



***ANTEPROYECTO
TERMINAL DE GRANELES
AGROALIMENTARIOS EN EL PUERTO
EXTERIOR DE A CORUÑA***

Agri-food products terminal in outer port of A Coruña

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

**TERMINAL DE GRANELES AGROALIMENTARIOS EN EL
PUERTO EXTERIOR DE A CORUÑA**

DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL ANTEPROYECTO:

DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA

DOCUMENTO Nº 2: PLANOS

DOCUMENTO Nº 3: PRESUPUESTO



ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA

A. MEMORIA DESCRIPTIVA

1. INTRODUCCIÓN
2. SITUACIÓN
3. ANTECEDENTES
4. DESCRIPCIÓN DEL PUERTO
5. DESCRIPCIÓN DE ACCESOS
6. ALTERNATIVAS
7. SOLUCIÓN ADOPTADA
8. MUELLE
9. PAVIMENTACIÓN
10. ESTRUCTURAS
11. PLAZO DE EJECUCIÓN
12. RESUMEN DEL PRESUPUESTO
13. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL ANTEPROYECTO
14. CONCLUSIÓN

B. MEMORIA JUSTIFICATIVA

1. ANEJO Nº 1 : UBICACIÓN
2. ANEJO Nº 2 : GEOLOGÍA Y GEOTECNIA
3. ANEJO Nº 3 : ANTECEDENTES

4. ANEJO Nº 4 : ANÁLISIS DE LA DEMANDA
5. ANEJO Nº 5 : DISEÑO DE LA TERMINAL
6. ANEJO Nº 6 : ESTUDIO DE ALTERNATIVAS
7. ANEJO Nº 7 : ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
8. ANEJO Nº 8 : PREDIMENSIONAMIENTO DEL MUELLE
9. ANEJO Nº 9 : PREDIMENSIONAMIENTO DE ESTRUCTURAS
10. ANEJO Nº 10 : PAVIMENTACIÓN

DOCUMENTO Nº 2: PLANOS

1. UBICACIÓN Y SITUACIÓN ACTUAL
2. MUELLE
3. VISTA 3D DE LA TERMINAL
4. PLANTA GENERAL DE LA TERMINAL
5. ALZADOS DE LA TERMINAL
6. PERFILES DE LA TERMINAL
7. NAVES
8. ESTRUCTURAS
9. PAVIMENTACIÓN

DOCUMENTO Nº3: PRESUPUESTO



DOCUMENTO N° 1: MEMORIA



A. MEMORIA DESCRIPTIVA



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. SITUACIÓN.....	7
3. ANTECEDENTES.....	7
4. DESCRIPCIÓN DEL PUERTO.....	7
5. DESCRIPCIÓN DE ACCESOS.....	8
6. ALTERNATIVAS.....	8
7. SOLUCIÓN ADOPTADA.....	9
8. MUELLE.....	10
9. PAVIMENTACIÓN.....	10
10. ESTRUCTURAS.....	10
11. PLAZO DE EJECUCIÓN.....	11
12. RESUMEN DEL PRESUPUESTO.....	12
13. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL ANTEPROYECTO.....	12
14. CONCLUSIÓN.....	13



1. Introducción

En el presente documento se propone y describe el anteproyecto para la construcción de una “Terminal de graneles agroalimentarios en el puerto exterior de A Coruña”, con el objetivo de terminar el Grado en Tecnología de la Ingeniería Civil, de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de A Coruña .

2. Situación

El anteproyecto se sitúa en el Puerto Exterior de A Coruña, actualmente en las últimas fases de construcción. Se encuentra ubicado en Arteixo, frente al mar abierto y lateralmente en relación al valle de Arteixo, aprovechando una ligera inflexión de la línea de costa, situado en la posición N43° 21’ de latitud y 8°31’ de longitud.

Con la construcción del nuevo puerto exterior, se pretende el traslado de las actividades de movimiento de graneles líquidos, sólidos y contenedores, dejando el puerto interior para usos tanto deportivos como pesqueros, recuperándose así para la ciudad el espacio ocupado y renovando la imagen de la fachada portuaria urbana.

3. Antecedentes

El puerto de A Coruña tiene su origen en la forma de la península en la que se sitúa la ciudad, la cual crea una zona de abrigo natural, que será aprovechada desde la época romana. Los primeros proyectos de ampliación aparecen a partir del siglo XVIII, los cuales buscan avanzar hacia aguas más profundas para el atraque de embarcaciones, limitados por los problemas de abrigo y viento.

A partir del s. XIX, con la transformación del tráfico marítimo que supuso la revolución industrial, destacan los proyectos del malecón y de la dársena de la Marina, y ya a finales de siglo se propone la creación de un dique de abrigo, lo cual nos indica los problemas que tenía el puerto en presencia de temporales. El puerto sigue creciendo siguiendo la forma de la ensenada natural. Ya a mediados del s. XX se proyecta finalmente el actual dique de abrigo, obra fundamental para que el puerto pudiera extenderse hacia el fondo de la ría.

A partir de 1960 se comienza a construir el muelle petrolero, con un oleoducto para conectarlo con la refinería de Bens. Desde este momento, el petróleo monopolizará el tráfico de mercancías (hasta un 80%) hasta la construcción del muelle del Centenario.

La situación del puerto den la década de los 90, con muy poco margen de expansión, los problemas medioambientales de la descarga de graneles sólidos y líquidos así como su impacto medioambiental en la población ocasiona que se plantee la necesidad de construir un puerto exterior

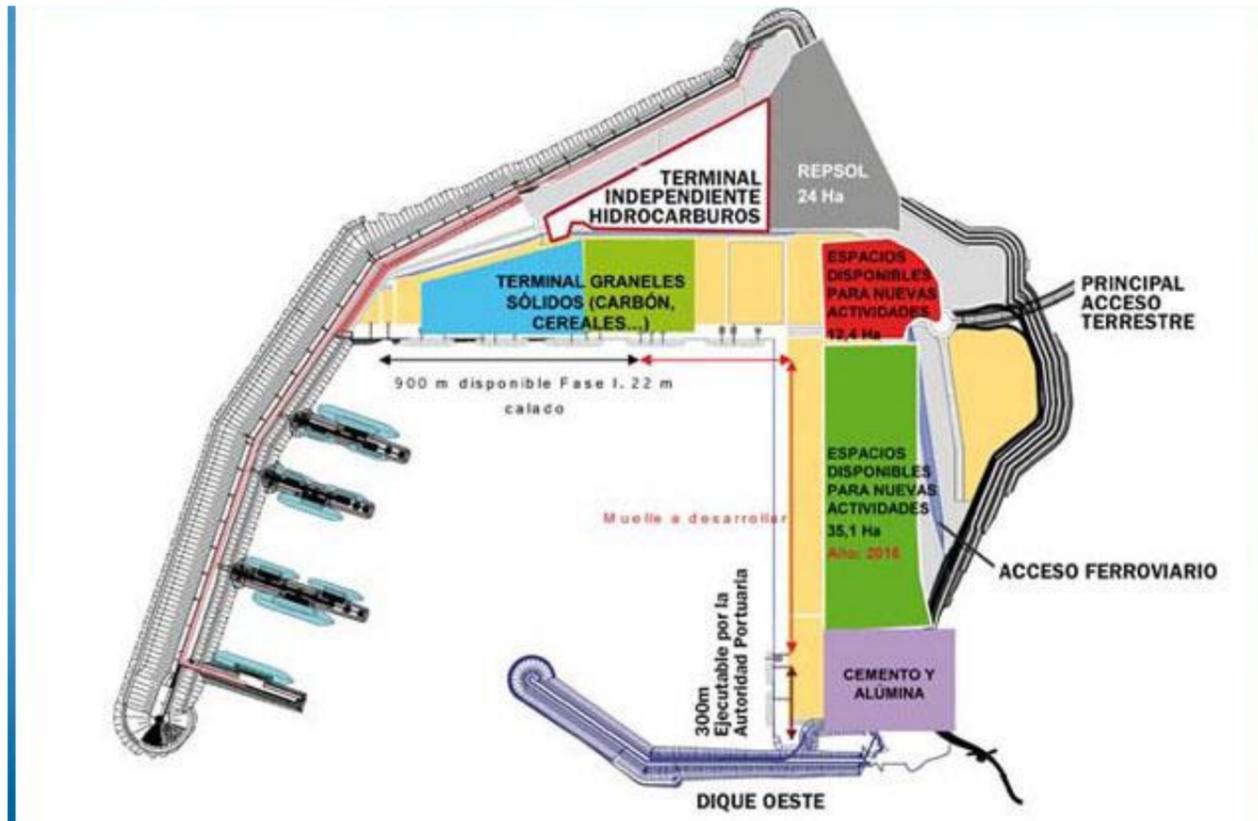
A los problemas de capacidad de descarga de graneles sólidos y mercancía en general se les intenta dar una solución provisional mediante la ampliación del atraque sur del muelle del Centenario, aunque no se soluciona el problema medioambiental que ocasionaba la descarga de graneles, lo cual desembocó inevitablemente en la construcción del puerto exterior en Punta Langosteira, siendo el punto de inflexión el accidente del buque tanque Mar Egeo en 1992

4. Descripción del puerto

La construcción de las nuevas instalaciones implicarán unas significativas superficies terrestres del entorno de 550 Ha (250 Ha en el propio puerto y 300 Ha en el nuevo polígono de Arteixo), lo cual constituye un gran volumen de terreno para la realización de actividades industriales, logísticas y empresariales en el área de A Coruña.

Las características principales del puerto son las siguientes:

- Dique de abrigo: 3.360 m
- Contradique: 579 m
- Graneles líquidos:
 - 4 atraques para petroleros con capacidades de hasta 300.000 TPM
 - Calado: 24,5 m
- Graneles sólidos: 921,5 m de muelle distribuidos de la siguiente manera:
 - 512 m con 22m de calado (hasta 300.00 TPM)
 - 51 m con 20 m de calado (hasta 150.000 TPM)
 - 205 m con 18 m de calado (hasta 150.000 TPM)
 - 153,5 m con 16 m de calado (hasta 100.00 TPM)
- Explanada: 143,5 Ha



5. Descripción de accesos

- Ferrocarril: Ramal de 5,75 km que conecta con la línea del interior hacia Santiago mediante la estación de Uxes.
- Carretera: Vía de alta capacidad que enlaza con la AG55 y con la A-6 a través del vial de Pocomaco.
- Poliducto: Enlazará el Puerto Exterior con la Refinería.

En cuanto a la demanda energética para el desarrollo industrial, se dispone de las cercanas centrales térmicas de Sabón y Meirama, además del suministro de gas natural en alta desde la línea As Pontes- Sabón.



6. Alternativas

Como elementos comunes se ha proyectado un sistema de descarga y movimiento del granel sólido de cinta transportadora, en la cual descargarán la mercancía las grúas a través de tolvas ecológicas; y una tubería a presión para la descarga y transporte de los graneles líquidos.

La terminal se ha diseñado para el movimiento de cereales, harinas, piensos y forrajes respecto a los graneles sólidos, y aceites, grasas y melazas respecto a los graneles líquidos, tal y como se detalla en el *Anejo nº4: Análisis de la demanda*.

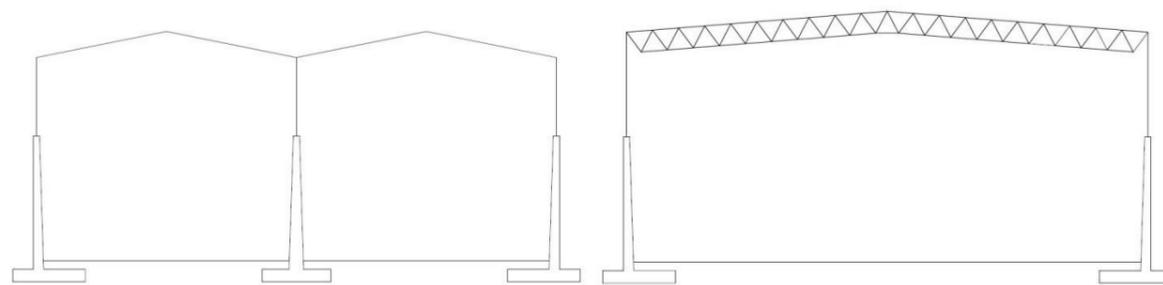
Se han planteado distintas alternativas en distintos aspectos del diseño de la terminal, los cuales se exponen de manera resumida a continuación y de manera detallada en el *Anejo nº 6: Estudio de alternativas*.

5.1 Almacenamiento de los cereales y harinas

Debido a la posibilidad de almacenar los cereales y harinas en silos verticales o en naves, se plantean ambas alternativas y se escoge la opción de almacenamiento en naves debido a una mejor puntuación tanto en criterios económicos como ambientales.

5.2 Sección tipo de las naves

Se plantean 2 secciones tipo de estructura metálica, la primera con un pórtico en celosía con 50 m de luz y la segunda con 2 pórticos simples de 25 m de luz cada uno. Ambas alternativas se anclan en la coronación de unos muros de hormigón armado, los cuales ejercerán de manera conjunta la función de soportar la estructura metálica y la función de soportar la carga que el granel apilado produce en su trasdós.



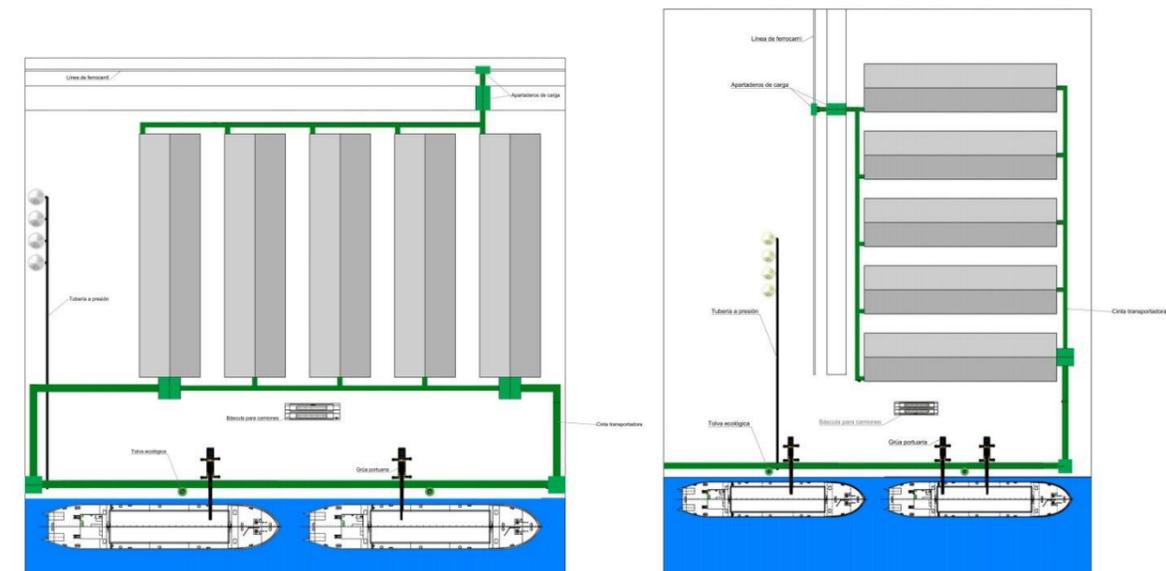
Alternativa 2.1.

Alternativa 2.2

Una vez valoradas las 2 alternativas, se opta por la alternativa 2.2., la cual consiste en un único pórtico con celosía

5.3 Distribución en planta de la terminal

De nuevo se sugieren 2 alternativas, la primera con la dirección principal de las naves perpendicular a la línea de muelle y la segunda con la dirección principal de las naves paralela a la línea de muelle.



Alternativa 3.1.

Alternativa 3.2.

Una vez evaluadas se optará por la alternativa 3.1., en la cual la dirección principal de las naves es perpendicular a la línea de muelle

6. Solución adoptada

Una vez evaluadas las alternativas descritas, se ha optado por una terminal compuesta por:

- 5 naves de 50 m de luz y 22 m de altura, las cuales están conformadas por un muro-voladizo en L de 12 m de altura, y anclado a este mediante unas placas de anclaje, una estructura metálica consistente en un pórtico metálico resuelto con una celosía Warren de 10 m de altura.
- 4 silos verticales para el almacenamiento de los graneles agroalimentarios líquidos formado por planchas de acero de 15 mm de espesor y soportado por una estructura triangulada igualmente de acero.
- Un sistema de cinta transportadora para la descarga y movimiento interno del granel sólido, el cual contará con dos torres de transferencia a pie de muelle y dos torres de pesaje, con el objetivo de poder utilizar los dos puestos de atraque que se proyectan al

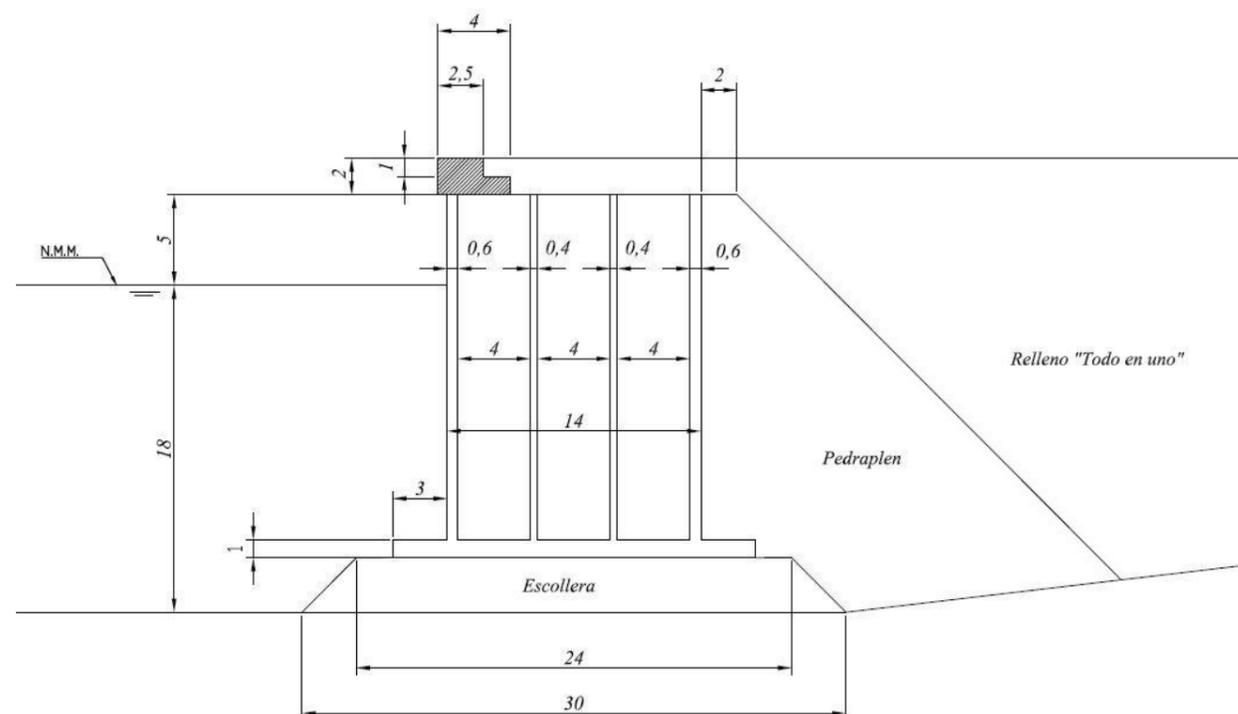


mismo tiempo. Adicionalmente, las partes de la cinta transportadora del área de operación perpendiculares a la línea de muelle en planta, deberán ser retráctiles con el objetivo de que las grúas puedan desplazarse dentro y fuera de la terminal sin ningún obstáculo.

- Una tubería a presión de 0.5 m de diámetro para la conducción de los graneles agroalimentarios líquidos desde la línea de atraque a los graneles agroalimentarios líquidos.
- Un apartadero de carga para tráfico rodado y otro para tráfico ferroviario, a los cuales llegará el granel procedente de las naves mediante cinta transportadora.

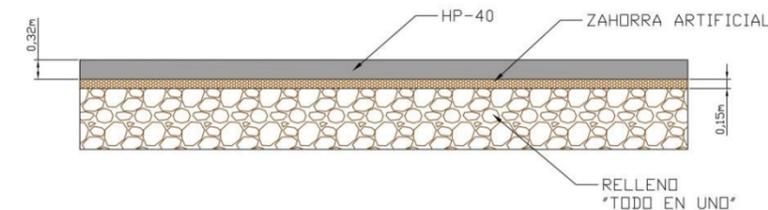
7. Muelle

Se ha calculado, a efectos de predimensionamiento, la sección tipo del muelle sobre el que se apoyará la terminal, optándose por la tipología de cajón flotante. El muelle constará de 13 cajones de 35 metros de longitud con la siguiente sección transversal:



8. Pavimentación

En base a lo expuesto por la ROM 4.1-94: *Proyecto y construcción de pavimentos portuarios*, se ha proyectado la misma sección tipo para toda la superficie de la terminal, incluida la solera de la nave y los carriles de circulación, debido a que la sección calculada para los carriles de circulación en base a la Norma 6.1. IC *secciones de firme* es menos restrictiva que la ROM; adicionalmente, uniformizando la pavimentación de la superficie de la terminal se facilita su construcción. A continuación se muestra los espesores de los materiales que conforman la sección tipo:



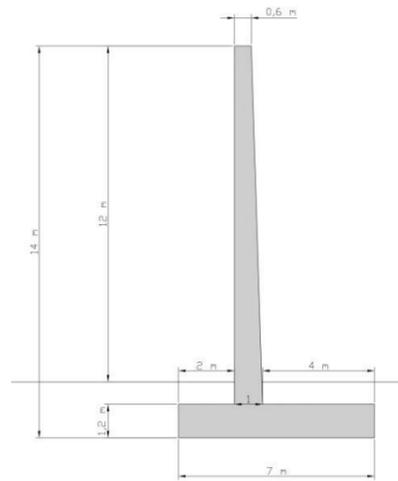
9. Estructuras

A efectos de predimensionamiento, se ha calculado las dimensiones de la sección transversal de los muros de las naves, así como los perfiles a emplear en la estructura metálica anclada a este. Por otro lado, se ha calculado el espesor necesario de los silos verticales.

9.1 Nave

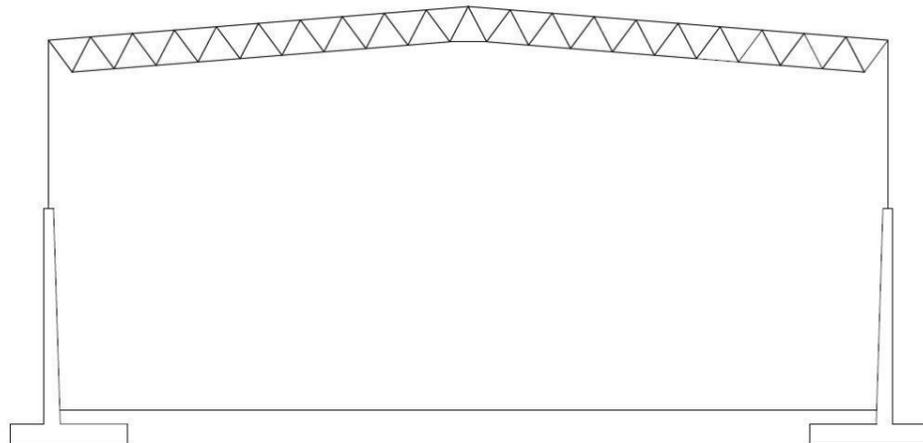
9.1.1. Muro de hormigón

Se dispondrá de un muro de hormigón de 12 m de altura desde la solera de la nave de tipología muro-voladizo en L, con el objetivo de contener el granel apilado en el interior de las naves, así como de soportar los esfuerzos transmitidos por la estructura metálica que se ancla en su coronación:



9.1.2. Estructura metálica

Anclada a la coronación del muro de hormigón, se dispondrá de una estructura metálica consistente en pórticos cada 5 m de 50 m de luz resueltos mediante una celosía Warren, sobre la que colgará la cinta transportadora en centro luz. A continuación se muestra un esquema de la sección tipo de la estructura metálica:



10.2. Silo vertical

A efectos de predimensionamiento, se ha calculado el espesor mínimo necesario de los silos verticales para la contención del granel líquido agroalimentario en el interior de estos mediante el cálculo de las tensiones normales y tangenciales que generan los esfuerzos, llegando a la conclusión de que es necesario un espesor de 15 mm.

10. Plazo de ejecución

A modo de esquema, la siguiente tabla muestra de modo simplificado la duración de las distintas operaciones a realizar para la construcción del presente anteproyecto:

<i>Explanada</i>		6 meses
<i>Muelles</i>		12 meses
<i>Naves</i>		12 meses
<i>Silos</i>		6 meses
<i>Cinta transportadora</i>	<i>Fabricación</i>	6 meses
	<i>Instalación</i>	6 meses
<i>Maquinaria</i>		3 meses
<i>Pruebas</i>		3 meses

Por tanto, se estima un plazo de ejecución de aproximadamente **2 AÑOS y 2 MESES**.



11. Resumen del presupuesto

CAPÍTULO	RESUMEN	EUROS	%
01	MUELLE DE CAJONES FLOTANTES	6.825.000,00	16,12
02	RELLENOS	11.135.624,19	26,30
03	PAVIMENTACIÓN	508.580,52	1,20
04	SILOS HORIZONTALES	18.879.489,58	44,58
05	SILOS VERTICALES	1.486.335,65	3,51
06	INSTALACIONES	3.033.555,15	7,16
07	GESTIÓN DE RESIDUOS	289306,45	0,68
08	SEGURIDAD Y SALUD	187540,80	0,44
TOTAL DE EJECUCIÓN MATERIAL		42.345.432,35	
	13,00 % Gastos generales	5.504.906,,21	
	6 % Beneficio industrial	2.540.725,94	
	Suma	8.045.632,15	
TOTAL PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN SIN IVA		50.391.064,50	
	21,00 % IVA	10.582.123,54	
TOTAL PRESUPUESTO CON IVA		60.973.188,04	

TOTAL PRESUPUESTO GENERAL

60.973.188,04

El presupuesto con IVA asciende a un total de SESENTA MILLONES NOVECIENTOS SETENTA Y TRES MIL CIENTO OCHENTA Y OCHO EUROS con CUATRO CÉNTIMOS

12. Documentos que integra el anteproyecto

DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA

A. MEMORIA DESCRIPTIVA

1. INTRODUCCIÓN
2. SITUACIÓN
3. ANTECEDENTES
4. DESCRIPCIÓN DEL PUERTO
5. DESCRIPCIÓN DE ACCESOS
6. ALTERNATIVAS
7. SOLUCIÓN ADOPTADA
8. PLAZO DE EJECUCIÓN
9. RESUMEN DEL PRESUPUESTO
10. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL ANTEPROYECTO
11. CONCLUSIÓN



B. MEMORIA JUSTIFICATIVA

1. ANEJO Nº 1 : UBICACIÓN
2. ANEJO Nº 2 : GEOLOGÍA Y GEOTECNIA
3. ANEJO Nº 3 : ANTECEDENTES
4. ANEJO Nº 4 : ANÁLISIS DE LA DEMANDA
5. ANEJO Nº5 : DISEÑO DE LA TERMINAL
6. ANEJO Nº 6 : ESTUDIO DE ALTERNATIVAS
7. ANEJO Nº 7 : ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
8. ANEJO Nº 8 : PREDIMENSIONAMIENTO DEL MUELLE
9. ANEJO Nº 9 : PREDIMENSIONAMIENTO DE ESTRUCTURAS
10. ANEJO Nº 10 : PAVIMENTACIÓN

DOCUMENTO Nº 2: PLANOS

1. UBICACIÓN Y SITUACIÓN ACTUAL
2. MUELLE
3. PLANTA GENERAL DE LA TERMINAL
4. ALZADOS DE LA TERMINAL
5. PERFILES DE LA TERMINAL
6. NAVES
7. ESTRUCTURAS
8. PAVIMENTACIÓN

DOCUMENTO Nº3: PRESUPUESTO

13. Conclusión

Considerando suficientemente justificada y definida la actuación proyectada con los documentos redactados, de acuerdo al nivel de detalle exigible a un anteproyecto, se somete el presente Anteproyecto a su aprobación por parte del Tribunal Académico.

A Coruña, Octubre de 2015

Autor del anteproyecto

Pablo Regueiro Pombo



B. MEMORIA JUSTIFICATIVA



ÍNDICE

1. ANEJO Nº 1 : UBICACIÓN.....	14
2. ANEJO Nº 2 : GEOLOGÍA Y GEOTECNIA.....	17
3. ANEJO Nº 3 : ANTECEDENTES.....	21
4. ANEJO Nº 4 : ANÁLISIS DE LA DEMANDA.....	
5. ANEJO Nº 5 : DISEÑO DE LA TERMINAL.....	30
6. ANEJO Nº 6 : ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.....	37
7. ANEJO Nº 7 : ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	57
8. ANEJO Nº 8 : PREDIMENSIONAMIENTO DEL MUELLE.....	61
9. ANEJO Nº 9 : PREDIMENSIONAMIENTO DE ESTRUCTURAS.....	78
10. ANEJO Nº 10 : PAVIMENTACIÓN.....	103



TERMINAL DE PRODUCTOS AGROALIMENTARIOS
EN EL PUERTO EXTERIOR DE A CORUÑA

ANEJO N° 1 : UBICACIÓN

Índice

1. Introducción.....	2
2. Localización geográfica.....	2
3. Mapas de ubicación.....	2

1. Introducción

El objeto de este anejo es el de ubicar de forma precisa el puerto exterior y el muelle en donde se proyecta la terminal.

2. Localización geográfica

El puerto exterior de A Coruña, actualmente en las últimas fases de construcción, se encuentra ubicado en el municipio de Arteixo, provincia de A Coruña, frente al mar abierto y lateralmente en relación al valle de Arteixo, aprovechando una ligera inflexión de la línea de costa, situado en la posición $N43^{\circ} 21'$ de latitud y $8^{\circ}31'$ de longitud

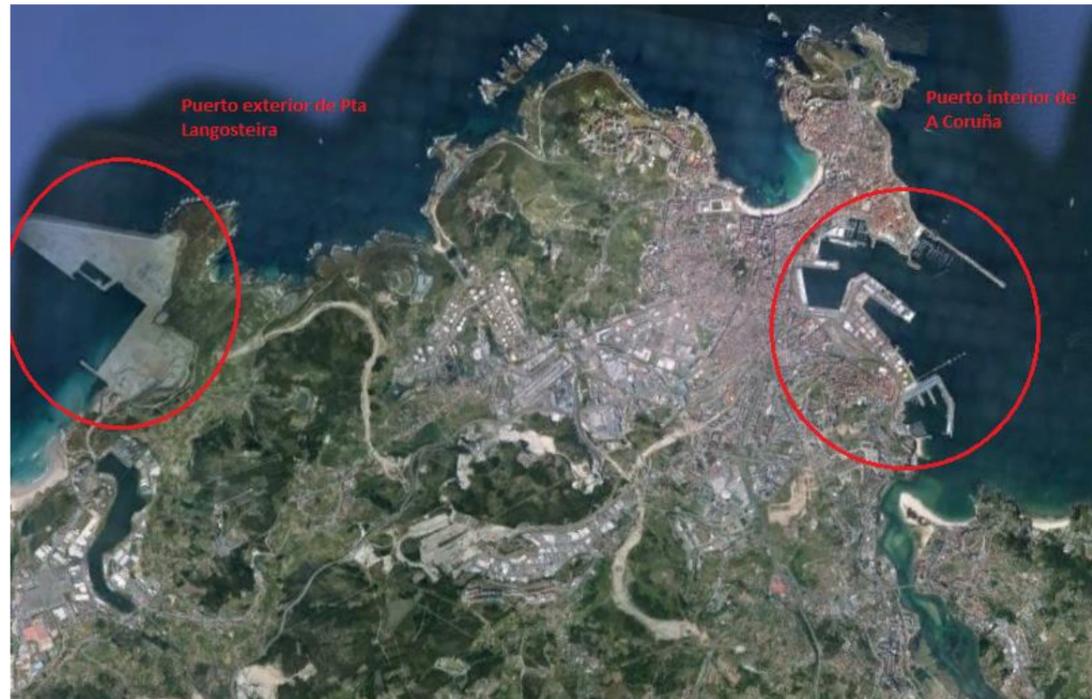
3. Mapas y fotos de ubicación



Fuente Google Earth



Fuente Google Earth



Fuente Google Earth



Fuente: Autoridad Portuaria de A Coruña



TERMINAL DE PRODUCTOS AGROALIMENTARIOS
EN EL PUERTO EXTERIOR DE A CORUÑA
ANEJO Nº 2: GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

Índice

1. Introducción.....	2
2. Fuentes.....	2
3. Estratigrafía.....	2
3.1 Anfibolitas.....	2
3.2 Cuarzitas grafitosas y piritosas.....	2
3.3 Metapsamitas, metapelitas y conglomerados.....	2
4. Petrología.....	2
5. Tectónica.....	2
6. Historia geológica.....	3
7. Mapa geológico de la zona.....	3



1. Introducción

El objetivo del presente anejo es aportar información sobre el terreno existente en la zona donde se sitúa el puerto exterior de Punta Langosteira con la finalidad de describir el subsuelo en el lugar donde se ubicará el muelle con la terminal.

2. Fuentes

La información geológica se ha obtenido de la hoja 21 del mapa de cartografía geológica del Instituto Geológico y Minero de España, a escala 1:50.000.

3. Estratigrafía

Los materiales que afectan a la zona de Punta Langosteira son los correspondientes al Precámbrico-Silúrico de la Serie de Órdenes.

La Serie de Órdenes está formada por diferentes tipos de rocas que se describirán a continuación, empezando desde el muro (base del estrato) hasta el techo (parte más moderna del estrato)

- Anfibolitas.
- Cuarzitas negras grafitosas y piritosas.
- Metapsamitas, metapelitas y conglomerados.

3.3.1. Anfibolitas

En la zona de estudio encontramos anfibolitas filonianas, las cuales aparecen en filones tanto concordantes como discordantes con las estructuras. Son compactas, de tonos verdes oscuros, esquistosadas y deben su origen a rocas ígneas metamorfizadas.

3.3.2. Cuarzitas grafitosas y piritosas

Afloran al Este de A Coruña en una banda alargada de escasa potencia por lo que no tienen influencia en nuestra zona de estudio.

3.3.3. Metapsamitas, metapelitas y conglomerados

Aparecen suprayacentes a las cuarcitas negras grafitosas en un tramo formado por metapsamitas y metapelitas. Son de aspecto grisáceo, con las biotitas orientadas, su tamaño de grano varía de medio a fino y presentan en bancos de 1 cm a 1 m de potencia.

Por encima de estas encontramos metapelitas y bancos de metapelitas delgadas. Sobre las metapelitas aparece el tramo superior de la serie de Órdenes con metapsamitas y metapelitas, con características similares al primer tramo aunque de granulometría más fina en general.

En la zona de Punta Langosteira, destaca la presencia de:

- Esquistos que presentan una gran abundancia de sílice y con un mayor contenido en plagioclasa y menor en biotita que en la Serie de Órdenes situada al Este de A Coruña.
- Bandas de metagrauvacas (tipo de metapsamita) con aspecto glandular caracterizados por grandes cristales de feldespato en una matriz esquistosa y oscura con aspecto verdoso.

4. Petrología

En la zona de estudio aparecen rocas plutónicas graníticas de tipo ortoneise, en bandas alargadas, realizándose un contacto con las rocas sedimentarias metamorfizadas paralelo a la primera esquistosidad y replegado a la segunda.

Macroscópicamente son rocas de grano grueso con feldespatos y cuarzos estirados y biotitas orientadas y presentan deformaciones mecánicas muy intensas debido a la deformación hercínica

5. Tectónica

Se determina que la zona de estudio ha sido afectada por una tectónica polifásica de edad hercínica, dividiéndose en 3 fases:



- Primera fase: Se caracteriza por la presencia de un gran pliege de unos 5 km de flanco invertido de dirección N-S con un ligero buzamiento hacia el norte
- Segunda fase : Se caracteriza por pliegues cilíndricos regulares y un buzamiento marcado hacia el norte
- Tercera fase: Se desarrollan pliegues con planos axiales subhorizontales o bien ligeramente buzantes

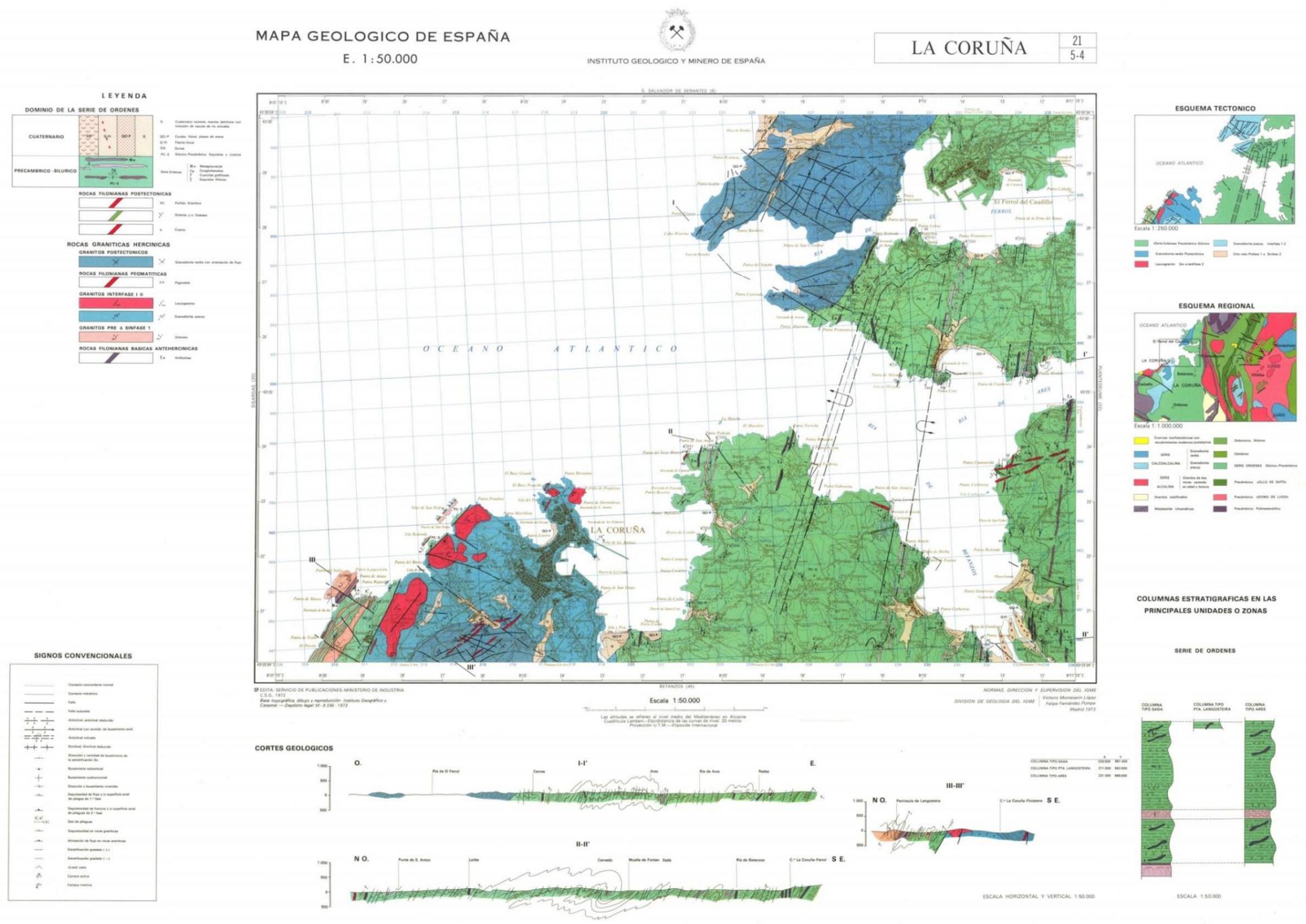
6. Historia geológica

Los materiales sedimentarios de la Serie de Órdenes fueron erosionados y depositados en zonas relativamente cercanas al área madre durante los movimientos producidos en la edad Cadomiense.

Posteriormente tendría lugar la intrusión de diques ígneos que al metamorfizarse dieron lugar a anfibolitas y seguidamente una intrusión granítica, en concreto de ortoneis, en la zona de Punta Langosteira, que aparece concordante con la estratificación.

7. Mapa geológico de la zona

En la siguiente página se muestra la hoja 21 del mapa de cartografía geológica del *Instituto Geológico y Minero de España*, a escala 1:50.000, donde se muestran los diferentes tipos de suelos.





TERMINAL DE PRODUCTOS AGROALIMENTARIOS
EN EL PUERTO EXTERIOR DE A CORUÑA

ANEJO N° 3: ANTECEDENTES

Índice

1. Introducción.....	2
2. Evolución histórica del puerto.....	2
3. Estado actual del puerto exterior.....	2
4. Evolución del tráfico de graneles agroalimentarios.....	3
4.1 Tráfico de graneles sólidos y líquidos en el noroeste peninsular.....	3
4.2 Tráfico de graneles agroalimentarios.....	3
5. Hinterland.....	3
6. Justificación del proyecto	3
Apéndice I: Gráficos.....	5 - 9

1. Introducción

El objetivo de este anejo es describir la realidad, tanto del puerto exterior como del puerto interior, en todos los aspectos que condicionan el proyecto.

2. Evolución histórica del puerto

El puerto de A Coruña tiene su origen en la forma de la península en la que se sitúa la ciudad, la cual crea una zona de abrigo natural, que será aprovechada desde la época romana. Los primeros proyectos de ampliación aparecen a partir del siglo XVIII, los cuales buscan avanzar hacia aguas más profundas para el atraque de embarcaciones, limitados por los problemas de abrigo y viento.

A partir del s. XIX, con la transformación del tráfico marítimo que supuso la revolución industrial, destacan los proyectos del malecón y de la dársena de la Marina, y ya a finales de siglo se propone la creación de un dique de abrigo, lo cual nos indica los problemas que tenía el puerto en presencia de temporales. El puerto sigue creciendo siguiendo la forma de la ensenada natural. Ya a mediados del s. XX se proyecta finalmente el actual dique de abrigo, obra fundamental para que el puerto pudiera extenderse hacia el fondo de la ría.



Vista aérea del muelle del Centenario
Fuente: Autoridad Portuaria de A Coruña

A partir de 1960 se comienza a construir el muelle petrolero, con un oleoducto para conectarlo con la refinería de Bens. Desde este momento, el petróleo monopolizará el tráfico de mercancías (hasta un 80%) hasta la construcción del muelle del Centenario.

