INFORME

Exportación de derivados de hidrógeno verde - Análisis logístico

Informe final

Cliente: UNIDO – MIEM

Referencia: BJ3271-RHD-RP-X-0006

Versión: S3/P03

Fecha: 15 de octubre 2024

UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION

Ministerio de Industria, Energía y Minería

Ministerio de Transporte y Obras Públicas

ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE PUERTOS
República Oriental del Uruguay

Royal HaskoningDHV
Enhancing Society Together

Port of Rotterdam

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

George Hintzenweg 85
3068 AX Rotterdam
Netherlands
Water & Maritime

+31 88 348 90 00 T
info@rhdhv.com E
royalhaskoningdhv.com W

Título: Exportación de derivados de hidrógeno verde - Análisis logístico

Subtítulo: Informe final
Referencia: BJ3271-RHD-RP-X-0006
Versión: S3/P03
Fecha: 15 de octubre 2024
Nombre del Proyecto: Uruguay H2 site assessment
Número del Proyecto: BJ3271
Autores: RHDHV

Elaborado: RHDHV - PoR

Verificado: RHDHV - PoR

Fecha: 15 de octubre 2024

Aprobado: RHDHV - PoR

Fecha: 15 de octubre 2024

Classification

Project related

Este informe de consultoría fue elaborado por el Puerto de Rotterdam y Royal HaskoningDHV. Las opiniones y recomendaciones expresadas no reflejan necesariamente las posiciones de las instituciones encargantes y/o contraparte, ni obligan al estado uruguayo. Los escenarios de exportación analizados son únicamente hipótesis consideradas para los estudios realizados sin que esto implique compromiso del Estado uruguayo respecto a volúmenes de producción y exportación.

A menos que se acuerde lo contrario con el Cliente, ninguna parte de este documento podrá reproducirse o hacerse pública ni utilizarse para fines distintos de aquellos para los que se elaboró el documento. HaskoningDHV Nederland B.V. no asume responsabilidad alguna por este documento, salvo frente al Cliente.

Atención: este documento contiene datos personales de empleados de HaskoningDHV Nederland B.V. Antes de su publicación o cualquier otra forma de divulgación, este informe debe ser anonimizado, a menos que la anonimización de este documento esté prohibida por la legislación.

Contenido

Resumen ejecutivo 5

1 Introducción 9
1.1 Antecedentes del proyecto 9
1.2 Organización del proyecto 9
1.3 Objetivo del informe 9

2 Producción de derivados del hidrógeno verde 10
2.1 Mercado global del hidrógeno verde 10
2.2 Producción de e-combustibles 12
2.3 Normativa vigente 13
2.3.1 Introducción 13
2.3.2 Unión Europea 13
2.3.3 Transporte marítimo 14
2.3.4 Aviación 14
2.4 Producción de e-combustible en Uruguay 15
2.4.1 Ventajas competitivas Uruguay 15
2.4.2 Regiones de producción estimadas 16

3 Características del proyecto e información general 17
3.1 Productos 17
3.2 Zonas seguras 19
3.3 Buque de diseño 20
3.4 Red de carreteras 21
3.5 Red ferroviaria 22

4 Estrategia de desarrollo marítimo para la exportación de e-combustibles 23
4.1 Escenarios de crecimiento 23
4.2 Consideraciones clave para la exportación marítima 23
4.2.1 Visión general 23
4.2.2 Cadena de suministro terrestre 23
4.2.3 Cadena de suministro marítimo 24
4.2.4 Terminal marítimo de uso común 25
4.2.5 Aprovechamiento de las infraestructuras portuarias existentes 26
4.2.6 Autorización de infraestructuras marítimas 26
4.3 Estrategias logísticas de exportación 27
4.3.1 Visión general de los nodos logísticos y las estrategias 27
4.3.2 Montevideo como centro de exportación 28
4.3.3 Centro de transbordo en la desembocadura del Río Uruguay 30
4.3.4 Combinación Estrategias logísticas supuestas para el cálculo de la capacidad 32

4.4 Capacidades portuarias 33
4.4.1 Método de cálculo 33
4.4.2 Capacidad portuaria de Montevideo 34
4.4.3 Capacidad portuaria del noroeste 35
4.4.4 Capacidad portuaria del suroeste 36

5 Evaluación de los sitios 37
5.1 Enfoque de la evaluación 37
5.2 Bahía de Montevideo 38
5.2.1 Visión general Bahía de Montevideo 38
5.2.2 Refinería ANCAP 39
5.2.3 Planta de Capurro 40
5.2.4 Relleno dársena este 41
5.2.5 Relleno dique de cintura 42
5.2.6 Relleno escollera oeste 43
5.2.7 Punta Sayago 44
5.3 Río de la Plata y Río Uruguay 45
5.3.1 Panorama de los sitios Río de la Plata y Río Uruguay 45
5.3.2 ANCAP-ALUR Paysandú 47
5.3.3 Puerto Público Paysandú 48
5.3.4 Puerto Público de Fray Bentos 49
5.3.5 Puerto Público Nueva Palmira 50
5.3.6 Ampliación del puerto de Nueva Palmira 51
5.4 Evaluación de sitios 52
5.4.1 Evaluación Bahía de Montevideo 52
5.4.2 Evaluación de los sitios Río Uruguay y Río de la Plata 53

6 Plan conceptual de los posibles emplazamientos 54
6.1 Montevideo 54
6.2 Puerto del Noroeste - Paysandú 56
6.3 Puerto del Suroeste - Nueva Palmira 58
6.4 Costos estimados 60

7 Recomendaciones de estudios futuros 61

Apéndice A - Cálculo de la capacidad de la terminal marítima 62

Apéndice B – Estimación de costos 63

Table de tablas

Table 0-1 Tamaño máximo de los buques utilizados para la cadena de suministro marítima. 5
Table 3-1 Características de los productos 17
Table 3-2 Buques de diseño: buques cisterna 21
Table 4-1 Tamaño máximo de los buques utilizados para la cadena de suministro marítima. 24
Table 4-2 Capacidad portuaria Montevideo 34

Table 4-3 Capacidad portuaria Puerto del Noroeste 35
Table 4-4 Capacidad portuaria Puerto del Suroeste 36
Table 5-1 Opciones de emplazamiento de la MCA Bahía de Montevideo 38
Table 5-2 Opciones de emplazamiento de MCA Río Uruguay y Río de la Plata. 46
Table 6-1 CAPEX estimation (order-of-magnitude) 60

Tabla de figuras

Figure 0-1 Esquematización de la logística de exportación 6
Figure 0-2 Posibles emplazamientos de terminales marítimas de exportación en Montevideo 7
Figure 0-3 Disposición potencial de la terminal marítima de exportación en Montevideo 7
Figure 0-4 Trazado potencial de la terminal marítima de exportación en Paysandú 8
Figure 0-5 Posible terminal marítima de exportación en Nueva Palmira 8
Figure 2-1 Crecimiento de la demanda mundial de hidrógeno en mtpa (Deloitte 2023) 10
Figure 2-2 Desglose de la producción mundial de hidrógeno por vector (Deloitte 2023) 10
Figure 2-3 Principales flujos de hidrógeno 2030 (Fuente: iea.org y estudio interno PoR) 11
Figure 2-4 Vías de producción de e-metanol (IRENA 2021) 12
Figure 2-5 ReFeul Requisitos de mezcla de la UE 13
Figure 2-6 Capacidad eólica y solar fotovoltaica (Fuente: McKinsey) 15
Figure 2-7 Supuestas regiones de producción de e-combustibles 16
Figure 3-1 Ejemplo de zonas de seguridad que incluyen el contorno PR 10-4 , 10-7 y 10-8 (a modo ilustrativo) 19
Figure 3-2 Ejemplo de contorno de seguridad específico del emplazamiento (a modo ilustrativo) 20
Figure 3-3 Red de carreteras 21
Figure 3-4 Red ferroviaria 22
Figure 4-1 Nodos logísticos marítimos potenciales 27
Figure 4-2 Esquema logístico utilizando Montevideo como eje central de las exportaciones marítimas 28
Figure 4-3 Futura expansión de la producción, utilizando Montevideo como eje central 29
Figure 4-4 Esquema logístico Montevideo + centro de transbordo en la desembocadura del Río Uruguay 30
Figure 4-5 Futura expansión de la producción, centro de transbordo en la desembocadura del Río Uruguay 31
Figure 4-6 Estrategias logísticas asumidas para el cálculo de la capacidad 32
Figure 5-1 Selección del emplazamiento Bahía de Montevideo 38
Figure 5-2 Refinería ANCAP 39
Figure 5-3 Planta de Capurro 40
Figure 5-4 Relleno dársena este 41
Figure 5-5 Relleno dique de cintura 42
Figure 5-6 Relleno escollera oeste 43
Figure 5-7 Punta Sayago 44
Figure 5-8 Selección de emplazamientos Río de la Plata y Río Uruguay 45
Figure 5-9 Planta de ANCAP y ALUR en Paysandú 47
Figure 5-10 Puerto público en Paysandú 48
Figure 5-11 Puerto Público en Fray Bentos 49
Figure 5-12 Puerto Público en Nueva Palmira 50

Figure 5-13 Zona de ampliación del puerto de Nueva Palmira 51
Figure 6-1 Puerto de Montevideo - emplazamientos potenciales 54
Figure 6-2 Trazado potencial de la terminal marítima de Montevideo 55
Figure 6-3 Ubicación de la terminal ALUR en Paysandú 56
Figure 6-4 Trazado potencial de la Terminal Marítima de Paysandú 57
Figure 6-5 Localización de Nueva Palmira 58
Figure 6-6 Trazado potencial de la terminal marítima de Nueva Palmira 59

Resumen ejecutivo

Ventajas competitivas

Uruguay cuenta con varias ventajas competitivas clave frente a otros países que se dedican a la producción y exportación de hidrógeno verde, como son:

- Estabilidad institucional
- Potencial para desarrollar nueva capacidad de generación de energía renovable
- Red eléctrica actual prácticamente descarbonizada (>95%)
- Disponibilidad de CO_2 biogénico gracias a la industria de la pasta de papel

Se espera que la capacidad de producción de derivados del hidrógeno verde, como metanol, SAF y urea, se desarrolle y crezca en Uruguay en los próximos años, capitalizando la disponibilidad de CO_2 biogénico.

Estrategias logísticas

Los derivados del hidrógeno se producirán en regiones del país con potencial para la producción de energía renovable, disponibilidad de agua dulce y CO_2, y oportunidades logísticas.

Los productos se transportarán desde la planta de producción hasta un puerto para su exportación a mercados internacionales. La solución logística seleccionada para un determinado flujo de exportación dependerá de la ubicación, la disponibilidad de equipos, los niveles de precios, la fiabilidad, etc. Es probable que se elija una combinación de opciones que incluya el uso de ferrocarril, barcazas y distintos tipos de tankers.

Uruguay es accesible por agua, al oeste por el Río Uruguay, al sur por el Río de la Plata, y al Océano Atlántico a través de Montevideo. El tamaño máximo de los buques está limitado por la profundidad del agua, como se indica en la Table 0-1.

Table 0-1 Tamaño máximo de los buques utilizados para la cadena de suministro marítima.

Río / lugar	Profundidad	Tipo de buque	Tamaño máximo del buque
Montevideo	13m (14 m previstos)	Buque cisterna grande	50.000 toneladas
Río de la Plata	10m	Buque cisterna mediano	25.000 toneladas
Río Uruguay	7m	Barcaza Buque cisterna pequeño	2.500 toneladas 7.500 toneladas

Se espera que el corredor ferroviario central se utilice para los productos procedentes de las zonas del centro y noreste del país. Es probable que las instalaciones de producción del oeste del país utilicen el transporte por barcaza o tankers en el Río Uruguay y el Río de la Plata. Es probable que se elija una combinación de opciones que incluya el uso del ferrocarril, la barcaza y distintos tipos de tankers. La cadena de suministro de exportación resultante se esquematiza en la Figure 0-1.

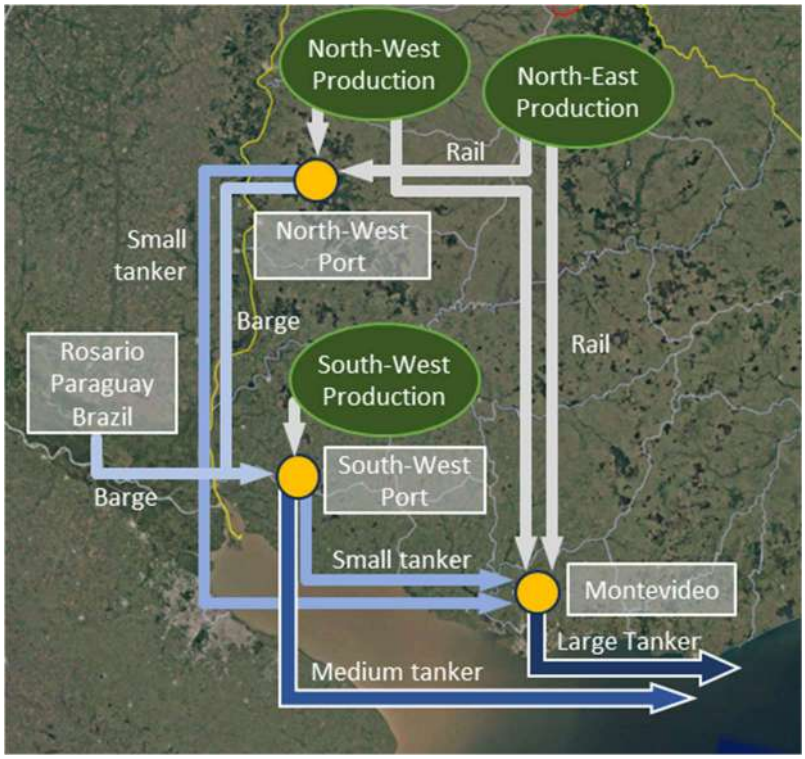

Figure 0-1 Esquematización de la logística de exportación

Capacidad de la terminal

La exportación de derivados del hidrógeno requerirá terminales marítimas en puertos donde se pueda recibir el producto (por ferrocarril, buque o tubería), almacenarlo en tanques y exportarlo utilizando buques cisterna de ultramar. Las consideraciones clave para la ubicación de la terminal marítima son la disponibilidad de espacio, las zonas seguras, las conexiones con el hinterland, la accesibilidad marítima, el impacto medioambiental, la escalabilidad y el costo de desarrollo.

La capacidad necesaria de cada una de las terminales dependerá de los volúmenes totales de producción y de las ubicaciones. Al principio bastará con un muelle y una terminal de 1 ó 2 hectáreas. Cuando los volúmenes crezcan y las operaciones se amplíen, se necesitarán múltiples muelles y mayores áreas.

Al principio, las operaciones de la terminal pueden utilizar la infraestructura existente en la medida de lo posible para reducir las inversiones iniciales y aprovechar otras cargas para compartir las inversiones generales necesarias. Más adelante, cuando los volúmenes crezcan y aumente el transporte marítimo, la terminal puede convertirse en una terminal especializada con capacidad adicional.

Terminales marítimas

Los puertos clave son Montevideo, un puerto al Noroeste a lo largo del Río Uruguay, y un puerto al Suroeste en la desembocadura del Río Uruguay / Río de la Plata.

Existen diferentes opciones para el desarrollo de una terminal marítima en Montevideo. La principal dársena portuaria de Montevideo tiene aguas profundas que permiten el uso de buques cisterna de mayor tamaño. Además, el puerto está bien comunicado por ferrocarril. Sin embargo, el espacio disponible para una terminal es limitado y hay que tener en cuenta la seguridad en las zonas próximas a áreas pobladas.

Las opciones prometedoras para una terminal en Montevideo son el relleno de la dársena este (East basin reclamation), el relleno del dique de cintura (Dique de cintura reclamation), o el sitio donde se encuentra ANCAP / Capurro, como se muestra en la Figure 0-2.

Figure 0-2 Posibles emplazamientos de terminales marítimas de exportación en Montevideo

Una posible disposición de la terminal en “Relleno de la Dársena Este”, con un muelle a lo largo del Digue de Cintura, se muestra en la Figure 0-3.

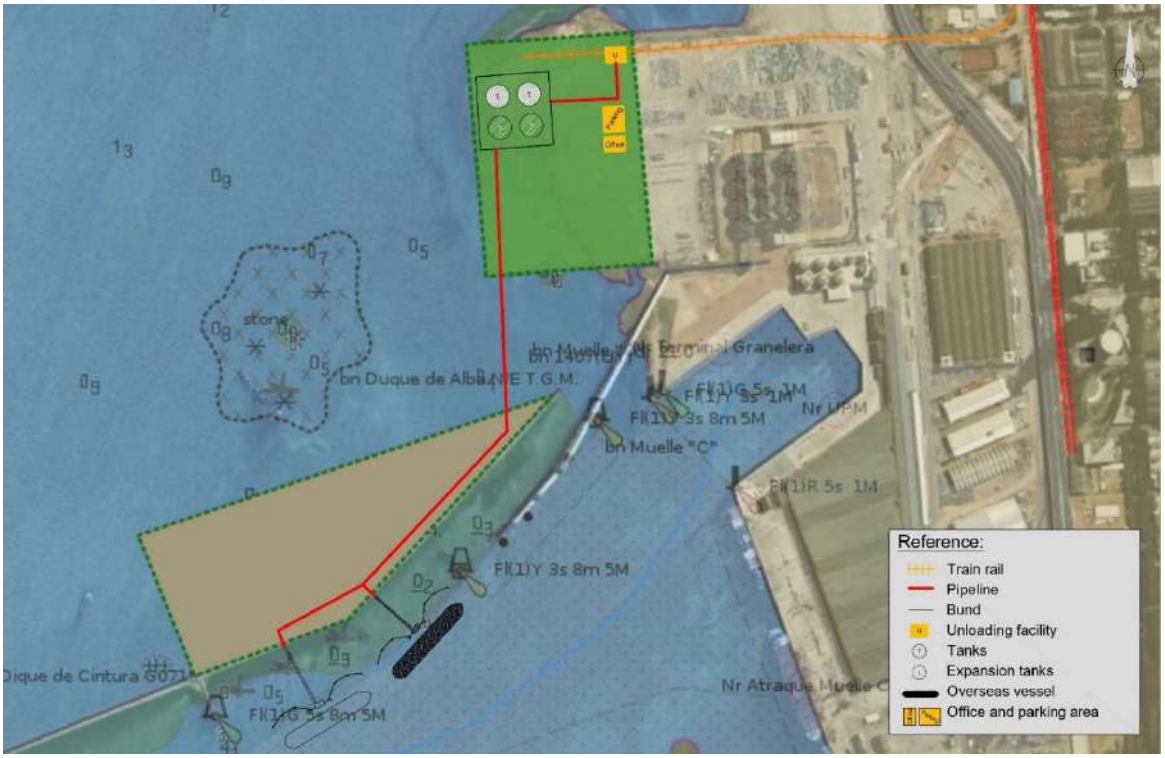

Figure 0-3 Disposición potencial de la terminal marítima de exportación en Montevideo

El puerto del Noroeste se situará probablemente en Paysandú. El emplazamiento de ALUR en Paysandú es muy adecuado para una terminal marítima de barcazas y pequeños buques cisterna gracias a su disponibilidad de espacio y conectividad (ver Figure 0-4).

