas a nivel térmico.

Por lo general, las empresas armadoras ponen a disponibilidad del cliente una gran variedad de diferentes tipos de calefacción, como calefacción por suelo radiante, radiadores de pared convencionales, paneles infrarrojos en techos o calentadores eléctricos, siempre dentro de los parámetros de sostenibilidad y eficiencia energética que requiere cada tipología de vivienda flotante. Tanto el aire acondicionado (calefacción/refrigeración) como los sistemas de calentamiento de agua sanitaria requieren unas instalaciones para el funcionamiento de estos sistemas, como las bombas de calor agua-agua (FIG.72), que se pueden colocar en los pontones dependiendo del tamaño que necesiten para colocarse y, en este caso, lo harán en zonas especialmente estancas e impermeabilizadas para evitar el contacto con el agua.



FIG.72\_Bomba de calor agua-agua.  
FIG.73\_Baño Equipado de Vivienda Flotante.

Algunas empresas recurren, para sus viviendas de pequeño tamaño, a sistemas de climatización más sencillos mediante climatizadores de pared. Con este sistema climático la casa se calienta o enfría, según las necesidades, mediante un eficaz sistema climático de 3 o 4 zonas. Este sistema garantiza una regulación precisa de la temperatura en los diferentes ámbitos interiores de la vivienda. El sistema regula continuamente el flujo de aire acondicionado y éste puede ser ajustado por remoto. Para los cuartos húmedos, como baños, es común, climatizar la estancia con suelo radiante eléctrico (FIG.73). Otra opción, menos utilizada, es la de usar un sistema de calefacción por medio de una estufa de pellets de 10KW, de bajo consumo energético, para viviendas flotantes de gran tamaño con un habitáculo amplio.



## 11.2 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El sistema de recogida y tratamiento de las aguas grises varía en función de la tipología de vivienda flotante. En el caso de viviendas móviles motorizadas o autosuficientes los residuos se tratan por medio de una planta de tratamiento de lodos de aguas residuales. Se suelen utilizar los modelos ECODEPUR OXYBIO (FIG.74) o equivalentes, lo que asegura un tratamiento primario y secundario del efluente y elimina alrededor de 90% de su carga orgánica.

Existen viviendas flotantes con un nivel de tratamiento de aguas grises mayor en las cuales el tratamiento se complementa con un ciclo terciario con filtración de membrana del modelo LIQUID o equivalente (FIG.75). En cualquiera de estos casos, el efluente, ya sea tratado o sin tratar se almacena en tanques independientes de tratamiento de aguas grises con una capacidad de hasta 4.200 litros (FIG.76), asegurando al menos una semana de autonomía. Este tanque, con certificación CE, es el elemento principal del sistema de tratamiento y almacena los residuos para lanzarlos a la red pública cuando la casa esté atracada en un puerto deportivo o amarre municipal. En otros casos las aguas residuales de la ducha y el lavabo o las aguas grises se drenan en el depósito de agua de la casa flotante, y si esto estuviera prohibido en una situación particular, se limpiarían antes de la puesta en marcha de este sistema.

En el caso de viviendas semipermanentes ancladas a una plataforma y sin motorización la vivienda se conecta con frecuencia directamente a la red pública, a la que se descargan las aguas grises para su posterior depuramiento en la planta depuradora del municipio al que pertenece el atraque.

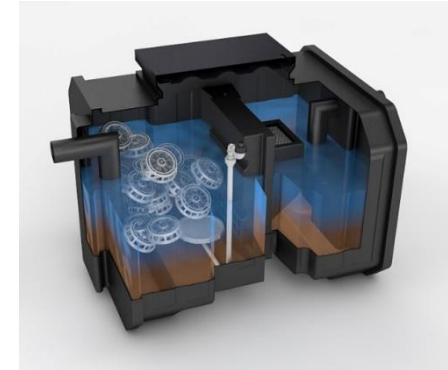


FIG.74\_Sistema Oxybio

FIG.75\_Modelo Liquid de filtración de Aguas Residuales.

FIG.76\_Tanque de Aguas Residuales bajo el piso de la vivienda.

## 12 FONTANERÍA

La fontanería de un modelo de casa flotante comparte muchas similitudes con la instalación equivalente de una vivienda en tierra. El sistema de tuberías se aloja entre el pontón de hormigón y la estructura del piso de la vivienda (FIG.77). Una de las particularidades más notables es la utilización del denominado baño biológico en viviendas flotantes móviles (FIG.78). Se trata de un inodoro que lleva acoplado un depósito, que debe vaciarse manualmente y llenarse con componentes biológicos con el fin de evitar malos olores cuando la vivienda no está atracada. La instalación de fontanería del sanitario de tipo biológico se lleva a cabo por medio de unas llaves de paso que cortan el flujo de agua por la tubería y permiten tanto la instalación como la retirada del sanitario (FIG.79). Las viviendas flotantes de gran tamaño pueden equipar grandes depósitos de residuos e incluso sistemas de purificación biológica para poder drenar las aguas grises en el propio depósito de la embarcación.

Por el contrario, si la vivienda va a permanecer atracada en un muelle, embarcadero o puerto deportivo, el sistema de fontanería de la vivienda se acopla al sistema de alcantarillado y suministro de agua de la red pública municipal.

Para las casas flotantes diseñadas como vivienda habitual, no como segunda residencia vacacional, se pueden instalar también sistemas de vacío para el inodoro, lo que reduce significativamente el consumo de agua y el volumen de agua residual generada.

Las aguas residuales de la ducha y el lavabo o las aguas grises se drenan en el depósito de agua, acoplados a la casa flotante y ubicados, generalmente, cerca de los pontones. Estos depósitos deben limpiarse cada cierto tiempo para asegurar el correcto funcionamiento del sistema.

El suministro de agua de la vivienda flotante se realiza por medio del depósito de agua, cuando la vivienda no se puede conectar a la red de abastecimiento pública. El sistema es muy eficiente y emplea la cantidad de agua justa necesaria en los sanitarios propulsando el agua a través de una bomba y evitando que se malgaste. Este sistema es adecuado para países con climas fríos, ya que no necesita vaciar los depósitos y se puede usar siempre y cuando el agua natural no esté congelada o cubierta de hielo.

Como equipo adicional, es posible instalar un tanque de agua grande, si no hay posibilidad de tomar agua del depósito de agua.



FIG.77\_Instalación de Fontanería entre el pontón y el piso de la vivienda  
FIG.78\_Sanitario del tipo Biológico.



Hoy en día, también se utilizan otros sistemas de abastecimiento de agua basados en sistemas de recolección de agua de lluvia del techo del edificio aunque lo más común suele utilizar un punto de conexión a la red de abastecimiento siempre y cuando la embarcación esté amarrada al muelle.

FIG.79\_Llaves de paso de la Instalación de Fontanería.

### 13 MOTORIZACIÓN Y SISTEMAS DE MOVILIDAD

Actualmente las viviendas flotantes pueden equiparse con sistemas de motorización para darle una capacidad de movilidad a la vivienda que anteriormente no tenía. Aunque a día de hoy son mayoría las viviendas flotantes sin motorización, ubicadas de manera semipermanente en atraques fijos y sin la capacidad de desplazarse por sí mismas (solo pueden ser transportadas mediante remolcadores) están saliendo al mercado nuevas tipologías que incluyen sistemas de propulsión y le dan a la vivienda un carácter más de embarcación de recreo, y al mismo tiempo, más lúdico.

En estos casos, por lo general, esta nueva generación de viviendas equipa motores fueraborda programados con una potencia que comienza entre 7,7 kW (10CV) y 45kW (60CV) (FIG.80). La potencia del motor se elige, principalmente, en función del tamaño de la embarcación además de la estructura de los pontones y el tipo de plataforma de la vivienda. Es común acoplar dos motores fuera borda de baja potencia para embarcaciones pequeñas en aguas tranquilas. Se trata de motores de gasolina de cuatro tiempos que permiten una velocidad de crucero de 3 a 4 nudos a 70% de la potencia máxima. Estos motores se dimensionan de acuerdo con las necesidades del cliente, ya sea el tamaño de la vivienda a desplazar o la distancia de desplazamiento. Como ejemplo dos motores fueraborda de 25 CV acoplados a una vivienda de 16 metros de longitud tienen un consumo total de unos 10 litros por hora a la velocidad de crucero. Estas embarcaciones cuentan con un depósito de combustible estándar con una capacidad de en torno a 100 litros lo cual permite una autonomía de entre 50 y 70 kilómetros dependiendo del tamaño de la casa flotante, la carga y las condiciones marítimas. Por lo general, las casas flotantes estándar se construyen para que se ajusten a una estructura tipo preparada para poder acoplar una serie de motores básicos de propulsión pero algunas empresas permiten, a pedido, la elección de estructuras que permitan el uso de motores de mayor potencia para aguas más turbulentas o cargas más altas (FIG.81).

El cliente debe informar a la empresa constructora si desea motorizar la vivienda y en caso afirmativo confirmar tanto la potencia como el equipo del motor antes de completar el pedido. Acoplar el motor a la embarcación



FIG.80\_ Motor fuera borda tipo  
FIG.81\_ Motor fuera borda instalado en la  
plataforma de flotación



requiere la instalación, no solo de la unidad de potencia, sino de todo el equipo técnico-electrónico, cableado y las comunicaciones necesarias.

### 13.1 INSTALACIÓN DE LA CONSOLA DE DIRECCIÓN Y CONTROL DE LA UNIDAD DE POTENCIA

La instalación de la consola de control remoto del motor (FIG.82) se realiza utilizando un sistema de dirección por cable y un sistema de dirección hidráulica, que depende de la potencia del motor y la distancia de la consola de control al motor, así como de las dimensiones de la propia embarcación.

La consola de control de dirección puede instalarse en el techo del edificio, debajo de él e incluso en los interiores, siempre que las ventanas en torno al puesto sean desplazables y permitan una visibilidad suficiente, tal y como está determinada por los estándares de construcción de embarcaciones (FIG.83). Todos los sistemas de comunicación desde el motor hasta la consola de control se instalan a través de conductos registrables que agrupan los cables y que se construyen durante el proceso de fabricación de la vivienda. Estos conductos permiten reemplazar cualquier cable o tubería por otro en caso de que fuera necesario ya que son accesibles y registrables desde el exterior. Además, en la mayoría de empresas armadoras de viviendas flotantes se permite al cliente encargar la vivienda conociendo la potencia del motor que podría instalarse pero sin acoplarlo en el momento de botadura de la vivienda. De esta forma, el cliente podría ordenar la instalación del sistema de motorización a posteriori si lo considerara adecuado para sus necesidades de uso o mantener la vivienda sin un sistema de propulsión en caso de que la utilice como un atraque permanente.

FIG.82\_Puesto de mando exterior de vivienda motorizada de la empresa Milliard Houseboats

FIG.83\_Puesto de mando interior de vivienda motorizada de la empresa IYacht

Lo habitual es disponer de una gran variedad de opciones de motorización ya sean fuera borda, acopladas a la estructura de la embarcación, o incluso motores eléctricos. La empresa de construcción de viviendas flotantes Moat Monofactor, establecida en Polonia detalla en su catálogo una gama de motorizaciones tipo como se detalla a continuación (FIG.84).

## 13.2 GAMA DE MOTORIZACIONES PARA VIVIENDAS MÓVILES DE LA EMPRESA MOAT MANUFACTURER






|          |   |                                 |  |   |   |                            |  |   |
|----------|---|---------------------------------|--|---|---|----------------------------|--|---|
| OUTBOARD |    | <b>YAMAHA 9.9 HP</b>            | <p>Engine Type<br/>Displacement<br/>Prop Shaft Horsepower<br/>Fuel/ Induction System<br/>Alternator Output<br/>Starting System<br/>Engine Oil Capacity<br/>Full Throttle RPM Range<br/>Average consumption<br/>Maximum speed</p> | <p>Two- Cylinder<br/>212 cc<br/>9.9 HP @ 5500 rpm<br/>SOHC<br/>6 Amp<br/>Electric<br/>0.8 L<br/>5000-6000<br/>1.6 L/ h<br/>10 km/ h</p>                               |  | <b>YAMAHA 25 HP</b>        | <p>Engine Type<br/>Displacement<br/>Prop Shaft Horsepower<br/>Fuel/ Induction System<br/>Alternator Output<br/>Starting System<br/>Engine Oil Capacity<br/>Full Throttle RPM Range<br/>Average consumption<br/>Maximum speed</p> | <p>4-Stroke, two - Cylinder<br/>498 cc<br/>25 HP @ 5500 rpm<br/>SOHC<br/>13.5 Amp<br/>Electric<br/>1.6 L<br/>5000-6000<br/>3.5 L/ h<br/>13 km/ h</p>                    |
| INBOARD  |    | <b>VETUS M4.35 - 33 HP</b>      | <p>Engine Type<br/>Displacement<br/>Prop Shaft Horsepower<br/>Fuel/ Induction System<br/>Alternator Output<br/>Starting System<br/>Engine Oil Capacity<br/>Full Throttle RPM Range<br/>Average consumption<br/>Maximum speed</p> | <p>Four- Cylinder<br/>1500 cc<br/>32 HP @ 3000 rpm<br/>Indirect cooling<br/>12 Volt - 110 A<br/>Electric<br/>Naturally aspirated<br/>3000<br/>3 L/ h<br/>15 km/ h</p> |  | <b>VETUS M4.55 - 52 HP</b> | <p>Engine Type<br/>Displacement<br/>Prop Shaft Horsepower<br/>Fuel/ Induction System<br/>Alternator Output<br/>Starting System<br/>Engine Oil Capacity<br/>Full Throttle RPM Range<br/>Average consumption<br/>Maximum speed</p> | <p>Four- Cylinder<br/>1758 cc<br/>52 HP @ 3000 rpm<br/>Indirect cooling<br/>12 Volt - 110 A<br/>Electric<br/>Naturally aspirated<br/>3000<br/>4.5 L/ h<br/>18 km/ h</p> |
| E-POD    |  | <b>ELECTRIC POD DRIVE 10 KW</b> | <p>Motor technology<br/>Voltage regulator<br/>Supplied capacity<br/>Starting System<br/>Full Throttle RPM Range<br/>PMS permanent magnet synchronous<br/>Required battery capacity<br/>Maximum speed</p>                         | <p>Synchronous<br/>24 V<br/>10 kW<br/>Electric<br/>1800<br/>24 kWh<br/>11 km/ h</p>   |   |                            |  |   |

FIG.84\_Gama de motorizaciones



## 14 SISTEMAS DE ANCLAJE

Las viviendas flotantes requieren un sistema de anclaje a la plataforma, atraque o puerto deportivo donde se ubiquen que limite la movilidad de la casa y la mantenga fija en el lugar de ubicación. Los sistemas de anclaje varían en función de la región, las condiciones locales, la legislación, el tamaño y tipología de la estructura que se quiera amarrar. La vivienda se puede anclar en su ubicación utilizando diversas aplicaciones de acuerdo con las condiciones locales. Principalmente hay dos metodologías de anclajes con las que se trabaja.

