Informe Ambiental Resumen

Planta de producción de e-Metanol a partir de hidrógeno verde

Tacuarembó

Octubre 2026

Socio estratégico:

SEG INGENIERIA

ENERTRAG
One energy ahead

eia estudio ingeniería ambiental

Página intencionalmente en blanco
para impresión en doble faz.

Titular del Emprendimiento

Socio estratégico: SEG Ingeniería.

Informe Ambiental Resumen

Proyecto: Planta de producción de e-Metanol a partir de hidrógeno verde

Técnico Responsable: Ing. Civil H/A Carlos De María

Titular: **Griselda Castagnino por Belasay S.A.**

Tacuarembó

Octubre 2026

Página intencionalmente en blanco
para impresión en doble faz.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. DECLARACIÓN 9

2. RESUMEN EJECUTIVO 11

3. ALCANCE DEL INFORME AMBIENTAL RESUMEN 14

4. DATOS GENERALES DEL PROYECTO 15

4.1 IDENTIFICACIÓN DEL EMPRENDIMIENTO Y RESPONSABLES 15
4.2 ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS 15
4.3 UBICACIÓN DEL PROYECTO Y ÁREA DE INFLUENCIA 16

5. MARCO LEGAL Y DE REFERENCIA 23

6. DESCRIPCIÓN DEL EMPRENDIMIENTO 26

6.1 DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES 26
6.1.1 Descripción general 26
6.1.2 Parques de generación de energía renovable 33
6.1.3 Planta industrial 33
6.1.4 Bypass Tambores 39
6.1.5 Sitio de captura de CO_2 (DANK) 43
6.1.6 Sitio de almacenamiento en el puerto y carga de buques 43
6.2 FASE DE CONSTRUCCIÓN 44
6.2.1 Cronograma 44
6.2.2 Implantación 44
6.2.3 Obra civil y montaje 45
6.2.4 Comisionamiento 45
6.2.5 Materiales de obra y tránsito inducido 46
6.2.6 Mano de obra y alojamiento 49
6.2.7 Servicio de salud 49
6.2.8 Instalaciones y servicios auxiliares de obra 50
6.2.9 Aspectos ambientales 51
6.3 FASE DE OPERACIÓN 53
6.3.1 Parques de generación de energía 53
6.3.2 Planta industrial 53
6.3.3 Productos e insumos 59
6.3.4 Aspectos ambientales 61
6.4 FASE DE ABANDONO 64
6.5 MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES 65
6.5.1 Huella hídrica 65
6.5.2 Huella de carbono 73

7. CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO RECEPTOR 74

7.1 ÁREA DE INFLUENCIA LOCAL Y REGIONAL 74
7.1.1 Medio físico 74
7.1.2 Medio biótico 82
7.1.3 Medio antrópico 84
7.1.4 Medio simbólico 91
7.2 ÁREA DE INFLUENCIA GLOBAL 95
7.2.1 Sitio de captura de carbono 95
7.2.2 Puerto de Montevideo 96
7.2.3 Infraestructura del transporte y tránsito 96

8. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL 97

8.1 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN 97
8.1.1 Metodología de la evaluación ambiental 97

8.1.2 Metodología de la evaluación social ... 97
8.2 EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES ... 98
8.2.1 Fase de proyecto ... 98
8.2.2 Fase de construcción ... 102
8.2.3 Fase de operación ... 124
8.3 EVALUACIÓN DE RIESGOS Y CONTINGENCIAS ... 176
8.3.1 Contingencias en construcción ... 176
8.3.2 Contingencias en operación ... 177
8.3.3 Análisis de riesgo en el transporte ... 195

9. TABLA RESUMEN: MEDIDAS DE GESTIÓN, MITIGACIÓN Y COMPENSACIÓN ... 199

10. LINEAMIENTOS DEL PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL ... 217

10.1 INTRODUCCIÓN ... 217
10.2 PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL DE CONSTRUCCIÓN (PGA-C) ... 217
10.2.1 Lineamientos generales ... 217
10.2.2 Plan de monitoreo y seguimiento ambiental ... 218
10.3 PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL DE OPERACIÓN (PGA-O) ... 218
10.3.1 Lineamientos generales ... 218
10.3.2 Plan de monitoreo y seguimiento ambiental ... 219
10.3.3 Plan de contingencias ... 220
10.4 PLAN DE RELACIONAMIENTO COMUNITARIO (PRC) ... 222
10.4.1 Mecanismos de comunicación y participación ... 222
10.4.2 Propuestas de Contribución del Proyecto Tambor ... 222
10.4.3 Pilares del PRC ... 223
10.5 PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL DE LA FASE DE ABANDONO ... 224

11. CONCLUSIONES ... 225

12. REFERENCIAS ... 227

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 5-1: Marco legal y de referencia. 23
Tabla 6-1: Componentes principales del emprendimiento. 26
Tabla 6-2: Cronograma fase de construcción. 44
Tabla 6-3: Principales materiales requeridos para la construcción. 46
Tabla 6-4: Lagunas de contención de pluviales de obra. 51
Tabla 6-5: Capacidades instaladas de los principales procesos. 53
Tabla 6-6: Entradas y salidas principales de la unidad de producción de H_2. 54
Tabla 6-7: Entradas y salidas principales de la unidad de producción de MeOH. 54
Tabla 6-8: Consumos esperados de agua clarificada y desmineralizada. 59
Tabla 6-9: Características del CO_2 recibido como insumo. 60
Tabla 6-10: Demanda continua de productos químicos principales. 60
Tabla 6-11: Insumos requeridos de manera intermitente. 61
Tabla 6-12: Huella física del proyecto. 61
Tabla 6-13: Corrientes de aguas residuales del proceso industrial. 62
Tabla 6-14: Identificación de fuentes de emisiones al aire de la planta industrial. 63
Tabla 6-15: Fuentes fijas de emisiones sonoras en fase de operación. 64
Tabla 6-16: Resumen de la logística de materia prima y producto terminado. 64
Tabla 6-17: Detalle de cálculo del balance de agua integral del proceso. Unidades en m^3/d. 71
Tabla 7-1: Resultados de línea de base de ruido. 75
Tabla 7-2: Resumen de monitoreo de línea de base de calidad de agua superficial. 78
Tabla 7-3: Resumen de monitoreo de línea de base de calidad de agua subterránea. 81
Tabla 7-4: Grupos CONEAT identificados en el área de estudio (CONEAT, 1979). 82
Tabla 7-5: Riqueza de especies potenciales y Especies Prioritarias para la Conservación (EPC). 83
Tabla 7-6: Mapa de actores sociales. Fuente: Anexo XIII del EsIA. 92
Tabla 8-1: Afectación del proyecto por ambiente. 107
Tabla 8-2: Resumen de emisiones de NO2 en operación normal. 131
Tabla 8-3: Resultados de la modelación de ruido en receptores representativos en horario diurno. 134
Tabla 8-4: Resultados de la modelación de ruido en receptores representativos en horario nocturno. 134
Tabla 8-5: Caracterización de caudal y calidad de diseño de la corriente para vertido a curso de agua. 138
Tabla 8-6: Análisis del incremento de conductividad en cuerpo receptor del vertido del rechazo de la ósmosis inversa. 141
Tabla 8-7: Calidad de agua en escenario de mezcla completa en el punto E3 para los diferentes Q80. LB: Línea de Base. MC: Mezcla Completa. 142
Tabla 8-8: Calidad de agua en escenario de mezcla completa en el punto E3 para los diferentes Q50. LB: Línea de Base. MC: Mezcla Completa. 143
Tabla 8-9: Rutina de curtailment AG 1 y 2. 156
Tabla 8-10: Resultados en todos los receptores considerados con y sin medidas de *curtailment* sobre AG 1 y 2. 157
Tabla 8-11: Comparativa de la demanda proyectada al 2040 para la producción de H_2V y la demanda actual. Fuente: IMFIA (2025). 167
Tabla 8-12: Esquema de abastecimiento de agua bruta para la fase de operación. 168
Tabla 8-13: Resultados del monitoreo de línea de base de calidad de agua superficial en la estación E4. 173
Tabla 8-14: Resultado del análisis de riesgo por escenario. C: consecuencia. P: Probabilidad. R: Riesgo. 184
Tabla 8-15: Distancias de efecto daño para personas, infraestructura y equipamiento (análisis de sólo consecuencias, HyRAM+ v5.1.1 y ALOHA v5.4.7). 186
Tabla 8-16: Riesgos y precauciones en el transporte de H_2, MeOH y CO_2. 195
Tabla 9-1: Resumen de medidas de gestión, mitigación y compensación, y monitoreos asociados. 199
Tabla 10-1: Monitoreo de control de fase de construcción 218
Tabla 10-2: Monitoreos para la fase de operación, base del plan de monitoreo del PGA-O. 219

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 6-1: Histograma de personal de obra. 49
Figura 7-1: Ubicación de puntos de monitoreo de línea de base. 75

Figura 7-2: Identificación de los cursos de agua cercanos a la zona de estudio y cuenca resultante del punto de cierre. 76
Figura 7-3: Estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial y subterránea del Plan de Monitoreo de Calidad de Aguas de ENERTRAG. 77
Figura 7-4: Unidades hidrogeológicas en el área de estudio 79
Figura 8-1: Ubicación de los puntos de observación de las cuencas visuales. 126
Figura 8-2: Relación entre el caudal y la conductividad en la estación de monitoreo E3 (punto de vertido del rechazo de la ósmosis inversa). Datos de las campañas de abril de 2025 a marzo de 2026. 140
Figura 8-3: Cono de descenso para 660 m^3/d de extracción en un solo pozo. 170

ÍNDICE DE LÁMINAS

Lámina 4-1: Ubicación del emprendimiento sobre imagen satelital. 19
Lámina 4-2: Área de influencia. 21
Lámina 6-1: Diagrama general del proceso. 29
Lámina 6-2: Layout de las principales componentes del proyecto. 31
Lámina 6-3: Layout de la planta industrial. 35
Lámina 6-4: Alternativa de trazado de bypass de Tambores propuesto por la Dirección General de Ordenamiento Territorial de la IDT, considerado para la fase de operación del proyecto. 41
Lámina 6-5: Bypass provisorio y expropiaciones requeridas. 47
Lámina 6-6: Balance de agua. 57
Lámina 6-7: Balance hídrico general. 69
Lámina 7-1: Receptores cercanos. 89
Lámina 8-1: Vista general de los bienes culturales identificados. 117
Lámina 8-2: Usos en la cuenca hidrográfica del proyecto. 145
Lámina 8-3: Pozos de terceros de acuerdo con IGS. Fuente: ANEXO 2 de la respuesta SIC 04. 147
Lámina 8-4: Resultados de modelación sobre la totalidad de los receptores, horas de sombra al año, sin y con medidas de mitigación (*CURTAILMENT*) 161
Lámina 8-5: Resultados de modelación sobre la totalidad de los receptores, minutos de sombra al día, sin y con medidas de mitigación (curtailment). 163
Lámina 8-6: Distancias de efecto de daño, Proceso MeOH - almacenamiento. 189
Lámina 8-7: Distancias de efecto de daño, Proceso MeOH – carga de vagones. 191
Lámina 8-8: Distancias de efecto de daño, Proceso H_2 193

1. DECLARACIÓN

El titular del proyecto y el técnico profesional responsable, declaran que el presente Informe Ambiental Resumen se adecua en forma sucinta a los documentos del proyecto y al estudio de impacto ambiental presentados, con las correcciones y complementaciones derivadas de la tramitación a la fecha.

Griselda Castagnino

Por BELASAY S.A.

Ing. Civil H/A Carlos de María

Por Estudio Ingeniería Ambiental SRL

CAJA DE JUBILACIONES Y PENSIONES DE PROFESIONALES UNIVERSITARIOS
$ 270 PESOS URUGUAYOS TIMBRE LEY 17.738
020500 4

Página intencionalmente en blanco
para impresión en doble faz.

2. RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto “Planta de producción de e-Metanol a partir de hidrógeno verde en el Departamento de Tacuarembó (Proyecto Tambor)”, tiene como objetivo la producción de e-Metanol a partir de dióxido de carbono biogénico e hidrógeno verde, alcanzando una producción de 84.000 t/año con destino a exportación. Representa una oportunidad para crear una nueva industria para la producción de hidrógeno verde y sus derivados, sustituir los combustibles fósiles, combatir el cambio climático y desarrollar el potencial industrial de la región Norte del Uruguay.

El proyecto Tambor consiste en una planta industrial ubicada en las proximidades de la localidad de Tambores, departamento de Tacuarembó, asociada a un parque de generación de energías renovables (eólica y solar). El hidrógeno se produce mediante electrólisis, separando la molécula de agua (H_2O) en hidrógeno (H_2) y oxígeno (O_2) mediante la aplicación de energía eléctrica.

La energía eléctrica para los electrolizadores proviene de un parque eólico y un parque solar fotovoltaico, construidos como parte del proyecto en las proximidades de la planta. También se contempla una conexión a la red eléctrica nacional regulada por UTE para los momentos en que la energía producida por los parques no sea suficiente para cubrir la demanda de la planta, permitiendo una operación continua (24/7, 350 días al año). El CO_2 requerido para la producción de e-Metanol proviene de la captura y tratamiento de gas de chimenea de la caldera de biomasa de la planta DANK, ubicada en el Paraje La Aurora, localidad de Tranqueras, departamento de Rivera, a 146 km aproximadamente del sitio del proyecto Tambor. El abastecimiento de agua para la producción de hidrógeno se resuelve mediante la construcción de una presa sobre el curso de agua Chachal, próxima al área industrial, como fuente principal de agua.

El e-Metanol producido será transportado por vía férrea (Línea Rivera y Ferrocarril Central) hasta el Puerto de Montevideo, con una frecuencia estimada de un tren de 18 vagones cada 3,5 días, donde se encuentran las unidades de almacenamiento y carga. Desde el puerto se envía el producto por vía marítima a la Unión Europea, aproximadamente cada dos meses. Tanto la planta de captura de CO_2 de DANK como la terminal de carga de buques de e-Metanol en el Puerto de Montevideo tramitarán sus autorizaciones ambientales de forma independiente a la del presente proyecto, encontrándose ambas en etapas preliminares (prefactibilidad portuaria y alineación técnica para la presentación de la solicitud).

La presente tramitación ambiental incluye un informe específico denominado Documento de Proyecto (en adelante DP), con la descripción del emprendimiento y sus aspectos ambientales, que, junto con el Estudio de Impacto Ambiental (en adelante EsIA), permite identificar, valorar, evaluar y proponer medidas de gestión, mitigación o compensación para los impactos potenciales asociados, incluyendo la justificación técnica de las tecnologías seleccionadas para los procesos.

Para realizar la evaluación del proyecto es imprescindible comprender el medio receptor en el que se implantará. En el EsIA Tomo I se describen las características del sitio específico donde se emplaza el proyecto, así como las áreas de influencia consideradas, atendiendo tanto las componentes física, biótica, antrópica como simbólica que conforman la zona de implantación. Se ha realizado un estudio de línea base en lo que respecta a los aspectos hidrogeológicos, biológicos, arqueológicos, paisajísticos y sociales.

En cuanto al medio físico, se presenta una descripción detallada del clima y meteorología, así como una caracterización hidrológica e hidrogeológica de la zona, esta última a partir de informes especialistas dada la relevancia y pertinencia del recurso en el presente proyecto.

Mediante trabajo de gabinete y campañas de campo de un equipo técnico experto, fue posible caracterizar la componente biótica del sitio. Se destaca la identificación de las especies de aves y quirópteros, con especial relevancia debido a la presencia y operación de los aerogeneradores,

y la identificación de sitios prioritarios para la conservación, de modo que la implantación del parque solar y eólico, los caminos de acceso y el trazado de tendidos eléctricos no representen una afectación directa o fragmentación de hábitat significativa.

La caracterización del medio antrópico fue realizada por un equipo técnico especialista, permitiendo describir la evolución de la población del sitio y área de influencia, el acceso a servicios públicos y el mercado de trabajo, y la identificación de las actividades productivas y culturales.

Un técnico especialista desarrolló el Estudio de Impacto Arqueológico (EIArq), a partir del cual se identifican, mediante fuentes de referencia y campañas de campo, los sitios de relevancia patrimonial y arqueológica, insumo clave en la selección de ubicación de los aerogeneradores y caminos, manteniendo criterios de exclusión para la implantación de infraestructura.

La caracterización del paisaje fue realizada por un equipo técnico especialista, permitiendo la identificación de los puntos de observación prioritarios y cuencas visuales, mediante el recorrido del sitio y relevamiento fotográfico.

Para la evaluación de impacto ambiental y social se parte del emprendimiento propuesto y de la caracterización del medio receptor en el cual se inserta, utilizando una metodología clásica de identificación, valoración y evaluación de impactos ambientales, cuyo desarrollo se presenta en el EsIA Tomo II.

En la fase de proyecto el aspecto principal fue la divulgación pública del emprendimiento. En la fase de construcción, surgen como aspectos relevantes la presencia física de la obra, la demanda de mano de obra y servicios, el consumo y manejo de insumos, el tránsito inducido (incluyendo el movimiento de cargas especiales), las emisiones sonoras, los movimientos de tierra, el desbroce de vegetación y la generación de aguas residuales y de residuos sólidos. Para la fase de operación son relevantes, en torno a la operativa industrial, el consumo de agua, la generación de aguas residuales, las emisiones a la atmósfera y las posibles contingencias que involucren eventos de incendio o explosión tanto en la planta industrial como en el transporte terrestre. Asociado a los parques de generación de energías renovables, se identifican la presencia física del parque fotovoltaico y el movimiento de palas de los aerogeneradores.

Mediante una matriz de interacción se identifican los impactos potenciales derivados del cruce de los aspectos ambientales con los factores ambientales, que luego se valoran para evaluar de forma particular aquellos que resulten significativos. Para los impactos más significativos se realizaron estudios especialistas específicos, en algunos casos con herramientas de modelación que permiten predecir su efecto sobre el ambiente y determinar su admisibilidad, destacándose los modelos de propagación de ruido, sombras de aerogeneradores, dispersión de emisiones a la atmósfera y los fotomontajes para la evaluación de la afectación sobre el paisaje, además de estudio y evaluaciones realizadas por técnicos especialistas sobre disponibilidad de agua para proceso, impacto y percepción social, impacto arqueológico e impacto de tránsito.

Dentro de las modelaciones realizadas se destaca, por su especificidad respecto al presente proyecto, la modelación de sombras de aerogeneradores, utilizando los softwares WindPro y WindFarmer, mediante la cual se determina la estimación de proyección de sombras intermitentes sobre los potenciales receptores. A su vez, se realizó la modelación de propagación de ruido, cuya implementación fue realizada según la norma ISO 9613-2 mediante un script de cálculo de desarrollo propio de EIA en lenguaje Python ejecutado en el entorno Spyder, considerando las emisiones sonoras de las diferentes componentes de operación del proyecto: principalmente aerogeneradores y tránsito, obteniendo las curvas de nivel de inmisión estimadas en las proximidades del proyecto. La modelación de dispersión de emisiones a la atmósfera comprendió también la fase de operación del proyecto, utilizando el paquete de modelación AERMOD View 12.0.0.