Figure 0-4 Trazado potencial de la terminal marítima de exportación en Paysandú

Para el puerto del Suroeste, podría ser adecuada la opción del Puerto Publico de Nueva Palmira. Un puerto en este lugar también podría convertirse en un centro de transbordo para el interior de Brasil, Paraguay y Argentina. En la Figure 0-5 se muestra una posible disposición de la terminal de Nueva Palmira.

Figure 0-5 Posible terminal marítima de exportación en Nueva Palmira

1 Introducción

1.1 Antecedentes del proyecto

Uruguay cuenta con ventajas competitivas para el desarrollo de hidrógeno verde y sus derivados. La calidad, abundancia y complementariedad de los recursos eólicos y solares permitirían alcanzar costos competitivos para la producción de hidrógeno verde a escala. Para 2030, según los estudios desarrollados, los costos de producción en Uruguay podrían alcanzar 1,2-1,4 USD/kg con una capacidad total de más de 90 GW de potencia basada en energías renovables en los sitios de mayor potencial.

A su vez, el país cuenta con centrales hidroeléctricas, infraestructura de red de transmisión de energía, fácil acceso a la biomasa y alta disponibilidad de agua dulce que permitirían la producción de combustibles sintéticos de bajo costo y otros productos relacionados con el hidrógeno verde. Uruguay tiene puertos con acceso al océano Atlántico. Además, el país tiene la intención de seguir desarrollando importantes infraestructuras y capacidades logísticas internas. Basándose en el potencial de sus recursos, la producción de hidrógeno podría rondar 1 Mt H2/año en 2040 o incluso antes. Se necesitaría una terminal de exportación para exportar tal volumen; esta terminal de exportación es el tema principal de este proyecto.

Este estudio se centra en las instalaciones marítimas necesarias para la exportación de derivados del hidrógeno verde, como el e-metanol, los combustibles sintéticos y la urea, mientras que la exportación de hidrógeno puro, o en forma de amoníaco, no se considera en este estudio. El estudio considera varios emplazamientos potenciales en la zona de la Bahía de Montevideo y a lo largo del Río de la Plata y del Río Uruguay. Los emplazamientos a lo largo de la costa atlántica no se consideran en este estudio.

El proyecto se centra en la identificación de una larga lista de opciones para una terminal de exportación de productos derivados del hidrógeno verde, tanto en la zona de la bahía de Montevideo como en la costa del Río de la Plata y el Río Uruguay. Basándose en una evaluación/comparación cualitativa general, así como en las inspecciones y entrevistas realizadas durante la visita al lugar. La larga lista se ha reducido a una preselección de emplazamientos preferidos y potencialmente atractivos. Para cada uno de los emplazamientos preseleccionados se elaboró una descripción general con sus principales características y recomendaciones.

1.2 Organización del proyecto

El Puerto de Rotterdam y Royal HaskoningDHV recibieron el encargo de realizar un análisis de la logística en el puerto de Montevideo y otros puertos alternativos para la exportación de derivados de hidrógeno verde. El estudio se completó en el período comprendido entre febrero y mayo de 2024.

El estudio está financiado por la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) y patrocinado por el Ministerio de Industria, Energía y Minería de Uruguay (MIEM), el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP) y la Autoridad Nacional Portuaria (ANP).

1.3 Objetivo del informe

El estudio incluye los siguientes hitos principales:

- Entrega 1 - Informe inicial (Feb-2024)
- Visitas al lugar y entrevistas con las partes interesadas (mar-2024)
- Entrega 2 - Evaluación de los sitios (Abr-2024)
- Entrega 3 - Planes de desarrollo de los sitios (Abr-2024)
- Entrega 4 - Análisis logístico (este informe)

Este informe de análisis logístico es el informe final que combina los resultados de todas las etapas en un documento completo.

2 Producción de derivados del hidrógeno verde

2.1 Mercado global del hidrógeno verde

En el camino hacia el cumplimiento de los objetivos del Acuerdo de París, el papel del hidrógeno crecerá en múltiples sectores. La mayor parte de la demanda futura de hidrógeno procederá de los sectores de la energía, la industria y el transporte. Se espera que la demanda mundial total crezca hasta 300 millones de toneladas anuales (mtpa) si se sigue la trayectoria actual o hasta 660 mtpa para alcanzar todos los compromisos mundiales (McKinsey 2023, Deloitte 2023). El crecimiento y la distribución por sectores se presentan en Figura 2-1. En la industria, el hidrógeno es una materia prima vital para producir acero ecológico y fertilizantes ecológicos, y puede utilizarse para reducir la huella de carbono de los combustibles fósiles convencionales sustituyendo al hidrógeno gris en las refinerías. En el transporte, el hidrógeno o sus derivados pueden utilizarse cuando la electrificación no es una opción. Es poco probable que los vuelos de media y larga distancia puedan pasar al modo eléctrico, y la producción de combustibles sintéticos con hidrógeno es una forma de descarbonizar estos vuelos.

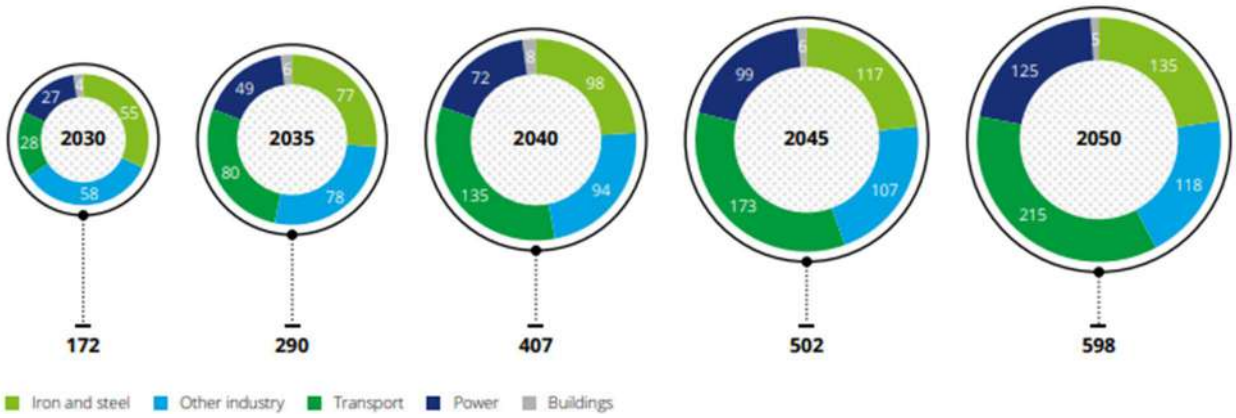

Figure 2-1 Crecimiento de la demanda mundial de hidrógeno en mtpa (Deloitte 2023)

En el sector del transporte marítimo se espera que el amoníaco sea el combustible preferido debido a su escalabilidad y costos en el futuro a largo plazo, pero el metanol representa actualmente una mayor parte de la lista de pedidos de nuevos buques. En el sector energético, el hidrógeno puede utilizarse como medio de almacenamiento de energía renovable, para descarbonizar lugares sin acceso a energías renovables o para suministrar energía renovable cuando no hay viento ni sol para abastecer toda la demanda.

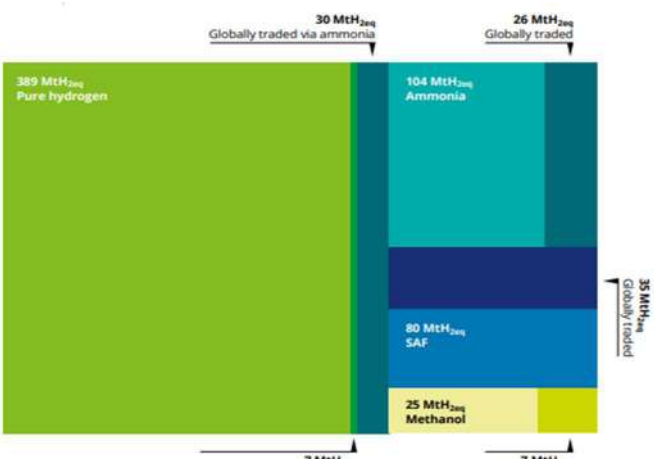

Figure 2-2 Desglose de la producción mundial de hidrógeno por vector (Deloitte 2023)

No todos los usuarios finales utilizarán hidrógeno. Una parte importante de todo el hidrógeno se utiliza para producir derivados más fáciles de manipular o materias primas necesarias para la industria. La Figura 2-2 muestra que, del total de 600 Mton en 2050, se producirán 130 Mton H2eq de amoníaco, 32 Mton H2eq de metanol y 115 Mton H2eq de SAF.

Para Uruguay, resultan especialmente interesantes los mercados del SAF (combustible de aviación sostenible) y del metanol. La producción tanto de SAF como de metanol (y otros e-combustibles como el e-diesel) requiere hidrógeno verde, así como carbono. Uruguay tiene abundante suministro de CO_2 biogénico, que se produce como subproducto de las fábricas de celulosa. En 2050, se comercializarán en todo el mundo 38 millones de toneladas de metanol y 59 millones de toneladas de SAF, lo que sugiere que Uruguay tiene un mercado potencial importante al que abastecer. Además del SAF, otros e-combustibles (que pueden derivarse del e-metanol) representarán un mercado importante.

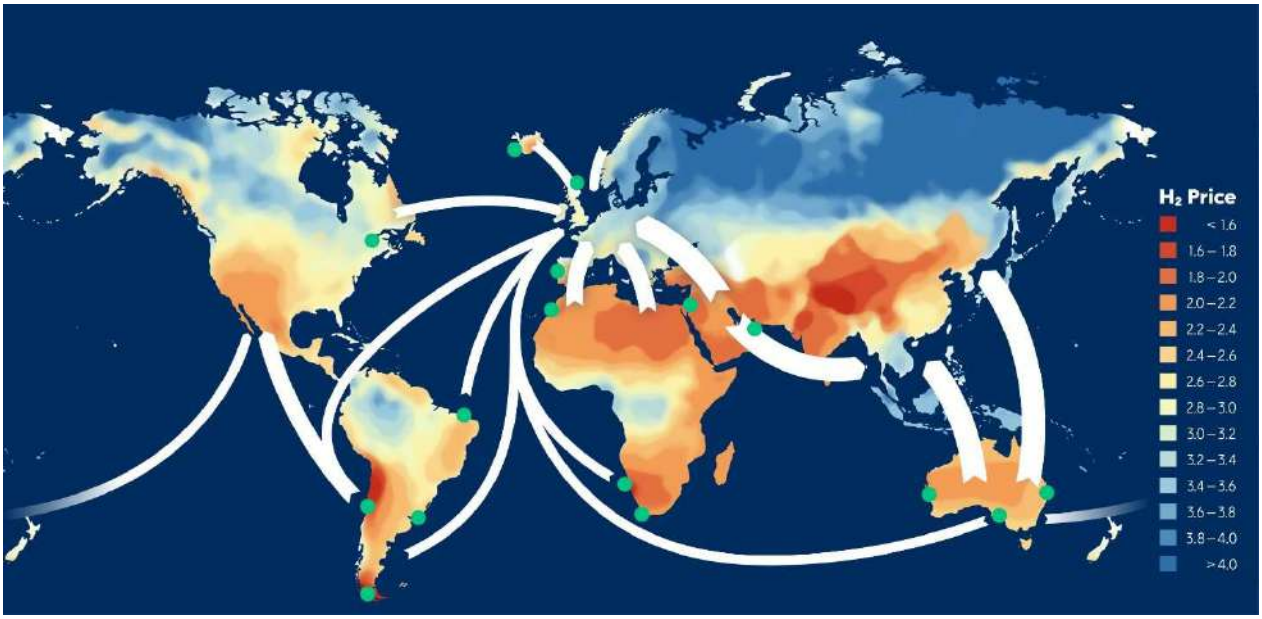

Figure 2-3 Principales flujos de hidrógeno 2030 (Fuente: iea.org y estudio interno PoR)

En julio de 2023, Uruguay y la UE firmaron un Memorando de Entendimiento con el objetivo de cooperar más estrechamente en el campo del hidrógeno renovable y sus derivados. En Figure 2-3 se muestran los principales flujos de hidrógeno para 2050. La UE y posiblemente la India son los mercados más interesantes para Uruguay. Aunque la UE no tiene la mayor demanda como región, sí carece de las condiciones necesarias para auto sustentarse.

La UE es también una de las primeras jurisdicciones en desarrollar una legislación que sí ofrece perspectivas sobre el crecimiento temprano de la demanda a partir de 2030. Los efectos de la legislación, tanto de la UE como de las instituciones mundiales, se analizan en la Sección 2.3. Uruguay también ha firmado MdEs específicos de gobierno a gobierno con países especializados que podrían desempeñar un papel importante en esta cadena de suministro, como los Países Bajos. El puerto de Rotterdam puede servir de centro de importación de estos derivados hacia el noroeste de Europa.

2.2 Producción de e-combustibles

Como se mencionó en la sección anterior, Uruguay está bien posicionado para producir diferentes tipos de e-combustibles. En esta sección, se presenta una breve descripción de diferentes vías de producción de e-combustibles.

La característica común de los e-combustibles enumerados es que se requiere hidrógeno verde para que el combustible se clasifique como renovable. La clasificación y el uso del término "verde" difieren según la jurisdicción. Aquí se utiliza la definición de la UE de combustibles renovables de origen no biológico (RFNBO).

Para que el hidrógeno verde se clasifique como RFNBO debe tener una intensidad de carbono de 3,4 kg CO2/kg H2 o inferior. Esto significa que el hidrógeno debe producirse con electricidad que tenga una intensidad de carbono de 68 g CO2/kWh o inferior, suponiendo 50 kWh/kg de hidrógeno.

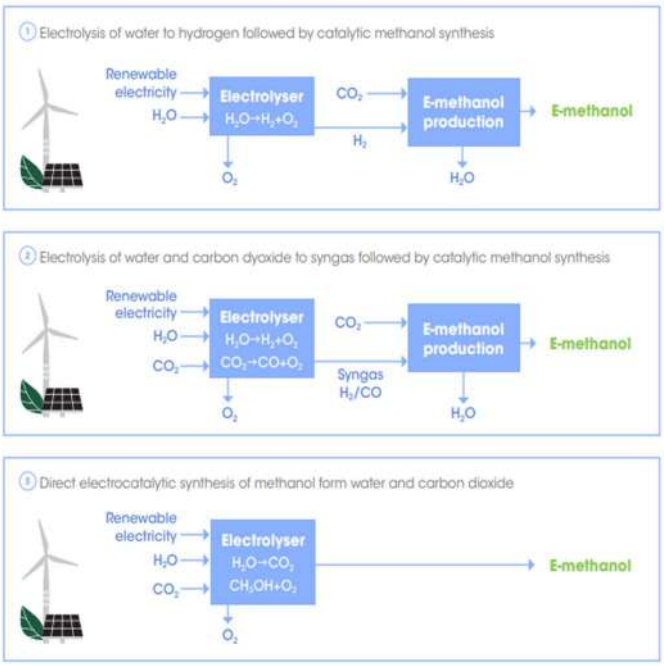

Figure 2-4 Vías de producción de e-metanol (IRENA 2021)

En el último año, la intensidad de carbono de la red de Uruguay estuvo por debajo de este umbral durante 8 de los 12 meses (Mapas de electricidad 2024), con una intensidad media de carbono de la red de 78 g CO2/kWh. Esto significa que la producción de hidrógeno con electricidad de la red es posible, si se toman las medidas adecuadas para garantizar una intensidad de carbono por debajo del umbral. Entre las posibles medidas figuran el almacenamiento de energía, la generación adicional de energía renovable o la desconexión cuando se supere el umbral de intensidad de carbono.

Existen dos categorías distintas de metanol renovable: el bioetanol y el e-etanol. Las fábricas de celulosa tienen el bioetanol como subproducto, pero éste suele utilizarse en el proceso de producción. Este informe se centra principalmente en el e-metanol.

El e-metanol se produce combinando hidrógeno verde y carbono verde. Existen tres vías para producir e-metanol, enumeradas en la Figure 2-4. La vía de producción más madura y sencilla es la reacción directa de CO_2 y H_2. Por cada tonelada de metanol, se necesitan 0,19 toneladas de hidrógeno y 1,38 toneladas de CO_2. Las otras vías de producción tienen teóricamente una mayor eficiencia de conversión, pero aún no se ha demostrado su viabilidad a gran escala.

Para el SAF, también existen dos vías de producción distintas, la biogénica y la sintética. La diferencia radica en que, para la vía de producción biogénica más importante, el HEFA, se necesitan grandes cantidades de hidrógeno verde. La producción de SAF a través del proceso de ésteres y ácidos grasos hidrotratados (HEFA) no es adecuada debido a la falta de disponibilidad y al abastecimiento descentralizado de la materia prima más importante: el aceite de cocina.

La vía alcohol-to-jet SAF está cobrando impulso, y varias empresas han anunciado una capacidad de producción significativa. También existen otras opciones de materias primas biológicas, pero para clasificarlas como sostenibles estas fuentes no deben competir con la producción de alimentos ni dañar el medio ambiente.

En teoría, la vía synthetic power-to-liquid dispone de un suministro ilimitado, ya que los únicos recursos necesarios para la producción son la electricidad, el agua y el carbono. El CO2 se utiliza para producir CO, que puede combinarse con hidrógeno mediante el proceso Fischer-Tropsch para formar hidrocarburos complejos. Este proceso puede considerarse el inverso de la combustión convencional.

Este proceso no sólo se utiliza para los SAF, sino también para producir otros hidrocarburos sintéticos como el e-metano o el e-diesel. La mayor ventaja de los SAF es que pueden utilizarse como carburantes "drop in", que requieren poca adaptación del motor.

2.3 Normativa vigente

2.3.1 Introducción

La demanda de e-combustibles está impulsada por la legislación y la normativa establecidas por los gobiernos y las instituciones internacionales, debido a la diferencia de precio entre los combustibles convencionales y los e-combustibles. Múltiples instituciones y países están aplicando normas para avanzar hacia una sociedad con un balance neto de emisiones igual a cero. A continuación, se analiza la legislación pertinente de la UE y la OMI.

2.3.2 Unión Europea

La legislación puede dividirse en dos líneas. La regulación del mercado, que desarrolla un mercado a pesar de una coyuntura desfavorable, y la clasificación, que garantiza que las definiciones estén alineadas.

La UE está construyendo activamente el mercado de los e-combustibles centrando la legislación en el desarrollo de la demanda y la oferta. ReFeul EU impone la adopción de SAF de origen biológico y sintético mediante la aplicación de una obligación gradual de porcentaje de mezcla de SAF. El enfoque gradual se ilustra en la figura 25. Figure 2-5.