La primera es la utilización de una pasarela de conexión entre el muelle y la vivienda y el uso de botavara y cuerdas de acero para crear un sistema de anclaje que permita a las casas mantenerse en su ubicación.

La otra posibilidad son los soportes anclados al fondo marino. La vivienda se ancla mediante una pieza llamada collar al poste abrazándolo de modo que esta no se puede desplazar más del radio de giro que ofrezca esta pieza en torno al soporte. Pueden utilizarse cuatro soportes de anclados con sus respectivos collares o incluso, si la vivienda es de pequeño tamaño o se localiza en aguas tranquilas, dos en posición asimétrica. Un ejemplo del tipo empleado serían soportes de acero de diámetro 273 / 7.1 mm con ánodo de zinc y tubos de plástico PE (FIG.85) preparados para soportar condiciones de hielo o aguas heladas y conforman un nivel de anclaje muy fuerte y duradero.

Por último, existe otro sistema de anclaje, menos utilizado, se trata de un tipo de anclaje bajo el nivel del agua. Consiste en unos bloques de hormigón colocados en el fondo marino que están conectados al pontón base de la vivienda mediante cadenas o un sistema especial llamado SEAFLEX (FIG.86).

Todos los sistemas de anclaje descritos permiten que la vivienda se mueva hacia arriba y hacia abajo al cambiar el nivel del agua. Este cambio puede ser de varios metros. El soporte del poste se desarrolla con un enfoque hacia la resistencia, es capaz de soportar cargas de hasta 50 kN por unidad, y la flexibilidad. Se trata de soportes desmontables que permiten la movilidad de los pontones.

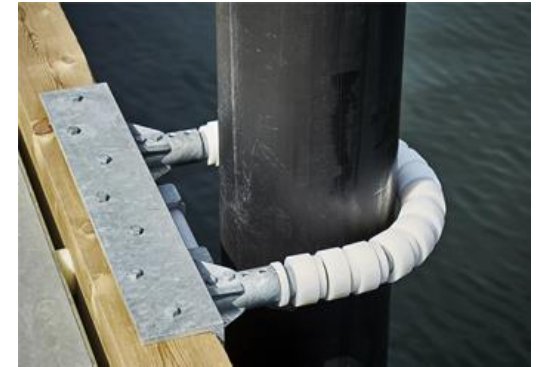
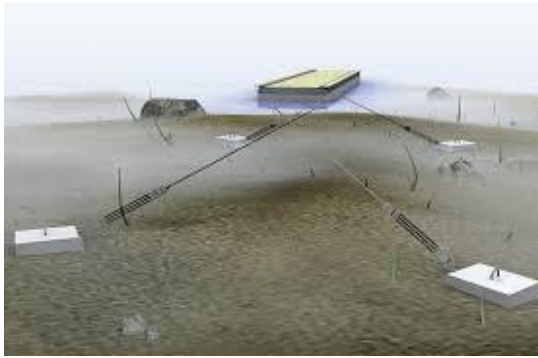


FIG.85\_Sistema de Anclaje con Soportes de Acero y ánodo de Zinc

FIG.86\_Sistema de Anclaje Seaflex



#### 14.1 SISTEMAS DE ACOPLAMIENTO ENTRE PONTONES

La unión entre los pontones de hormigón puede resolverse a través de un sistema de acoplamiento llamado Solid Ground (FIG.87) que conectan unas plataformas con otras. Este sistema proporciona la máxima estabilidad entre los pontones interconectados y está fabricado para ofrecer una resistencia a la rotura de 70 toneladas en cada lado permitiendo una gran capacidad de carga sobre el mismo.

FIG.87\_Sistema Solid Ground de Acoplamiento entre Pontones





## 15 LEGISLACIÓN Y NORMATIVA EXISTENTE SOBRE VIVIENDAS FLOTANTES

En la construcción de viviendas flotantes se está convirtiendo en una práctica cada vez más extendida en muchos lugares del mundo especialmente en los Países Bajos. Grandes empresas de construcción holandesas están iniciándose en la construcción de casas flotantes que se están incluyendo en los planes de planificación urbana de nuevos barrios residenciales como Schoonship o Ijburg (FIG.88).

Esto está llevando a que, en la práctica, tanto los desarrolladores como los constructores y los planificadores municipales tengan dificultades para desarrollar los proyectos de construcción de los edificios flotantes por la poca claridad de la normativa y las regulaciones que existen sobre este tipo de edificación. La ley holandesa sobre edificaciones flotantes sobre el nivel del agua del año 2003, 'Nederland leeft met Water'<sup>9</sup> es de las más avanzadas que existen sobre este ámbito y podría usarse como referencia para una hipotética futura legislación que regule las edificaciones flotantes en España puesto que hasta ahora no hay ninguna normativa al respecto.

### 15.1 ESTRUCTURAS DE CONSTRUCCIÓN

En primer lugar, la Ley holandesa establece una diferenciación a la hora de determinar si una vivienda flotante se considera una "estructura de construcción", a la que se aplican los reglamentos de construcción, o si el objeto debe entenderse como una "vivienda de agua", para la que no se aplica esta reglamentación. El método de anclaje de la vivienda a tierra, es el que define, en la mayoría de ocasiones, la tipología de vivienda. Se considera como "Estructura de Construcción" a aquellas edificaciones que estén directa o indirectamente conectadas al suelo de forma semipermanente en el lugar de atraque. Por ejemplo; un anclaje que permita al edificio moverse verticalmente, con las variaciones de nivel del agua, manteniéndolo en el mismo lugar se considera como una estructura de este tipo. Una fijación horizontal a través de postes en el suelo, cables o soportes de acero también conlleva que el edificio anclado sea considerado como un "Estructura de Construcción"(FIG.89).

<sup>9</sup> [www.vrom.nl/bouwregelgeving](http://www.vrom.nl/bouwregelgeving)



FIG.88\_Barrío Flotante de Ijburg (Amsterdam)

FIG.89\_Viviendas del tipo "Estructura de Construcción".



Si la casa flotante se considera como una estructura de construcción requerirá permisos de obra y se le aplicarán los reglamentos que figuran en los documentos de Decreto de construcción, Decisión de uso y detención de la construcción municipal.

Las viviendas flotantes consideradas como "Estructura de Construcción" se proyectan sobre "parcelas de agua" privadas que se compran o alquilan de forma que existe una relación del arca residencial con el valor de la tierra bajo la propiedad (FIG.90). Los municipios son los que promueven la comercialización de estas parcelas de agua para el desarrollo de estructuras de construcción y obtienen beneficios económicos de la venta o alquiler de estas superficies acuáticas siempre que estén dentro del límite municipal. El estatus de "estructura de construcción" tiene algunas ventajas importantes para el promotor de la propiedad o el propietario como son una mayor seguridad jurídica en el procedimiento de planificación espacial, zonificación, derechos y un marco de referencia uniforme inequívoco y nacional para la seguridad, salud, facilidad de uso y eficiencia energética. En definitiva, que la vivienda tenga este estatus ofrece todas las garantías de la Ley de Edificación Holandesa como si fuera una construcción sobre tierra firme.



Esta ley es en gran medida aplicable y suficiente para las viviendas flotantes sobre el agua, por lo que se le aplican las mismas normas de construcción aplicadas a las construcciones en tierra. En la práctica se tiene que adaptar estas regulaciones para ajustarlas a las particularidades que presenta una vivienda colocada sobre una parcela de agua (FIG.91) frente a una colocada en tierra.

## 15.2 ARCAS RESIDENCIALES

Si la propiedad flotante tiene el estado de arca residencial "woonark", la vivienda no se tiene en cuenta como "estructura de construcción" por lo que está fuera de las regulaciones de la ley de construcción y se acogerá a la política municipal de vivienda. Las viviendas con este estado requieren un permiso especial de atraque. Los desarrollos urbanísticos de arcas residenciales flotantes pueden ser más sencillos de planificar, pero deben tener en cuenta la política municipal de atraque a través de la que se rige esta tipología de vivienda.

FIG.90\_Parcelas de agua privadas libres listas para su comercialización el barrio de Schoonship (Amsterdam).

FIG.91\_Viviendas Flotantes colocadas sobre sus parcela de agua.



Esta suele ser muy diferente de un municipio a otro y es generalmente restrictiva. Las licencias de atraque también son, generalmente, muy escasas y a menudo no están disponibles. En un arca residencial, que es móvil, es más difícil y caro conseguir una hipoteca o un alquiler que en una vivienda flotante considerada como "Estructura de Construcción". Los seguros también tienen un costo mayor y las coberturas que proporcionan son inferiores por el aumento de los riesgos que conlleva el movimiento de la embarcación.

Por lo general, el sistema de anclaje de la vivienda con el muelle es el que define en la mayor parte de los casos si la vivienda flotante se considera un arca residencial o una estructura de construcción "woonark"(FIG.92). Es habitual anclar la vivienda al muelle por medio del sistema de anclaje DualDock con el cual la vivienda se considera una estructura de "Estructura de Construcción"(FIG.93).

Por otro lado, el estatus de arca residencial móvil "woonark" está sujeto a más libertades. No se requieren permisos de planificación la construcción y remodelación son más rápidas y libres. Lo más reseñable es que el arca residencial no tiene que cumplir con la Ley de Construcción, lo que significa que la libertad de diseño es mayor y no existen restricciones, por ejemplo, en cuanto a la altura máxima de la cubierta de la embarcación. El municipio es el encargado de evaluar correctamente si las casas están clasificadas como arca residencial o construcción flotante después de que el demandante del permiso de edificación considere a que tipología va a permanecer su embarcación en función de las características particulares que tenga. El municipio revisará la solicitud de permiso de atraque en base al plan general de ordenación urbana y a otras regulaciones aplicables.

### 15.3 FACTORES QUE PUEDEN AFECTAR A LA ELECCIÓN ENTRE ARCA RESIDENCIAL O VIVIENDA FLOTANTE.

Cuestiones de importancia como la conexión a las redes de abastecimiento de la casa flotante, las rutas marítimas, la profundidad del agua, las dimensiones de los puentes o la situación de los muelles son claves para elegir si la embarcación debe considerarse como arcas residencial o estructura de construcción. Otras regulaciones a tener en cuenta son en el campo de la gestión de la calidad del agua, la salud y la seguridad en el trabajo o el medio ambiente.



FIG.92\_Sistema de anclaje de vivienda como "Estructura de Construcción"  
FIG.93\_Sistema de anclaje DualDock para vivienda como "Estructura de Construcción"



FIG.94\_Proyecto de Woonark.  
FIG.95\_Woonark construido.

Además de las casas flotantes, ahora también se han desarrollado viviendas de tipo anfibio. Las viviendas anfibas difieren de las viviendas flotantes en el modo de cimentación porque las viviendas anfibas están normalmente en el suelo durante las mareas bajas pero pueden flotar en marea alta pero se rigen con la misma normativa de las viviendas flotantes consideradas como ``estructura de construcción`` (FIG.94,95).

#### 15.4 EXPLICACIÓN Y ANÁLISIS DE LAS NORMAS DE CONSTRUCCIÓN

Una casa flotante está ocupando el espacio de tierra que se encuentra bajo el agua. Las normas de construcción exigen que se calcule la seguridad constructiva conforme a las situaciones límites extremas que la norma establece en cuanto a la inclinación o el deslizamiento de la estructura flotante.

La inclinación o el hundimiento de una construcción debida a su carga debe considerarse como un estado límite extremo, no sólo para calcular la fuerza de la estructura de la propia casa, sino también para calcular la fuerza del anclaje. La Ley regula estos aspectos para que no conduzcan al colapso de la construcción y/o al hundimiento.

Es evidente que las aseguradoras o los prestamistas hipotecarios exigirán la flotabilidad del cuerpo con mecanismos varios como la compartimentación del cuerpo que flota además de su estabilidad.

#### 15.5 RESPUESTA DE LA CONSTRUCCIÓN EN CASO DE COLISIONES O IMPACTOS

En el caso de las viviendas flotantes, deben tenerse en cuenta los riesgos de que se puedan producir colisiones de. Por ello, para prepararse contra posibles impactos, se aconseja realizar un cálculo de la estructura ante posibles impactos.

Sin embargo, la Ley no obliga a que se calcule y diseñe la estructura ante la colisión por otras embarcaciones de recreo, buques más grandes y pedazos de hielo. Con el fin de evitar la colisión por los barcos que se han salido de su ruta, los administradores de las rutas náuticas tendrán que organizar cuales son las vías navegables en las que se permiten grandes buques y limitar las áreas de planificación de viviendas flotantes a aquellas vías navegables sólo aptas para pequeñas embarcaciones de recreo o sin navegación.

El plan de ordenación urbana puede incluir medidas estructurales para limitar las colisiones, como la construcción de obras de inhibición para limitar el movimiento de grandes buques, de forma que es posible

que las casas sobre el agua sólo puedan comenzar su construcción después de que se hayan terminado estas obras para delimitar las vías navegables. Además, se tendrán que tomar medidas para mantener el agua libre de hielo, o asegurar que el cuerpo flotante puede absorber ciertas cargas como la acumulación de nieve sobre la cubierta. Si existe la posibilidad de que el nivel del agua descienda de tal manera que las viviendas acaben en el suelo, también se deben tomar medidas para que la construcción pueda soportarlo.