Dentro de los estudios especialistas, se realizó el Estudio de Impacto de Paisaje, donde se observa y analiza la propuesta de instalación del nuevo proyecto, con el fin de evaluar y realizar recomendaciones sobre la inserción del mismo a su entorno, su relación con la topografía, la biodiversidad, el entorno y el imaginario colectivo sobre el lugar, incluyendo la generación de fotomontajes del proyecto mediante registros fotográficos obtenidos en salidas de campo desde varios puntos de observación. Se realizó el Estudio de Impacto Arqueológico, donde se documentan todos los registros arqueológicos detectados en el área de influencia del proyecto, postulando sitios de protección y exclusión arqueológica asegurando la salvaguardia del Patrimonio Arqueológico de la localidad, y el Estudio de Impacto de Tránsito, donde se evalúa el tránsito inducido tanto la fase de construcción como de operación y su interacción con las rutas nacionales y el acceso que atraviesa la localidad de Tambores.

Se destaca la elaboración del estudio realizado por un equipo especialista sobre el impacto en el recurso de disponibilidad hídrica para el proceso, en el cual se analizan las características del área de estudio con el fin de determinar la disponibilidad hídrica a partir de todas las fuentes de agua potenciales para el emprendimiento, y, en base a los resultados obtenidos, y considerando la normativa vigente y los aspectos operativos, se desarrolló la propuesta de suministro de agua que permitiera cubrir de manera sustentable la demanda proyectada.

En el marco del EsIA se llevó a cabo, además, un Estudio de Impacto Social a cargo de un equipo técnico especialista, siguiendo los lineamientos de las Normas de Desempeño de la IFC y el Marco de Política Ambiental y Social del Grupo BID. En este marco se desarrollaron instancias de divulgación y consulta entre diciembre de 2024 y abril de 2025, con 11 encuentros grupales y 30 entrevistas individuales con actores locales (unas 100 personas en total), orientadas a la presentación del proyecto y a la habilitación de espacios de diálogo. Con posterioridad a estas instancias, el relacionamiento con la comunidad continuó a lo largo de 2025 mediante ocho jornadas de atención personalizada en el Municipio de Tambores y tres “meriendas informativas” en la localidad. En el marco del Plan de Relacionamiento Comunitario (PRC) en desarrollo se prevé, entre otras herramientas, la apertura de una oficina permanente en Tambores una vez iniciados los trabajos preparatorios de obra.

En cuanto al manejo de sustancias químicas, se realizó un análisis de riesgo acorde a normativa internacional, contemplando escenarios de simulación de posibles eventos contingentes. Se utilizaron dos modelos de simulación, el HyRAM+ (recomendado en la norma UNE-ISO 19880-1:2022) y el modelo ALOHA (recomendado por la EPA), que permitieron cuantificar las distancias de seguridad necesarias en torno a la operación de la planta industrial para verificar su adecuada inserción en el entorno.

Como resultado de las evaluaciones de especialistas surgió un conjunto de medidas de mitigación y gestión recomendadas, que serán adoptadas por el proyecto e incluidas en planes específicos correspondientes a etapas subsiguientes de desarrollo. Como parte del proceso de autorización ambiental se elaborarán y presentarán, en etapas posteriores, un Plan de Gestión Ambiental de Construcción (PGA-C) y un Plan de Gestión Ambiental de Operación (PGA-O), que incluirán la gestión de los distintos aspectos del emprendimiento y los planes de seguimiento y control, monitoreo, actuación ante contingencias y relacionamiento con la comunidad.

A su vez, durante el proceso de AAP se elaboró la Solicitud de Autorización de Desagüe Industrial (SADI) y el Plan de Gestión de Residuos Sólidos Industriales (PGRSI), que fueron presentados a la autoridad ambiental, y en diciembre de 2025 se presentó la solicitud del derecho de uso de agua en DINAGUA de la presa del proyecto.

Considerando el conjunto de medidas de mitigación ya incorporadas al proyecto y las definidas en el marco de la presente evaluación para los impactos potenciales identificados, se concluye que el desarrollo del proyecto es admisible sobre el medio receptor.

3. ALCANCE DEL INFORME AMBIENTAL RESUMEN

El presente Informe Ambiental Resumen (IAR) ha sido elaborado conforme a las disposiciones del Artículo 14 del Decreto 349/005, con el objetivo de sintetizar de manera clara y comprensible la información contenida en el DP, en el EsIA y en sus informes especialistas asociados, así como en las Solicitudes de Información Complementaria (SIC) atendidas en el proceso. Este documento constituye un resumen de los aspectos más relevantes del análisis técnico y las medidas de gestión propuestas, manteniendo la precisión y el rigor técnico necesarios para garantizar una adecuada comprensión por parte del público interesado.

Es importante señalar que el IAR no reemplaza a los documentos originales, sino que actúa como una herramienta de consulta accesible, permitiendo a los interesados obtener una visión general de los principales impactos identificados y las medidas propuestas para su mitigación o compensación. Para acceder a la información completa y detallada, se encuentra a disposición el expediente del proyecto (2025/36001/019098), el cual compendia la totalidad de documentos técnicos generados durante la tramitación de la Autorización Ambiental Previa (AAP).

La documentación del proceso de Solicitud de AAP se encuentra disponible al público en la plataforma del Observatorio Ambiental Nacional (OAN)[1] del Ministerio de Ambiente.

Entre la documentación relevante que puede consultarse se destacan el DP y el EsIA, este último dividido en dos tomos, donde se aborda en profundidad la caracterización del medio receptor (Tomo I) y la identificación y evaluación de impactos (Tomo II). Asimismo, se encuentran los estudios especialistas y de línea de base, como el informe de línea de base de ruido, línea de base de agua superficial y subterránea y línea de base biológica, el estudio de tránsito, el estudio de paisaje, el informe de modelación de calidad del aire, el informe de modelación de ruido, el Estudio de Percepción Social (EPS) y el informe de análisis de riesgos. A su vez, se encuentran disponibles las respuestas a las SICs remitidas durante el proceso.

De esta manera, se asegura que toda la información necesaria para el análisis detallado del proyecto esté disponible para las partes interesadas, promoviendo la transparencia y la participación en el proceso de evaluación ambiental. Asimismo, es posible realizar la consulta a la totalidad de la documentación del expediente a través de los mecanismos dispuestos por la Ley 18.381 de “Acceso a la Información Pública”.

En caso de surgir observaciones o consultas durante el manifiesto de este documento, estas podrán ser presentadas a la autoridad a través del formulario de comentarios disponible en el OAN.

[1] https://www.ambiente.gub.uy/oan/proyectos/proyecto-tambor-planta-de-produccion-de-e-metanol-a-partir-de-h2verde/

4. DATOS GENERALES DEL PROYECTO

4.1 IDENTIFICACIÓN DEL EMPRENDIMIENTO Y RESPONSABLES

Titular del emprendimiento	
Razón social	BELASAY SA
RUT	218731850012
Domicilio	Plaza Cagancha 1145, piso 6, Montevideo
Representante legal	Manuel Lecuona
Apoderados	Fernando Puntigliano y Griselda Castagnino, indistintamente
Técnico responsable del emprendimiento	
Empresas responsables	SEG Ingeniería (Uruguay) y ENERTRAG (Alemania)
Técnico responsable	Ing. Civil H/A Griselda Castagnino
Domicilio	Manuel José Errazquin 2368, Montevideo
Técnico Responsable del Estudio de Impacto Ambiental	
Técnico responsable	Ing. Civil H/A Carlos de María
Empresa	Estudio Ingeniería Ambiental SRL (EIA)
Domicilio	Av. del Libertador 1532, Esc. 401, Montevideo
Técnicos colaboradores de EIA	Mag. Ing. Civil H/A Andrea Pitzer, Mag. Ing. Civil H/A Rodrigo Junes, Mag. Ing. Quím. Camila Machado, Mag. Ing. Civil H/A Lucía Ponce de León, Ing. Quím. Ana Navarrine, Ing. Civil H/A. Emilio Barrenengoa, Ing. Quím. Mathías Esteves, Ing. Quím. Agustina Albarengue y Ing. Quím. Colin Rogers
Técnicos especialistas intervinientes	Lic. en Comunicación Enrique Rivero, Ing. Civil Vial Diego Gagliardi, Mg. Arq. Carolina Lecuna, Lic. en Ciencias Antropológicas Arturo Toscano y Lic. en Biología Santiago Carvalho (Tetra Consultores-Biodiversidad)

4.2 ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS

Contexto nacional	
2017	Se aprueba la Política Nacional de Cambio Climático (Decreto 310/017), que establece las estrategias de adaptación y mitigación del país y aprueba la Primera Contribución Determinada a Nivel Nacional.
2018	Comienza el estudio de la producción de H_2V en Uruguay, a partir de un grupo interinstitucional integrado inicialmente por el MIEM, ANCAP y UTE, al que se sumaron otros ministerios e instituciones desde 2021.
2022	Se publica la "Hoja de ruta del hidrógeno verde en Uruguay" (con apoyo del BID) y se emite la RM 294/022, que crea el programa H2U.
Hitos administrativos del proyecto	
Diciembre de 2021	Elaboración del primer informe técnico del proyecto Tambor (Viabilidad Ambiental de Localización, VAL), en base a estudios de ambientes y fauna, geotecnia, hidrogeología, geofísica y patrimonio arqueológico, a los efectos de iniciar ante la Dirección Nacional de Calidad y Evaluación Ambiental (DINACEA) el proceso de gestión de la autorización ambiental para el proyecto.

Noviembre/Diciembre de 2022	En noviembre de 2022, la Junta Departamental de Tacuarembó aprueba la revisión de las Directrices Departamentales para recategorizar 100 ha del padrón 10.317 de suelo rural a suburbano industrial. La DINACEA otorga la VAL en noviembre y emite en diciembre los Términos de Referencia para la presentación de la SAAP.
Noviembre de 2024	Solicitud de extensión de plazo de entrega
Diciembre de 2024	Presentación de la SAAP con el DP y el EsIA – Tomo I y Tomo II (Exp: 2024/36001/027780), y presentación de la SADI.
Febrero de 2025	Se recibe Vista de la SAAP presentada.
Diciembre de 2025	Se presentan documentos SAAP (Exp: 2025/36001/019098) y SADI actualizados junto con la respuesta a la Vista.
Enero 2026	Se recibe SIC 01
Marzo de 2026	Se recibe SIC 02 y se responde SIC 01.
Abril de 2026	Se recibe SIC 03.
Julio de 2026	Se responde en conjunto la SIC 02, la SIC 03 y se complementa la respuesta de la SIC 01.
Setiembre de 2026	Se recibe SIC 04 y Solicitud de presentación del presente IAR. Se responde la SIC 04 y se presenta el IAR.
Octubre de 2026	Se reciben observaciones al IAR. Se responden las observaciones y se presenta el IAR corregido.

4.3 UBICACIÓN DEL PROYECTO Y ÁREA DE INFLUENCIA

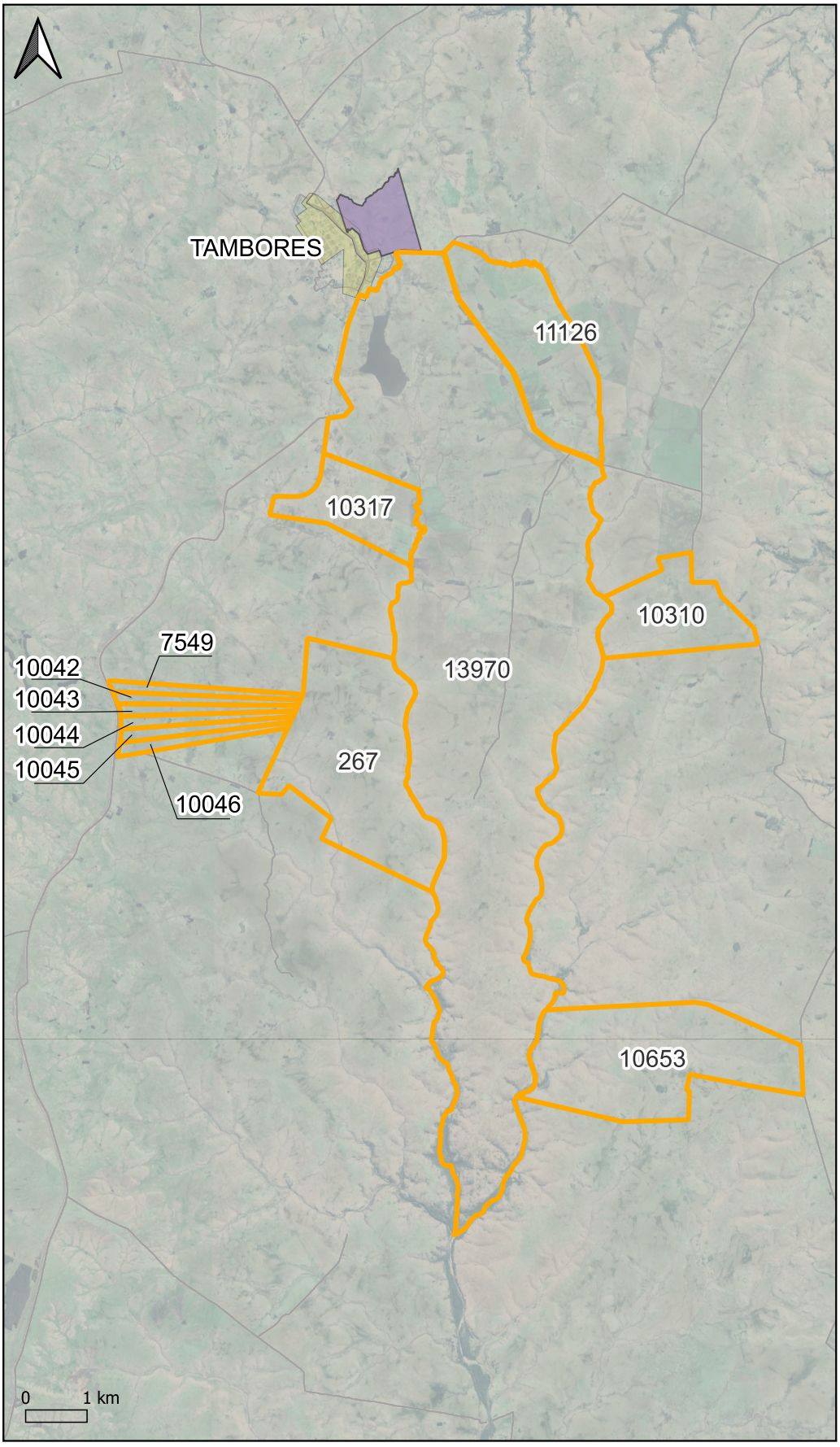
Ubicación y componentes principales	
Acceso	Al sitio se accede por Ruta 26, seguido de un camino departamental hacia el sitio Tambor. Adyacente a este se encuentra la vía férrea que conecta Rivera con Paso de los Toros. También existe un conjunto de caminos departamentales que conectan el sitio directamente con la Ruta 5.
Padrón industrial	Nº 10.317. Área total 216 ha, de las cuales aprox. 100 ha han sido objeto de cambio de uso del suelo y 21 ha corresponden al desarrollo industrial (11 ha destinadas a las plantas de producción de H_2 y MeOH y a las instalaciones de servicios y auxiliares, y las 10 ha restantes destinadas a la subestación eléctrica y la caminería de acceso).
Parques de energía renovable	Nº 267, 10.310, 10.317, 10.653, 11.126 y 13.970. Padrones privados, bajo contratos de arrendamiento de largo plazo con sus propietarios. El proyecto ha sido diseñado en acuerdo con los propietarios de tal manera de no perturbar las actividades que se desarrollan actualmente en los predios.
Presa de abastecimiento de agua	Padrones Nº 7.549 y 10.042 a 10.046, a 3,5 km aproximadamente del Sitio Industrial.
Acceso y *bypass* provisorio	Padrón Nº 16.782. Se requerirá la expropiación de fracciones menores para la adecuación de los radios de giro del *bypass* provisorio de la fase de construcción del emprendimiento.
Sitio de captura de CO_2	Planta DANK (aserradero con caldera de biomasa), Paraje La Aurora, localidad de Tranqueras, departamento de Rivera, a 146 km del Sitio Industrial. La selección del sitio se realizó en base al estudio *"Análisis de la disponibilidad de CO_2 para la producción de derivados de H2V en Uruguay"* (International PtX-Hub, 2023, avalado por el MIEM), que releva las fuentes

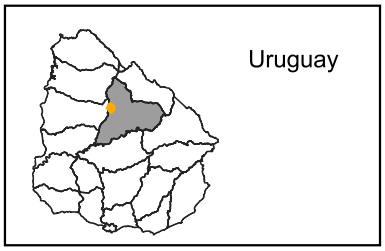
Ubicación y componentes principales	
	de CO_2 del país y confirma la compatibilidad de la planta de captura y su transporte con la normativa nacional.
Sitio de almacenamiento y carga de buques	Puerto de Montevideo, con sitio específico de recepción y almacenamiento vinculado a las terminales portuarias existentes. En base al estudio *"Exportación de derivados de hidrógeno verde – análisis logístico"* (Puerto de Róterdam y MIEM/MTOP/ANP, 2024), que identifica al Noreste del país como región de potencialidad para la producción de H_2V y define al transporte ferroviario hacia el Puerto de Montevideo como la logística de exportación adecuada.

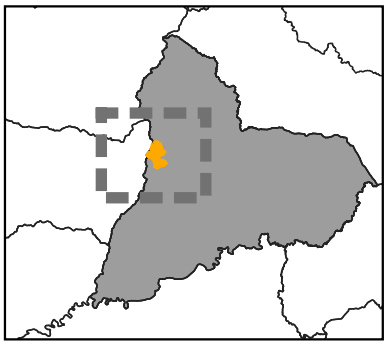
En la **Lámina 4-1** se presenta el emprendimiento sobre fotografía satelital.

Adicionalmente, a los efectos de la evaluación se distinguen distintos niveles de área de influencia, según la escala en que se expresan los impactos potenciales del proyecto. El Área de Influencia Local como el entorno predial directo, camino de acceso a Tambores, radio de 10 a 12 km vinculado al suministro de agua, y el arroyo Sarandí como curso receptor de efluentes. El Área de Influencia Regional considera las interacciones sociales con comunidades, empresas, organizaciones y entidades de gobierno del entorno departamental, con eje en Tacuarembó, Valle Edén y Piedra Sola. Mientras que el Área de Influencia Global, incluye el sitio de captura de CO_2, el Puerto de Montevideo e infraestructura de transporte entre ambos y la planta industrial.