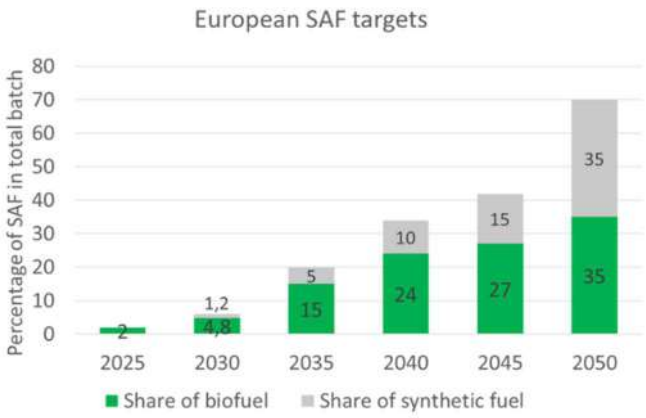

Figure 2-5 ReFeul Requisitos de mezcla de la UE

A través de la FeulEU Maritime (FEUM), el sector del transporte marítimo debe reducir la intensidad ponderada de carbono de su demanda energética. Empezando por una reducción del 2% para 2025 y trabajando hacia una reducción del 80% para 2050. La severidad de las sanciones por incumplimiento es un claro incentivo para que los operadores de buques realicen la transición hacia combustibles alternativos. Esto se ve reforzado por la inclusión del sector del transporte marítimo en el EU ETS, que penaliza aún más las emisiones de gases de efecto invernadero.

El desarrollo de las infraestructuras necesarias para la transición de los combustibles en el transporte por carretera, marítimo y aéreo está respaldado por el Reglamento sobre Infraestructuras de Combustibles Alternativos (AFIR). Los hubs de transporte deben desarrollar las infraestructuras necesarias para facilitar la transición de combustible.

La UE cuenta con una legislación de clasificación de combustibles alternativos para aumentar la transparencia en la industria y garantizar la igualdad de condiciones entre los distintos países. La UE clasifica los combustibles como Combustibles de Carbono Reciclado (RCFs) o Combustibles Renovables de Origen No Biológico (RFNBOs) cuando su huella es inferior al umbral de reducción del 70% respecto a

la huella de referencia de los combustibles fósiles de 95 gCO2e/MJ (Reglamento 2023/1185 de la UE, complementario de RED). Esto significa que el metanol puede tener una huella de 0,56 kg CO2/kg. Si el e-metanol supera este umbral, las emisiones de combustión serán iguales a las del metanol fósil según la legislación FEUM, no contando para los objetivos de mitigación.

Según el Reglamento 2023/1185 de la UE, el dióxido de carbono procedente de la captura y almacenamiento de carbono en la industria se clasifica como "emisiones evitadas" hasta 2041, si el CO2 utilizado se contabiliza en el marco del ETS o de un sistema similar de fijación de precios. El CO2 procedente del sector energético se clasifica como "emisiones evitadas" hasta 2036. Por lo tanto, la producción de metanol verde con carbono procedente de la industria puede utilizarse hasta 2040 para el mercado de la UE, si las industrias están cubiertas por un mecanismo de fijación de precios del CO2. Uruguay tiene el precio del carbono más alto del mundo, en forma de un impuesto sobre el carbono de 156 USD/tCO2 (Banco Mundial 2023).

Aún no está claro si la combustión de RFNBO y RCF requerirá la entrega de derechos de emisión. Esto se decidirá a lo largo de 2024 (FAQ Maritime Transport in EU Emissions Trading System). Actualmente, la combustión de biomasa sostenible está exenta del ETS. Si los RFNBO y los RCF reciben el mismo trato, se creará un fuerte incentivo para cambiar a estos combustibles, pero si las emisiones caen dentro del ETS, habrá pocas razones para cambiar a estos combustibles más caros.

2.3.3 Transporte marítimo

La Organización Marítima Internacional (IMO) es el organismo regulador del transporte marítimo de las Naciones Unidas. En 2023, la IMO aprobó por unanimidad el objetivo de un sector marítimo con emisiones netas cero para 2050 o en torno a esa fecha. En la actualidad, la OMI está elaborando una legislación para apoyar esta ambición. Es probable que esta legislación tenga una estructura similar a la FEUM.

El Comité de Protección del Medio Marino (MEPC) de la IMO está trabajando en el sistema de clasificación de combustibles alternativos. Este sistema de clasificación será la base para decidir si los buques cumplen los objetivos de la IMO. Durante el próximo MEPC 82, del 30 de septiembre al 4 de octubre de 2024, un Grupo de Trabajo Intersesional presentará sus conclusiones sobre la evaluación del impacto de los GEI.

2.3.4 Aviación

La Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (ASTM) aprobó el uso de SAF hasta una mezcla del 50% en la aviación en 2011. La mezcla real que pueden utilizar los aviones es probablemente mucho mayor, pero debido a las estrictas normas de seguridad este límite sigue vigente. La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) está estableciendo varios objetivos y planes para demostrar su compromiso con los esfuerzos mundiales de descarbonización de la industria de la aviación para 2050. La legislación vigente obliga a las aerolíneas cuyas emisiones superen un determinado umbral a reducirlas y compensarlas.

El SAF se considera el principal instrumento para impulsar la reducción de las emisiones del sector. Durante la tercera Conferencia sobre Aviación y Combustibles Alternativos (CAAF/3), se formuló la visión de una reducción del 5% de las emisiones para 2030. La OACI está trabajando en la cobertura mundial de las metodologías de contabilidad de las SAF para aumentar la transparencia, asegurar la igualdad de condiciones y garantizar la integridad medioambiental de los esfuerzos de reducción de emisiones.

2.4 Producción de e-combustible en Uruguay

2.4.1 Ventajas competitivas Uruguay

Uruguay tiene algunas ventajas competitivas clave en comparación con otros países que se dedican a la producción y exportación de hidrógeno.

- Estabilidad institucional
- Potencial para desarrollar nueva capacidad de generación de energía renovable
- Red eléctrica actual prácticamente descarbonizada (>95%)
- Disponibilidad de CO_2 biogénico gracias a la industria de la pasta de papel

La energía renovable para la producción de hidrógeno y e-combustibles puede generarse onshore or offshore en el Río de la Plata, como se muestra en la figura 2-6. Se estima que la capacidad potencial de energía renovable en Uruguay es la siguiente:

- Onshore wind 30 GW
- Solar 60 GW
- Offshore wind 275 GW

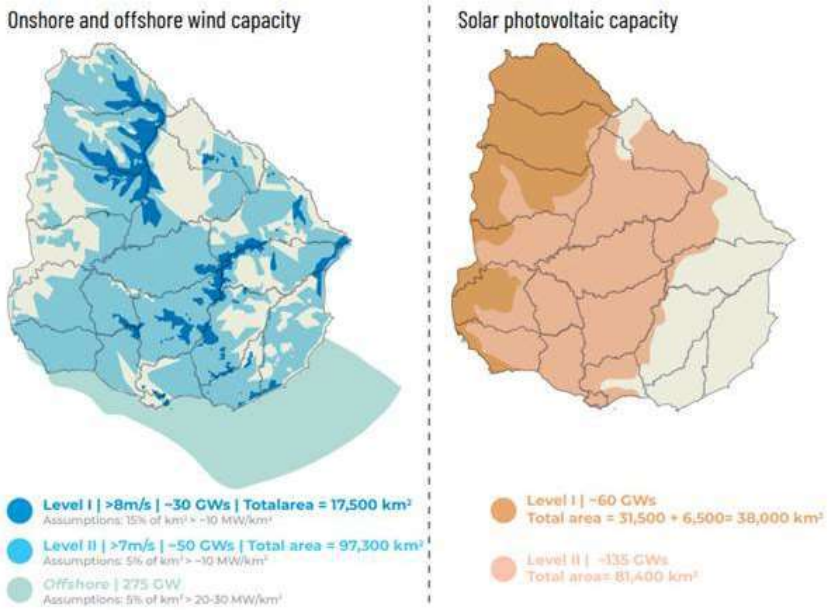

Figure 2-6 Capacidad eólica y solar fotovoltaica (Fuente: McKinsey)

El CO_2 biogénico puede capturarse en las tres grandes fábricas de celulosa de Paso de los Toros, en el noreste del país (UPM), Fray Bentos (UPM), en el oeste, y Montes del Plata, en el suroeste.

En base a la disponibilidad de CO_2 biogénico, la producción de e-combustibles en Uruguay tiene el potencial de alcanzar un estimado de 7 mtpa. En el futuro podrían crearse nuevas industrias que generen más CO_2 biogénico.

2.4.2 Regiones de producción estimadas

En este estudio se parte de la base de que habrá tres regiones principales de producción, a saber, nordeste, noroeste y sudoeste, como se muestra en la Figure 2-7 Cada zona tendrá diferentes preferencias y soluciones logísticas para la exportación de productos, que se analizan en este informe.

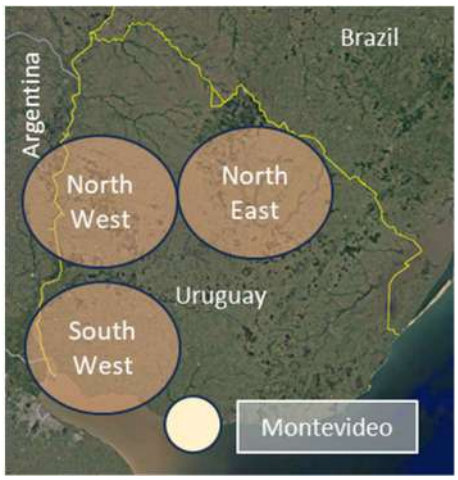

Figure 2-7 Supuestas regiones de producción de e-combustibles

3 Características del proyecto e información general

3.1 Productos

Se consideran cuatro escenarios posibles para las exportaciones de e-metanol y e-keroseno en 2040:

- Escenario A: 1 millón de toneladas de producto al año (Mtpa)
- Escenario B: 3 millones de toneladas de producto al año (Mtpa)
- Escenario C: 5 millones de toneladas de producto al año (Mtpa)
- Escenario D: 10 millones de toneladas de producto al año (Mtpa)

Además de la exportación de e-metanol y e-keroseno, también puede ser necesario exportar urea. El volumen potencial de exportación de urea para los distintos escenarios no puede confirmarse en este momento.

La exportación de amoníaco no se contempla en este proyecto.

A continuación, se enumeran algunas características de los productos e-metanol, e-keroseno (SAF) y urea.

Table 3-1 Características de los productos

Principales características	e-metanol	e-keroseno (SAF)	urea
Formulario	líquido a temperatura ambiente	líquido a temperatura ambiente	Gránulos de 1-4 mm
Densidad energética	20 MJ/kg	43MJ/kg	-
Flashpoint	9.7°C	29-70°C	-
Densidad [kg/m3] a 20°C	790	790-840	Densidad relativa: 1,33 (1330)
Ángulo de caída	-	-	28°-45°
Clase	Código IMDG clase 3 sustancia, líquido inflamable SGA02: Inflamable SGA08: Riesgo grave para la salud SGA06: Toxicidad aguda	Código IMDG sustancia de clase 3, líquido inflamable SGA02: Inflamable SGA07: Peligro para la salud SGA09: Peligroso para el medio ambiente	Grupo de carga IMSBC: C (cargas que no pueden licuarse ni presentan riesgos químicos) ECHA/GHS: Sin riesgos
Peligro para la salud	Tóxico por ingestión, es tóxico en contacto con la piel, es tóxico por inhalación, provoca	Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias, puede	Sin riesgos

Principales características	e-metanol	e-keroseno (SAF)	urea
	daños en los órganos y es un líquido y vapor altamente inflamable.	causar cáncer, es un líquido y vapor inflamable, provoca irritación cutánea y puede causar somnolencia o vértigo.	
Riesgo medioambiental portuario	No es peligroso para el medio acuático.	Tóxico para la vida acuática con efectos duraderos.	Sin riesgos
Peligro de transporte y almacenamiento	Líquido y vapores tóxicos, altamente inflamables	Líquido y vapores tóxicos, altamente inflamables	Corrosivo cuando está húmedo
Peligro de incendio	Altamente inflamable, apto para ATEX	Atmósferas altamente inflamables y explosivas	No combustible
Almacenamiento portuario típico	depósitos cilíndricos	depósitos cilíndricos	silos (si están expuestos pueden requerir aislamiento para productos sensibles al calor, no requieren ventilación)
Principales métodos de manipulación	tubería	tubería	transportadores, elevadores de cangilones, camiones
Típico apilamiento de existencias	-	-	transportador aéreo apilador o camión volquete
Recuperación típica de un corral	bomba	bomba	FEL a tolva y transportador, neumático, gravedad (silos)
Métodos típicos de carga de buques	tubería	tubería	granel directo con tolva de carga

3.2 Zonas seguras

El contorno de riesgo específico del lugar (RP) indica la probabilidad de que se produzca un accidente mortal en un lugar determinado en un periodo de un año como consecuencia directa de un incidente con sustancias peligrosas si una persona estuviera presente las 24 horas del día y sin protección en ese lugar. Hay dos contornos de riesgo que son importantes:

- El contorno 10^{-6} es el contorno RP en el que la probabilidad de muerte es del 0,0001% anual. Los *objetos vulnerables* no deben situarse o introducirse dentro de este contorno, y los *objetos con vulnerabilidad limitada* preferiblemente no deben situarse dentro de este contorno.
  - Los *objetos vulnerables* son, por ejemplo, casas, hospitales, escuelas, campings y grandes centros comerciales.
  - Los *objetos de vulnerabilidad limitada* son, por ejemplo, pequeños edificios de oficinas, tiendas, instalaciones deportivas y restaurantes.
- El contorno 10^{-5} es el contorno RP en el que la probabilidad de muerte es del 0,001% anual. Dentro de este contorno se permite la presencia de determinadas personas si se les informa de los riesgos, las medidas paliativas y las vías de evacuación; los edificios pueden situarse aquí si la ventilación puede desactivarse rápidamente; se permite la presencia de personas que no estarán en esa zona durante 24 horas completas.

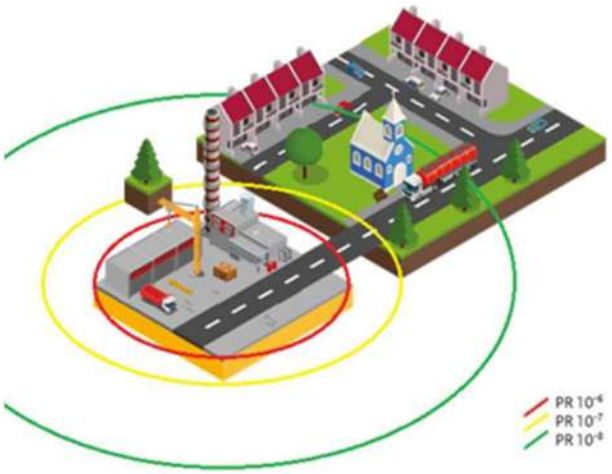

Figure 3-1 Ejemplo de zonas de seguridad que incluyen el contorno PR 10-4 , 10-7 y 10-8 (a modo ilustrativo)

Todos los escenarios consideran los riesgos de la producción de H_2 en un electrolizador. Dependiendo del diseño de las tuberías de producto y de las propiedades del proceso, debe considerarse una distancia de varias decenas a 100 metros desde la tubería hasta el contorno PR $1x10^{-6}$. Esto también se aplica al almacenamiento.

El cálculo siguiente se basa en el escenario medio B de 3 Mtpa, valores típicos para PR $1x10^{-6}$ fueron utilizados. La tabla incluye valores típicos basados en proyectos similares en diferentes países. En etapas de estudio más avanzadas deberán realizarse cálculos específicos del sitio en estudio para tener en cuenta los volúmenes, el almacenamiento, las operaciones y las condiciones del emplazamiento exactas.

	e-combustibles	Metanol	Hidrógeno
Almacenamiento	100-200 m	NA	100-200 m
Tuberías	100-200 m	100-200 m	50-100 m (depende mucho de si es aéreo o subterráneo)
Planta de producción	200-300 m	200-300 m	300-400 m
Carga	200-300 m	200-300 m	300-400 m

La urea es una sustancia más segura desde el punto de vista medioambiental. No se prevén riesgos para el entorno inmediato.

Los contornos de seguridad para un emplazamiento específico deben calcularse mediante una evaluación de riesgos que tenga en cuenta los productos y volúmenes reales, las operaciones y las condiciones locales. En la figura 3-2 se muestra un ejemplo de contorno de seguridad específico para un emplazamiento de proyecto en Rotterdam (Países Bajos) (este ejemplo se refiere a productos, volúmenes y condiciones diferentes y sólo sirve de ilustración).

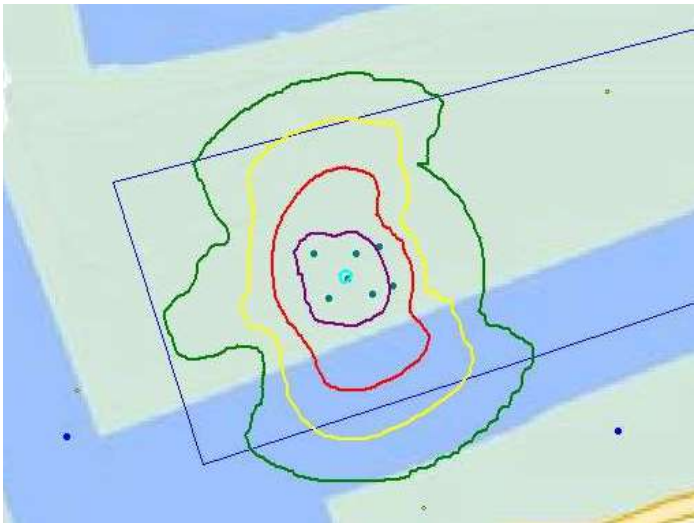

Figure 3-2 Ejemplo de contorno de seguridad específico del emplazamiento (a modo ilustrativo)

3.3 Buque de diseño

Se considera que los buques que exporten productos procederán de la flota internacional, teniendo en cuenta los buques cisterna de transporte marítimo de productos. Normalmente, maximizar el tamaño del lote de carga da como resultado el modo de transporte más económico y las menores emisiones de gases por tonelada. Para las exportaciones a Europa y otros destinos transde ultramars, lo ideal sería utilizar buques cisterna más grandes con una capacidad de unas 50.000 toneladas. Alternativamente, podrían utilizarse buques de tamaño medio con una capacidad de unas 25.000 toneladas, pero esto supondría

mayores costos y emisiones por tonelada. El comercio regional en Sudamérica podría realizarse en pequeños buques cisterna con una capacidad de unas 7.500 toneladas.

En el puerto de Montevideo, el calado de los buques está restringido actualmente a 13 m, y está previsto profundizarlo hasta 14 m en 2025, lo que permitirá el uso de buques cisterna de mayor tamaño. La profundidad en los canales del Río de la Plata es actualmente de 10m, lo que permite el uso de buques cisterna de tamaño medio o de grandes buques cisterna parcialmente cargados. La profundidad de los canales de navegación a los puertos situados más al interior a lo largo del Río Uruguay está limitada a 7m, lo que permite el acceso sólo de barcazas o pequeños buques cisterna.