### 15.6 ESTABILIDAD DE VIVIENDAS FLOTANTES

En ocasiones las viviendas se emparejan dos a dos para lograr un mayor equilibrio entre los dos cuerpos y ofrecer una estabilidad óptima entre los ocupantes. En cualquier caso, toda vivienda flotante debe ser capaz de mantenerse equilibrada frente a una carga de viento relativamente baja en el caso de que la vivienda adyacente se desplace de ubicación si estaba adosada a ella y ser capaz de funcionar correctamente de manera aislada (FIG.96). La estructura de la vivienda flotante se calculará para responder a sobrecargas sin hundirse, inclinarse, doblarse, rasgarse.

### 15.7 DISTANCIA ENTRE LAS VIVIENDAS POR PROBLEMAS CON EL FUEGO

Las casas flotantes se ejecutan, generalmente, como una estructura prefabricada de madera sobre un contenedor de hormigón. Algunos municipios exigen una distancia mínima de 5 metros entre las viviendas para garantizar que el fuego no se pueda transmitir por radiación en al menos 30 minutos y limitar el riesgo de propagación de incendio de una casa otra (FIG.97).

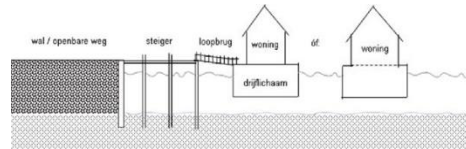
A la hora de redactar la normativa municipal los técnicos pueden estudiar regular los materiales que se pueden utilizar en fachada en función de la resistencia que ofrezcan al fuego para combinar la distancia entre las casas con el uso de materiales que puedan cumplir el requisito de 60/30 minutos de resistencia al fuego.

Estas restricciones deben de estar reflejadas en la normativa del Plan General de Ordenación del distrito flotante y, en ese caso, supondrán un criterio a tomar en cuenta para establecer los límites de las parcelas de agua sobre las que se edificará cada vivienda flotante.



FIG.96\_Asegurar la estabilidad de la Vivienda Flotante.

FIG.97\_Distancia entre viviendas flotantes para asegurar la protección contra el fuego.



## 15.8 ¿CUALES SON LOS REQUISITOS PARA LAS RUTAS DE ESCAPE SOBRE LA PASARELA DESDE LA CASA HASTA EL EMBARCADERO Y EL PROPIO EMBARCADERO?

La ley neerlandesa establece que una agrupación de viviendas atracadas en un mismo muelle no puede considerarse como un edificio residencial a efectos de aplicar la normativa de incendios. Las viviendas flotantes son casas unifamiliares individuales separadas por lo que funcionan como compartimentos separados contra incendios y humos. Se debe proveer a cada vivienda de al menos dos rutas de escape libres de humo que comenzarán en el lugar de salida de la vivienda de modo que si una ruta de escape está bloqueada por humo o fuego los ocupantes siempre puedan escapar a través de la otra ruta. La ruta de escape libre de humo debe conducir a un lugar seguro desde el que exista una conexión con la vía pública. Se considera que las personas que huyen están a salvo cuando están al aire libre (donde el humo puede salir directamente fuera), y pueden huir directamente de la estructura en llamas, es decir cuando estén fuera del edificio, en un espacio exterior. ¿Puede el embarcadero ser considerado como un lugar seguro de conexión con la vía pública? Hay dos situaciones que se pueden dar:

- 1) Si el municipio indica en el proyecto urbanístico que el embarcadero es terreno público (FIG.98), es el municipio quien debe crear las condiciones para que los ocupantes de las viviendas que se atraquen en el puedan huir de forma segura a la vía pública en caso de incendio.
- 2) Si el embarcadero es parte del plan de construcción de la promotora inmobiliaria de las viviendas (FIG.99), este no es área pública, sino privada y se considera como un punto de conexión entre las viviendas y la vía pública siempre que cumpla los requisitos estipulados.

FIG.98\_Embarcadero Público Flotante y pasarela de conexión con el muelle.

FIG.99\_Gráfico de la ubicación del embarcadero en el plan de construcción de la promotora inmobiliaria.

Se regula que este punto de conexión con la vía pública no puede cerrarse con puertas que se abran con llave por motivos de seguridad y que debe tener ciertas características que permitan la accesibilidad de los edificios a los servicios de emergencia. Además de estos requisitos el municipio puede incluir otras condiciones en su plan general de ordenación urbana que probarán si un embarcadero puede ser considerado como un punto



de conexión con la vía pública. Por ejemplo, las condiciones de la anchura mínima del embarcadero, las diferencias de altura entre el muelle y el agua y la capacidad del mismo. La vivienda flotante se considera como una estructura que debe cumplir con las normas requeridas de resistencia en caso de incendio y el municipio tiene la obligación de hacer cumplir todas las medidas de seguridad contra el fuego.

### 15.9 EXTINCIÓN DE INCENDIOS

Por ley se establece una distancia máxima de 10 metros entre el acceso a la vivienda y la vía pública. Si esa distancia es mayor, debe haber una carretera de conexión adecuada para que puedan acceder los equipos de emergencias, aunque en la práctica los equipos de bomberos son capaces de actuar hasta una distancia máxima de 40 metros entre la vivienda y la calle (FIG.100). Si la distancia entre el acceso a la casa y la vía pública es demasiado grande, se pueden concebir varias soluciones, como un tubo hidrante de incendios en el embarcadero con puntos de conexión a bocas de incendio equipadas colocadas sobre él.

También se pueden considerar alternativas como un barco de extinción de incendios o mangueras de alta presión con un alcance de hasta 90 metros, pero para ello hay que consultar los procedimientos y disponibilidad de equipos del cuerpo de bomberos local.

### 15.10 EXTINCIÓN CON AGUAS SUPERFICIALES

Cuando la extinción del incendio se vuelve compleja o los medios son limitados se puede recurrir al agua en superficie para extinguirlo puesto que no hay ninguna legislación que así lo prohíba. Sin embargo, la extinción con agua superficial a menudo no es preferible para los equipos de extinción ya que el agua superficial a menudo está contaminada, lo que hace que las bombas de agua se obstruyan o se dañen. Las bombas de alta presión, en particular, pueden ser sensibles al agua contaminada. Existe maquinaria específica con bombas con una altura de succión para aguas abiertas siempre y cuando estén libres de hielo y/o basura.

Dependerá del bombero la decisión de extinguir el fuego con aguas superficiales según se desarrolle el incendio, las características del mismo o los equipos de extinción que se dispongan en ese momento para sofocarlo (FIG.101).



FIG.100\_Incendio de Vivienda Flotante.  
FIG.101\_Equipos de rescate tras sofocar un incendio.



#### 15.11 ACCESIBILIDAD, EMBARCADEROS Y RAMPAS

La ley Holandesa establece que el objeto flotante debe estar conectado de alguna manera a la orilla, ya sea con su propio embarcadero o pasarela o a través de un embarcadero comunal (que también es utilizado por otras viviendas) (FIG.102). Tanto el embarcadero como la pasarela se consideran puntos de conexión, zonas comunes de acceso para las casas ubicadas en el embarcadero.

Según la ley Holandesa se requiere una rampa de acceso vallada en el caso de que el desnivel del embarcadero respecto a la casa sea igual o superior a 1 metro. Se debe favorecer la movilidad a personas con movilidad reducida o a los usuarios de sillas de ruedas, por lo que la pendiente de la rampa tiene que tener una pendiente óptima y una anchura de, al menos, 1'10 metros. Por lo que se refiere al umbral de la casa, se exige que el umbral no supere los 2 cm y en caso de que sea superior debe ser puentado con una rampa para que sea accesible para personas con movilidad reducida.



#### 15.12 CONEXIONES DE SERVICIOS PÚBLICOS

Para todas las conexiones de la casa se deben realizar instalaciones especiales para asegurar el suministro de electricidad, gas, aguas residuales, telecomunicaciones y agua potable. La Ley de Edificación sólo regula la seguridad de la instalación en la casa puesto que el operador de la red eléctrica, la compañía de distribución de gas y la compañía de agua potable son responsables de la conexión hasta el armario de contadores (FIG.103). La Ley de Construcción permite la instalación de un armario de contadores tanto en el interior como fuera de la vivienda (en la orilla o en el embarcadero), según elija el propietario de la vivienda flotante es el responsable

de las conexiones flexibles hasta la casa. Las gruesas líneas eléctricas rígidas y las tuberías de gas y agua no deben moverse. No hay experiencia con materiales dentro de la red de distribución que están sujetos a movimientos constantes, y además los riesgos de tuberías que no están en el suelo son mayores, de acuerdo con la motivación de los operadores de la red.

FIG.102\_ Embarcadero comunal y pasarelas en el barrio de IJburg (Amsterdam)

FIG.103\_Armario de Contadores tipo.



La línea de distribución al aire libre debe introducirse en una estructura de separación externa subiendo y bajando el nivel del agua. El problema de la conexión de las casas flotantes aún no se ha resuelto. Parece ser una cuestión de desarrollo de técnicas innovadoras y sistemas de gestión, y velocidades de conexión estándar potencialmente ajustadas.

### 15.13 APERTURA DE VENTANAS

De acuerdo con las regulaciones para la navegación no está permitido navegar cerca de una casa flotante a alta velocidad para no provocar molestias. La ley no prohíbe, pero impone requisitos a la apertura de ventanas sobre aguas públicas en el caso de la vivienda se encuentre junto a una ruta náutica frecuentada por grandes buques con el fin de evitar situaciones peligrosas entre los ocupantes de la vivienda y otras embarcaciones. Si se trata de vías fluviales, la legislación es más laxa pero si no se cumplen los requisitos se puede recurrir a la aplicación de ventanas interiores.

### 15.14 ALTURA DE LOS ESPACIOS DE RESIDENCIA

La ley holandesa de edificación sobre el agua requiere una altura libre mínima por encima del suelo de 2,60 m para las zonas residenciales y espacios vivideros para viviendas (FIG.104). Son los mismos requerimientos que para una vivienda sobre Tierra pero en función de la morfología de la casa flotante, esto puede suponer un problema.

Si el pontón de hormigón del cuerpo flotante también se utiliza como zona de residencia de la casa, una altura libre mínima de 2,60 m implica que en muchos casos sólo se puedan hacer ventanas estrechas en la parte superior de las estancias, justo por encima de la línea de flotación (FIG.105). En función del espacio esto puede dar una sensación opresiva puesto que la posición ideal de las ventanas es que estas estén a la altura de los ojos. En caso de que no se utilice el espacio del cajón de hormigón el piso de la vivienda estará en una posición más elevada y las ventanas podrán colocarse a la altura que queramos siempre y cuando estén por encima de la línea de flotación.



FIG.104\_Altura libre el interior de la Vivienda Flotante.

FIG.105\_Apertura de ventanas en la planta baja aprovechando el espacio del Pontón de Hormigón.'



FIG.106\_El municipio puede supervisar las tareas de construcción de la Vivienda Flotante en la parcela de agua o amarre habilitado.

#### 15.15 PROTECCIÓN CONTRA RATAS Y RATONES

La ley de edificación holandesa sobre construcciones en el agua regula que las estructuras de construcción no contendrán aberturas superiores a 1 cm en una altura de hasta 0,6 metros medidos desde el terreno de conexión, tanto por encima como por debajo del agua. El objetivo es evitar la penetración de ratas y ratones y la anidación de plagas en la construcción flotante. Es importante el mantenimiento de la vivienda para que materiales como la espuma de poliestireno no manifiesten agujeros y grietas con aberturas de más de 1 cm a causa del desgaste.

#### 15.16 SUPERVISIÓN DURANTE EL ESQUEMA DE PROBLEMAS DE CONSTRUCCIÓN

Un municipio puede decidir por sí mismo como establece la supervisión durante la construcción de la vivienda flotante (FIG.106). El municipio también puede exigir ciertos informes al solicitante de la licencia de edificación de vivienda flotante y, según la ley, tiene derecho a ser informado por la dirección de obras de cada una de las partes de construcción con un margen de dos días hábiles respecto al inicio de algunas tareas. En estas tareas se incluirían el inicio de los trabajos, las actividades de excavación o dragado si fuera necesario, la construcción de pilotes clavados en el fondo para anclar la vivienda o el vertido de hormigón para la construcción del pontón en el caso de que la vivienda se construyera in situ.

La vivienda debe cumplir tanto durante su construcción como en su vida útil con regulaciones que van desde la gestión del agua, el medio ambiente, la salud y la seguridad durante los trabajos de construcción. Los requisitos de salud y seguridad ocupacional pueden estar relacionados con la accesibilidad a la vivienda desde el exterior y en relación con el mantenimiento, la pintura y la limpieza.

Otros puntos de interés en el desarrollo y construcción de viviendas flotantes son algunas reglamentaciones relevantes en el desarrollo y la construcción de viviendas flotantes, como el sistema y técnica de compactación del hormigón (FIG.107) o la profundidad mínima de agua restante que debe haber bajo el cuerpo flotante, lo que se conoce comúnmente como calado. El cuerpo flotante puede sufrir inclinaciones según el reparto de la

carga que recae sobre el mismo. Se debe asegurar un calado de, al menos, 0,6 metros para evitar impactos de la vivienda contra el fondo, llegando a realizarse dragados en caso de que esto no sea así para garantizar la seguridad de los ocupantes.

#### 15.17 REQUISITOS NAÚTICOS RELACIONADOS CON LA FLOTABILIDAD, LA ESTABILIDAD, LA INCLINACIÓN, EL HUNDIMIENTO Y EL OLEAJE

Los requisitos que se pide que cumplan las construcciones flotantes van en favor de garantizar la estabilidad de la estructura, así como su correcto funcionamiento en todas las condiciones de contorno posibles. La estabilidad de la vivienda se basa en la posición del centro de gravedad del cuerpo, cuanto más bajo se sitúe éste mayor estabilidad manifestará en la práctica. Teniendo en cuentas las cargas máximas que puede soportar el cuerpo sobre él, a menudo se mantiene una diferencia de altura mínima de entre 50 y 60 cm sobre la línea de flotación de la casa para ubicar los puntos de conexión de la vivienda con las redes públicas municipales para evitar salpicaduras y humedades a causa del oleaje (FIG.108).

Una casa flotante es propensa a baibenes que rompan el equilibrio por el impacto de las olas lo cual influye negativamente en el confort y la calidad de uso de la casa. Un correcto anclaje de la vivienda que impida el desplazamiento y la rotación de la vivienda respecto a su posición inicial son claves para mantener el confort en el interior. Es importante establecer un suficiente freeboard (distancia entre la línea de flotación y el piso exterior de la vivienda), de, al menos 10 cm y recurrir a lastres si fueran necesarios para mantener la vivienda en su orientación inicial.