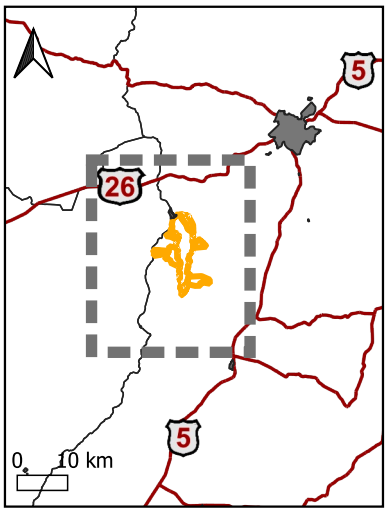
Página intencionalmente en blanco
para impresión en doble faz.







Departamento de Tacuarembó



Detalle

Referencias

- Padrones del emprendimiento
- Padrón con expropiaciones por bypass

estudio ingeniería ambiental

ENERTRAG One energy ahead

UBICACIÓN DEL EMPRENDIMIENTO SOBRE FOTOGRAFÍA DIGITAL. Fuente: Google Earth

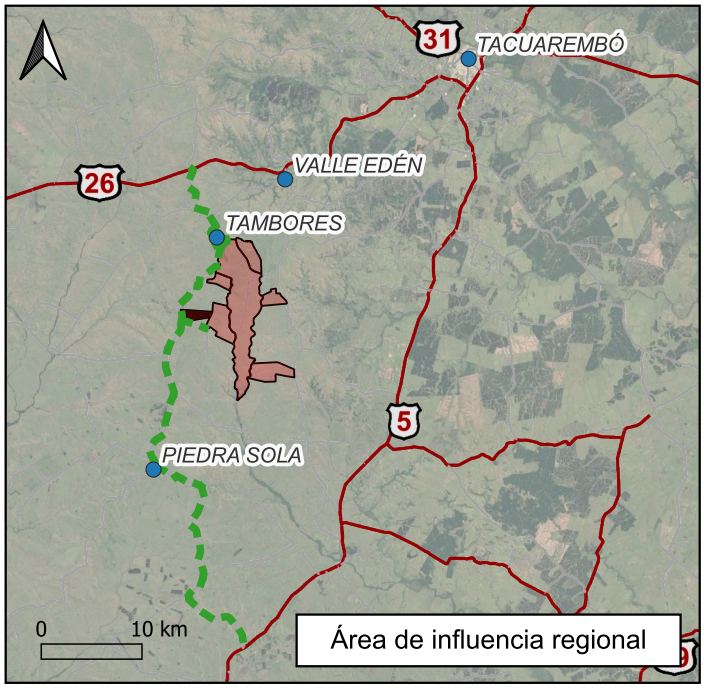
ESCALA 1:25.000

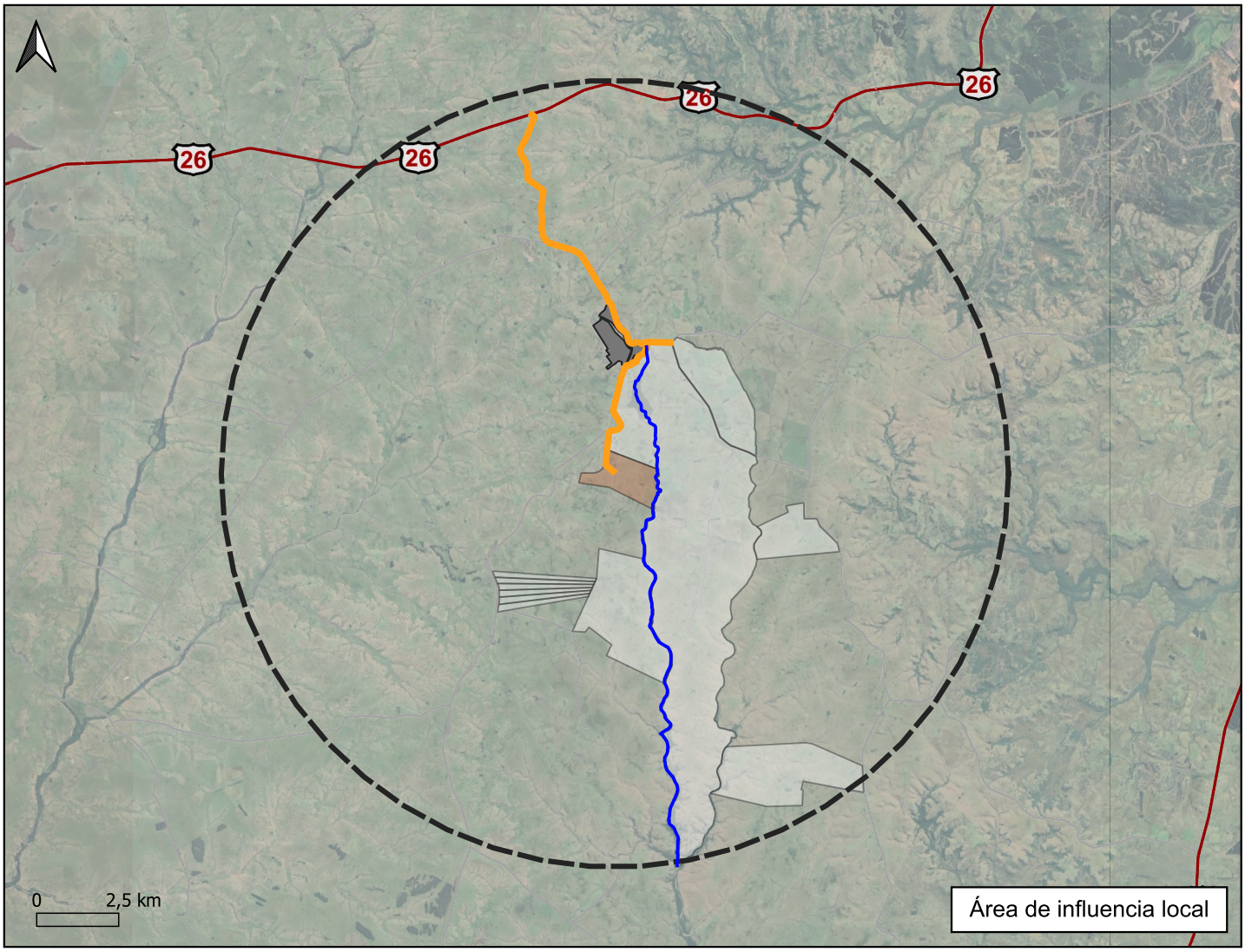
TITULAR	BELASAY S.A.
PROYECTO	PLANTA DE PRODUCCIÓN DE E-METANOL A PARTIR DE HIDRÓGENO VERDE
UBICACIÓN	DEPARTAMENTO DE TACUAREMBÓ

LAMINA **4-1**

Página intencionalmente en blanco
para impresión en doble faz.







Referencias

- Arroyo Sarandí
- Acceso
- Desarrollo global del proyecto
- Padrón 10.317
- Localidad Tambores
- Radio de 12 km de área industrial por demanda de suministro de agua
- Sitios de interés
- Departamentos
- Vías de conexión
- Localidades regionales
- Ruta nacional
- Camino Departamental
- Desarrollo global del proyecto

eia estudio ingeniería ambiental

ENERTRAG One energy ahead

ÁREA DE INFLUENCIA		ESCALA 1:750.000 1:200.000 1:7.500.000
TITULAR	BELASAY S.A.	LAMINA 4-2
PROYECTO	PLANTA DE PRODUCCIÓN DE E-METANOL A PARTIR DE HIDRÓGENO VERDE	
UBICACIÓN	DEPARTAMENTO DE TACUAREMBÓ	

Página intencionalmente en blanco
para impresión en doble faz.

5. MARCO LEGAL Y DE REFERENCIA

Tabla 5-1: Marco legal y de referencia.

Norma	Carácter y aplicación
Ambiental	
Ley General de Protección del Ambiente (Ley 17.283 del 28/11/2000)	Reglamentaria del art. 47 de la Constitución. Declara de interés general la protección del ambiente, el manejo de sustancias tóxicas y la conservación de la biodiversidad; fija los principios e instrumentos de la política ambiental y las competencias de las autoridades en la materia.
Ley de Evaluación de Impacto Ambiental y Decreto reglamentario (Ley 16.466 del 19/01/1994 y Decreto 349/05 y modificativos)	Establece la Evaluación de Impacto Ambiental como procedimiento obligatorio para determinadas actividades, que culmina en la Autorización Ambiental Previa otorgada por el Ministerio de Ambiente (para ciertos rubros establece una etapa previa de Viabilidad Ambiental de Localización).
Código de Aguas (Decreto-Ley 14.859 del 18/12/1978 y modificativas)	Normas básicas de regulación, administración y control del uso de los recursos hídricos, con reglamentos parciales posteriores.
Ley de Política Nacional de Aguas (Ley 18.610 del 02/10/2009)	Fija los principios rectores de la gestión de los recursos hídricos y de los servicios y usos vinculados al agua.
Decreto 226/025	Reglamenta la prevención y control de la contaminación de aguas superficiales y subterráneas (objetivos de calidad, límites de vertido, regulación de actividades contaminantes), con un enfoque integral sobre los ecosistemas hídricos que incorpora problemas como la eutrofización y la contaminación difusa.
Ley de contaminación acústica y valores guía (Ley 17.852 del 10/12/2004)	Define ruido y contaminación acústica. Atribuye al MVOTMA (actual Ministerio de Ambiente) la coordinación de acciones y el establecimiento de normas de inmisión y emisión. Atribuye a las autoridades locales y departamentales el establecimiento de zonificación acústica, el otorgamiento de permisos a las actividades emisoras de sonido y el control de estas.
Valores guía GESTA - Ruido 2023	"Valores guía para prevenir la contaminación acústica": esta Guía pretende ser una referencia para las actuaciones ambientales de la administración central y de otros organismos, así como para la realización de estudios acústicos a nivel nacional.
Ordenanza de corrección de la Contaminación Acústica de Tacuarembó (Decreto Departamental Nº 002/07)	Tiene por objeto la prevención, vigilancia y corrección de la contaminación acústica a nivel departamental; establece límites de inmisión para el horario diurno y nocturno.
Reglamento de gestión de Residuos Sólidos Industriales y asimilados (Decreto 182/13 y modificativos)	Marco para la gestión ambientalmente adecuada de residuos sólidos industriales y asimilados: generación, clasificación, almacenamiento, transporte, reciclado, valorización, tratamiento y disposición final.
Reglamento de calidad del aire (Decreto 135/021)	Fija límites máximos de emisión para fuentes fijas y móviles y objetivos de calidad del aire para proteger la salud humana y los ecosistemas.

Norma	Carácter y aplicación
Reglamentación gestión de residuos de obras de construcción (ROCs) (Decreto 213/025)	Reglamenta la gestión de los residuos de obras de construcción, reforma y demolición (ROC), estableciendo criterios para prevenir y minimizar su generación, promover la reutilización, segregación y valorización de materiales y asegurar una disposición final ambientalmente adecuada. Se define las principales categorías de ROC y las obligaciones de generadores, empresas constructoras y gestores, incluyendo la clasificación en origen, almacenamiento, transporte y trazabilidad.
Locativo	
Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible (Ley 18.308 del 30/06/2008 y modificativas)	Marco regulador general del ordenamiento territorial: competencias e instrumentos de planificación, participación y actuación, ejercidos a nivel departamental mediante Directrices, Ordenanzas y Planes Locales.
Directrices Departamentales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible de Tacuarembó (Decreto 28 del 16/08/2016)	Lineamientos estratégicos de ordenamiento territorial para todo el departamento de Tacuarembó, con horizonte 2030.
Reglamentación de las Directrices Departamentales (Res. 1312/2017)	Fija, entre otros parámetros, el tamaño mínimo de predio en área suburbana de Tambores (600 m²).
Modificación de las Directrices Departamentales de Tacuarembó (Decreto 46/22 del 11/11/2022)	Categoriza como suelo Suburbano Industrial un área de 100 ha del padrón rural 10.317 (11ª Sección Catastral de Tacuarembó), con destino a una planta de producción de H2V y derivados asociada a un parque eólico-solar.
Sustantivo	
Implementación y Administración del "Programa H2U" a cargo del MIEM (RM Nº 294/022)	Aprueba el Programa H2U para promover el desarrollo del hidrógeno verde en Uruguay, con participación de varios Ministerios y agencias nacionales.
Ley de promoción y protección de inversiones (Ley 16.906 del 07/01/1998 y modificativas)	Declara de interés nacional la promoción y protección de las inversiones nacionales y extranjeras, con igual tratamiento para ambas.
Decreto reglamentario de la Ley de inversiones (Decreto 477/08)	Autoriza al Poder Ejecutivo a firmar contratos de inversión para proyectos de gran significación económica.
Marco Regulatorio del Sector Eléctrico (Ley 16.832 del 17/06/1997 y modificativas)	Habilita la generación privada de energía eléctrica en forma regulada y crea la Administración del Mercado Eléctrico.
Decretos reglamentarios del Marco Regulatorio del Sector Eléctrico (Decreto 360/02 y Decreto 276/02 y modificativos)	Aprueban el Reglamento del Mercado Mayorista y el Reglamento General del Marco Regulatorio del Sistema Eléctrico Nacional.
Reglamento Nacional de Circulación Vial (Decreto 118/84 y modificativos)	Fija las reglas de tránsito de alcance nacional: uso de la vía pública, habilitaciones y obligaciones de conductores, condiciones de los vehículos y señalización.
Plan de Respuesta ante Emergencias con Mercancías Peligrosas en Rutas Nacionales y Caminos Departamentales (Decreto 332/03)	Protocolo de respuesta ante emergencias (daños, incendio, explosión o derrame) durante el transporte carretero de mercancías peligrosas.

Norma	Carácter y aplicación
Reglamento Nacional para el Transporte de Mercaderías Peligrosas por Carretera (Decreto 560/03)	Regula el transporte carretero de mercaderías peligrosas a nivel nacional, con base en el Acuerdo MERCOSUR sobre la materia; el transporte urbano queda bajo competencia municipal.
Límites de peso para vehículos en rutas nacionales (Decreto 326/986 y Decreto 311/007 modificativo)	Reglamento de límites de peso y dimensiones para vehículos que circulan por rutas nacionales, aplicable al transporte de equipos y componentes de gran porte de la obra.
Permisos especiales de circulación (Decreto 132/021)	Reglamento para el otorgamiento de permisos especiales de circulación, requeridos para el transporte de cargas que superen los límites dimensionales generales.
Reglamento de Seguridad de Proyectos de Hidrógeno como Fuente de Energía Secundaria (Resolución del Directorio de URSEA 349/024)	Establece normas de seguridad, abarcando la producción, acondicionamiento, almacenamiento, consumo y comercialización.

6. DESCRIPCIÓN DEL EMPRENDIMIENTO

El presente emprendimiento denominado proyecto "Tambor", tiene como objetivo la producción de e-Metanol (MeOH) renovable a partir de hidrógeno verde (H_2V) y dióxido de carbono (CO_2) biogénico, con destino a exportación. En la presente sección, se describen sus componentes principales, las actividades previstas para cada una de las fases del proyecto (construcción, operación y abandono), así como los principales aspectos ambientales asociados.

6.1 DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES

6.1.1 Descripción general

Las principales instalaciones del proyecto se ubican en lo que se denomina Sitio Tambor, ubicado a 3 km de la localidad de Tambores, departamento de Tacuarembó, comprendiendo la planta industrial (sitio industrial) y los parques de generación de energía renovable. Se prevé además infraestructura asociada localizada fuera del predio (*off-site*): el sitio de captura de CO_2 en la planta de DANK (Tranqueras, Rivera) y el sitio de almacenamiento y carga de buques en el Puerto de Montevideo, ambos son objeto de autorizaciones ambientales específicas e independientes, presentados en este documento a efectos de evaluar la viabilidad del emprendimiento en su conjunto.

Tabla 6-1: Componentes principales del emprendimiento.

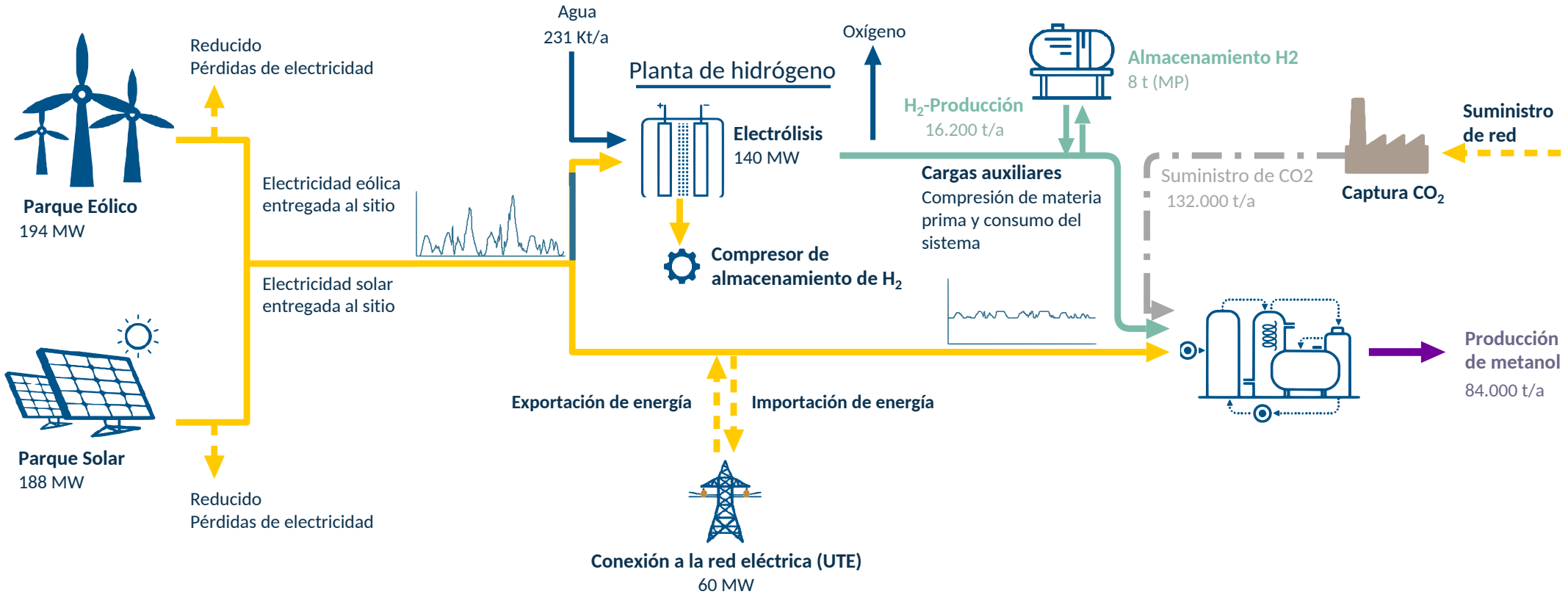
Componente	Función principal	Ubicación
Planta industrial (sitio industrial)	Producción de H_2V y MeOH, servicios auxiliares y de proceso	Predio del proyecto, 3 km de Tambores
Parque eólico y parque solar fotovoltaico	Generación de energía eléctrica renovable para el proceso industrial	Predio del proyecto
Sitio de captura de CO_2	Captura y acondicionamiento de CO_2 biogénico, materia prima del proceso	Planta DANK, Tranqueras, Rivera (146 km)
Nueva presa	Suministro de agua bruta para el proceso	3,5 km del sitio industrial
Pozos en predio industrial	Suministro de agua en fase de construcción	Predio del proyecto
	Suministro de agua para personal en fase de operación	
Embalse y campo de pozos	Sistema de respaldo de agua para proceso Abastecimiento de agua bruta para el proceso y el personal	2,2 km y 12 km del sitio industrial
Sitio de almacenamiento y carga de buques	Almacenamiento y exportación marítima del MeOH	Puerto de Montevideo

En la planta industrial, el MeOH se genera a partir de la combinación de H_2 con CO_2. El H_2 se produce in situ mediante electrólisis del agua, en tanto el CO_2 se recibe como materia prima desde el sitio de captura. La fuente principal de abastecimiento de agua bruta es una nueva presa a 3,5 km del sitio industrial, con primer respaldo de un embalse existente en predio adyacente (sujeto a acuerdo de aprovechamiento) y segundo respaldo de un sistema de pozos de agua subterránea. La energía eléctrica proviene de un parque eólico y un parque solar fotovoltaico construidos como parte del proyecto, con conexión de respaldo a la red nacional de UTE a través de una subestación de 500 kV, vinculada a la línea de alta tensión Tacuarembó–Chamberlain (actualmente en construcción). El MeOH producido se almacena en planta y se

transporta por ferrocarril hasta el Puerto de Montevideo para su exportación marítima hacia mercados europeos.