La situación del puerto den la década de los 90, con muy poco margen de expansión, los problemas medioambientales de la descarga de graneles sólidos y líquidos, así como su impacto medioambiental en la población, ocasiona que se plantee la necesidad de construir un puerto exterior.

A los problemas de capacidad de descarga de graneles sólidos y mercancía en general se les intenta dar una solución provisional mediante la ampliación del atraque sur del muelle del Centenario, aunque no se soluciona el problema medioambiental que ocasionaba la descarga de

graneles, lo cual desembocó inevitablemente en la construcción del puerto exterior en Punta Langosteira, siendo el punto de inflexión el accidente del buque tanque Mar Egeo en 1992.

3. Estado actual del puerto exterior

Actualmente el contradique está en un proceso avanzado de construcción, previéndose su finalización para el año 2016. En cuanto a los accesos, las conexiones viarias con la AG-55 están en construcción mientras que respecto al ferrocarril, el trazado definitivo está planteado aunque no se han iniciado todavía las obras.

En cuanto al traslado de operadores desde el puerto interior, actualmente ya existen varias empresas con actividad comercial en el puerto con varias naves y se prosigue con el traspaso de las restantes que aún operan en el puerto interior, siendo el traslado más importante el de la petrolera Repsol, a la cual le fue otorgada en 2014 la concesión para la ocupación de terrenos y construcción de una terminal para el movimiento exclusivo de graneles energéticos, cuyo inicio de actividad se espera para 2018.



Avance de las obras de las naves de almacenamiento. Marzo 2015
Fuente: Autoridad Portuaria de A Coruña



Panorámica del puerto exterior. Julio 2015.
Fuente: Autoridad Portuaria de A Coruña

4. Evolución del tráfico de graneles agroalimentarios

4.1. Tráfico de graneles sólidos y líquidos en el noroeste peninsular

El puerto de A Coruña se sitúa entre la cuarta y quinta posición de la serie histórica de tráfico de graneles sólidos tal y como podemos observar en el **Gráfico 1: Tráfico de graneles sólidos en el noroeste peninsular** (al final del presente anejo) y en la segunda posición en cuanto al movimiento de graneles líquidos, tal y como se observa en el **Gráfico 2: Tráfico de graneles líquidos en el noroeste peninsular** (al final del presente anejo), lo cual lo convierte en uno de los puertos más importantes del noroeste peninsular en cuanto a tráfico de graneles se refiere.

4.2. Tráfico de graneles agroalimentarios

Históricamente, el puerto de A Coruña se ha mantenido en los primeros puestos entre los puertos de interés general del noroeste peninsular en cuanto a movimiento de graneles agroalimentarios, tal y como se demuestra en el **Gráfico 3: Tráfico de graneles agroalimentarios en el noroeste peninsular** (al final del presente anejo). Podemos observar que el Puerto de Bilbao presenta el mayor volumen del tráfico en el noroeste peninsular, seguido actualmente por el Puerto de A Coruña, experimentando todos los tráficos un acusado descenso debido al inicio de la crisis económica, aunque en los gráficos posteriores se observa de nuevo un crecimiento a partir de 2012.

Discretizando el tráfico de graneles agroalimentarios de A Coruña en los diversos productos que lo conforman, tal y como se observa en el **Gráfico 4: Tráfico de graneles agroalimentarios de A Coruña** (al final del presente anejo), nos encontramos con que los cereales, las harinas, los piensos y los forrajes representan más del 85 % del total del tráfico de este tipo productos.

5. Hinterland

El puerto de A Coruña se caracteriza por tener un Hinterland a nivel regional, donde la mayoría de los productos importados se destinan al abastecimiento de empresas a nivel local y gallego.



Con la construcción del puerto exterior este contexto está destinado a cambiar, debido a su posición estratégica en el entorno europeo, la cual está en el medio de las rutas oceánicas que conectan con Suramérica y el canal de Panamá, y con Asia y África a través del canal de Suez y el cabo de Buena Esperanza.

Adicionalmente el tamaño de barcos y calados que admite puede desembocar en convertir al Puerto Exterior de A Coruña en un futuro en un punto de distribución al resto de la península mediante unas buenas infraestructuras de transporte tales como ferrocarriles o carreteras.

6. Justificación del proyecto

A continuación se exponen los motivos por los que se justifica la construcción de la terminal de graneles agroalimentarios en el Puerto Exterior:

- **Criterio ambiental:** la descarga de mercancías, algunas de las cuales potencialmente peligrosas, en el puerto interior de A Coruña ocasiona un impacto en el medio ambiente, siendo relevante en el tráfico que nos ocupa la emisión de partículas a la atmósfera en las operaciones de carga y descarga. Por otro lado, las profundidades variables de la ría y las escasas dimensiones del puerto para la realización de maniobras por parte de buques de grandes dimensiones conllevan una cierta peligrosidad, la cual se reduce de manera importante con las nuevas instalaciones en Punta Langosteira.



- **Criterios funcionales:** mientras que el puerto interior presenta un calado máximo de 16,5 m, el puerto exterior mejora considerablemente estas condiciones elevando el calado hasta un máximo de 22 m, por lo que admitirá buques de mayores dimensiones. Por otro lado, las grandes dimensiones de la zona abrigada junto a la condición de que el puerto se sitúa en mar abierto favorecerán las operaciones de maniobra de los buques.
- **Accesos:** las nuevas instalaciones del puerto exterior contarán con una conexión directa con la autovía del Noroeste y con la AG-55 respecto al tráfico rodado y con una conexión a la línea ferroviaria que conecta las principales ciudades costeras gallegas, por lo que las comunicaciones de las nuevas instalaciones portuarias mejoran notablemente la conexión con Galicia y consecuentemente con el resto de la Península.
- **Espacio disponible:** el Puerto Exterior cuenta con 250 Ha de explanada para la construcción de terminales, servicios, etc. por lo que se incrementa considerablemente el espacio disponible para la realización de las operaciones portuarias pertinentes.



APÉNDICE I: GRÁFICAS

Índice

Gráfico 1: Tráfico de graneles sólidos en el noroeste peninsular (T).....	6
Gráfico 2: Tráfico de graneles líquidos en el noroeste peninsular (T)....	7
Gráfico 3: Tráfico de graneles agroalimentarios en el noroeste peninsular (T)	8
Gráfico 4: Tráfico de graneles agroalimentarios en A Coruña (T).....	9



Gráfico 1: Tráfico de graneles sólidos en el noroeste peninsular (T)

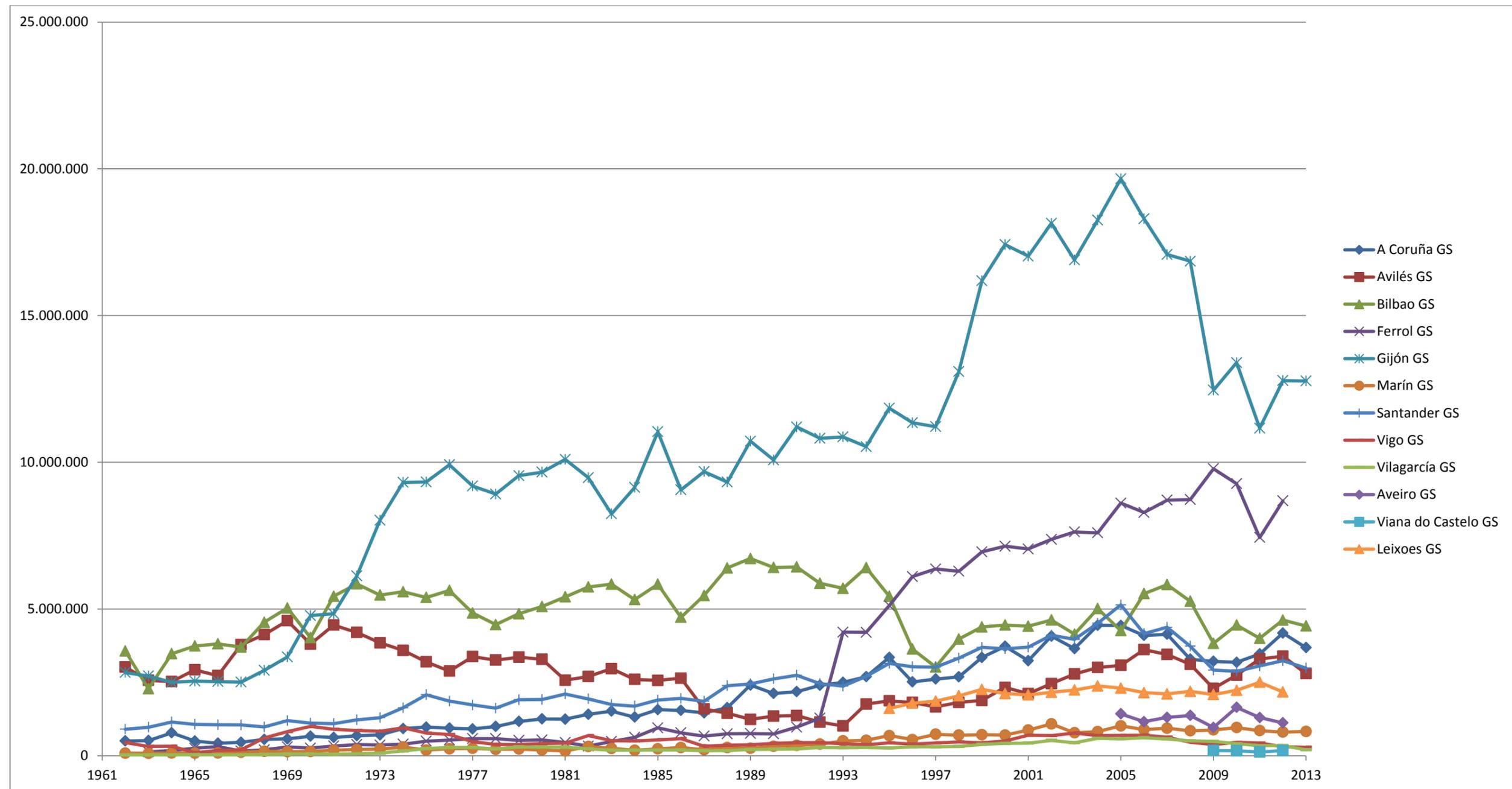




Gráfico 2: Tráfico de graneles líquidos en el noroeste peninsular (T)

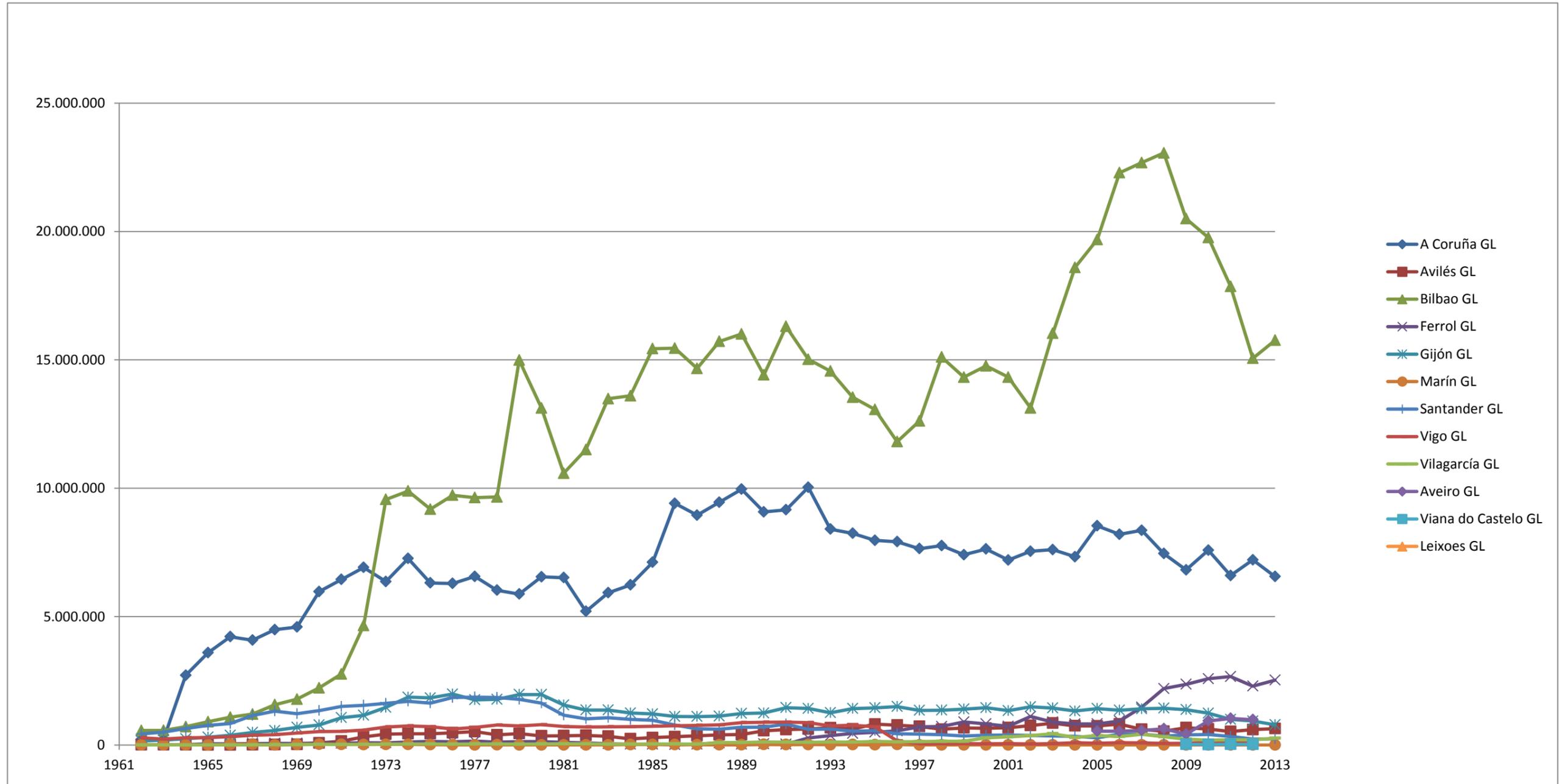




Gráfico 3: Tráfico de graneles agroalimentarios en el noroeste peninsular (T)

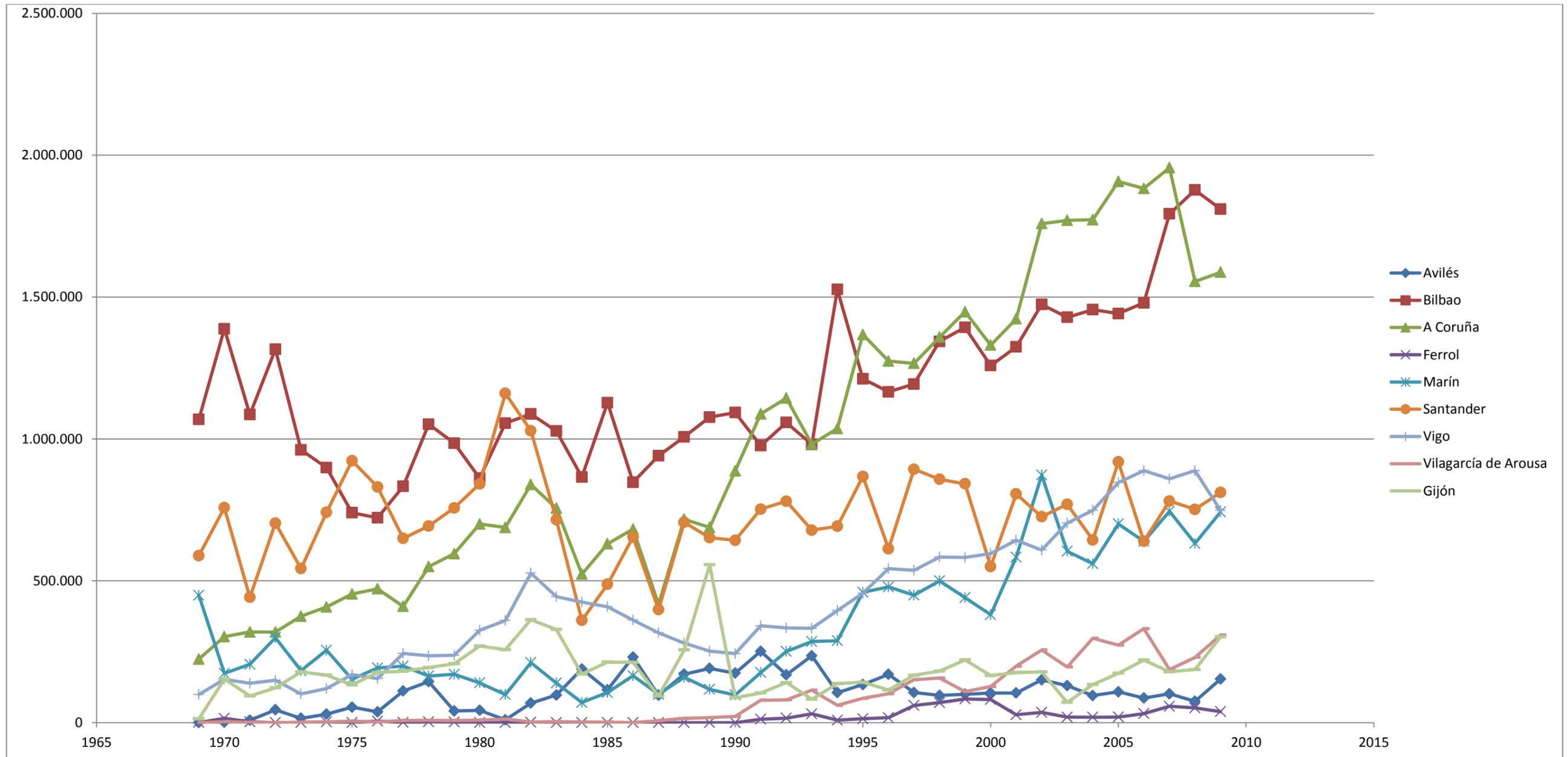
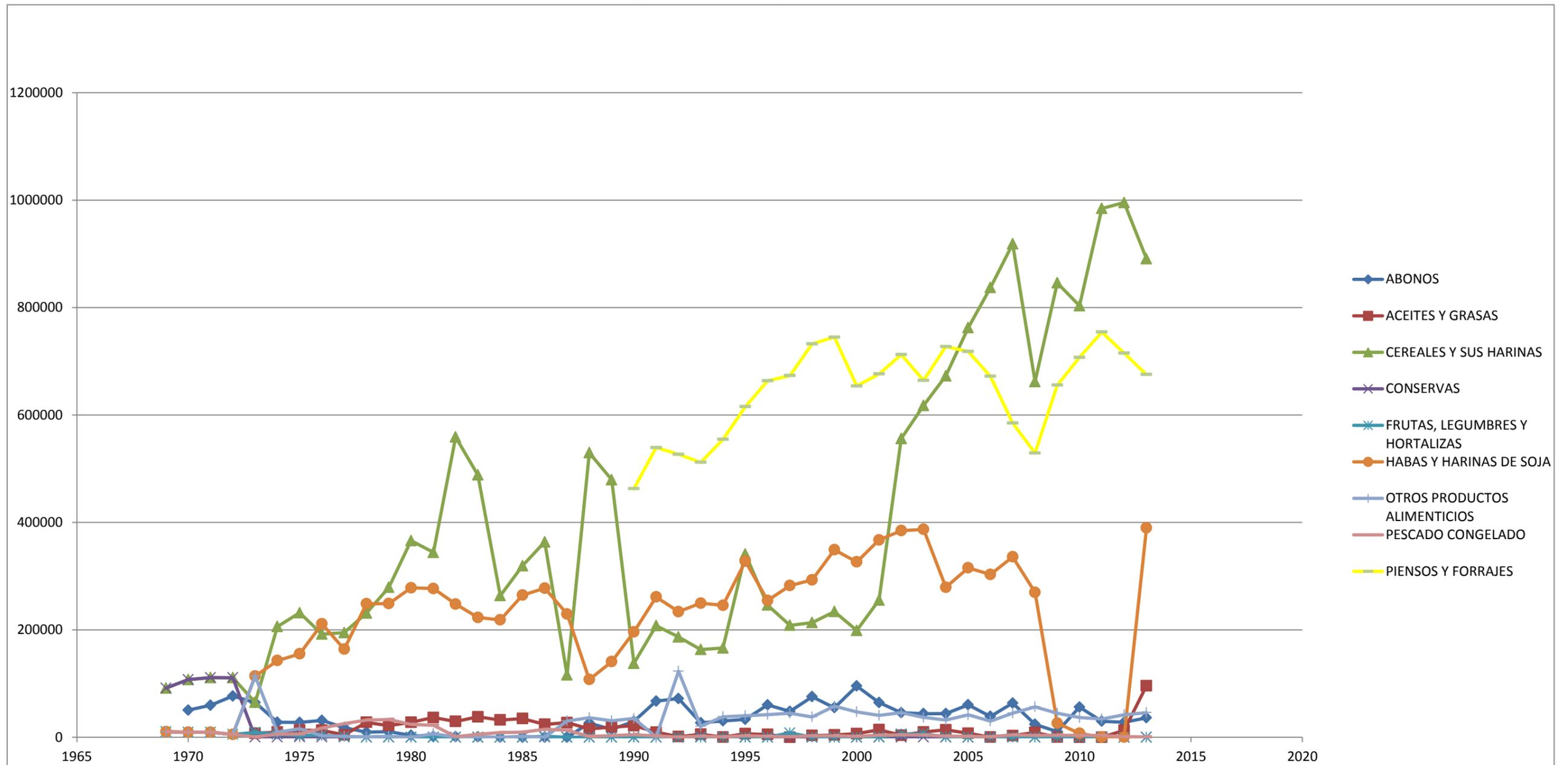




Gráfico 4: Tráfico de graneles agroalimentarios en A Coruña (T)





TERMINAL DE PRODUCTOS AGROALIMENTARIOS
EN EL PUERTO EXTERIOR DE A CORUÑA
ANEJO N° 4: ANÁLISIS DE LA DEMANDA

Índice

1. Introducción.....	2
2. Volumen de productos agroalimentarios en A Coruña.....	2
2.1 Graneles agroalimentarios sólidos.....	2
2.2 Graneles agroalimentarios líquidos.....	4
3. Conclusión.....	4

Índice de gráficos

Gráfico 1: Tráfico de cereales, harinas, piensos y forrajes estimados a 25 años (T).....	3
Gráfico 2: Tráfico de aceites, grasas y melazas estimado a 25 años (T).....	4

1. Introducción

El objeto del presente anejo es realizar un análisis de la demanda con el objetivo de dimensionar la terminal para una vida útil de 25 años, evitando así que la terminal no presente problemas en términos de capacidad para un posible horizonte de tráfico de graneles agroalimentarios.

Para la realización de los gráficos que siguen se han empleado datos procedentes de la Autoridad Portuaria de A Coruña, así como de Puertos del Estado.

2. Volumen de productos agroalimentarios en A Coruña

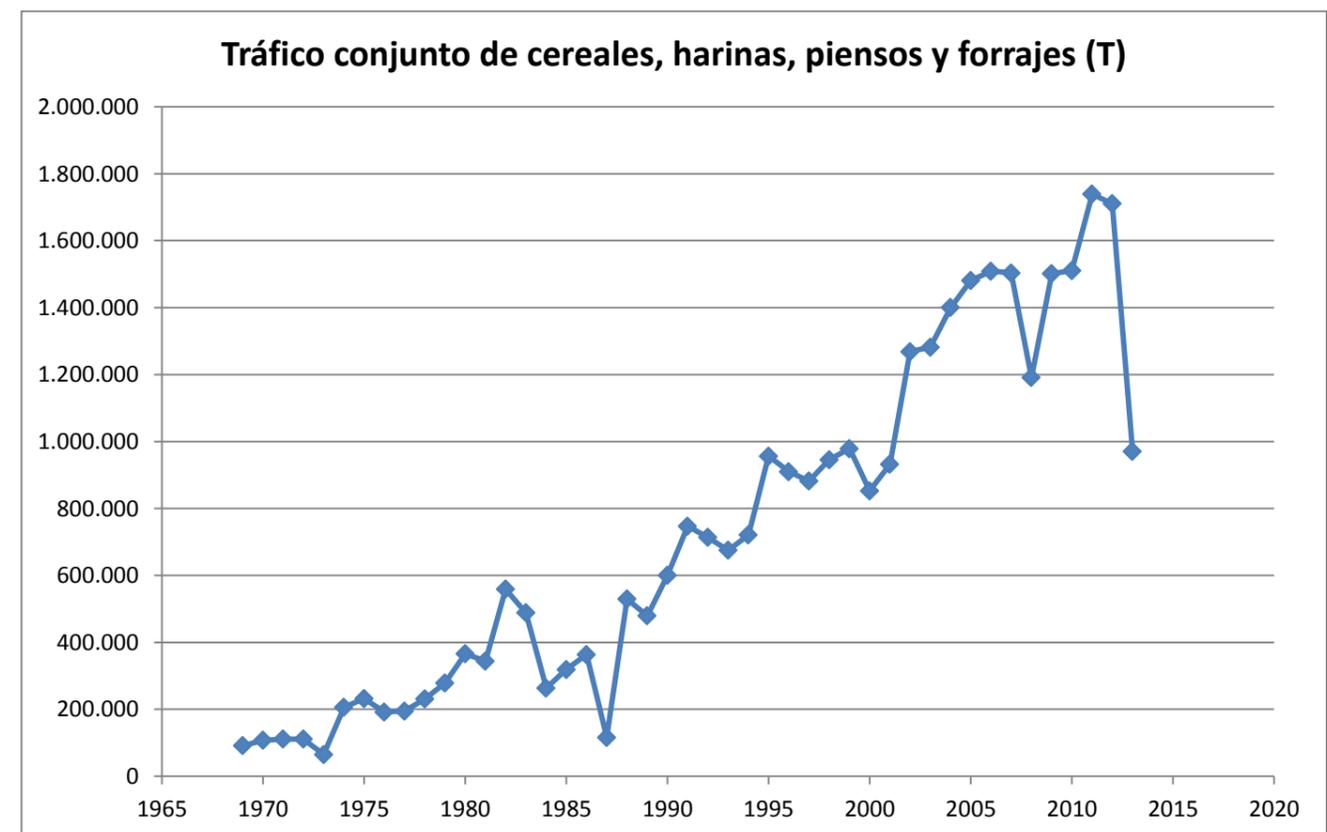
Tal y como se describe en el *Anejo nº 3: Antecedentes*, en el tráfico de graneles que nos ocupa, el de graneles agroalimentarios, destaca el movimiento de cereales, harinas, piensos y forrajes en el apartado de graneles sólidos; adicionalmente se propone el almacenaje de los graneles agroalimentarios líquidos que tiene presencia actualmente en A Coruña. tales como aceites, grasas y melazas.

2.1. Graneles agroalimentarios sólidos

La gráfica histórica desde 1990 hasta 2013 del volumen de cereales, harinas, piensos y forrajes movidos por el Puerto de A Coruña es la siguiente:

Año	Cereales y sus harinas	Piensos y forrajes	TOTAL
2013	890.820,00	79.702,00	970.522,00
2012	995.518,00	715.212,00	1.710.730,00
2011	984.619,00	754.473,00	1.739.092,00
2010	803.454,00	707.245,00	1.510.699,00
2009	846.034,00	655.469,00	1.501.503,00
2008	662.162,00	529.184,00	1.191.346,00
2007	918.637,00	585.025,00	1.503.662,00
2006	837.152,00	672.029,00	1.509.181,00
2005	762.587,00	718.311,00	1.480.898,00
2004	672.830,00	727.438,00	1.400.268,00
2003	617.638,00	664.380,00	1.282.018,00
2002	556.108,00	712.324,00	1.268.432,00
2001	255.361,00	676.387,00	931.748,00
2000	198.855,00	654.081,00	852.936,00
1999	234.014,00	744.929,00	978.943,00
1998	213.448,00	732.475,00	945.923,00
1997	208.392,00	673.359,00	881.751,00
1996	246.193,00	663.612,00	909.805,00
1995	341.213,00	615.451,00	956.664,00
1994	166.224,00	554.687,00	720.911,00
1993	163.371,00	511.840,00	675.211,00

1992	186.702,00	526.904,00	713.606,00
1991	207.734,00	539.370,00	747.104,00
1990	137.593,00	462.704,00	600.297,00

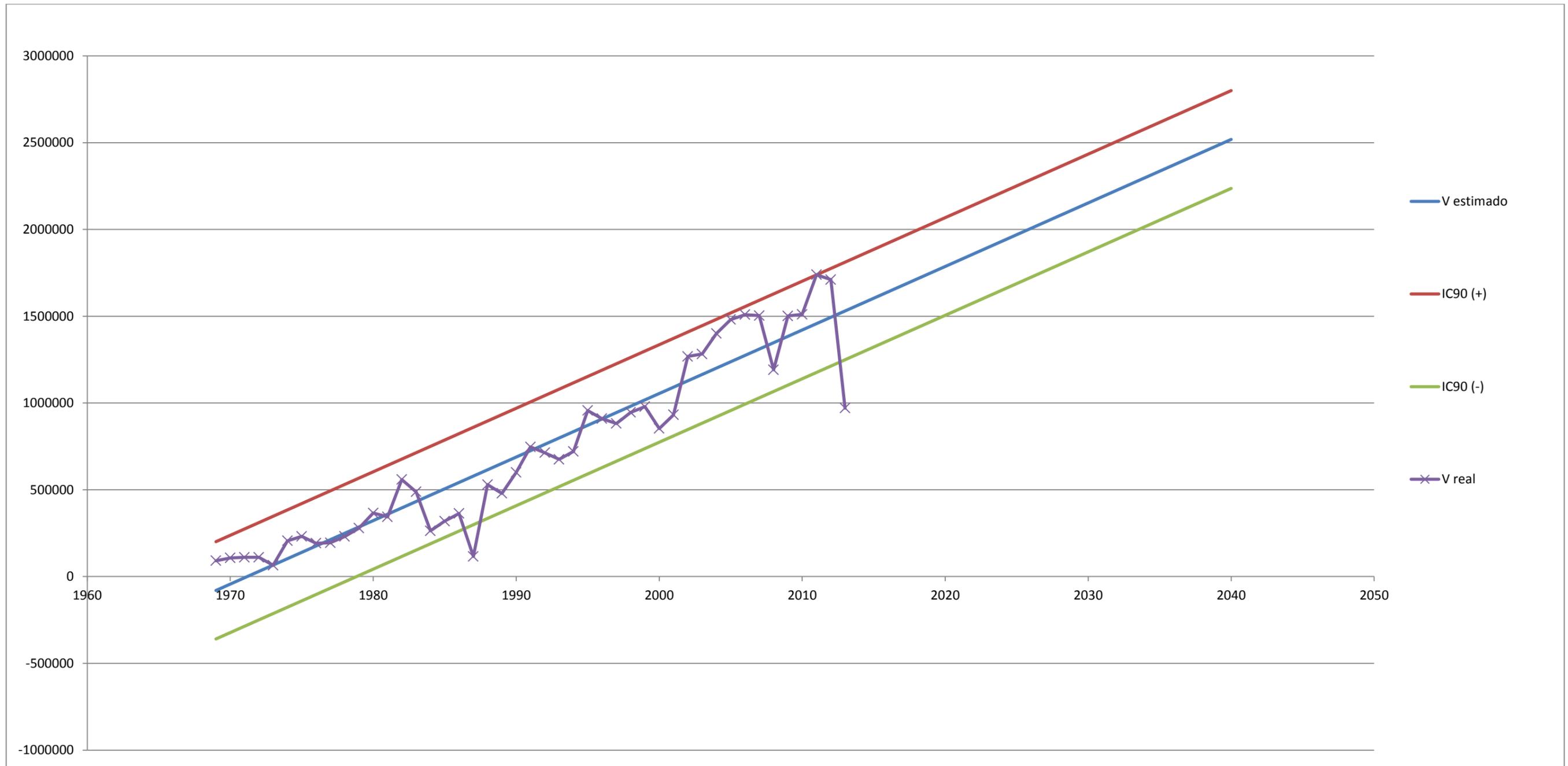


Fuente: Puertos del Estado; Autoridad Portuaria de A Coruña

Con el objetivo de calcular el volumen de tráfico de cereales, harinas, piensos y forrajes para un horizonte de 25 años, se propone asimilar la gráfica a una función de tendencia lineal, y realizando la hipótesis de que el tráfico de este tipo de mercancías sigue una distribución normal, se trazan unas bandas de confianza del 90 % para determinar el volumen de tráfico a 25 años.



Gráfico 1: Tráfico de cereales, harinas, piensos y forrajes estimado a 25 años (T)





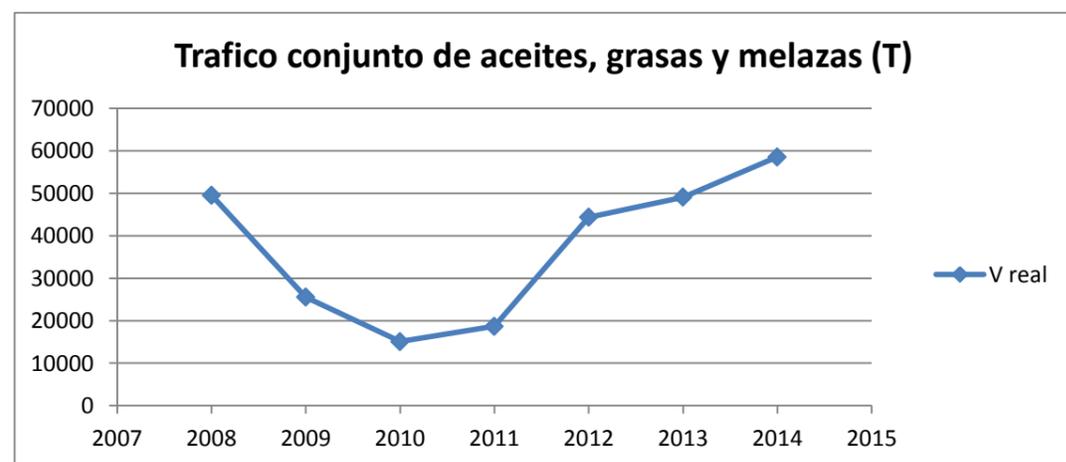
Año	Volumen real	Volumen estimado	Banda de confianza + 90%	Banda de confianza - 90%
2040	-	2.529.984	2.795.167	2.264.802
2013	1.066.052	1.542.882	1.808.064	1.277.699

Debido al gran potencial que presenta el nuevo Puerto Exterior de A Coruña como puerto hub al situarse en el medio de las principales rutas oceánicas de comercio de Sudamérica, África y Asia con Europa, y con la construcción de unas buenas comunicaciones con Galicia y el resto de la Península Ibérica se opta por dimensionar la terminal para el valor que aporta la banda de confianza de + 90 %, es decir, para **2.795.167 Toneladas** de cereales, harinas, piensos y forrajes.

2.2. Graneles agroalimentarios líquidos

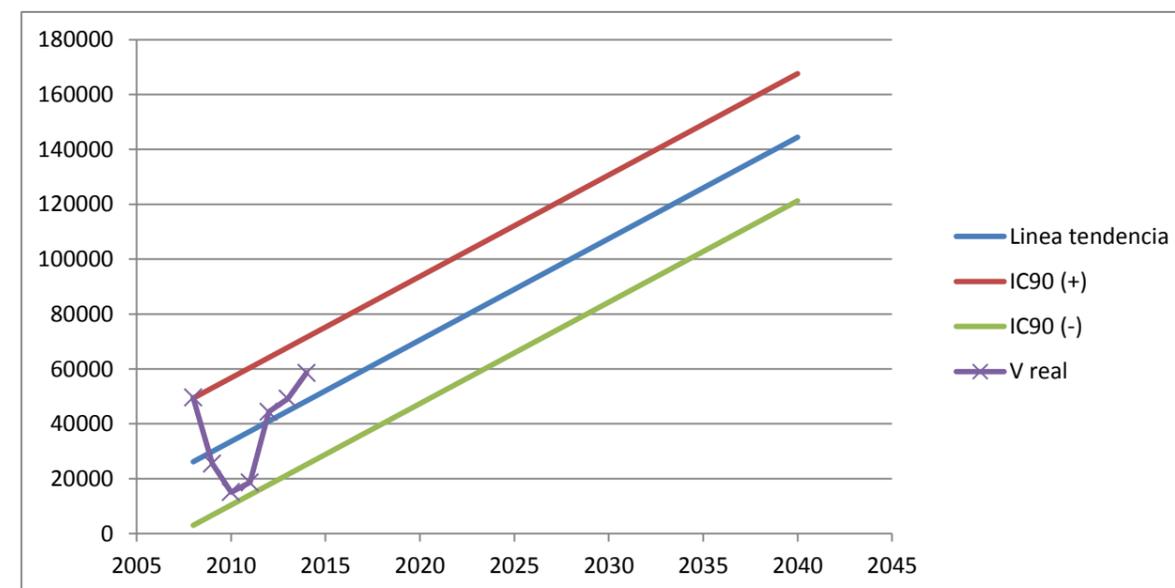
Realizando un análisis similar al de los graneles agroalimentarios sólidos, la serie histórica de aceites, grasas y melazas es la siguiente.

Año	V real
2014	58.581
2013	49.109
2012	44.360
2011	18.675
2010	15.097
2009	25.544
2008	49.561



La función de tendencia lineal y la banda de confianza del 90% será la siguiente:

Gráfico 2: Tráfico de aceites, grasas y melazas estimado a 25 años (T)



Año	Volumen real	Volumen estimado	Banda de confianza + 90%	Banda de confianza - 90%
2040	-	144.423,04	167.589,85	121.256,23
2014	58.581	48.359,54	71.526,35	251.92,73

Debido a que cierta parte del volumen de tráfico de aceites durante 2012, 2013 y 2014 fue usado por la empresa petrolífera Repsol con fines energéticos y a pesar de haberse contemplado en los datos de la gráfica, aunque a la baja, se opta por dimensionar la terminal para un volumen a 25 años de **144.423 T** de aceites, grasas y melazas.

3. Conclusión

En vista de los resultados expuestos en el presente anejo, se procederá a dimensionar la terminal para los siguientes volúmenes de productos agroalimentarios:

- Graneles agroalimentarios sólidos : **2.800.000 Toneladas**
- Graneles agroalimentarios líquidos: **150.000 Toneladas**



TERMINAL DE PRODUCTOS
AGROALIMENTARIOS EN EL PUERTO EXTERIOR
DE A CORUÑA

ANEJO N° 5: DISEÑO DE LA TERMINAL

Índice

1. Introducción.....	2
2. Cálculo del número de atraques.....	2
3. Cálculo de la longitud del muelle.....	2
4. Cálculo del ancho del área de operación.....	3
5. Cálculo de la capacidad del área de almacenamiento.....	3
5.1. Graneles agroalimentarios sólidos.....	3
5.1.1. Cálculo de superficie necesaria de naves.....	4
5.1.2. Cálculo de silos verticales.....	4
5.2. Graneles agroalimentarios líquidos.....	4

1. Introducción

El objetivo del presente anexo es el cálculo de la capacidad tanto de atraque como de almacenamiento de la terminal, a partir del volumen de tráfico de graneles agroalimentarios estimado para una vida útil de la terminal de 25 años.

2. Cálculo del número de atraques

Según la ROM 2.0-11. *Recomendaciones para el proyecto y ejecución de obras de atraque y amarre* en su apartado 3.1.2.4. *Número de atraques*, el número de atraques se determina a partir de la siguiente fórmula:

$$Na = \frac{12 \times \lambda_{\max} \times t_s}{\theta \times t_{\text{año}}}$$

Estimando los parámetros que aparecen según otras formulaciones propuestas por la ROM se procede a calcular el mínimo número de atraques.

$t_{pu} = \frac{C_u}{N_g \times R \times \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3}$		
C_u	22400	Tráfico unitario medio en toneladas
N_g	2	Número de grúas
R	300	Rendimiento bruto medio en toneladas/hora de cada grúa
α_1	0,9	Parámetros propuestos por la ROM para sistema de descarga continuo y 2 turnos por día de la terminal
α_2	0,7	
α_3	1	
t_{pu}	59,26	plancha unitaria media en horas

$t_s = \frac{t_{pu} + t_m}{2}$		
t_{pu}	59,26	Plancha unitaria media en horas
t_m	0,5	Tiempo de maniobra en horas
t_s	29,87	Tiempo de servicio medio en horas

$t_s = \frac{C_t + Y_p}{12 \times C_{pu}}$		
C_t	2800000	máximo volumen anual de mercancías en toneladas
C_u	22400	Tráfico unitario medio en toneladas
Y_p	1,2	Factor pico propuesto por la ROM
λ_{\max}	12,5	frecuencia de llegada mensual de buques correspondiente al mes de máxima frecuencia

$Na = \frac{12 \times \lambda_{\max} \times t_s}{\theta \times t_{\text{año}}}$		
λ_{\max}	12,5	frecuencia de llegada mensual de buques correspondiente al mes de máxima frecuencia
t_s	0,25	tiempo de servicio medio en horas
θ	0,69	tasa de ocupación de la instalación de atraque
$t_{\text{año}}$	4500	horas operativas de la terminal al año
Na	1,44	Número mínimo de atraques

Por tanto, se necesitarán un mínimo de **2 atraques** para mover 2.800.000 toneladas de graneles en los puestos de atraque.