La actual Ley no impone unos requisitos definidos para hacer frente a los problemas de movimiento derivados del oleaje sino que esos se marcan por el propio cliente según el nivel de confort que se quiera conseguir.

#### 15.18 TUBERÍAS

Las tuberías que conducen a un cuerpo flotante a través de un embarcadero o puente a veces necesitan estar preparadas para no sufrir congelaciones en el sistema de fontanería. Protección sostenible de la construcción, a partir de la cual, por ejemplo, un requisito de recubrimiento en la parte inferior del cuerpo puede resultar,



FIG.107\_Compactación del Hormigón de Vivienda Flotante.

FIG.108\_La Vivienda debe estar diseñada para soportar el impacto del oleaje.



con el fin de prevenir la formación de algas y plagas. Andamio superficial de rugosidad, para evitar resbalones. Instalaciones de carga y descarga. Alarma de nivel de agua para advertir de la inundación del subsuelo, con detectores en cada compartimiento y una bomba de reloj automática o bomba sumergible

#### 15.19 ASPECTOS DE LA PLANIFICACIÓN URBANÍSTICA SOBRE EL AGUA

Ante la proliferación de las viviendas flotantes se recomienda a los municipios, junto con las provincias y los gestores del agua que establezcan una serie de regulaciones para la planificación urbanística de los nuevos barrios que se proyecten para albergar viviendas de este tipo concreto. La planificación de un distrito de viviendas sobre el agua debe tener en cuenta, entre otras cosas, el riesgo de colisión de otras embarcaciones con la vivienda flotante, el plan de asignación de parcelas flotantes, la conexión y suministro de gas, electricidad y agua, (FIG.109) el drenaje de las aguas residuales al alcantarillado público y el espacio necesario en tierra para ubicar estacionamientos, jardines y acceso. En la explicación del plan, se deben considerar las posibles fluctuaciones del nivel del agua en la localización de la vivienda flotante (mínimo, máximo, nivel medio). También se deben tener en cuenta aspectos ambientales, como la seguridad externa, el ruido, la ecología, la accesibilidad para sillas de ruedas, así como, la protección y mantenimiento de la costa o el medio donde se ubique.



Otras cuestiones como la accesibilidad al tráfico rodado y las instalaciones de extinción de incendios estarán regulados según la normativa urbanística municipal. La concejalía de urbanismo de cada municipio es la que diseñará un plan de zonificación para las viviendas flotantes de acuerdo con su política de planificación urbanística y ambiental (FIG.110).

#### 15.20 AGUA

La empresa propietaria del suministro de agua está obligada, dentro de la zona de distribución en la que está autorizada, a suministrar agua potable a las personas que lo soliciten por medio de una oferta de conexión a la red principal que gestiona (FIG.111). El usuario no tiene la obligación de conectarse a la red, pero sí tiene el deber de hacer una oferta para establecer una conexión si se solicita tanto para el abastecimiento de agua como para las aguas residuales (FIG.112). La ley neerlandesa pública unas tarifas anuales de conexión a la red

FIG.109\_Tubería de abastecimiento de Agua bajo la Plataforma de Construcción de la vivienda.

FIG.110\_Planificación Urbanística del Barrio Flotante de Ijburj (Amsterdam)



de suministro, aplicables al cliente, que supuestamente son razonables para el cliente, y reportan beneficios a través de aranceles para la empresa suministradora.

### 15.21 ELECTRICIDAD

En cuanto a la electricidad, la empresa responsable de la gestión de la red está obligada a proporcionar, a la persona que lo solicite, una conexión estándar a la red independientemente de dónde se encuentra la vivienda. El operador de la red facilita a la persona que solicita la conexión una declaración detallada y completa de los trabajos que deben llevarse a cabo y los costes que tienen las operaciones de instalación. El operador de la red es el único al que se le permite realizar la conexión a la red eléctrica. La tarifa aplicada por la instalación será estándar independientemente de la dificultad que conlleve realizar la conexión y hasta una longitud de cable de un máximo de 25 metros. Si la distancia es mayor se aplicará un recargo adicional a la tarifa por metro de cable utilizado.

En el caso de que la vivienda flotante fuera considerada como una propiedad móvil, la legislación se aplicaría al muelle en el que se atraca la casa flotante y la compañía eléctrica estaría obligada a proporcionar una conexión al muelle si los propietarios de las viviendas flotantes atracadas en el así lo desean.

La conexión eléctrica estándar se ejecuta a través de una toma de conexión directa al armario de contadores de la vivienda flotante con un dispositivo de medición (FIG.113). La vivienda debe contar con un armario para la ubicación del medidor, y aunque se aconseja que este armario se encuentre en el interior de la vivienda, la ley no lo estipula explícitamente por lo que el propietario podrá colocar el armario donde lo estime oportuno teniendo en cuenta su accesibilidad, incluso en el exterior.

### 15.22 GAS

El propietario de la vivienda flotante no tiene obligación de conectarse a la red ofrecida por el operador municipal del sistema de gas pero puede pedirle a un instalador con la licencia que se requiere que realice la instalación de la conexión del gas.



FIG.111\_Conexión a la Red de Abastecimiento Municipal de Aguas  
FIG.112\_Bomba de Aguas Residuales  
FIG.113\_Conexión a la Red Eléctrica

## 16 LOS PRECIOS DE UNA VIVIENDA FLOTANTE

A la hora de decantarse por la empresa armadora de viviendas flotante es importante considerar el rango de precios con los que cada empresa trabaja. La gran mayoría de empresas no hacen públicas, en la web, sus tarifas por lo que es difícil establecer una comparación directa entre unas y otras. Las empresas constructoras facilitan un número y un correo electrónico de contacto para establecer una comunicación directa con el interesado puesto que buena parte del catálogo a disposición del cliente se produce bajo pedido, con unas características específicas elegidas por el cliente y no bajo un sistema de producción en serie. Las empresas asesoran y realizan una oferta al cliente en función de sus necesidades y sería necesario que este mantuviera varias reuniones con diferentes empresas especializadas para poder establecer una comparación en términos económicos y de calidades.

Sin embargo, alguna empresa<sup>10 11</sup> si ha publicado tarifas desglosadas orientativas de sus servicios que procedo a explicar a continuación (TABLA.1). Se trata de tarifas aproximadas que sirven para poder hacerse una idea del importe total que puede suponer la compra de una vivienda flotante estándar (FIG.114,115).



TABLA.1. Estimación del coste de una vivienda flotante estándar.

| Elemento constructivo   | Precio aprox. |
|---|---------------|
| Construcción de la estructura con cubierta y acabados exteriores e interiores:      | 28000-48000 € |
| Instalaciones eléctricas, juego de luces, batería y cargador estándar:              | 1500-9000 €   |
| Wc biológico con depósito vaciado manualmente:                                      | 400-1000 €    |
| Sistema de fontanería de agua fría y caliente para ducha y lavabo:                  | 2500-5000 €   |
| Medios flotantes, equipos: escaleras en el agua, amarres, anclajes:                 | 1000-1200     |
| Acabado de la cubierta, barandillas y escaleras:                                    | 4000-7000 €   |
| Muebles empotrados. (No incluye muebles tapizados, sillas, mesas, camas):           | 1000-8000 €   |
| Plataforma flotante y acabado de la terraza:  | 17000-23000 € |
| Costos de la instalación en territorio europeo excluyendo los costos de transporte: | 5000-7000 €   |
| Gastos de transporte dentro de Europa:  | 4000-6000 €   |

FIG.114\_Proyecto de Vivienda Flotante Modelo "Benchmark" de la empresa Milliard House Boats.

<sup>10</sup> Milliard House Boats; <https://www.milliardhouseboats.com/>

<sup>11</sup> Floating Homes DE; <https://www.floatinghomes.de/en/index.html>



|   |             |
|---|-------------|
| Sistema de control de rumbo, consola de control:                              | 2300 €      |
| Motor de barco de 10-15hp con soporte de control de distancia:                | 5000-6000 € |
| Costos de certificación CE, pruebas de estabilidad y supervisión de procesos: | 5600-6000   |
| Construcción de pilotes al fondo para el anclaje de la embarcación:           | 3000-4000 € |

---

Coste total: 80300-133500 €



FIG.115\_Proyecto de Vivienda Flotante  
 Modelo ``Great Escape`` de la empresa  
 Milliard House Boats.

## 17 COMPARACIÓN DE TIPOLOGÍAS DE AMARRES ACTUALES

### 17.1 ATRAQUES URBANOS EN CENTRO EUROPA

Ámsterdam, y los Países Bajos en general es una zona en la que la tradición constructiva de Viviendas sobre el Agua ha tenido más arraigo, especialmente en las últimas dos décadas. En sus inicios las casas flotantes eran una forma de agregar viviendas rápidamente a los Países Bajos frente a la escasez de tierras firmes edificables y la alta demanda de vivienda. Actualmente hay 2.500 casas flotantes en Amsterdam y alrededor de 100.000 en los Países Bajos<sup>12</sup>, muchas de las cuales viven como su residencia principal. Las tres tipologías más conocidas en la son "Arken" (FIG.116), "Scharken" (FIG.117) y "Woonschepen"(FIG.118).

Los arken están contruidos a partir de un cajón de hormigón unido al muelle mediante un sistema de anclaje. El arca flota en el agua y sobre el se construye una estructura de madera, ladrillos o material sintético para albergar el espacio de la vivienda.

Los scharken se parece mucho a los arken, pero tienen una base de metal y necesitan ir al muelle para su mantenimiento una vez cada cinco años. Suelen ser antiguos barcos de metal que ya no se usan como barcos de navegación y que se han habilitado como viviendas.

Los woonschepen suelen ser barcos tradicionales e históricos que perdieron su función y ganaron una función residencial. El gobierno considera que agrega un ambiente agradable al centro de la ciudad.

La ciudad de Amsterdam se ha visto obligada a limitar el número total de permisos (ligplaats) para casas flotantes a 2500 frente a la alta demanda para evitar que los canales estén demasiado congestionados. La demanda que existe sobre este tipo de viviendas frente a la escasez de la oferta por la reducción de licencias de amarre



FIG.116\_Arken.

FIG.117\_Scharken

FIG.118\_Woonschepen

<sup>12</sup> www.holland.com

ha aumentado sustancialmente el costo de las viviendas por lo que ahora se puede incluso llegar a considerar como un producto elitista.

## 17.2 PUERTOS DEPORTIVOS Y ATRAQUES EN ESPAÑA

La normativa en España no contempla todavía las casas flotantes como viviendas que cumplen todos los requisitos legales como una vivienda tradicional sobre Tierra. Sin embargo, algunos puertos deportivos españoles se han convertido en barrios flotantes debido a que cada vez más personas habitan sus embarcaciones como primer lugar de residencia escapando de alquileres abusivos e hipotecas de ciudades como Barcelona (FIG.119).

España cuenta con una amplia infraestructura de puertos deportivos en gran medida gracias al sector turístico. Según la Federación Española de Asociaciones de Puertos Deportivos y Turísticos se identifican un total de 375 puertos deportivos, localizándose en la zona del Mediterráneo algo más del 60%. El número de puntos de amarre se sitúa en torno a los 135000<sup>13</sup> repartidos entre el Mar Mediterráneo, el Mar Cantábrico (FIG.120) y el Océano Atlántico habiendo experimentado un moderado crecimiento en los últimos años, debido en su mayor parte a la remodelación y ampliación de instalaciones existentes.

Estos puntos de amarre pueden utilizarse para ubicar embarcaciones flotantes móviles en régimen de compra o alquiler. En línea con esta corriente surge el proyecto español de casas flotantes Home Aboard, primera empresa de este sector en España (FIG.121).

Se trata de un modelo piloto de vivienda flotante, que permite la residencia a modo vacacional e incluso permanente, dentro del entorno de Marinas y Puertos Deportivos con todas las comodidades y el confort de una vivienda en tierra, puestas en el mar, con acceso directo al agua y a las zonas comerciales de los Puertos Deportivos Españoles.

<sup>13</sup> Federación Española de Asociaciones de Puertos Deportivos y Turísticos FEAPDT.



FIG.119\_Puerto Deportivo de Empuria Brava, Gerona, el más grande de España  
FIG.120\_Puerto Deportivo de Laredo, Cantabria, España.



FIG.121\_Vivienda piloto de la empresa española Home Aboards.

### 17.3 COMPRA Y ALQUILER DE AMARRES

Los precios de compra o alquiler de los amarres en España varían en función del tamaño del sitio, medido por la eslora, situación, características del puerto, servicios ofrecidos y desde luego, la oferta y demanda. En lo que respecta al alquiler, los puertos tienen unas tarifas de precios diarios y otros por temporada con un precio mínimo de estancia de un mes.

Al comprar o alquilar un amarre tendremos la obligación de conservar el amarre y nuestro derecho será por el plazo en que dure la concesión sufragando los gastos de mantenimiento establecidos por el puerto: agua, luz, etc.

También existen puertos en los que la totalidad de amarres permanecen siempre en propiedad al concesionario, generalmente un club. Este concede a sus asociados un derecho a uso abonando, además de la cuota social, otra cantidad por el uso del amarre. Este derecho a uso del amarre tendrá una vigencia temporal función del plazo por el cual se obtenga la concesión por parte del concesionario, que no podrá nunca exceder los 30 años.

Los precios de compra y alquiler en España son muy variables, en función de la localización y la eslora. Teniendo en cuenta una eslora de una vivienda móvil pequeña-mediana de 11x4 metros el precio de compra podría estar entre los 5000 y los 200000 € mientras que el alquiler mensual oscilaría entre los 80 y los 15000 €.







## 18 CASOS PARTICULARES DE CONSTRUCCIONES FLOTANTES (PROYECTOS ESPECÍFICOS)

En este capítulo se estudiarán 3 propuestas diferentes de estructuras flotantes con alguna particularidad especial, ya sea por su uso, su ubicación, distribución interior o su técnica constructiva.

### C. WA\_SAUNA

Se trata de una construcción flotante en los lagos cercanos a la ciudad de Seattle que no está destinada a la función residencial, sino que tiene un uso específico recreativo.