En la **Lámina 6-1** se presenta el esquema del proceso y en la **Lámina 6-2** el layout de las principales componentes del proyecto.

Página intencionalmente en blanco
para impresión en doble faz.



Referencias	Notas
Agua Electricidad Hidrógeno Metanol	

estudio ingeniería ambiental

ENERTRAG
One energy ahead

DIAGRAMA GENERAL DEL PROCESO	ESCALA
TITULAR BELASAY S.A.	LAMINA
PROYECTO PLANTA DE PRODUCCIÓN DE E-METANOL A PARTIR DE HIDRÓGENO VERDE	**6-1**
UBICACIÓN DEPARTAMENTO DE TACUAREMBÓ	

Página intencionalmente en blanco
para impresión en doble faz.

N

TAMBORES

DEPARTAMENTO
PAYSANDÚ

DEPARTAMENTO
TACUAREMBÓ

PADRÓN
11126

PADRÓN
10317

PADRÓN
13970

PADRÓN
10310

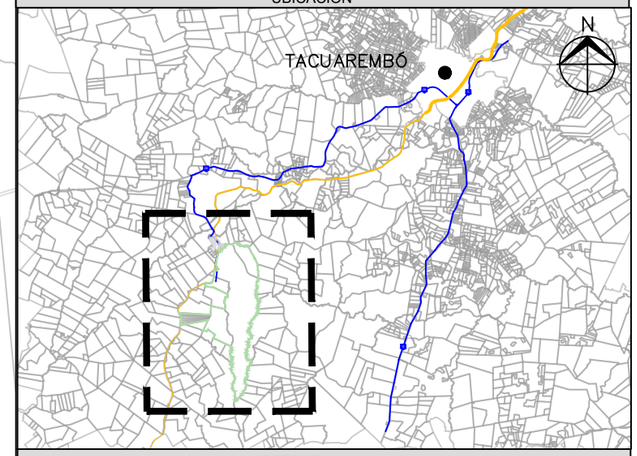
PADRÓN
2167

PADRÓN
10653

A1
A2
A3
A4
A5
A6
A7
A8
A9
A10
A11
A12
A13
A14
A15
A16
A17
A18
A19
A20
A21
A22
A23
A24
A25
A26
A27
A28
A29
A30
A31
A32
A33

CONEXIÓN AÉREA
DE CIRCUITO MT

UBICACIÓN



REFERENCIAS

- PADRONES DEL EMPRENDIMIENTO
- PLANTA PANELES SOLARES
- SITIO INDUSTRIAL
- SUBESTACIÓN ELÉCTRICA RENOVABLES
- RESERVORIO DE AGUA
- ZONA POTENCIAL DE POZOS DE AGUA
- VÍA FÉRREA NORTE EXISTENTE (18 t/x)
- AEROGENERADOR
- CONEXIÓN EN ALTA TENSIÓN ENTRE PLANTA INDUSTRIAL Y SSE RENOVABLES.
- CIRCUITOS DE MEDIA TENSIÓN AEROGENERADORES
- CAMINERÍA DEPARTAMENTAL EXISTENTE A USAR CON FINES DEL PROYECTO.
- CAMINERÍA INTERNA PARQUE EÓLICO
- CAMINERÍA INTERNA PARQUE SOLAR
- LÍNEA DE IMPULSIÓN AGUA SUR
- LÍNEA DE IMPULSIÓN AGUA NORTE
- LÍNEA DE IMPULSIÓN AGUA ESTE

eia estudio ingeniería ambiental

ENERTRAG One energy ahead

COMPONENTES DE LA PLANTA GENERAL

ESCALA 1:70.000

TITULAR	BELASAY S.A.
PROYECTO	PLANTA DE PRODUCCIÓN DE E-METANOL A PARTIR DE HIDRÓGENO VERDE
UBICACIÓN	DEPARTAMENTO DE TACUAREMBÓ

LÁMINA **6-2**

Página intencionalmente en blanco
para impresión en doble faz.

6.1.2 Parques de generación de energía renovable

La generación de energía eléctrica del proyecto tiene una naturaleza intermitente inherente a la generación eólica y solar y dependiente de las condiciones de viento y radiación solar. La capacidad de diseño es de 382 MW (194 MW eólicos y 188 MW solares fotovoltaicos), complementada con interconexión a la red de UTE para los períodos en que la generación renovable no cubra la demanda mínima operativa de la electrólisis y de la planta de MeOH.

El parque eólico está compuesto por 33 aerogeneradores (AG) marca NORDEX modelo N163, de 5,9 MW de potencia nominal unitaria, con torres de 120 m de altura y rotor de 163 m de diámetro, largo de aspa de 79,5 m, velocidad de giro de 10,5 RPM y peso total (torre + góndola + rotor) de 1.626 t.

Los AG se interconectan mediante una red de media tensión enterrada de 36 kV hasta la subestación eléctrica. El parque involucra aproximadamente 44 km de caminería (34 km de caminería interna nueva y 10 km de caminería departamental existente a acondicionar), con una afectación superficial estimada en 57 ha.

El layout fue diseñado con el software WindPro y ajustado durante la evaluación ambiental en función de los resultados del modelo de ruido y de sombras, los hallazgos arqueológicos y los ambientes biológicos de interés identificados en el EsIA, evitando la caminería interna en zonas de altas pendientes y de exclusión arqueológica. Además, para cada AG se contempla la señalización lumínica a la altura de la carcasa, acorde al cumplimiento con las normativas internacionales y locales para garantizar la seguridad aérea.

El parque solar fotovoltaico consta de 303.210 módulos TONGWEI TWMNH-66HD620 (620 W, celdas monocristalinas tipo N), instalados sobre estructuras con seguidores a un eje (configuración 2V, orientación N-S, espaciado entre filas de 9 m), junto con inversores SUNGROW SG350HX de 350 KTL, cajas concentradoras de *strings* y tendidos de baja y media tensión hasta el edificio de control.

Ocupa un área aproximada de 197 ha de paneles y 3 ha de caminería interna, distribuida en tres sectores independientes, diseñados considerando restricciones de pendiente, *buffers* a cursos de agua (100 m para cursos mayores y 50 m para menores) y los elementos arqueológicos y biológicos de interés relevados.

Cuenta con infraestructura auxiliar (sala de control, almacén de repuestos, cerco perimetral de 2,5 m de altura, sistema de videovigilancia y sensores de intrusión, estaciones meteorológicas y antenas de telecomunicaciones) y un sistema SCADA para la supervisión y el control remoto de inversores, *strings* y seguidores solares.

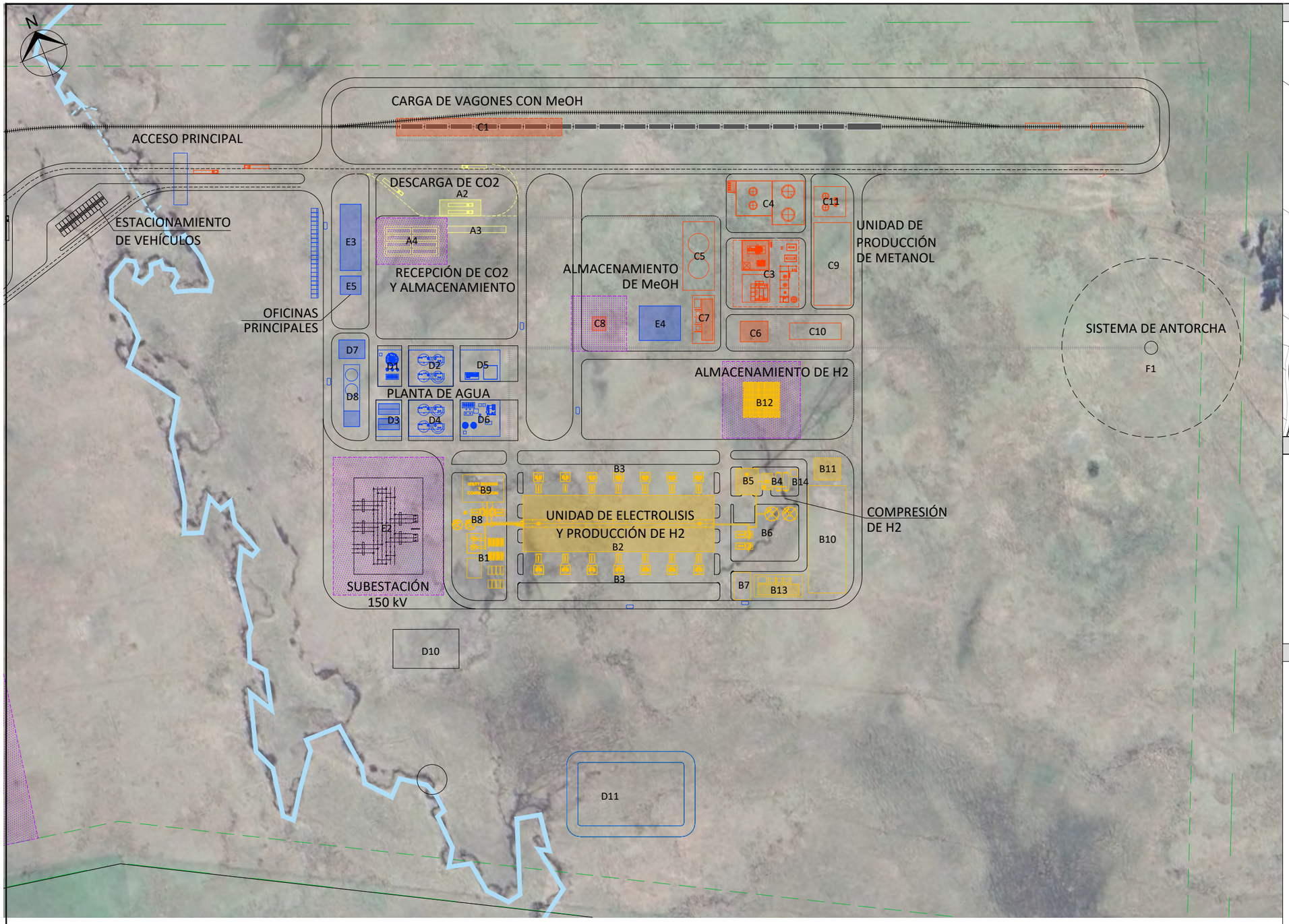
Ambos parques confluyen en una subestación eléctrica (2.250 m²), equipada con dos transformadores elevadores de 31,5 kV a 150 kV. Desde allí, un tendido subterráneo de aproximadamente 4,9 km (dos ternas de 150 kV con fibra óptica) conecta con la Subestación I, ubicada en el sitio industrial, desde donde se alimentan el electrolizador, la planta de MeOH y las cargas auxiliares.

6.1.3 Planta industrial

El acceso principal al sitio industrial se realiza desde la Ruta 26, a través de la caminería departamental existente hasta Tambores y de un bypass previsto al Este de la localidad para el tránsito pesado, totalizando un recorrido de aproximadamente 14 km. La planta industrial se desarrolla sobre una superficie aproximada de 11 ha, con dos grandes líneas de proceso: producción de H_2 (sector B) y de MeOH (sector C), además de las instalaciones de servicios y unidades auxiliares: descarga y almacenamiento de CO_2 (sector A), infraestructura de suministro de agua bruta, planta de agua (sector D), sistema de enfriamiento (sector B10), sistema de

antorcha (sector F1), planta de tratamiento de efluentes de proceso (sector D6), lagunas de control de pluviales (sectores D10 y D11), abastecimiento de N_2/aire para instrumentación (sector C10) y áreas de almacenamiento de productos químicos. Esta organización por sectores busca segregar las áreas de proceso de mayor riesgo (almacenamiento de CO_2, de MeOH, y antorcha) de las áreas de servicios auxiliares, facilitando además la gestión diferenciada de efluentes y pluviales limpios y potencialmente contaminados.

En la **Lámina 6-3** se presenta el layout de la planta industrial con la ubicación de las distintas unidades.



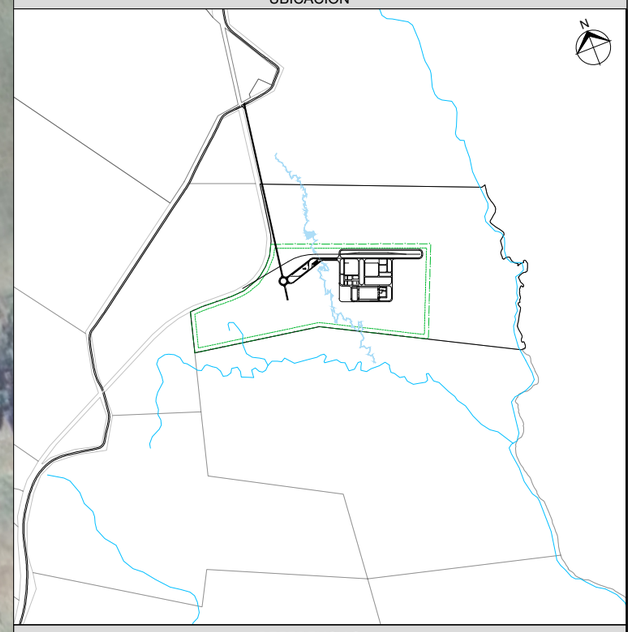
A - Descarga de CO2 y almacenamiento	
A2	Descarga de camiones de CO2
A3	Regasificación de CO2
A4	Almacenamiento de Co2
B -Producción de H2	
B1	Almacenamiento de electrolito y activación
B2	Galpón de proceso
B3	Transformadores y rectificadores
B4	Secador DeOXO
B5	Compresores de H2 (0-30 barg)
B6	Scrubber H2/tanque depósito intermedio
B7	Chillers
B8	Scrubber O2/tanque depósito intermedio

B9	Galpón de utilidades
B10	Enfriadores por aire
B11	Compresores
B12	Almacenamiento
B13	Subestación de MT/BT
B14	
C -Producción de MeOH	
C1	Carga de vagones con MeOH
C3	Producción de MeOH
C4	Almacenamiento de MeOH crudo y de buffer de MeOH
C5	Almacenamiento de producto final
C6	Sala de control
C7	Subestación de MT/BT

C8	Almacenamiento de catalizadores
C9	Enfriadores por aire
C10	Generación de N2
C11	Tanques auxiliares
D - Utilidades	
D1	Clarificador y filtros de arena
D2	Tanques de agua clarificada y de ecualización
D3	Unidad de ósmosis inversa y laboratorio
D4	Tanque de agua demineralizada y de rechazo de ósmosis
D5	Módulos auxiliares de tratamiento de agua
D6	Tratamiento de efluentes de proceso
D7	Unidad de aire comprimido
D8	Protección contra incendios (Bombas y almacenamiento de agua)

D10	Laguna de control de pluviales sucias
D11	Laguna de pluviales limpias
E - Otros sistemas auxiliares	
E1	Subestación de interconexión a 500 kV a la red de UTE
E2	Subestación I planta industrial y transformadores
E3	Laboratorio y oficinas administrativas
E4	Galpón de almacenamiento de maquinaría y mantenimiento
E5	Enfermeria y estacionamiento de vehículo de bomberos
E6	Estacionamiento de camiones
E7	Estacionamiento de vehículos
F - Sistema de antorcha	
F1	Antorcha y zona de seguridad

UBICACIÓN



REFERENCIAS

- PRODUCCIÓN DE MEOH
- PRODUCCIÓN H2
- DESCARGA Y ALMACENAMIENTO DE CO2
- UTILIDADES
- ÁREAS DE SEGURIDAD
- PERÍMETRO INDUSTRIAL
- RETIRO LATERAL-30 m
- RACK PARA TUBERÍAS Y DUCTOS PRINCIPALES
- SISTEMA DE ANTORCHA Y ZONA DE SEGURIDAD DE UTILIDADES
- VÍA FÉRREA PROYECTADA

NOTAS

estudio ingeniería ambiental

ENERTRAG One energy ahead

LAYOUT DE LA PLANTA INDUSTRIAL		ESCALA 1:3000
TITULAR	BELASAY S.A.	LÁMINA 6-3
PROYECTO	PLANTA DE PRODUCCIÓN DE E-METANOL A PARTIR DE HIDRÓGENO VERDE	
UBICACIÓN	DEPARTAMENTO DE TACUAREMBÓ	

Página intencionalmente en blanco
para impresión en doble faz.

Producción de H_2

La producción de H_2 se realiza en un proceso modular de electrólisis alcalina, que permite ajustar la producción a la escala de potencia requerida, integrado por las siguientes unidades:

- Electrólisis (B2): 14 celdas de 10 MW cada una (140 MW totales), en las que se separa la molécula de agua en H_2 y O_2 mediante una solución electrolítica de KOH al 25 %, con *scrubbers* para eliminar el arrastre de electrolito.
- Compresión y enfriamiento (B5): compresión en dos etapas hasta 30 barg previo al ingreso a purificación.
- Purificación (B4): secador De-oxo para remover el exceso de oxígeno y humedad.
- Almacenamiento (B12): capacidad *buffer* de 8 t a 100 barg, distribuida en 23 sets de 3 cilindros verticales tipo IV (fibra y resina con revestimiento polimérico interno).

Se dispone además de venteos: uno permanente para la corriente de oxígeno hacia una chimenea específica, y tres venteos de uso ocasional (electrolizadores, unidad de purificación y sistema de almacenamiento), que operan exclusivamente durante el mantenimiento o la parada de la planta.