3. Cálculo de la longitud de atraque

Según la ROM 2.0-11. *Recomendaciones para el proyecto y ejecución de obras de atraque y amarre* en su apartado 3.1.2.5. *Longitud total de la línea de atraque*, la longitud de atraque se calcula mediante la siguiente formulación:

$$L_a = N_{a,\text{alineación}} \times L_{\max} + (N_{a,\text{alineación}} - 1) \times l_0 + 2 \times l_s$$

siendo:



$$L_a = N_{a,alineación} \times L_{max} + (N_{a,alineación} - 1) \times l_0 + 2 \times l_s$$

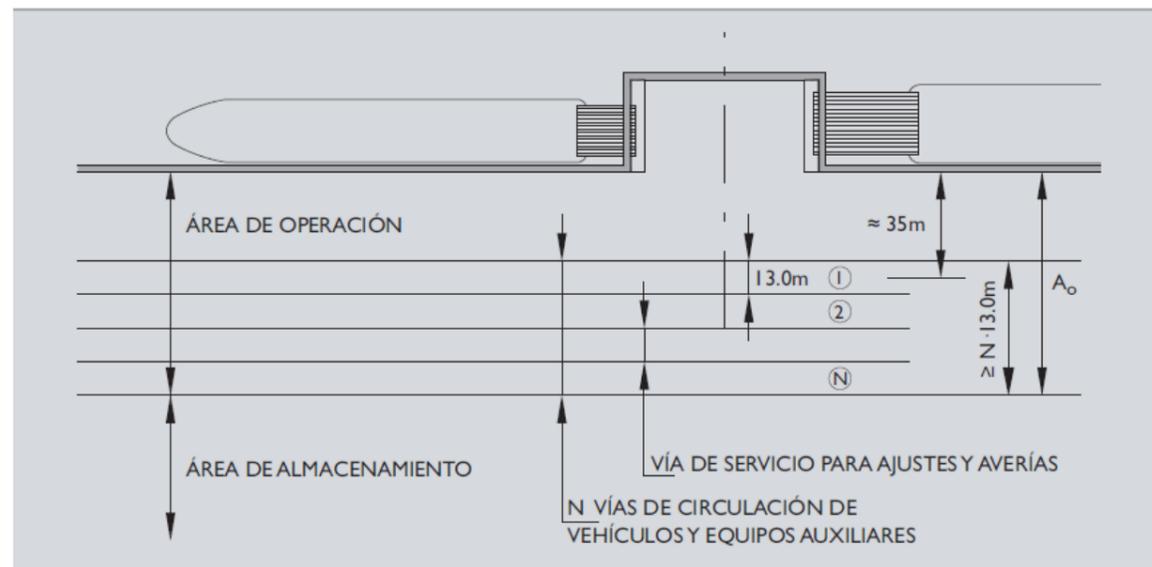
Na, alineación	2	Número de atraques
Lmax (m)	190	Eslora correspondiente al buque de mayor tamaño
ls (m)	20	Resguardo entre el buque y el extremo de la obra de atraque (propuesto por la ROM)
l0 (m)	25	Resguardo entre barcos atracados en la misma alineación (propuesto por la ROM)
La(m)	445	Longitud mínima de atraque

Como conclusión se tomará como longitud de línea de atraque **445 m**. En el caso de que atraque un buque de mayor eslora que el máximo planteado (190 m), se dispondrán de los 2 atraques para la operación de este.

4. Cálculo del ancho del área de operación

La ROM 2.0-11. Recomendaciones para el proyecto y ejecución de obras de atraque y amarre en su apartado 3.2.1.7. Longitud total de la línea de atraque, propone el siguiente ancho:

Figura 3.2.4. Dimensiones recomendables en planta del área de operación en una instalación de atraque tipo muelle con tacones fijos, con uso comercial y utilizando sistemas de carga y descarga por rodadura mediante todo tipo de equipos auxiliares de manipulación



A pesar de que para la realización de las operaciones de descarga se proyecta una cinta transportadora, el gran potencial que presenta el Puerto Exterior de A Coruña para operar como puerto “hub” requerirá operaciones de carga que se plantean mediante sistemas por rodadura por lo que se proponen las siguientes dimensiones:

- 35 m hasta la vía de circulación principal, tal y como recomienda la ROM.
- 15 m de vía de circulación principal por cada carril, ya que las grúas portuarias que actualmente están presentes en el puerto tienen este ancho.
- 35 m de vías de circulación de vehículos y equipos auxiliares.

Por tanto la longitud del ancho de operación que se propone será de **100 m**.

5. Cálculo de la capacidad del área de almacenamiento

5.1. Graneles agroalimentarios sólidos

En base a la actividad de otras terminales de graneles agroalimentarios, en las cuales las rotaciones de la terminal suelen estar en un intervalo entre 8 y 12, realizamos la hipótesis de que las rotaciones de nuestra terminal son 10 a falta de datos más precisos.

Para el cálculo de la capacidad de almacenamiento, se usará la siguiente formulación:

$$C_{almacenamiento} = \frac{C_t}{\rho \times R}$$

siendo:

Capacidad de almacenamiento		
Ct	2.800.000,00	Volumen anual de mercancía en toneladas
ρ	0,6	Peso específico medio de la mercancía en T/m ³
R	10	Rotaciones
C almacenamiento	466.666,67	Capacidad de almacenamiento requerida en m ³

Seguidamente, se procederá al cálculo de la superficie necesaria de naves y al cálculo del número de silos verticales necesarios con el objetivo de analizar los pros y contras de cada sistema de almacenamiento en Anejo nº6: Estudio de alternativas.

5.1.1. Cálculo de superficie necesaria de naves

Se procede a calcular la superficie necesaria de naves mediante la fórmula siguiente:

$$\text{Salmacenamiento} = \frac{\text{Calmacenamiento}}{\text{Sefectiva} \times h}$$

Realizando cálculos:

Superficie de almacenamiento		
Calmacenamiento	466.666,67	Capacidad de almacenamiento requerida en m ³
Sefectiva	80 %	Superficie útil de almacenamiento
h	12	Altura de apilamiento en metros
Salmacenamiento	48611,11	Superficie requerida en m ²

Por tanto requeriremos un mínimo de **48.611,11 m²** para el almacenamiento en naves.

5.1.2. Cálculo de silos verticales necesarios

Se procede al cálculo de silos verticales necesarios para almacenar cereales y harinas ya que no es recomendable este sistema de almacenamiento para los piensos y forrajes. Primero se calcula la capacidad de almacenamiento necesaria para almacenar los cereales y harinas por separado y posteriormente se plantean silos de 50 m de altura y 20 m de diámetro para almacenar dicha capacidad.

Capacidad de almacenamiento		
C _t	1.469.579,00	Volumen anual de cereales en toneladas
ρ	0,6	Peso específico medio en T/m ³
R	10	Rotaciones
C almacenamiento,	244.929,83	

Cálculo del número de silos		
h	50	Altura en metros
D	20	Diámetro en metros
V	15.707,96	Volumen por silo en m ³
C	244.929,83	Capacidad necesaria en m ³
Nº de silos	15,59	

Por tanto, necesitaremos un mínimo de **16 silos verticales** de 50 m de altura y 20 m de diámetro para el almacenamiento de los cereales.

Por otro lado, se procede a calcular la superficie necesaria de naves para almacenar las harinas, piensos y forrajes.

Capacidad de almacenamiento		
C _t	900.000	Volumen anual de mercancía en toneladas
ρ	0,5	Peso específico medio de la mercancía en T/m ³
R	10	Rotaciones
C almacenamiento	180.000,00	Capacidad de almacenamiento requerida en metros cúbicos

Superficie de almacenamiento		
Calmacenamiento	180.000,00	Capacidad de almacenamiento requerida en metros cúbicos
Sefectiva	80 %	Superficie útil de almacenamiento
h	12	Altura de apilamiento en metros
Salmacenamiento	18.750,00	Superficie requerida en m ²

Por tanto se requerirán además de los 16 silos, **18.750 m²** de superficie de almacenamiento en naves.

5.2. Graneles agroalimentarios líquidos

Se procede al cálculo del número de silos necesarios para el almacenamiento de aceites, grasas y melazas de forma análoga al apartado 6.1.2. del presente anejo.

Capacidad de almacenamiento		
C _t	150.000,00	Volumen anual de mercancía en toneladas
ρ	0,9	Peso específico medio en T/m ³
Rotaciones	10	
C almacenamiento	16.666,67	Capacidad de almacenamiento requerida en m ³



Se plantean silos de 40 m de altura y 12 m de diámetro para el almacenamiento de la capacidad calculada, por lo que el número de silos verticales necesarios será el siguiente:

Cálculo del número de silos		
h	40	Altura en metros
D	12	Diámetro en metros
V	4.523,89	Volumen por silo en m ³
C	16.666,67	Capacidad necesaria en m ³
Nº de silos	3,68	

Por tanto se requerirán un mínimo de **4 silos verticales** para el almacenamiento de los graneles agroalimentarios líquidos planteado.



TERMINAL DE PRODUCTOS AGROALIMENTARIOS
EN EL PUERTO EXTERIOR DE A CORUÑA
ANEJO N° 6: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

Índice

1. Introducción.....	2
2. Descripción de las propuestas.....	2
3. Criterios de valoración.....	2
4. Descripción de las alternativas.....	2
4.1. Sistema de almacenamiento para los cereales y harinas.....	2
4.2. Sección tipo de las naves.....	3
4.3. Distribución de la terminal en planta.....	3
5. Valoración de las alternativas.....	4
5.1. Sistema de almacenamiento de los cereales.....	4
5.1.1. Resumen.....	5
5.1.2. Conclusión.....	6
5.2. Sección tipo de las naves.....	6
5.2.1. Resumen.....	7
5.2.2. Conclusión.....	7
5.3. Distribución de la terminal en planta.....	7
5.3.1. Resumen.....	8
5.3.2. Conclusión.....	8
6. Conclusión final.....	8

Apéndice I: Planos de alternativas para “sección tipo de las naves”.....	9
Apéndice II: Planos de alternativas para “Distribución en planta de la terminal”.....	14



1. Introducción

En el presente anejo se realizará un análisis de las diferentes alternativas posibles con el fin de elegir la mejor solución posible. Dicho análisis lo realizaremos en función de distintos criterios, tales como económicos, funcionales y ambientales, estructurándose en los siguientes apartados:

- Tipo de sistema de almacenamiento para cereales y harinas.
- Sección tipo de las naves.
- Distribución espacial de la terminal.

Se irán analizando los distintos apartados en el orden expuesto.

2. Descripción de las propuestas

Tal y como se describió en el *Anejo nº 3: Antecedentes* se pretende el traslado de la actividad de manejo y almacenamiento de graneles agroalimentarios desde el Puerto Interior de A Coruña al Puerto Exterior de Punta Langosteira. Para la proyección de la terminal se proponen diferentes alternativas según los siguientes apartados:

- Sistema de almacenamiento para los cereales y harinas: Se analizará la conveniencia de almacenar los cereales en silos verticales o en naves considerando costes de construcción de cada sistema de almacenamiento, facilidad de carga y descarga, etc.
- Sección tipo de la naves: Se analizarán 2 secciones tipo diferentes para la estructura metálica de las naves.
- Distribución en planta de la terminal: Una vez decidido el sistema de almacenamiento y la sección tipo de las naves, se evaluará cuál es la distribución óptima en planta tanto de las naves como de los silos verticales para conseguir el máximo rendimiento en términos de logística, ocupación del espacio, etc.

3. Criterios de evaluación

En este apartado se procede a describir los criterios con los que se valorará de forma global los distintos aspectos que definirán la elección de una alternativa sobre las demás, los cuales engloban una serie de variables que se describirán posteriormente:

- Criterios económicos: De manera general se optará por la alternativa más económica siempre que esta cumpla con los requisitos técnicos, medioambientales, de seguridad o de explotación y uso.
- Criterios funcionales: Se pretende conseguir que la mercancía realice el menor recorrido posible desde su desembarco hasta su almacenamiento y posteriormente expedición, en las mejores condiciones posibles y al menor coste posible.
- Criterios medioambientales: Se optará generalmente por aquellas alternativas que ocasionen menor contaminación acústica, atmosférica o visual.

Para la evaluación de cada criterio se utilizará un sistema de puntuación de 1 a 10, siendo 1 la peor valoración y 10 la mejor.

Finalmente, cada criterio se dividirá en diferentes subcriterios, los cuales tendrán un peso en la valoración final del criterio distinto, dependiendo de su importancia dentro del criterio y que se definirán en los apartados que siguen.

4. Descripción de las alternativas

4.1. Sistema de almacenamiento para los cereales y harinas.

Tal y como se describe en el *Anejo nº 4: Características de la terminal* en su apartado 6.1. *Graneles agroalimentarios sólidos*, para el almacenamiento de los cereales se proponen 2 alternativas

- Alternativa 1.1.

Se propone el almacenamiento de los cereales en 16 silos verticales de 50 m de altura y 20 m de diámetro, además de 8 silos verticales más pequeños de 40 m de altura y 12m de diámetro para el almacenamiento de aceites, grasas y melazas, y 2 naves de 50 m de luz y 250 m de largo para el almacenamiento de piensos, forrajes y harinas.

- Alternativa 1.2.

Se propone el almacenamiento de los cereales en naves, para lo cual se plantea la construcción de 5 naves de 50 m de luz y 200 m de largo para el almacenamiento de cereales, harinas, piensos y forrajes y 8 silos verticales para el almacenamiento de aceites y grasas.

4.2. Sección tipo de las naves.

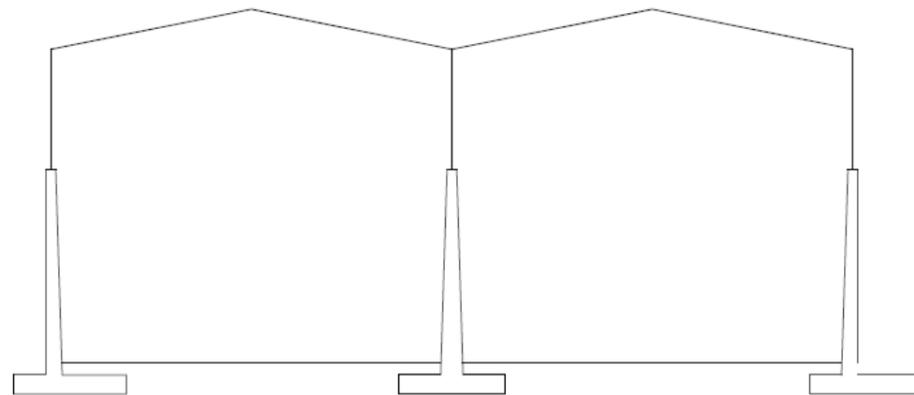
En las alternativas del presente apartado se proponen naves de 50 m de luz y 22 m de altura mediante la construcción de una estructura mixta:

- Con el objetivo de ahorrar en cantidad de acero y debido a que para la contención de granel se dispondrá de un muro de hormigón, se propone un muro de hormigón en voladizo de 12 m de altura sobre la solera sobre el que se construirá la estructura metálica.
- Encima del muro se situará una estructura metálica de 12 m de altura en centro luz, la cual se anclará al muro mediante unas placas de anclaje.

Seguidamente se proponen 2 alternativas para la sección tipo del pórtico de la estructura metálica.

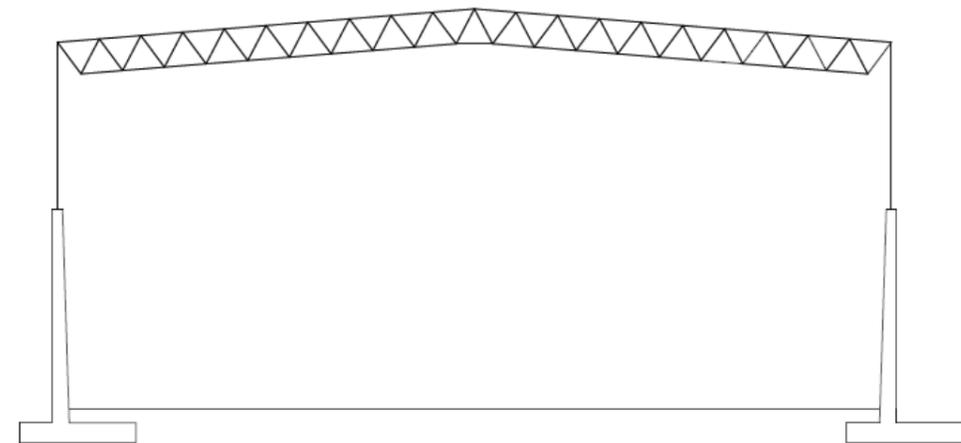
- Alternativa 2.1.

Se propone la siguiente sección tipo, conformada por 2 pórticos de 25 m de luz, cuyos pilares se anclarán a 3 muros de hormigón que recorren toda la longitud de la nave. La cinta transportadora se situará sobre el muro de hormigón central.



- Alternativa 2.2.

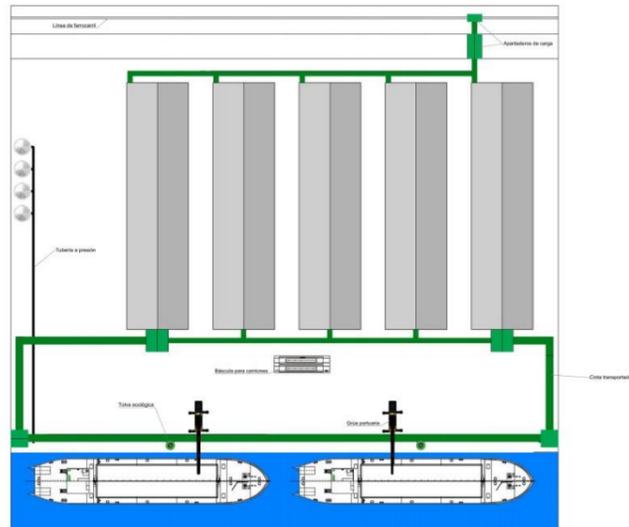
Se propone un único pórtico de 50 m de altura conformado por una celosía tipo Warren, cuyos pilares se anclarán a 2 muros de hormigón que recorrerán toda la nave. La cinta transportadora se situará colgada en el centro luz.



4.3. Distribución en planta de la terminal.

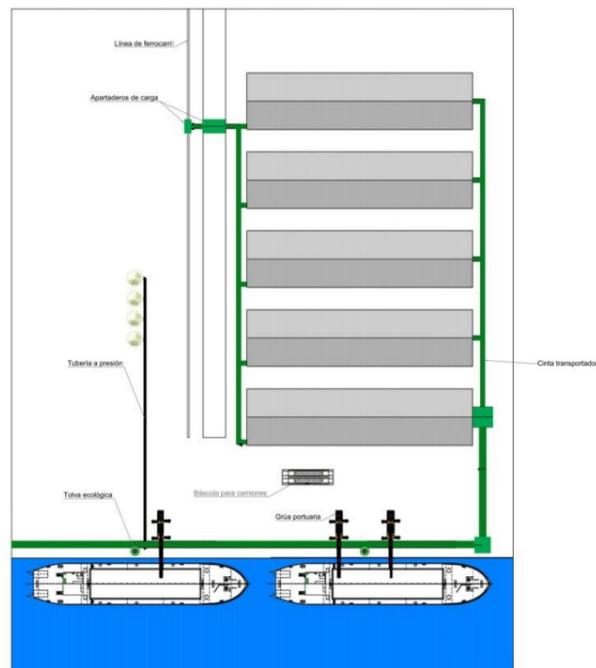
- Alternativa 3.1.

Se propone una distribución en planta de tal manera que la dirección principal de las naves sea perpendicular a la del muelle.



• Alternativa 3.2.

Se propone una distribución en planta de tal manera que la dirección principal de las naves sea paralela a la del muelle.



5. Valoración de las alternativas

5.1. Sistema de almacenamiento para los cereales

• Criterios económicos

➤ **Coste de construcción**

La diferencia entre las 2 alternativas redunda en la construcción de 16 silos verticales de gran altura en la alternativa 1.1 frente a la construcción de 2 silos horizontales en la alternativa 2.2. Económicamente y a pesar de que un único silo vertical de las dimensiones citadas es mucho más barato que un silo horizontal, el hecho de tener que construir 16 aumentara el coste de construcción frente a la construcción de 2 naves iguales, en las que además se optimizaría el sistema de transporte desde la descarga de buque a la nave ya que usaría la misma cinta transportadora

Por tanto la valoración será la siguiente:

		Alternativa 1.1.	Alternativa 1.2.
Criterios económicos	Coste de construcción	5	7

• Criterios funcionales

➤ **Expedición de la mercancía**

En la alternativa planteada de almacenar los cereales en silos verticales los tiempos de expedición de cereal serán mayores a los que se conseguiría con el silo horizontal; además, al tener toda la mercancía concentrada en un menor espacio que el que supondría un silo horizontal, se podría ocasionar problemas de congestión y de efecto barrera con los camiones.

➤ **Trazabilidad de la mercancía**

En los 16 silos verticales propuestos se presenta el problema de que no podemos admitir más de 16 tipos de cereales y harinas con diferente origen y destino ya que así no estaríamos

cumpliendo con la trazabilidad del producto; sin embargo en los silos horizontales mediante divisiones interiores de la nave el límite de almacenaje de cereal en función del origen y destino es mayor.

➤ Ocupación del espacio

Para el mismo volumen de mercancía, los silos verticales ocupan mucho menos terreno que los silos horizontales minimizando los metros cuadrados de superficie portuaria que necesitamos para el área de almacenamiento.

En consecuencia, la valoración propuesta será:

		Alternativa 1.1.	Alternativa 1.2.
Criterios funcionales	Expedición de la mercancía	4	8
	Trazabilidad de la mercancía	3	7
	Ocupación de espacio	10	4

• Criterios ambientales

➤ Impacto visual

La construcción de 16 silos de 50 m de altura generará un mayor impacto visual que 2 naves de 22 m de altura.

➤ Contaminación atmosférica

Se considera la posibilidad de que la mercancía sea arrastrada por el viento en el transcurso del transporte del buque al sistema de almacenamiento de cada alternativa.

Tanto en la alternativa 1.1. como en la 1.2., la mercancía es descargada por las grúas portuarias y descargada en las tolvas ecológicas, las cuales descargan el material en la cinta transportadora que las conducirá a los respectivos sistemas de almacenamiento, excepto los graneles líquidos los cuales serán conducidos a los silos verticales mediante tubería a presión.

En cuanto a la expedición, mientras que en la alternativa 1.2. se realiza por cinta transportadora tanto al apartadero de carga para tráfico rodado como al apartadero de carga para el tráfico ferroviario, en la alternativa 1.1. el vaciado de los silos se realiza al aire libre tanto para su transporte por camión como para transporte por ferrocarril, el cual recibirá la mercancía

a partir de los camiones que se cargarán en el silo; por tanto la afección a la atmósfera será mayor en la alternativa 1.1.

En este caso la valoración queda:

		Alternativa 1.1	Alternativa 1.2.
Criterios ambientales	Impacto visual	4	6
	Contaminación atmosférica	4	7

5.1.1. Resumen de la valoración

		Alternativa 1.1.	Alternativa 1.2.
Criterios económicos	Coste de construcción	5	7
Criterios funcionales	Expedición de la mercancía	4	8
	Trazabilidad de la mercancía	3	7
	Ocupación de espacio	10	4
Criterios ambientales	Impacto visual	4	6
	Contaminación atmosférica	4	7

La asignación de pesos para cada subcriterio y criterio será:

		Pesos individual	Peso del criterio
Criterios económicos	Coste de construcción	100%	40%
Criterios funcionales	Expedición de la mercancía	30%	40%
	Trazabilidad de la mercancía	20%	
	Ocupación de espacio	50%	
Criterios ambientales	Impacto visual	20%	20%
	Contaminación atmosférica	80%	

Por tanto la valoración de las alternativas será:

		Alternativa 1.1.	Alternativa 1.2.
Criterios económicos	Coste de construcción	2	2,8
	Expedición de la mercancía	0,48	0,96
Criterios funcionales	Trazabilidad de la mercancía	0,24	0,56
	Ocupación de espacio	2	0,8
Criterios ambientales	Impacto visual	0,16	0,24
	Contaminación atmosférica	0,64	1,12
TOTAL		5,52	6,48

5.1.2. Conclusión

Se escogerá la **alternativa 1.2.**, la cual consiste en la realización de 5 naves para el almacenamiento de los graneles agroalimentarios sólidos y 4 silos verticales para el almacenamiento de los graneles agroalimentarios líquidos.

5.2. Sección tipo de las naves

- Criterios económicos

- **Coste de materiales**

Se valorará el coste que suponen las diferentes alternativas según la cantidad de hormigón y de acero a utilizar para la construcción de las naves.

La alternativa 2.1. planteada requerirá un menor gasto en estructura metálica al estar conformada por pórticos simples; sin embargo, la construcción de un muro de hormigón en el centro luz ya que este es imprescindible para la contención del granel tendrá como consecuencia un gran incremento de coste frente a la alternativa 2.2., la cual a pesar de utilizar más acero para la construcción de la celosía tipo Warren no necesitará de un 3^{er} muro en centro luz.

- **Coste de mano de obra**

Se valorará el coste que tiene la construcción en función de la dificultad de construcción y montaje.

La alternativa 2.2. será más difícil de construir en este aspecto debido a que presenta el doble de luz que la alternativa 1, además de proyectarse la cinta transportadora colgada de centro luz, lo cual implicará mayores dificultades en términos constructivos frente a la colocación de la cinta transportadora en la coronación del muro central de la alternativa 2.1.

		Alternativa 2.1.	Alternativa 2.2.
Criterios económicos	Coste de materiales	5	7
	Coste de mano de obra	7	4

- Criterios funcionales

- **Aprovechamiento del espacio**

Se valorará el óptimo aprovechamiento del espacio en el interior de la nave para el almacenamiento del granel.

Debido al muro central, la alternativa 2.1. presentará un menor espacio útil debido tanto a la ocupación de parte del espacio central de la nave, como a la reducción de la altura de apilamiento por encima del muro ya que admitirá graneles con ángulos de rozamiento interno menores que la alternativa 2.2. para que estos no sobrepasen la altura de coronación de los muros en los que se apoyan.

Debido a lo expuesto, la valoración de los criterios funcionales queda de la siguiente manera:

		Alternativa 2.1.	Alternativa 2.2.
Criterios funcionales	Aprovechamiento del espacio	6	8

5.2.1. Resumen de la valoración

		Alternativa 2.1.	Alternativa 2.2.
Criterios económicos	Coste de materiales	5	7
	Coste de mano de obra	7	4
Criterios funcionales	Aprovechamiento del espacio	6	8

La asignación de pesos para cada subcriterio y criterio será:

		Pesos individual	Peso del criterio
Criterios económicos	Coste de materiales	70%	60%
	Coste de mano de obra	30%	60%
Criterios funcionales	Aprovechamiento del espacio	100%	40%

Por tanto la valoración de las alternativas será:

		Alternativa 2.1.	Alternativa 2.2.
Criterios económicos	Coste de materiales	2,1	2,94
	Coste de mano de obra	1,26	0,72
Criterios funcionales	Aprovechamiento del espacio	2,4	3,2
TOTAL		5,76	6,86

5.2.2. Conclusión

Como consecuencia se escoge la **alternativa 2.2.**, en la cual la nave consistirá en 2 muros gemelos de hormigón armado de 12 m de altura, y anclada a la coronación del muro, una estructura metálica consistente en un único pórtico de 50 m de luz resuelto mediante una celosía de tipo Warren.

5.3. Distribución en planta de la terminal

- Criterios económicos

- **Medios necesarios**

La influencia de la distribución en planta sobre los costes se basa principalmente tanto en la longitud de la cinta transportadora y la longitud de los carriles para la circulación interna de cada opción, ya que tendrá un mayor coste debido a su mantenimiento y construcción, como en el espacio portuario ocupado por la terminal.

La alternativa 3.1. planteada presenta menores longitudes tanto de cinta como de carriles para la circulación que la alternativa 3.2.

En cuanto al espacio portuario ocupado, la zona de almacenamiento de la alternativa 3.2. será mayor que la de la alternativa 3.1. ya que para una misma longitud de 445 m paralela al mar, la alternativa 3.2 necesitará más espacio en la dirección perpendicular al muelle, con el consecuente incremento del coste de la parcela

		Alternativa 3.1.	Alternativa 3.2.
Criterios económicos	Medios necesarios	7	4

- Criterios funcionales

- **Aprovechamiento del espacio**

Se valorará positivamente la optimización del espacio en función de la distribución en planta tanto de los silos horizontales como de los silos verticales, disponiéndose de tal manera que, sin influir en el subsistema de transporte interno de la terminal, se utilice el mínimo espacio posible

La alternativa 3.1. ocupará mayor superficie en la dirección paralela al muelle, aprovechando los 445 m de muelle y reduciendo el espacio ocupado en la dirección opuesta al muelle, mientras que la alternativa 3.2. ocupará mayor espacio en la dirección perpendicular al mar.

- **Accesibilidad**

Se valorará la accesibilidad de los equipos de manipulación y de carga y descarga tanto al interior de las naves como al lugar de almacenamiento de la mercancía en el interior de esta ya que dependiendo de su distribución en planta se podrá acceder desde un lugar u otro.

Tanto en la alternativa 3.1. como en la 3.2. los accesos a la terminal se realizan por la parte noroeste del muelle. Por otro lado la longitud de carriles para la circulación en la alternativa 3.2. es mayor que en la alternativa 3.1. para conseguir los mismos accesos tanto a los silos verticales como a las naves.

Por tanto, la valoración propuesta es la siguiente:

		Alternativa 3.1.	Alternativa 3.2.
Criterios funcionales	Aprovechamiento del espacio	6	4
	Accesibilidad	8	5

- Criterios ambientales

La distribución en planta no ocasiona diferencias entre las distintas alternativas en cuanto a influencia en el medioambiente por lo que no se considerará en la evaluación.

5.3.1. Resumen de la valoración

		Alternativa 3.1.	Alternativa 3.2.
Criterios económicos	Medios requeridos	7	4
Criterios funcionales	Aprovechamiento del espacio	6	4
	Accesibilidad	8	5

La asignación de pesos para cada subcriterio y criterio será:

		Pesos individual	Peso del criterio
Criterios económicos	Medios requeridos	100%	30%
Criterios funcionales	Aprovechamiento del espacio	60%	70%
	Accesibilidad	40%	

Por tanto la valoración de las alternativas será:

		Alternativa 3.1.	Alternativa 3.2.
Criterios económicos	Medios requeridos	2,1	1,2
Criterios funcionales	Aprovechamiento del espacio	2,52	1,68
	Accesibilidad	2,24	1,4
TOTAL		6,86	4,28

5.3.2. Conclusión

Como consecuencia se escoge la **alternativa 3.1.**, en la cual la distribución de los silos en planta será perpendicular a la línea de muelle.

6. Conclusión final

A continuación se expone a modo de resumen las características de la terminal en función de los resultados del estudio de alternativas:

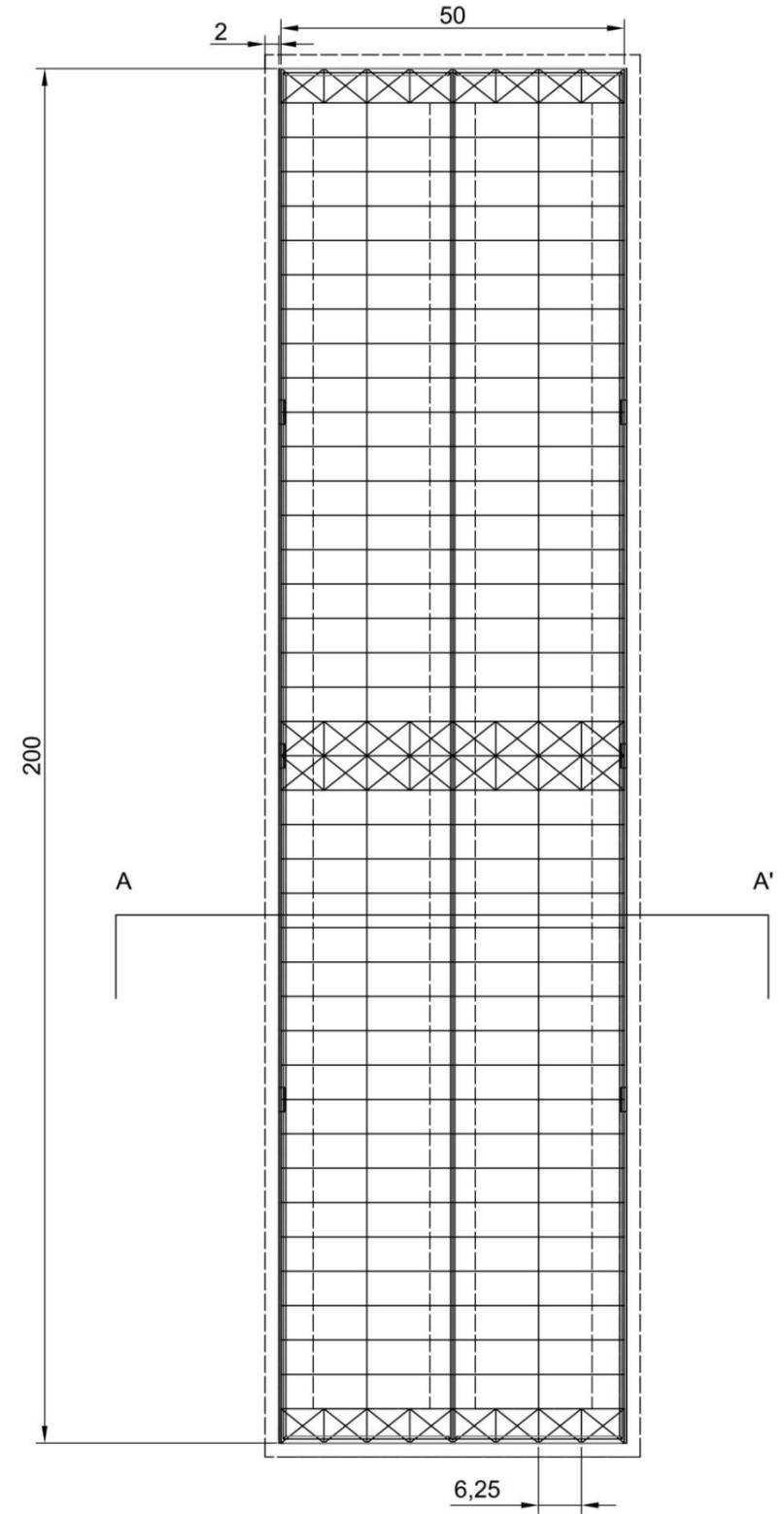
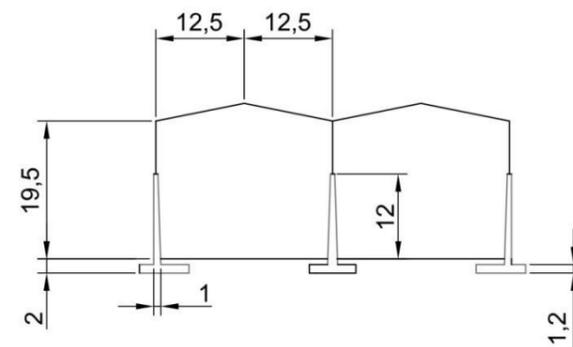
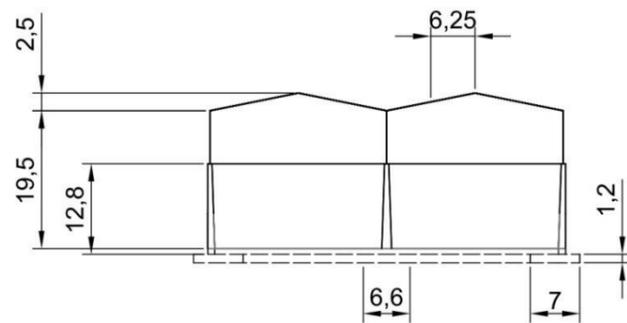
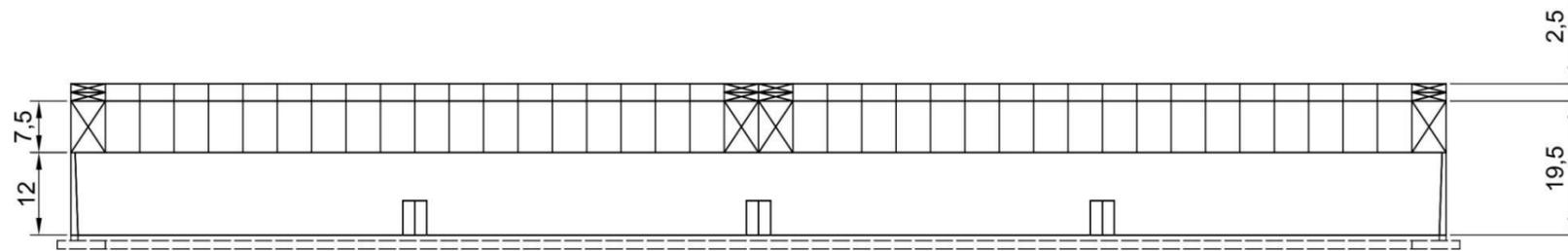
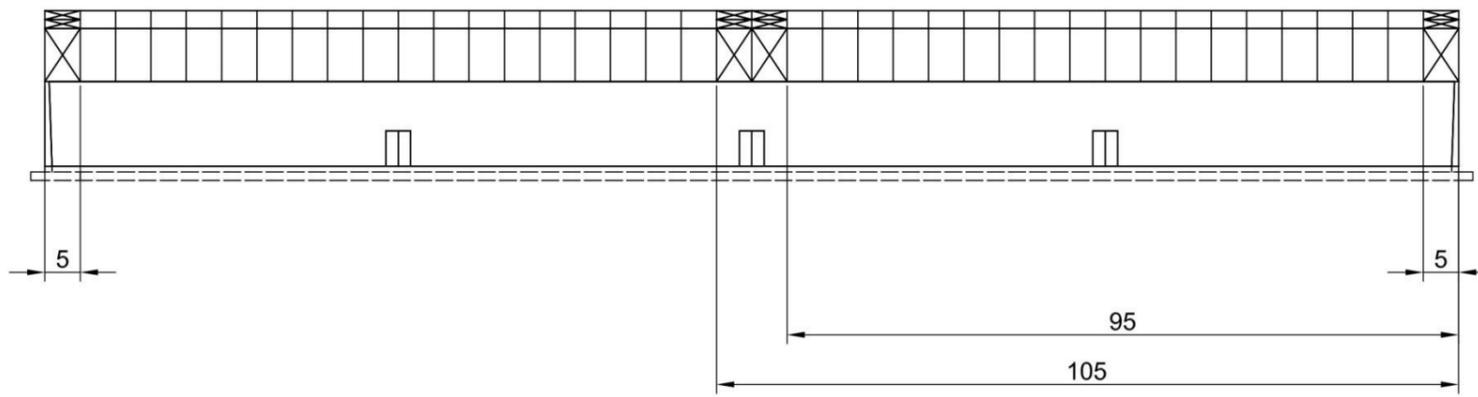
- 5 naves de 50 m de luz y 22 m de altura, las cuales están conformadas por un muro-voladizo en L de 12 m de altura, y anclado a este mediante unas placas de anclaje, una estructura metálica consistente en un pórtico metálico resuelto con una celosía Warren de 10 m de altura.
- 4 silos verticales para el almacenamiento de los graneles agroalimentarios líquidos formado por planchas de acero de 15 mm de espesor y soportado por una estructura triangulada igualmente de acero.
- Un sistema de cinta transportadora para la descarga y movimiento interno del granel sólido, el cual contará con dos torres de transferencia a pie de muelle y dos torres de pesaje, con el objetivo de poder utilizar los dos puestos de atraque que se proyectan al mismo tiempo. Adicionalmente, las partes de la cinta transportadora del área de operación perpendiculares a la línea de muelle en planta, deberán ser retráctiles con el objetivo de que las grúas puedan desplazarse dentro y fuera de la terminal sin ningún obstáculo.
- Una tubería a presión de 0.5 m de diámetro para la conducción de los graneles agroalimentarios líquidos desde la línea de atraque a los graneles agroalimentarios líquidos.
- Un apartadero de carga para tráfico rodado y otro para tráfico ferroviario, a los cuales llegará el granel procedente de las naves mediante cinta transportadora.



APÉNDICE I: PLANOS DE ALTERNATIVAS PARA **“SECCION TIPO DE LAS NAVES”**

Índice

Vistas alternativa 2.1.	
Vista 3D alternativa 2.1	
Vistas alternativa 2.2.....	
Vista 3D alternativa 2.2.	



Título del anteproyecto
TERMINAL DE GRANELES AGROALIMENTARIOS EN
EL PUERTO EXTERIOR DE A CORUÑA

Autor del proyecto
PABLO REGUEIRO POMBO

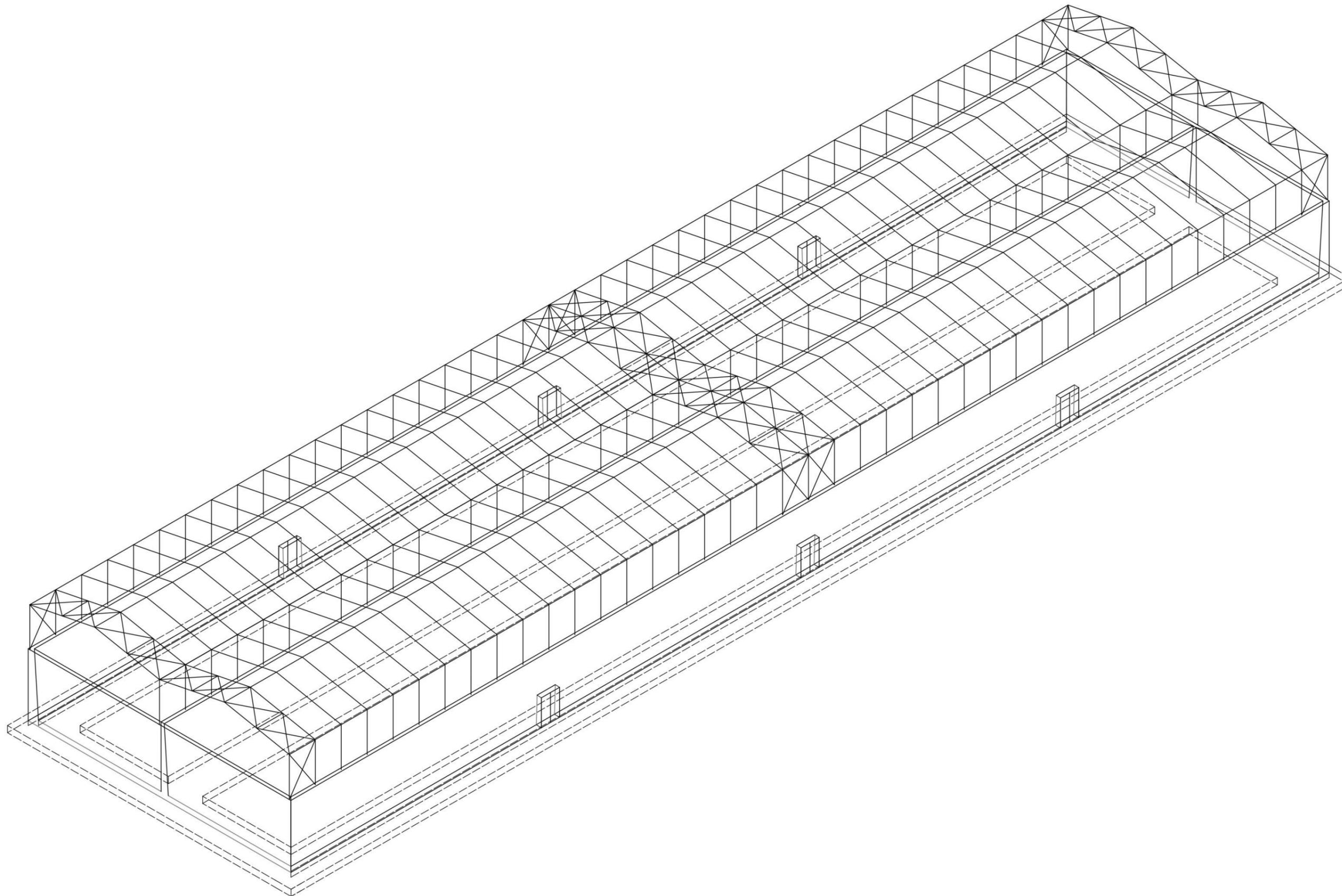
Firma

Título del plano
Vistas Alternativa 2.1.