Table 3-2 Buques de diseño: buques cisterna

Tipo	Capacidad de carga (DWT)	Calado (m)	LOA (m)	Manga (m)
Barcaza	2.500	3	60	15
Pequeño buque cisterna	7.500	7	100	17
Handy (buque cisterna medio)	25.000	10	170	27
MR2 (buque cisterna grande)	50.000	12	190	32

3.4 Red de carreteras

Según el Geoportal del MTOP, las principales carreteras se destacan en el siguiente mapa junto con los emplazamientos pertinentes objeto de estudio. El transporte por carretera será complementario para la logística interior, pero no se espera que sea el principal modo de transporte para grandes volúmenes de e-combustibles debido al gran número de camiones que serían necesarios, las emisiones asociadas y la carga sobre la infraestructura vial.

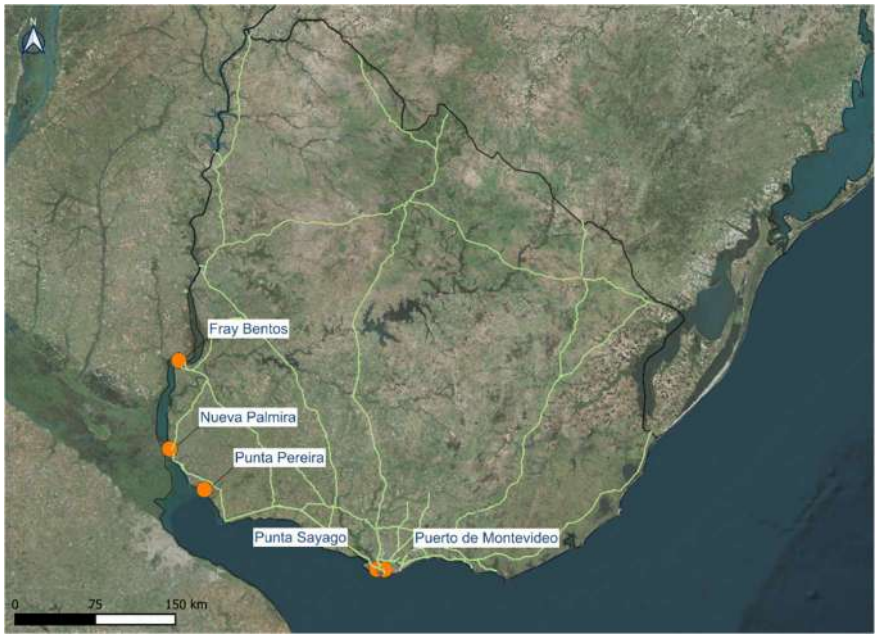

Figure 3-3 Red de carreteras

3.5 Red ferroviaria

Según el Geoportal del MTOP, la red ferroviaria aparece resaltada en el siguiente mapa junto con los correspondientes lugares en estudio. El corredor central está en fase de finalización y estará operativo en 2025. El corredor conectará el puerto de Montevideo con destinos en el norte del país y tendrá un ramal hasta Paysandú. El transporte ferroviario podrá utilizarse para el transporte de e-combustibles desde los lugares de producción hasta el puerto de Montevideo.

Figure 3-4 Red ferroviaria

4 Estrategia de desarrollo marítimo para la exportación de e-combustibles

4.1 Escenarios de crecimiento

Como ya se ha mencionado, los escenarios de desarrollo considerados para este estudio son los siguientes:

- Escenario A: 1 millón de toneladas de metanol / e-combustibles al año
- Escenario B: 3 millones de toneladas de metanol / e-combustibles al año
- Escenario C: 5 millones de toneladas de metanol / e-combustibles al año
- Escenario D: 10 millones de toneladas de metanol / e-combustibles al año

La cadena de suministro necesaria para exportar estos volúmenes desde distintos lugares del país no se basará en un único concepto, sino que será una mezcla de las soluciones más adecuadas para el lugar de producción y los modos de almacenamiento y transporte disponibles.

Los distintos escenarios se contemplan como una línea temporal, en la que el Escenario A (1 mtpa) es el objetivo inicial, y los demás escenarios representan modelos de crecimiento posterior. Por tanto, el escenario B (3 millones de toneladas por año) ampliará el desarrollo inicial del escenario A, el escenario C se ampliará a partir del escenario B y el escenario D se ampliará a partir del escenario C.

El escenario A (1 mtpa) se considera un objetivo realista para los próximos 10-15 años. El punto de partida son los dos proyectos iniciales de Enertrag y HIF, que se supone estarán operativos en torno a 2030. Juntos producirían entre 0,2 y 0,3 millones de toneladas de productos al año.

Dependiendo de la demanda mundial de combustibles verdes y de la posición competitiva de Uruguay, puede ser posible un crecimiento superior a 1 mtpa. El escenario D (10 mtpa) se considera un objetivo potencial a largo plazo y puede utilizarse como hoja de ruta para orientar las inversiones inmediatas.

4.2 Consideraciones clave para la exportación marítima

4.2.1 Visión general

Hay que tener en cuenta algunas consideraciones clave para las estrategias de exportación marítima:

- Cadena de suministro terrestre
- Cadena de suministro marítimo
- Infraestructura común de usuarios
- Aprovechamiento de la infraestructura existente
- Aprovechamiento del potencial de otras cargas
- Permisos

4.2.2 Cadena de suministro terrestre

La cadena de suministro terrestre de e-combustibles al puerto para su exportación por barco puede establecerse por carretera, ferrocarril o tuberías.

El transporte por carretera es la modalidad más flexible. Los camiones suelen estar ampliamente disponibles y no se requiere ninguna infraestructura específica. Sin embargo, con volúmenes mayores, el número de camiones exigiría una gran capacidad de la red de carreteras públicas, lo que provocaría posibles atascos y retrasos. Por ejemplo, transportar 1 millón de toneladas al año en camiones de 30 toneladas supondría unos 100 camiones al día, o 4 por hora.

Hay conexión ferroviaria entre Montevideo y el norte de Uruguay (Tambor y más allá), con un ramal previsto hasta Paysandú. La mayor parte del ferrocarril es de vía única. El sistema ferroviario se utilizará sobre todo para el transporte de mercancías, aunque es posible que se desarrollen algunos servicios ferroviarios de pasajeros en torno a Montevideo. De la capacidad total del ferrocarril central, una parte está reservada a la fábrica de UPM en Paso de los Toros, que la utilizará para transportar principalmente pasta de papel al puerto de Montevideo. La capacidad restante, suponiendo el transporte de metanol o combustibles sintéticos utilizando trenes de 500 m de largo, es de unos 5 millones de toneladas al año.

El transporte por tuberías es la modalidad de transporte más eficiente para grandes volúmenes, pero su implementación es compleja debido a los elevados costos de inversión y a los trámites necesarios relacionados con la propiedad de los terrenos y la obtención de permisos. No se espera que el transporte por tuberías de e-combustibles en distancias largas sea viable. Podría considerarse el transporte por tuberías en distancias más cortas. En la terminal portuaria, los tanques de almacenamiento están conectados al muelle por tuberías para permitir la carga del buque.

4.2.3 Cadena de suministro marítimo

Uruguay es accesible por agua a lo largo del lado oeste del país por el Río Uruguay, a lo largo del lado sur del país por el Río de la Plata, y al Océano Atlántico a través de Montevideo. El tamaño máximo de los buques está limitado por la profundidad del agua, como se muestra en la Table 4-1.

Table 4-1 Tamaño máximo de los buques utilizados para la cadena de suministro marítima.

Río / lugar	Profundidad	Tipo de buque	Tamaño máximo del buque
Montevideo	13m (14 m previstos)	Buque cisterna grande	50.000 toneladas
Río de la Plata	10m	Buque cisterna mediano	25.000 toneladas
Río Uruguay	7m	Barcaza Buque cisterna pequeño	2.500 toneladas 7.500 toneladas

El puerto de Montevideo tiene canales de acceso y dársenas portuarias con una profundidad de 13 m, y se espera que se dragué hasta una profundidad de 14 m en 2025. Esto permitirá el acceso de buques de tamaño medio con una capacidad de 40.000 a 50.000 toneladas. Estos buques son adecuados para rutas marítimas internacionales. Los buques más grandes pueden utilizarse si están parcialmente cargados para recargar en un puerto de aguas profundas fuera de Uruguay.

El Río de la Plata cuenta con un sistema de canales de 250 km de longitud y 90 m de anchura mantenidos a una profundidad de 10 m. Esto permite el acceso de buques cisterna pequeños y medianos (parcialmente cargados) de hasta 20.000 o 30.000 toneladas. Este tamaño suele utilizarse para el comercio regional o pequeños volúmenes, pero podría emplearse para exportaciones internacionales. Los puertos a lo largo del Río de la Plata incluyen Nueva Palmira.

Los buques cisterna de ultramar pueden navegar por el Río Uruguay, pero debido a la escasa profundidad del río (7 m) sólo se pueden utilizar buques cisterna pequeños. Estos pequeños buques cisterna, con una capacidad de entre 5.000 y 8.000 toneladas, suelen utilizarse para pequeñas operaciones regionales y no son adecuados para exportaciones internacionales a gran escala. El Río Uruguay también puede utilizarse para barcazas, normalmente con una capacidad de unas 2500 toneladas. Varias barcazas pueden conectarse y ser empujadas por una sola embarcación. Los puertos del río Uruguay son Paysandú y Fray Bentos.

4.2.4 Terminal marítimo de uso común

El almacenamiento de los graneles líquidos, en este caso concreto metanol y e-combustibles, es una parte esencial de la cadena logística. En el lugar de producción se requiere de tanques para el almacenamiento previo a la distribución. Se supone que, en general, esto forma parte de la inversión de los proyectos de producción específicos. El almacenamiento de metanol y e-combustibles como el SAF (queroseno) debe realizarse en tanques específicos con características específicas para cada líquido, aunque se trata de normas existentes. Teniendo en cuenta las características específicas de éstos, se supone que también pueden utilizarse los tanques de almacenamiento existentes, posiblemente con ajustes.

La capacidad de almacenamiento de cada emplazamiento debe ser suficiente para amortiguar el flujo de entrada y el de exportación. Por lo tanto, la capacidad de almacenamiento debe ser al menos tan grande como el mayor envío individual (tren o barco) más una capacidad de amortiguación para permitir interrupciones en la cadena de suministro.

Inicialmente, cuando sólo una o dos partes vayan a producir e-combustibles, las inversiones en tanques de almacenamiento pueden ser realizadas por el productor específico, siendo propietario y explotando sus propios tanques. Sin embargo, cuando varias partes necesiten capacidad de almacenamiento en un lugar determinado, habrá que considerar el concepto de terminal marítima de uso común (multicliente).

En una terminal marítima de uso común, la terminal de almacenamiento de tanques es propiedad y está gestionada por un operador de terminales especializado. Varios usuarios pueden reservar capacidad de almacenamiento en la terminal, pagando por la disponibilidad garantizada de un determinado volumen y por el uso específico de los tanques. Los tanques y las conexiones de infraestructura a los tanques, incluidos los muelles, pueden compartirse de este modo, lo que genera eficiencia y reduce la inversión total y los requisitos de espacio. Este tipo de operación es un concepto eficacia probada en muchos complejos portuarios o industriales de todo el mundo.

Pueden utilizarse tanques específicos para almacenar líquidos "genéricos", por ejemplo metanol, de distinta propiedad, siempre que se apliquen estrictos controles de calidad. Otra posibilidad es que cada empresa (grande) utilice sus propios tanques. En función de los volúmenes previstos y los requisitos logísticos, pueden construirse tanques más pequeños para crear más flexibilidad.

En caso de que la disponibilidad de terrenos sea escasa, como es el caso del puerto de Montevideo, debería considerarse la posibilidad de crear una terminal marítima común (multicliente) a fin de mantener suficiente flexibilidad para nuevos usuarios futuros. Dicha terminal puede ser explotada por un tercero. Existe suficiente experiencia en el mercado y voluntad de invertir en este tipo de terminales en todo el mundo (empresas como, por ejemplo, Vopak, Advario, Koole, Evos, etc.). En Uruguay también ANCAP podría asumir este papel.

Es importante que las tarifas de uso de una terminal de este tipo puedan considerarse justas y acordes con las normas del mercado. En grandes puertos como el de Rotterdam, con múltiples terminales comunes multicliente, esto estará garantizado por la competencia en el mercado privado. En el caso de una única terminal de usuario común en un puerto, la fijación de precios justos puede garantizarse mediante normativas específicas que pueden formar parte del contrato de concesión.

Se puede considerar la posibilidad de sacar a licitación la concesión para construir y explotar una terminal de este tipo. El Puerto de Pecem (Brasil, del que es accionista el Puerto de Rotterdam) ha adoptado ese modelo.

A la hora de determinar la superficie necesaria para un parque de tanques, hay que tener en cuenta lo siguiente:

- Volumen mínimo de dos veces el volumen del buque de mayor tamaño
- Tamaño adicional para soportar tanques de diferentes líquidos (los productores quieren ser flexibles entre la producción de Metanol o E-Fuels).
- Espacio adicional para utilizar varios depósitos más pequeños para atender a varios clientes.

4.2.5 Aprovechamiento de las infraestructuras portuarias existentes

Para facilitar el inicio de las operaciones con inversiones limitadas, se recomienda utilizar las infraestructuras portuarias existentes en la medida de lo posible. El mercado del e-metanol y los e-combustibles es un mercado nuevo, con muchas incertidumbres, lo que crea una gran barrera a la inversión para los pioneros. De acuerdo con los posibles escenarios futuros, será necesario realizar una inversión específica en infraestructuras portuarias para soportar los volúmenes futuros, pero las infraestructuras existentes podrían utilizarse en la medida de lo posible para apoyar los proyectos iniciales. En este caso, se puede reducir el riesgo de los proyectos disminuyendo las inversiones iniciales necesarias, pero también se reducirá el plazo del proyecto al no depender de inversiones complejas con incertidumbres y riesgos. En concreto, en el caso de las instalaciones nuevas, el tiempo necesario para la financiación, la obtención de permisos y la construcción puede ser largo.

Durante los primeros años, los volúmenes serán demasiado pequeños para justificar grandes inversiones en infraestructuras portuarias, tanto en el puerto de Montevideo como en los puertos a lo largo del río Uruguay.

Para utilizar la infraestructura existente, también es necesario realizar inversiones (menores) en infraestructuras de apoyo, como tuberías de transporte y tanques de almacenamiento. Esto debe hacerse de manera que pueda ampliarse con el tiempo a medida que aumenten los volúmenes, de acuerdo con un "modelo de crecimiento" específico respaldado por los escenarios definidos.

Uruguay también está estratégicamente situado para manipular la carga de los países vecinos, generando así un volumen crítico para el desarrollo de la infraestructura portuaria. La desembocadura del Río Uruguay, donde el Río Uruguay y el Río Paraná Guazú (con conexiones a Argentina, Brasil y Paraguay) confluyen en el Rio de la Plata, podría convertirse en un centro de transbordo del tráfico de barcazas en buques de ultramar.

4.2.6 Autorización de infraestructuras marítimas

Cualquier desarrollo de infraestructuras a lo largo del Río Uruguay, que forma la frontera occidental entre Uruguay y Argentina, requiere el permiso de todos los Estados ribereños. El proceso de aprobación puede ser difícil y largo, e incluso ha dado lugar a disputas internacionales en el pasado[1] .

El Río de la Plata, que forma la frontera sur entre Uruguay y Argentina, es mucho más ancho que el Río Uruguay. Aquí, los Estados pueden decidir el desarrollo dentro de la zona Costora sin permiso de los demás. Esto puede agilizar los procedimientos de concesión de permisos.

[1] https://en.wikipedia.org/wiki/Uruguay_River_pulp_mill_dispute (sitio web visitado19 de abril de 2024)

4.3 Estrategias logísticas de exportación

4.3.1 Visión general de los nodos logísticos y las estrategias

El establecimiento de una cadena de suministro depende en gran medida de la ubicación de la planta de producción. En la actualidad sólo se han identificado dos centros de producción, en Tambor y Paysandú. Se espera que se desarrollen otras instalaciones, pero actualmente se desconoce su ubicación. Por lo tanto, es importante que las estrategias de exportación sean flexibles.

Se han identificado nodos logísticos potenciales para las exportaciones marítimas que podrían ocupar una posición estratégica en la estrategia de exportación de derivados del hidrógeno, como se muestra en la Figure 4-1Entre ellos se encuentran los siguientes:

- Centros de producción previstos (Tambor y Paysandú),
- Montevideo
- Puertos potenciales a lo largo del Río Uruguay (Paysandú y Fray Bentos)
- Puertos potenciales en la desembocadura del Río Uruguay / Río de la Plata (Nueva Palmira)

Figure 4-1 Nodos logísticos marítimos potenciales

Se pueden identificar dos opciones logísticas principales para las exportaciones marítimas:

- Montevideo como centro de exportación
- Centro de transbordo en la desembocadura del Río Uruguay

Estas opciones se analizan en las secciones siguientes.

4.3.2 Montevideo como centro de exportación

En esta opción, todo el producto se lleva a una terminal central de exportación en Montevideo, donde se carga en un buque cisterna de ultramar. El transporte interior se realiza por ferrocarril o barcaza/pequeño buque cisterna. Esta opción puede caracterizarse de la siguiente manera:

- Desde Paysandú, los e-combustibles pueden enviarse por ferrocarril o por barcaza. Es probable que los costos de transporte por ferrocarril sean más caros que los de la barcaza.
- Desde las zonas de producción del noreste, los e-combustibles llegan a Montevideo por ferrocarril.
- Las barcazas navegan por el Río Uruguay y cruzan el Río de la Plata hasta Montevideo. El tamaño típico de las barcazas es de 2.500 toneladas, y pueden combinarse varias barcazas para formar un bloque empujado por un solo remolcador. Durante parte del año, las condiciones de viento y oleaje en el Río de la Plata son extremas y las barcazas no siempre pueden llegar con seguridad a Montevideo. Las barcazas tienen que esperar a que mejoren las condiciones, lo que provoca una interrupción del flujo logístico (esta es la situación actual de las barcazas que van desde Paysandú hacia la refinería de ANCAP en la bahía de Montevideo). Es posible que se requiera almacenamiento adicional en Paysandú para minimizar la interrupción del proceso de producción, y en Montevideo para minimizar la interrupción de la exportación marítima.
- Como alternativa, pueden utilizarse pequeños buques cisterna (o barcazas marítimas a medida) entre Paysandú y Montevideo. Estos buques cisterna están disponibles en el mercado, pero su explotación suele ser más cara que la de las barcazas.
- Los productos se colectan en una terminal multiusuario de Montevideo y se almacenan en los tanques de la terminal. Desde allí se carga el buque cisterna de ultramar. Con una profundidad prevista de 14 m, pueden cargarse buques cisterna de hasta 50.000 toneladas de capacidad.