Producción de MeOH

La producción de MeOH comprende el acondicionamiento del CO_2 recibido en planta, la síntesis catalítica, la destilación y el almacenamiento del producto para su expedición:

- Acondicionamiento y purificación del CO_2 (C3): desulfuración mediante catalizador para reducir el contenido de azufre.
- Compresión y calefacción del gas de síntesis (C3): mezcla de CO_2 e H_2 en relación 3:1, comprimida a 90 barg.
- Síntesis del MeOH (C3): reactor de agua en ebullición, según la reacción $CO_2 + 3\ H_2 \leftrightarrow CH_3OH + H_2O$.
- Destilación (C3): sistema de 3 columnas (estabilizadora, baja y media presión) para eliminar agua y trazas del producto crudo.
- Almacenamiento (C5): dos tanques de 2.500 m³ cada uno, previo a su expedición por ferrocarril.

Infraestructura de suministro de agua bruta

La fuente principal de abastecimiento es una nueva presa (tajamar grande) con volumen de almacenamiento de 118.500 m³, ubicada a 3,5 km del sitio industrial, materializada mediante un dique de cierre de 565 m de largo y 4,95 m de altura, con una cuenca de aporte de 739 ha y un espejo de agua de 13 ha. La obra se diseñó para un período de retorno de 100 años y fue dimensionada incorporando proyecciones de cambio climático (52 proyecciones climáticas futuras, satisfaciendo la demanda en 50 de ellas). Asimismo, se propone un caudal de servidumbre ambiental de 67 m³/d (Q90 de la cuenca de referencia), el cual se encuentra en análisis por la DINAGUA en el marco de la Solicitud de Derecho de Uso de Agua (en adelante SDUA), frente a una demanda continua de la planta industrial de 660 m³/d. La obra de toma se complementa con una línea de impulsión de 4,66 km hasta el sitio industrial. La solicitud de derecho de uso de agua se encuentra actualmente en trámite ante la DINAGUA.

Como primera fuente de respaldo de agua de proceso se considera un embalse existente y como segundo respaldo un campo de pozos deslocalizado de 9 perforaciones en el acuífero Tacuarembó (Guaraní), a 12 km al Este del sitio industrial, destinado exclusivamente a escenarios contingentes (hasta 40.000 m³/año, en un máximo de 90 días).

El campo de pozos previsto en el sitio industrial se ejecuta en basaltos de la Formación Arapey, con una profundidad objetivo de 70 m (rango de 60 a 100 m según litologías), diámetro de perforación de 12" en el tramo inicial (permitiendo entubado en 6") y de 5 ½" en el tramo final, con tubería de PVC de 160 mm y sello sanitario de cemento-bentonita en el tramo superior, conforme al Decreto 86/004. Estos serán ejecutados en la fase de construcción y mantenidos operativos para el suministro de agua para el personal en operación. El campo de pozos deslocalizado (fuente de respaldo Nº 2), ubicado en sector aflorante del acuífero Tacuarembó (Guaraní), se ejecuta con criterios constructivos similares, incorporando filtro de apertura 0,5 mm y prefiltro de cuarzo calibrado.

El transporte del agua bruta hasta la planta de agua del sitio industrial se realiza mediante tres Líneas de Impulsión (LI), materializadas con cañería enterrada de polietileno de alta densidad (PEAD) y estaciones de bombeo con bombas centrífugas redundantes: la LI Sur (4,66 km), que conecta la nueva presa con la planta de agua, con cañería de 110 mm (impulsión) y 160 mm (succión) y una estación de bombeo capaz de vencer un desnivel de 112 m; la LI Norte (2,2 km), que conecta el embalse existente de respaldo con el sitio industrial, de iguales diámetros y con una estación de bombeo que supera un desnivel de 44 m; y la LI Este (7,5 km), que conecta los tanques de reserva del campo de pozos deslocalizado con la planta de agua, con cañería de 140 mm (impulsión) y 160 mm (succión), discurriendo mayoritariamente por la faja de la caminería departamental existente.

Servicios auxiliares y utilidades

La operativa de la planta industrial requiere de un conjunto de servicios auxiliares, entre los que se destacan:

- Planta de Tratamiento de Agua (PTA) bruta: coagulación, floculación, clarificación y filtración rápida, seguida de ósmosis inversa para la obtención de agua desmineralizada requerida por la electrólisis y la síntesis de MeOH.
- Sistema de enfriamiento: sistema híbrido compuesto por enfriadores por aire, complementados con paneles adiabáticos para los períodos de temperatura crítica, independiente para cada área de proceso (planta de H_2 y de MeOH).
- Sistema de antorcha: chimenea de 45 m de altura y 300 mm de diámetro interior, ubicada a 220 m del resto de las instalaciones, con un perímetro de seguridad de 65 m, destinada a la quema de gases de proceso y venteos. En operación normal, el gas derivado a la antorcha es una mezcla de gases livianos combustibles, compuesta principalmente por H_2 (47 %) y MeOH (8 %), con menores proporciones de CH_4; en el escenario contingente de parada de la planta de MeOH, la proporción de H_2 en la mezcla se incrementa al 74,8 %.
- Planta de Tratamiento de Efluentes (PTE) de proceso: tratamiento biológico aeróbico de lodos activados, precedido de una torre de enfriamiento (celda de flujo cruzado de 1,5 m de lado y 2 m de altura) que reduce la temperatura del efluente desde 60 °C hasta 25 °C. El efluente bruto presenta una carga orgánica estimada en 93 mg/L de DQO, reduciéndose mediante el tratamiento biológico a valores inferiores a 20 mg/L (eficiencia de remoción de 78 a 90 %). El agua tratada se incorpora como agua bruta a la planta de agua para su reúso integral, sin vertido a curso de agua (vertido cero para esta corriente), en tanto los lodos se deshidratan en un sistema compartido con los de la planta de agua cruda.
- Abastecimiento de N_2/aire para instrumentación: planta de generación de N_2 in situ mediante adsorción por cambio de presión a vacío (VPSA), con 3 líneas en paralelo de 10.000 Nm^3/d cada una.

- Abastecimiento eléctrico: conexión a Subestación I mediante cables subterráneos de 150 kV al parque eólico y solar; interconexión a la red nacional mediante subestación de 500 kV en el sitio industrial a la línea Tacuarembó–Chamberlain.

Adicionalmente, la planta industrial dispone de áreas específicas para el almacenamiento de productos químicos utilizados en la planta de agua, la PTE de proceso y los procesos productivos (coagulantes, floculantes, biocidas, antiincrustantes, el electrolito KOH y los catalizadores de síntesis), diseñadas con contención de derrames, cerramientos impermeables y clasificación de áreas conforme a la peligrosidad de cada insumo, en línea con los criterios generales de diseño de plantas químicas.

Diseño y estándares de seguridad

El layout de la planta industrial fue verificado por una consultora especializada en base a los criterios de las normas NFPA 2 (manejo de H_2), NFPA 30 (líquidos inflamables y combustibles, aplicada al almacenamiento de MeOH) y API 521 (sistemas de alivio de presión y antorchas). El almacenamiento de MeOH (del orden de 4.000 t entre los dos tanques de 15 m de diámetro) cuenta con contención perimetral de 50 m x 23 m (1.150 m²) y respeta la distancia de seguridad de 7,5 m (0,5 veces el diámetro del tanque) establecida por la NFPA 30. El sistema de H_2, con una producción de 2,44 t/h y almacenamiento de 8 t a 100 barg, dispone de dos venteos de emergencia de 22 m de altura (además del venteo continuo de oxígeno del electrolizador), para los cuales la aplicación de la NFPA 2 determina distancias mínimas de seguridad de 15,9 m respecto de los límites de propiedad y de 14,1 a 20 m respecto de otras instalaciones del predio, ampliamente verificadas por el layout de proyecto. La antorcha, por su parte, mantiene una distancia de seguridad superior a 65 m respecto del equipamiento de la planta de MeOH, conforme a los criterios de la API 521.

6.1.4 Bypass Tambores

Respecto de la infraestructura vial y ferroviaria, se mantuvieron reuniones con la Dirección General de Ordenamiento Territorial de la Intendencia de Tacuarembó (IDT), que presentó una propuesta alternativa de trazado del bypass de Tambores, dejando áreas libres para el crecimiento futuro de la localidad, en el marco del desarrollo de un Plan Local de Ordenamiento Territorial (**Lámina 6-4**). En cuanto a la vía férrea, se mantuvieron reuniones con la Dirección Nacional de Transporte Ferroviario (DNTF), que manifestó que la utilización de la vía existente para la conexión con el Ferrocarril Central resulta consistente con sus líneas de planificación estratégica y con el Presupuesto Quinquenal 2025-2029, que contempla la rehabilitación del puente ferroviario sobre el Río Negro y la ejecución de un mantenimiento mayor de la línea Rivera Norte.

Página intencionalmente en blanco
para impresión en doble faz.

N

MEVIR

TAMBORES

Estación AFE

Junta Local

Club Huracán

MEVIR

Estadio



REFERENCIAS

- Padrones urbanos
- Padrones rurales
- Rutas
- Línea férrea
- Curvas de nivel

INTENDENCIA DEPARTAMENTAL DE

TACUAREMBO

Construyendo Sueños

DIRECCION GENERAL DE ORDENAMIENTO TERRRITORIAL

ZONA DE TAMBORES
PADRONES URBANOS Y RURALES

Dibujo: Oscar Díaz

Febrero 2026

Página intencionalmente en blanco
para impresión en doble faz.

6.1.5 Sitio de captura de CO_2 (DANK)

El CO_2 biogénico requerido por el proceso se obtiene mediante la captura, tratamiento y acondicionamiento del gas de chimenea de caldera de biomasa de la planta industrial de DANK. La planta de captura deberá generar 377 t/d de CO_2, a partir de la corriente de gases de combustión con una eficiencia del 95 %, operando en continuo (24 h/día, 350 días/año) con un personal estimado de 70 personas. De los 132 kt/año que se requiere que sean efectivamente captados (132 kt/año), se prevé que 95 kt/año provengan de la caldera actual y 37 kt/año de una nueva caldera a instalar.

El proceso comprende tres etapas principales. En primer lugar, la recolección y pretratamiento de los gases de combustión, mediante reducción catalítica selectiva para la remoción de NOx, filtro de mangas para material particulado y un enfriador de contacto directo con *scrubber* (NaOH) para la remoción de SO_2. En segundo lugar, la captura propiamente dicha, mediante absorción del CO_2 en una solución de aminas en contracorriente, con posterior desorción en un proceso de doble etapa de reducción de presión. Por último, el acondicionamiento y licuefacción del CO_2 capturado, que se almacena en 8 tanques de 250 t cada uno (2.000 t totales) previo a su transporte en camiones cisterna hacia la planta industrial. Se incorpora además una nueva caldera de biomasa de 9,64 MW térmicos para el suministro de vapor del proceso.

Entre los principales aspectos ambientales se destacan la demanda de agua de 67 m^3/d proveniente de perforaciones, la conexión a la red de UTE en 31,5 kV sin necesidad de nuevas líneas de transmisión, las emisiones atmosféricas del gas tratado (56.224 Nm^3/h) en cumplimiento del Decreto 135/021, y la generación de efluentes industriales (31 m^3/d de rechazo de ósmosis inversa) será conforme al Decreto 226/025 y los residuos sólidos gestionados de acuerdo al Decreto 182/013.

6.1.6 Sitio de almacenamiento en el puerto y carga de buques

El MeOH producido se transporta por ferrocarril hasta el Puerto de Montevideo para su almacenamiento y despacho a través de un operador logístico portuario. El sitio propuesto se ubica en las dársenas de la zona Este del puerto, próximo a un área identificada como potencial terminal marítima para la cadena logística de derivados de H_2V, con prefactibilidad obtenida ante la Administración Nacional de Puertos (ANP). Las instalaciones comprenden un ramal ferroviario intraportuario, una zona de descarga y bombeo hacia tanques de almacenamiento (capacidad de 24.000 m^3, distribuida en 3 tanques verticales de 8.000 m^3) y el uso del muelle existente en la Dársena III para la carga de buques cisterna.

El diseño de las instalaciones atenderá los estándares API 650 para tanques, así como las normas ASME, las guías ISAGOTT y NFPA (10, 11, 15, 20, 22, 24, 30, 72) para la interfase buque-terminal y la prevención de incendios, complementado con un estudio cuantitativo de riesgo (QRA) dentro del área portuaria. Los antecedentes de proyectos de similar naturaleza indican distancias seguras de entre 200 y 300 m a zonas urbanas, actualmente verificadas por la ubicación propuesta.

Cabe señalar que el estudio de logística para la exportación de derivados de H_2V que dio marco a la selección del sitio contempla un escenario de desarrollo gradual de la terminal marítima, con un horizonte de gestión proyectado al año 2050 para una escala país del orden de 1.000.000 t/año de derivados, magnitud muy superior a la manejada por el proyecto Tambor (84.000 t/año). En este contexto, el proyecto prevé aprovechar en una primera etapa infraestructura portuaria existente y de escala consolidada, en tanto se desarrolla en el tiempo una terminal marítima integral para el conjunto de la cadena logística de derivados de H_2V.

6.2 FASE DE CONSTRUCCIÓN

6.2.1 Cronograma

La fase de construcción comprende la ejecución de la totalidad de las obras civiles y electromecánicas de los parques de generación renovable y de la planta industrial, cuya infraestructura fue descripta en la **Sección 6.1**. Las principales actividades previstas son: la implantación (acondicionamiento del terreno, desbroce, movimiento de suelos, instalaciones transitorias y caminería de obra); la obra civil y montaje (nueva presa y líneas de impulsión, infraestructura vial y ferroviaria, obras civiles de la planta industrial, fundaciones y montaje de los AG, tendidos eléctricos e interconexión de tuberías, montaje electromecánico); y el comisionamiento (pruebas de equipamiento y desmantelamiento de instalaciones transitorias). Se estima una duración total de 36 meses para la construcción y el comisionamiento.

Tabla 6-2: Cronograma fase de construcción.

Actividad/Trimestre	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
Construcción												
Preparación y limpieza del sitio												
Obra civil temprana (terraplenes, caminos y accesos)												
Fundaciones y bases equipos y estructuras principales												
Estructuras auxiliares												
Infraestructura de servicios												
Parque eólico												
Parque solar												
Conexión a la red												
Planta de H_2												
Planta de MeOH												
Almacenamiento CO_2												
Estación de tren de carga de MeOH												
Comisionamiento												
Start-up operación												
Entrada en operación completa												

6.2.2 Implantación

El proyecto industrial se desarrolla en dos niveles: el sector Norte, correspondiente al ramal ferroviario, y una platea de 21 ha con pendiente general Norte-Sur que requiere desmonte y terraplenado. Previo al retiro de la cobertura vegetal se realizará el rescate de ejemplares de flora identificados en la evaluación de impactos sobre el medio biótico del EsIA, para su relocalización. El acondicionamiento altimétrico se acompaña de drenajes temporales (cunetas y canales) convergentes hacia lagunas para la sedimentación de sólidos. De acuerdo con los estudios geológicos, la zona de la planta industrial presenta basaltos lajosos y eventualmente masivos, con espesores de suelo inferiores a 1 m (hasta 2 m en las vías de drenaje), por lo que se prevén condiciones exigentes de excavación mediante retroexcavadoras de gran porte,

rippers y martillos neumáticos, pudiendo eventualmente requerirse el uso de explosivos. La caminería de obra tendrá un trazado diferenciado para carga pesada (transporte de componentes de los AG, maquinaria y camiones) y para vehículos livianos, coincidiendo en su mayor parte con los trazados que se utilizarán durante la fase de operación.

6.2.3 Obra civil y montaje

En la planta industrial, las obras de construcción se organizan en dos etapas que se solapan en el tiempo y son intensivas en mano de obra: la obra civil y el montaje industrial y electromecánico. La obra civil, de tipo convencional, abarca la construcción de plateas, caminería interna y estacionamientos, las fundaciones para edificios y equipos, la construcción de edificios y unidades de producción (combinando hormigón armado in situ o prefabricado con estructuras metálicas y paneles con propiedades aislantes térmicas y sonoras), los sistemas de drenaje subterráneo pluvial y de proceso, la nueva presa y la pavimentación de la caminería interna, empleando maquinaria estándar con uso intensivo de grúas. El montaje industrial y electromecánico, propio de una planta química, involucra el ensamblaje de tanques, reactores, el conjunto de tuberías de proceso (aéreas y enterradas), el montaje de calderas, el tramo de vía férrea, las unidades productivas y los tendidos eléctricos y de comunicaciones, acompañados de tratamientos superficiales (arenado y pintado) y revestimientos de aislamiento para los procesos que así lo requieran.

La construcción del parque de renovables comprende la caminería interna y las cimentaciones de los 33 AG (zapatas de hormigón armado para las torres tronco-cónicas), el montaje de las torres, góndolas, generadores y palas mediante grúas de gran porte, el cableado de media tensión enterrado y sus canalizaciones, la conformación del área de los tres sectores del parque solar (caminería, acondicionamiento del terreno, montaje de estructuras con seguidores y módulos fotovoltaicos, y cableado de baja y media tensión) y la infraestructura auxiliar de ambos parques. La interconexión entre la subestación y el sitio industrial se materializa mediante un tendido subterráneo de 150 kV (dos ternas de cable XLPE acompañadas de fibra óptica), instalado mediante zanjado de aproximadamente 1,35 m de profundidad, con cámaras de registro cada 200 m y señalización de aviso en superficie.

Como ya fuera indicado, se prevé conformar una nueva presa (tajamar grande) mediante un dique de cierre de 565 m de largo y de aproximadamente 4,95 m de altura. Se trata de obras de construcción habitual en nuestro país, por su uso como reserva de agua para la actividad agropecuaria. El diseño considera un talud aguas abajo 2,5:1 y aguas arriba de 3:1, un dique con un núcleo impermeable, el cual, acorde a la disponibilidad de materiales dentro del vaso podrá ser realizado de forma homogénea.

6.2.4 Comisionamiento

Finalizadas las obras civiles y de montaje, se desarrollan las actividades de comisionamiento correspondientes a la verificación de las unidades construidas respecto de los requisitos operativos, así como las pruebas y ensayos para detectar y realizar ajustes de construcción. Esto comprende, entre otras tareas, la limpieza del equipamiento instalado, el acondicionamiento y ajuste de medidores, reguladores y controladores, la inspección de todas las instalaciones, los chequeos mecánicos y eléctricos, el arranque de equipos y las corridas de prueba y verificación de desempeño, incluyendo el llenado de los tanques de almacenamiento de insumos químicos para el inicio de la operación. Finalmente, se procede al desmantelamiento de las diferentes obras transitorias que operaron durante la fase de construcción, liberando el sitio industrial de toda infraestructura transitoria.

6.2.5 Materiales de obra y tránsito inducido

Los principales materiales requeridos para la construcción de la planta industrial se presentan en la siguiente tabla.