Escala
1 : 500

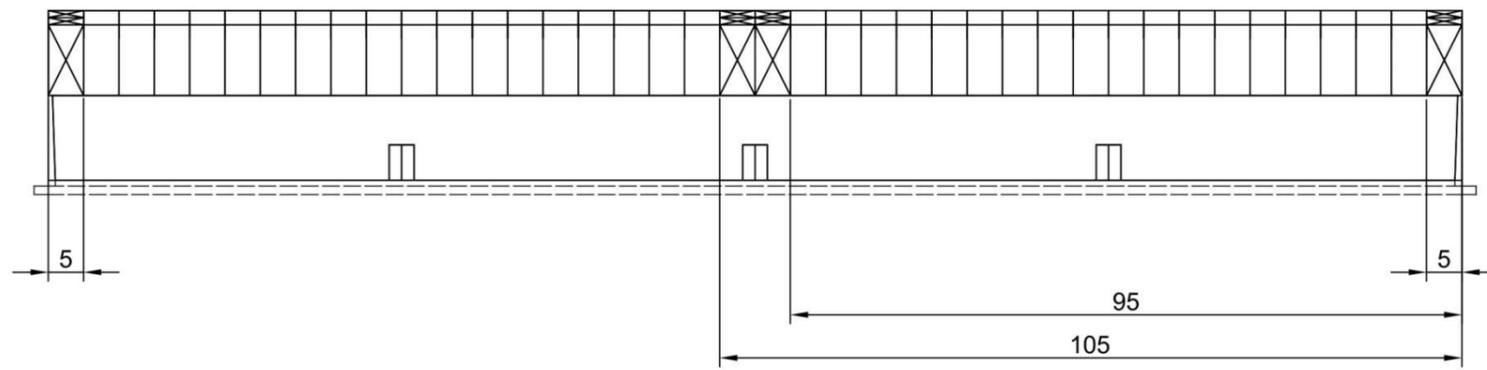
Fecha
Octubre 2015

Nº Plano
1 / 2

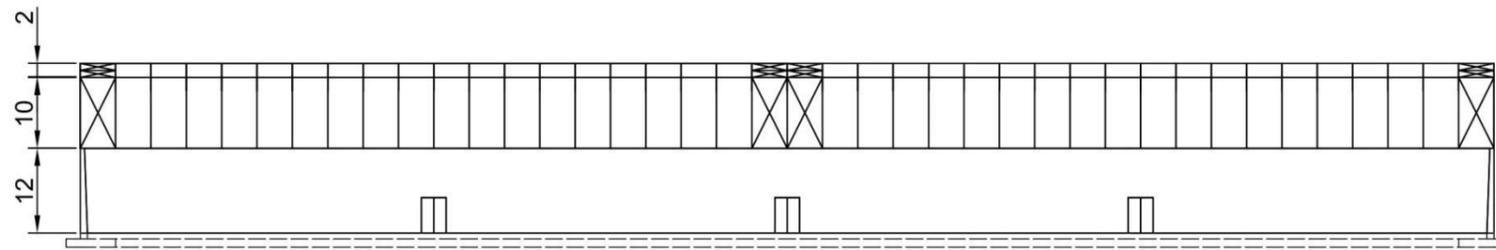


<i>Título del anteproyecto</i>	<i>Autor del proyecto</i>	<i>Firma</i>	<i>Título del plano</i>	<i>Escala</i>	<i>Fecha</i>	<i>Nº Plano</i>
TERMINAL DE GRANELES AGROALIMENTARIOS EN EL PUERTO EXTERIOR DE A CORUÑA	PABLO REGUEIRO POMBO		Vista 3D Alternativa 2.1.	1 : 10000	Octubre 2015	2 / 2

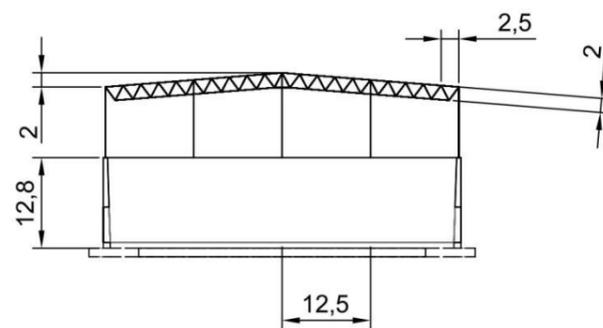
PERFIL DERECHO



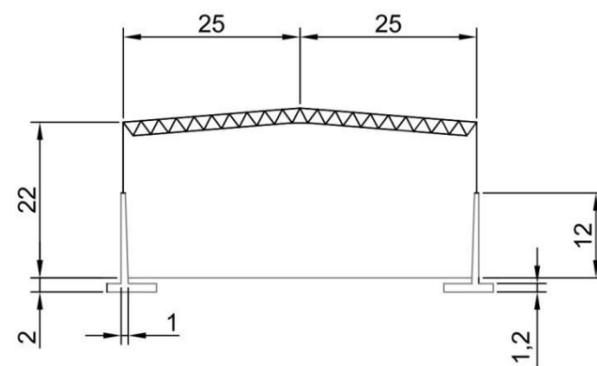
PERFIL IZQUIERDO



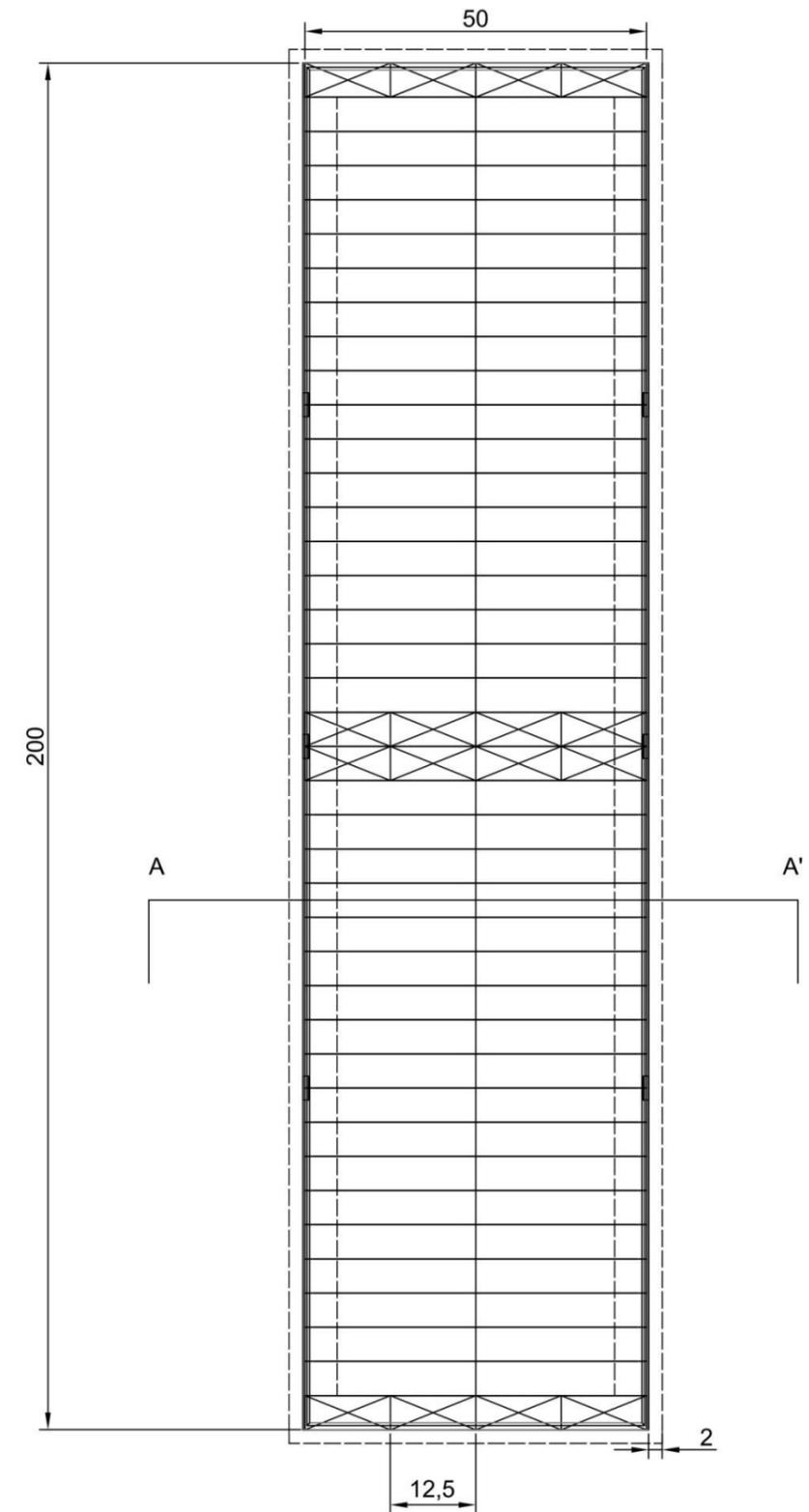
ALZADO



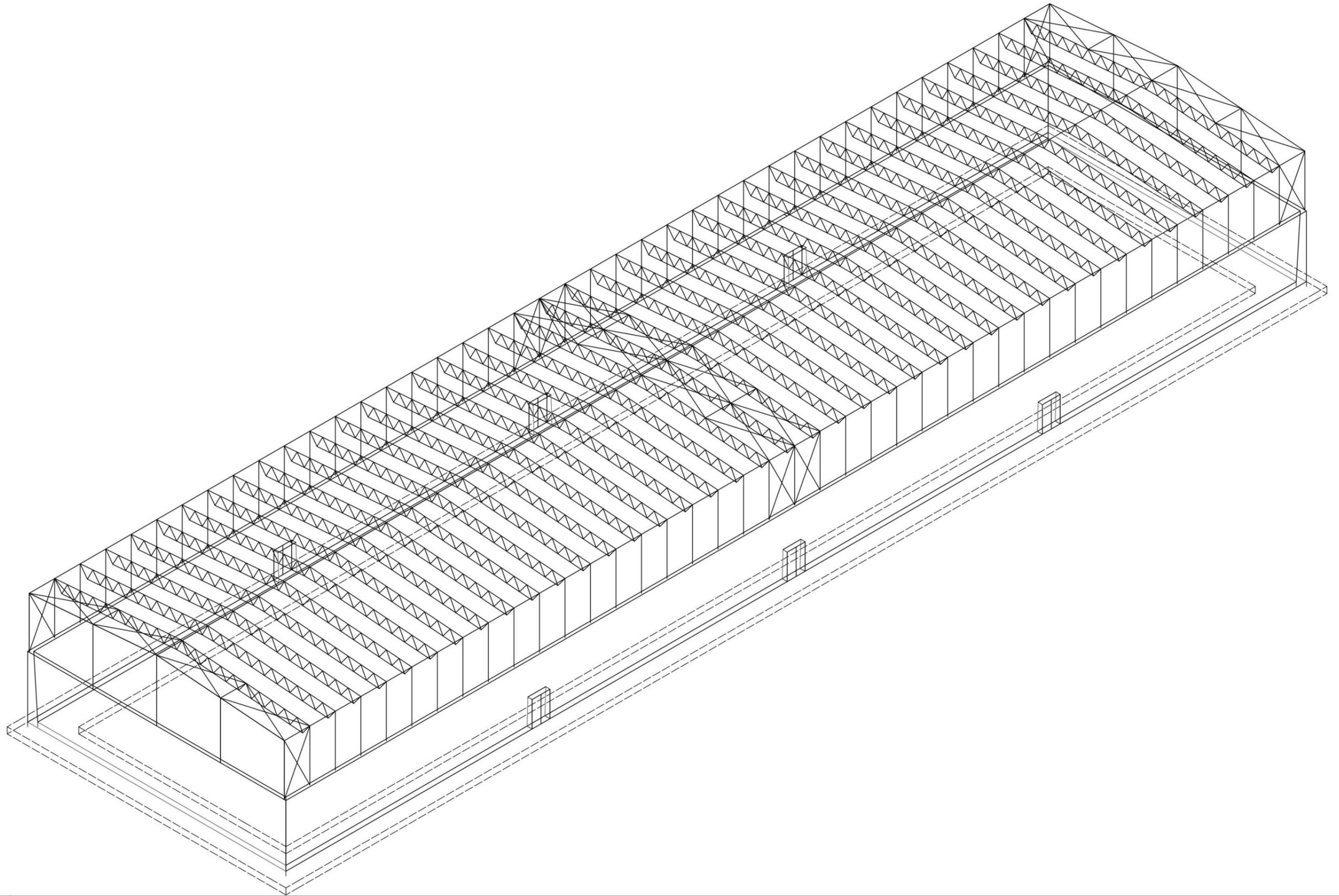
SECCIÓN AA'



PLANTA



Título del anteproyecto	Autor del proyecto	Firma	Título del plano	Escala	Fecha	Nº Plano
TERMINAL DE GRANELES AGROALIMENTARIOS EN EL PUERTO EXTERIOR DE A CORUÑA	PABLO REGUEIRO POMBO		Vistas Alternativa 2.2.	1 : 500	Octubre 2015	1 / 2



<i>Título del anteproyecto</i>	<i>Autor del proyecto</i>	<i>Firma</i>	<i>Título del plano</i>	<i>Escala</i>	<i>Fecha</i>	<i>Nº Plano</i>
TERMINAL DE GRANELES AGROALIMENTARIOS EN EL PUERTO EXTERIOR DE A CORUÑA	PABLO REGUEIRO POMBO		Vista 3D Alternativa 2.2.	1 : 1000	Octubre 2015	2 / 2

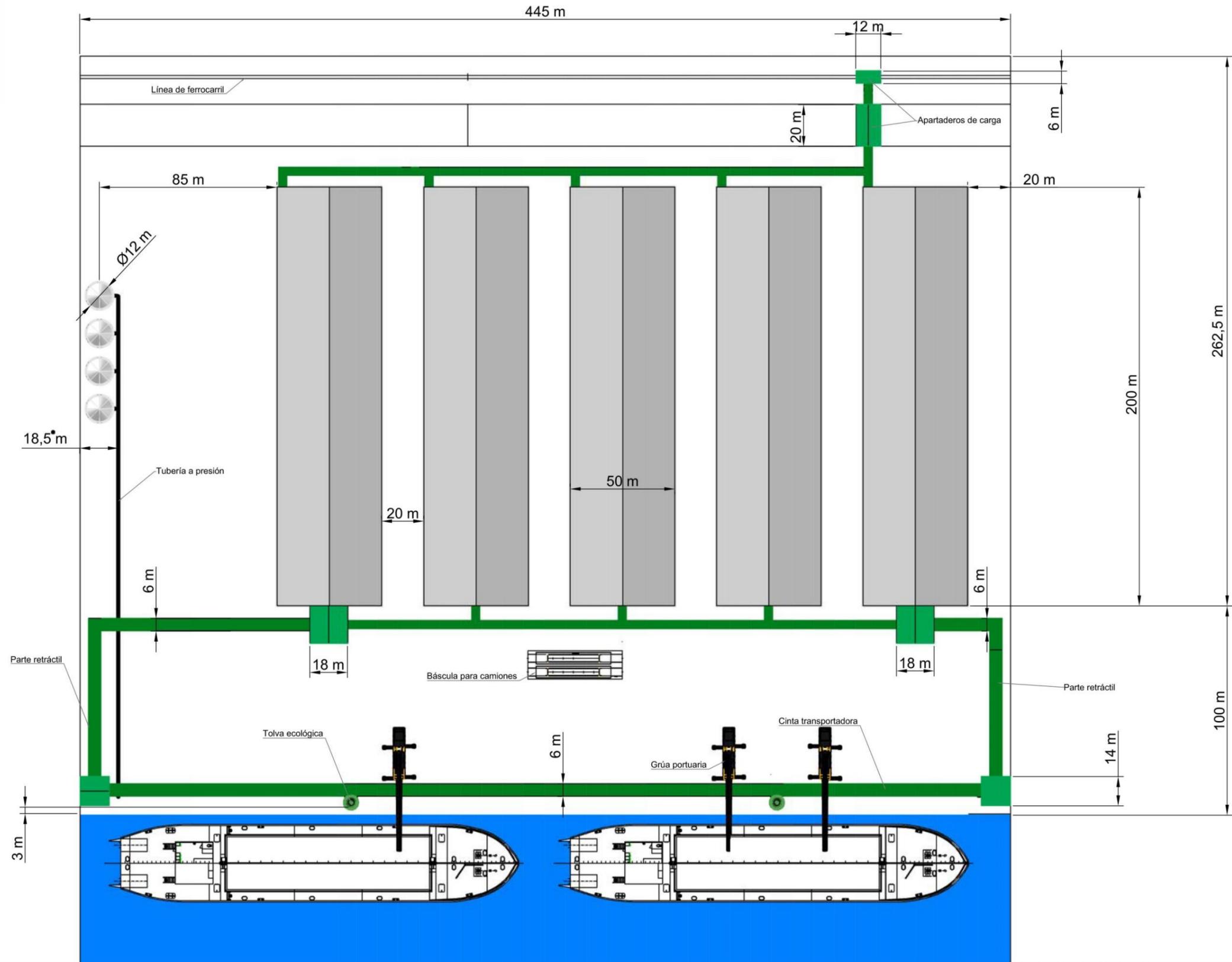


APÉNDICE II: PLANOS DE ALTERNATIVAS PARA “DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DE LA TERMINAL”

Índice

Planta alternativa 3.1.....	
Alzados alternativa 3.1.	
Perfiles alternativa 3.1.	
Planta alternativa 3.2.	
Alzados alternativa 3.2.	
Perfiles alternativa 3.2.....	

PLANTA



Escola Técnica Superior de
Ingeniería de Caminos, Canales
y Puertos

UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Título del anteproyecto
TERMINAL DE GRANELES AGROALIMENTARIOS EN
EL PUERTO EXTERIOR DE A CORUÑA

Autor del proyecto
PABLO REGUEIRO POMBO

Firma

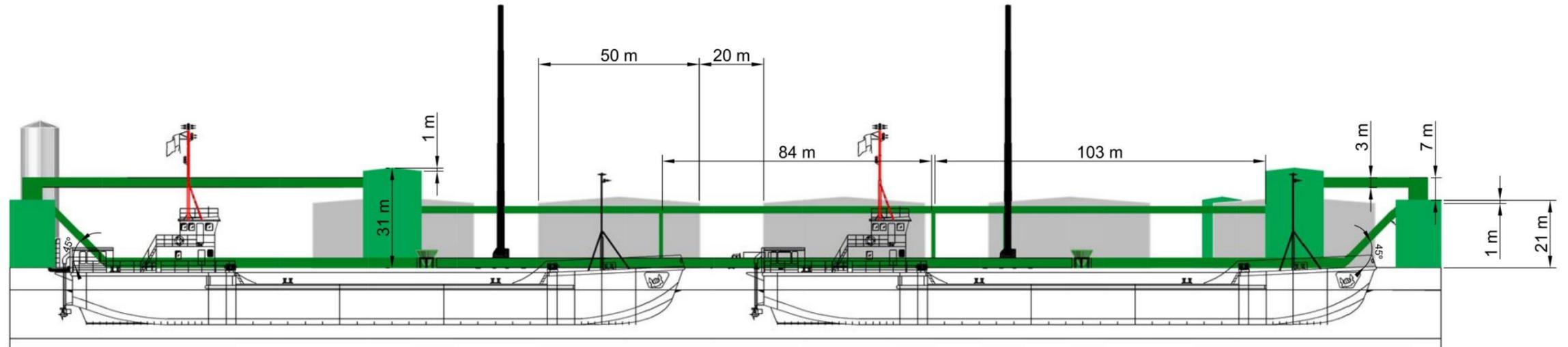
Título del plano
Planta Alternativa 3.1.

Escala
1: 2000

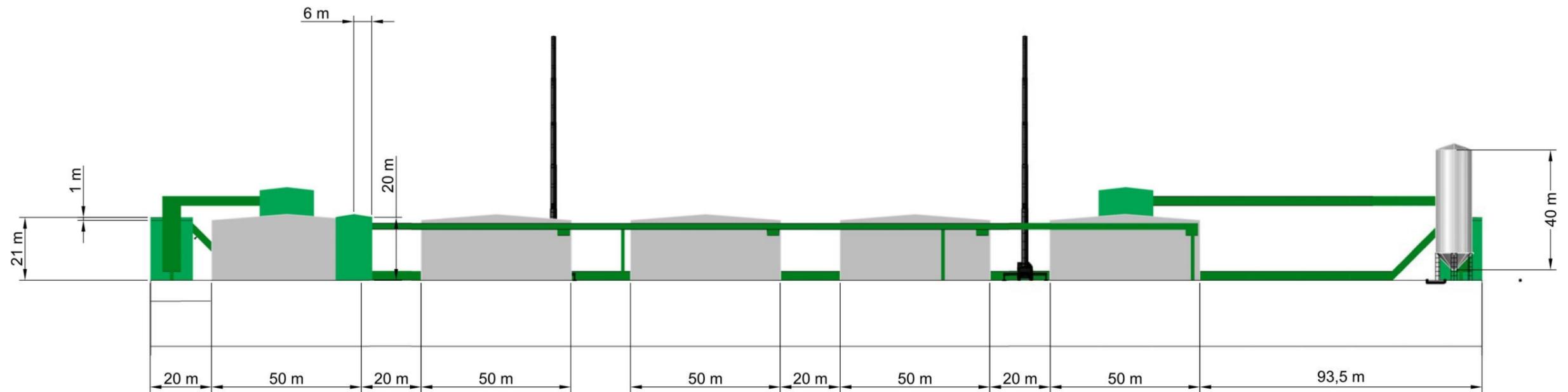
Fecha
Octubre 2015

Nº Plano
1 / 3

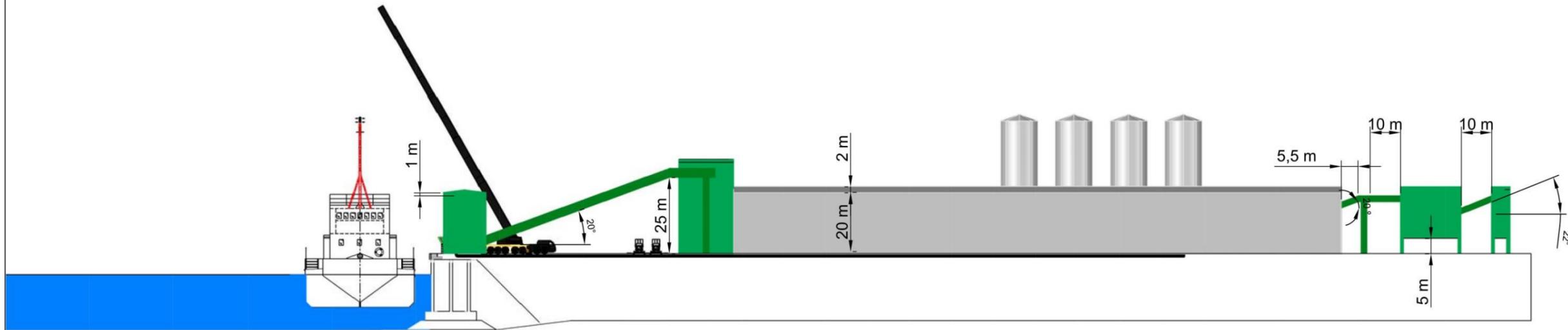
ALZADO FRONTAL



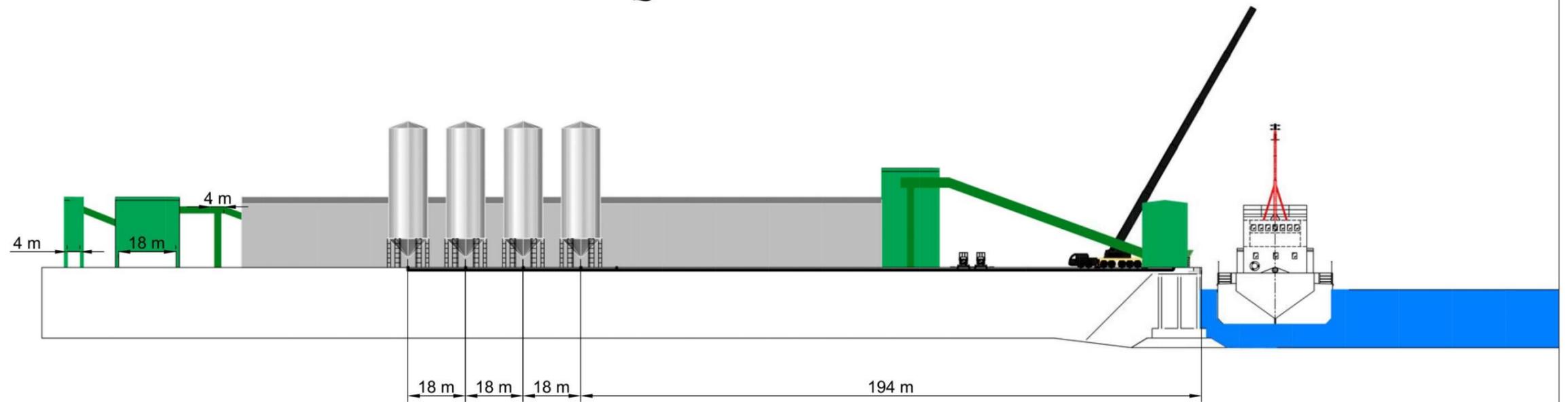
ALZADO POSTERIOR

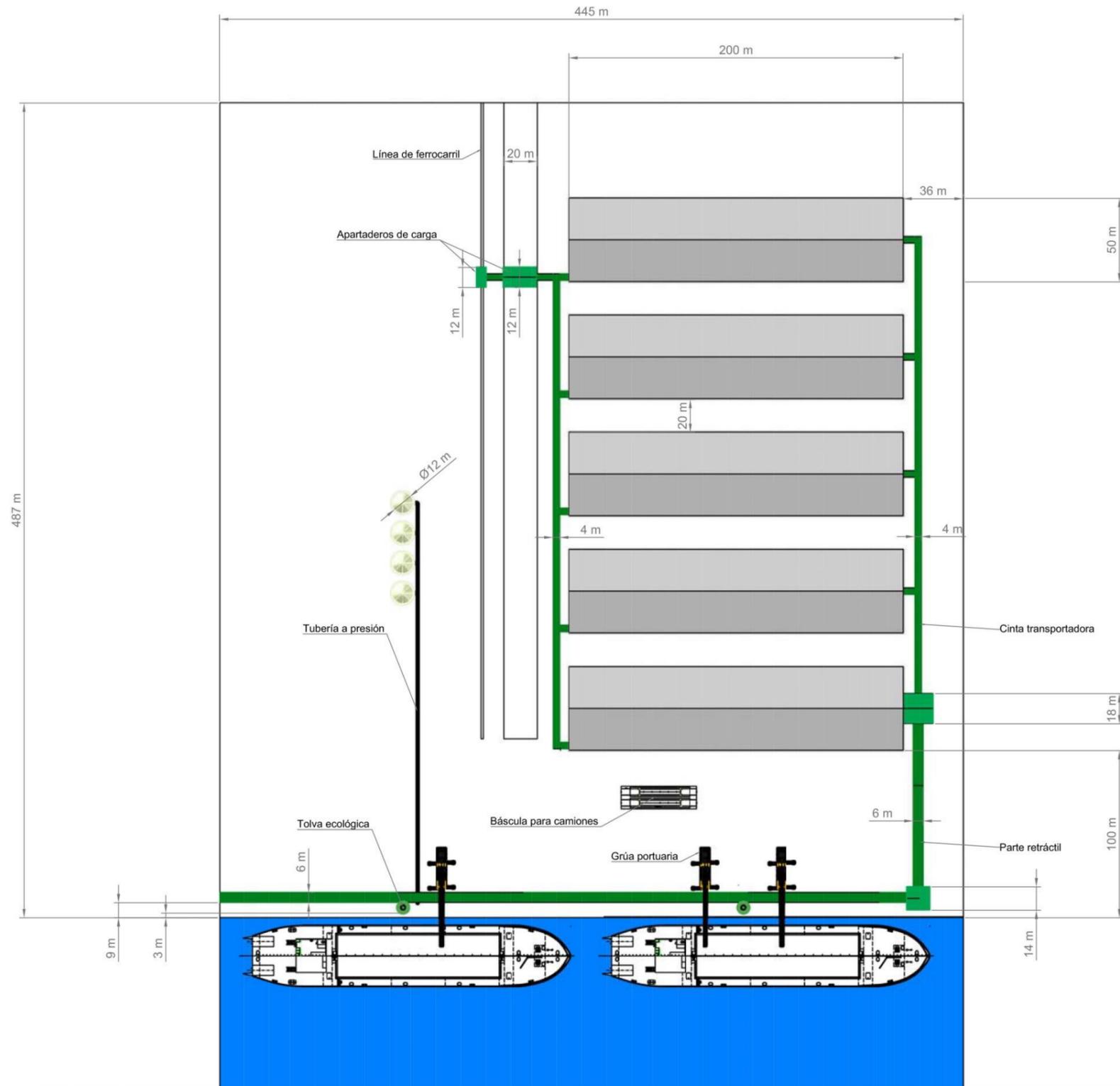


PERFIL DERECHO



PERFIL IZQUIERDO





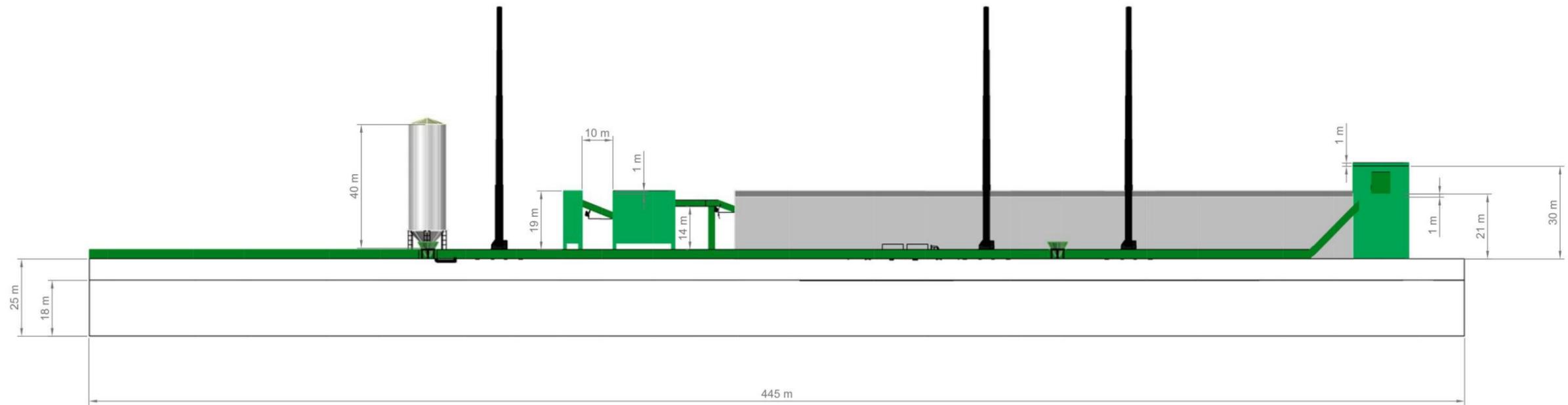
Escola Técnica Superior de
Ingeniería de Caminos, Canales
y Puertos



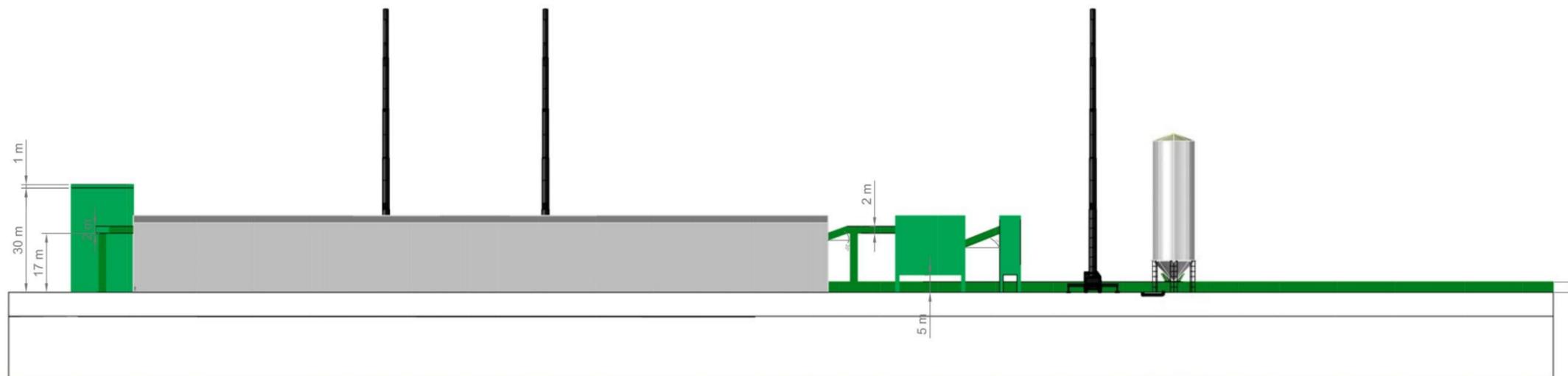
UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Título del anteproyecto	Autor del proyecto	Firma	Título del plano	Escala	Fecha	Nº Plano
TERMINAL DE GRANELES AGROALIMENTARIOS EN EL PUERTO EXTERIOR DE A CORUÑA	PABLO REGUEIRO POMBO		Planta Alternativa 3.2.	1:3000	Octubre 2015	1/3

ALZADO FRONTAL



ALZADO POSTERIOR



Escuela Técnica Superior de
Ingeniería de Caminos, Canales
y Puertos



Título del anteproyecto
**TERMINAL DE GRANELES AGROALIMENTARIOS EN
EL PUERTO EXTERIOR DE A CORUÑA**

Autor del proyecto
PABLO REGUEIRO POMBO

Firma

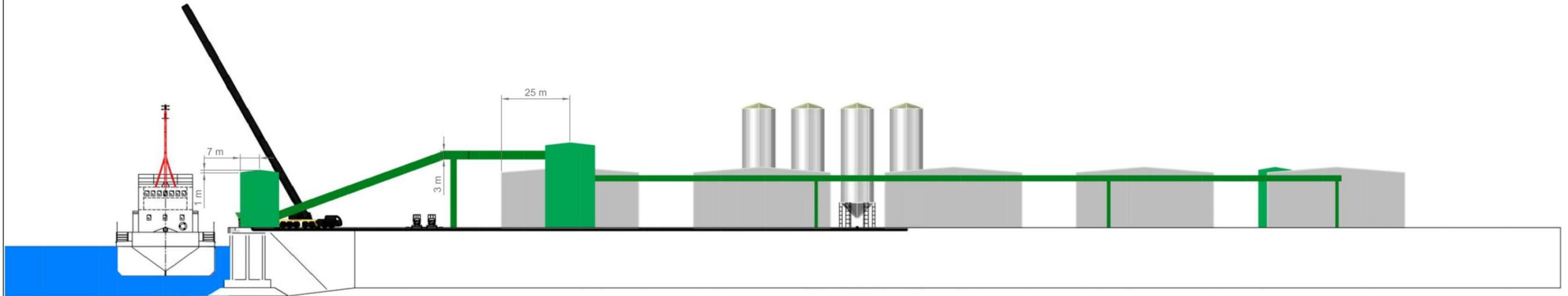
Título del plano
Perfiles Alternativa 3.2.

Escala
1 : 1500

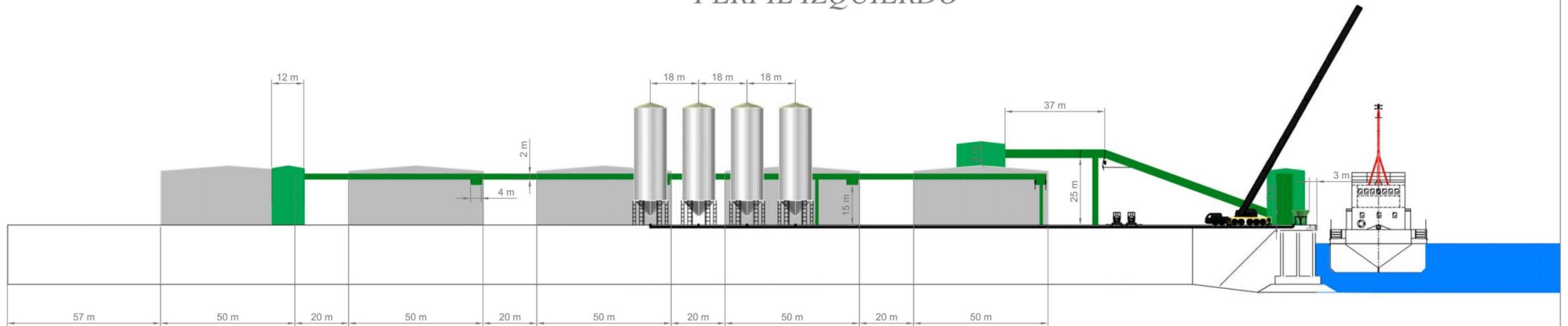
Fecha
Octubre 2015

Nº Plano
1 / 3

PERFIL DERECHO



PERFIL IZQUIERDO



Escuela Técnica Superior de
Ingeniería de Caminos, Canales
y Puertos

UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Título del anteproyecto
**TERMINAL DE GRANELES AGROALIMENTARIOS EN
EL PUERTO EXTERIOR DE A CORUÑA**

Autor del proyecto
PABLO REGUEIRO POMBO

Firma

Título del plano
Perfiles Alternativa 3.2.

Escala
1 : 1500

Fecha
Octubre 2015

Nº Plano
1 / 3



TERMINAL DE PRODUCTOS AGROALIMENTARIOS
EN EL PUERTO EXTERIOR DE A CORUÑA

ANEJO Nº 7: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Índice

1. Introducción.....	2
2. Justificación del estudio.....	2
3. Legislación estatal.....	2
3.1 Anexo I.....	2
3.2 Anexo II.....	3
3.3 Análisis de las actuaciones.....	3
4. Legislación autonómica.....	4
5. Conclusión del análisis legislativo.....	4

1. Introducción

El objetivo del presente anejo es la comprobación de la necesidad de realizar un estudio de impacto ambiental y, en caso afirmativo, su redacción con el objetivo de determinar y evaluar las medidas necesarias para prevenir posibles afecciones al entorno, tanto en la fase de ejecución como en la fase de explotación de la terminal a lo largo de su vida útil.

2. Justificación del estudio

El presente proyecto consiste en la construcción de una terminal de productos agroalimentarios en el puerto exterior de A Coruña, para lo cual se propone la construcción de un muelle de cajones flotantes de 445 m de longitud, vertido de relleno en el trasdós de este para la construcción de la explanada, pavimentación, construcción de silos verticales y silos horizontales y colocación del equipamiento necesario.

Para analizar la necesidad de un estudio de impacto ambiental se ha analizado la legislación de aplicación en vigencia:

- A nivel estatal: la *Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental* determina la necesidad de someter o no los proyectos a un análisis de su impacto en el medio ambiente.
- A nivel autonómico: se consultará la propia normativa de la Comunidad Autónoma de Galicia en materia de medio ambiente y se analizarán aquellos casos en los que la normativa autonómica sea más restrictiva que la estatal.

En base a lo anteriormente citado se consultarán la normativa expuesta para comprobar la obligatoriedad o no obligatoriedad de someter el presente proyecto a un Estudio de Impacto Ambiental.

3. Legislación estatal

La *Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental* lleva a cabo una profunda revisión en materia de impacto ambiental, integrando en una sola norma los procedimientos y revisando los actuales procedimientos de evaluación de impacto ambiental de proyectos (EIA) y de evaluación de impacto ambiental de planes y programas o evaluación ambiental estratégica (EAE).

Tal y como describe el *Artículo 7: Ámbito de aplicación de la evaluación de impacto ambiental* de la citada ley, serán objeto de evaluación de impacto ambiental ordinaria los proyectos, tanto públicos como privados, que impliquen la realización de obras, instalaciones o cualquier otra actividad comprendida en el Anexo I. De igual forma, serán objeto de una evaluación de impacto ambiental simplificada los proyectos comprendidos en el anexo II.

Adicionalmente, también habrá de realizarse un EIA en caso de cualquier modificación de las características de un proyecto del anexo I o del anexo II, distinta de las modificaciones descritas en el artículo 7.1.c) ya autorizados, ejecutados o en proceso de ejecución, que puedan tener efectos adversos significativos sobre el medio ambiente. Se entenderá que esta modificación puede tener efectos adversos significativos sobre el medio ambiente cuando suponga:

- Un incremento significativo de las emisiones a la atmósfera.
- Un incremento significativo de los vertidos a cauces públicos o al litoral.
- Un incremento significativo de la generación de residuos.
- Un incremento significativo en la utilización de recursos naturales.
- Una afección a Espacios Protegidos Red Natura 2000.
- Una afección significativa al patrimonio cultural.

A continuación, se mostrarán los grupos y apartados del anexo I y II de la *Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental* que pueden presentar relación con las actuaciones a desarrollar en el presente proyecto:

3.1. Anexo I

➤ Grupo 7. Proyectos de infraestructuras

b. Ferrocarriles

1. Construcción de líneas de ferrocarril para tráfico de largo recorrido.
2. Ampliación del número de vías de una línea de ferrocarril existente en una longitud continuada de más de 10 km.



- e. Muelles de carga y descarga conectados a tierra y puertos exteriores (con exclusión de los muelles para transbordadores) que admitan barcos de arqueo superior a 1.350 T, excepto que se ubiquen en zona I, de acuerdo con la Delimitación de los Espacios y Usos Portuarios regulados en el artículo 69 letra a) del *Texto Refundido de la ley de Puertos del Estado de la Marina Mercante*, aprobado por el *Real Decreto Legislativo 2/2011, de 5 de septiembre*.
- f. Construcción de vías navegables, reguladas en la Decisión nº 661/2010/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 7 de julio de 2010, sobre las orientaciones de la Unión para el desarrollo de la red transeuropea de transporte; y puertos de navegación interior que permitan el paso de barcos de arqueo superior a 1.350 T.