La particularidad de esta estructura flotante creada por el estudio goCstudio<sup>14</sup> es la reinterpretación que hacen del elemento flotante para convertirlo en una sauna diseñada para ser colocada en entornos fríos. El proyecto toma ideas basadas en conceptos primarios como el fuego, el agua, y la comunidad. Parte del propósito de atraer visitantes a los lagos durante todo el año buscando ser una especie de icono y enmarcando el paisaje de agua en el que se encuentra (FIG.122). En el proyecto también figuran otras ideas como las ideas de viaje y de descubrimiento; creando una experiencia única para el visitante que descubre la estructura como si fuera un hito que ofrece una perspectiva diferente del paisaje. Los navegantes y piragüistas pueden aventurarse y navegar entorno a la estructura e incluso amarrarse a ella y disfrutarla durante unos minutos.

El proyecto fue financiado con el apoyo de la comunidad local y por medio de una campaña de financiación colectiva (crowdfunding). Diseñado por el estudio goCstudio con la ayuda de un equipo de voluntarios de los campos de la arquitectura, la carpintería y la construcción. Lo más complicado del proceso de construcción fue maniobrar la estructura de casi 2100 kilos y 4,50 metros de altura (FIG.123) desde el almacén hasta el embarcadero. Se transportó completamente montada en un remolque especial hasta la rampa de botadura y una vez allí se deslizó, suavemente, hasta llegar al nivel del agua.

El proyecto se puede ver regularmente en la zona comprendida entre el Lago Union y el Lago Washington, en Estados Unidos. La sauna es una embarcación movida por un motor eléctrico de arrastre alimentado con

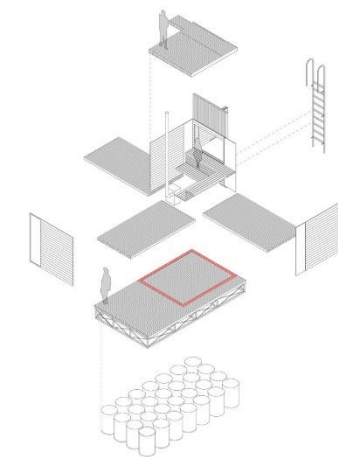
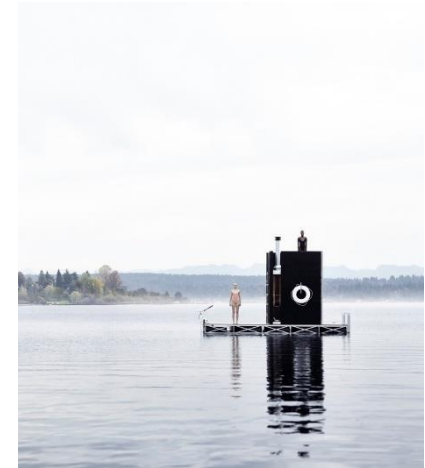


FIG.122\_Embarcación Flotante como hito que enmarca el paisaje.

FIG.123\_Axonometría Constructiva.

<sup>14</sup>GoCstudio architecture+design.



baterías de 12 voltios (FIG.124) y calentada por una estufa de leña para elevar la temperatura interior. La propulsión eléctrica de la embarcación permite a los usuarios desplazarse en silencio, explorando los lagos, creando una sensación de paz y tranquilidad junto con el calor de la sauna. La experiencia se complementa con unas vistas únicas hacia la ciudad de Seattle así como hacia el entorno de los lagos junto a otros sonidos del fuego crepitante y el movimiento del agua surcado suavemente por la estructura flotante.

#### D. *WATERVILLA-OMVAL*

Esta vivienda flotante de doble casco, ubicada en el río Amstel, en la ciudad de Amsterdam y creada por el estudio +31 Architects<sup>15</sup> se caracteriza por un diseño exterior alejado de la mayoría de casas flotantes (FIG.125) Utiliza un diseño muy contemporáneo basándose en formas curvas y un cerramiento exterior muy abierto (FIG.126) que permita una visión amplia del entorno desde el interior.



Los residentes querían una casa con una planta abierta donde se pudiera disfrutar de la vista al máximo y pudieran disfrutar del espacio exterior. Las líneas redondeadas prominentes de la fachada están acentuadas mediante un acabado en aluminio blanco brillante en el exterior mientras que en el interior las curvas de la fachada se funden en las paredes y techos de yeso blanco (FIG.127). La distribución interior se caracteriza por el uso de todo el espacio interior del pontón de hormigón de modo que algunas estancias se ubican por debajo de la línea de flotación como la sala de estar. Estas estancias bajo el agua cuentan con ventanales colocados en la parte superior que ofrecen una vista amplia del Amstel. Al nivel inferior se accede por la escalera interior que comunica ambos niveles. Esta morfología tan especial de la casa se debe a la limitación en altura que estipula la normativa en esta zona del Amstel y que solo permite una altura máxima de la edificación de 3 metros sobre el nivel de la línea de flotación. El aprovechamiento del espacio del cajón flotante, generalmente infrutilizado añade una complejidad técnica mayor pero permite sumar superficie hasta los 200 metros cuadrados con los que cuenta esta vivienda construida en el año 2010.

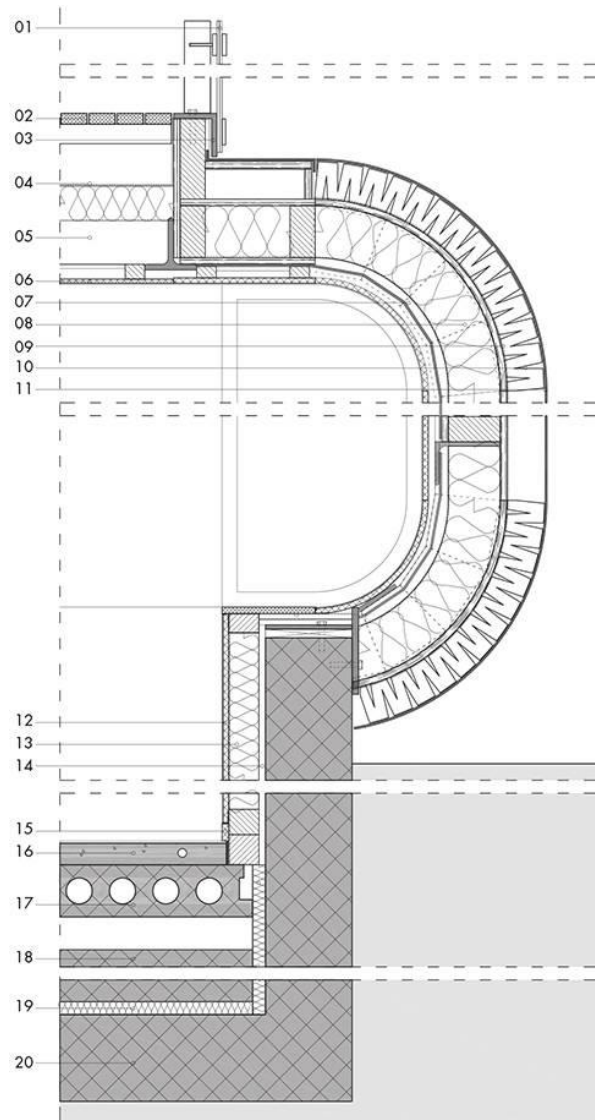


FIG.124\_Wa-sauna, vista Exterior del motor eléctrico de arrastre.

FIG.125\_Watervilla-Omval,vista Exterior.

FIG.126\_Watervilla-Omval,vista nocturna.

<sup>15</sup> Plus31 Architects



1. Vidrio de seguridad
2. Madera Bankirai para suelo exterior.
3. Perfil de acero en ángulo
4. Techo blanco de PVC
5. Acero cinchado
6. Techo de escayola
7. Placa de acero para rigidez
8. Aislante
9. Techo blanco de PVC
10. Fijaciones plásticas de construcción.
11. Paneles de aluminio modelo Reynobond
12. Pladur con estuco
13. Aislante
14. Cavity
15. Zócalo de madera
16. Solera de cemento
17. Losa de hormigón alveolar
18. Bloque de lastre de hormigón
19. Aislante EPS
20. Casco de hormigón reforzado

FIG.127\_Watervilla-Omval,detalle del doble casco.

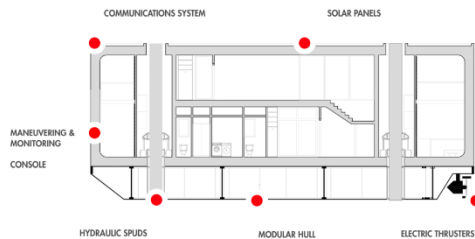


FIG.128\_Arkup-Waterstudio.NL,sección/pilotes hidráulicos.  
 FIG.129\_Arkup-Waterstudio.NL,vista exterior de la vivienda en aguas abiertas..

### E. ARKUP-WATERSTUDIO.NL

Waterstudio.NL<sup>16</sup> es un estudio de arquitectura de referencia mundial en el campo de la arquitectura flotante. Se caracteriza por enfrentarse al desafío de desarrollar soluciones a los problemas planteados por la urbanización y el cambio climático. Trata de repensar la forma en que vivimos con agua en el entorno construido teniendo en cuenta que las previsiones de crecimiento poblacional indican que se va a producir una fuerte demanda de suelos en áreas urbanas cercanas al medio acuático. El estudio liderado por el arquitecto neerlandés Koen Olthuis propone edificar sobre el agua a través de proyectos flotantes a gran escala en un entorno urbano que brinden una solución a estos problemas de sostenibilidad y ocupación del territorio que van a surgir en los próximos años. En el marco de esta visión de la arquitectura la empresa ha desarrollado tanto viviendas unifamiliares flotantes por todo el mundo como desarrollos urbanos completos como el barrio de Schoonship.

El último proyecto de la empresa, en colaboración con la compañía Arkup es el diseño de viviendas flotantes con emisiones cero. Estas viviendas combinan las características de las villas frente al mar, con los beneficios adicionales de ser autosuficientes, sostenibles y respetuosos con el medio ambiente. Lo que diferencia esta vivienda de una casa flotante convencional es que cuenta con un sistema de pilotes hidráulicos (FIG.128) que permiten elevar el yate sobre el nivel del mar siempre y cuando la profundidad sea igual o inferior a 6 metros. Este sistema se emplea para estabilizar la vivienda en situaciones de viento u oleaje, anclándose al fondo marino y ofreciendo una estabilidad igual a la de una Vivienda en tierra. La vivienda cuenta con dos propulsores eléctricos de 136 hp capaces de girar 180 ° para mejorar la capacidad de maniobra e impulsar el yate hasta una velocidad máxima de 7 nudos.

Con este proyecto Waterstudio.nl no solo proyecta una vivienda flotante sino que se embarca en las viviendas anfibas. Una nueva tipología de vivienda con muchas posibilidades de éxito en zonas costeras con fuertes mareas o cambios repentinos del nivel del agua (FIG.129).

<sup>16</sup> Arkup, Avant-Garde Life on Water-Waterstudio.nl

## 19 EDIFICIOS FLOTANTES- IBA DOCK

Las técnicas de construcción sobre el agua en busca de expansiones urbanas cercanas al agua no solo se han desarrollado en la línea de viviendas unifamiliares sino que se han ampliado a edificios completos de varias plantas (FIG.130). La construcción de viviendas más pequeñas ha permitido coger la experiencia para desarrollar proyectos sobre el agua más complejos a nivel tecnológico y de soluciones de ingeniería.

Ubicado en el puerto del Elba en Hamburgo se ha construido bajo una estructura modular el edificio flotante más grande de Alemania (FIG.131). Se trata de un edificio flotante que sube y baja con el nivel del agua con el movimiento de las mareas.

El edificio está conectado al muelle mediante una pasarela en una zona marítima que experimenta una subida diaria de 3,5 metros respecto al nivel de marea baja (FIG.132). Esta condición local produce un movimiento ascendente y descendente continuo de la estructura durante todo el día de modo que flota en el agua y se adapta a las condiciones de contorno que se den en cada momento.

El edificio está construido por medio de una gran plataforma de hormigón de 43 m de largo y 25 m de ancho que sirve a la vez como muelle. La construcción se compone por estructuras de 3 pisos ejecutadas en un marco modular de acero liviano con módulos prefabricados. Estas estructuras se ensamblaron in-situ en el lugar de construcción y se podrían desmontar en el caso de que el edificio fuera remolcado y trasladado por agua hasta otra ubicación. Los módulos se desmontarían para permitir el paso de la estructura bajo los puentes y posteriormente podrían ser reensamblados en su nueva ubicación.

### 19.1 ENERGÍA Y SOSTENIBILIDAD

El edificio Iba Dock es un ejemplo de los avances que se han producido en las tecnologías de construcción, sostenibilidad y eficiencia energética. Casi todos los componentes son reutilizables y todo el edificio puede desmontarse y ensamblarse en cualquier otro lugar.

La demanda energética del edificio queda cubierta mediante una bomba de calor que explota la energía del Elba y un sistema fotovoltaico colocado en el techo. Para el abastecimiento de calefacción y refrigeración el edificio utiliza un sistema neutral en CO<sub>2</sub>, de forma que no se contamine el medio.

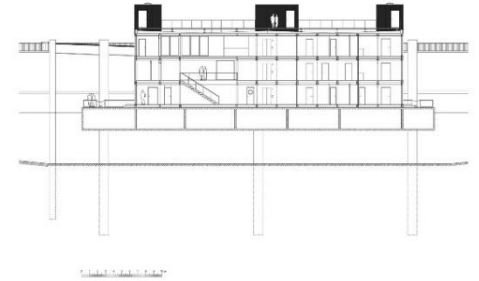


FIG.130\_ Sección del Iba Dock, 3 plantas + sótano + confinamiento.

FIG.131\_Proceso de montaje de los módulos prefabricados.

FIG.132\_Pasarela de conexión del edificio con el



## 20 ASENTAMIENTOS POBLACIONALES FLOTANTES

### 20.1 PAMPUS HARBOUR.MVRDV

Pampus Harbour es un proyecto de desarrollo urbanístico realizado en el año 2006 por el estudio de arquitectura MVRDV. Plantea de manera visionaria una colonia flotante en el mar, para el desarrollo del área urbana Amsterdam-Almere, con capacidad para hasta 500 viviendas de 5 tipologías diferentes (FIG.133,134,135).