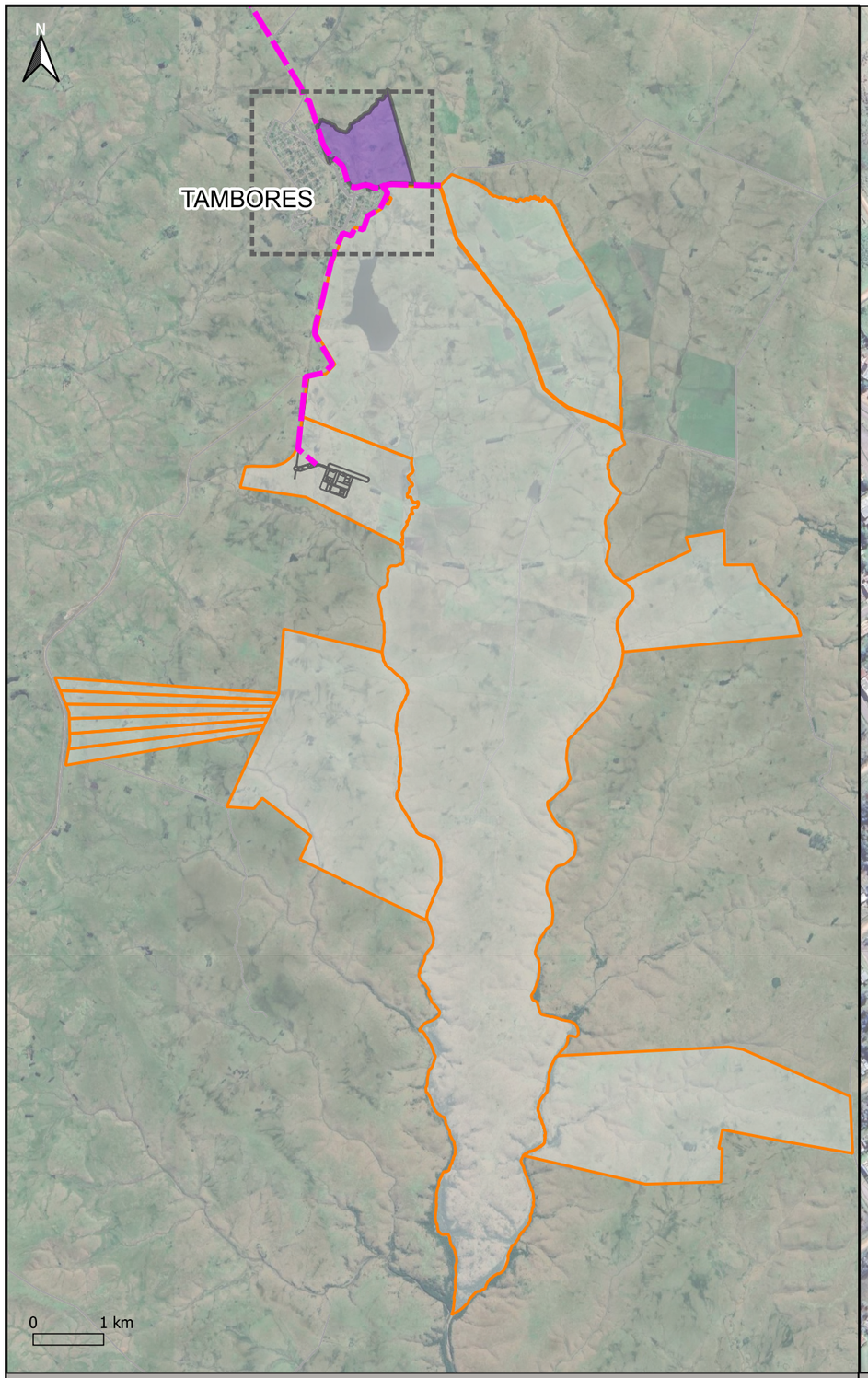
Tabla 6-3: Principales materiales requeridos para la construcción.

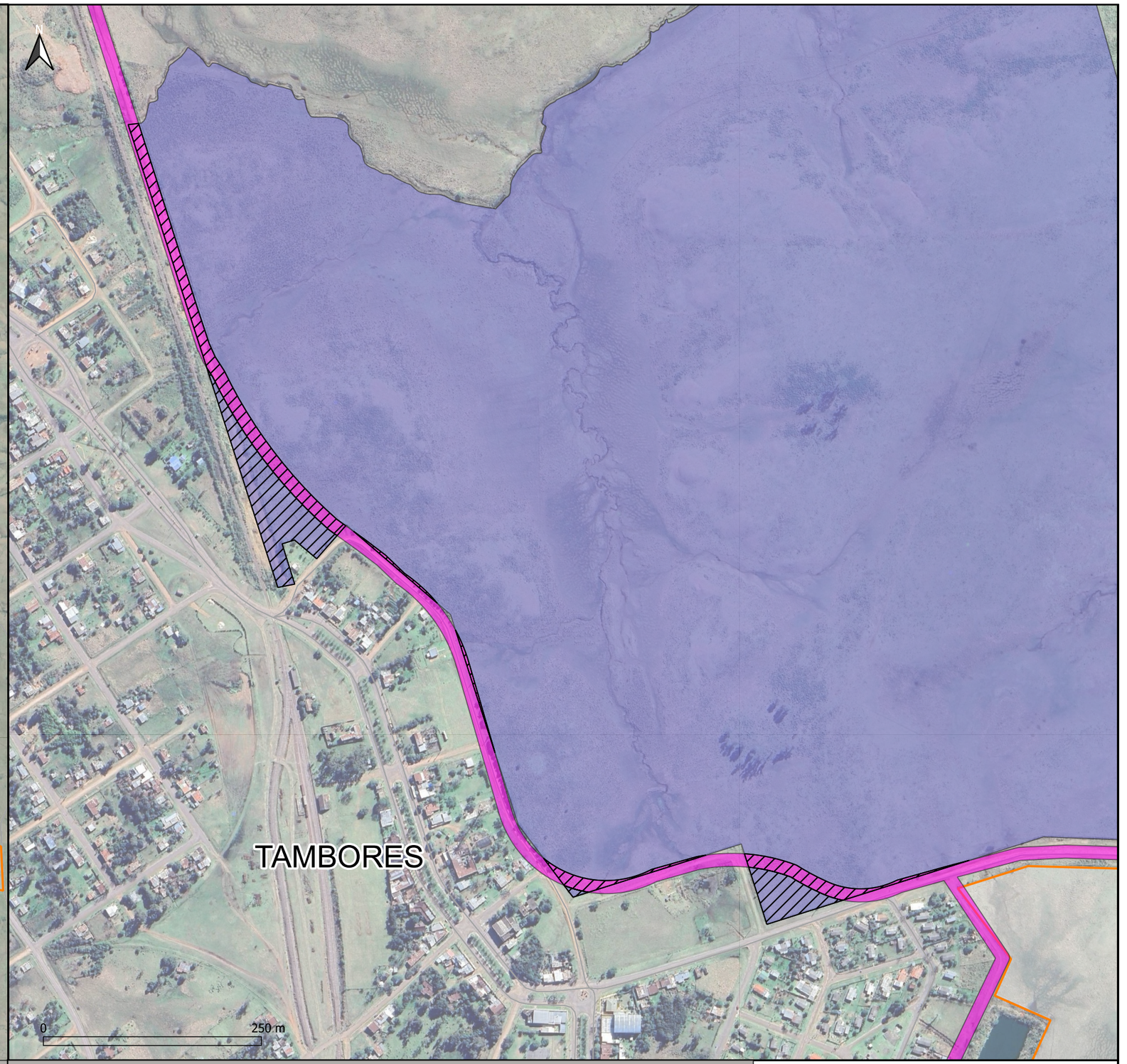
Material	Cantidad	Unidad
Agua (perforaciones en sitio industrial)	200	m^3/d
Hormigón (47.000 m^3 planta industrial + 53.000 m^3 parque eólico)	100.000	m^3
Hierro	1.800	t
Acero	1.200	t
Módulos prefabricados	7.900	m^3
Cableado	1.550	t

Dado el tipo de suelo en el sitio industrial, si bien se priorizará la extracción mecánica del material, limitando la ejecución de voladuras a los sitios donde ello no sea factible, en caso de requerirse, el material explosivo será provisto por el Servicio de Material y Armamento (SMA) del Ejército Nacional, con planificación, transporte y ejecución a cargo de un barrenista autorizado, en el marco de un Plan de Voladuras a ser aprobado por DINACEA.

Se estima un tránsito pesado inducido de entre 30 y 120 viajes/día (aproximadamente 21.000 viajes a lo largo de la obra, de los cuales 8.000 corresponden a la planta industrial y 13.000 a los parques de renovables). Determinados componentes deberán ser transportados como cargas especiales, requiriendo autorización de circulación del MTOP conforme al Decreto 132/021 en función de las dimensiones y pesos máximos admisibles: en la planta industrial, los tanques bala de CO_2 y N_2, el reactor de MeOH, los *aircoolers* de electrólisis y de producción de MeOH, y las columnas de destilación y estabilización; en los parques de renovables, las palas, secciones de torre de mayor diámetro, góndolas y *hubs* de los AG. El recorrido previsto para estas cargas es por Ruta 5 y luego Ruta 26 hasta el camino de acceso a Tambores.

En la **Lámina 6-5** se presenta el bypass provisorio definido para la fase de construcción, para evitar el tránsito dentro de la trama urbana de Tambores. Para la utilización del mismo serán necesarias modificaciones de la traza actual de la caminería, dados los radios de giro requeridos para el transporte de cargas especiales. Estas adecuaciones afectan un padrón privado lindero a la traza prevista (padrón rural Nº 16.782). Según se observa en la propia lámina, se trata de un área menor (2 ha aprox.), que representan un 2,2 % de la superficie total del padrón. Se espera que la intervención requerida sea gestionada mediante proceso expropiatorio a cargo de la IDT como parte del compromiso de trabajo conjunto signado a fines del año 2024 con esta Intendencia.





REFERENCIAS

- Acceso y *bypass* provisorio
- Padrón a expropiar para *bypass*
- Padrones del emprendimiento

REFERENCIAS

- Acceso y *bypass*
- Área a expropiar
- Expropiar para acceso y *bypass*
- Resto padrón 16.782
- Padrones del emprendimiento

eia estudio ingeniería ambiental

ENERTRAG One energy ahead

EXPROPIACIONES PARA *BYPASS* PROVISORIO

ESCALA 1:80.000 1:5.000

TITULAR	BELASAY S.A.
PROYECTO	PLANTA DE PRODUCCIÓN DE E-METANOL A PARTIR DE HIDRÓGENO VERDE
UBICACIÓN	DEPARTAMENTO DE TACUAREMBÓ

LÁMINA **6-5**

Página intencionalmente en blanco
para impresión en doble faz.

6.2.6 Mano de obra y alojamiento

Se estima un personal de obra variable a lo largo de los 36 meses de construcción (**Figura 6-1**), con un mínimo de 47 a 62 personas en los meses iniciales y finales, superando las 600 personas durante 14 meses y alcanzando un pico de 1.500 personas en el mes 22. La obra civil se realizará mayoritariamente con mano de obra nacional, mientras que el montaje y la puesta en operación requerirán de técnicos especializados, priorizándose en todos los casos la contratación de personal de la zona de influencia directa. La empresa titular del emprendimiento se encuentra desarrollando un Plan de Capacitación y un Plan de Desarrollo de Proveedores Locales, en articulación con los Centros Públicos de Empleo (CEPE) del Ministerio de Trabajo y con la IDT.

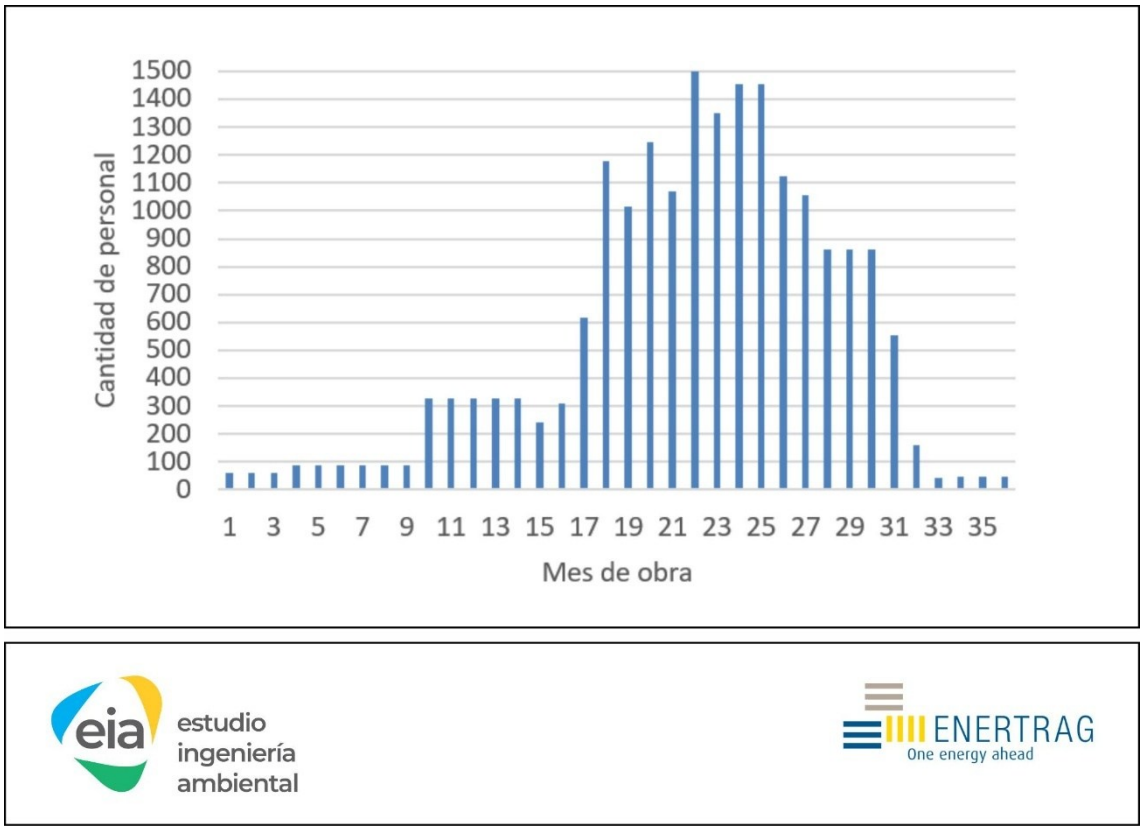


Figura 6-1: Histograma de personal de obra.

Para el alojamiento del personal se prevé una modalidad mixta, recurriendo al mercado inmobiliario y hotelero de Tacuarembó, en coordinación con la IDT para definir capacidades máximas y cronogramas de ocupación escalonados, descartándose en esta etapa la necesidad de campamentos de gran escala. En base a la calificación de la demanda laboral, se estima que durante el pico de construcción unos 750 trabajadores no locales (50 % del personal de obra) requerirán solución de alojamiento, de los cuales aproximadamente el 90 % se alojaría en Tacuarembó y el 10 % restante (unos 75 trabajadores, hasta 30 viviendas temporales) en Tambores, representando una población incremental máxima del orden de 90 personas (7 % de la población actual de la localidad). El transporte del personal se organizará mediante ómnibus contratados, con un pico de 27 unidades diarias entre Tacuarembó y el sitio.

6.2.7 Servicio de salud

El Estudio de Impacto Social relevó la oferta de salud del área de influencia. En Tambores hay dos policlínicas de primer nivel, una de ASSE y otra de COMTA, sin camas de internación. Los centros de referencia están en la ciudad de Tacuarembó y los dos prestadores comparten un único servicio de emergencia móvil. Con esa capacidad limitada, el Estudio advierte que la

llegada de trabajadores en la etapa de construcción podría presionar de forma significativa sobre el sistema de salud local. Por eso el proyecto atenderá a su personal con recursos propios, adicionales a los existentes, para que la demanda de la obra no reduzca la atención disponible para la población.

El servicio lo brindará un prestador de salud, público o privado, contratado mediante un llamado y un acuerdo con el proyecto. Tendrá dos componentes que, juntos, aseguran la cobertura de todo el personal de obra las 24 horas, dentro y fuera de la jornada laboral:

- dentro del sitio de obra, atención de salud con ambulancia disponible durante el horario de trabajo;
- fuera de él, la policlínica del prestador, reforzada por el proyecto, como punto de atención y derivación.

Una vez tomada la decisión final de inversión, el proyecto seguirá una hoja de ruta que se trabajará en la mesa de coordinación interinstitucional, con la participación del MSP, ASSE, los prestadores privados de salud y las autoridades departamentales. En ese ámbito se calculará la demanda según la cantidad de trabajadores en cada fase de la obra y el lugar donde se alojen. También se definirán las condiciones mínimas que deberá cumplir el servicio, se hará el llamado al prestador y se acordarán los circuitos de derivación hacia los centros de referencia y la red del Banco de Seguros del Estado. El esquema acordado se informará a DINACEA antes del inicio de la obra, y su funcionamiento se reportará en los informes de seguimiento del Plan de Gestión Ambiental de la etapa de construcción.

6.2.8 Instalaciones y servicios auxiliares de obra

El obrador principal se desarrollará en dos etapas dentro del área que luego ocupará la planta industrial: una primera etapa de 800 m² para el acondicionamiento inicial del predio (camino de acceso y control, estacionamiento externo y área de trabajo para contratistas), y una segunda etapa de aproximadamente 1,5 ha que amplía la infraestructura con estacionamiento externo, obrador y oficinas, comedor (capacidad para 1.500 personas en el pico), vestuarios y servicios higiénicos, áreas de trabajo de contratistas, áreas de maniobra de camiones y de grúas, y depósito y acopio de materiales.

Para las aguas residuales asimilables a domésticas generadas durante la obra (pico estimado de 70 m³/d) se definió que la totalidad de estas aguas residuales, tanto del obrador principal como de los frentes de obra y zonas aisladas, será conducida hacia depósitos fijos impermeables, desde donde se realizará su vaciado periódico mediante camiones barométricos (de 20 m³ de capacidad) para su traslado a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de la ciudad de Tacuarembó, operada por OSE, contando con la conformidad de la Jefatura Departamental de Tacuarembó de OSE para esta modalidad de gestión. Para el caudal pico previsto se estiman entre 3 y 4 viajes diarios de camión barométrico, un flujo que se considera manejable en base a la experiencia de otras obras de gran porte desarrolladas en el departamento. Como parte de los requisitos a los contratistas se exigirá además maximizar el uso de baños químicos, de forma de reducir el volumen de efluentes a gestionar.

Se instalarán además una planta de producción de hormigón (con zona de acopio de áridos, silos de cemento y lavado de equipos y camiones mixer) y una planta de asfalto, ambas asociadas a las tareas de movimiento general de suelo y nivelación del sitio industrial, para el suministro de las obras civiles y de la caminería de acceso y del propio predio.