La opción se visualiza esquemáticamente en la Figure 4-2

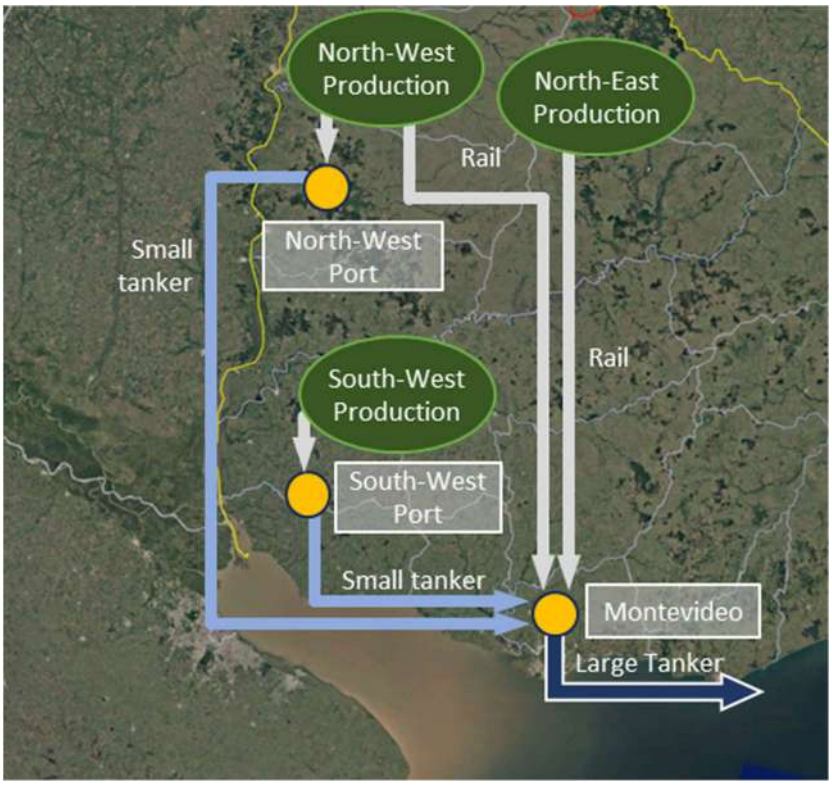

Figure 4-2 Esquema logístico utilizando Montevideo como eje central de las exportaciones marítimas

Se espera que en el futuro se desarrollen otros lugares de producción. Dependiendo de su ubicación, estos lugares pueden encajar en el mismo esquema, el producto puede ser transportado a un centro de barcazas a lo largo del Río Uruguay / Río de la Plata o puede ser conectado por ferrocarril. Esto se esquematiza en la Figure 4-3

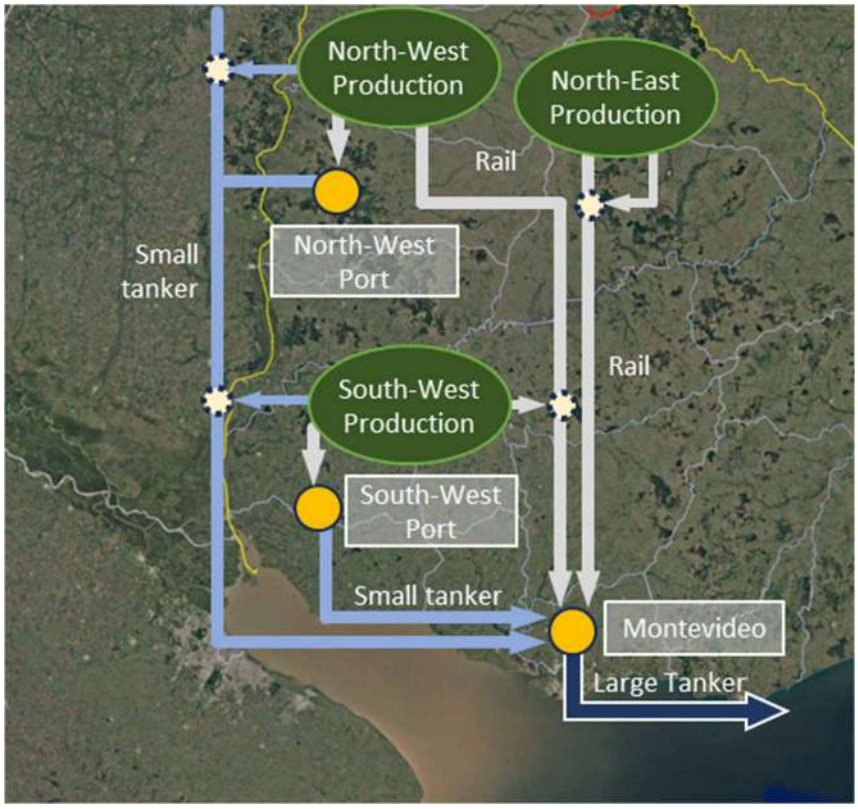

Figure 4-3 Futura expansión de la producción, utilizando Montevideo como eje central

4.3.3 Centro de transbordo en la desembocadura del Río Uruguay

Este concepto utiliza un centro de transbordo en la desembocadura del Río Uruguay. Este centro de transbordo podría realizarse en Nueva Palmira, o a lo largo del Río de la Plata. Allí la carga se embarca en buques cisterna de ultramar. La carga ferroviaria se dirige a Montevideo, donde también se carga en buques cisterna de ultramar. Esta opción se caracteriza por lo siguiente:

- Desde Paysandú, las barcazas transportan los e-combustibles hasta el centro de transbordo, donde la carga se almacena en tanques.
- En el centro de transbordo, el producto se carga en buques cisterna de ultramar de tamaño medio. Teniendo en cuenta que la profundidad del Río de la Plata es de 10 m, el tamaño máximo de los lotes en el centro de transbordo es de 20.000-30.000 toneladas, utilizando buques cisterna de tamaño Handy (parcialmente cargados).
- Los buques cisterna navegan directamente a sus destinos internacionales o recargan en un puerto de gran calado de la región, que puede ser Montevideo o puertos argentinos o brasileños.
- La carga de las zonas de producción del noreste se transporta por ferrocarril a una terminal de Montevideo, donde se carga en buques cisterna.

Esta opción se muestra esquemáticamente en la Figure 4-4

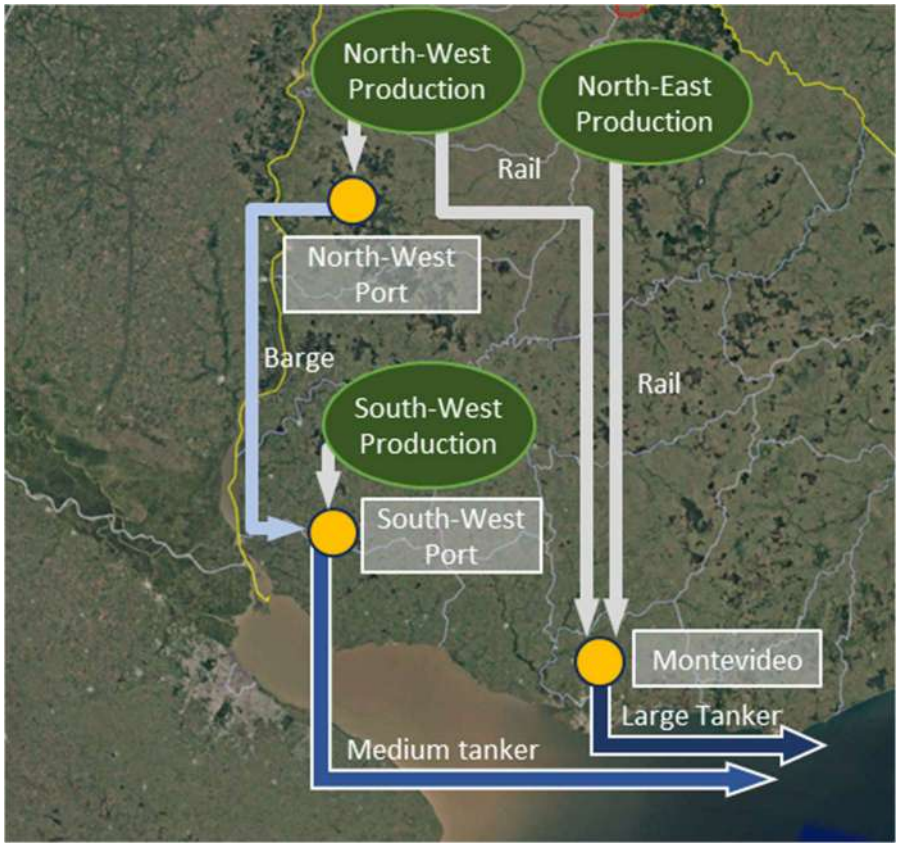

Figure 4-4 Esquema logístico Montevideo + centro de transbordo en la desembocadura del Río Uruguay

Otros lugares de producción pueden encajar en el mismo esquema, el producto puede transportarse en barcaza hasta el centro de transbordo o puede conectarse por ferrocarril.

El centro de transbordo también podría beneficiarse de otras cargas procedentes del interior de Argentina (Rosario), Brasil y Paraguay. Estas cargas podrían incluir e-combustibles, pero también otros productos

como cereales, productos agrícolas, minerales y cargas de proyecto. El potencial de carga adicional podría generar una masa crítica para justificar las inversiones.

Esto se esquematiza en la Figure 4-5

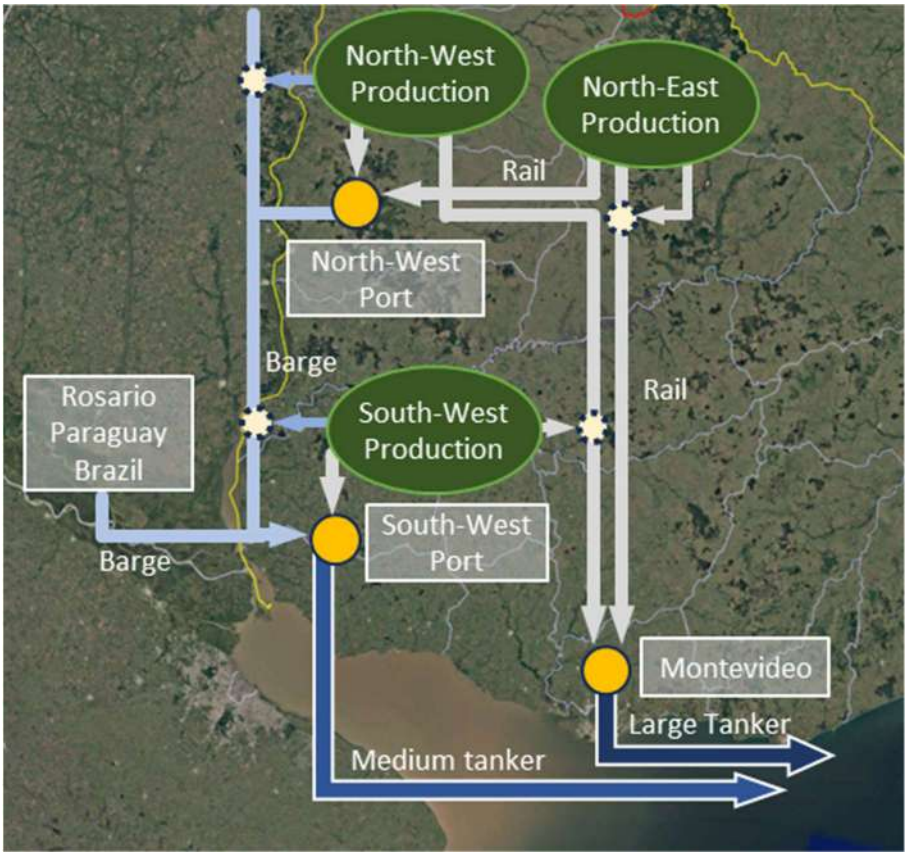

Figure 4-5 Futura expansión de la producción, centro de transbordo en la desembocadura del Río Uruguay

Dado que este centro de transbordo requiere inversiones significativas en cualquiera de los puertos, se supone que esta inversión sólo se realizará cuando exista un volumen de carga significativo (garantizado). El volumen inicial del proyecto HIF en Paysandú posiblemente no sería suficiente para justificar esta inversión. Estas inversiones se realizarán por fases.

4.3.4 Combinación Estrategias logísticas supuestas para el cálculo de la capacidad

La solución logística seleccionada para un determinado flujo de exportación dependerá de la ubicación, la disponibilidad de equipos, los niveles de precios, la fiabilidad, etc. Es probable que se elija una combinación de opciones que incluya el uso de ferrocarril, barcazas y distintos tipos de buques cisterna.

Los puertos clave serán Montevideo, un puerto al Noroeste a lo largo del Río Uruguay y un puerto al Suroeste en la desembocadura del Río Uruguay / Río de la Plata. El puerto del Noroeste estará probablemente en Paysandú, pero también podrían desarrollarse otras ubicaciones. Para el puerto del suroeste, en Nueva Palmira podría ser adecuado.

Las estrategias resultantes se esquematizan en la Figure 4-6.

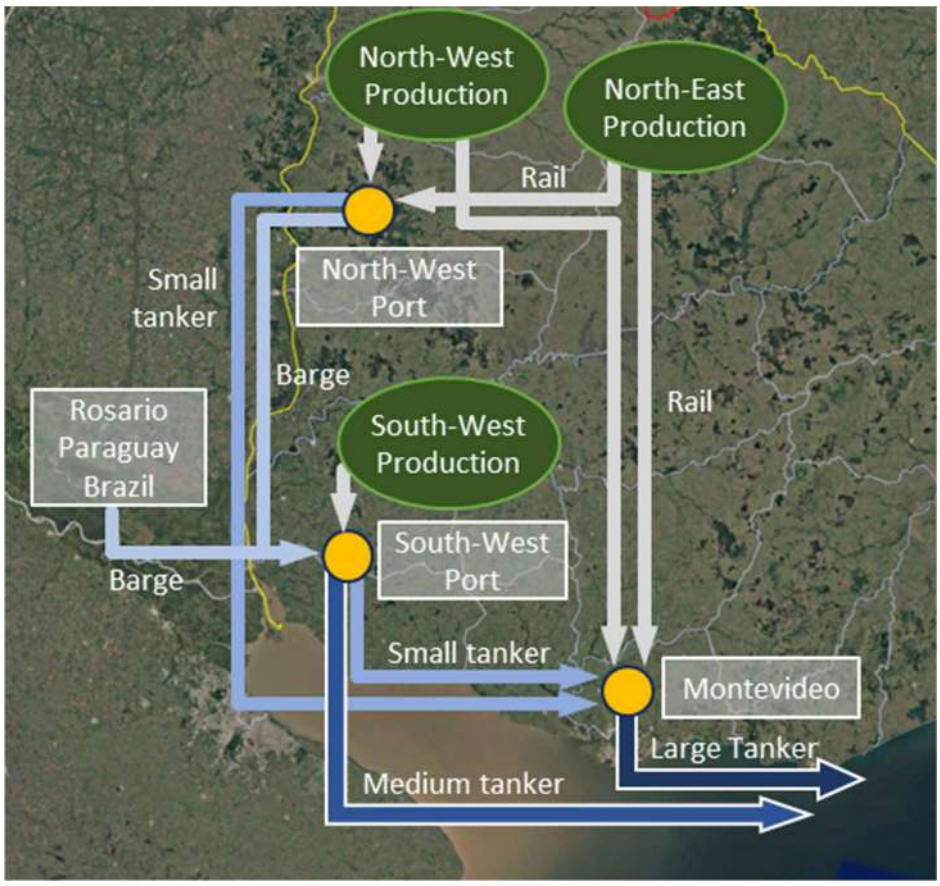

Figure 4-6 Estrategias logísticas asumidas para el cálculo de la capacidad

4.4 Capacidades portuarias

4.4.1 Método de cálculo

Se han realizado cálculos de capacidad para cada uno de los escenarios de volumen, tal como se explica en la sección 4.1. Para cada uno de los puertos, se estimó el número de muelles y la superficie necesaria de almacenamiento de la terminal.

Para determinar la capacidad necesaria, hay que hacer varias suposiciones sobre volúmenes de producción, reparto modal, capacidad de carga, etc. La estimación de la capacidad de almacenamiento necesaria se basa en la capacidad del buque de diseño, además de un margen para múltiples productos y retrasos.

Sin embargo, no se sabe con certeza cómo se desarrollará la producción y exportación de e-combustibles en Uruguay, por lo que las hipótesis no pueden basarse en los datos existentes de la industria. En su lugar, se utilizaron valores típicos de la industria para dar una indicación de los posibles resultados.

La hoja de cálculo detallada figura en el Anexo A. A continuación, se resumen los principales resultados.

The estimate for the required storage capacity is based on the capacity of the design vessel in addition to an allowance for multiple products and for delays.

4.4.2 Capacidad portuaria de Montevideo

La capacidad estimada del Puerto de Montevideo para e-combustibles para los diferentes escenarios se muestra en la Table 4-2. El puerto recibe buques cisterna pequeños procedentes de puertos a lo largo del Río Uruguay y del Río de la Plata. Además, se recibe un gran volumen por ferrocarril. Los productos se almacenan en la terminal marítima y se exportan en buques cisterna grandes. Para los escenarios 1 y 2, los buques cisterna pequeños y grandes pueden combinarse en un muelle. Para los escenarios 3 y 4 sería necesario un segundo muelle. La superficie total de la terminal sería de unas 2 ha para el escenario 1 y de hasta 14 ha para el escenario 4.

Table 4-2 Capacidad portuaria Montevideo

Puerto de Montevideo	Unidad	Escenario 1 1.000.000 tpa	Escenario 2 3.000.000 tpa	Escenario 3 5.000.000 tpa	Escenario 4 10.000.000 tpa
Volúmenes previstos					
• Buque cisterna pequeño (importación)	mtpa	460,000	1,400,000	2,140,000	3,020,000
• Buque cisterna grande (exportación)	mtpa	960,000	2,600,000	3,540,000	5,020,000
Cantidad de buques					
• Buque cisterna pequeño (importación)	buques/año	61	187	285	403
• Buque cisterna grande (exportación)	buques/año	19	52	71	100
Capacidad de atraque					
• Buque cisterna pequeño (importación)	amarres	0.2	0.5	0.8	1.1
• Buque cisterna grande (exportación)	amarres	0.1	0.2	0.3	0.4
• Total	amarres	1	1	2	2
Capacidad de la terminal					
• Capacidad del tanque	ton	120,000	360,000	720,000	900,000
• Cantidad de tanques	No.	2	6	12	15
• Terminal	m2	20,000	60,000	110,000	140,000

4.4.3 Capacidad portuaria del noroeste

La capacidad estimada del Puerto del Noroeste se muestra en la Table 4-3. Este puerto recibe carga por ferrocarril y de los centros de producción regionales, y exporta por barcaza y buques cisterna pequeños. Un solo muelle sería suficiente para manejar los volúmenes requeridos en los Escenarios 1, 2 y 3, y se necesitaría un segundo para el Escenario 4. Además, se requieren muelles de espera para las barcazas y buques cisterna pequeños vacíos y/o cargados a la espera de ser transportadas. La superficie total de la terminal oscila entre 1 y 3 hectáreas.