El proyecto propone el barrio como un asentamiento móvil y flotante que funcione con la máxima individualidad y libertad de las viviendas que lo conforman permitiendo la posibilidad de nuevas tipologías de vida.

La comunidad Pampus Harbour "puerto de refugio" funcionaría como un barrio con servicios comunes y redes públicas de abastecimiento energético pero siempre manteniendo la individualidad de las viviendas manteniendo unas distancias entre ellas posicionándolas y orientándolas de una determinada manera.

La localización no es algo arbitrario sino que responde a la necesidad de espacio residencial debido al crecimiento del área urbana de Amsterdam-Almere y la escasez de terrenos disponibles para la edificación si éstos no se ganan al mar como la ingeniería neerlandesa lleva realizando durante las últimas décadas.

En este contexto y el carácter de la ubicación son la base para desarrollar una tipología de vida específica para las personas que se sienten atraídas por un entorno con más libertad e independencia frente a la vida en una ciudad tradicional.

Al tratarse de un asentamiento que flotante y móvil la morfología y disposición de las viviendas del barrio es variable según los principios de organización que se sigan por lo que es posible realizar cambios en la planificación urbanística y se pueden añadir nuevas plataformas de servicios públicos comunes y jardines.



FIG.133,134,135\_Infografías del Proyecto Pampus Harbour.



## 14.GESTIÓN DE DESARROLLOS URBANOS SOBRE EL AGUA

### 20.2 PROYECTO OCEANIX

Actualmente, el 50 por ciento de los habitantes de nuestro planeta vive en zonas costeras y se estima que para el año 2050, el 90% de las ciudades más grandes del mundo estarán expuestas a mares en ascenso. La gran mayoría de las ciudades costeras se verán afectadas por la erosión e inundaciones costeras, desplazando a millones de personas y destruyendo hogares e infraestructura.

Además de esto está previsto un éxodo masivo de 2.500 millones de personas que van a trasladar su residencia habitual del medio rural a las ciudades de aquí a 2050.

El proyecto Oceanix es un proyecto de comunidad flotante de desarrollado por el Estudio de Arquitectura Bjarke Ingels Group (BIG) que propone una visión para la primera comunidad flotante sostenible del mundo para hasta 10000 residentes diseñada para crecer, transformarse y adaptarse orgánicamente a lo largo del tiempo, evolucionando de vecindarios a ciudades con la posibilidad de escalarse indefinidamente (FIG.136). Este desarrollo urbano serviría para ampliar las actuales ciudades costeras amenazadas por las inundaciones y como lugar de residencia para poblaciones isleñas en riesgo por el aumento del nivel del mar.

El proyecto imagina una ciudad autosuficiente en la cual vivir en islas flotantes ancladas al lecho marino a unos dos kilómetros de la costa deje de ser algo inimaginable. Se trataría de una de las muchas soluciones que la ONU está estudiando para zonas costeras amenazadas por la superpoblación y la crisis climática. Las llamadas ciudades flotantes tienen dos ventajas notables sobre sus vecinas terrestres: suponen una nueva gran extensión de terreno para que ciudades y regiones superpobladas puedan ampliarse y están preparadas contra la subida del nivel del mar ya que flotan sobre este (FIG.137).

Los promotores de la idea, piensan en utilizar el proyecto para sumar barrios a las ciudades existentes en aquellas comunidades que lo demanden. La ciudad modelo de Oceanix sería habitada por unas 10.000 personas y se situaría hasta a dos kilómetros de la costa para evitar tsunamis y oleajes costeros.



FIG.136\_Ciudad Oceanix a vista de pájaro.  
FIG.137\_La ciudad flota sobre el agua.

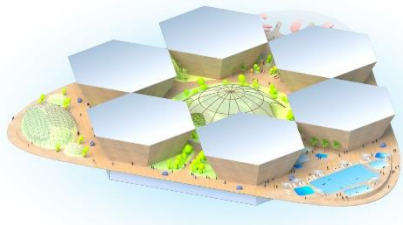


FIG.138

**NEIGHBORHOOD**

The mixed-used platform accommodates approximately 300 residents.

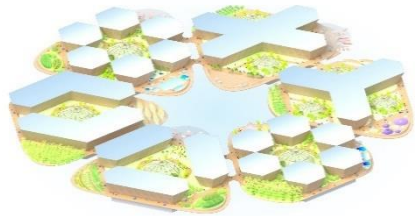


FIG.139

**VILLAGE**

A cluster of six neighborhoods creates a community of 1,650 residents.

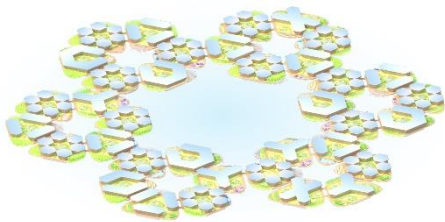


FIG.140

**CITY**

Aggregating to reach a critical density, 6 neighborhoods cluster to form a city of 10,000 with a strong sense of community and identity.

Estaría formada por un conjunto de plataformas hexagonales, ancladas al fondo del mar, de dos hectáreas con espacio para 300 personas cada una (FIG.138,139,140).

El plan de Oceanix es que las ciudades flotantes sean capaces de producir su propia energía, su propia comida y su propia bebida generando el mínimo impacto posible gracias a un sistema de reciclaje integral y sirviendo de soporte de ciudades costeras superpobladas y al límite de sus recursos.

En opinión de Bjarke Ingels, el arquitecto danés a cargo del proyecto, Oceanix alcanzaría un nivel de huella ecológica muy bajo, de media hectárea por residente (superficie de tierra y agua necesarias para generar los recursos y asimilar los residuos producidos) gracias al funcionamiento coordinado del conjunto de la ciudad. Trataría de “desarrollar las últimas tecnologías con las mejores prácticas”.

Frente a la cuestión de que perfil de la población estaría dispuesta a trasladarse lejos de la tierra firme podrían ser claves factores como el precio ya que la construcción de módulos en serie y la utilización de materiales renovables y ligeros como bambú y otras maderas que permiten abaratar los costos. Además del costo de los materiales de construcción hay que tener en cuenta que como dice Ingels “no tener que comprar el terreno es una oportunidad maravillosa para solucionar algunos de los factores que hacen prohibitivos cierto tipo de proyectos en las ciudades tradicionales”.

Aunque tal vez el mejor argumento de venta para mudarse a las islas flotantes de Oceanix sea la belleza del lugar que ha diseñado el estudio de BIG porque según ellos “la sostenibilidad no puede significar renunciar a parte de tu calidad de vida porque eso no es atractivo para nadie”.

20.3 MORFOLOGÍA DE LA CIUDAD OCEANIX

La ciudad se organizaría en vecindarios modulares de 2 hectáreas que crean comunidades autosuficientes de hasta 300 residentes con espacio de uso mixto para vivir, trabajar y reunirse durante el día y la noche. Las estructuras construidas en el barrio se elevarían hasta una altura máxima de 7 plantas con el fin de lograr un centro de gravedad bajo y ofrecer una menor resistencia al viento propio del mar abierto.

Las cubiertas se aprovecharían en toda su superficie para la colocación de paneles solares que abastezcan energéticamente a la comunidad y la agricultura comunitaria será el corazón de cada plataforma, fuente de alimentos clave para la autosuficiencia de cada módulo (FIG.141). Bajo las plataformas, por debajo del nivel del mar, los arrecifes flotantes se usarían para cultivar algas, ostras o vieiras con función tanto alimenticia como de limpieza del agua ya que aceleran la regeneración del ecosistema.

Los seis barrios de cada módulo se comunicarían a través de canales interiores (FIG.142) y se agruparían en torno a un puerto central protegido. Este módulo puede acoplarse a otros equivalentes de forma que las aldeas más grandes de 12 hectáreas pueden albergar hasta 1650 residentes. Alrededor del anillo interior se ubicarían las funciones sociales, recreativas y comerciales y de reunión. A su vez, los residentes de una aldea podrían asociarse con otros seis pueblos conectados para formar una ciudad de 10000 residentes en 75 hectáreas en torno a un puerto protegido más grande que forma en el corazón de la ciudad.

La idea sería que los diferentes módulos se puedan prefabricar en la tierra y remolcar a su sitio final como si fuera una vivienda individual flotante estándar. La reducción de los costes de construcción junto con el bajo costo del espacio ocupado en el océano hace que el proyecto sea económicamente viable y que el desdoblamiento de las megaciudades costeras del globo en comunidades anexas flotantes se vuelva una posibilidad real en las zonas más vulnerables del mundo.

#### 20.4 SOLUCIONES TECNOLÓGICAS DEL PROYECTO OCEANIX

Se presentan algunas de las soluciones que propone el proyecto Oceanix para tratar de construir de forma inteligente una comunidad flotante de personas en alta mar en los campos de la producción de energía, el abastecimiento de alimentos y agua, la movilidad y la gestión de residuos.



FIG.141\_Tierras cultivables.

FIG.142\_Canales interiores.

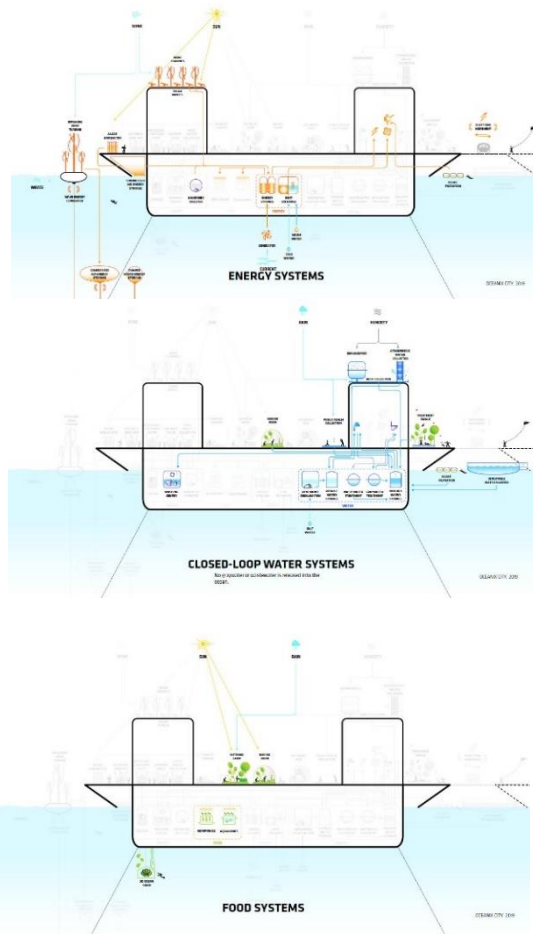


FIG.143\_Sistema Energético.

FIG.144\_Sistema de Abastecimiento de Agua Dulce.

FIG.145\_Sistema de Abastecimiento de Alimentos.

### Energía neta cero

Abundante energía limpia y renovable a partir de energía solar, eólica y olas (FIG.143).

- Paneles solares
- Turbinas de viento
- Almacenamiento de energía por aire comprimido
- Energía mareomotriz
- Conversión de energía térmica oceánica
- Bioreactor de algas

### Abastecimiento de agua dulce

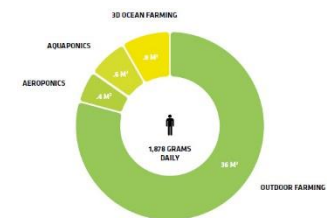
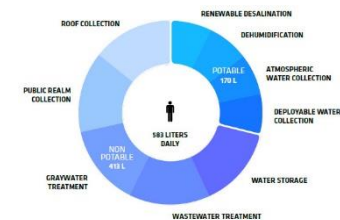
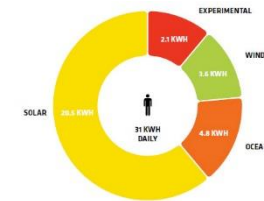
Suministro de agua dulce de forma autosuficiente a través de la última tecnología de destilación de vapor de agua, generadores de agua atmosférica y sistemas de recolección de lluvia. Sistemas integrados de reutilización de agua de circuito cerrado para evitar el desperdicio de agua (FIG.144).

- Recogida atmosférica de agua
- Tratamiento de aguas grises.
- Tratamiento de aguas residuales.
- Deshumificadores

### Abastecimiento de alimentos

Suministro constante de productos orgánicos de origen vegetal (FIG.145).

- Agricultura vertical iluminada con luz solar
- Granja Interior
- Granja Exterior
- Aquaponics



### **Movilidad Urbana**

Movilidad compartida para una comunidad integrada, mixta y productiva con una demanda de transporte reducida.

### **Gestión de residuos**

Procesamiento de los residuos en un circuito cerrado que convierte los desechos en energía, materia prima agrícola y materiales reciclados reduciendo la huella ecológica (FIG.146).

- Embalaje reutilizable
- Centro de clasificación
- Filtración de algas

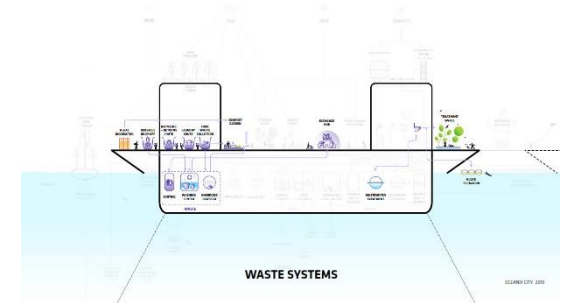


FIG.146\_Sistema de Gestión de Residuos.







## 21 METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE UNA VIVIENDA FLOTANTE

El propósito del proyecto es diseñar una estructura flotante, de pequeño tamaño, que pueda usarse como segunda residencia en entornos fluviales o como un refugio ante inundaciones o crecidas de forma que los ocupantes puedan satisfacer sus necesidades durante los periodos de inundación.

Se proyecta una pequeña estructura colocada sobre una plataforma de aluminio de dimensiones 6,10 x 3,65 m bajo la que se ubica todo el sistema de flotación y sobre la que se construye una estructura ligera de aluminio en la que se insertan los paneles de madera con el aislamiento y acabado interior y que se recubre por fuera con el acabado exterior.