La gestión de residuos de obra será responsabilidad de cada contratista, incluyendo su almacenamiento, transporte y disposición final con un gestor habilitado por la DINACEA según el tipo de residuo; para los residuos generados en áreas comunes o por el personal se

establecerá un sistema centralizado con contenedores distribuidos en el predio y retiro periódico hacia el Sitio de Disposición Final (SDF) municipal de la zona.

6.2.9 Aspectos ambientales

Presencia física de la obra

La presencia física de la obra está asociada a todos los frentes en que se ejecutan los trabajos, dinámicos en el tiempo y distanciados en el espacio, destacándose entre los elementos de mayor visibilidad el obrador principal y el frente de montaje de los AG. El obrador principal concentra los obradores de contratistas, el personal e infraestructura de bienestar asociada, el acopio de materiales, el estacionamiento de maquinaria y vehículos, y los servicios auxiliares de apoyo (planta de hormigón, planta de asfalto y depósitos de aguas residuales), ocupando una superficie de 1,5 ha dentro del área que posteriormente ocupará la planta industrial.

Emisiones al aire

Las actividades de la fase de construcción suelen ser intensivas en la generación de emisiones al aire, principalmente por material particulado originado en el tránsito de vehículos sobre superficies de material granular y en la operación de las plantas de hormigón y asfalto, además de los gases de combustión de vehículos y maquinaria. Dado que el suministro de insumos de obra y el acceso del personal se realizan por caminería de material granular, se prevén tratamientos superficiales (riego asfáltico o soluciones equivalentes) en los tramos de caminería con mayor densidad de receptores cercanos, en tanto que en zonas de menor densidad poblacional se propone riego periódico. Complementariamente, se priorizará la ejecución temprana de la caminería interna del parque eólico, de forma que la mayor parte del tránsito pesado de construcción ingrese por el acceso Norte, próximo al límite Oeste de Tambores, minimizando así la circulación por otros tramos de la trama vial de la localidad.

Aguas residuales

Se identifica la generación de aguas residuales asimilables a domésticas por los servicios al personal, y de aguas de lavado de equipos y maquinaria, en especial en la zona de producción de hormigón. Estas últimas se mantienen en circuito cerrado, recuperando el agua de lavado en el proceso, con tratamiento eventual por sedimentación y ajuste de pH en caso de excedentes que deban ser vertidos. Las aguas residuales asimilables a domésticas (pico estimado de 70 m^3/d) se recolectan en depósitos fijos impermeables y son trasladadas mediante camiones barométricos (3 a 4 viajes diarios en el pico) a la PTAR de OSE en la ciudad de Tacuarembó, conforme a la modalidad de gestión descripta previamente en la **Sección 6.2.8**.

Pluviales

Para la gestión de pluviales, las canalizaciones y unidades de contención se diseñan para un período de retorno de 2 años y se verifican para 5 años, con unidades de sedimentación dimensionadas para partículas de 30 µm (considerando que, al inicio de la obra, el coeficiente de escorrentía es menor por no estar impermeabilizado el terreno, pero la carga de sólidos es mayor por la misma causa). Se prevén dos lagunas de contención, según se indica en la siguiente tabla, coincidiendo la ubicación de la laguna del sitio industrial con la de la laguna de pluviales potencialmente contaminados prevista para la fase de operación.

Tabla 6-4: Lagunas de contención de pluviales de obra.

Laguna	Volumen	Dimensiones aproximadas
Sitio Industrial	4.314 m^3	66 m × 33 m × 2 m

Laguna	Volumen	Dimensiones aproximadas
Subestación UTE	5.195 m³	72 m × 36 m × 2 m

En el parque solar, la caminería interna contará con un sistema de conducciones pluviales (cunetas dimensionadas para un tiempo de concentración de 15 minutos e intensidad de 79 mm/h) y pequeñas unidades de sedimentación para retener el arrastre de sólidos previo al vertido a los cursos de agua. Estas unidades podrán mantenerse durante la etapa inicial de operación, mientras la platea se encuentre en proceso de revegetación, reevaluándose su necesidad una vez que el potencial de erosión por escorrentía sea mínimo; mientras permanezcan operativas, se realizará su mantenimiento periódico retirando el material colmatado.

Tránsito inducido

El tránsito inducido por materiales de obra se estima en un máximo de 120 viajes diarios, con picos de 94 a 120 viajes de camión por día durante el arranque (primeros 5 meses del período de suministro, no superando los 30 viajes/hora), descendiendo luego a un orden de 30 viajes/día; el transporte de personal alcanza un máximo de 27 ómnibus diarios (hasta 14 viajes/hora), organizándose el ingreso de obra de forma de no solapar el tránsito de personal con el de materiales.

Residuos sólidos

Durante la fase de construcción se generarán residuos asociados a la ejecución de las actividades de obra por parte del personal de obra. Los Residuos de Obras de Civil (en adelante ROC) son aquellos generados en las actividades de construcción, reforma o demolición de obras e incluye las tierras de excavación vinculadas a las construcciones. Además, se considera la generación de residuos peligrosos, especiales y asimilables a domésticos. En los documentos de referencia del proyecto se incluye una pormenorización de las tipologías previstas y las tasas de generación estimadas en base a obras de referencia de similar porte desarrolladas en el país, ajustadas según el personal y la superficie de implantación del proyecto.

La gestión y disposición final de los mismos quedará recogida en el PGA-C que se elaborará previo al inicio de las obras, la cual será definida en concordancia con el Decreto 213/025 (Reglamentación sobre la gestión de residuos de obras de construcción).

Emisiones sonoras

Las emisiones sonoras se originan en el funcionamiento de la maquinaria de obra y en la circulación de camiones, con niveles de presión sonora de fuente que varían, según el equipo, entre 85 y 116 dBA: 97-102 dBA para excavadoras, 85-115 dBA para retroexcavadoras, 99-109 dBA para camiones con tolva, 94-104 dBA para camiones cisterna, 103-113 dBA para motoniveladoras y compactadoras de rodillo, 95-116 dBA para bulldozers y 94-105 dBA para grúas móviles.

Vibraciones

Las vibraciones corresponden al eventual uso de explosivos durante el movimiento de suelos en el sitio industrial, dadas las características de dureza del sitio. Se trata de actividades puntuales y controladas, que quedan confinadas a los padrones del emprendimiento.

Contingencias

Como principales contingencias de la fase de construcción se identifican el derrame de hidrocarburos y sustancias peligrosas, y la generación de focos ígneos. Adicionalmente, en

relación con el manejo de explosivos, se identifica el riesgo de accidentes durante su transporte y manipulación, gestionado mediante los procedimientos del SMA del Ejército Nacional y la actuación de un barrenista autorizado.

6.3 FASE DE OPERACIÓN

La planta industrial opera de forma continua, 24 h/día durante 350 días al año, con un personal estimado de 230 personas. En la siguiente tabla se presentan las capacidades instaladas de los principales procesos.

Tabla 6-5: Capacidades instaladas de los principales procesos.

Dato	Unidad	Valor máximo diario
Producción de MeOH	t/d	300
Generación/consumo de H_2	t/d	57,6
Consumo de CO_2	t/d	377
Generación de energía eléctrica renovable	MWh/d	3.330
Consumo de energía eléctrica externa (red UTE)	MWh/d	450
Consumo de agua bruta	m^3/d	660
Consumo de agua para el personal	m^3/d	15

6.3.1 Parques de generación de energía

Los AG operan de forma automática, comandados desde una sala de control: en ausencia de viento permanecen en modo inactivo, activándose progresivamente en función de la velocidad de viento hasta alcanzar el estado de generación a carga nominal, con sistemas de frenado ante condiciones climáticas extremas. El proyecto está diseñado para operar con una matriz energética 100 % renovable: durante el primer año de operación se estima una generación total de 1.165 GWh (70 % eólica, 30 % solar), de la cual, descontadas restricciones y pérdidas (161 GWh), resultan 1.004 GWh disponibles en planta. De este total, 872 GWh se destinan a los electrolizadores, 79 GWh a la síntesis de MeOH y 46 GWh a cargas auxiliares. El sistema prevé una importación desde la red de UTE de 158 GWh/año y una exportación de excedentes de 165 GWh/año.

El mantenimiento de los parques comprende tareas periódicas sobre los AG (lubricación, cambios de aceite y filtros, pintado y reemplazo de piezas, con almacenamiento de repuestos y consumibles en el propio parque), sobre la subestación y el centro de control (revisión física, limpieza, lubricación, ajuste de conexiones y pruebas mecánicas, eléctricas y dieléctricas) y sobre la caminería interna (recarga de tosca y perfilado ante el desgaste por uso normal y por eventos climáticos extraordinarios).

6.3.2 Planta industrial

Producción de H_2

El agua desmineralizada (653 m^3/d) ingresa a los electrolizadores, donde mediante tecnología alcalina (solución de KOH al 25 %, reciclada internamente) se separa la molécula de agua en H_2 y O_2, según la reacción $H_2O \rightarrow H_2 + ½\ O_2$. Ambas corrientes pasan por *scrubbers* para eliminar el arrastre de electrolito; el H_2 se comprime en dos etapas (0 a 30 barg y luego a 100 barg), se purifica en un secador De-oxo y se almacena en un tanque *buffer* de 8 t, mientras que el O_2 se ventea a la atmósfera de forma continua (15.267 m^3/h). Se cuenta con venteos ocasionales de H_2, de uso exclusivo durante el mantenimiento o parada de planta. El H_2 producido (57,6 t/día)

se envía a la planta de MeOH. En la **Tabla 6-6** se resumen las principales corrientes de entrada y salida de la unidad de producción de H_2.

Tabla 6-6: Entradas y salidas principales de la unidad de producción de H_2.

Corriente		Detalle	Valor máximo
Entrada	Agua tratada	Agua desmineralizada, desde planta de agua desmineralizada	653 m³/d
	Nitrógeno	Gas de purga, desde planta de N_2	3.000 Nm³/d
	Energía eléctrica	Desde parques de generación renovable	2,49 GWh/d
Salida	H_2	Hacia planta de MeOH	57,6 t/d
	Emisiones sonoras	Producidas por sistema de compresión y enfriamiento, al ambiente	Baja intensidad
	Emisiones gaseosas	Vapor de agua y oxígeno, al ambiente	O_2: 15.267 m³/h
	Condensado	Hacia PTE de proceso	57,6 m³/d
	Residuos sólidos	❍ Catalizador De - OXO gastado ❍ Solución de electrolito alcalino ❍ Electrodo desgastado (celdas) ❍ Solución de enfriamiento Gestión y disposición final de acuerdo con el PGRSI.	Esporádica, con una frecuencia aproximada de 2 a 4 años, dependiendo de los requerimientos de mantenimiento.

Producción de MeOH

El CO_2 se recibe en camiones cisterna (15 bar, -28 °C) y se almacena en 8 tanques de 250 t cada uno, para luego ser regasificado con el calor de retorno del agua de enfriamiento. Tras una etapa de desulfuración (adsorción con óxido de zinc), el CO_2 y el H_2 se mezclan en relación 3:1 y se comprimen a 90 barg antes de ingresar al reactor de síntesis (reactor de agua en ebullición), donde ocurre la producción de metanol según la siguiente reacción $CO_2 + 3\ H_2 \leftrightarrow CH_3OH + H_2O$, obteniéndose además la formación de agua en relación 1:1. El MeOH crudo se purifica en un sistema de destilación de 3 columnas (estabilizadora, baja y media presión), integradas energéticamente para minimizar el requerimiento de vapor externo. El producto se almacena en dos tanques de 2.500 m³, desde donde se cargan seis vagones a la vez (18 vagones llenos en 6 horas, cada 3,5 días). Los alcoholes superiores obtenidos como subproducto se envían diariamente a DANK para su uso como combustible en la caldera de biomasa. La purga del gas de síntesis y los venteos de tanques (10.200 Nm³/d) se conducen al sistema de antorcha.

Tabla 6-7: Entradas y salidas principales de la unidad de producción de MeOH.

Corriente		Detalle	Valor máximo
Entrada	Energía eléctrica	Desde parques de generación renovable	0,23 GWh/día
	CO_2 regasificado	CO_2 gas, desde regasificadores	377 t/d
	H_2	H_2 gaseoso, desde planta de H_2	57,6 t/d
	Agua tratada	Agua desmineralizada, desde planta de agua desmineralizada	7,2 m³/d
	Nitrógeno	Gas de purga, desde planta de N_2	6.580 Nm³/d
Salida	MeOH	Hacia Puerto de Montevideo	1.800 t/semana

Corriente		Detalle	Valor máximo
	Emisiones sonoras	Producidas por sistema de compresión y enfriamiento, al ambiente	Unidad de producción de MeOH de 111,2 dBA y enfriamiento por aire de MeOH de 94,1 dBA.
	Emisiones gaseosas	Purga de gas de síntesis y venteo de tanques, a sistema de antorcha	10.200 Nm^3/d
	Aguas residuales	Condensado de proceso y agua residual generada en reacción de síntesis	172 m^3/d
	Residuos sólidos	❍ Medio filtrante. ❍ Catalizador de MeOH gastado. ❍ Catalizador de reactor desulfuración. ❍ Soporte del lecho de catalizador gastado. ❍ Absorbente gastado. ❍ Agua liberada durante la reacción de reducción del catalizador de MeOH. ❍ Agua liberada en la reacción de reducción del catalizador del reactor de desulfuración. ❍ Catalizador De-OXO gastado. ❍ Subproductos de reacción.	La mayoría de los residuos son de generación esporádica, con una frecuencia aproximada de 2 a 4 años, dependiendo de los requerimientos de mantenimiento.

Servicios auxiliares y utilidades

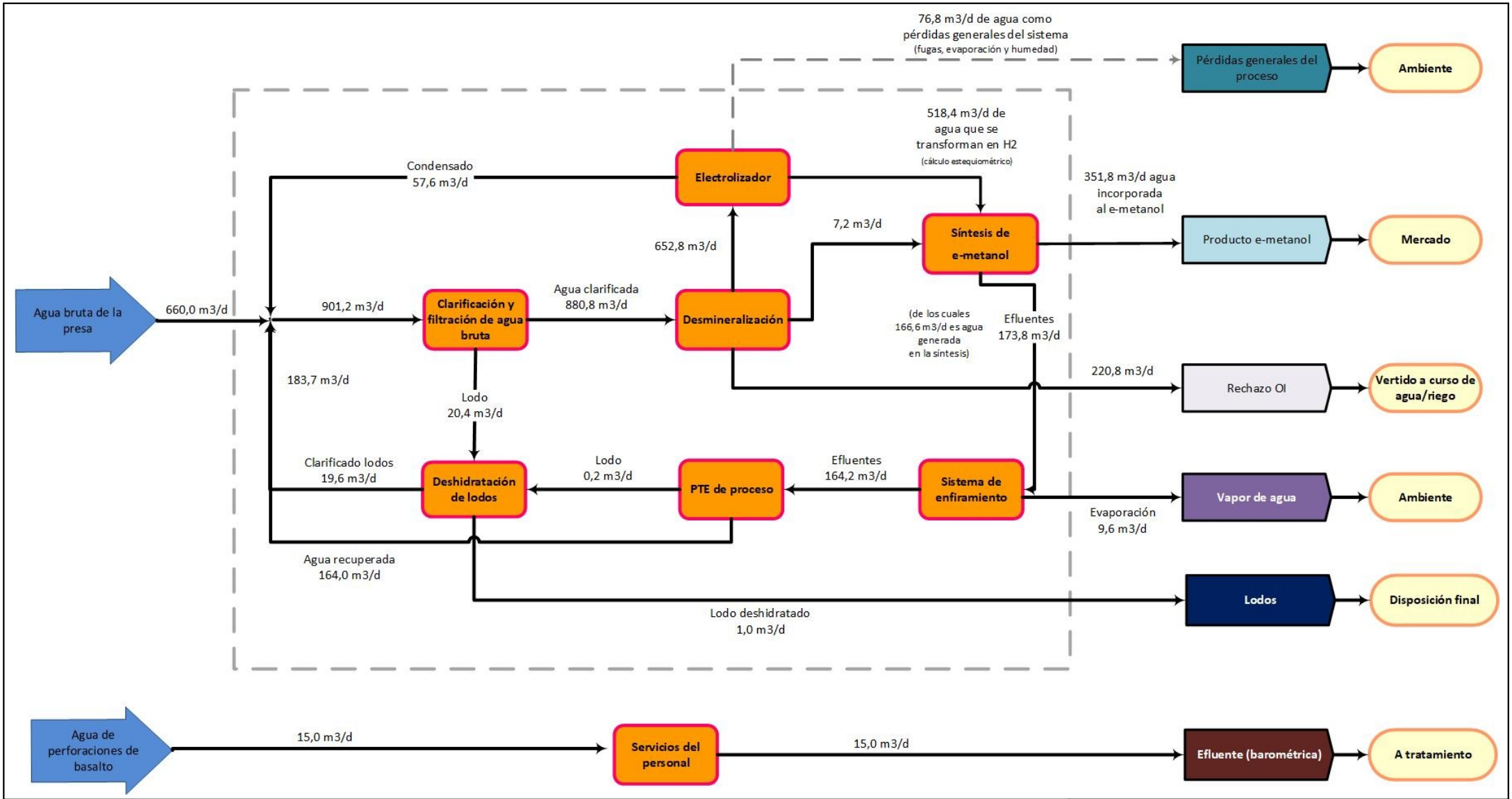
La planta de agua trata 901,2 m^3/d (660 m^3/d de agua bruta más corrientes de reúso) mediante coagulación, floculación, sedimentación y filtración rápida, produciendo luego 652,8 m^3/d de agua desmineralizada para el electrolizador y 7,2 m^3/d para la síntesis de MeOH mediante ósmosis inversa (rechazo de 221 m^3/d). El proyecto incorpora estrategias de reúso de agua de proceso: recirculación del condensado de compresión y purificación de H_2 (57,6 m^3/d), del agua recuperada de la PTE de proceso (164 m^3/d) y del proceso de deshidratación de lodos (19,6 m^3/d), con lo cual el consumo de agua bruta se reduce a 660 m^3/d. En la **Lámina 6-6** se presenta un diagrama de flujo del balance de agua.

El sistema de enfriamiento, independiente para cada área de proceso, opera mediante enfriadores por aire entre el 98 y 99 % del tiempo (demanda de 25.760 kW a 45 °C para H_2 y 18.667 kW a 40 °C para MeOH), complementado con paneles adiabáticos durante los períodos de mayor temperatura ambiente (según datos históricos del INIA, 19 días al año en promedio superan los 33 °C). Para estos períodos se dispone de tanques de almacenamiento del agua de rechazo de la planta de desmineralización (140 y 200 m^3 de capacidad), evitando así el uso de sistemas húmedos de enfriamiento con torres de enfriamiento.