Table 4-3 Capacidad portuaria Puerto del Noroeste

Puerto del Noroeste	Unidad	Escenario 1 1.000.000 tpa	Escenario 2 3.000.000 tpa	Escenario 3 5.000.000 tpa	Escenario 4 10.000.000 tpa
Volúmenes previstos					
• Barcaza (exportación)	mtpa	100,000	400,000	930,000	2,220,000
• Buque cisterna pequeño (exportación)	mtpa	300,000	800,000	1,170,000	1,780,000
Cantidad de buques					
• Barcaza (exportación)	buques/año	40	160	373	889
• Buque cisterna pequeño (exportación)	buques/año	40	107	156	237
Capacidad de atraque					
• Barcaza	amarres	0.0	0.1	0.3	0.7
• Buque cisterna pequeño	amarres	0.1	0.3	0.4	0.7
• Total	amarres	1	1	1	2
Capacidad de la terminal					
• Capacidad del depósito	ton	20,000	60,000	120,000	150,000
• Número de depósitos	No.	2	6	12	15
• Terminal	m2	10,000	10,000	20,000	30,000

4.4.4 Capacidad portuaria del suroeste

La capacidad estimada del Puerto del Suroeste se muestra en la Table 4-4. Este puerto recibe carga por barcaza y de los sitios de producción regionales, y exporta por buques tanque pequeños a Montevideo o medianos a los mercados internacionales. Un solo muelle sería suficiente para manejar los volúmenes requeridos en los Escenarios 1 y 2, y se requeriría un segundo para el Escenario 3 y un tercero para el Escenario 4. Además, se necesitan muelles para barcazas y buques cisterna vacíos y para barcazas cargadas a la espera de ser transportadas. La superficie total de la terminal oscila entre 1 y 7 hectáreas.

Table 4-4 Capacidad portuaria Puerto del Suroeste

Puerto del Suroeste	Unidad	Escenario 1 1.000.000 tpa	Escenario 2 3.000.000 tpa	Escenario 3 5.000.000 tpa	Escenario 4 10.000.000 tpa
Volúmenes previstos					
• Barcaza (importación)		100,000	400,000	930,000	2,220,000
• Pequeño buque cisterna (exportación)		160,000	600,000	970,000	1,240,000
• Buque cisterna medio (exp.)		40,000	400,000	1,460,000	4,980,000
Número de buques					
• Barcaza (importación)	buques/año	40	160	373	889
• Pequeño buque cisterna (exportación)	buques/año	21	80	130	166
• Buque cisterna medio (exp.)	buques/año	2	16	58	199
Capacidad de atraque					
• Barcaza	amarres	0.0	0.1	0.3	0.7
• Pequeño buque cisterna	amarres	0.1	0.2	0.4	0.5
• Buque cisterna medio	amarres	0.0	0.1	0.4	1.4
• Total	amarres	1	1	2	3
Capacidad de la terminal					
• Capacidad del depósito	ton	60,000	180,000	360,000	450,000
• Número de depósitos	No.	2	6	12	15
• Terminal	m2	10,000	30,000	60,000	70,000

5 Evaluación de los sitios

5.1 Enfoque de la evaluación

En este estudio se comparan varias opciones de emplazamientos de exportación con el objetivo de converger hacia opción más viable. Para comparar las opciones se realizó un análisis multicriterio (AMC), teniendo en cuenta las siguientes características clave:

- Espacio disponible, para almacenamiento e instalaciones en tierra. El espacio disponible está restringido debido a la necesidad de contar con una zona de seguridad en torno a las instalaciones de hidrocarburos.
- Zonas de seguridad. Normalmente, el petróleo y el gas y los productos renovables tienen importantes implicaciones de seguridad para el entorno. Los riesgos externos típicos se refieren a incendios, explosiones, toxicidad, etc. Dado que el público no está capacitado para actuar en caso de emergencia, las personas deberán permanecer fuera de las zonas físicas de alto riesgo. Por ello, se prefieren las ubicaciones remotas.
- Conexión con el interior, proximidad a infraestructuras existentes y accesibles con capacidad suficiente.
- Infraestructura acuática accesible, con suficiente calado y abrigo para olas y corrientes. Tanto las condiciones de acceso como las de amarre son importantes.
- Consideraciones medioambientales, el impacto en el medio ambiente, así como en las poblaciones circundantes.
- Escalabilidad: dado que se analizan cuatro escenarios, la posibilidad de ampliación está bien valorada.
- Cercanía a la planta de producción y CO_2, la distancia a la planta de producción desempeña un papel importante en el Costo y las molestias.
- Costo (cualitativo), parámetro que incluye tanto la inversión marítima como la terrestre para las instalaciones portuarias y el almacenamiento.

Se asignaron diferentes pesos a los criterios para reflejar su importancia (A=muy importante; B=importante; C=menos importante) y se dieron puntuaciones a cada uno de los criterios (1=pequeño/desfavorable; 2=medio; 3=grande/favorable). La evaluación global de cada lugar se define como lugares con mayor potencial, potencial medio y menor potencial.

Se han identificado los siguientes emplazamientos potenciales, que se evalúan en esta sección:

- Bahía de Montevideo
  - Punta Sayago
  - Refinería ANCAP
  - Planta de Capurro
  - Relleno dársena este
  - Relleno Dique de cintura
  - Relleno escolleta oeste
- Río de la Plata y Río Uruguay
  - ANCAP - ALUR Paysandú
  - Puerto Público Paysandú
  - Puerto Público de Fray Bentos
  - Puerto Público Nueva Palmira

5.2 Bahía de Montevideo

5.2.1 Visión general Bahía de Montevideo

Figure 5-1 Selección del emplazamiento Bahía de Montevideo

Table 5-1 Opciones de emplazamiento de la MCA Bahía de Montevideo

No.	Página web	Espacio disponible	Zonas de seguridad	Conexión con el interior	Infraestructuras hidráulicas	Consideraciones medioambientales	Escalabilidad	Cercanía a la producción - CO_2	Costo (cualitativo)	Nivel
		A	A	A	B	B	C	B	A	
1	Refinería ANCAP	2	3	3	2	2	2	1	2	Potencial promedio
2	Planta de Capurro	1	2	3	2	3	1	1	2	Potencial promedio
3	Relleno Dársena Este	3	3	3	3	2	2	1	2	Potencial alto
4	Relleno Dique de Cintura	3	3	2	3	2	3	1	2	Potencial alto
6	Relleno Escollera Oeste	3	3	1	3	1	3	1	1	Potencial bajo
7	Punta Sayago	3	3	1	1	1	3	1	1	Potencial bajo

Peso: **C** menos importante - **B** importante - **A** muy importante
Puntuación: **1** pequeño/desfavorable - **2** medio - **3** grande/favorable

5.2.2 Refinería ANCAP

Figure 5-2 Refinería ANCAP

Descripción general	La Refinería La Teja es la única refinería de petróleo de Uruguay. Está situada en la Bahía de Montevideo y es propiedad de ANCAP. La refinería puede descargar y almacenar aditivos recibidos a granel. Además, consta de tres muelles, Norte, Sur y Oeste, que pueden acoger buques de hasta 190 m de eslora (los dos primeros) y 110 m en el último. Dispone de siete colectores para cargar y descargar combustibles petrolíferos líquidos refinados y aceites lubricantes y un colector para recibir y cargar GLP. La terminal también sirve como centro de exportación y suministra combustible (búnker) a los buques que operan en el Puerto de Montevideo y las zonas circundantes del Río de la Plata.	
Espacio disponible	No hay espacio disponible para tanques de almacenamiento adicionales dentro del área de la planta. Los tanques existentes podrían redefinirse, o podría ganarse terreno hacia la bahía de Montevideo	Potencial promedio
Zonas de seguridad	El almacenamiento puede situarse a una distancia segura de las zonas urbanas cercanas, conforme con las normativas.	Potencial alto
Conexión con el interior	El puerto de Montevideo está conectado con el centro y el norte del país por la nueva línea del Ferrocarril Central.	Potencial alto
Infraestructuras hidráulicas	La refinería tiene tres muelles que están conectados al canal principal de la bahía por un canal de 7 m de profundidad, accesible sólo para pequeños buques cisterna. Es posible profundizar el canal para permitir el paso de buques cisterna más grandes, pero exigiría inversiones considerables. Otra posibilidad es construir un muelle de gran calado en la dársena principal del puerto a lo largo del Dique de Cintura (véase también el apartado 5.2.4 y 5.2.5), conectado a la terminal por una tubería de 5 km de longitud.	Potencial promedio
Consideraciones medioambientales	No se prevé que el desarrollo de depósitos de almacenamiento en el emplazamiento tenga un impacto ambiental significativo. Sin embargo, la recuperación del terreno podría generar un impacto.	Potencial promedio
Escalabilidad	Hay espacio en la bahía para un mayor relleno de tierras que permita ampliar la capacidad de almacenamiento construyendo nuevos tanques.	Potencial promedio
Proximidad a la planta de producción y CO2	El emplazamiento no está situado cerca de los proyectos de producción de e-combustible ni de los centros de producción de CO_2 biogénico existentes en el país. Sin embargo, habría sinergias con los servicios y sistemas de las refinerías.	Potencial promedio
Costo (cualitativo)	Las inversiones requeridas se consideran inversiones medias.	Potencial promedio

5.2.3 Planta de Capurro

Figure 5-3 Planta de Capurro

Descripción general	La Planta Capurro es una propiedad de ANCAP-ALUR, que está situada cerca de la refinería La Teja de ANCAP, en la Bahía de Montevideo. Se trata de una planta de biodiésel que ocupa unas 20 hectáreas y tiene capacidad para almacenar 60 millones de litros al año, aunque en la actualidad una parte no está en uso. La planta no puede albergar nuevos tanques debido al espacio limitado, y no hay muelles ni conexiones fluviales disponibles.	
Espacio disponible	No hay espacio disponible en la zona de la planta, los tanques existentes podrían redefinirse o demolerse para construir otros nuevos.	Potencial bajo
Zonas de seguridad	La planta está situada cerca de la ciudad. Sin embargo, el almacén podría situarse en la esquina suroeste, manteniendo una distancia segura de la ciudad.	Potencial promedio
Conexión con el interior	El puerto de Montevideo está conectado con el centro y el norte del país por la nueva línea del Ferrocarril Central.	Potencial alto
Infraestructuras hidráulicas	En el caso de almacenar los productos en la planta de Capurro y exportarlos a través de los muelles de la refinería de ANCAP, la profundidad máxima disponible sería de 7m. Como alternativa, se puede construir un muelle de gran calado en la dársena principal del puerto a lo largo del Dique de Cintura (véase también el apartado 5.2.4 y 5.2.5), conectado a la terminal por una tubería de 5 km de longitud.	Potencial promedio
Consideraciones medioambientales	No se prevé que el desarrollo de tanques de almacenamiento en el emplazamiento tenga un impacto ambiental significativo.	Potencial alto
Escalabilidad	No hay suficiente espacio para ampliar el almacenamiento en el futuro.	Potencial bajo
Cercanía a la planta de producción y CO2	El emplazamiento no está situado cerca de los proyectos de producción de e-combustible ni de los centros de producción de CO_2 biogénico existentes en el país.	Potencial promedio
Costo (cualitativo)	Las inversiones requeridas se consideran inversiones medias.	Potencial promedio

5.2.4 Relleno dársena este

Figure 5-4 Relleno dársena este

Descripción general	Terrenos en el lado oriental de la bahía de Montevideo que han sido ganados al mar y son propiedad de la ANP. El terreno tiene aproximadamente 6 hectáreas y está situado cerca de Darsena III.	
Espacio disponible	El emplazamiento dispone de espacio suficiente para el almacenamiento de e-combustible.	Potencial alto
Zonas de seguridad	El almacenamiento puede situarse a una distancia segura de las zonas urbanas cercanas, conforme con las normativas.	Potencial alto
Conexión con el interior	El puerto de Montevideo está conectado con el centro y el norte del país por la nueva línea del Ferrocarril Central.	Potencial alto
Infraestructuras hidráulicas	Podría construirse un muelle específico a lo largo del Dique de Cintura, adyacente al muelle de grano, justo fuera de la dársena portuaria para mantener la seguridad de las maniobras de todos los buques. Está previsto que la dársena tenga una profundidad de 14 m cuando finalicen las obras de dragado en 2025.	Potencial alto
Consideraciones medioambientales	No se prevé que el desarrollo de depósitos de almacenamiento en el emplazamiento tenga un impacto ambiental significativo. Sin embargo, la recuperación del terreno podría generar un impacto.	Potencial promedio
Escalabilidad	Hay espacio para la recuperación de tierras para la construcción de tanques de almacenamiento. Es posible que se necesite un muelle específico si aumentan los volúmenes.	Potencial promedio
Proximidad a la planta de producción y CO2	El emplazamiento no está situado cerca de los proyectos de producción de e-combustible ni de los centros de producción de CO_2 biogénico existentes en el país.	Potencial bajo
Costo (cualitativo)	Se espera que la inversión necesaria sea media.	Potencial promedio

5.2.5 Relleno dique de cintura

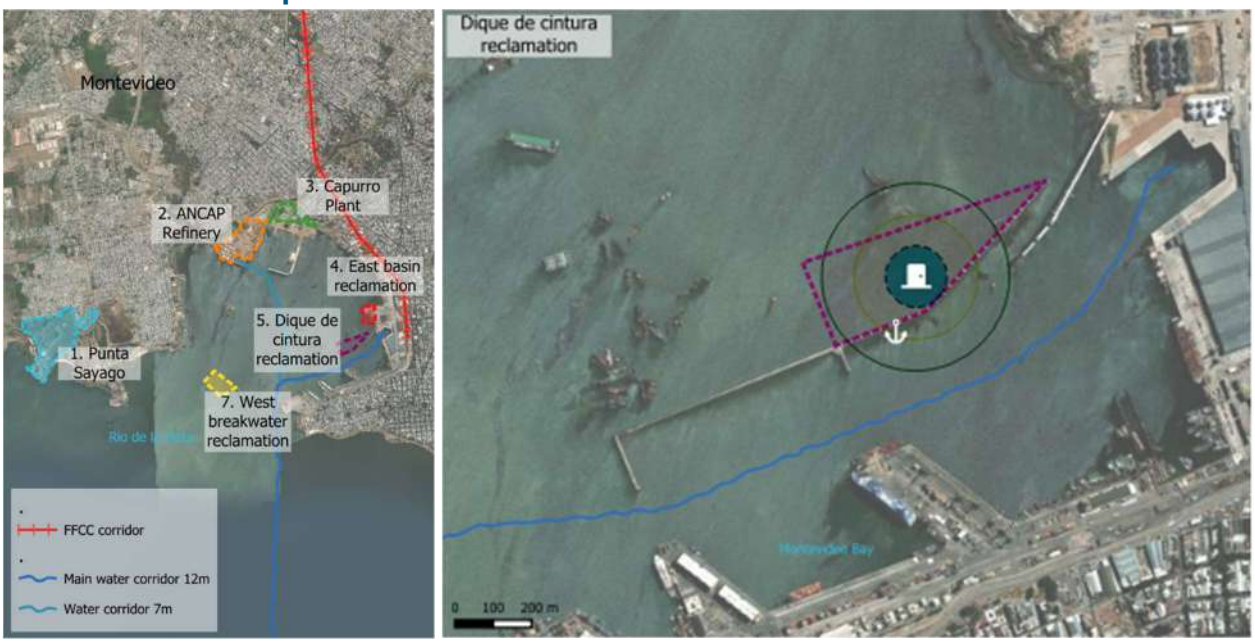

Figure 5-5 Relleno dique de cintura

Descripción general	Relleno de tierras en el lado norte del dique de cintura interno de la bahía de Montevideo, en aguas poco profundas. Podría construirse un muelle dedicado adyacente a la dársena del puerto, fuera de las zonas de maniobra, para garantizar la seguridad de la navegación en todo el puerto.	
Espacio disponible	Hay espacio suficiente para la ganancia de tierras en la zona.	Potencial alto
Zonas de seguridad	El almacenamiento puede situarse a una distancia segura de las zonas urbanas cercanas, conforme con las normativas.	Potencial alto
Conexión con el interior	El puerto de Montevideo está conectado con el centro y el norte del país por la nueva línea del Ferrocarril Central. La conexión ferroviaria con el emplazamiento puede resultar difícil, por lo que habría que construir una estación de descarga en tierra.	Potencial promedio
Infraestructuras hidráulicas	La profundidad disponible en la dársena portuaria es de 13 metros y se espera que se profundice hasta los 14 m en 2025. Se puede ubicar un muelle adyacente al muelle de la terminal granelera, justo fuera de la dársena portuaria, para mantener la seguridad de las maniobras de todos los buques. En caso necesario, puede añadirse un segundo muelle para ampliar la capacidad.	Potencial alto
Consideraciones medioambientales	No se prevé que el desarrollo de depósitos de almacenamiento en el emplazamiento tenga un impacto ambiental significativo. Sin embargo, la ganancia de terrenos podría generar un impacto.	Potencial promedio
Escalabilidad	La zona cuenta con suficiente espacio disponible para la ganancia de tierras para la construcción de tanques de almacenamiento adicionales en el futuro si es necesario.	Potencial alto
Proximidad a la planta de producción y CO_2	El emplazamiento no está situado cerca de los proyectos de producción de e-combustible ni de los centros de producción de CO_2 biogénico existentes en el país.	Potencial bajo
Costo (cualitativo)	Los costos de inversión se califican como medios.	Potencial promedio

5.2.6 Relleno escollera oeste

Figure 5-6 Relleno escollera oeste

Descripción general	Relleno de tierras en el lado oeste de la prolongación del rompeolas "Escollera oeste", junto con un muelle para recibir buques de ultramar. La terminal se situaría en aguas profundas adyacentes al canal de entrada.	
Espacio disponible	Podría construirse una terminal en una zona recuperada adyacente a la escollera, donde hay espacio suficiente para la ganancia de tierras. Como alternativa, la terminal podría situarse en Punta Sayago (véase el apartado 5.2.7), conectada al muelle mediante una tubería submarina.	Potencial alto
Zonas de seguridad	El almacenamiento puede situarse a una distancia segura de las zonas urbanas cercanas, conforme con las normativas.	Potencial alto
Conexión con el interior	La terminal no está conectada directamente a tierra (salvo por una tubería submarina). Se necesita una instalación de descarga en tierra para camiones y ferrocarril. El puerto de Montevideo está conectado con el centro y el norte del país por la nueva línea del Ferrocarril Central. Sin embargo, el proyecto estaría alejado de la costa. En Punta Sayago podría instalarse una zona de descarga para camiones y ferrocarril, así como tanques de almacenamiento.	Potencial bajo
Infraestructuras hidráulicas	Se construiría un muelle con una profundidad máxima disponible de 14 metros. El muelle tendría que estar situado fuera de la entrada del puerto, en aguas protegidas, lo que requeriría la ampliación del rompeolas y el dragado del sector de atraque.	Potencial alto
Consideraciones medioambientales	No se espera que el desarrollo de tanques de almacenamiento en el emplazamiento tenga un impacto ambiental significativo. Sin embargo, el impacto de la recuperación de tierras y el dragado en los procesos costeros y la vida marina requeriría una evaluación más detallada.	Potencial bajo
Escalabilidad	Hay espacio suficiente para la recuperación de tierras adicionales para la expansión de los tanques de almacenamiento, ya sea mediante la ampliación del relleno o en Punta Sayago.	Potencial alto
Proximidad a la planta de producción y CO_2	El emplazamiento no está situado cerca de los proyectos de producción de e-combustible ni de los centros de producción de CO_2 biogénico existentes en el país.	Potencial bajo
Costo (cualitativo)	La inversión necesaria para esta instalación sería muy elevada.	Potencial bajo