El sistema de flotación que se utiliza es a base de un conjunto de 28 flotadores de tipo tambor ubicados bajo el piso de la estructura con una disposición de 7 flotadores en la dimensión más larga de la base y de 4 flotadores en la más corta. Para asegurar la flotabilidad de la estructura, se propone que los tambores de flotación de plástico se proporcionen de tal manera que puedan permanecer en completo equilibrio (FIG.147). La estructura trata de utilizar una selección de materiales locales, especialmente en la elección de las maderas tanto interiores como exteriores, así como una simplificación de los elementos constructivos que la componen con el fin de ajustar el precio de la vivienda lo máximo posible y que pueda ser accesible al mayor número de personas (FIG.148).

Las dimensiones de la vivienda son de 4,10 x 3,65 m, lo cual establece una superficie interior de 15 m<sup>2</sup> distribuidos en varios niveles de forma que la vivienda tenga capacidad para albergar una cocina completa, sala de estar, baños, una cama doble y otra individual (FIG.149). Se considera que la capacidad de funcionamiento de la vivienda es de una pareja o una familia pequeña de tres miembros por lo que se estiman unos valores aproximados de 80, 60 y 40 kg, es decir un total de 180/200 kg de peso por parte de los ocupantes.

Para proporcionar una instalación de saneamiento adecuada, se debe proyectar un inodoro flotante articulado de tal manera que la estabilidad de la estructura flotante no se vea obstaculizada.

A parte de las cargas consideradas por los miembros de la familia tipo se estiman unas cargas de 250 kg de alimentos para el periodo de 1 mes, el peso de unos 80 litros de agua potable almacenada, 80 kilogramos además de la carga de otros utensilios y pequeños elementos de mobiliario interior estimado sean de 300 kilogramos.

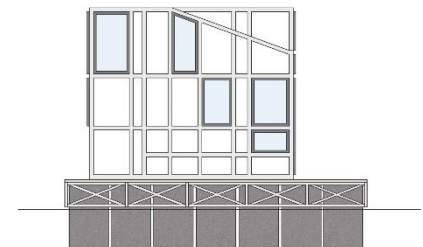
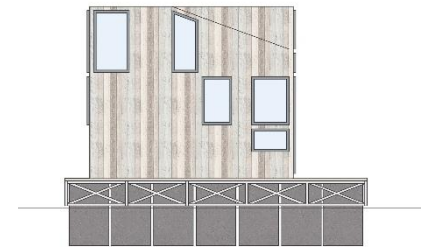
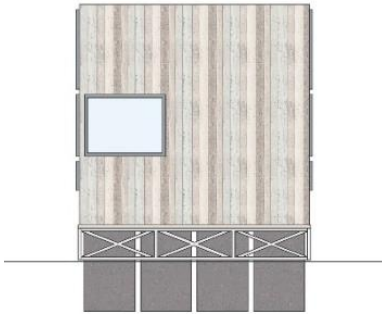


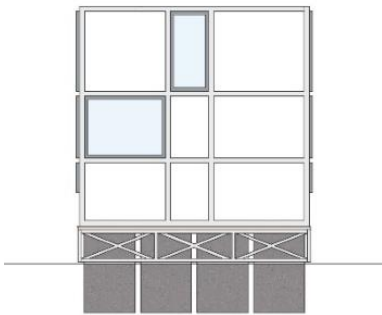
FIG.147\_ Flotadores tipo tambor.  
FIG.148\_ Estructura del Alzado Lateral  
FIG.149\_ Planta



Teniendo en cuenta que la estructura diseñada tendrá un peso por sí mismo de unos 1000 kg se estima una carga total de cerca de 1700 kilogramos.

A la hora de diseñar el cuerpo flotante hay que tomar en consideración que el 30 por ciento del diámetro de los tambores que aseguran la flotabilidad de la vivienda se deben mantener sobre la superficie del agua para que estos desempeñen su función correctamente.

El número de tambores necesarios para construir una casa flotante se calcula a partir de la relación entre el peso total de la estructura y la fuerza de flotación neta que puede desarrollar cada tambor. Para el peso estimado del conjunto de en torno a 1700 kg se estima que son necesarios 28 tambores plásticos de flotación; 4X7 (FIG.150).



### 21.1 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Se trata de garantizar una correcta estabilidad del conjunto puesto que en zonas inundables donde el nivel del agua puede aumentar rápidamente existe la posibilidad de que se puedan producir inclinaciones de la plataforma flotante que si no se corrigen podrían conllevar en un vuelco de la estructura.

Para calcular el grado de estabilidad flotante que ofrece la vivienda habría que calcular la posición del centro de gravedad del conjunto cuando éste se encuentre cargado así como la línea de flotación, que debe encontrarse ,al menos, dejando un 30 por ciento del volumen de los flotadores sobre el nivel del agua.

Por lo general hay que asegurar una altura de amortiguación de 150 mm sobre la superficie del agua para evitar que el agua pueda extenderse sobre la superficie de la plataforma por acción del oleaje y para tener un margen respecto al nivel del agua para absorber cualquier carga adicional que se coloque sobre la estructura y que provoque un descenso de la misma frente a la posición anterior que tenía sin esa carga.

La altura metacéntrica (GM), es el criterio principal que define la estabilidad del cuerpo flotante, debe ser un valor positivo lo cual garantizará la estabilidad de la estructura (FIG.151) capaz de recuperar su estabilidad en el caso de que se produzca un desplazamiento angular de la estructura, por viento u oleaje, de hasta 5 grados. El ángulo máximo de inclinación se calcula a partir de la ecuación de equilibrio del momento de flotabilidad y el momento de vuelco máximo que puede generar la vivienda cuando ésta esté cargada al máximo.

Una vez recopilados estos datos necesarios para el cálculo de la flotabilidad se calcula con programas informáticos de simulación las velocidades máximas de viento que puede soportar la estructura en función de

FIG.150\_Alzado Posterior.  
FIG.151\_Estructura Alzado Posterior.

la carga máxima lateral que soporta por acción del viento sin alterar su estabilidad. Por lo general este tipo de estructuras logra ser estable en el agua hasta velocidades de viento de aproximadamente 160 km / h.

## 21.2 DESARROLLO DEL MODELO

Mediante la información y los cálculos realizados, se realiza un prediseño de la estructura como un modelo conceptual de la casa flotante a partir de la sección (FIG.157,158) y a través de una selección de materiales, el tipo de diseño, el mecanismo flotante, los sistemas de conexión y soportes así como el grado de estabilidad flotante y de resistencia a las fuerzas laterales.

## 22 ESTIMACIÓN DEL COSTO DE UNA VIVIENDA FLOTANTE LOW-COST

En este capítulo se trata de realizar una estimación del costo aproximado de la vivienda flotante asentada sobre una plataforma flotante bajo la cual se sitúa una batería de flotadores de material plástico que permiten su flotabilidad y mantienen la vivienda estable según el nivel del agua.

La vivienda estaría pensada para ser ubicada en áreas inundables o tranquilas con el propósito de ser accesible económicamente para un gran grupo de población reduciendo costos utilizando materiales locales y simplificando la tecnología. El proyecto de refugio flotante se apoya fundamentalmente en tres objetivos, que sea de bajo coste, que flote y sea estable en el agua y que también sea duradera en el tiempo.

El presente estudio se realizó con el objetivo de abordar los siguientes objetivos:

- Diseñar una vivienda flotante adecuada para todas las épocas del año en áreas afectadas por inundaciones y que se pueda utilizar como refugio.
- Analizar la estabilidad de la vivienda diseñada contra la acción del viento en condiciones de flotación.
- Estimar el costo de las casas flotantes hechas de diferentes materiales de construcción para asegurar su viabilidad económica.

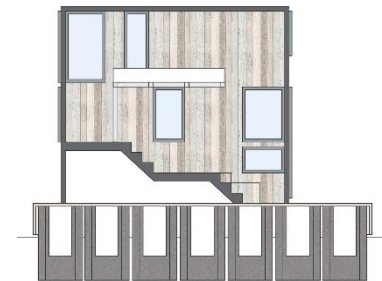
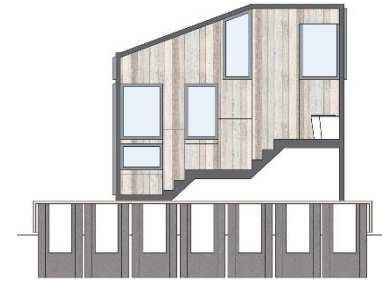


FIG.157\_Sección A-A'

FIG.158\_Sección B-B'



FIG.159\_Vista Exterior

## 22.1 ESTIMACIÓN DEL COSTO

Considerando que se trata de hacer un producto accesible para el público general se trata de encontrar materiales de construcción adecuados que resulten durables y viables económicamente, tanto en el interior como en el exterior (FIG.159).

### TABLA INVENTARIO DE LA VIVIENDA FLOTANTE

#### ELEMENTO

- Superestructura de aluminio
- Paneles de madera tricapa con aislamiento y revestimiento interior
- Revestimiento de madera exterior
- Tornillos
- Herrajes
- Carpinterías
- Cubierta
- Bomba de agua
- Almacén séptico
- Paneles solares

La vivienda va dirigida a todos los públicos, incluso para comunidades con bajos recursos en zonas susceptibles a las inundaciones. Se trataría de cada cliente pudiera elegir fácilmente su tipo de casa con variaciones en la calidad de los materiales utilizados en los diferentes elementos de la vivienda lo cual daría como resultado una fluctuación en el costo y podría ser asequible para un mayor número de personas.

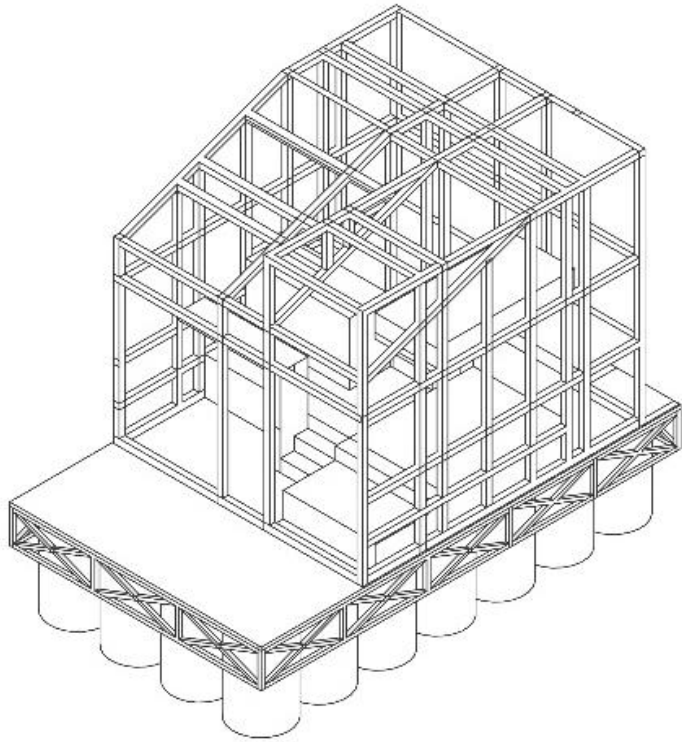
## 23 CONCLUSIONES

La vivienda flotante propuesta resulta estable desde el punto de vista de la ingeniería y puede ser económicamente viable si se utilizan materiales constructivos disponibles en el ámbito local. La vivienda diseñada tiene la capacidad de alojar a una pareja o a una familia pequeña de tres miembros y cuenta con un espacio suficiente de almacenamiento para albergar aquellos alimentos y productos necesarios que necesitan para vivir con y comodidad durante los períodos de uso de la casa en el agua. La casa flotante proyectada está diseñada para flotar en aguas tranquilas y áreas inundables y está pensada para ofrecer un entorno para vivir en condiciones similares a los hogares que se sitúan en tierra firme.

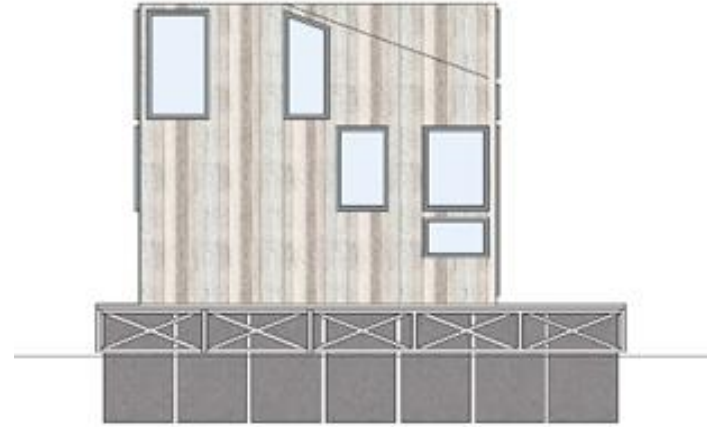
El sistema de flotación se resuelve con cilindros de plástico hermético colocados bajo la base de la vivienda y ofrecen la principal cualidad de aumentar la durabilidad y la simplicidad del sistema frente a otros sistemas de flotación como los de tipo cajón más complejos y para estructuras de mayor tamaño. La instalación de saneamiento se puede resolver mediante el uso de una bomba con una conexión directa a la red de abastecimiento y alcantarillado o pozo más cercano o en el caso de no encontrarse atracada puede almacenar los residuos en el depósito de almacenamiento séptico ubicado bajo el suelo de la casa y con capacidad para tres días.

Con la provisión de energía solar, la casa cuenta con su propio sistema de abastecimiento de electricidad y convertirse, de esta manera, en una opción real y alternativa de vivienda como segunda residencia.