3.2. Anexo II

➤ Grupo 7. Proyectos de infraestructuras

- b. Proyectos situados fuera de áreas urbanizadas de urbanizaciones, incluida la construcción de centros comerciales y aparcamientos que en superficie ocupen más de 1 Ha.
- c. Construcción de vías ferroviarias y de instalaciones de transbordo intermodal y de terminales intermodales de mercancías (proyectos no incluidos en el anexo I).

➤ Grupo 9. Otros proyectos

- k. Proyectos para ganar tierras al mar, siempre que supongan una superficie superior a cinco hectáreas.

3.3. Análisis de las actuaciones

Analizando lo expuesto, se procede a determinar si nuestro proyecto se enmarca en alguno de los supuestos que exponen tanto el Anexo I, en cuyo caso se requeriría un estudio ambiental

ordinario, como en el Anexo II, en cuyo caso supone la obligatoriedad de realizar un estudio ambiental simplificado.

➤ Anexo I

En referente al apartado *b. Ferrocarriles*, se proyecta una línea de ferrocarril de 445 m de longitud, la cual enlazará con la línea de ferrocarril principal que comunica el Puerto Exterior con la línea ferroviaria gallega principal, por lo que no se enmarca en ninguno de los 2 subapartados expuestos

En cuanto al apartado *e. Muelles de carga y descarga [...]*, en el presente proyecto se proyecta la construcción de 445 m de muelle de tipología de cajón flotante, por lo que a priori cumpliría el supuesto citado en el apartado. Sin embargo, en el *Real Decreto Legislativo 2/2011, de 5 de septiembre* por el que se aprueba el *Texto Refundido de la ley de Puertos del Estado de la Marina Mercante*, establece como Zona I las que tengan las siguientes características: “*Interior de las aguas portuarias, que abarcará los espacios portuarios abrigados ya sea de forma natural o por el efecto de diques de abrigo.*”. Considerando lo anteriormente expuesto, la zona donde se proyecta la terminal y por lo tanto donde se proyecta la construcción del muelle se enmarca dentro de la Zona I, por lo que finalmente el proyecto no se enmarcaría en el supuesto del apartado *e*.

Por último, en referencia al apartado *f. Construcción de vías navegables [...]*, en el presente proyecto no se propone la construcción de diques ni ninguna obra de defensa o abrigo frente al mar, si no que se limita a la construcción de un muelle, por lo que el apartado *f*. tampoco se ajusta a nuestro proyecto

➤ Anexo II

En referente al apartado *b. Proyectos situados fuera de áreas urbanizadas de urbanizaciones [...]* del *Grupo 7*, se supone el puerto exterior como una urbanización en la que se instalarán diferentes instalaciones, edificios y servicios, por lo que nuestra actuación se situaría dentro de un área urbanizada y por lo tanto no se enmarca en el supuesto del apartado citado.

En referente al apartado *c. Construcción de vías ferroviarias y de instalaciones [...]* del *Grupo 7*, aunque en el presente anteproyecto se plantea una vía de ferrocarril, o es objetivo de este su definición y construcción, por lo que no cumple con el supuesto de este apartado.



Por último, en cuanto al apartado *k. Proyectos para ganar tierras al mar [...] del Grupo 9*, nuestro proyecto contempla la actuación de ganar más de 5 hectáreas al mar, sin embargo debido a que se encuentra en Zona I y a que los rellenos están contemplados en el DEUP, el cual fue sometido a consultas en el Ministerio y se determinó que no era preciso su evaluación ambiental, no cumple las condiciones del citado apartado y por tanto no es necesario realizar un Estudio de Impacto Ambiental Simplificado.

4. Legislación autonómica

La legislación de la Comunidad Autónoma de Galicia en materia de medio ambiente que se ha tomado como referencia es la siguiente:

- *Ley 1/1995, de 2 de enero, de Protección Ambiental de Galicia*
- *Decreto 442/1990, de 13 de septiembre, de evaluación de impacto ambiental para Galicia*

Analizado los supuestos en los que se hace necesario la obligatoriedad de realizar un estudio de impacto ambiental según la normativa autonómica citada en este apartado, se llega a la conclusión de que es más restrictiva la legislación estatal, por lo que las conclusiones obtenidas en el apartado anterior se asimilará como válidas para este apartado.

5. Conclusión del análisis legislativo

A modo de síntesis, de la normativa consultada se expone que no es necesaria la realización de un Estudio de Impacto Ambiental, ya que no cumple ninguno de los supuestos descritos anteriormente

Por otro lado, el presente proyecto se someterá o no a la Evaluación de Impacto Ambiental si así lo considera el órgano ambiental competente, o cuando el promotor lo solicite.



TERMINAL DE PRODUCTOS AGROALIMENTARIOS EN EL PUERTO EXTERIOR DE A CORUÑA

ANEJO N° 8: PREDIMENSIONAMIENTO DEL MUELLE

Índice

1. Introducción.....	2
2. Dimensiones planteadas.....	2
2.2 Nivel de coronación.....	2
3.2 Longitud del muelle.....	3
3. Metodología del muelle.....	3
4. Acciones a considerar.....	3
4.1 Cargas permanentes.....	3
4.2 Cargas hidráulicas.....	3
4.3 Cargas del terreno.....	3
4.4 Sobrecargas de uso y explotación del muelle.....	4
4.5 Cargas de amarre.....	5
5. Criterios de combinación de acciones.....	5
6. Cálculo de los coeficientes de seguridad.....	5
6.1. Deslizamiento.....	5
6.2. Vuelco rígido.....	6
6.3. Hundimiento.....	6
7. Coeficientes de seguridad requeridos.....	6

APÉNDICE N°1: cálculos de la sección propuesta.....	7 - 14
--	---------------

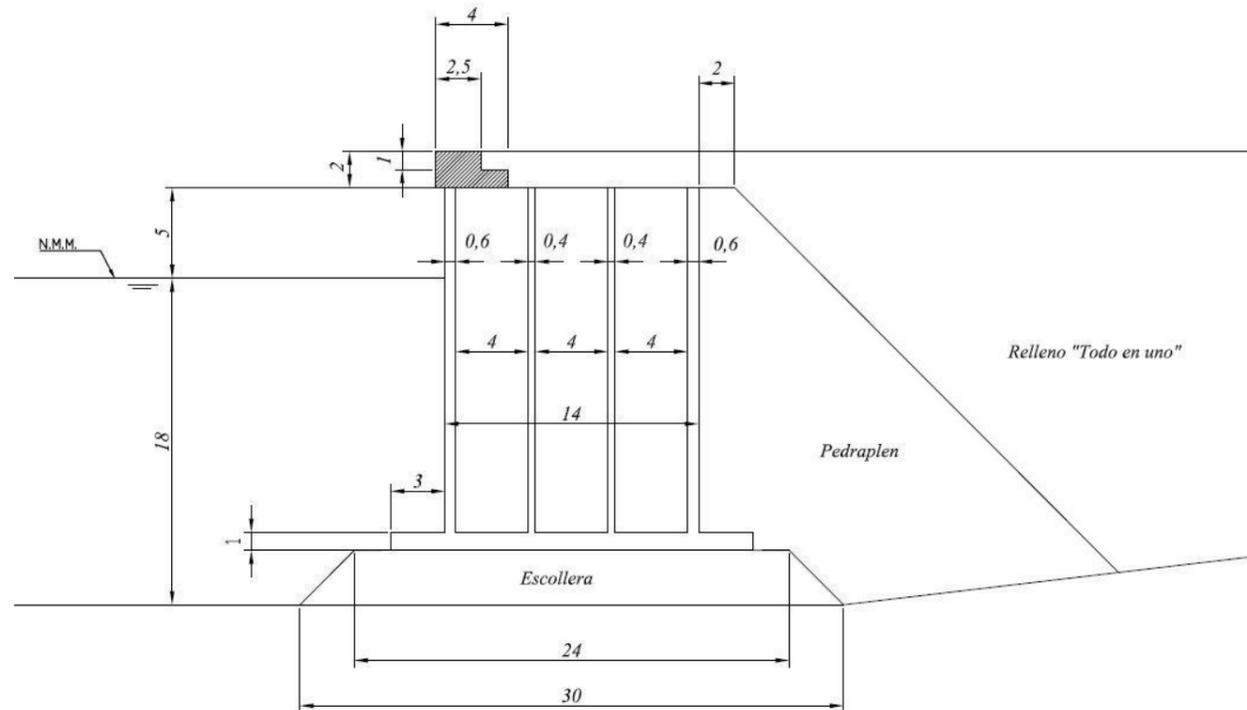
1. Introducción

El objetivo de este anexo es calcular, a modo de predimensionamiento, la estabilidad del muelle para soportar las acciones a las que se verá sometido a lo largo de su vida útil.

Se comprobará la estabilidad frente al vuelco clásico, frente al deslizamiento y frente al hundimiento según la ROM 0.5-05. Recomendaciones geotécnicas para obras marítimas y portuarias.

2. Dimensiones planteadas

Las dimensiones planteadas del muelle son las siguientes:



2.1. Nivel de coronación

En cuanto al nivel de coronación, aplicando las consideraciones expuestas en la ROM 2.0-11. Recomendaciones para el proyecto y ejecución de obras de atraque y amarre en el apartado 3.2.2.1. Altura de coronación.

Tabla 3.2.2.1. Criterios para la determinación de niveles mínimos de coronación de las obras de atraque fijas

	NIVEL DE REFERENCIA DE LAS AGUAS EXTERIORES	USO DE LA OBRA DE ATRAQUE	FRANCOBORDO (EN M)
POR CONDICIONES DE EXPLOTACIÓN	Nivel superior de la ventana de marea operativa ¹⁾	Uso comercial, industrial y militar	+ 1,50 – + 2,50 ³⁾
		Uso pesquero	+ 0,50 – + 1,00 ⁴⁾
		Uso náutico-deportivo	+ 0,15 – + 1,00 ⁵⁾
POR CONDICIONES DE NO REBASABILIDAD DE LAS AGUAS EXTERIORES	Nivel superior de la ventana extremal de las aguas exteriores ²⁾	Todos los usos	+ 0,50
POR CONDICIONES DE NO INUNDACIÓN POR LOS NIVELES FREÁTICOS EN EL TRASDÓS	Nivel superior de la ventana extremal de los niveles freáticos en el trasdós	Todos los usos	+ 0,50

Notas

- (1) Ventana operativa asociada a mareas (astronómica y meteorológica) y, en su caso, a regímenes fluviales.
- (2) Ventana extremal de las aguas exteriores, considerando todos los agentes que inciden en los niveles de las aguas exteriores en el emplazamiento (mareas, oleaje, ondas largas, ...).
- (3) Se tomará un francobordo de 1,5 m cuando el desplazamiento del mayor buque de la flota esperable en el atraque sea menor o igual a 10.000 t. Cuando dicho buque tenga un desplazamiento mayor se adoptará un francobordo de hasta 2,50 m.
- (4) Se tomará un francobordo de 0,50 m para embarcaciones de pequeña eslora (< 12 m). A su vez, es recomendable en estos casos que, desde el nivel inferior de la ventana de marea operativa, el francobordo resultante hasta el nivel de coronación no sea superior a 1,5 m. Cuando esto no sea posible será necesario adoptar una solución flotante.
- (5) Se tomará un francobordo de 0,15 m para embarcaciones de pequeña eslora (< 12 m). A su vez, es recomendable en estos casos que, desde el nivel inferior de la ventana de marea operativa, el francobordo resultante hasta el nivel de coronación no sea superior a 1,00 m. Cuando esto no sea posible será necesario adoptar una solución flotante.

Se determinan los niveles de coronación medidos desde el cantil como la medida más alta que resulte de la aplicación de los siguientes criterios:

- Por condiciones de explotación

Debido a que la pleamar media en A Coruña es 4,56 m y a que estamos dimensionando el muelle para un uso comercial con buques de más de 10.000 T de desplazamiento, la altura de coronación será:

$$4,56 \text{ m} + 2,5 \text{ m} = 7.06 \text{ m}$$

- Por condiciones de no rebasabilidad de las aguas exteriores

Debido a que la máxima pleamar observada es de 5,32 m, la altura de coronación será:

$$5,32 \text{ m} + 0,5 \text{ m} = 5.82 \text{ m}$$

- Por condiciones de no inundación de los niveles freáticos en el trasdós

Tomando como altura del nivel freático en condiciones extremales de + 5 m, la altura de coronación será:

$$5 \text{ m} + 0,5 \text{ m} = 5,75 \text{ m}$$

Por tanto, se escogerá como altura de coronación el mayor valor de los tres criterios, es decir, **7 m.**

2.2. Longitud del muelle

Tal y como se ha planteado en el *Anejo nº5: Diseño de la terminal* necesitamos 445 m de longitud de línea de atraque, por lo que se necesitarán 13 cajones de 35 m de longitud.

3. Metodología de cálculo

Se empleará el método descrito en la *ROM 0.5-05. Recomendaciones geotécnicas para obras marítimas y portuarias* para verificar la seguridad frente a los siguientes estados límites últimos:

- E.L.U de deslizamiento.
- E.L.U. de hundimiento.
- E.L.U. de vuelco clásico.

Tanto el E.L.U de deslizamiento como el E.L.U. de hundimiento se enmarcan dentro de los modos de fallo de tipo geotécnico (GEO) mientras que el E.L.U. de vuelco clásico se enmarca en el modo de fallo de pérdida de equilibrio estático (EQU).

4. Acciones consideradas

4.1. Cargas permanentes

El valor de estas acciones se deducirá aplicando a las dimensiones reales de los distintos elementos que conforman el muelle de cajones flotantes los pesos específicos correspondientes.

4.2. Cargas hidráulicas

Se considerarán los empujes debidos al mar, al nivel freático presente en el trasdós del terreno y a la subpresión generada en la base del cajón.

El empuje hidráulico generado por el mar seguirá una ley triangular de valor $\gamma \times H$, siendo γ el peso específico del agua de mar y H la profundidad considerada, y generará un momento estabilizador.

De manera análoga al mar, el nivel freático causará un empuje en el trasdós del muro siguiendo una ley triangular de valor $\gamma \times H$, generando un momento desestabilizador en el punto de vuelco.

En cuanto a la subpresión en la base del muelle, esta seguirá una ley lineal de valor $\gamma \times H_{\text{mar}}$ en el intradós y de valor $\gamma \times H_{\text{Nivel Freático}}$ en el trasdós.

Para el cálculo de la estabilidad del muelle se contemplarán tanto la situación de pleamar, donde la altura del mar coincide con la altura del nivel freático, como la situación de bajamar, donde se considerará que el nivel freático permanece 1 m por encima respecto del mar.

4.3. Cargas del terreno

Se considera el empuje activo del relleno del trasdós del muro, el cual se calculará mediante la formulación propuesta por Coulomb, que determina, realizando la hipótesis de que la cohesión del terreno es nula, que el empuje del terreno sigue una ley triangular de valor $K_a \times \gamma \times H$, siendo:

$$\text{➤ } K_a = \text{coeficiente de empuje activo} = \frac{\cos^2(\phi - \alpha)}{\cos^2(\alpha) \times \cos(\alpha + \delta) \times \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \times \sin(\phi - \beta)}{\cos(\delta + \alpha) \times \cos(\beta - \alpha)}}\right)^2}$$

donde

- ϕ = ángulo de rozamiento interno del material del trasdós según la *tabla 3.4.2.2.9. de la ROM 0.2-90.*
- δ = ángulo de rozamiento interno del terreno-estructura, según la *tabla 3.4.2.2.10. de la ROM 0.2-90.*
- β = Ángulo que forma el terreno con la horizontal.
- α = ángulo que forma el talud del muro con la vertical.
- γ = peso específico del relleno del trasdós.
- H = Profundidad de cálculo del empuje.



TABLA 3.4.2.2.9. PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE CARACTERÍSTICOS USUALES, PARA LA DETERMINACIÓN DE EMPUJES DEL TERRENO.

TIPO DE SUELO	Resistencia Final (1)			Resistencia Inicial (2)
	ϕ'_i (grados)	ϕ'_r (grados)	c' (t/m ²)	c_u (t/m ²)
TERRENOS NATURALES				
SUELOS GRANULARES				
-Gravas	45	35	—	—
-Compacta	36	35	—	—
-Suelta	—	—	—	—
-Grava Arenosa	43	33	—	—
-Compacta	33	33	—	—
-Suelta	—	—	—	—
-Arenas	40	30	—	—
-Compacta	30	30	—	—
-Suelta	—	—	—	—
SUELOS COHESIVOS				
-Limos y arcilla arenolimos	27	25	0,5-2,00	1,00-5,00
-Arcillas	20	10	2,00	2,50-5,00
-Duras (sobresolidadas)	—	—	—	—
-Blindas (normalmente consolidadas)	17	10	—	1,00-2,50
-Sedimentos orgánicos	—	—	—	—
-Muy arcillosos	15	12	1,50	1,00-2,00
-Poco arcillosos	20	15	1,00	1,00-2,50
-Turbas	15	—	0,5	—
-Fangos	20	—	0,5	1,00-2,00
RELLENOS				
ESCOLLERAS Y PEDRAPLENES				
-De granulometría abierta	40-45	—	—	—
-De granulometría cerrada (todo uno de cantera)	—	—	—	—
-Compactos	35-40	—	—	—
-Sueltos	30-35	—	—	—
RELLENOS GRANULARES Y COHESIVOS				
-Gravas	40	—	—	—
-Compacto	35	—	—	—
-Suelta	—	—	—	—
-Arenas	35	—	—	—
-Compacto	30	—	—	—
-Suelta	25	—	—	—
-Limos	30	—	—	—
-Terraplenes	30	—	—	—
RELLENOS ANTRÓPICOS				
-Escombros urbanos y basuras de demolición	35	—	—	—
RELLENOS NO CONVENCIONALES				
-Escorias de alto horno	30	—	—	—
-Granuladas	40	—	—	—
-Troceadas	35	—	—	—
-Lapillis	35	—	—	—
-Cerizas volantes	25	—	—	—

TABLA 3.4.2.2.10. VALORES USUALES DEL ÁNGULO DE ROZAMIENTO TERRENO-ESTRUCTURA PARA LA DETERMINACIÓN DE EMPUJES DEL TERRENO.

MATERIAL ESTRUCTURAL	TIPO DE TERRENO	δ	
Escolleras/Fábricas/Hormigones/Madera	No cohesivo	2/3 ϕ'	
	Cohesivo	Seco	2/3 ϕ'
		Saturado	1/3 ϕ'
	Acero	No cohesivo	1/3 ϕ'
Cohesivo		0	
Paramentos pintados con asfalto, alquitrán, betún, etc...	Cualquier terreno	0	

NOTAS:

(1) En ángulo de rozamiento interno efectivo (ϕ'_i) que interviene en la determinación del ángulo δ será el de rotura (ϕ'_r) o el residual (ϕ'_i) en función del que interviene en el empuje a calcular.

(2) Si la estructura o el relleno están sujetos a vibraciones importantes deberá considerarse $\delta = 0$. Si las vibraciones son originadas por el tráfico rodado convencional, ferrocarriles o equipos de manipulación y transferencia de mercancías será suficiente reducir el ángulo δ que haya surgido de la tabla en 5°.

EN LA FASE DE SERVICIO

USOS	SISTEMAS DE MANIPULACIÓN DE MERCANCÍAS	Área operación ¹⁾		Área almacenamiento ¹⁾			
		$q_{c,1-k}$ (kN/m ²)	H_a (m)	$q_{c,1-k}$ (kN/m ²)	H_a (m)		
COMERCIAL	Graneles sólidos	Ordinarios o pulverulentos	Sistemas continuos	10	1,5	100	8,0
			Sistemas discontinuos	30	2,5		
		Pesados	Sistemas continuos	10	1,5	200	12,0
			Sistemas discontinuos	50	2,5		
	Mercancía general	Carga convencional	Ordinaria	30	2,5	60	5,5
			Pesada	60	1,5		
		Contenedores	Sistemas discontinuos por elevación	20	2,5 ⁶⁾	60	10 ⁷⁾
			Medios rodantes	30	2,5		
		Ro-Ro y Ferris	Medios rodantes + elevación	30	2,5	100	8,0
			Multipropósito	Medios rodantes + elevación	10		
	Pasajeros	Ferris	Medios rodantes + elevación	20	2,5	—	—
			Cruceiros y otras	10	1,5		
PESQUERO		15	2,0	15	2,0		
NAÚTICO-DEPORTIVO	No accesibles al tráfico rodado	5	0,8	—	—		
	Accesibles al tráfico rodado	10	1,5	15	2,0		
INDUSTRIAL		100 ⁸⁾	2,5	100 ⁸⁾	2,5		
MILITAR		50	4,0	50	4,0		

Notas

1) Las áreas de operación y almacenamiento se definen de acuerdo con lo dispuesto en el apartado 3.2.1.7 de esta Recomendación. Si durante la fase de redacción del proyecto el Promotor no determinara las condiciones de uso y explotación de la instalación se considerará únicamente la sobrecarga mínima correspondiente al área de almacenamiento, afectando a toda la obra de atraque y amarre.

2) Las sobrecargas mínimas de estacionamiento y almacenamiento en las fases de construcción, reparación y desmantelamiento no serán de aplicación a las obras de atraque y amarre flotantes ni a las fijas que no sean accesibles al tráfico viario.

3) Alturas de apilamiento a los efectos de definir las sobrecargas horizontales debidas a la actuación del viento sobre las mercancías estacionadas o almacenadas compatibles con las sobrecargas verticales mínimas consignadas en esta tabla.

4) Las sobrecargas mínimas de estacionamiento y almacenamiento en la fase de servicio en obras de atraque y amarre para graneles líquidos, correspondiente al área de operación, no serán de aplicación a monoboys, campos de boyas y otras obras flotantes que no sean accesibles al tráfico viario.

5) En general, las obras de atraque y amarre para graneles líquidos manipulados mediante sistemas continuos carecen propiamente de un área de almacenamiento anejo a la obra de atraque (monoboya, campo de boya o pantalán discontinuo) con efectos para la verificación de la misma. Por dicha razón, no se proponen sobrecargas mínimas en áreas de almacenamiento para estos usos. En el caso de que existiera provisiones de almacenamiento anejo a la obra de atraque, deberán considerarse específicamente las características y distribución de los depósitos asociados a cada tipo de granel líquido, y una sobrecarga de 20 kN/m² en el espacio entre depósitos.

6) Equivale a una altura de estacionamiento de un contenedor.

7) Equivale a una altura de almacenamiento de cuatro contenedores.

8) Las sobrecargas mínimas son de aplicación para las obras de atraque de instalaciones dedicadas tanto a la construcción y reparación de buques como de plataformas offshore. Para otros usos industriales asociados con la recepción o salida de materias primas, así como de productos elaborados, coincidirán con las correspondientes establecidas para el uso comercial equivalente.

4.4. Sobrecargas de uso y explotación del muelle

La ROM 2.0-11. Recomendaciones para el proyecto y ejecución de obras de atraque considera 2 áreas: el área de operación y el área de almacenamiento, con recomendaciones sobre los valores mínimos de sobrecargas a considerar en el apartado 4.6.4.1 Estacionamiento y almacenamiento de mercancías.

La sobrecarga de operación generará un momento estabilizador al actuar a efectos prácticos como una carga permanente, mientras que la sobrecarga de almacenamiento generará un empuje sobre el cajón que seguirá una ley constante de valor $q \times K_a$, siendo q el valor de la sobrecarga y K_a el coeficiente de empuje activo según Coulomb.



4.5. Cargas de atraque y amarre

Las cargas de atraque no se considerarán a efectos del cálculo de la estabilidad del muelle. En cuanto a las cargas de amarre, se considerará una carga por bolardo de 150 T de tiro cada 25 m.

5. Criterios de combinación de acciones

Se considerarán la combinación fundamental o característica descrita en la ROM 0.5-05. *Recomendaciones geotécnicas para obras marítimas y portuarias*:

- Combinación fundamental o característica.

$$Y_g \times G + Y_Q \times Q_1 + \sum \psi_{0,1} \times Y_{q,i} \times Q_i$$

donde:

- G = acciones permanentes.
- Q_1 = acción variable predominante.
- Q_i = acciones variables de actuación simultánea y compatible con la predominante.
- $\psi_{0,1}$ = coeficiente de compatibilidad fundamental o característico.
- Y_G, Y_Q = coeficientes de ponderación parciales.

Los coeficientes de ponderación parciales están propuestos en el apartado 3.3.6 *Coefficientes de ponderación parciales de las acciones*.

Acción	Símbolo	Tipo de modo de fallo				
		EQU	STR	GEO	UPL	HYD
Permanente						
Desfavorable	γ_g	1,10	1,35	1,00	1,00	1,35
Favorable		0,90	1,00	1,00	0,90	0,90
Variable						
Desfavorable	γ_q	1,50	1,50	1,30	1,50	1,50
Favorable		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Los coeficientes de compatibilidad se definen en la ROM 0.0 *Procedimiento general y bases de cálculo en el proyecto de obras marítimas y portuarias* en el apartado 5.3. *Método de los coeficientes parciales*.

Participación	fundamental	frecuente	cuasipermanente
Predominantes y dependientes	Ψ_p^0	Ψ_p^1	Ψ^2
Independientes	Ψ^0	Ψ^2	Ψ^2

	fundamental	frecuente	cuasipermanente
Origen	Ψ_p^0	Ψ^0	Ψ^2
Gravitatorio	1.0	1.0	1.0
Medio físico	1.0	0.7	0.3
Terreno	1.0	1.0	1.0
Uso y Explotación del Material	1.0	0.7	0.6
Construcción	1.0	1.0	1.0

6. Cálculo de los coeficientes de seguridad

6.1. Deslizamiento

La ROM 0.5-05. *Recomendaciones geotécnicas para obras marítimas y portuarias* propone la siguiente formulación:

$$F \leq \frac{H_{rotura}}{H}$$

Donde:

- H= carga horizontal actuante.
- $H_{rotura} = V \times tg(\phi_c) + a \times S + (E_p - E_a) + R_C$, donde:
 - V = Carga vertical.
 - ϕ_c = ángulo de rozamiento del contacto del cimiento con el terreno.
 - a = adhesión cimiento-terreno.
 - S = Superficie de apoyo.
 - E_p = Empuje pasivo a la profundidad de la cimentación.
 - E_a = Empuje activo a la profundidad de la cimentación.
 - R_C = Otras posibles resistencias del contorno de los alzados laterales del cimiento.

Considerando que, tal y como indica la ROM las componentes $(E_p - E_a) + R_c$ son despreciables del lado de la seguridad, y que para el caso de muelles de cajones el coeficiente a es despreciable, el cálculo del factor de seguridad frente a deslizamiento resulta:

$$F \leq \frac{H_{rotura}}{H} = \frac{V \times tg(\phi_c)}{H}$$

6.2. Vuelco rígido

Según la ROM 0.5-05. *Recomendaciones geotécnicas para obras marítimas y portuarias* en el apartado 3.5.6.1 *Vuelco rígido*, realizando la hipótesis de que tanto el terreno como la estructura de cimentación son infinitamente resistentes, el cálculo del factor de seguridad se realiza mediante la siguiente formulación:

$$F \leq \frac{M_{estabilizador}}{M_{desestabilizador}}$$

6.3. Hundimiento

Según la ROM 0.5-05. *Recomendaciones geotécnicas para obras marítimas y portuarias* en el apartado 3.5.4.8. *Cálculo analítico de la carga de hundimiento*, se utilizará la formulación propuesta por Brinch Hansen, cuya expresión general es la siguiente:

$$p_{vh} = qx N_q \times s_q \times i_q + c \times N_c \times s_c \times i_c + \frac{1}{2} \times \gamma \times B^* \times N_\gamma \times s_\gamma \times i_\gamma$$

donde:

- Q = sobrecarga de tierras a la profundidad de cimentación.
- C = cohesión.
- γ = peso específico aparente del cimient.
- N_q, N_c, N_γ = coeficientes de capacidad de carga según el apartado 3.5.3. de la ROM 0.5-05.
- s_q, s_c, s_γ = coeficientes de forma según el apartado 3.5.3. de la ROM 0.5-05.
- i_q, i_c, i_γ = coeficientes de inclinación según el apartado 3.5.3. de la ROM 0.5-05.

- B^* = Anchura de contacto con el terreno en el momento del hundimiento.

Finalmente, el factor de seguridad frente a hundimiento queda definido por:

$$F \leq \frac{p_{vh}}{p_v}$$

donde:

- p_{vh} = presión vertical de hundimiento determinada a partir de la fórmula de Brinch Hansen.
- p_v = presión vertical actuante en la hipótesis de carga correspondiente, calculada según el apartado 3.5.3.2.

7. Coeficientes de seguridad requeridos

La ROM 0.5-05. *Recomendaciones geotécnicas para obras marítimas y portuarias* en el apartado 4.2.3.8 *Resumen de los coeficientes de seguridad mínimos* establece los siguientes valores mínimos para los coeficientes de seguridad:

Apartado donde se define el método de cálculo asociado	Estados Limite Últimos de rotura de tipo geotécnico* (GEO)	Tipos de combinación		
		Cuasi-Permanentes F_1	Fundamentales o Características F_2	Accidentales o Sísmicas F_3
3.5.5	Deslizamiento en el contacto hormigón-banqueta de apoyo	1,5	1,3	1,1
3.5.5	Deslizamiento en el contacto de la banquetta y el terreno natural	1,5	1,3	1,1
3.5.4	Hundimiento	2,5	2	1,8
3.5.6 y 3.7.11.3	Vuelco plástico	1,5	1,3	1,1
3.8	Estabilidad global	1,4	1,3	1,1
-	Erosión interna del trasdós	MP	-	-
-	Socavación del pie del intradós	MP	-	-



APÉNDICE I: CALCULOS DE LA SECCIÓN PROPUESTA

Índice

1. Acciones.....	8
1.1. Cargas permanentes.....	8
1.2. Cargas hidráulicas.....	8
1.3. Cargas del terreno.....	9
1.4. Sobrecargas de uso y explotación del muelle.....	10
1.5. Cargas de amarre.....	10
2. Estados Límite Últimos.....	11
3. Cálculo de estabilidad frente a deslizamiento.....	13
4. Cálculo de estabilidad frente a vuelco rígido.....	14
5. Cálculo de estabilidad frente a hundimiento.....	14
6. Conclusión.....	15



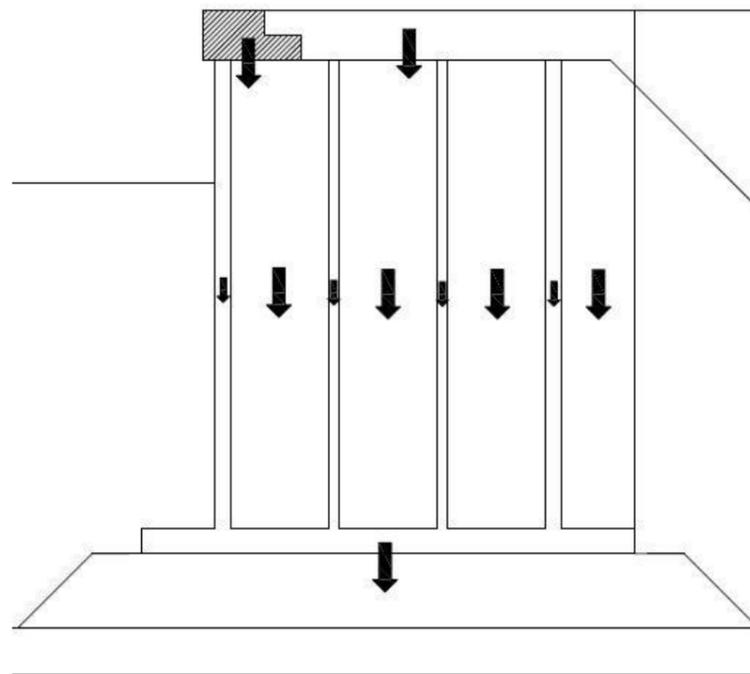
1. Acciones

1.1. Cargas permanentes

Consideraremos los siguientes pesos específicos para el cálculo del peso propio de la sección de muelle planteada:

Hormigón del cajón	2,4 t/m ³
Relleno granular en celdas	1,6 t/m ³
Superestructura	2,4 t/m ³
Relleno sobre cajon	1,6 t/m ³
Pedraplén	1,7 t/m ³

Considerando las dimensiones planteadas del cajón, se calcula la fuerza gravitatoria que ejerce cada material en el sentido de la gravedad, el brazo respecto al punto de vuelco y el momento estabilizador que produce.



	Fz	Brazo	Momento
Hormigón del cajón	602,88	10,50	6330,24
Relleno en en celdas	1459,20	10,50	15.321,60
Cantil	62,40	4,21	262,80
Relleno sobre celdas	150,40	13,11	1971,13
Pedraplén sobre zapata	428,40	19,50	8.353,8

	Fz	M estab	M vuelco
RESUMEN	2.703,28	32239,57	0

1.2. Cargas hidráulicas

- Empuje del mar.

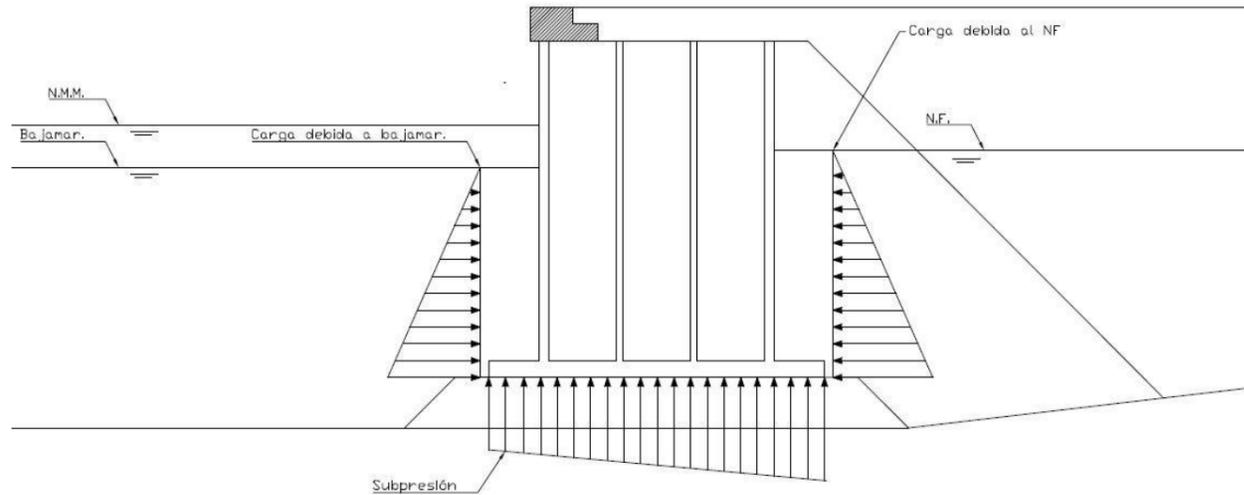
La carga hidráulica generada por el mar seguirá una ley triangular de valor $\gamma \times H$ y generará un momento estabilizador. Se considerará tanto la situación de bajamar como de pleamar.

- Empuje debido al Nivel Freático

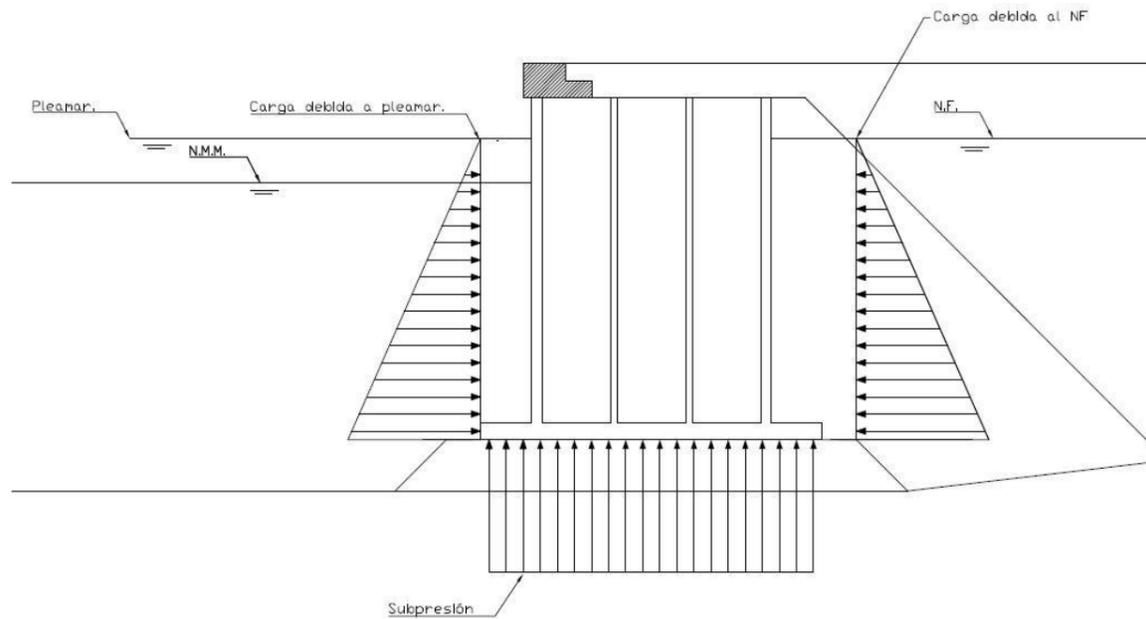
Se considerará que el Nivel Freático presenta la misma cota que el mar cuando este se encuentra en situación de pleamar y que está 1 m por encima cuando este presenta la situación de bajamar.

- Subpresión

La existencia de cotas de agua por encima de la base del muelle generará una ley de subpresiones cuyo valor será $\gamma \times H_{\text{mar}}$ en el punto de la base del muelle más cercano al mar y de $\gamma \times H_{\text{Nivel Freático}}$ en el punto de la base del muelle más cercano al terreno del trasdós.



Bajamar



Pleamar

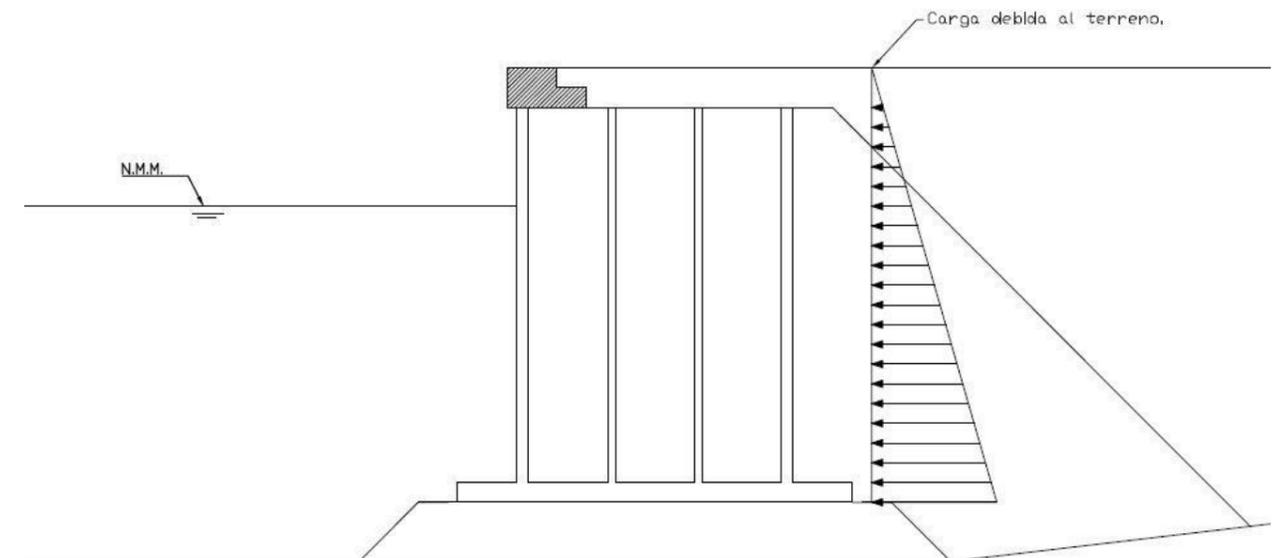
• Bajamar

	Fy	Fz	Brazo	M estabilizador	M vuelco
Empuje debido al mar	- 491,24	-	5,16	2.534,81	-
Empuje debido a Nivel freático	556,76	-	5,49	-	3.058,47
Subpresión	-	- 992,02	7,57	-	6.985,57

• Pleamar

	Fy	Fz	Brazo	M estabilizador	M vuelco
Empuje debido al mar	- 869,94		6,87	5.973,57	
Empuje debido a Nivel freático	869,94		6,87		5.973,57
Subpresión		-1520,28	7,5		10.979,80

1.3. Cargas del terreno





	Grados	
φ	35	Ángulo rozamiento interno según tabla 3.4.2.2.9. de la ROM 0.2-90
δ	23,33	ángulo de rozamiento del terreno-estructura, según la tabla 3.4.2.2.10. de la ROM 0.2-90
β	0	Ángulo que forma el terreno con la horizontal
α	0	Ángulo que forma el talud del cajón con la vertical
K_a	0,244	Coefficiente de empuje activo

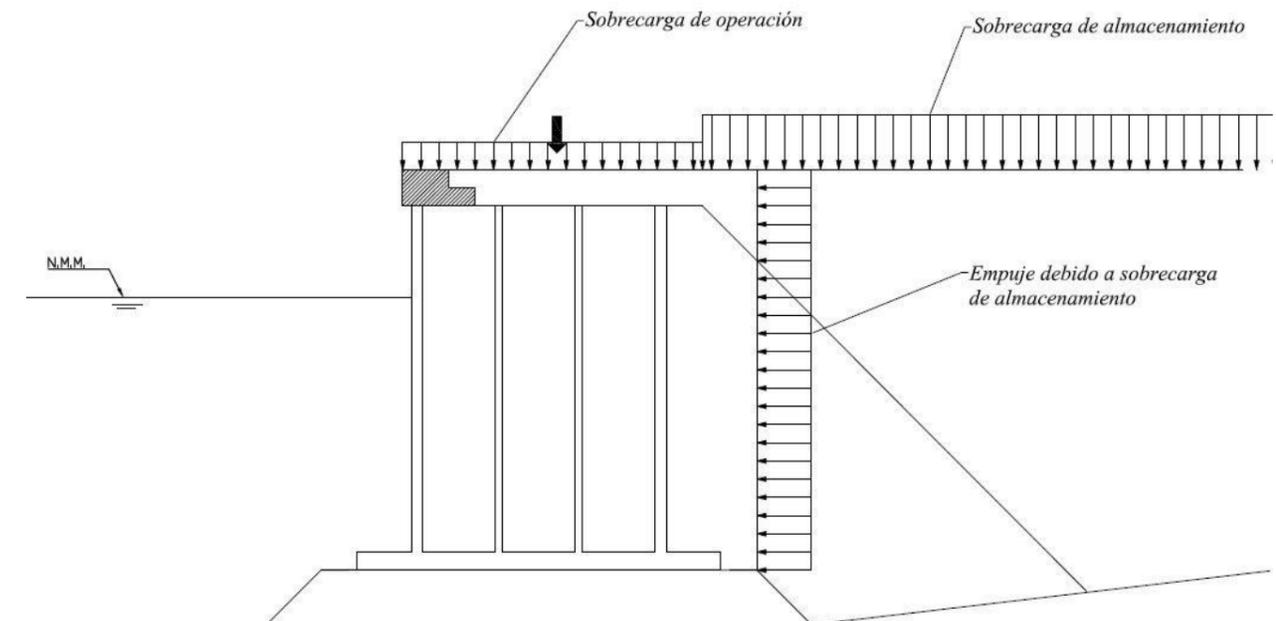
	Fy	Brazo	M vuelco
Empuje terreno	100,55	7,33	737,40

	Fy	M vuelco
RESUMEN	100,55	737,40

1.4. Sobrecargas de uso y explotación del muelle

Siguiendo los valores de la tabla del apartado 4.6.4.1 Estacionamiento y almacenamiento de mercancías de la ROM 2.0-11. se considerarán las siguientes cargas

- En el área de almacenamiento, para uso comercial, graneles sólidos pulvurentos, 10 T/m².
- En el área de operación, para uso comercial, graneles sólidos pulvurentos y sistema discontinuo de descarga ya que se proyecta el uso de grúas, 3 T/m².