5.2.7 Punta Sayago

Figure 5-7 Punta Sayago

Descripción general	Punta Sayago es una propiedad de la ANP, situada a 6 kilómetros del Puerto de Montevideo. El terreno abarca aproximadamente 90 hectáreas y tiene planes para el desarrollo de un área logística. La mayor parte del terreno está actualmente disponible para su desarrollo, excepto un almacén de reciente construcción y algunos edificios antiguos situados cerca de la costa. En el extremo sur de la península se llevan a cabo actividades de desguace y demolición de buques a pequeña escala. No hay muelles ni conexiones fluviales.	
Espacio disponible	El emplazamiento dispone de espacio suficiente para el almacenamiento de e-combustible y las actividades asociadas.	Potencial alto
Zonas de seguridad	El almacenamiento puede situarse a una distancia segura de las zonas urbanas cercanas, conforme con las normativas.	Potencial alto
Conexión con el interior	No hay conexión ferroviaria. Una conexión con las principales líneas ferroviarias requeriría una nueva vía de unos 10 km de longitud a través de una zona poblada, lo que resultaría difícil y costoso. Por lo tanto, el desarrollo de una conexión ferroviaria en el futuro es poco probable.	Potencial bajo
Infraestructuras hidráulicas	Aunque se encuentra en la costa del Río de la Plata, la profundidad máxima disponible es de 3 metros. Serían necesarias grandes obras de dragado para permitir las operaciones de barcazas o buques cisterna en la zona. Como alternativa, podrían construirse instalaciones marítimas mar adentro o a lo largo de la escollera oeste (véase la Sección 5.2.6), pero esto requeriría largas tuberías y estructuras mar adentro.	Potencial bajo
Consideraciones medioambientales	El desarrollo de muelles marinos y dragados podría tener un impacto medioambiental significativo. Debido a la falta de conexión ferroviaria, los camiones serían el principal modo de transporte, lo que supondría un mayor impacto.	Potencial bajo
Escalabilidad	El emplazamiento dispone de espacio suficiente para una futura ampliación del almacenamiento.	Potencial alto
Proximidad a la planta de producción y CO_2	El emplazamiento no está situado cerca de proyectos de producción de e-combustibles o de centros de producción de CO_2 biogénico existentes en el país. Aunque hay espacio disponible en el emplazamiento, es poco probable que se desarrolle una producción de derivados del hidrógeno verde en los alrededores de Montevideo debido al espacio limitado del hinterland y a la falta de agua y CO_2 verde.	Potencial bajo
Costo (cualitativo)	El desarrollo del emplazamiento requeriría grandes inversiones.	Potencial bajo

5.3 Río de la Plata y Río Uruguay

5.3.1 Panorama de los sitios Río de la Plata y Río Uruguay

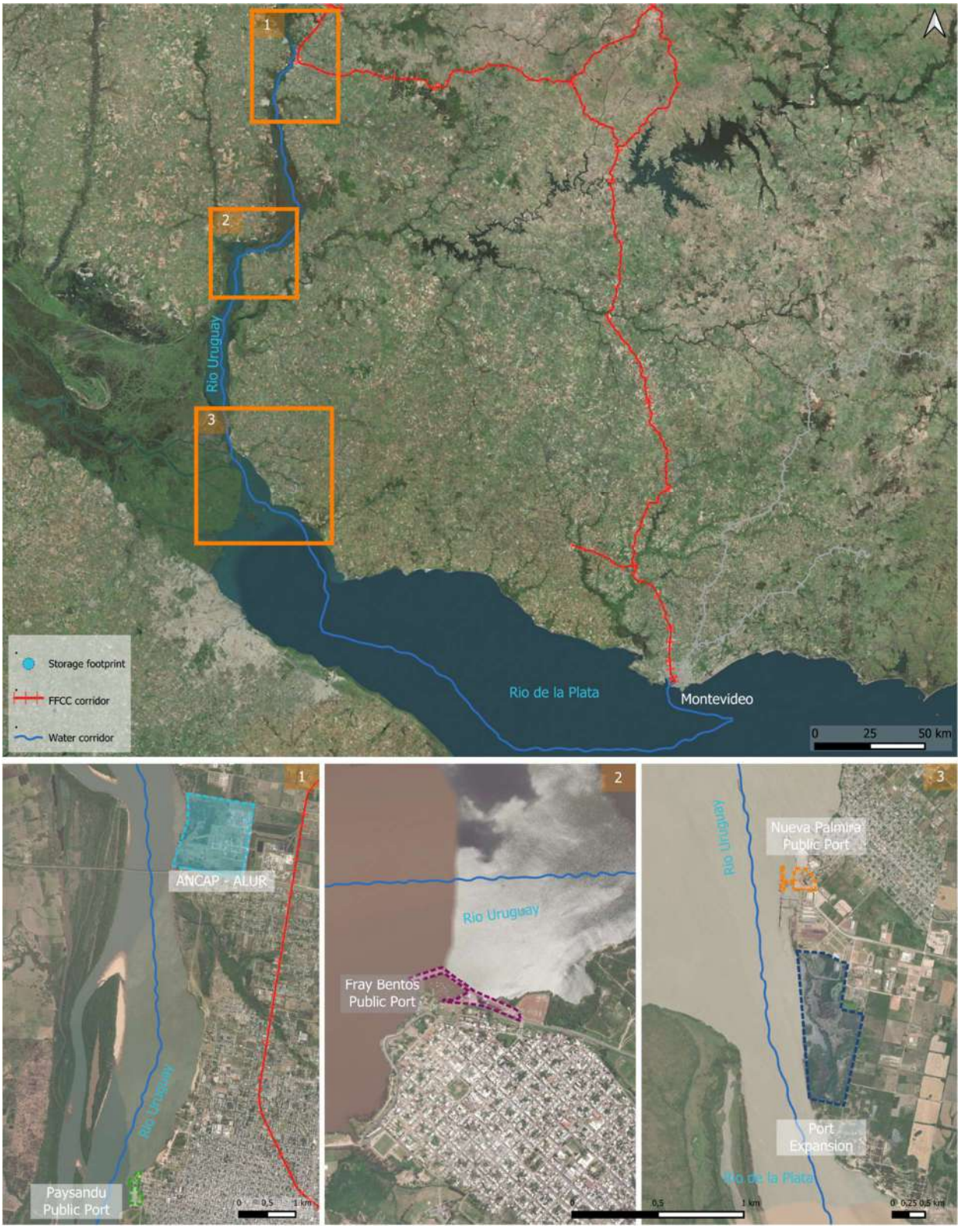

Figure 5-8 Selección de emplazamientos Río de la Plata y Río Uruguay

Table 5-2 Opciones de emplazamiento de MCA Río Uruguay y Río de la Plata.

No.	Página web	Espacio disponible	Zonas de seguridad	Conexión con el interior	Infraestructuras hidráulicas	Consideraciones medioambientales	Escalabilidad	Cercanía a la producción - CO2	Costo (cualitativo)	Nivel
		A	A	A	B	B	C	B	A	
1	ANCAP - ALUR	3	3	3	2	2	3	3	3	Potencial alto
2	Puerto Público Paysandú	2	1	2	2	2	1	2	3	Potencial bajo
3	Puerto Público Fray Bentos	1	1	2	2	3	1	2	3	Potencial bajo
4	Puerto Público Nueva Palmira	2	2	2	3	3	2	1	3	Potencial alto
5	Zona de reserva portuaria Nueva Palmira	3	3	2	3	2	3	1	1	Potencial alto

Peso: **C** menos importante - **B** importante - **A** muy importante
Puntuación: **1** pequeño/desfavorable - **2** medio - **3** grande/favorable

5.3.2 ANCAP-ALUR Paysandú

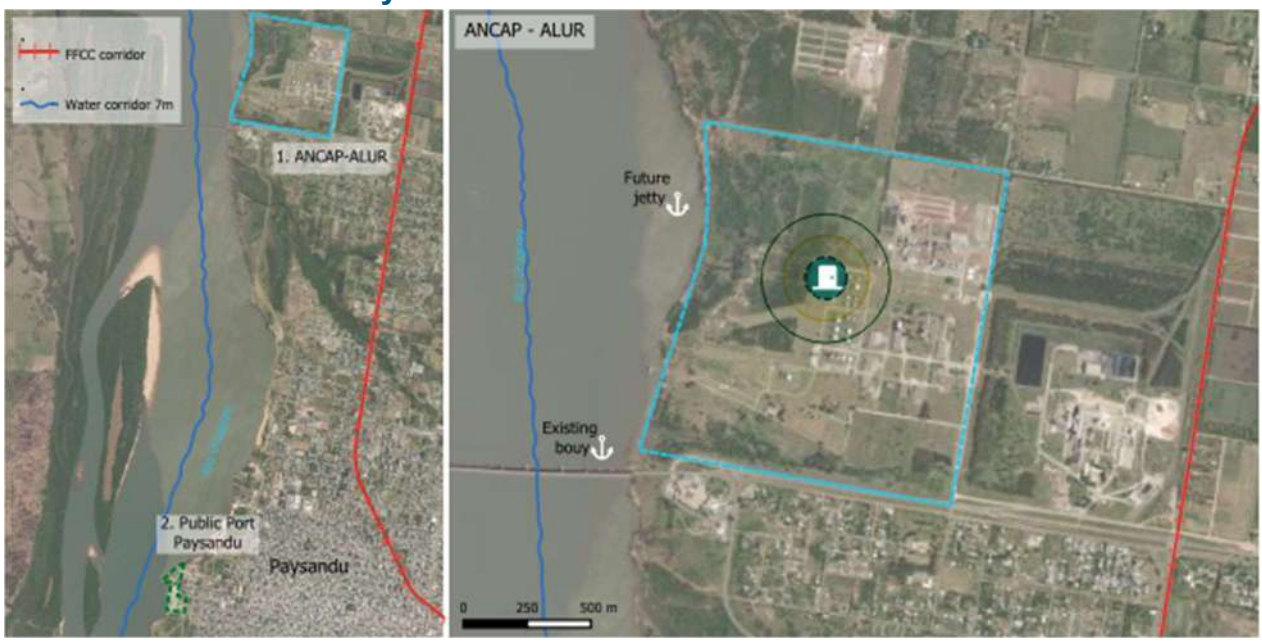

Figure 5-9 Planta de ANCAP y ALUR en Paysandú

Descripción general	La Planta Paysandú de ANCAP está situada, junto al río Uruguay, en la margen norte del Puente General Artigas-Paysandú Colón. La planta se abastece por vía fluvial a través de una boya ubicada al norte del Puente General Artigas, y por tubería hasta los tanques de almacenamiento. ALUR, que también se encuentra en la misma zona, es una empresa agroindustrial sostenible que produce una gama de productos que incluyen biodiesel, bioetanol, productos químicos, alimentos para animales, energía y azúcar. Las instalaciones de e=-combustible previstas por HIF estarán situadas a unos 6 km al norte de este emplazamiento y podrán conectarse por gasoducto.	
Espacio disponible	El emplazamiento dispone de espacio suficiente para el almacenamiento de e-combustible.	Potencial alto
Zonas de seguridad	El almacenamiento puede situarse a una distancia segura de las zonas urbanas cercanas, conforme con las normativas.	Potencial alto
Conexión con el interior	Actualmente se está desarrollando la conexión ferroviaria con el emplazamiento. Cuando esté terminada, la zona estará conectada por ferrocarril con el centro y el sur del país y con el puerto de Montevideo.	Potencial alto
Infraestructuras hidráulicas	La infraestructura marina actual incluye una boya de amarre cerca del puente, conectada a tierra por tuberías. Está previsto sustituir esta instalación por un muelle fijo, que se situará más al norte a lo largo del río. La profundidad en el muelle será de 7 m.	Potencial promedio
Consideraciones medioambientales	No se prevé que el desarrollo de depósitos de almacenamiento en el emplazamiento tenga un impacto ambiental significativo	Potencial promedio
Escalabilidad	El emplazamiento dispone de espacio suficiente para una futura ampliación del almacenamiento.	Potencial alto
Cercanía a la planta de producción y CO_2	Disponibilidad de CO_2 biogénico procedente de ALUR y próximo al proyecto HIF (6 km al norte)	Potencial alto
Costo (cualitativo)	Implica una inversión baja.	Potencial alto

5.3.3 Puerto Público Paysandú

Figure 5-10 Puerto público en Paysandú

Descripción general	El puerto público de Paysandú, situado sobre el río Uruguay, en la ciudad de Paysandú, dista 125 km de Fray Bentos y casi 450 km de Montevideo. Cuenta con un muelle para el manejo de graneles secos, administrado por la ANP.	
Espacio disponible	El emplazamiento cuenta con espacio disponible donde podría ubicarse un almacenamiento de e-combustible.	Potencial promedio
Zonas de seguridad	La zona está cerca de la ciudad, y las zonas de seguridad se solapan con áreas pobladas.	Potencial bajo
Conexión con el interior	No hay conexión ferroviaria. Las posibilidades de conexión con el interior son por camión o barcazas/pequeños buques cisterna a lo largo del Río Uruguay.	Potencial promedio
Infraestructuras hidráulicas	El puerto público dispone de un muelle de 7 m de calado.	Potencial promedio
Consideraciones medioambientales	No se prevé que el desarrollo de depósitos de almacenamiento en el emplazamiento tenga un impacto ambiental significativo.	Potencial promedio
Escalabilidad	El terreno está rodeado por la ciudad y no hay espacio para una futura ampliación del almacenamiento.	Potencial bajo
Cercanía a la planta de producción y CO2	El emplazamiento está cerca del proyecto HIF, pero la conexión requeriría la construcción de una tubería a través de la ciudad, donde sería difícil encontrar un recorrido adecuado y seguro.	Potencial promedio
Costo (cualitativo)	Las inversiones necesarias serían relativamente bajas porque la mayoría de las infraestructuras marinas ya existen.	Potencial alto

5.3.4 Puerto Público de Fray Bentos

Figure 5-11 Puerto Público en Fray Bentos

Descripción general	El puerto público de Fray Bentos, situado sobre el río Uruguay, dista 317 km de Montevideo y 92 km de Nueva Palmira. Cuenta con un muelle para la exportación de cereales, administrado por la ANP.	
Espacio disponible	El puerto está situado dentro de la ciudad, con un espacio limitado para el desarrollo de una terminal de almacenamiento.	Potencial bajo
Zonas de seguridad	El puerto está situado dentro de la ciudad, con zonas urbanas existentes cerca del puerto y posibles rutas de transporte y zonas de almacenamiento. Garantizar la existencia de zonas de seguridad adecuadas sería todo un desafío.	Potencial bajo
Conexión con el interior	No hay conexión ferroviaria. Las posibilidades de conexión con el interior son por camión o barcazas y pequeños buques cisterna a lo largo del Río Uruguay.	Potencial promedio
Infraestructuras hidráulicas	El puerto público dispone de un muelle de 7 m de calado.	Potencial promedio
Consideraciones medioambientales	-	
Escalabilidad	No hay espacio suficiente para ampliar el almacenamiento en el futuro.	Potencial bajo
Proximidad a la planta de producción y CO2	-	
Costo (cualitativo)	-	

5.3.5 Puerto Público Nueva Palmira

Figure 5-12 Puerto Público en Nueva Palmira

Descripción general	La zona portuaria de ANP en Nueva Palmira cuenta con un Muelle Ultramar, de 370 m de longitud, que se divide en dos posiciones denominadas Ultramar Sur y Norte. Ultramar Sur tiene dos manifolds que se utilizan para la descarga de fertilizantes líquidos, mientras que Ultramar Norte tiene equipos para carga a granel. Además, hay un muelle de barcazas de 196 metros de longitud que puede albergar tres barcazas operando simultáneamente. El muelle de barcazas también cuenta con un colector para cargar barcazas.	
Espacio disponible	La zona portuaria carece de espacio suficiente para el almacenamiento de e-combustible; sin embargo, el interior cercano dispone de espacio suficiente.	Potencial promedio
Zonas de seguridad	La zona está cerca de la ciudad. Sin embargo, el almacén podría situarse en el sur, manteniendo una distancia segura de la ciudad.	Potencial promedio
Conexión con el interior	No hay conexión ferroviaria. Las posibilidades de conexión con el interior son por camión o barcazas y pequeños buques cisterna a lo largo del Río de la Plata y el Río Uruguay.	Potencial promedio
Infraestructuras hidráulicas	El puerto público cuenta con dos muelles de 10 m de calado. La ocupación es de aproximadamente el 55% en ambos muelles. La terminal de grano tiene una utilización muy alta durante los 6 meses de temporada alta.	Potencial alto
Consideraciones medioambientales	No se prevé que el desarrollo de depósitos de almacenamiento en el emplazamiento tenga un impacto ambiental significativo.	Potencial alto
Escalabilidad	Hay espacio para ampliar el almacenamiento en el futuro.	Potencial promedio
Proximidad a la planta de producción y CO_2	El emplazamiento no está situado cerca de los proyectos de producción de e-combustible ni de los centros de producción de CO_2 biogénico existentes en el país.	Potencial bajo
Costo (cualitativo)	La inversión necesaria sería relativamente baja porque se puede utilizar la infraestructura existente.	Potencial alto

5.3.6 Ampliación del puerto de Nueva Palmira

Figure 5-13 Zona de ampliación del puerto de Nueva Palmira

Descripción general	El área de expansión portuaria del puerto público de Nueva Palmira es de aproximadamente 150 Ha y está ubicada en el sur de la ciudad. Esta área está reservada para proyectos portuarios y podría ser utilizada por la ANP según sea necesario.	
Espacio disponible	El emplazamiento dispone de espacio suficiente para el almacenamiento de e-combustible.	Potencial alto
Zonas de seguridad	La zona está cerca de la ciudad. Sin embargo, el almacén podría situarse en el lado oeste, manteniendo una distancia segura de la ciudad.	Potencial alto
Conexión con el interior	No hay conexión ferroviaria. Las posibilidades de conexión con el interior son por camión o barcazas y pequeños buques cisterna a lo largo del Río de la Plata y el Río Uruguay.	Potencial promedio
Infraestructuras hidráulicas	Actualmente no hay infraestructuras disponibles. La profundidad del canal es de 10 metros y es accesible para buques cisterna de ultramar de tamaño medio. El emplazamiento está situado cerca de la conexión del Río Uruguay y el Río Paraná Guazú desde Argentina, por lo que debe tenerse muy en cuenta la seguridad del tráfico marítimo en el río.	Potencial promedio
Consideraciones medioambientales	La explotación del suelo y los nuevos muelles pueden tener cierto impacto ambiental.	Potencial promedio
Escalabilidad	El emplazamiento dispone de espacio suficiente para una futura ampliación del almacén.	Potencial alto
Proximidad a la planta de producción y CO2	El emplazamiento no está situado cerca de los proyectos de producción de e-combustible ni de los centros de producción de CO_2 biogénico existentes en el país.	Potencial bajo
Costo (cualitativo)	Se espera que las inversiones para el desarrollo del emplazamiento sean elevadas	Potencial bajo

5.4 Evaluación de sitios

5.4.1 Evaluación Bahía de Montevideo

En la bahía de Montevideo, los sitos Relleno dársena este y Relleno Dique de Cintura son los más favorables, ya que disponen de espacio suficiente, acceso a aguas profundas y suficiente distancia de seguridad de las zonas pobladas. Otros emplazamientos, como la refinería de ANCAP, Capurro y la terminal de graneles líquidos, tienen algunas restricciones relacionadas con el espacio disponible, el acceso a aguas profundas o las zonas de seguridad, pero podrían ser opciones viables. Punta Sayago y la recuperación del rompeolas Oeste se consideran opciones menos viables debido a las grandes inversiones necesarias para conectar los sitios con el interior y proporcionar acceso a los buques a aguas profundas.