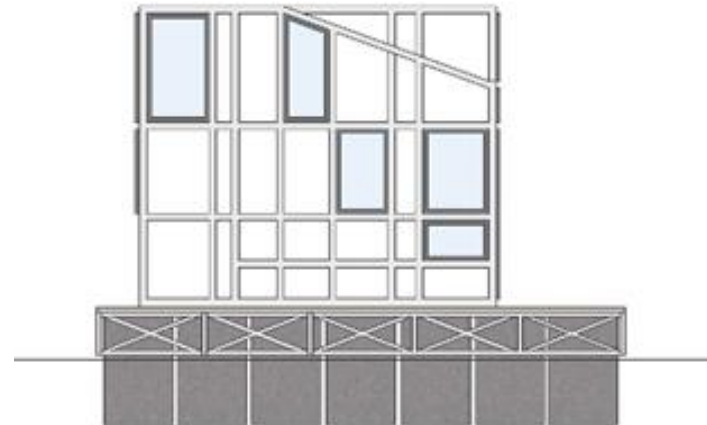




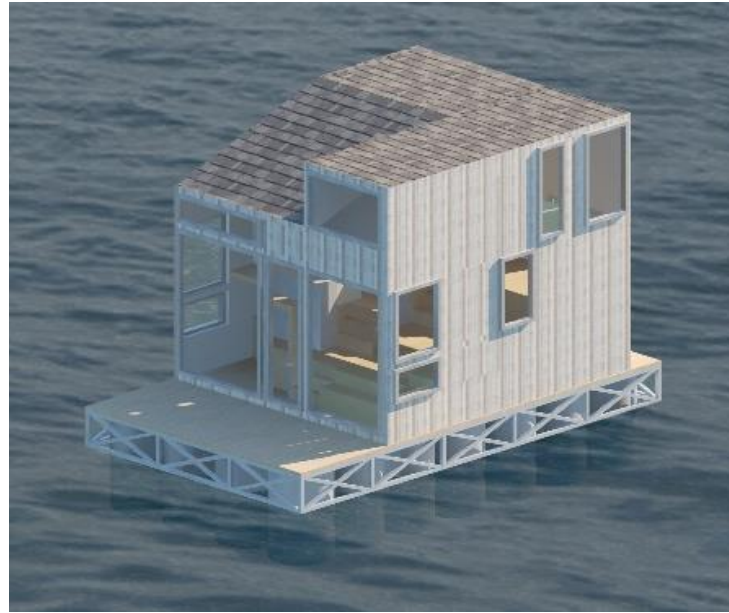
Axonometría Explicativa



Alzado lateral izquierdo



Alzado lateral derecho







## BIBLIOGRAFÍA

### LIBROS

- AL, STEFAN. 2018. Adapting Cities to Sea Level Rise Green and Gray Strategies  
Disponible en: [https://almena.uva.es/permalink/34BUC\\_UVA/eseo99/alma991008072948005774](https://almena.uva.es/permalink/34BUC_UVA/eseo99/alma991008072948005774)
  
- BAKER, L. 2014. Built on Water: Floating Architecture + Design. Braun. ISBN: 978-3037681787
  
- BELL, SARAH; ALLEN, ADRIANA y HOFMANN, PASCALE. 2017. Urban Water Trajectories. ISBN: 978-3-319-42684-6  
Disponible en [https://almena.uva.es/permalink/34BUC\\_UVA/eseo99/alma991008055253105774](https://almena.uva.es/permalink/34BUC_UVA/eseo99/alma991008055253105774)
  
- DE DIEGO MESAS, ÁLVARO. 2018. TFG.Respuesta arquitectónica a convivir con el agua: Arquitectura Anfibia. Universidad Politécnica de Madrid.
  
- FLETCHER, MARK. 2010. Islands: Contemporary Architecture on Water. ISBN: 978-0841671003
  
- GESTALTEN. 2017. Rock the Boat: Boats, Cabins and Homes on the Water. ISBN: 978-3899559163
  
- KEUNING, D. ;OLTHUIS, K. 2010. FLOAT!. Frame Publishers. ISBN: 978-9077174296
- KUBOTA, TETSU.; HOM BAHADUR, RIJAL y TAKAGUCHI, HIROTO. 2018. Sustainable Houses and Living in the Hot-Humid Climates of Asia. ISBN: 978-981-10-8464-5. Disponible en [https://almena.uva.es/permalink/34BUC\\_UVA/eseo99/alma991008073014205774](https://almena.uva.es/permalink/34BUC_UVA/eseo99/alma991008073014205774)
  
- MONSA. 2018. Floating Houses. Living over the water. ISBN: 978-84-16500-73-4
  
- RIESTRA, SERGIO. 2019.TFG. Las casas flotantes en Flandes: Pasado, presente y futuro. Universidad de Valladolid.
  
- RYAN, ZOË .2010. Building with Water: Concepts Typology Design. ISBN: 978-3034601566

-TAKAKURA, TADASHI y WEI, FANG. 2002. Climate under cover. ISBN: 978-1-4020-0846-7  
Disponible en [https://almena.uva.es/permalink/34BUC\\_UVA/eseo99/alma991008060638105774](https://almena.uva.es/permalink/34BUC_UVA/eseo99/alma991008060638105774)

-TSAI, C.S; SU, H.C; LIAO W.C; WANG Y.M. 2012, Seismic behavior of floating houses

-WANG, C.M. y WANG, B.T. 2015. Large Floating Structures Technological Advances. ISBN: 978-981-287-136-7  
Disponible en [https://almena.uva.es/permalink/34BUC\\_UVA/eseo99/alma991008058473805774](https://almena.uva.es/permalink/34BUC_UVA/eseo99/alma991008058473805774)

-Woonboot Magazine. Temporada 18 nº 3. Junio 2010 .Amsterdam.

-Woonboot Magazine. Temporada 18 nº 5. Octubre 2010 .Amsterdam.

-Woonboot Magazine. Temporada 19 nº 5. Octubre 2011 .Amsterdam.

-Woonboot Magazine. Temporada 22 nº 6. Diciembre 2014 .Amsterdam.

-Woonboot Magazine. Temporada 23 nº 2. Abril 2015 .Amsterdam.

-Woonboot Magazine. Een ark is (g)een woning. Abril 2015 .Amsterdam.



## WEBS CONSULTADAS

<https://www.waterstudio.nl/> (Consultada el 11/03/2020)

<https://www.arkenbouw.nl/> (Consultada el 11/3/2020)

<https://vandervorm.nl/projecten/> (Consultada el 11/03/2020)

<https://hollandfloatingsolutions.nl/en/> (Consultada el 11/03/2020)

<https://smponton.sk/en/> (Consultada el 11/03/2020)

<http://www.agaligo.com/xfloat/xfloat.htm> (Consultada el 27/03/2020)

<http://www.aquashell.eu/> (Consultada el 27/03/2020)

<https://www.bauhu.co.uk/floating-homes.html> (Consultada el 27/03/2020)

<http://www.i-yacht.de/en/house-boats/yacht/hausboote/deutsche-composite> (Consultada el 27/03/2020)

<https://www.ecofloatinghomes.com/#floating-homes> (Consultada el 27/03/2020)

<https://farea.fr/en/#> (Consultada el 06/04/2020)

<https://www.floatinghomes.de/en/index.html> (Consultada el 06/04/2020)

<http://www.floatinghomes.ltd.uk/> (Consultada el 06/04/2020)

<https://www.gofriday.eu/> (Consultada el 19/04/2020)

<https://gocstudio.com/> (Consultada el 19/04/2020)

<https://www.hsbmarine.com/> (Consultada el 12/05/2020)

<https://www.floatingstructures.com/> (Consultada el 12/05/2020)

<https://juliustaminiau.nl/portfolio-items/tatami-home-floating-house/> (Consultada el 12/05/2020)

<https://www.kodasema.com/es/koda-loft-float/> (Consultada el 12/05/2020)

<https://marinetek.net/products/> (Consultada el 12/05/2020)

<https://en.milliardhouseboats.com/> (Consultada el 25/05/2020)

<http://moat-manufacture.com/> (Consultada el 25/05/2020)

<http://www.no1-houseboat.com/> (Consultada el 04/06/2020)

<https://nomadream.com/> (Consultada el 04/06/2020)

<https://www.pontech.se/> (Consultada el 04/06/2020)

<https://topmarine.ee/> Consultada el 04/06/2020)

<https://www.vildmark.se/en/> (Consultada el 04/06/2020)

<http://zunshineliving.com/en/> (Consultada el 04/06/2020)

## IMÁGENES, FUENTES

FIG.01\_Wikipedia.org

FIG.02\_Wikipedia.org

FIG.03\_Amsterdammuseum.nl

FIG.04\_Wikipedia.org

FIG.05\_Wikipedia.org

FIG.06\_Gofriday.eu

FIG.07\_Lavanguardia.com

FIG.08\_Fundacionaquae.org

FIG.09\_Nationalgeographic.com

FIG.10\_Pinterest.es

FIG.11\_Nationalgeographic.com

FIG.12\_Nationalgeographic.com

FIG.13\_Pinterest.es

FIG.14\_Pinterest.es

FIG.15\_Pinterest.es

FIG.16\_Pinterest.es

FIG.17\_Pinterest.es

FIG.18\_Pinterest.es

FIG.19\_Wikipedia.org

FIG.20\_Jetir.org

FIG.21\_Wikipedia.org

FIG.22\_Wikipedia.org

FIG.23\_FloatingHomes.de

FIG.24\_FloatingHomes.de

FIG.25\_No1-houseboat.com

FIG.26\_Milliardhouseboats.com

FIG.27\_Abcwaterwoningen.nl

FIG.28\_FloatingHomes.de

FIG.29\_FloatingHomes.de

FIG.30\_Abcwaterwoningen.nl

FIG.31\_Abcwaterwoningen.nl

FIG.32\_Pinterest.es

FIG.33\_Pinterest.es

FIG.34\_Pinterest.es

FIG.35\_Pinterest.es

FIG.36\_Starcraftmarine.com

FIG.37\_Wikipedia.org

FIG.38\_Wikipedia.org

FIG.39\_Pinterest.es

FIG.40\_FloatingHomes.de

FIG.41\_Iconeye.com

FIG.42\_FloatingHomes.de

FIG.43\_FloatingHomes.de

FIG.44\_FloatingHomes.de

FIG.45\_FloatingHomes.de

FIG.46\_FloatingHomes.de

FIG.47\_Construario.com

FIG.48\_FloatingHomes.de

FIG.49\_FloatingHomes.de

FIG.50\_Nwzonline.de

FIG.51\_FloatingHomes.de

|                               |                               |                                   |
|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| FIG.52_Scientificamerican.com | FIG.71_Samsung.com            | FIG.90_Waterstudio.nl             |
| FIG.53_Nomadream.com          | FIG.72_Expoclima.net          | FIG.91_Waterstudio.nl             |
| FIG.54_Propia                 | FIG.73_FloatingHomes.de       | FIG.92_Waterstudio.nl             |
| FIG.55_Gofriday.eu            | FIG.74_Ecodepur.pt            | FIG.93_Wikipedia.org              |
| FIG.56_Gofriday.eu            | FIG.75_Cruisinghome.de        | FIG.94_Pinterest.com              |
| FIG.57_Gofriday.eu            | FIG.76_FloatingHomes.de       | FIG.95_Airbnb.com                 |
| FIG.58_Gofriday.eu            | FIG.77_Milliardhouseboats.com | FIG.96_Wikipedia.org              |
| FIG.59_FloatingHomes.de       | FIG.78_Accesorionautico.com   | FIG.97_Archdaily.com              |
| FIG.60_FloatingHomes.de       | FIG.79_Milliardhouseboats.com | FIG.98_Larioja.com                |
| FIG.61_FloatingHomes.de       | FIG.80_Mercurymarine.com      | FIG.99_Diagram.es                 |
| FIG.62_Milliardhouseboats.com | FIG.81_Kuhnle-werft.de        | FIG.100_Nbc16.com                 |
| FIG.63_Wccsolar.net           | FIG.82_Milliardhouseboats.com | FIG.101_Nbc16.com                 |
| FIG.64_Milliardhouseboats.com | FIG.83_I-yacht.de             | FIG.102_Plataformaarquitectura.cl |
| FIG.65_Solarmat.es            | FIG.84_Moat-manufacturer.com  | FIG.103_Pinterest.com             |
| FIG.66_Pinteres.es            | FIG.85_Wikipedia.org          | FIG.104_Pinterest.com             |
| FIG.67_Amazon.es              | FIG.86_Zunshineliving.com     | FIG.105_Martinoff_architekten.de  |
| FIG.68_Wikipedia.org          | FIG.87_Wikipedia.org          | FIG.106_Milliardhouseboats.com    |
| FIG.69_Gofriday.eu            | FIG.88_Waterstudio.nl         | FIG.107_Abcwaterwoningen.nl       |
| FIG.70_FloatingHomes.de       | FIG.89_Waterstudio.nl         | FIG.108_Gofriday.eu               |

|                                   |                                   |                     |
|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| FIG.109_Floathomeliving.com       | FIG.126_Archdaily.com             | FIG.143_Oceanix.org |
| FIG.110_Plataformaarquitectura.cl | FIG.127_Archdaily.com             | FIG.144_Oceanix.org |
| FIG.111_Floathomeliving.com       | FIG.128_Waterstudio.nl            | FIG.145_Oceanix.org |
| FIG.112_Floathomeliving.com       | FIG.129_Waterstudio.nl            | FIG.146_Oceanix.org |
| FIG.113_Floathomeliving.com       | FIG.130_Plataformaarquitectura.cl | FIG.147_Propia      |
| FIG.114_MilliardHouseboats.com    | FIG.131_Plataformaarquitectura.cl | FIG.148_Propia      |
| FIG.115_MilliardHouseboats.com    | FIG.132_Plataformaarquitectura.cl | FIG.149_Propia      |
| FIG.116_Waterwonen.nl             | FIG.133_Mvrdv.nl                  | FIG.150_Propia      |
| FIG.117_Oozo.nl                   | FIG.134_Mvrdv.nl                  | FIG.151_Propia      |
| FIG.118_Oozo.nl                   | FIG.135_Mvrdv.nl                  | FIG.152_Propia      |
| FIG.119_Canalviajes.com           | FIG.136_Big.dk                    | FIG.153_Propia      |
| FIG.120_Wikipedia.org             | FIG.137_Big.dk                    | FIG.154_Propia      |
| FIG.121_Homeaboard.es             | FIG.138_Big.dk                    | FIG.155_Propia      |
| FIG.122_Plataformaarquitectura.cl | FIG.139_Big.dk                    | FIG.156_Propia      |
| FIG.123_Plataformaarquitectura.cl | FIG.140_Big.dk                    | FIG.157_Propia      |
| FIG.124_Plataformaarquitectura.cl | FIG.141_Oceanix.org               | FIG.158_Propia      |
| FIG.125_Archdaily.com             | FIG.142_Oceanix.org               | FIG.159_Propia      |