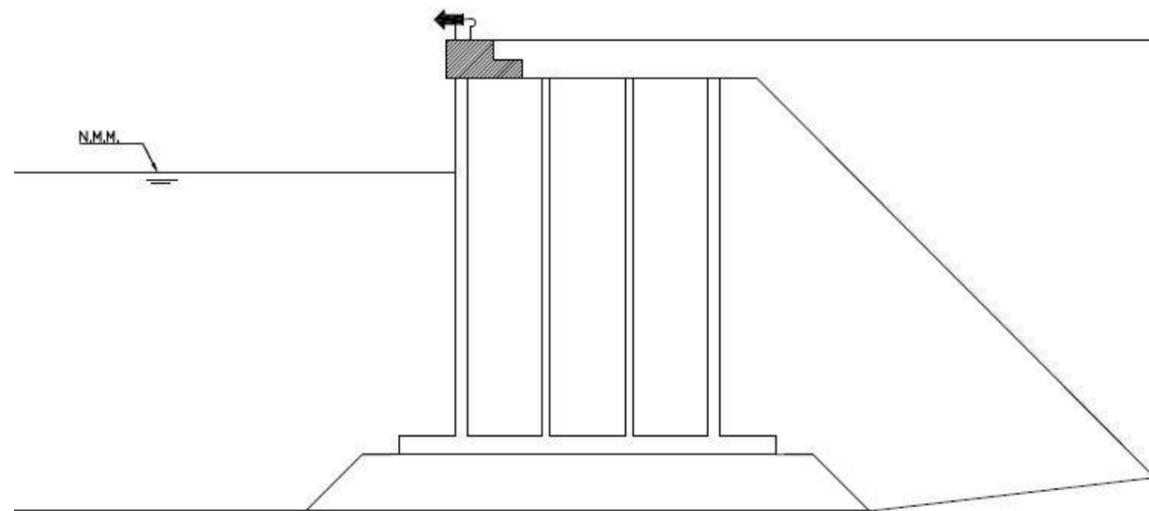
Se considerará, quedando del lado de la seguridad, que la sobrecarga de operación actúa únicamente encima del muelle y a partir de este actúa la sobrecarga de almacenamiento.

	Fz	Fy	Brazo	M estabilizador	M vuelco
Sobrecarga de operación	252,00	-	10,5,	2.646,00	-
Sobrecarga de almacenamiento	-	215,09	11,00	-	2365,98

	Fz	Fy	M estabilizador	M vuelco
RESUMEN	252,00	215,09	246,00	2365,98

1.5. Cargas de atraque y amarre

Se considera que esta fuerza forma 0 grados con la horizontal ya que es la dirección más desfavorable dentro de las posibles.



	Fy	M vuelco
RESUMEN	150	3000

2. Estados Límite Últimos

Se procede al cálculo de los siguientes estados límite:

- E.L.U de deslizamiento.
- E.L.U. de hundimiento.
- E.L.U. de vuelco clásico.

Para los cuales se han determinado las acciones a considerar en el apartado anterior y que se resumen en la siguiente tabla:

- Bajamar

	Fy	Fz	M estab	M vuelco
4.1. Peso propio	-	2.703,28	32.239,57	-
4.2. Cargas hidráulicas	65,52	- 922,02	2.534,81	10.044,04
4.3. Carga del Terreno	100,55	-	-	737,40
4.4. Operación	-	252,00	2.646,00	-
4.4 Almacenamiento	215,09	-	-	2.365,98
4.5 Amarre	150,00	-	-	3.000,00

- Pleamar

	Fy	Fz	M estab	M vuelco
4.1. Peso propio	-	2.703,28	32.237,57	-
4.2. Cargas hidráulicas	-	- 1.520,28	5.973,57	17.375,67
4.3. Carga del Terreno	100,55	-	-	737,40
4.4. Operación	-	252,00	2.646,00	-
4.4 Almacenamiento	215,86	-	-	2.365,98
4.5 Amarre	150,00	-	-	3.000,00

Se procede ahora a calcular las distintas combinaciones para el cálculo de los E.L.U. mediante los coeficientes de ponderación parciales y los coeficientes de simultaneidad definidos en el apartado 5. *Criterios de combinación de acciones* del presente anejo, y diferenciando entre el modo de fallo geotécnico y el modo de fallo de pérdida de equilibrio estático ya que presentan diferentes coeficientes de ponderación parciales:

- Coeficientes empleados para el modo de fallo geotécnico (GEO):

	Comb1	Comb2	Comb3	Comb4	Comb5	Comb6	Comb7	Comb8	Comb9	Comb10
4.1. Peso propio	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4.2. Cargas hidráulicas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4.3. Carga del Terreno	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4.4. Operación	1,3	0,91	0,91	1,3	0,91	1,3	1,3	0,91	0	0
4.4 Almacenamiento	0,91	1,3	0,91	0,91	1,3	0	0	0	1,3	0,91
4.5. Amarre	0,91	0,91	1,3	0	0	0	0,91	1,3	0,91	1,3



- Coefficientes empleados para el modo de fallo de pérdida de equilibrio estático (EQU):

	Comb1	Comb2	Comb3	Comb4	Comb5	Comb6	Comb7	Comb8	Comb9	Comb10
4.1. Peso propio	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
4.2. Cargas hidráulicas	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
4.3. Carga del Terreno	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
4.4. Operación	1,5	1,05	1,05	1,5	1,05	1,5	1,5	1,05	0	0
4.4. Almacenamiento	1,05	1,5	1,05	1,05	1,5	0	0	0	1,5	1,05
4.5. Amarre	1,05	1,05	1,5	0	0	0	1,05	1,5	1,05	1,5

Seguidamente se aplican los distintos coeficientes de cada combinación a los valores de las acciones consideradas:

- Resumen combinación de acciones para el modo de fallo geotécnico (GEO)

Bajamar

	Fy	Fz	M estab	M vuelco
Combo 1	498,30	2.108,86	38.214,18	15.664,48
Combo 2	582,19	2.010,58	37.182,24	16.587,21
Combo 3	556,80	2.010,58	37.182,24	16.834,48
Combo 4	361,80	2.108,86	38.214,18	12.934,48
Combo 5	445,69	2.010,58	37.182,24	13.857,21
Combo 6	166,07	2.108,86	38.214,18	10.781,44
Combo 7	302,57	2.108,86	38.214,18	13.511,44
Combo 8	361,07	2.010,58	37.182,24	14.681,44
Combo 9	582,19	1.781,26	34.774,38	16.587,21
Combo 10	556,80	1.781,26	34.774,38	16.834,48

Pleamar

	Fy	Fz	M estab	M vuelco
Combo 1	41.652,95	22.996,12	41.652,95	22.996,12
Combo 2	40.621,01	23.918,85	40.621,01	23.918,85
Combo 3	40.621,01	24.166,12	40.621,01	24.166,12
Combo 4	41.652,95	20.266,12	41.652,95	20.266,12
Combo 5	2.778,30	21.188,85	2.778,30	21.188,85
Combo 6	40.621,01	18.113,07	40.621,01	18.113,07
Combo 7	41.652,95	20.843,07	41.652,95	20.843,07
Combo 8	41.652,95	22.013,07	41.652,95	22.013,07
Combo 9	40.621,01	23.918,85	40.621,01	23.918,85
Combo 10	38.213,15	24.166,12	38.213,15	24.166,12

- Resumen combinación de acciones para el modo de fallo de pérdida de equilibrio estático (EQU):

Bajamar

	Fy	Fz	M estab	M vuelco
Combo 1	566,02	2.337,39	42.220,82	17.493,86
Combo 2	662,81	2.223,99	41.030,12	18.558,55
Combo 3	633,52	2.223,99	41.030,12	18.843,86

Combo 4	408,52	2.337,39	42.220,82	14.343,86
Combo 5	505,31	2.223,99	41.030,12	15.408,55
Combo 6	182,68	2.337,39	42.220,82	11.859,58
Combo 7	340,18	2.337,39	42.220,82	15.009,58
Combo 8	407,68	2.223,99	41.030,12	16.359,58
Combo 9	662,81	1.959,39	38.251,82	18.558,55
Combo 10	633,52	1.959,39	38.251,82	18.843,86

Pleamar

	Fy	Fz	M estab	M vuelco
Combo 1	493,95	1.679,30	46.003,46	25.558,66
Combo 2	590,74	1.565,90	44.812,76	26.623,35
Combo 3	561,45	1.565,90	44.812,76	26.908,66
Combo 4	336,45	1.679,30	46.003,46	22.408,66
Combo 5	433,24	1.565,90	44.812,76	23.473,35
Combo 6	110,61	1.679,30	46.003,46	19.924,38
Combo 7	268,11	1.679,30	46.003,46	23.074,38
Combo 8	335,61	1.565,90	44.812,76	24.424,38
Combo 9	590,74	1.301,30	42.034,46	26.623,35
Combo 10	561,45	1.301,30	42.034,46	26.908,66

3. Cálculo de estabilidad frente a deslizamiento

Considerando lo expuesto en el apartado 6.1 *Deslizamiento* del presente anejo se procede a calcular los diferentes factores de seguridad que resultan de las combinaciones de acciones para el modo de fallo geotécnico (GEO).

- Bajamar

	F.S.	FS mínimo
Combo 1	2,44	1,3
Combo 2	1,99	1,3
Combo 3	2,08	1,3
Combo 4	3,37	1,3
Combo 5	2,60	1,3
Combo 6	7,33	1,3
Combo 7	4,02	1,3
Combo 8	3,21	1,3
Combo 9	1,77	1,3
Combo 10	1,85	1,3

- Pleamar

	F.S.	FS mínimo
Combo 1	2,02	1,3
Combo 2	1,58	1,3
Combo 3	1,66	1,3
Combo 4	2,94	1,3
Combo 5	2,14	1,3
Combo 6	8,67	1,3
Combo 7	3,68	1,3
Combo 8	2,76	1,3
Combo 9	1,32	1,3
Combo 10	1,39	1,3

4. Cálculo de estabilidad frente a vuelco rígido

Considerando lo expuesto en el apartado 6.2. *Vuelco rígido* del presente anejo se procede a calcular los diferentes factores de seguridad que resultan de las combinaciones de acciones para el modo de fallo de pérdida de equilibrio estático (EQU).

- Bajamar

	F.S.	FS mínimo
Combo 1	2,41	1,30
Combo 2	2,21	1,30
Combo 3	2,18	1,30
Combo 4	2,94	1,30
Combo 5	2,66	1,30
Combo 6	3,56	1,30
Combo 7	2,81	1,30
Combo 8	2,51	1,30
Combo 9	2,06	1,30
Combo 10	2,03	1,30

- Pleamar

	F.S.	FS mínimo
Combo 1	1,80	1,30
Combo 2	1,68	1,30
Combo 3	1,67	1,30
Combo 4	2,05	1,30
Combo 5	1,91	1,30
Combo 6	2,31	1,30
Combo 7	1,99	1,30
Combo 8	1,83	1,30
Combo 9	1,58	1,30
Combo 10	1,56	1,30

5. Cálculo de estabilidad frente a hundimiento

Considerando lo expuesto en el apartado 6.3. *Hundimiento* del presente anejo se procede a calcular los diferentes factores de seguridad que resultan de las combinaciones de acciones para el modo de fallo geotécnico (GEO).

- Bajamar

	N _q	N _c	N _r	S _q	S _c	S _r	i _q	i _c	i _r	q _h	F.S.
Combo 1	48,9	61,4	74,9	1,13	1,13	0,93	0,58	0,57	0,45	286,56	6,36
Combo 2	48,9	61,4	74,9	1,13	1,13	0,93	0,50	0,49	0,36	241,21	5,35
Combo 3	48,9	61,4	74,9	1,13	1,13	0,93	0,52	0,51	0,38	251,52	5,58
Combo 4	48,9	61,4	74,9	1,13	1,13	0,93	0,69	0,68	0,57	348,37	7,73
Combo 5	48,9	61,4	74,9	1,13	1,13	0,93	0,61	0,60	0,47	299,86	6,66
Combo 6	48,9	61,4	74,9	1,13	1,13	0,93	0,85	0,85	0,78	450,62	10,00
Combo 7	48,9	61,4	74,9	1,13	1,13	0,93	0,73	0,73	0,63	377,57	8,38
Combo 8	48,9	61,4	74,9	1,13	1,13	0,93	0,67	0,67	0,55	340,29	7,55
Combo 9	48,9	61,4	74,9	1,13	1,13	0,93	0,45	0,44	0,31	212,31	4,71
Combo 10	48,9	61,4	74,9	1,13	1,13	0,93	0,47	0,46	0,32	223,09	4,95

- Pleamar

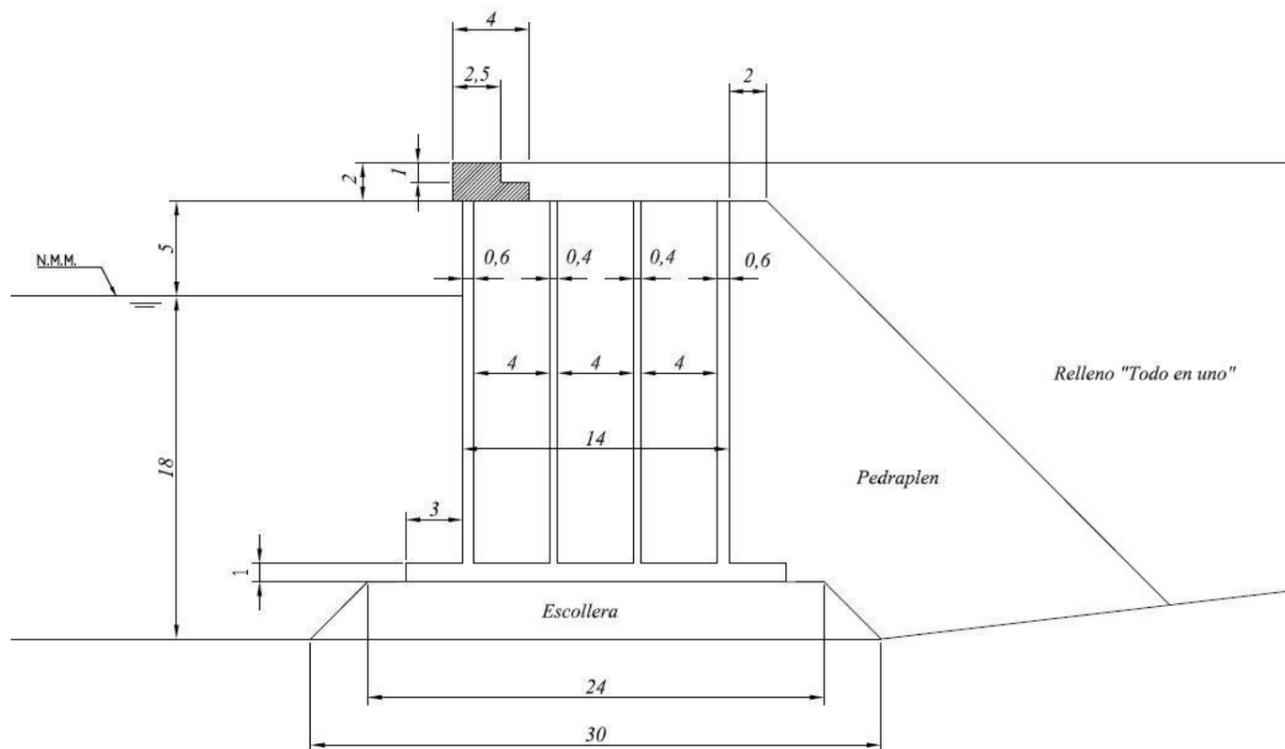
	N _q	N _c	N _r	S _q	S _c	S _r	i _q	i _c	i _r	q _h	F.S.
Combo 1	48,9	61,4	74,9	1,13	1,13	0,93	0,51	0,50	0,36	243,68	5,41
Combo 2	48,9	61,4	74,9	1,13	1,13	0,93	0,40	0,39	0,26	184,48	4,09
Combo 3	48,9	61,4	74,9	1,13	1,13	0,93	0,43	0,41	0,28	197,01	4,37
Combo 4	48,9	61,4	74,9	1,13	1,13	0,93	0,65	0,64	0,52	324,01	7,19
Combo 5	48,9	61,4	74,9	1,13	1,13	0,93	0,53	0,52	0,39	257,98	5,73
Combo 6	48,9	61,4	74,9	1,13	1,13	0,93	0,87	0,87	0,81	465,29	10,33
Combo 7	48,9	61,4	74,9	1,13	1,13	0,93	0,70	0,70	0,60	363,40	8,07
Combo 8	48,9	61,4	74,9	1,13	1,13	0,93	0,62	0,62	0,49	311,45	6,91
Combo 9	48,9	61,4	74,9	1,13	1,13	0,93	0,30	0,30	0,18	139,87	3,10
Combo 10	48,9	61,4	74,9	1,13	1,13	0,93	0,33	0,33	0,20	152,57	3,39



6. Conclusión

	FS mínimo	FS
Deslizamiento	1,3	1,32
Vuelco	1,3	1,56
Hundimiento	2	3,10

Como podemos comprobar, el muelle cumple holgadamente frente al estado límite último de vuelco rígido y frente al estado límite último de hundimiento, y cumple de manera justa frente al estado límite de deslizamiento, por lo que se da por válida la sección propuesta del muelle a efectos de predimensionamiento.





TERMINAL DE PRODUCTOS AGROALIMENTARIOS EN EL PUERTO EXTERIOR DE A CORUÑA

ANEJO N° 9: PREDIMENSIONAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS

Índice

1. Introducción.....	2
2. Estructura metálica.....	2
2.1 Descripción.....	2
2.2 Materiales	2
2.3 Acciones consideradas.....	2
2.4 Combinación de cargas.....	5
3. Muro de hormigón.....	6
3.1 Descripción.....	6
3.2 Materiales.....	6
3.3 Acciones consideradas.....	7
3.4 Sección propuesta.....	7
3.5 Cálculos de estabilidad de la sección.....	7
4. Silo vertical.....	8
3.1. Descripción.....	8
3.2. Materiales.....	8
3.3. Acciones consideradas.....	8
3.4. Cálculo de esfuerzos.....	8

3.5. Cálculo de tensiones.....	9
---------------------------------------	----------

Apéndice I: Cálculos de la sección tipo de la estructura metálica propuesta.....	10 - 19
---	----------------

Apéndice II: Cálculos de la sección de muro propuesta.....	20 - 23
---	----------------

Apéndice II: Cálculos del espesor de la sección tipo del silo vertical.....	24 - 25
--	----------------

1. Introducción

El objetivo del presente anejo es el cálculo de las secciones tipo de las naves, del muro de hormigón para la contención de granel situado en su interior, y de los silos verticales a efectos de predimensionamiento.

2. Estructura metálica

2.1. Descripción

Se procede a calcular, a efectos de predimensionamiento, una sección tipo de la estructura metálica de 50 m de ancho por 200 m de longitud.

2.2. Materiales

Se propone la utilización de acero S275 como material para los perfiles empleados en la sección tipo.

2.3. Acciones consideradas

- Peso propio

Se considerará el propio peso de los perfiles empleados en la sección tipo para el cálculo de las leyes de esfuerzos, así como de la cinta transportadora que colgará de centro luz.

- Sobrecarga de uso

La única sobrecarga de uso que presenta la estructura es la ejercida por la cubierta, por lo que tal y como define el CTE en el DB SE-AE en su apartado 3.1. *Sobrecarga de uso*, se considerará una sobrecarga de uso de 0,4 KN/m², correspondiente a *Cubiertas ligeras sobre correas*.

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾⁽⁶⁾	2
		G2	Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁵⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
				0	2

- Viento

El CTE en el DB SE-AE en su apartado 3.3. *Viento* define la carga producida por el viento mediante la siguiente expresión:

$$q_e = q_b \times c_e \times c_p$$

donde:

- q_e = presión estática del viento.
- q_b = presión dinámica del viento. El DB SE-AE propone en el *anexo C.1. Presión dinámica* un valor de 0,52 KN/m².
- c_e = coeficiente de exposición. El DB SE-AE propone valores según la altura del punto considerado y el grado de aspereza del entorno.

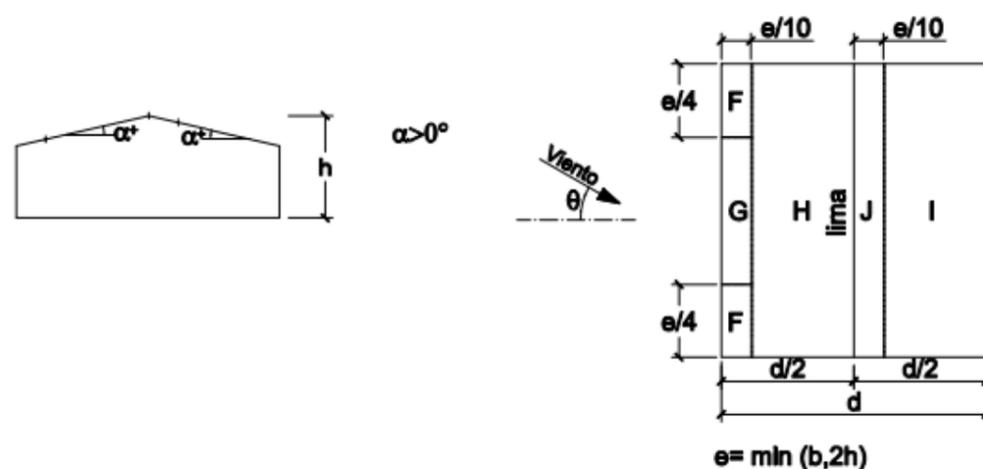


Tabla 3.4. Valores del coeficiente de exposición c_e

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)						
	3	6	9	12	15	18	24
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,4	2,7	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4
V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9

Debido a que el punto más alto de la nave está a 15,5 m de altura y a que está situada al borde del mar, se opta por tomar un valor de 3,3.

- c_p = Coeficiente eólico. El DB SE-AE en el *anexo D. Acción del viento* describe diferentes situaciones para el cálculo de este coeficiente. Se optará por tomar los valores definidos en la *Tabla D.6. Cubierta a dos aguas*



Pendiente de la cubierta α	A (m ²)	Zona (según figura)				
		F	G	H	I	J
-45°	≥ 10	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1
	≤ 1	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1,5
-30°	≥ 10	-1,1	-0,8	-0,8	-0,6	-0,8
	≤ 1	-2	-1,5	-0,8	-0,6	-1,4
-15°	≥ 10	-2,5	-1,3	-0,9	-0,5	-0,7
	≤ 1	-2,8	-2	-1,2	-0,5	-1,2
-5°	≥ 10	-2,3	-1,2	-0,8	0,2	0,2
	≤ 1	-2,5	-2	-1,2	0,2	0,2
5°	≥ 10	-1,7	-1,2	-0,6	-0,6	0,2
	≤ 1	+0,0	+0,0	+0,0	-0,6	-0,6
15°	≥ 10	-0,9	-0,8	-0,3	-0,4	-1
	≤ 1	0,2	0,2	0,2	+0,0	+0,0
30°	≥ 10	-0,5	-0,5	-0,2	-0,4	-0,5
	≤ 1	0,7	0,7	0,4	0	0
45°	≥ 10	-0,0	-0,0	-0,0	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,7	0,7	0,6	+0,0	+0,0
60°	≥ 10	0,7	0,7	0,7	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,7	0,7	0,7	-0,2	-0,3
75°	≥ 10	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,3

Se tomarán, de entre las zonas posibles (F,G,H,I,J), la pésima situación, la cual corresponde a que la sección tipo se sitúe en al principio o al final de la nave, ya que le corresponderá en un lateral la zona F, la cual da los pésimos valores

En cuanto a la pendiente de la cubierta, en la sección planteada tiene un valor de 4,57 °, por lo que se opta por utilizar los valores expuestos para 5°, considerando que el área es mayor que 10 m².

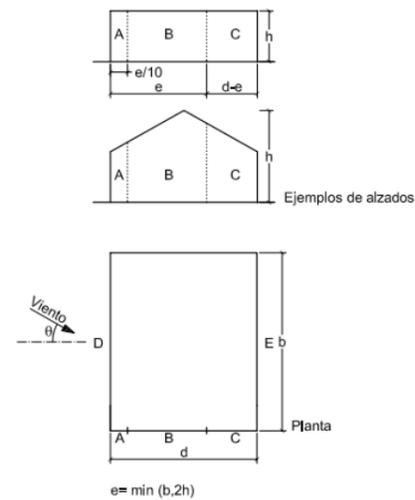
En la siguiente tabla se calculan los valores del coeficiente eólico para una pendiente de 5 ° y área mayor de 10 m², así como el espesor de cada zona.

	F	G	H	I	J
5 °	-1,7	-1,2	-0,6	-0,6	0,2
ancho zona (m)	4,4	0	20,6	20,6	4,4



En cuanto a los pilares que conforman la estructura, el CTE define los siguientes coeficientes, de los cuales utilizaremos los correspondientes a las zonas D y E con un área mayor de 10 m².

A (m ²)	h/d	Zona (según figura), -45° < θ < 45°				
		A	B	C	D	E
≥ 10	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
5	5	-1,3	-0,9	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,8	-0,3
2	5	-1,3	-1,0	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
≤ 1	5	-1,4	-1,1	-0,5	1,0	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	"	-0,3



Una vez definidos los coeficientes, se procede a calcular la presión del viento considerando los diferentes valores de los coeficientes expuestos según la zona de la estructura y las posibles direcciones del viento en el plano de la estructura (de Oeste a Este y viceversa)

• Acciones térmicas

Tal y como describe el DB SE-AE en el apartado 3.4. Acciones térmicas, se tomará como temperatura de referencia 10 ° y como temperaturas extremas, tal y como describe el anejo E. Datos climáticos las siguientes:

➤ Temperatura máxima

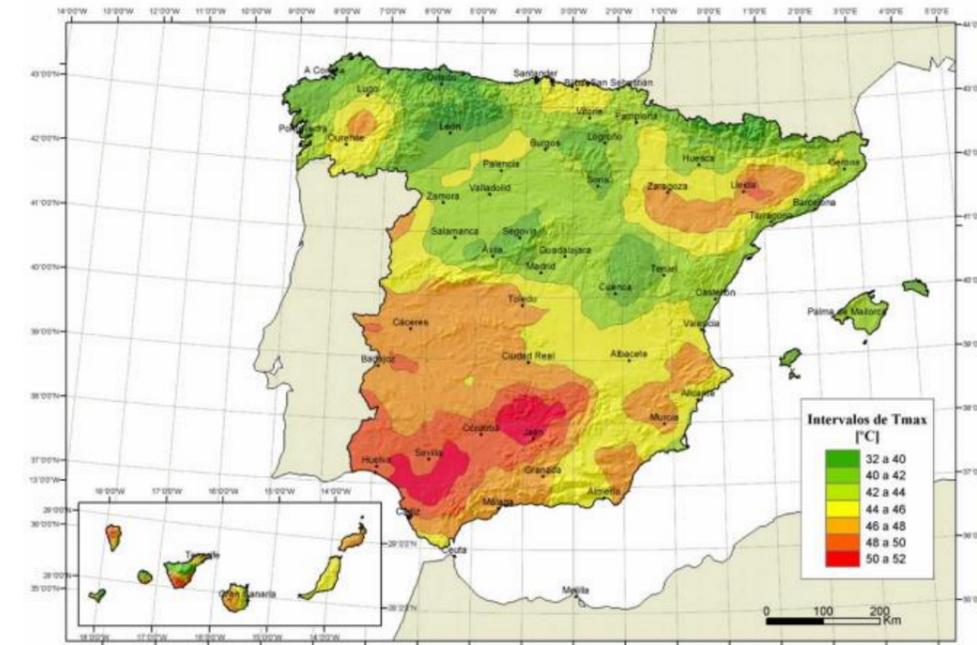


Figura E.1 Isotermas de la temperatura anual máxima del aire (T_{max} en °C)

Se tomará el máximo valor del intervalo correspondiente a la zona donde se sitúa la nave según el anterior mapa, y un incremento adicional según el color de la superficie y su orientación según la siguiente tabla:

Tabla 3.7 Incremento de temperatura debido a la radiación solar

Orientación de la superficie	Color de la superficie		
	Muy claro	Claro	Oscuro
Norte y Este	0 °C	2 °C	4 °C
Sur y Oeste	18 °C	30 °C	42 °C

Suponiendo que el color de la superficie de la nave es muy claro, se considerará una T^a máxima de 40 °C + 0 °C = 40 °C para Norte y Este y de 40 °C + 18 °C = 58 °C para Sur y Oeste



➤ Temperatura mínima

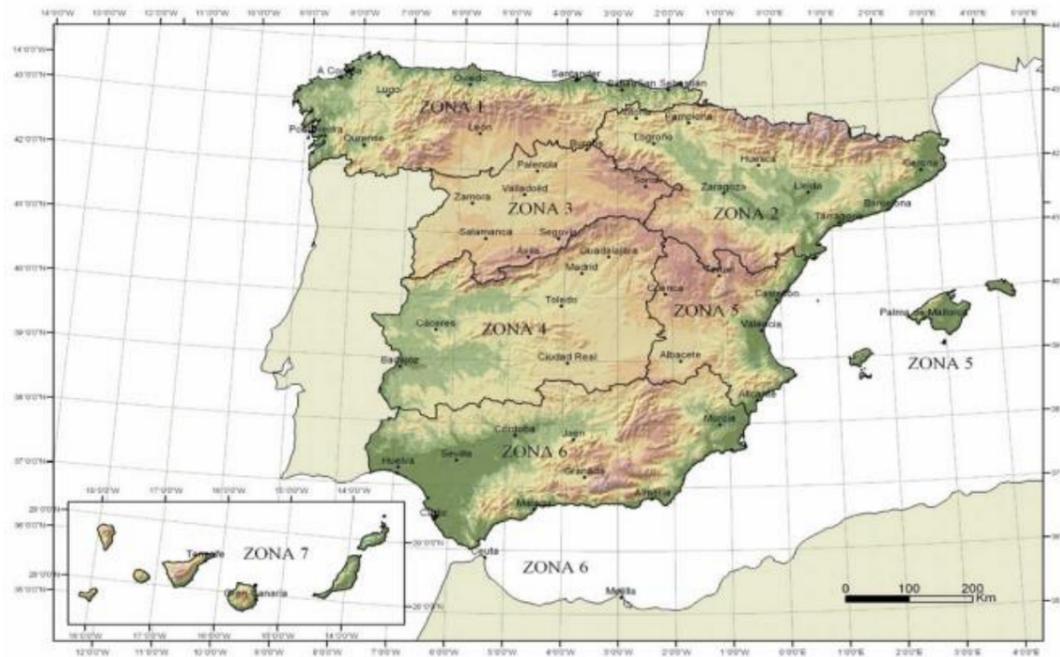


Figura E.2 Zonas climáticas de invierno

Tabla E.1 Temperatura mínima del aire exterior (°C)

Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	-7	-11	-11	-6	-5	-6	6
200	-10	-13	-12	-8	-8	-8	5
400	-12	-15	-14	-10	-11	-9	3
600	-15	-16	-15	-12	-14	-11	2
800	-18	-18	-17	-14	-17	-13	0
1.000	-20	-20	-19	-16	-20	-14	-2
1.200	-23	-21	-20	-18	-23	-16	-3
1.400	-26	-23	-22	-20	-26	-17	-5
1.600	-28	-25	-23	-22	-29	-19	-7
1.800	-31	-26	-25	-24	-32	-21	-8
2.000	-33	-28	-27	-26	-35	-22	-10

Adoptando los valores propuestos en la tabla anterior de la zona 1 y altitud 0 m ya que la nave se encuentra al lado del mar, se tomará como T^a mínima -7 °C.

• Nieve

El DB SE-AE en su apartado 3.5.Nieve define la siguiente expresión para el cálculo de la sobrecarga que ejerce la nieve

$$q_n = \mu \times S_k$$

donde:

- q_n = carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal
- S_k = valor característico de la carga de nieve según la siguiente tabla

Tabla 3.8 Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas

Capital	Altitud m	S _k kN/m ²	Capital	Altitud m	S _k kN/m ²	Capital	Altitud m	S _k kN/m ²
Albacete	690	0,6	Guadalajara	680	0,6	Pontevedra	0	0,3
Alicante / Alacant	0	0,2	Huelva	0	0,2	Salamanca	780	0,5
Almería	0	0,2	Huesca	470	0,7	SanSebas-tián/Donostia	0	0,3
Ávila	1.130	1,0	Jaén	570	0,4	Santander	0	0,3
Badajoz	180	0,2	León	820	1,2	Segovia	1.000	0,7
Barcelona	0	0,4	Lérida / Lleida	150	0,5	Sevilla	1.090	0,2
Bilbao / Bilbo	0	0,3	Logroño	380	0,6	Soria	0	0,9
Burgos	860	0,6	Lugo	470	0,7	Tarragona	0	0,4
Cáceres	440	0,4	Madrid	660	0,6	Tenerife	950	0,9
Cádiz	0	0,2	Málaga	0	0,2	Toledo	550	0,5
Castellón	640	0,2	Murcia	40	0,2	Valencia/València	690	0,2
Ciudad Real	100	0,6	Orense / Ourense	130	0,2	Valladolid	520	0,4
Córdoba	0	0,2	Oviedo	230	0,4	Vitoria / Gasteiz	650	0,7
Coruña / A Coruña	0	0,3	Palencia	740	0,5	Zamora	210	0,4
Cuenca	1.010	1,0	Palma de Mallorca	0	0,2	Zaragoza	0	0,5
Gerona / Girona	70	0,4	Palmas, Las	0	0,2	Ceuta y Melilla	0	0,2
Granada	690	0,5	Pamplona/Iruña	450	0,7			

Por tanto se tomará un valor de 0,3 KN/m², correspondiente a la ciudad de A Coruña

- μ = coeficiente de forma de la cubierta. Se tomará igual a 1 en toda la cubierta

2.4. Combinación de cargas

Se utilizarán los coeficientes de ponderación parciales y los coeficientes de simultaneidad descritos en la EAE para Estados Límite Últimos:

Tipo de acción	Situaciones persistentes o transitorias		Situaciones accidentales	
	Efecto favorable	Efecto desfavorable	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,35$	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$
Permanente de valor no constante	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,50$	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,00$
Variable	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,50$	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,00$
Accidental	—	—	$\gamma_A = 1,00$	$\gamma_A = 1,00$

Tabla 11.a
Coeficientes de simultaneidad para las sobrecargas de uso en edificios

Uso del elemento	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Zonas residenciales y domésticas	0,7	0,5	0,3
Zonas de oficinas	0,7	0,5	0,3
Zonas de reunión	0,7	0,7	0,6
Zonas comerciales	0,7	0,7	0,6
Zonas de almacenamiento	1,0	0,9	0,8
Zonas de tráfico, peso del vehículo ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
Zonas de tráfico, 30 kN < peso del vehículo ≤ 160 kN	0,7	0,5	0,3
Cubiertas no accesibles	0,0	0,0	0,0

Tabla 11.b
Coeficientes de simultaneidad para la acción de la nieve

	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Edificios emplazados a una altitud $H > 1.000$ metros sobre el nivel del mar	0,7	0,5	0,2
Edificios emplazados a una altitud $H \leq 1.000$ metros sobre el nivel del mar	0,5	0,2	0,0

Tabla 11.c
Coeficientes de simultaneidad para la acción del viento

ψ_0	ψ_1	ψ_2
0,6	0,2	0,0

Tabla 11.d
Coeficientes de simultaneidad para la acción térmica

ψ_0	ψ_1	ψ_2
0,6	0,5	0,0

En cuanto a las combinaciones de carga, se utilizarán las expresiones correspondientes a situaciones persistentes y transitorias y a situaciones accidentales propuestas por la EAE:

En situaciones persistentes o transitorias:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

En situaciones accidentales:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_A A_k + \gamma_{Q,1} \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Al final del presente anejo se muestra un apéndice con los cálculos realizados.

3. Muro de hormigón

3.1. Descripción

Se calculará la sección tipo de un muro de hormigón en voladizo de 200 m de largo y 14 m de altura (sumando la altura del fuste y de la zapata) para la contención de granel en el interior de la nave. Cada nave dispondrá de 2 muros de estas características, dispuestos de la forma en la que se indica en los planos.

3.2. Materiales

Analizando las características del muro propuesto:

- El muro forma parte de la estructura de la nave y está situado a menos de 5 km del mar, por lo que el ambiente será tipo IIIa según la EHE-08.
- Para facilitar el hormigonado vertical del paramento mediante bombeo, se proponen una consistencia del hormigón fluida.
- Se señalará un tamaño máximo de árido de 25 mm para hacerlo compatible con separaciones entre armaduras de unos 3,5 cm.

Considerando lo expuesto, se propone el uso de hormigón armado HA-35/F/25/IIIa con barras de armado B500SD.

3.3. Acciones consideradas

Debido a que el muro se sitúa en el interior de la nave, se propone como acciones a considerar el peso propio de la estructura, los esfuerzos que trasmite la estructura metálica y el empuje que causa el granel sobre el muro.

- Peso propio

En cuanto al peso propio, tal y como describe la EHE-08 para hormigones armados y pretensados, se utilizará un peso específico de $\gamma = 24 \text{ KN/m}^3$.



• Empujes

El granel ejercerá un empuje sobre el muro en la dirección que forma $\alpha + \delta$ respecto a la horizontal, siendo α el ángulo de inclinación del trasdós del muro y δ el ángulo de rozamiento granel-muro.

Por otro lado, el terreno situado en el lado contrario al granel generará un empuje pasivo.

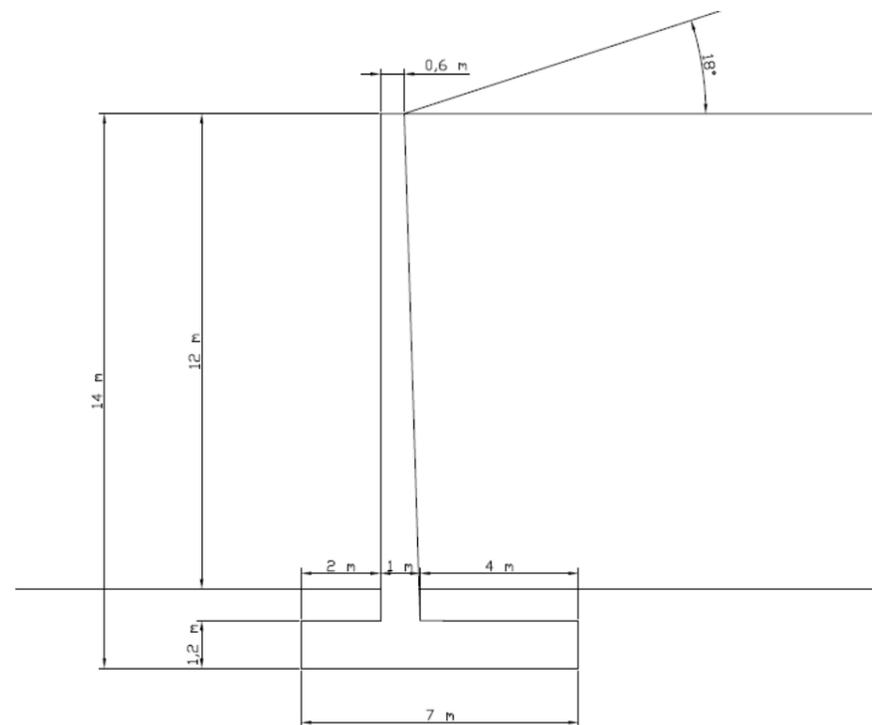
• Esfuerzos de la estructura metálica

La estructura metálica de la nave, anclada en la coronación del muro, transmitirá axiles, cortantes y momentos al muro, por lo que se tendrán en cuenta en el diseño del muro.

• Viento

Para el cálculo de la estabilidad del muro, se ha obviado la contribución del viento debido a que genera fuerzas estabilizadoras, por lo que con su descarte quedamos del lado de la seguridad.

3.4. Sección propuesta



3.5. Cálculos de estabilidad de la sección

De manera análoga al dimensionamiento del muelle de cajones expuesto en el *Anejo nº7*: *Predimensionamiento del muelle* se calculará la sección para que sea estable frente a:

- Vuelco rígido
- Deslizamiento
- Hundimiento

Para dichos cálculos se utilizarán los criterios expuestos en el anejo anteriormente citado:

• Deslizamiento

$$F \leq \frac{H_{rotura}}{H} = \frac{V \times tg(\phi_c)}{H}$$

• Vuelco rígido

$$F \leq \frac{M_{estabilizador}}{M_{desestabilizador}}$$

• Hundimiento

$$p_{vh} = q \times N_q \times s_q \times i_q + c \times N_c \times s_c \times i_c + \frac{1}{2} \times \gamma \times B^* \times N_\gamma \times s_\gamma \times i_\gamma$$

$$F \leq \frac{p_{vh}}{p_v}$$

Y como coeficientes de seguridad mínimos se emplearán los siguientes valores, empleados para estructuras de contención:

	FS mínimo
Vuelco	2
Deslizamiento	1,5
Hundimiento	3

En el Apéndice II del presente anejo se muestran los cálculos realizados



4. Silo vertical

4.1. Descripción

Se calculará la sección tipo de uno de los 4 silos verticales destinados al almacenamiento de los graneles agroalimentarios líquidos

4.2. Materiales

Se emplearán planchas de acero S275.