	Bahía de Montevideo	
3	Relleno dársena este	Potencial alto
4	Relleno Dique de Cintura	Potencial alto
1	Refinería ANCAP	Potencial promedio
2	Planta de Capurro	Potencial promedio
7	Punta Sayago	Potencial bajo
6	Relleno Escollera Oeste	Potencial bajo

5.4.2 Evaluación de los sitios Río Uruguay y Río de la Plata

En Río Uruguay y Río de la Plata, el puerto de Nueva Palmira (puerto existente y zona de expansión) es muy adecuado para desarrollar una terminal de e-fuel gracias a su accesibilidad para los buques cisterna oceánicos de tamaño medio y a su potencial como punto de tránsito para el tráfico de barcazas desde Río Uruguay y la región en general.

El emplazamiento de ANCAP / ALUR en Paysandú está bien posicionado para manejar las exportaciones de HIF y cualquier otra instalación de producción que pueda desarrollarse en la parte norte del país, y puede conectarse a Paysandú por ferrocarril. Sin embargo, debido a la limitada profundidad del río, sólo se puede acceder al emplazamiento mediante barcazas y pequeños buques cisterna, lo que requiere la transferencia de la carga buques de ultramar en otro puerto.

Los puertos públicos de Paysandú y Fray Bentos no son propicios para el desarrollo de una terminal de exportación debido a la falta de espacio y a la proximidad de las zonas urbanas.

	Río Uruguay y Río de la Plata	
1	ANCAP - ALUR Paysandú	Potencial alto
5	ANP Nueva Palmira	Potencial alto
6	Ampliación del puerto de Nueva Palmira	Potencial alto
2	Puerto Público Paysandú	Potencial bajo
4	Puerto público de Fray Bentos	Potencial bajo

6 Plan conceptual de los posibles emplazamientos

6.1 Montevideo

En la Figure 6-1 se muestra un panorama general de los posibles emplazamientos en Montevideo.

Figure 6-1 Puerto de Montevideo - emplazamientos potenciales

En cualquiera de estos emplazamientos podría desarrollarse una terminal marítima para la exportación de e-combustibles.

En lugar de un muelle en el puerto de Montevideo, podría considerarse la opción de un amarradero de punto único (SPM) cuando aumenten los volúmenes. Sin embargo, un SPM no puede situarse cerca de Montevideo debido a la poca profundidad de las aguas. Una ubicación adecuada para un SPM es el actual SPM de importación de crudo cerca de Punta del Este. Si en el futuro ya no fuera necesaria la importación de crudo, la boya y las tuberías existentes podrían reconvertirse y utilizarse para la exportación de e-metanol. Alternativamente, se podría desarrollar un nuevo sistema SPM en este lugar. Para este estudio, el SPM se menciona como una opción potencial futura, pero no se detalla en profundidad.

El desarrollo potencial de una terminal en Montevideo se ilustra para un emplazamiento, para el que se ha seleccionado el Relleno de la dársena este. Un layout típico se ilustra en la Figura 6-2. Las características principales son las siguientes:

- Se puede desarrollar una terminal de almacenamiento en el terreno de recuperado existente, que actualmente no se encuentra en uso y puede nivelarse y urbanizarse fácilmente. Se construirían varios tanques de almacenamiento, cuyo número y tamaño dependerán del número de propietarios, el número de productos y las necesidades logísticas. Alternativamente, el almacenamiento en tanques también puede realizarse en la refinería de ANCAP o en Capurro. Sin embargo, esto requiere una conexión de tuberías más larga con varias líneas.
- La terminal está alejada de zonas pobladas, lo que reduce los riesgos en cuanto a la seguridad.

- Se puede construir una terminal ferroviaria en la terminal para recibir carga por ferrocarril o, alternativamente, se puede construir una conexión por tubería a una terminal ferroviaria cercana.
- Si se requiere una capacidad de atraque adicional, puede construirse un muelle específico junto a la terminal de grano a lo largo del dique de separación. El muelle debe estar situado directamente fuera de la zona de navegación de la dársena portuaria para garantizar que haya espacio suficiente para maniobrar con seguridad. El muelle puede conectarse a la terminal marítima mediante tuberías.
- Al aumentar el tamaño del relleno, la terminal puede ampliarse si se necesita más almacenamiento en los tanques.

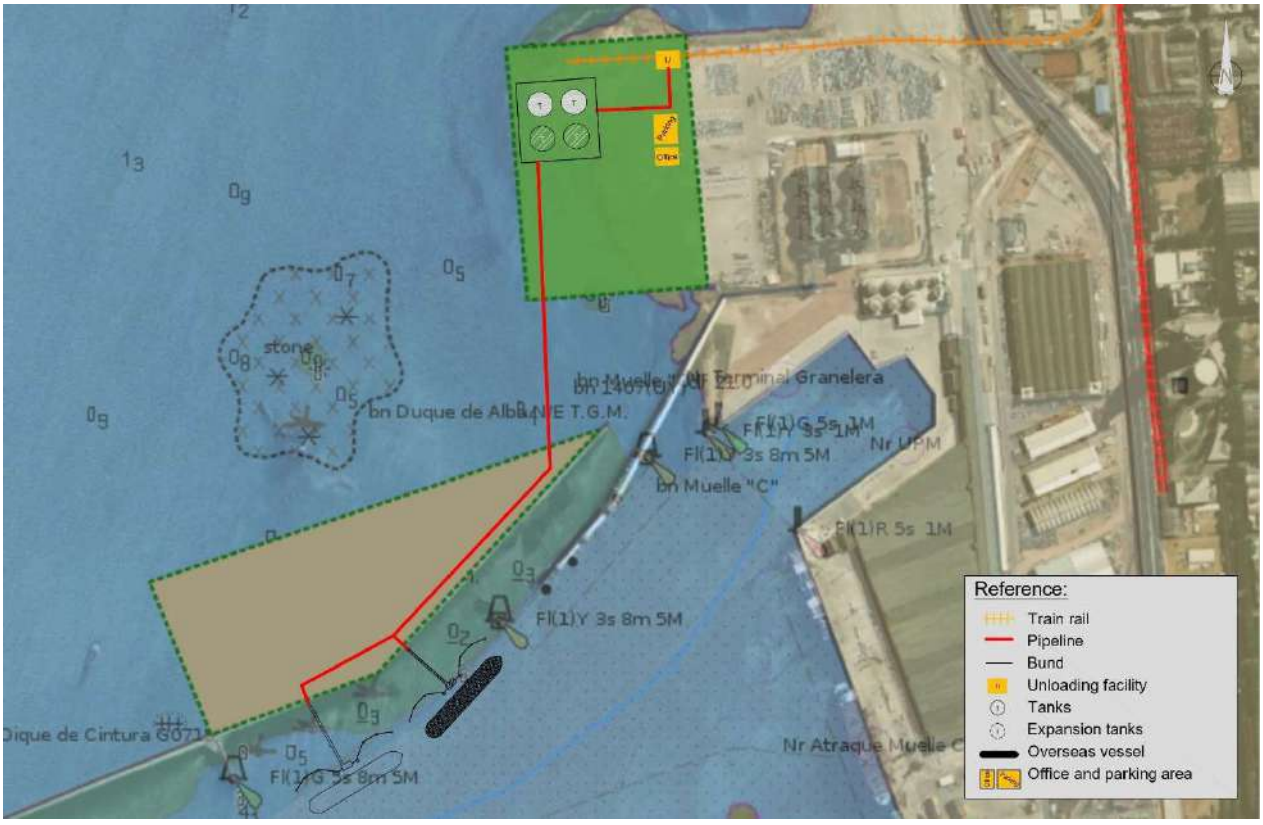

Figure 6-2 Trazado potencial de la terminal marítima de Montevideo

6.2 Puerto del Noroeste - Paysandú

La actual terminal de ALUR en Paysandú es un emplazamiento viable para el desarrollo de una terminal marítima para la exportación de e-combustible. La ubicación de este emplazamiento se muestra en la Figura 6-3. Un posible layout se muestra en la Figure 6-4. El emplazamiento presenta las siguientes características principales.

- La zona de almacenamiento de tanques existente puede ampliarse fácilmente según sea necesario para el desarrollo de almacenamiento de tanques adicionales.
- Está previsto construir un nuevo muelle fijo en el río, junto a la terminal existente. Su finalización está prevista para 2025 y tendrá capacidad para recibir barcazas y pequeños buques cisterna. Este muelle también podrá utilizarse para la exportación de e-combustibles.
- La terminal estará conectada con HIF Paysandú.
- Está previsto completar una conexión ferroviaria en la terminal.

Figure 6-3 Ubicación de la terminal ALUR en Paysandú

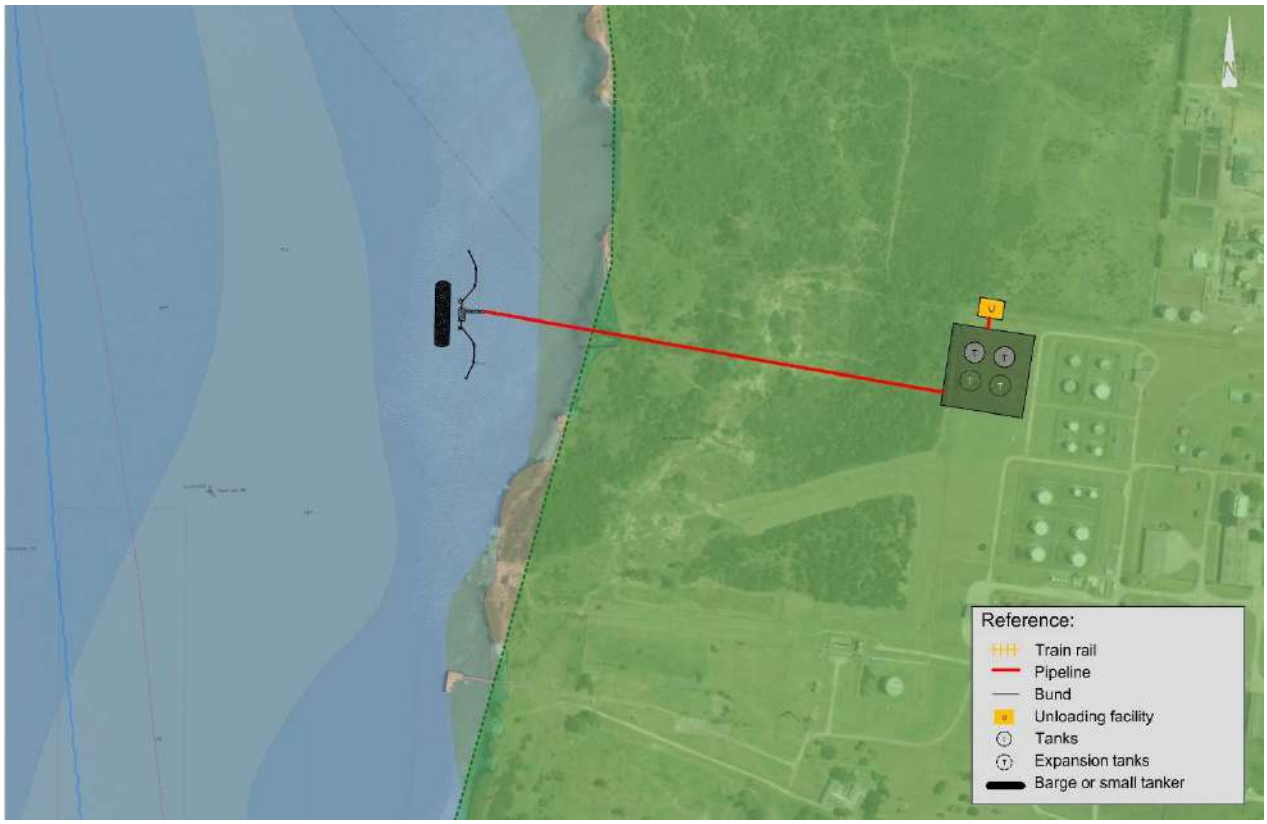

Figure 6-4 Trazado potencial de la Terminal Marítima de Paysandú

6.3 Puerto del Suroeste - Nueva Palmira

Existen diferentes posibilidades para el desarrollo de un puerto en el suroeste de Uruguay, de las cuales el puerto existente de Nueva Palmira parece prometedor. La ubicación de estos puertos se muestra en la Figure 6-5.

Figure 6-5 Localización de Nueva Palmira

Nueva Palmira es un puerto existente con tres terminales. Dos de ellas (la terminal de grano y la terminal de celulosa UPM) son privadas y no son aptas para el uso de e-combustibles. La terminal pública se utiliza actualmente para el grano y carga general, pero tendría cierta capacidad libre para manipular e-combustibles. Para volúmenes mayores, habría que construir un nuevo muelle de e-combustible en la zona de expansión al sur del puerto.

Un posible layout de la terminal marítima en Nueva Palmira se muestra en la Figure 6-6.

- Podría desarrollarse una zona de almacenamiento de tanques en el hinterland del puerto existente, donde hay terrenos disponibles en la zona de expansión portuaria. Estos terrenos están alejados de las zonas de viviendas para evitar riesgos de seguridad.
- Inicialmente, la descarga y carga de e-combustibles podría realizarse en el muelle público existente, conectado por tuberías a la zona de almacenamiento de tanques.
- Cuando los volúmenes aumenten, podría construirse un muelle específico al sur de los muelles existentes. Esta zona está destinada a la expansión del puerto. El nuevo muelle está cerca de la confluencia del río Uruguay y el río Paraná Guazú desde Argentina, pero puede construirse fuera de las vías de navegación para garantizar la seguridad de la navegación fluvial. Podría establecerse una nueva conexión por tubería con el parque de tanques, de modo de evitar el traslado de los tanques.

- El nuevo emplazamiento tiene potencial para desarrollar múltiples muelles para barcazas y buques cisterna de tamaño medio, lo que permitirá que las instalaciones se desarrollen como centro de transbordo de cargas procedentes del norte de Uruguay y también de los países vecinos.

Figure 6-6 Trazado potencial de la terminal marítima de Nueva Palmira

6.4 Costos estimados

Se han realizado estimaciones aproximadas de CAPEX para tres posibles emplazamientos, dos en Montevideo (Relleno Dársena Este y Relleno Dique de Cintura) y para la ampliación del Puerto Público de Nueva Palmira. Se trata de una estimación de clase 5 (orden de magnitud aproximado) con una precisión esperada de -50%/+100%, coherente con el bajo nivel de definición en esta fase.

Estas estimaciones se han realizado para los principales componentes, a saber

- Obras marítimas: incluyendo el relleno, el revestimiento y el muelle. Estimación basada en estimaciones cuantitativas iniciales y en proyectos similares.

- Obras civiles: Obras civiles en tierra asociadas al desarrollo marino. Estimación basada en la experiencia del proyecto.

Las inversiones para los tanques de almacenamiento y los sistemas de tuberías correrán a cargo del operador de la terminal y no se incluyen en esta estimación.

En la Table 6-1 figura un resumen de las estimaciones de CAPEX. Para más detalles, véase el Apendice B

Table 6-1 CAPEX estimation (order-of-magnitude)

Item		Total cost (million USD)
East basin reclamation		
	Marine works (excluding jetty)	5.3
	Civil works terminal	1.6
	Total	**6.9**
Dique de cintura reclamation		
	Marine works	47.8
	Civil works terminal	2.0
	Total	**49.8**
Nueva Palmira Expansion		
	Marine works	25.7
	Civil works terminal	1.6
	Total	**27.3**

7 Recomendaciones de estudios futuros

El desarrollo de una terminal marítima requerirá más estudios y diseños de ingeniería.

Como primer paso, el estudio en curso sobre la logística en tierra complementará y apoyará este estudio para las instalaciones marinas, proporcionando una visión completa sobre el desarrollo y la logística de los derivados del hidrógeno. Desde el punto de vista político, debería desarrollarse una visión sobre el papel de las partes públicas y privadas en la cadena de suministro.

El desarrollo posterior dependerá en gran medida de la ubicación y la escala de las instalaciones de producción que se desarrollen. Cada instalación buscará una combinación logística óptima para sus exportaciones basada en la optimización de costos y la fiabilidad. Las instalaciones marítimas necesarias para facilitar estas exportaciones deben desarrollarse anticipándose a la demanda real. Debe evitarse un exceso de capacidad para minimizar las inversiones excesivas, mientras que una capacidad insuficiente limitaría el potencial de exportación. Por lo tanto, debería elaborarse y actualizarse periódicamente una previsión de mercado sólida para la producción y exportación de derivados del hidrógeno, con una perspectiva a 5 años y a largo plazo.

Las exportaciones iniciales pueden facilitarse a través de las instalaciones existentes para minimizar las inversiones iniciales. Una vez que los volúmenes crezcan y se requiera una expansión, podrá desarrollarse una terminal marítima específica. Esto implicaría estudios y diseños adicionales, incluyendo:

- Estudios de viabilidad para determinar la capacidad, el diseño y el concepto de la terminal.
- Estudios de impacto ambiental para determinar cualquier impacto ambiental y medidas de mitigación
- Estudios de seguridad para determinar los contornos de seguridad
- Permisos y autorizaciones de las distintas autoridades.
- Estudios del emplazamiento para determinar las condiciones locales (batimetría, geotecnia, etc.).
- Estudios de ingeniería para las instalaciones necesarias

Apéndice A - Cálculo de la capacidad de la terminal marítima

Apéndice B – Estimación de costos