4.3. Acciones consideradas

Se considerará la presión que ejerce el granel líquido sobre las paredes interiores del silo, optando por hacer los cálculos con el mayor peso específico entre aceites, grasas o melazas, el cual corresponde a los aceites con un peso específico de 9 KN/m².

4.4. Cálculo de esfuerzos

Se procede a calcular los esfuerzos mediante la ecuación de flexión de láminas cilíndricas

$$\frac{d^4 u_r}{dz^4} + 4 \beta^4 x u_r = \frac{p_n}{D}, \quad \text{con} \quad \beta^4 = \frac{3 x (1-\nu^2)}{a^2 h^2}$$

Ecuación diferencial cuya solución es de la forma:

$$u_r = u_{r0} + \delta$$

$$u_{r0} = e^{-\beta z} [C_1 \cos(\beta x z) + C_2 \operatorname{sen}(\beta x z)] + e^{\beta z} [C_3 \cos(\beta x z) + C_4 \operatorname{sen}(\beta x z)]$$

El cilindro se proyecta empotrado en la base debido a que la tolva inferior se considera infinitamente rígida, mientras que el extremo opuesto del cilindro está lo suficientemente alejado para que no se consideren las cargas aplicadas en $z = 0$.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto:

- Debido a que el término $e^{\beta z}$ crece de manera acelerada conforme aumenta z , por lo que valores de las constantes C_3 y C_4 son nulos para que la solución no se haga infinito.
- La solución particular de la ecuación diferencial que rige la flexión en la zona cercana al empotramiento es :

$$\delta = \frac{\rho g (H - z) a^2}{E h}$$

- Las constantes C_1 y C_2 se obtienen aplicando las condiciones de contorno en $z = 0$

$$u_r|_{z=0} = 0 \quad \text{-----} \rightarrow \quad C_1 = -\frac{\rho g H a^2}{E h}$$

$$\frac{du_r}{dz}|_{z=0} = 0 \quad \text{-----} \rightarrow \quad C_2 = \frac{\rho g a^2}{E h} x \left(\frac{1}{\beta} - H\right)$$

Sustituyendo el valor de las constantes y el valor del desplazamiento radial de la lámina debido a la presión ejercida por el granel líquido:

$$u_r = \frac{\rho x a^2 x H}{E x e} x \left\{ 1 - \frac{z}{H} - e^{(-\beta x z)} x \left[\cos(\beta x z) + \left(1 + \frac{1}{\beta x H}\right) x \operatorname{sen}(\beta x z) \right] \right\}$$

Finalmente, las expresiones de los esfuerzos serán:

$$M_z = \frac{\rho x a x H x e x \beta}{\sqrt{12 x (1-\nu^2)}} x e^{(-\beta x z)} \left[\operatorname{sen}(\beta x z) - \left(1 - \frac{1}{\beta x H}\right) x \cos(\beta x z) \right]$$

$$M_\theta = \nu x M_z$$

$$N_\theta = \frac{E x e x u_r}{a}$$

$$Q_z = \frac{\rho x a x H x e x \beta}{\sqrt{12 x (1-\nu^2)}} x e^{(-\beta x z)} \left[\left(2 - \frac{1}{\beta x H}\right) x \cos(\beta x z) - \left(\frac{1}{\beta x H}\right) x \operatorname{sen}(\beta x z) \right]$$



4.5. Cálculo de tensiones

Las tensiones máximas meridionales de un cilindro en las superficies interior y exterior serán las siguientes:

$$\sigma_z = \frac{N_z}{h} \pm \frac{6M_z}{h^2}$$

Las tensiones máximas circunferenciales de un cilindro en las superficies interior y exterior serán las siguientes

$$\sigma_\theta = \frac{N_\theta}{h} \pm \frac{6M_\theta}{h^2}$$

En el Apéndice III del presente anejo se muestran los cálculos realizados



APÉNDICE I: CALCULOS DE LA SECCIÓN TIPO DE LA ESTRUCTURA METÁLICA PROPUESTA

Índice

1. Unidades empleadas.....	11
2. Coeficientes para las combinaciones de acciones empleadas.....	11
3. Perfiles empleados.....	15
4. Resultados.....	16



1. Unidades empleadas

Se han empleado KiloNewtons como unidad de fuerza, Metros como unidad de longitud y Grados Celsius para la temperatura.

2. Coeficientes para las combinaciones de acciones empleadas

Nº	EL	Situación	Peso propio	Sobrecarga de uso	Viento presión O-E	Viento presión E-O	Viento succión O-E	Viento succión E-O	Tª positiva	Tª negativa	Nieve
1	ELU	Persistente	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	ELU	Persistente	1	0	0	0	0	0	0	0	0,75
3	ELU	Persistente	1	0	0	0	0	0	0	0,9	0
4	ELU	Persistente	1	0	0	0	0	0	0	0,9	0,75
5	ELU	Persistente	1	0	0	0	0	0	0,9	0	0
6	ELU	Persistente	1	0	0	0	0	0,9	0	0	0
7	ELU	Persistente	1	0	0	0	0	0,9	0	0	0,75
8	ELU	Persistente	1	0	0	0	0	0,9	0	0,9	0
9	ELU	Persistente	1	0	0	0	0	0,9	0	0,9	0,75
10	ELU	Persistente	1	0	0	0	0	0,9	0,9	0	0
11	ELU	Persistente	1	0	0	0	0,9	0	0	0	0
12	ELU	Persistente	1	0	0	0	0,9	0	0	0	0,75
13	ELU	Persistente	1	0	0	0	0,9	0	0	0,9	0
14	ELU	Persistente	1	0	0	0	0,9	0	0	0,9	0,75
15	ELU	Persistente	1	0	0	0	0,9	0	0,9	0	0
16	ELU	Persistente	1	0	0	0,9	0	0	0	0	0
17	ELU	Persistente	1	0	0	0,9	0	0	0	0	0,75
18	ELU	Persistente	1	0	0	0,9	0	0	0	0,9	0
19	ELU	Persistente	1	0	0	0,9	0	0	0	0,9	0,75
20	ELU	Persistente	1	0	0	0,9	0	0	0,9	0	0
21	ELU	Persistente	1	0	0,9	0	0	0	0	0	0
22	ELU	Persistente	1	0	0,9	0	0	0	0	0	0,75
23	ELU	Persistente	1	0	0,9	0	0	0	0	0,9	0
24	ELU	Persistente	1	0	0,9	0	0	0	0	0,9	0,75
25	ELU	Persistente	1	0	0,9	0	0	0	0,9	0	0
26	ELU	Persistente	1	1,5	0	0	0	0	0	0	0
27	ELU	Persistente	1	1,5	0	0	0	0	0	0	0,75
28	ELU	Persistente	1	1,5	0	0	0	0	0	0,9	0
29	ELU	Persistente	1	1,5	0	0	0	0	0	0,9	0,75

30	ELU	Persistente	1	1,5	0	0	0	0	0,9	0	0
31	ELU	Persistente	1	1,5	0	0	0	0,9	0	0	0
32	ELU	Persistente	1	1,5	0	0	0	0,9	0	0	0,75
33	ELU	Persistente	1	1,5	0	0	0	0,9	0	0,9	0
34	ELU	Persistente	1	1,5	0	0	0	0,9	0	0,9	0,75
35	ELU	Persistente	1	1,5	0	0	0	0,9	0,9	0	0
36	ELU	Persistente	1	1,5	0	0	0,9	0	0	0	0
37	ELU	Persistente	1	1,5	0	0	0,9	0	0	0	0,75
38	ELU	Persistente	1	1,5	0	0	0,9	0	0	0,9	0
39	ELU	Persistente	1	1,5	0	0	0,9	0	0	0,9	0,75
40	ELU	Persistente	1	1,5	0	0	0,9	0	0,9	0	0
41	ELU	Persistente	1	1,5	0	0,9	0	0	0	0	0
42	ELU	Persistente	1	1,5	0	0,9	0	0	0	0	0,75
43	ELU	Persistente	1	1,5	0	0,9	0	0	0	0,9	0
44	ELU	Persistente	1	1,5	0	0,9	0	0	0	0,9	0,75
45	ELU	Persistente	1	1,5	0	0,9	0	0	0,9	0	0
46	ELU	Persistente	1	1,5	0,9	0	0	0	0	0	0
47	ELU	Persistente	1	1,5	0,9	0	0	0	0	0	0,75
48	ELU	Persistente	1	1,5	0,9	0	0	0	0	0,9	0
49	ELU	Persistente	1	1,5	0,9	0	0	0	0	0,9	0,75
50	ELU	Persistente	1	1,5	0,9	0	0	0	0,9	0	0
51	ELU	Persistente	1	0	1,5	0	0	0	0	0	0
52	ELU	Persistente	1	0	1,5	0	0	0	0	0	0,75
53	ELU	Persistente	1	0	1,5	0	0	0	0	0,9	0
54	ELU	Persistente	1	0	1,5	0	0	0	0	0,9	0,75
55	ELU	Persistente	1	0	1,5	0	0	0	0,9	0	0
56	ELU	Persistente	1	1,5	1,5	0	0	0	0	0	0
57	ELU	Persistente	1	1,5	1,5	0	0	0	0	0	0,75
58	ELU	Persistente	1	1,5	1,5	0	0	0	0	0,9	0
59	ELU	Persistente	1	1,5	1,5	0	0	0	0	0,9	0,75
60	ELU	Persistente	1	1,5	1,5	0	0	0	0,9	0	0
61	ELU	Persistente	1	0	0	1,5	0	0	0	0	0
62	ELU	Persistente	1	0	0	1,5	0	0	0	0	0,75
63	ELU	Persistente	1	0	0	1,5	0	0	0	0,9	0
64	ELU	Persistente	1	0	0	1,5	0	0	0	0,9	0,75
65	ELU	Persistente	1	0	0	1,5	0	0	0,9	0	0
66	ELU	Persistente	1	1,5	0	1,5	0	0	0	0	0
67	ELU	Persistente	1	1,5	0	1,5	0	0	0	0	0,75
68	ELU	Persistente	1	1,5	0	1,5	0	0	0	0,9	0



69	ELU	Persistente	1	1,5	0	1,5	0	0	0	0,9	0,75
70	ELU	Persistente	1	1,5	0	1,5	0	0	0,9	0	0
71	ELU	Persistente	1	0	0	0	1,5	0	0	0	0
72	ELU	Persistente	1	0	0	0	1,5	0	0	0	0,75
73	ELU	Persistente	1	0	0	0	1,5	0	0	0,9	0
74	ELU	Persistente	1	0	0	0	1,5	0	0	0,9	0,75
75	ELU	Persistente	1	0	0	0	1,5	0	0,9	0	0
76	ELU	Persistente	1	1,5	0	0	1,5	0	0	0	0
77	ELU	Persistente	1	1,5	0	0	1,5	0	0	0	0,75
78	ELU	Persistente	1	1,5	0	0	1,5	0	0	0,9	0
79	ELU	Persistente	1	1,5	0	0	1,5	0	0	0,9	0,75
80	ELU	Persistente	1	1,5	0	0	1,5	0	0,9	0	0
81	ELU	Persistente	1	0	0	0	0	1,5	0	0	0
82	ELU	Persistente	1	0	0	0	0	1,5	0	0	0,75
83	ELU	Persistente	1	0	0	0	0	1,5	0	0,9	0
84	ELU	Persistente	1	0	0	0	0	1,5	0	0,9	0,75
85	ELU	Persistente	1	0	0	0	0	1,5	0,9	0	0
86	ELU	Persistente	1	1,5	0	0	0	1,5	0	0	0
87	ELU	Persistente	1	1,5	0	0	0	1,5	0	0	0,75
88	ELU	Persistente	1	1,5	0	0	0	1,5	0	0,9	0
89	ELU	Persistente	1	1,5	0	0	0	1,5	0	0,9	0,75
90	ELU	Persistente	1	1,5	0	0	0	1,5	0,9	0	0
91	ELU	Persistente	1	0	0	0	0	0	1,5	0	0
92	ELU	Persistente	1	0	0	0	0	0,9	1,5	0	0
93	ELU	Persistente	1	0	0	0	0,9	0	1,5	0	0
94	ELU	Persistente	1	0	0	0,9	0	0	1,5	0	0
95	ELU	Persistente	1	0	0,9	0	0	0	1,5	0	0
96	ELU	Persistente	1	1,5	0	0	0	0	1,5	0	0
97	ELU	Persistente	1	1,5	0	0	0	0,9	1,5	0	0
98	ELU	Persistente	1	1,5	0	0	0,9	0	1,5	0	0
99	ELU	Persistente	1	1,5	0	0,9	0	0	1,5	0	0
100	ELU	Persistente	1	1,5	0,9	0	0	0	1,5	0	0
101	ELU	Persistente	1	0	0	0	0	0	0	1,5	0
102	ELU	Persistente	1	0	0	0	0	0	0	1,5	0,75
103	ELU	Persistente	1	0	0	0	0	0,9	0	1,5	0
104	ELU	Persistente	1	0	0	0	0	0,9	0	1,5	0,75
105	ELU	Persistente	1	0	0	0	0,9	0	0	1,5	0
106	ELU	Persistente	1	0	0	0	0,9	0	0	1,5	0,75
107	ELU	Persistente	1	0	0	0,9	0	0	0	1,5	0

108	ELU	Persistente	1	0	0	0,9	0	0	0	1,5	0,75
109	ELU	Persistente	1	0	0,9	0	0	0	0	1,5	0
110	ELU	Persistente	1	0	0,9	0	0	0	0	1,5	0,75
111	ELU	Persistente	1	1,5	0	0	0	0	0	1,5	0
112	ELU	Persistente	1	1,5	0	0	0	0	0	1,5	0,75
113	ELU	Persistente	1	1,5	0	0	0	0,9	0	1,5	0
114	ELU	Persistente	1	1,5	0	0	0	0,9	0	1,5	0,75
115	ELU	Persistente	1	1,5	0	0	0,9	0	0	1,5	0
116	ELU	Persistente	1	1,5	0	0	0,9	0	0	1,5	0,75
117	ELU	Persistente	1	1,5	0	0,9	0	0	0	1,5	0
118	ELU	Persistente	1	1,5	0	0,9	0	0	0	1,5	0,75
119	ELU	Persistente	1	1,5	0,9	0	0	0	0	1,5	0
120	ELU	Persistente	1	1,5	0,9	0	0	0	0	1,5	0,75
121	ELU	Persistente	1	0	0	0	0	0	0	0	1,5
122	ELU	Persistente	1	0	0	0	0	0	0	0,9	1,5
123	ELU	Persistente	1	0	0	0	0	0,9	0	0	1,5
124	ELU	Persistente	1	0	0	0	0	0,9	0	0,9	1,5
125	ELU	Persistente	1	0	0	0	0,9	0	0	0	1,5
126	ELU	Persistente	1	0	0	0	0,9	0	0	0,9	1,5
127	ELU	Persistente	1	0	0	0,9	0	0	0	0	1,5
128	ELU	Persistente	1	0	0	0,9	0	0	0	0,9	1,5
129	ELU	Persistente	1	0	0,9	0	0	0	0	0	1,5
130	ELU	Persistente	1	0	0,9	0	0	0	0	0,9	1,5
131	ELU	Persistente	1	1,5	0	0	0	0	0	0	1,5
132	ELU	Persistente	1	1,5	0	0	0	0	0	0,9	1,5
133	ELU	Persistente	1	1,5	0	0	0	0,9	0	0	1,5
134	ELU	Persistente	1	1,5	0	0	0	0,9	0	0,9	1,5
135	ELU	Persistente	1	1,5	0	0	0,9	0	0	0	1,5
136	ELU	Persistente	1	1,5	0	0	0,9	0	0	0,9	1,5
137	ELU	Persistente	1	1,5	0	0,9	0	0	0	0	1,5
138	ELU	Persistente	1	1,5	0	0,9	0	0	0	0,9	1,5
139	ELU	Persistente	1	1,5	0,9	0	0	0	0	0	1,5
140	ELU	Persistente	1	1,5	0,9	0	0	0	0	0,9	1,5
141	ELU	Persistente	1,35	0	0	0	0	0	0	0	0
142	ELU	Persistente	1,35	0	0	0	0	0	0	0	0,75
143	ELU	Persistente	1,35	0	0	0	0	0	0	0,9	0
144	ELU	Persistente	1,35	0	0	0	0	0	0	0,9	0,75
145	ELU	Persistente	1,35	0	0	0	0	0	0,9	0	0
146	ELU	Persistente	1,35	0	0	0	0	0,9	0	0	0



147	ELU	Persistente	1,35	0	0	0	0	0,9	0	0	0,75
148	ELU	Persistente	1,35	0	0	0	0	0,9	0	0,9	0
149	ELU	Persistente	1,35	0	0	0	0	0,9	0	0,9	0,75
150	ELU	Persistente	1,35	0	0	0	0	0,9	0,9	0	0
151	ELU	Persistente	1,35	0	0	0	0,9	0	0	0	0
152	ELU	Persistente	1,35	0	0	0	0,9	0	0	0	0,75
153	ELU	Persistente	1,35	0	0	0	0,9	0	0	0,9	0
154	ELU	Persistente	1,35	0	0	0	0,9	0	0	0,9	0,75
155	ELU	Persistente	1,35	0	0	0	0,9	0	0,9	0	0
156	ELU	Persistente	1,35	0	0	0,9	0	0	0	0	0
157	ELU	Persistente	1,35	0	0	0,9	0	0	0	0	0,75
158	ELU	Persistente	1,35	0	0	0,9	0	0	0	0,9	0
159	ELU	Persistente	1,35	0	0	0,9	0	0	0	0,9	0,75
160	ELU	Persistente	1,35	0	0	0,9	0	0	0,9	0	0
161	ELU	Persistente	1,35	0	0,9	0	0	0	0	0	0
162	ELU	Persistente	1,35	0	0,9	0	0	0	0	0	0,75
163	ELU	Persistente	1,35	0	0,9	0	0	0	0	0,9	0
164	ELU	Persistente	1,35	0	0,9	0	0	0	0	0,9	0,75
165	ELU	Persistente	1,35	0	0,9	0	0	0	0,9	0	0
166	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0	0	0	0	0	0
167	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0	0	0	0	0	0,75
168	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0	0	0	0	0,9	0
169	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0	0	0	0	0,9	0,75
170	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0	0	0	0,9	0	0
171	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0	0	0,9	0	0	0
172	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0	0	0,9	0	0	0,75
173	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0	0	0,9	0	0,9	0
174	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0	0	0,9	0	0,9	0,75
175	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0	0	0,9	0,9	0	0
176	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0	0,9	0	0	0	0
177	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0	0,9	0	0	0	0,75
178	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0	0,9	0	0	0,9	0
179	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0	0,9	0	0	0,9	0,75
180	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0	0,9	0	0,9	0	0
181	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0,9	0	0	0	0	0
182	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0,9	0	0	0	0	0,75
183	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0,9	0	0	0	0,9	0
184	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0,9	0	0	0	0,9	0,75
185	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0,9	0	0	0,9	0	0

186	ELU	Persistente	1,35	1,5	0,9	0	0	0	0	0	0
187	ELU	Persistente	1,35	1,5	0,9	0	0	0	0	0	0,75
188	ELU	Persistente	1,35	1,5	0,9	0	0	0	0	0,9	0
189	ELU	Persistente	1,35	1,5	0,9	0	0	0	0	0,9	0,75
190	ELU	Persistente	1,35	1,5	0,9	0	0	0	0,9	0	0
191	ELU	Persistente	1,35	0	1,5	0	0	0	0	0	0
192	ELU	Persistente	1,35	0	1,5	0	0	0	0	0	0,75
193	ELU	Persistente	1,35	0	1,5	0	0	0	0	0,9	0
194	ELU	Persistente	1,35	0	1,5	0	0	0	0	0,9	0,75
195	ELU	Persistente	1,35	0	1,5	0	0	0	0,9	0	0
196	ELU	Persistente	1,35	1,5	1,5	0	0	0	0	0	0
197	ELU	Persistente	1,35	1,5	1,5	0	0	0	0	0	0,75
198	ELU	Persistente	1,35	1,5	1,5	0	0	0	0	0,9	0
199	ELU	Persistente	1,35	1,5	1,5	0	0	0	0	0,9	0,75
200	ELU	Persistente	1,35	1,5	1,5	0	0	0	0,9	0	0
201	ELU	Persistente	1,35	0	0	1,5	0	0	0	0	0
202	ELU	Persistente	1,35	0	0	1,5	0	0	0	0	0,75
203	ELU	Persistente	1,35	0	0	1,5	0	0	0	0,9	0
204	ELU	Persistente	1,35	0	0	1,5	0	0	0	0,9	0,75
205	ELU	Persistente	1,35	0	0	1,5	0	0	0,9	0	0
206	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	1,5	0	0	0	0	0
207	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	1,5	0	0	0	0	0,75
208	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	1,5	0	0	0	0,9	0
209	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	1,5	0	0	0	0,9	0,75
210	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	1,5	0	0	0,9	0	0
211	ELU	Persistente	1,35	0	0	0	1,5	0	0	0	0
212	ELU	Persistente	1,35	0	0	0	1,5	0	0	0	0,75
213	ELU	Persistente	1,35	0	0	0	1,5	0	0	0,9	0
214	ELU	Persistente	1,35	0	0	0	1,5	0	0	0,9	0,75
215	ELU	Persistente	1,35	0	0	0	1,5	0	0,9	0	0
216	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0	1,5	0	0	0	0
217	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0	1,5	0	0	0	0,75
218	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0	1,5	0	0	0,9	0
219	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0	1,5	0	0	0,9	0,75
220	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0	1,5	0	0,9	0	0
221	ELU	Persistente	1,35	0	0	0	0	1,5	0	0	0
222	ELU	Persistente	1,35	0	0	0	0	1,5	0	0	0,75
223	ELU	Persistente	1,35	0	0	0	0	1,5	0	0,9	0
224	ELU	Persistente	1,35	0	0	0	0	1,5	0	0,9	0,75

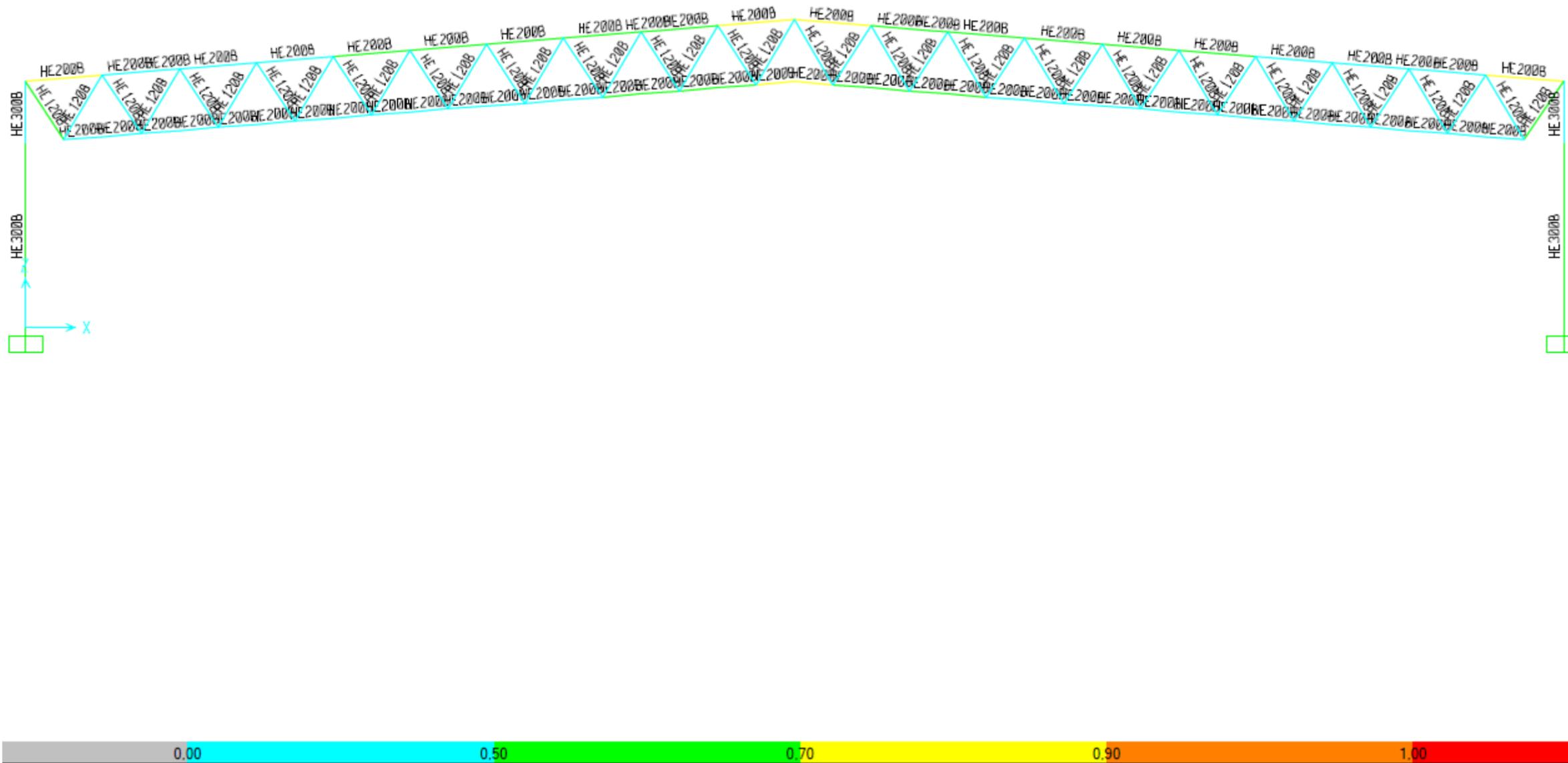


225	ELU	Persistente	1,35	0	0	0	0	1,5	0,9	0	0
226	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0	0	1,5	0	0	0
227	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0	0	1,5	0	0	0,75
228	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0	0	1,5	0	0,9	0
229	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0	0	1,5	0	0,9	0,75
230	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0	0	1,5	0,9	0	0
231	ELU	Persistente	1,35	0	0	0	0	0	1,5	0	0
232	ELU	Persistente	1,35	0	0	0	0	0,9	1,5	0	0
233	ELU	Persistente	1,35	0	0	0	0,9	0	1,5	0	0
234	ELU	Persistente	1,35	0	0	0,9	0	0	1,5	0	0
235	ELU	Persistente	1,35	0	0,9	0	0	0	1,5	0	0
236	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0	0	0	1,5	0	0
237	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0	0	0,9	1,5	0	0
238	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0	0,9	0	1,5	0	0
239	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0,9	0	0	1,5	0	0
240	ELU	Persistente	1,35	1,5	0,9	0	0	0	1,5	0	0
241	ELU	Persistente	1,35	0	0	0	0	0	0	1,5	0
242	ELU	Persistente	1,35	0	0	0	0	0	0	1,5	0,75
243	ELU	Persistente	1,35	0	0	0	0	0,9	0	1,5	0
244	ELU	Persistente	1,35	0	0	0	0	0,9	0	1,5	0,75
245	ELU	Persistente	1,35	0	0	0	0,9	0	0	1,5	0
246	ELU	Persistente	1,35	0	0	0	0,9	0	0	1,5	0,75
247	ELU	Persistente	1,35	0	0	0,9	0	0	0	1,5	0
248	ELU	Persistente	1,35	0	0	0,9	0	0	0	1,5	0,75
249	ELU	Persistente	1,35	0	0,9	0	0	0	0	1,5	0
250	ELU	Persistente	1,35	0	0,9	0	0	0	0	1,5	0,75
251	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0	0	0	0	1,5	0
252	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0	0	0	0	1,5	0,75
253	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0	0	0,9	0	1,5	0
254	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0	0	0,9	0	1,5	0,75
255	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0	0,9	0	0	1,5	0
256	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0	0,9	0	0	1,5	0,75
257	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0,9	0	0	0	1,5	0
258	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0,9	0	0	0	1,5	0,75
259	ELU	Persistente	1,35	1,5	0,9	0	0	0	0	1,5	0
260	ELU	Persistente	1,35	1,5	0,9	0	0	0	0	1,5	0,75
261	ELU	Persistente	1,35	0	0	0	0	0	0	0	1,5
262	ELU	Persistente	1,35	0	0	0	0	0	0	0,9	1,5

263	ELU	Persistente	1,35	0	0	0	0	0,9	0	0	1,5
264	ELU	Persistente	1,35	0	0	0	0	0,9	0	0,9	1,5
265	ELU	Persistente	1,35	0	0	0	0,9	0	0	0	1,5
266	ELU	Persistente	1,35	0	0	0	0,9	0	0	0,9	1,5
267	ELU	Persistente	1,35	0	0	0,9	0	0	0	0	1,5
268	ELU	Persistente	1,35	0	0	0,9	0	0	0	0,9	1,5
269	ELU	Persistente	1,35	0	0,9	0	0	0	0	0	1,5
270	ELU	Persistente	1,35	0	0,9	0	0	0	0	0,9	1,5
271	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0	0	0	0	0	1,5
272	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0	0	0	0	0,9	1,5
273	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0	0	0,9	0	0	1,5
274	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0	0	0,9	0	0,9	1,5
275	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0	0,9	0	0	0	1,5
276	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0	0,9	0	0	0,9	1,5
277	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0,9	0	0	0	0	1,5
278	ELU	Persistente	1,35	1,5	0	0,9	0	0	0	0,9	1,5
279	ELU	Persistente	1,35	1,5	0,9	0	0	0	0	0	1,5
280	ELU	Persistente	1,35	1,5	0,9	0	0	0	0	0,9	1,5



3. Perfiles empleados



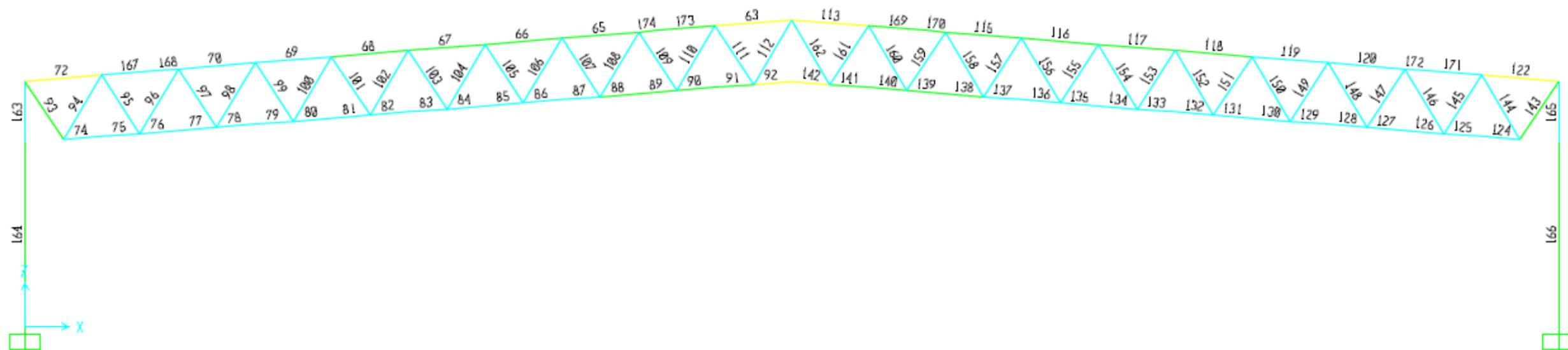


4. Resultados

A continuación se muestran las comprobaciones más limitativas de cada tipo de sección según el Eurocódigo , las cuales corresponden a:

- Las barras 63,72 y 92 para los perfiles HEB 200
- Las barra 93 para los perfiles HEB 120
- La barra 164 para los perfiles HEB 300

La siguiente figura muestra la numeración de barras que se ha utilizado.





Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 93 X Mid: 0,625 Combo: COMB220 Design Type: Brace
Length: 2,274 Y Mid: 0,000 Shape: HE120B Frame Type: DCH-MRF
Loc : 1,137 Z Mid: 7,050 Class: Class 1 Rolled : Yes

Country=CEN Default Combination=Eq. 6.10 Reliability=Class 2
Interaction=Method 2 (Annex B) MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No

GammaM0=1,00 GammaM1=1,00 GammaM2=1,25
An/Ag=1,00 RLLF=1,000 PLLF=0,750 D/C Lim=0,950

Aeff=0,003 eNy=0,000 eNz=0,000
A=0,003 Iyy=8,640E-06 Iyy=0,050 Wel,yy=1,440E-04 Weff,yy=1,440E-04
It=0,000 Izz=3,180E-06 Izz=0,031 Wel,zz=5,300E-05 Weff,zz=5,300E-05
Iw=0,000 Iyz=0,000 h=0,120 Wpl,yy=1,650E-04 Av,z=0,003
E=210000000,0 fy=275000,000 fu=430000,000 Wpl,zz=8,100E-05 Av,y=0,001

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,137	-116,666	-4,410	0,000	-10,012	0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)
D/C Ratio: 0,532 = 0,199 + 0,333 + 0,000 < 0,950 OK
= NEd / (Chi_z NRk / GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy) / (Chi_LT My,Rk / GammaM1) + kzz (Mz,Ed+NEd eNz) / (Mz,Rk / GammaM1) (EC3 6.3.3(4)-6.62)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity
Axial	-116,666	935,000	935,000

	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
	935,000	1052,640	4318,082	4318,082	1,000

Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	b 0,340	3462,042	0,520	0,689	0,875	818,491
MajorB (y-y)	b 0,340	3462,042	0,520	0,689	0,875	818,491
Minor (z-z)	c 0,490	1274,224	0,857	1,028	0,627	585,965
MinorB (z-z)	c 0,490	1274,224	0,857	1,028	0,627	585,965
Torsional TF	c 0,490	4318,082	0,465	0,673	0,862	806,136

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med,span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	-4,410	-16,066	45,375	45,375	44,710	43,716
Minor (z-z)	0,000	0,000	22,275	22,275	22,275	

Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	C1	Mcr
LTB	a 0,210	0,358	0,581	0,963	2,555	353,355

Factors

	kyy	kyz	kzy	kzz
	0,453	0,733	0,907	1,222

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check	Ted Torsion
Major (z)	10,012	173,934	0,058	OK	0,000
Minor (y)	0,000	438,685	0,000	OK	0,000

	Vpl,Rd	Eta	LambdaBarW
Reduction	173,934	1,200	0,189

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 92 X Mid: 24,375 Combo: COMB272 Design Type: Brace
Length: 1,254 Y Mid: 0,000 Shape: HE200B Frame Type: DCH-MRF
Loc : 1,254 Z Mid: 7,950 Class: Class 1 Rolled : Yes

Country=CEN Default Combination=Eq. 6.10 Reliability=Class 2
Interaction=Method 2 (Annex B) MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No

GammaM0=1,00 GammaM1=1,00 GammaM2=1,25
An/Ag=1,00 RLLF=1,000 PLLF=0,750 D/C Lim=0,950

Aeff=0,008 eNy=0,000 eNz=0,000
A=0,008 Iyy=5,696E-05 Iyy=0,085 Wel,yy=5,696E-04 Weff,yy=5,696E-04
It=0,000 Izz=2,003E-05 Izz=0,051 Wel,zz=2,003E-04 Weff,zz=2,003E-04
Iw=0,000 Iyz=0,000 h=0,200 Wpl,yy=6,430E-04 Av,z=0,006
E=210000000,0 fy=275000,000 fu=430000,000 Wpl,zz=3,060E-04 Av,y=0,002

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
1,254	1122,187	84,615	0,000	-89,775	0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.2.9.1(6y))
D/C Ratio: 0,886 = 0,886 < 0,950 OK
= (My,Ed/Mn,y,Rd) (EC3 6.2.9.1(6y))

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity
Axial	1122,187	2147,750	2147,750

	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
	2147,750	2417,976	27805,897	27805,897	1,000

Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	b 0,340	75075,523	0,169	0,509	1,000	2147,750
MajorB (y-y)	b 0,340	75075,523	0,169	0,509	1,000	2147,750
Minor (z-z)	c 0,490	26400,329	0,285	0,562	0,957	2054,704
MinorB (z-z)	c 0,490	26400,329	0,285	0,562	0,957	2054,704
Torsional TF	c 0,490	27805,897	0,278	0,558	0,960	2062,682

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med,span Moment	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	84,615	84,615	176,825	176,825	95,501	176,825
Minor (z-z)	0,000	0,000	84,150	84,150	72,098	

Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	C1	Mcr
LTB	a 0,210	0,165	0,510	1,000	2,428	6530,927

Factors

	kyy	kyz	kzy	kzz
	1,000	0,600	0,885	1,000

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check	Ted Torsion
Major (z)	89,775	394,547	0,228	OK	0,000
Minor (y)	0,000	997,083	0,000	OK	0,000

	Vpl,Rd	Eta	LambdaBarW
Reduction	394,547	1,200	0,236

BRACE MAXIMUM AXIAL LOADS

	P Comp	P Tens
Axial	N/C	1122,187



Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 63 X Mid: 23,750 Combo: COMB272 Design Type: Brace
Length: 2,508 Y Mid: 0,000 Shape: HE200B Frame Type: DCH-MRF
Loc : 2,508 Z Mid: 9,900 Class: Class 1 Rolled : Yes

Country=CEN Default Combination=Eq. 6.10 Reliability=Class 2
Interaction=Method 2 (Annex B) MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No

GammaM0=1,00 GammaM1=1,00 GammaM2=1,25
An/Ag=1,00 RLLF=1,000 PLLF=0,750 D/C Lim=0,950

Aeff=0,008 eNy=0,000 eNz=0,000
A=0,008 Iyy=5,696E-05 Iyy=0,085 Wel,yy=5,696E-04 Weff,yy=5,696E-04
It=0,000 Izz=2,003E-05 Izz=0,051 Wel,zz=2,003E-04 Weff,zz=2,003E-04
Iw=0,000 Iyz=0,000 h=0,200 Wpl,yy=6,430E-04 Av,z=0,006
E=210000000,0 fy=275000,000 fu=430000,000 Wpl,zz=3,060E-04 Av,y=0,002

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
2,508	-1202,886	7,896	0,000	3,987	0,000	0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)
D/C Ratio: 0,753 = 0,698 + 0,056 + 0,000 < 0,950 OK
= Ned/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
+ kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1) (EC3 6.3.3(4)-6.62)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd
Axial	Force	Capacity	Capacity
	-1202,886	2147,750	2147,750

	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
	2147,750	2417,976	10620,056	10620,056	1,000

Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	b 0,340	18768,881	0,338	0,581	0,950	2040,137
MajorB (y-y)	b 0,340	18768,881	0,338	0,581	0,950	2040,137
Minor (z-z)	c 0,490	6600,082	0,570	0,753	0,803	1724,124
MinorB (z-z)	c 0,490	6600,082	0,570	0,753	0,803	1724,124
Torsional TF	c 0,490	10620,056	0,450	0,662	0,871	1870,039

MOMENT DESIGN

	Med	Med,span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
	Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	7,896	9,769	176,825	176,825	87,987	166,402
Minor (z-z)	0,000	0,000	84,150	84,150	68,781	

LTB	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	Cl	Mcr
	a	0,210	0,443	0,624	0,941	1,083	900,424

Factors	kyy	kyz	kzy	kzz
	1,071	0,826	0,946	1,377

SHEAR DESIGN

	Ved	Vc,Rd	Stress	Status	Ted
	Force	Capacity	Ratio	Check	Torsion
Major (z)	3,987	394,547	0,010	OK	0,000
Minor (y)	0,000	997,083	0,000	OK	0,000

Reduction	Vpl,Rd	Eta	LambdaBarW
	394,547	1,200	0,236

BRACE MAXIMUM AXIAL LOADS

	P	P
	Comp	Tens
Axial	N/C	-1202,886

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 72 X Mid: 1,250 Combo: COMB271 Design Type: Brace
Length: 2,508 Y Mid: 0,000 Shape: HE200B Frame Type: DCH-MRF
Loc : 2,508 Z Mid: 8,100 Class: Class 1 Rolled : Yes

Country=CEN Default Combination=Eq. 6.10 Reliability=Class 2
Interaction=Method 2 (Annex B) MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No

GammaM0=1,00 GammaM1=1,00 GammaM2=1,25
An/Ag=1,00 RLLF=1,000 PLLF=0,750 D/C Lim=0,950

Aeff=0,008 eNy=0,000 eNz=0,000
A=0,008 Iyy=5,696E-05 Iyy=0,085 Wel,yy=5,696E-04 Weff,yy=5,696E-04
It=0,000 Izz=2,003E-05 Izz=0,051 Wel,zz=2,003E-04 Weff,zz=2,003E-04
Iw=0,000 Iyz=0,000 h=0,200 Wpl,yy=6,430E-04 Av,z=0,006
E=210000000,0 fy=275000,000 fu=430000,000 Wpl,zz=3,060E-04 Av,y=0,002

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
2,508	-94,213	-117,616	0,000	63,840	0,000	0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)
D/C Ratio: 0,729 = 0,055 + 0,674 + 0,000 < 0,950 OK
= Ned/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
+ kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1) (EC3 6.3.3(4)-6.62)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd
Axial	Force	Capacity	Capacity
	-94,213	2147,750	2147,750

	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
	2147,750	2417,976	10620,056	10620,056	1,000

Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	b 0,340	18768,881	0,338	0,581	0,950	2040,137
MajorB (y-y)	b 0,340	18768,881	0,338	0,581	0,950	2040,137
Minor (z-z)	c 0,490	6600,082	0,570	0,753	0,803	1724,124
MinorB (z-z)	c 0,490	6600,082	0,570	0,753	0,803	1724,124
Torsional TF	c 0,490	10620,056	0,450	0,662	0,871	1870,039

MOMENT DESIGN

	Med	Med,span	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
	Moment	Moment	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	-117,616	-117,616	176,825	176,825	176,825	171,986
Minor (z-z)	0,000	0,000	84,150	84,150	84,150	

LTB	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	Cl	Mcr
	a	0,210	0,321	0,564	0,973	2,070	1720,533

Factors	kyy	kyz	kzy	kzz
	0,480	0,618	0,986	1,030

SHEAR DESIGN

	Ved	Vc,Rd	Stress	Status	Ted
	Force	Capacity	Ratio	Check	Torsion
Major (z)	63,840	394,547	0,162	OK	0,000
Minor (y)	0,000	997,083	0,000	OK	0,000

Reduction	Vpl,Rd	Eta	LambdaBarW
	394,547	1,200	0,236

BRACE MAXIMUM AXIAL LOADS

	P	P
	Comp	Tens
Axial	N/C	111,798



```

Eurocode 3-2005 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 164      X Mid: 0,000      Combo: COMB120      Design Type: Column
Length: 6,000   Y Mid: 0,000      Shape: HE300B      Frame Type: DCH-MRF
Loc : 6,000     Z Mid: 3,000      Class: Class 1     Rolled : Yes

Country=CEN Default      Combination=Eq. 6.10      Reliability=Class 2
Interaction=Method 2 (Annex B)      MultiResponse=Envelopes      P-Delta Done? No

GammaM0=1,00      GammaM1=1,00      GammaM2=1,25
An/Ag=1,00      RLLF=1,000      PLLF=0,750      D/C Lim=0,950

Aeff=0,015      eNy=0,000      eNz=0,000
A=0,015      Iyy=2,517E-04      iyy=0,130      Wel,yy=0,002      Weff,yy=0,002
It=1,890E-06      Izz=8,563E-05      izz=0,076      Wel,zz=5,709E-04      Weff,zz=5,709E-04
Iw=1,690E-06      Iyz=0,000      h=0,300      Wpl,yy=0,002      Av,z=0,012
E=210000000,0      fy=275000,000      fu=430000,000      Wpl,zz=8,700E-04      Av,y=0,005

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
Location      Ned      Med,yy      Med,zz      Ved,z      Ved,y      Ted
6,000      -104,669      252,789      0,000      -84,726      0,000      0,000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.3.3(4)-6.62)
D/C Ratio: 0,551 = 0,043 + 0,508 + 0,000 < 0,950      OK
= Ned/(Chi_z NRK/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
+ kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1)      (EC3 6.3.3(4)-6.62)

AXIAL FORCE DESIGN
      Ned      Nc,Rd      Nt,Rd
      Force      Capacity      Capacity
Axial      -104,669      4097,500      4097,500

      Npl,Rd      Nu,Rd      Ncr,T      Ncr,TF      An/Ag
      4097,500      4613,040      11041,375      11041,375      1,000

      Curve      Alpha      Ncr      LambdaBar      Phi      Chi      Nb,Rd
Major (y-y)      b      0,340      14491,047      0,532      0,698      0,870      3564,314
MajorB (y-y)      b      0,340      14491,047      0,532      0,698      0,870      3564,314
Minor (z-z)      c      0,490      4929,950      0,912      1,090      0,593      2428,487
MinorB (z-z)      c      0,490      4929,950      0,912      1,090      0,593      2428,487
Torsional TF      c      0,490      11041,375      0,609      0,786      0,780      3195,756

MOMENT DESIGN
      Med      Med,span      Mc,Rd      Mv,Rd      Mn,Rd      Mb,Rd
      Moment      Moment      Capacity      Capacity      Capacity      Capacity
Major (y-y)      252,789      252,789      513,975      513,975      513,975      484,496
Minor (z-z)      0,000      0,000      239,250      239,250      239,250

      Curve      AlphaLT      LambdaBarLT      PhiLT      ChiLT      C1      Mcr
LTB      a      0,210      0,437      0,621      0,943      2,419      2685,632

      Factors      kyy      kyz      kzy      kzz
      0,404      0,632      0,974      1,053

SHEAR DESIGN
      Ved      Vc,Rd      Stress      Status      Ted
      Force      Capacity      Ratio      Check      Torsion
Major (z)      84,726      751,782      0,113      OK      0,000
Minor (y)      0,000      1908,113      0,000      OK      0,000

      Reduction      Vpl,Rd      Eta      LambdabarW
      751,782      1,200      0,298
    
```



APÉNDICE II: CALCULOS DE LA SECCIÓN DE MURO PROPUESTA

Índice

1. Unidades empleadas.....	21
2. Acciones.....	21
2.1. Cargas permanentes.....	21
2.2. Empujes.....	21
2.3. Cargas que transmite la estructura metálica.....	22
3. Estados Límite Últimos.....	23
4. Cálculo de estabilidad frente a deslizamiento.....	23
5. Cálculo de estabilidad frente a vuelco rígido.....	23
6. Cálculo de estabilidad frente a hundimiento.....	23
7. Conclusión.....	23



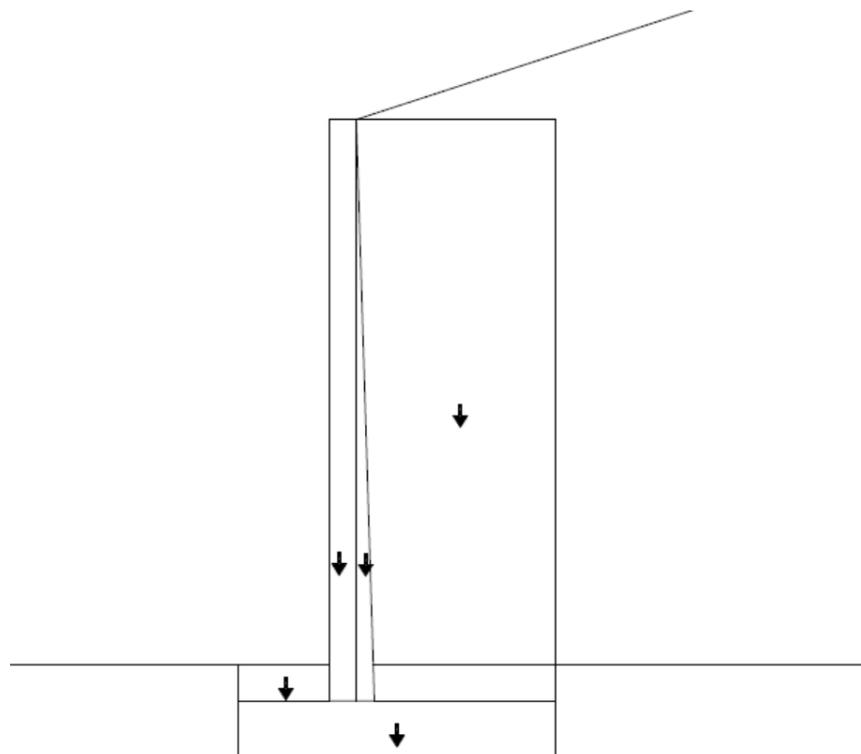
1. Unidades empleadas

Se han empleado KiloNewtons como unidad de fuerza, Metros como unidad de longitud y grados sexagesimales como unidad de medida de ángulos.

2. Acciones

a. Cargas permanentes

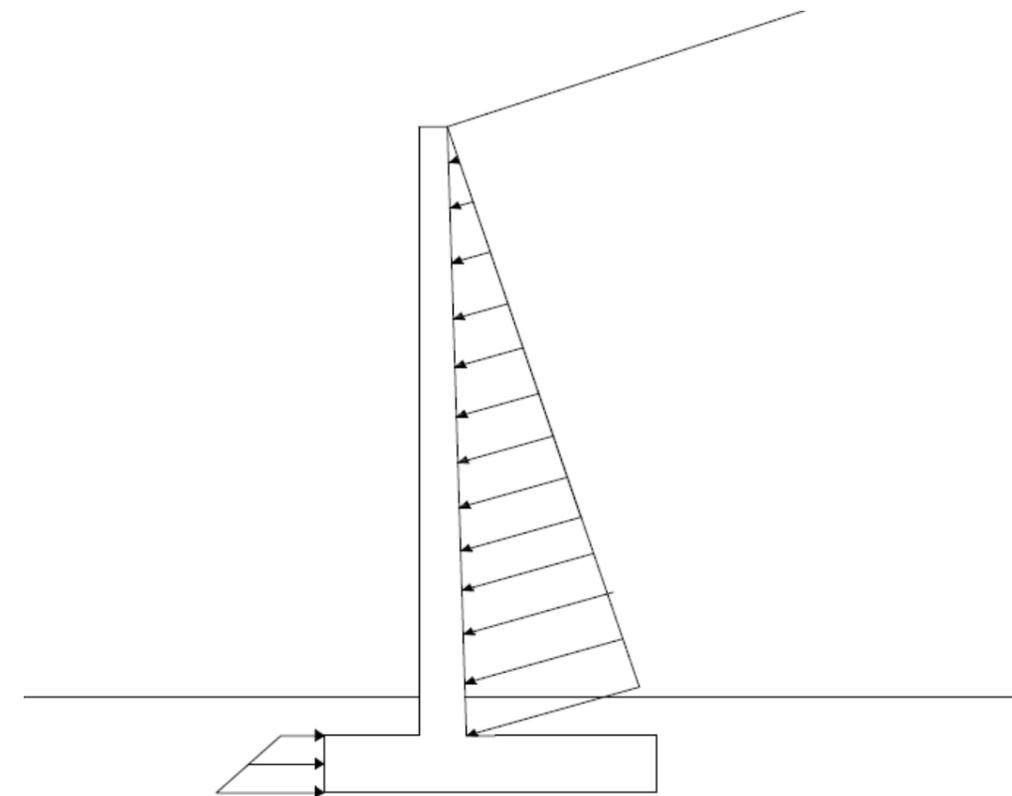
Considerando las dimensiones planteadas de la sección del muro, se calcula la fuerza gravitatoria que ejerce cada material en el sentido de la gravedad, el brazo respecto al punto de vuelco y el momento estabilizador que produce.



	Fz	Brazo	Momento estabilizador
Fuste	864,00	2,30	1.987,20
	288,00	2,73	787,20
Zapata	1.008,00	3,50	3.528,00
Terreno encima del talón	90,00	2,87	258,00
	1.800,00	5,00	9.000,00
Terreno encima del puntal	60,00	1,00	60,00

	Fz	Brazo	M estabilizador	M volcador
RESUMEN	4.110,00	3,80	15.620,40	-

b. Empujes





	Grados
Ángulo rozamiento interno del granel	45
Ángulo que forma granel con la horizontal	18
Ángulo rozamiento terreno-estructura	12
Ángulo que forma muro con la vertical	1,90915283
Coefficiente de empuje activo Ka	0,204762322
Coefficiente de empuje pasivo Kp	0,161115906

	Brazo	M estabilizador	M volcador
Fz	359,13	2,30	826,00
Fx	116,83	14,00	-
Momento	353,19	-	-

3. Estados Límite Últimos

Se procede al cálculo de los siguientes estados límite:

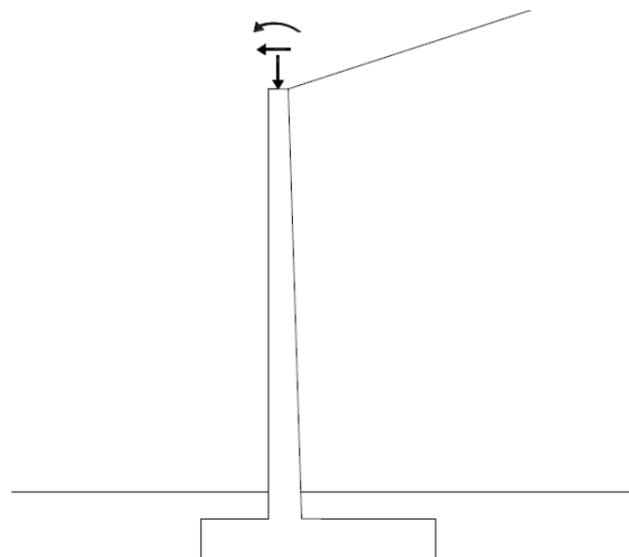
- E.L.U de deslizamiento.
- E.L.U. de hundimiento.
- E.L.U. de vuelco clásico.

Para los cuales se han determinado las acciones a considerar en el apartado anterior y que se resumen en la siguiente tabla:

		Fx	Fz	Brazo	M estabilizador	M volcador
Empuje del granel (empuje activo)	Fx	536,65	132,90	5,08	-	2.727,62
	Fz	-	-	2,87	381,49	-
Empuje del terreno (empuje pasivo)	Fx	- 1,45	- 1,55	0,60	0,62	-
	Fz	-	-	0,40	-	-

c. Cargas que transmite la estructura metálica

Se ha considerado la combinación de carga del cálculo de la estructura metálica que mayores esfuerzos trasmite al muro



	Fz	Fx	M estabilizador	M volcador
2.1. Cargas permanentes	4.110,00	0	15.620,40	0
2.2. Cargas del terreno y granel	132,90	533,65	382,98	2.727,62
2.3. Cargas que transmite la estructura metálica	359,13	116,83	0	353,19

Se procede ahora a calcular las distintas combinaciones para el cálculo de los E.L.U. mediante los coeficientes de ponderación parciales definidos en la EHE-08 y los coeficientes de simultaneidad definidos CTE.

Los coeficientes aplicados a cada carga según la combinación realizada serán:

	Combo 1	Combo 2	Combo 3	Combo 4
2.1. Cargas permanentes	1,35	1,35	1,35	1,35
2.2. Cargas del terreno y granel	1,50	1,05	1,50	0
2.3. Cargas que transmite la estructura metálica	1,05	1,50	0	1,50

Seguidamente se aplican los distintos coeficientes de cada combinación a los valores de las acciones consideradas:

	Fz	Fx	M estabilizador	M volcador
Combo 1	6.124,93	923,14	21.662,01	4.462,29
Combo 2	6.226,74	735,57	21.489,67	3.393,80
Combo 3	5.747,85	800,48	21.662,01	4.091,44
Combo 4	6.087,20	175,24	21.087,54	529,79

4. Cálculo de estabilidad frente a deslizamiento

	F
Combo 1	4,854460058
Combo 2	6,332043106
Combo 3	5,294475784
Combo 4	39,80346234

5. Cálculo de estabilidad frente a vuelco rígido

	F
Combo 1	1,50
Combo 2	1,80
Combo 3	1,53
Combo 4	7,38

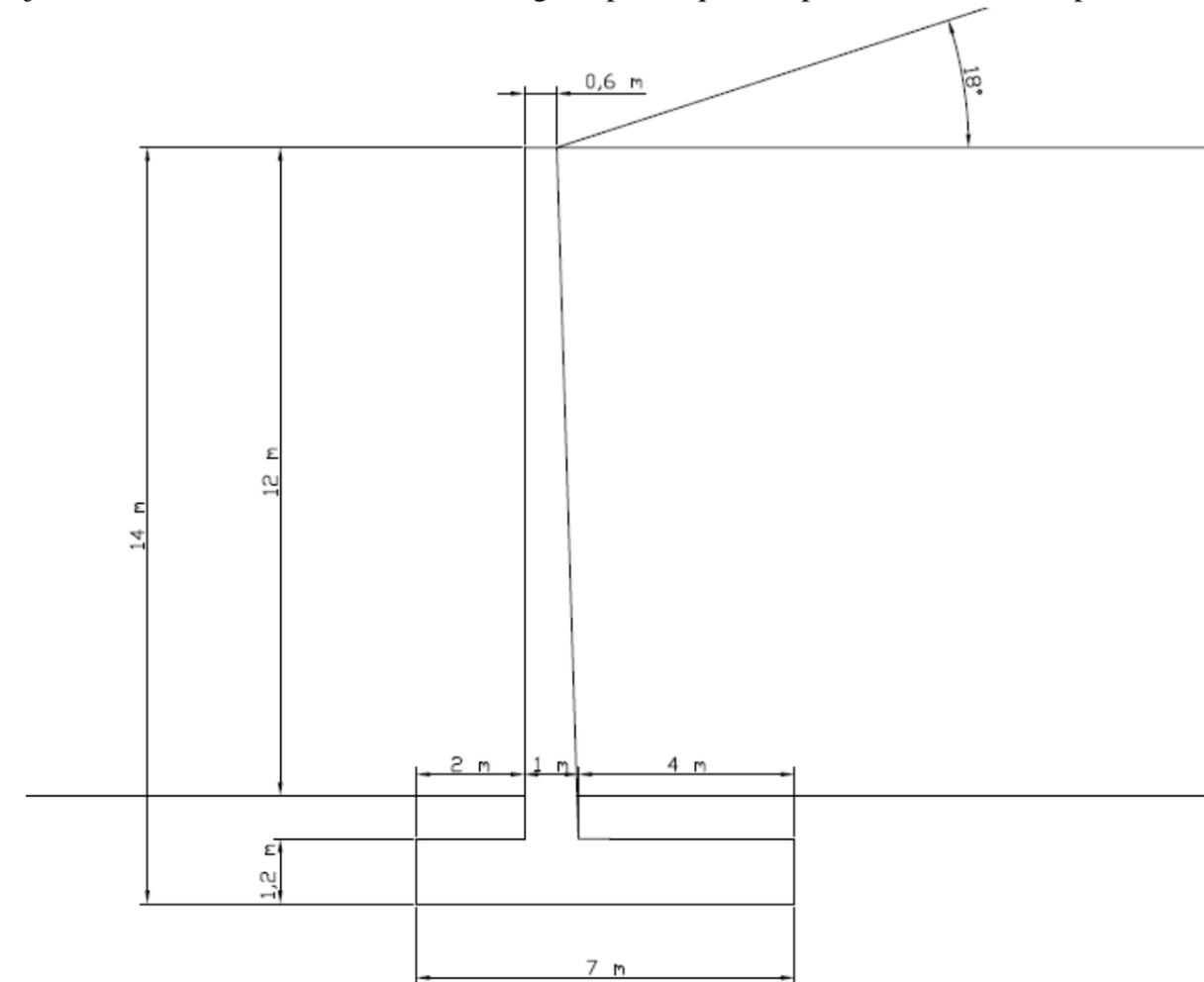
6. Cálculo de estabilidad frente a hundimiento

	Nq	Nc	NY	Sq	Sc	SY	iq	ic	iY	qh	F.S.
Combo 1	134,9	133,9	267,7	1,71	1,72	0,71	0,72	0,72	0,61	6119,71	8,39
Combo 2	134,9	133,9	267,7	1,00	1,72	0,71	0,78	0,78	0,69	6601,29	8,91
Combo 3	134,9	133,9	267,7	3,55	1,72	0,71	0,74	0,74	0,64	6286,91	9,19
Combo 4	134,9	133,9	267,7	1,06	1,72	0,71	0,94	0,94	0,92	8014,60	11,06

7. Conclusión

	FS mínimo	FS
Deslizamiento	2	4,85
Vuelco	1,5	1,5
Hundimiento	3	8,39

Como podemos comprobar, el muelle cumple holgadamente frente al estado límite último de deslizamiento y frente al estado límite último de hundimiento, y cumple de manera justa frente al estado límite de vuelco rígido, por lo que se e por válida la sección planteada.





APÉNDICE II: CALCULOS DE LA SECCIÓN DE MURO PROPUESTA

Índice

1. Unidades empleadas.....	25
2. Datos iniciales.....	25
3. Cálculo de esfuerzos.....	25
4. Cálculo de tensiones.....	25
5. Conclusión.....	25



1. Unidades empleadas

Se utilizarán KiloNewtons como unidad de fuerza y metros como unidad de longitud.

2. Datos iniciales

		Descripción
E	2,1 E+08	Módulo de Young del acero en KN/m ²
e	0,015	Espesor del silo en metros
r	6	Radio de el silo en metros
v	0,3	Coefficiente de Poisson del acero
H	40	Altura del silo en metros
z	0	Altura del punto considerado en metros
ρ	9	Peso específico considerado en KN/ m ³

3. Cálculo de esfuerzos

		Formulas	Unidades
β	4,28	$\beta = \frac{3x(1-v^2)}{r^2 x e^2}$	m ⁻¹
u _r	0,00411	$u_r = \frac{\rho x a^2 x H}{E x e} x \left\{ 1 - \frac{z}{H} - e^{(-\beta x z)} x \left[\cos(\beta x z) + \left(1 + \frac{1}{\beta x H} \right) x \text{sen}(\beta x z) \right] \right\}$	m
N _θ	0	$N_\theta = \frac{E x e x u_r}{a}$	KN / m
M _z	- 9,75	$M_z = \frac{\rho x a x H x e x \beta}{\sqrt{12 x (1-v^2)}} x e^{(-\beta x z)} \left[\text{sen}(\beta x z) - \left(1 - \frac{1}{\beta x H} \right) x \cos(\beta x z) \right]$	KN x m / m
M _θ	- 2,92	$M_\theta = v x M_z$	KN x m / m
Q _z	83,77	$Q_z = \frac{\rho x a x H x e x \beta}{\sqrt{12 x (1-v^2)}} x e^{(-\beta x z)} \left[\left(2 - \frac{1}{\beta x H} \right) x \cos(\beta x z) - \left(\frac{1}{\beta x H} \right) x \text{sen}(\beta x z) \right]$	KN/ m

4. Cálculo de tensiones

		Fórmulas
σ _z	259.932,76	$\sigma_z = \frac{N_z}{h} \pm \frac{6M_z}{h^2}$
σ _θ	- 77.979,83	$\sigma_\theta = \frac{N_\theta}{h} \pm \frac{6M_\theta}{h^2}$

5. Conclusiones

Debido a que las tensiones producidas por el granel son, tal y como se muestra en el apartado 4. del presente apéndice, inferiores a la resistencia del acero utilizado, la cual es 275.000 KN/m², para un espesor de **15 mm**, se considera válido el espesor considerado a efectos de predimensionamiento.



TERMINAL DE PRODUCTOS AGROALIMENTARIOS **EN EL PUERTO EXTERIOR DE A CORUÑA**

ANEJO Nº 10: PAVIMENTACIÓN

Índice

- 1. Introducción.....**
.....
- 2. Usos de las superficies terrestres portuarias**
- 3. Caracterización de las cargas**
 - a. Cargas aplicadas**
 - b. Índices de intensidad**
 - c. Cargas de cálculo según el uso de las superficies portuarias**
 - d. Intensidad de uso según el uso de las superficies portuarias**
 - e. Categorías de tráfico**
- 4. Rellenos y explanadas**
 - 4.1 Rellenos**
 - 4.2 Explanadas**
 - 4.3.1. Categoría de explanada**
- 5. Dimensionamiento del firme**
 - a. Capas inferiores del firme**
 - b. Firme.....**
- 6. Sección tipo**

1. Introducción

En el presente anejo se procede al diseño de las capas de pavimentación para el área donde se proyecta la terminal.

Para el dimensionamiento se utilizará la ROM 4.1-94: *Proyecto y construcción de pavimentos portuarios*, así como las instrucciones 6.1 IC y 6.2 IC cuando así se indique.

2. Usos de las superficies terrestres portuarias

Se procede a la definición de los usos que le corresponden a la superficie portuaria donde se proyecta la terminal para el posterior dimensionamiento del firme.

Según la tabla 2.1. *Usos de las superficies terrestres portuarias* de la ROM 4.1-94: *Proyecto y construcción de pavimentos portuarios* los usos se clasifican en:

USOS	ZONAS	SITUACIONES
COMERCIAL Graneles líquidos Graneles sólidos ordinarios Graneles sólidos pesados Mercancía general convencional Mercancía general pesada Mercancía general unificada • Contenedores • Semirremolques y ro-ro Otros tráficos	OPERACIÓN	Por rodadura
		Por elevación
		Por rodadura y elevación
		Por sistemas continuos
	ALMACENAMIENTO	Depósito
		Circulación de equipos de movilidad no restringida
	VÍAS DE COMUNICACIÓN	Circulación de equipos de movilidad restringida
		Vías de maniobra Viales de acceso
	COMPLEMENTARIAS	Circulación
		Estacionamiento
INDUSTRIAL	Análogo a uso comercial para mercancía general pesada	
MILITAR	Análogo a uso comercial para mercancía general convencional y cargas Ro-Ro	

Diferenciando entre la zona de operación y la zona de almacenamiento para la determinación de los usos:

- Zona de operación: Su uso será comercial y se prevén las situaciones de manipulación por elevación y sistema continuo.
- Zona de almacenamiento: Su uso será comercial, y se prevén las situaciones de almacenamiento y circulación de equipos de movilidad no restringida.

3. Caracterización de las cargas

3.1. Cargas aplicadas

Se procede a la definición del valor de las cargas a considerar para el dimensionamiento de la pavimentación.

- Cargas de estacionamiento y almacenamiento.

Se emplearán las cargas producidas por los graneles sólidos en la zona de operación ya que son mayores que las que producen los graneles líquidos, los cuales se descargan por tubería a presión.

En cuanto a la zona de almacenamiento, se utilizarán las cargas producidas por los graneles líquidos ya que al tener una mayor altura de almacenamiento y mayor peso específico serán más restrictivas.

- Zona de operación: Considerando las recomendaciones de la ROM 4.1-94 se estiman en 0,04 Mpa.
- Zona de almacenamiento: Considerando la altura de los silos y el peso específico medio de los graneles agroalimentarios líquidos se estiman unas cargas de 1,8 MPa..

- Cargas de equipos de manipulación de mercancías.

- Grúas portuarias: consideraremos una carga de 0,1 Mpa.

- Tráfico pesado: consideraremos una carga de 0,9 MPa, tal y como recomienda la ROM 4.1-94.

3.2. Índices de intensidad

Se determinará la intensidad de uso con el objetivo de calcular, junto con las cargas aplicadas, la categoría de tráfico de la superficie portuaria.

- Zona de operación:

Se estima a 25 años la descarga de 2.800.000 T de graneles sólidos por elevación y posterior transporte por sistema continuo, por lo que a efectos de cálculo de la intensidad, se considera el sistema de manipulación más desfavorable, es decir, la descarga por elevación.

Por otro lado la línea de atraque considerada es de 445 m, por lo que considerando estos datos se determina la intensidad de uso de la zona de operación.

$$I_{1,1} = 2000 \text{ T/m}$$

- Zona de almacenamiento:

Considerando tanto las alturas de almacenamiento y los pesos específicos planteados en el anejo nº 4: *Cálculo de la capacidad de la terminal* de la presente memoria, se plantea la intensidad más desfavorable, la cual corresponde al almacenamiento de los graneles agroalimentarios líquidos en los silos verticales, con peso específico medio de 0,9 T/m³ y altura de apilamiento de 20 m.

$$I_{1,2} = 18 \text{ T/m}^2$$

3.3. Cargas de cálculo según el uso de las superficies portuarias

Se procede a clasificar las cargas contempladas en el apartado 3.1. del presente anejo con los criterios de clasificación del apartado 3.3 *Cargas de cálculo según el uso de las superficies portuarias* de la ROM 4.1-94: *Proyecto y construcción de pavimentos portuarios*.

- Zona de operación

- Carga de cálculo de almacenamiento: La ROM 4.1-94 nos recomienda que consideremos una carga de cálculo **ALTA** por razones de operatividad.
- Carga de cálculo de manipulación: Considerando la carga de las grúas portuarias y del tráfico pesado, las cuales suman 1Mpa, se clasifica como **ALTA**.

- Zona de almacenamiento

- Carga de cálculo: según el apartado 3.3.1.3. *Zonas de almacenamiento de mercancía general* de la ROM 4.1-94: *Proyecto y construcción de pavimentos portuarios* se clasifica como **ALTA**.
- Carga de cálculo de manipulación: Considerando las cargas debidas a tráfico pesado, se clasifica como **MEDIA**.

3.4. Intensidad de uso según el uso de las superficies portuarias

Se procede a la clasificación de las intensidades propuestas en el apartado 3.2. del presente anejo de forma análoga a la clasificación de las cargas de cálculo según el uso de las superficies portuarias, utilizando el apartado 3.4. *Intensidad de uso según el uso de las superficies portuarias* de la ROM 4.1-94: *Proyecto y construcción de pavimentos portuarios*.

- Zona de operación: Para un valor de $I_{1,1} = 2000 \text{ T/m}$ se clasifica como **MEDIA**.
- Zona de almacenamiento: Para un valor de $I_{1,2} = 18 \text{ T/m}^2$ se clasifica como **MEDIA**.

3.5. Categorías de tráfico

Se procede a la determinación de la categoría de tráfico según los criterios expuestos en el apartado 3.5. *Categorías de tráfico* de la ROM 4.1-94: *Proyecto y construcción de pavimentos portuarios*.

INTENSIDAD DE USO	CARGA DE CÁLCULO		
	BAJA	MEDIA	ALTA
REDUCIDA	D	C	B
MEDIA	D	B	A
ELEVADA	C	B	A

NOTA:
* Excepto para viales de acceso y zonas complementarias de circulación.

Tráfico muy pesado: **A**
 Tráfico pesado: **B**
 Tráfico medio : **C**
 Tráfico ligero: **D**

Considerando la clasificación expuesta en los apartados 3.3. y 3.4. del presente anejo, las categorías correspondientes a la zona de operación y a la zona de almacenamiento será la siguiente:

- Zona de operación: Categoría de tráfico: **A**
- Zona de almacenamiento: Categoría de tráfico: **A**

Por tanto, queda determinada que la carga de tráfico será de **categoría A**.

4. Rellenos y explanadas

Se procede a determinar el material con el que se realizará tanto el relleno como la explanada, así como la clasificación de estos para el posterior dimensionamiento del firme.

4.1. Relleno

Tal y como se muestra en el *Anejo nº 7: predimensionamiento del muelle*, en la imagen de la sección tipo del muelle, el relleno considerado consiste en un “Todo en uno” de cantera.

4.2. Explanada

La explanada, la cual se define como la superficie de coronación del relleno sobre la que se asienta el firme, estará formada al igual que el relleno por “Todo en uno” de cantera, ya que se exigirá que tenga un alto contenido de finos y materiales rocosos de calidad junto con un tratamiento de consolidación de precarga.

La ROM 4.1-94: *Proyecto y construcción de pavimentos portuarios* en su apartado 4.3.4. *Categorías de explanada* unos criterios de clasificación en función de la calidad de la explanada.

- Rellenos malos no consolidados (MNC). Rellenos hidráulicos con alto contenido de finos (> 35 %) o rellenos antrópicos de vertido directo, no sometidos a ningún tratamiento de consolidación.
- Rellenos malos consolidados (MC). ídem, pero sometidos a alguno de los tratamientos de consolidación.
- Rellenos regulares no consolidados (RNC). Rellenos hidráulicos con contenido de finos entre el 10 y el 35 % o rellenos no convencionales de vertido directo, no sometidos a ningún tratamiento de consolidación.
- Rellenos regulares consolidados (RC). ídem, pero sometidos a alguno de los tratamientos de consolidación.
- Rellenos buenos no consolidados (BNC). Rellenos hidráulicos con bajo contenido de finos (< 10 %) o rellenos de vertido directo con materiales terrestres, no sometidos a ningún tratamiento de consolidación.
- Rellenos buenos consolidados (BC). ídem, pero sometidos a alguno de los tratamientos de consolidación.

Debido a que el “Todo en uno” de cantera propuesto para la explanada consiste en un relleno de vertido directo con materiales terrestre y a que se propone un tratamiento de consolidación, la explanada será **BC**.

4.2.1. Categoría de la explanada

La ROM 4.1-94: Proyecto y construcción de pavimentos portuarios en su apartado 4.3.4. Categorías de explanada Establece una clasificación de las explanadas en función de la categoría del material de la explanada y el tipo de material empleado como relleno.

- Explanada deficiente E0
- Explanada aceptable E1
- Explanada buena E2
- Explanada muy buena E3

TABLA 4.2. CATEGORÍAS DE EXPLANADAS						
CORONACIÓN	(*) MNC	(*) RNC	(*) BNC	MC	RC	BC
Suelos adecuados	E0	E0	E0	E1	E1	E1
Suelos seleccionados	E1	E1	E1	E1	E2	E2
Todo uno de cantera	E1	E1	E1	E2	E2	E3
Suelos seleccionados con CBR > 20	E1	E1	E2	E2	E3	E3
NOTA: (*) En estos casos se construirán firmes provisionales.						

Debido a que nuestro material de relleno consiste en un “Todo en uno” de cantera, y el material de explanada es BC, se determina que la categoría de explanada será **E3**.

5. Dimensionamiento del firme

Para los resultados obtenidos en el apartado 3. Caracterización de las cargas y apartado 4. Rellenos y explanadas del presente anejo, se definirá el material que conformará las capas de firme, así como su espesor.

5.1. Capas inferiores del firme

Tal y como describe la ROM 4.1-94: Proyecto y construcción de pavimentos portuarios en su apartado 6.4.8. Capas inferiores del firme, debido a que nuestra explanada es de categoría E3, no es necesario la colocación de ninguna capa de base o subbase, aunque “Para conseguir una adecuada regularidad superficial puede recurrirse a la extensión de una capa de zahorra artificial de 0,15 m de espesor como mínimo”, por lo que se decide optar por la extensión de una capa de zahorra artificial de las dimensiones citadas.

5.2. Firme

- Zona de operación

La Tabla C.4.a. y C.4.b. de la ROM 4.1-94: Proyecto y construcción de pavimentos portuarios presenta unas dimensiones recomendadas del pavimento en la zona de operación en función de la categoría de tráfico y explanada.

USO COMERCIAL	ZONAS DE OPERACIÓN			TABLA C.4.a
I: PAVIMENTO DE HORMIGÓN VIBRADO HP 40 ⁽¹⁾				
TRÁFICO A 0,32 m	TRÁFICO B 0,29 m	TRÁFICO C 0,26 m	TRÁFICO D 0,23 m	
II: PAVIMENTO DE HORMIGÓN COMPACTADO CON RODILLO				
TRÁFICO A 0,32 m	TRÁFICO B 0,29 m	TRÁFICO C 0,26 m	TRÁFICO D 0,23 m	
III: PAVIMENTO CONTINUO DE HORMIGÓN ARMADO				
TRÁFICO A 0,28 m	TRÁFICO B 0,25 m	TRÁFICO C 0,22 m	TRÁFICO D 0,20 m	
NOTAS: (1) En caso de emplear hormigón HP 35 se aumentará el espesor en 0,03 m.				

USO COMERCIAL		ZONAS DE OPERACIÓN		TABLA C.4.b
IV: PAVIMENTO DE HORMIGÓN ARMADO CON FIBRAS DE ACERO				
TRÁFICO A 0,25 m	TRÁFICO B 0,22 m	TRÁFICO C 0,20 m	TRÁFICO D 0,18 m	
V: ADOQUINES PREFABRICADOS DE HORMIGÓN ⁽¹⁾				
TRÁFICO A ⁽²⁾ 0,12 m	TRÁFICO B ⁽²⁾ 0,10 m	TRÁFICO C 0,10 m	TRÁFICO D 0,08 m	
NOTAS: (1) En todos los casos los adoquines se apoyan en una capa de nivelación de arena de un espesor tras compactación de 0,03 m. (2) La capa de base estará constituida por una capa de alguna de las siguientes unidades de obra: hormigón magro (0,15 m), hormigón H-175 (0,15 m) o suelocemento (0,20 m), incluso en el caso de explanada E3.				

USO COMERCIAL		ALMACENAMIENTO DE MERCANCÍA GENERAL		TABLA C.6.a
I: PAVIMENTO DE HORMIGÓN VIBRADO HP 40 ⁽¹⁾				
TRÁFICO A 0,32 m	TRÁFICO B 0,29 m	TRÁFICO C 0,26 m	TRÁFICO D 0,23 m	
II: PAVIMENTO DE HORMIGÓN COMPACTADO CON RODILLO				
TRÁFICO A 0,32 m	TRÁFICO B 0,29 m	TRÁFICO C 0,26 m	TRÁFICO D 0,23 m	
III: PAVIMENTO CONTINUO DE HORMIGÓN ARMADO				
TRÁFICO A 0,28 m	TRÁFICO B 0,25 m	TRÁFICO C 0,22 m	TRÁFICO D 0,20 m	
NOTAS: (1) En caso de emplear hormigón HP 35 se aumentará el espesor en 0,03 m.				

Según lo calculado en los apartados 3. y 4. del presente este anejo, nuestra explanada es de categoría **E3** y nuestro tráfico es de categoría **A**, por lo que de entre todas las opciones posibles se escogerá un **pavimento de hormigón vibrado HP-40 de 32 cm de espesor**.

- Zona de almacenamiento

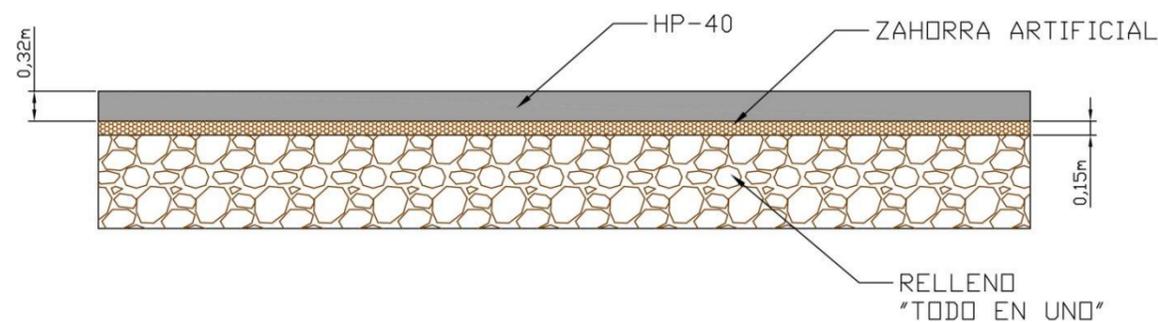
De manera análoga a la zona de operación y debido a que la categoría de tráfico se ha calculado para las cargas que ejercen los graneles agroalimentarios líquidos ya que son las mayores, se dimensionará el firme con la *Tabla C.6.a.* y *Tabla C.6.b.*, correspondientes al almacenamiento de mercancía general.

USO COMERCIAL		ALMACENAMIENTO DE MERCANCÍA GENERAL		TABLA C.6.b
IV: PAVIMENTO DE HORMIGÓN ARMADO CON FIBRAS DE ACERO				
TRÁFICO A 0,25 m	TRÁFICO B 0,22 m	TRÁFICO C 0,20 m	TRÁFICO D 0,18 m	
V: ADOQUINES PREFABRICADOS DE HORMIGÓN ⁽¹⁾				
TRÁFICO A ⁽²⁾ 0,12 m	TRÁFICO B ⁽²⁾ 0,10 m	TRÁFICO C 0,10 m	TRÁFICO D 0,08 m	
VI: MEZCLAS BITUMINOSAS				
TRÁFICO A ⁽³⁾ 0,40 m	TRÁFICO B ⁽³⁾ 0,35 m	TRÁFICO C 0,30 m	TRÁFICO D 0,25 m	
NOTAS: (1) En todos los casos los adoquines se apoyan en una capa de nivelación de arena de un espesor tras compactación de 0,03 m. (2) La capa de base estará constituida por una capa de alguna de las siguientes unidades de obra: hormigón magro (0,15 m), hormigón H-175 (0,15 m) o suelocemento (0,20 m), incluso en el caso de explanada E3. (3) El proyectista considerará la eventual sustitución de los 0,04 m superiores por un pavimento percolado del mismo espesor.				

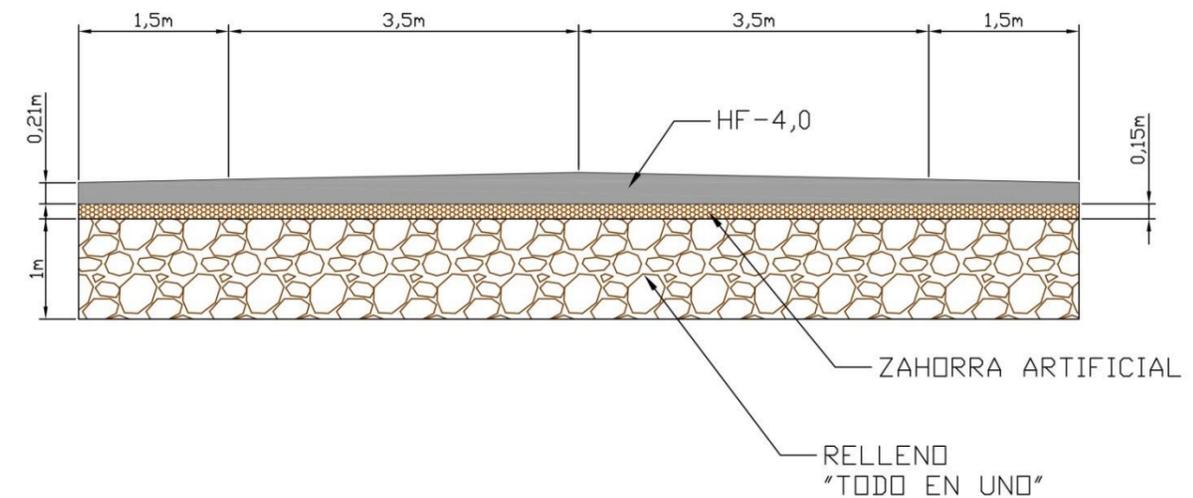
Para los valores calculados en los apartados 3. y 4. del presente anejo, explanada de categoría **E3** y categoría de tráfico **A**, se escoge de entre todas las opciones un **pavimento de hormigón vibrado HP-40 de 32 cm de espesor.**

6. Sección tipo y conclusiones

Tanto el pavimento de la zona de operación como el de la zona de almacenamiento consistirá en una capa de 32 cm de espesor de hormigón vibrado HP-40, por lo que se plantea una única sección tipo para toda la superficie de la terminal planteada excepto los carriles de circulación, los cuales se definirán a continuación.



catálogo de secciones de firme propuesto en la *Norma 6.1. IC*, la cual consiste en una capa de hormigón armado de 4 Mpa de resistencia a flexotracción y 21 cm de espesor.



Con el objetivo de uniformizar toda la explanada donde se construirá la terminal y debido a que la sección de carril que indica la *Norma 6.1. IC secciones de firme* es menos restrictiva que la sección planteada por la ROM para el resto de la terminal, se opta por la construcción del pavimento propuesto por la *ROM 4.1-94: Proyecto y construcción de pavimentos portuarios* en toda la terminal incluidos los carriles de circulación, facilitando de esta manera la pavimentación de toda la explanada.

En cuanto a los carriles de circulación de la terminal, siguiendo la *Norma 6.1. IC secciones de firme*, para una explanada del tipo E3 y un tráfico pesado de categoría T32 ya que consideramos un máximo de 200 vehículos pesados por día en cada carril de circulación, se propone la siguiente sección tipo, la cual consiste en una capa de mínimo 1 m de espesor de relleno “todo en uno de cantera”, una capa de zahorra artificial de 15 cm para dar una adecuada rugosidad para el asentamiento de la capa de hormigón del firme, tal y como recomienda la *ROM 4.1-94: Proyecto y construcción de pavimentos portuarios*, y la capa de firme nº 3234 del