La PTE de proceso trata las corrientes residuales (caudal de diseño de 173,8 m^3/d) mediante un sistema biológico aeróbico de lodos activados, precedido de una torre de enfriamiento (celda de flujo cruzado, 1,5 m de lado y 2 m de altura, caudal de diseño de 7,24 m^3/h) que reduce la temperatura del efluente de 60 °C a 25 °C, condición requerida para el adecuado desarrollo de los microorganismos. La carga orgánica del efluente bruto, estimada en 93 mg/L de DQO (proveniente de trazas de metanol, alcoholes superiores, ácido fórmico y monoetanolamina), se reduce mediante el tratamiento biológico a valores inferiores a 20 mg/L (eficiencia de remoción de 78 a 90 %), suficiente para proteger a la posterior etapa de ósmosis inversa del *biofouling*. El agua tratada se recircula en su totalidad como agua bruta hacia la planta de agua, sin vertido a curso de agua para esta corriente (vertido cero).

El abastecimiento de N_2 se realiza mediante una unidad VPSA, operando normalmente una de las tres líneas disponibles al 65 % de su capacidad para cubrir el requerimiento de 6.580 Nm^3/d.

Se dispone de una antorcha de 45 m para la quema de gases de purga y seguridad. En operación continua quema 1.179 Nm^3/h de gases residuales con una llama eficiente y de muy baja luminosidad. En escenarios de contingencia, tiene capacidad para absorber hasta 101.390 Nm^3/h de gas de síntesis.



eia estudio ingeniería ambiental

ENERTRAG One energy ahead

BALANCE DE AGUA		ESCALA S/E
TITULAR	BELASAY S.A.	LAMINA **6-6**
PROYECTO	PLANTA DE PRODUCCIÓN DE E-METANOL A PARTIR DE HIDRÓGENO VERDE	
UBICACIÓN	DEPARTAMENTO DE TACUAREMBÓ	

Página intencionalmente en blanco
para impresión en doble faz.

6.3.3 Productos e insumos

El emprendimiento tiene como objetivo la producción de MeOH para su exportación, con una producción media de 240 t/día y máxima de 300 t/día (84.000 t/año), cumpliendo las especificaciones de calidad de la Asociación Internacional de Productores y Consumidores de Metanol (IMPCA).

Los insumos se diferencian entre insumos producidos: H_2, agua tratada de proceso y energía eléctrica, e insumos externos: CO_2, agua bruta y productos químicos.

Las plantas de producción de H_2 y MeOH requieren agua clarificada para su posterior desmineralización, los consumos esperados de cada una se presentan en la **Tabla 6-8**.

Tabla 6-8: Consumos esperados de agua clarificada y desmineralizada.

Calidad	Consumo de agua	Unidad	Uso
Agua clarificada	880,8	m^3/d	Producción de agua desmineralizada
	0,5	kg/h	Regasificación de CO_2
Agua desmineralizada	652,8	m^3/d	Electrolizador
	7,2		Síntesis de MeOH

Para cubrir la demanda prevista de agua bruta, se diseñó un sistema de suministro para asegurar el suministro de agua los 365[2] días del año, teniendo en cuenta además criterios de redundancia y respaldo en base a un análisis de posibles contingencias (roturas de equipamiento de bombeo, líneas de impulsión, afectaciones a la calidad del agua, entre otras) y a criterios de seguridad definidos por ENERTRAG, que consiste en una fuente principal, y dos de respaldo: el primer respaldo es otra fuente de agua superficial y el segundo respaldo un campo de perforaciones.

Con lo cual se definió el siguiente esquema de abastecimiento para la fase de operación:

- Para abastecer la demanda para el proceso (660 m^3/d):
  - Fuente principal: presa de 118.500 m^3 diseñada contemplando proyecciones de cambio climático, garantizando una alta disponibilidad y seguridad hídrica. Su diseño asegura, además de cubrir el 100 % de la demanda industrial, la erogación permanente de un caudal ambiental; el caudal propuesto es de 67 m^3/día aguas abajo, equivalente al Q90 histórico regional, valor que se encuentra bajo análisis técnico de DINAGUA en el marco de la solicitud de derecho de uso de agua.
  - Fuente de respaldo Nº 1: embalse existente cercano al sitio industrial, en caso de llegar a un acuerdo con los propietarios para su aprovechamiento y gestión, para cubrir demandas sólo en caso de un escenario contingente. Se prevé que el acuerdo se realice por un volumen de 60.000 m^3/año, para su aprovechamiento en un máximo de 90 días. La probabilidad de que en un día cualquiera la fuente de respaldo Nº 1 esté en uso, dentro de un período de uso de 1 día o más, es del 19,6 %, la probabilidad de ser utilizada por más de 15 días del 6,3 % y de ser utilizada durante más de 30 días del 0,8 %.
  - Fuente de respaldo Nº 2: campo de perforaciones en sector aflorante del acuífero Tacuarembó/Guaraní, a unos 12 km hacia el Este del sitio industrial, para cubrir demandas solo en el caso de un escenario contingente con las

[2] Se espera que la planta opere 350 días al año con 15 días de parada de mantenimiento. Sin embargo, el permiso de agua se solicita por 365 días, ya que por aspectos logísticos una parada se puede retrasar y no necesariamente realizarse dentro del año calendario.

fuentes de agua superficial anteriores. Se prevé en este caso un volumen máximo de 40.000 m^3/año, a utilizarse en máximo de hasta 90 días. La probabilidad de que en un día cualquiera la fuente de respaldo Nº 2 esté en uso, dentro de un período de uso de 1 día o más, es del 13,8 %, la probabilidad de ser utilizada por más de 15 días del 2,6 % y de ser utilizada durante más de 30 días del 0,1 %.

- Para abastecer la demanda para usos secundarios (15 m^3/día):
  - Perforación en basaltos en el sitio industrial.

Cabe señalar que la probabilidad de que sea necesario recurrir a la fuente de respaldo Nº 1 es muy baja, donde los principales riesgos corresponden a contingencias con la infraestructura (por ejemplo, rotura de una cañería de impulsión por una máquina vial). De igual manera, la probabilidad de recurrir a la fuente de respaldo Nº 2 es más remota aún, ya que se deben dar en simultáneo dos situaciones muy poco probables. En este escenario, extremo, el uso de esta fuente sería temporal, hasta la solución de alguno de los dos problemas precedentes.

Respecto al consumo de energía eléctrica, el emprendimiento contará con un abastecimiento dual dado, por un lado, por la generación de los parques eólico y solar, y un respaldo mediante conexión al sistema interconectado de UTE. De acuerdo con los requerimientos de los distintos procesos, infraestructura y auxiliar, el proyecto tendrá un requerimiento de 1.158 GWh/año.

Entre los insumos externos se destaca el CO_2, cuyo consumo se estima en 377 t/día, y debe presentar las características de la **Tabla 6-9**.

Tabla 6-9: Características del CO_2 recibido como insumo.

Parámetro	Valor	Unidad
Consumo de CO_2 (100 % CO_2)	**396**	**t/d**
Presión	15,8	barg
Pureza mínima	99,974	% vol bh
O_2	< 30	ppmv
Nitrógeno	< 200	ppmv
NOx	< 3	ppmv
SOx	< 0,1	ppmv

Se requiere además el suministro continuo de productos químicos para la planta de agua y la PTE de proceso, así como insumos de reposición periódica para los procesos productivos.

Tabla 6-10: Demanda continua de productos químicos principales.

Área de proceso	Insumo químico	Consumo estimado (t/año)
Planta de agua	Coagulante	15,5
	Hipoclorito de sodio	9,3
	Biocida	7,9
	Antiincrustante	2,2
	Bisulfito de sodio	1,5
PTE de proceso	NaOH	2,3
	Polímero	0,5

Tabla 6-11: Insumos requeridos de manera intermitente.

Área de la planta	Insumo químico	Consumo estimado
Electrólisis	KOH (cristales)	1.400 m^3 cada 2 años
Síntesis de MeOH	Catalizador ST-201	2,2 m^3 cada 2 años
Purificación de CO_2	Catalizador MK-417 Sustain	31 m^3 cada 4 años
Compresión y enfriamiento de H_2	Propilenglicol (50 %)	4 m^3 cada 2 años

6.3.4 Aspectos ambientales

Presencia física del emprendimiento

Durante la operación, el emprendimiento ocupará una superficie aproximada de 291 ha (4,8 % del área total de los predios). En la **Tabla 6-12** se presenta la huella física de las diferentes componentes del emprendimiento.

Tabla 6-12: Huella física del proyecto.

Sector	Componente	Área (ha)	% del área total de los predios
Renovables	Plateas AG	33	0,55
	Caminería interna AG	24	0,40
	Paneles fotovoltaicos	197	3,28
	Caminería interna solar	3	0,04
Planta industrial	Planta industrial (infraestructura principal y auxiliar), subestación y caminería de acceso.	21	0,35
	Nueva presa	13	0,22
Total		291	4,8

Aguas residuales

Las aguas residuales asimilables a domésticas estimadas en 15 m^3/d, serán gestionadas, sin tratamiento, mediante retiro por camión barométrico y disposición final en la PTAR de OSE de la ciudad de Tacuarembó. En el marco de la presente autorización, se consultó a OSE sobre la viabilidad de esta gestión, informando los caudales involucrados, obteniendo una respuesta favorable de la Jefatura Departamental de Tacuarembó sobre la posibilidad de derivar las aguas residuales domésticas de la fase de operación a la PTAR de Tacuarembó.

Las corrientes de aguas residuales del proceso industrial se identifican en la **Tabla 6-13**.

La corriente 1, correspondiente al rechazo de ósmosis inversa (221 m^3/d), constituye la única descarga al ambiente, cuya disposición se realizará mediante un vertido mixto, a curso de agua y riego en época de estiaje. El riego se realizaré en áreas verdes del parquizado del sitio industrial.

La corriente 2 correspondiente al condensado de producción de H_2 es incorporada directamente a la PTA.

La corriente 3 correspondiente al exceso de agua de síntesis (caudal de diseño de 174 m^3/d) es captada y tratada con el objetivo de que el efluente resultante sea recirculado a la cabecera del proceso. En primera instancia es dirigida a un tanque de ecualización para su mezcla y homogenización; luego es bombeada a una torre de enfriamiento (celda de flujo cruzado de 1,5 m de lado y 2 m de altura, con caudal de diseño de 7,24 m^3/h), que reduce la temperatura del

efluente desde 60 °C hasta 25 °C, condición requerida para el correcto desarrollo de los microorganismos en el reactor biológico. Posteriormente es conducida a un tanque de acondicionamiento donde se dosifican nutrientes (ácido fosfórico y urea) y reguladores de pH, y finalmente a un tanque de aireación de lodos activados. Tras el tratamiento biológico, la corriente se envía al clarificador secundario, donde se separan el efluente tratado y el lodo. La carga orgánica del efluente bruto, estimada de forma conservadora en 93 mg/L de DQO, se reduce a valores inferiores a 20 mg/L (eficiencia de remoción de 78 a 90 %), suficiente para proteger la posterior etapa de ósmosis inversa del *biofouling*. El efluente tratado se recircula en su totalidad al tratamiento de agua bruta para su reúso en el proceso, configurando un esquema de vertido cero para esta corriente, mientras que los lodos purgados se envían al sistema de deshidratación compartido con los de la planta de agua.

Tabla 6-13: Corrientes de aguas residuales del proceso industrial.

Fuente	Corriente	Generación (m^3/d)	Destino
Planta de agua	Rechazo de ósmosis inversa	221	Vertido mixto, a curso de agua y riego en período de estiaje.
Producción de H_2	Condensado de compresión y purificación	57,6	Reúso como agua bruta en planta de agua (sin vertido)
Producción de MeOH	Condensado de proceso	0,048	PTE de proceso (sin vertido)
Producción de MeOH	Exceso de agua de reacción de síntesis	172	PTE de proceso (sin vertido)
Servicios auxiliares	Purga de caldera de vapor	1,5	PTE de proceso (sin vertido)

En consecuencia, únicamente el rechazo de ósmosis inversa (221 m^3/d) es retornado al ambiente, mediante vertido mixto a curso de agua y riego en períodos de estiaje, la calidad de esta corriente y su comparación Decreto 226/025, así como la evaluación de calidad de agua sobre el curso receptor se presenta en la **Sección 8.2.3**.

Pluviales

El proyecto prevé una recolección diferenciada de pluviales, separando el escurrimiento de techos y zonas limpias, dispuesto mediante escurrimiento e infiltración sobre el terreno, de los pluviales generados en zonas productivas con riesgo de contaminación (almacenamiento y regasificación de CO_2, almacenamiento de MeOH, almacén de mantenimiento y planta de agua), que se conducen a una laguna de contención independiente de la de pluviales limpios, ambas con compuerta de salida para contener eventuales contingencias. Una vez contenido el líquido en esta última, se evalúa su calidad y, en caso de no cumplir los parámetros del Decreto 226/025, se conduce de forma intermitente a la PTE de proceso para su tratamiento y recuperación.

Residuos sólidos

En la operación de la planta industrial se distinguen dos grandes líneas: los residuos asimilables a domésticos, generados en oficinas y comedor, y los residuos industriales, generados en los propios procesos productivos y en tareas de mantenimiento periódico o extraordinario, con distinta categoría de peligrosidad. Todos ellos se gestionan conforme al Decreto 182/013 mediante un PGRSI ya elaborado y presentado a la autoridad ambiental, que identifica los transportistas y gestores habilitados para su disposición final, con almacenamiento transitorio en sitios apropiados según tipología dentro de la planta.

La particularidad del emprendimiento respecto de otros desarrollos industriales radica en un conjunto de corrientes específicas de los procesos de electrólisis y de síntesis de MeOH, de generación esporádica y asociadas a los ciclos de reposición de catalizadores, electrolito y componentes de las celdas. El detalle de líneas de generación, descripción, tasa de generación y destino final previsto se encuentra en el DP y en el PGRSI.

Emisiones al aire

Se realizó la identificación consolidada de la totalidad de las fuentes de emisión atmosférica de la planta industrial, tanto puntuales como difusas, las cuales se resumen en la **Tabla 6-14**.

Tabla 6-14: Identificación de fuentes de emisiones al aire de la planta industrial.

Fuente	Descripción	Régimen	Caudal / carga
F1 – Antorcha	Combustión de gases de proceso y venteos (chimenea de 45 m de altura y 300 mm de diámetro)	Continua / fuera de régimen	1.179 Nm^3/h (continua); 101.390 Nm^3/h (fuera de régimen, planta de MeOH detenida)
F2 y F3 – Venteos de H_2	Purgas de la planta de H_2 (electrolizadores y compresores), altura 22 m	Puntual, solo mantenimiento o parada	100 % H_2
F4 – Venteo de O_2	Venteo continuo del electrolizador, altura 22 m	Continua	19.400 kg/h (O_2 99,6 %, H_2 0,04 %)
F5 – Carga de vagones	Desplazamiento de atmósfera inerte al llenar vagones de MeOH	Intermitente	192,7 Nm^3/h (N_2 + Ar)
F6 – Generador de vapor	Purgas continuas y venteos del generador de vapor de la planta de MeOH	Continua	275 kg/h (vapor de agua)
F7 – Planta de N_2	O_2 generado durante la producción de N_2 a partir de aire	Continua	163 kg/h (O_2 96,6 %, agua 3,4 %)
F8 – Paneles adiabáticos	Evaporación de agua en el sistema de enfriamiento por aire, días de alta temperatura	Puntual (1 % del tiempo)	391 kg/h (vapor de agua)

La antorcha, diseñada con redundancia doble de llama y válvula de seguridad para minimizar la probabilidad de apagado, constituye la fuente de mayor relevancia para la calidad del aire, junto con las emisiones fugitivas de la planta de MeOH y del área de carga de vagones (asociadas a juntas bridadas, puntos de transferencia y eventuales derrames de MeOH) y los gases de combustión, principalmente NO_2, de los camiones de transporte de CO_2 (escenario de tránsito base). Las restantes fuentes puntuales (F2 a F8) corresponden a corrientes de O_2, N_2, vapor de agua o H_2 sin relevancia como contaminantes atmosféricos, no obstante, estas últimas fueron identificadas e incluidas en el análisis de seguridad del layout de la planta.

Emisiones sonoras

Las principales fuentes sonoras fijas corresponden a los AG y a los equipos de la planta industrial, según se resume en la **Tabla 6-15**, además de las fuentes móviles asociadas al tránsito inducido.

Tabla 6-15: Fuentes fijas de emisiones sonoras en fase de operación.

Fuente / etapa	L_aEQ en fuente (dBA)
Aerogeneradores (viento 8 m/s)	109
Unidad de producción de MeOH (sopladores y compresores)	111,2
Compresión de H_2 (1ª y 2ª etapa)	94
Sistema de enfriamiento (MeOH y electrólisis)	94,1
PTE de proceso y compresores asociados	85,8
Planta de agua	85
Subestación de la planta industrial	81,2
Transformadores del parque solar	75

Tránsito inducido

El tránsito inducido por la operación comprende el transporte de personal (5 viajes diarios en ómnibus de 57 plazas), el transporte de CO_2 desde DANK hasta la planta industrial y la expedición del MeOH hacia el Puerto de Montevideo y su exportación marítima, entre otros posibles transportes, según se resume en la **Tabla 6-16**.

Tabla 6-16: Resumen de la logística de materia prima y producto terminado.

Actividad	Vehículo empleado	Flujo de transporte
Transporte de CO_2: DANK – Tambores	Camiones cisterna isotérmicos (20 t)	20 viajes/día
Transporte de aguas residuales asimilables a domésticas	Camión barométrica	2 viajes/día
Transporte de lodos deshidratados y filtros	Camiones de carga	2 - 4 viajes/mes
Transporte de repuestos/consumibles	Camiones de carga	1 a 2 viajes/semana
Ingreso de personal externo (visitantes, proveedores, inspectores), y suministro de insumos	Vehículos livianos (auto/pick-up)	5 a 10 viajes/semana
Transporte nacional de MeOH: Tambores – Puerto de Montevideo	Tren de 18 vagones (48,5 t c/u)	1 viaje cada 3,5 días
Transporte internacional de MeOH: Montevideo – puerto europeo	Buque de carga (20.000 m^3)	6 viajes/año

6.4 FASE DE ABANDONO

El proyecto se enmarca en la Política Nacional de Cambio Climático (2017) y en la Hoja de ruta del hidrógeno verde en Uruguay (2022), por lo que un eventual abandono se considera un análisis teórico, poco probable dado el alineamiento del emprendimiento con las estrategias nacionales e internacionales de descarbonización. La vida útil de diseño de la infraestructura electromecánica es de 30 años, previéndose al final de dicho período la posibilidad de actualizaciones tecnológicas antes que un cese total de la actividad.

En caso de producirse el abandono de la planta industrial, se prevé el vaciado y consumo o comercialización de los productos químicos almacenados, la limpieza de tanques y equipos (con gestión del agua de lavado en la PTE hasta el final de la actividad), la gestión de residuos

acopiados conforme al PGRSI vigente, el desmantelamiento del equipamiento electromecánico (con venta o valorización, en especial de la chatarra metálica) y la demolición de las obras civiles remanentes, procurando restituir el área a una condición similar a la previa al proyecto, favoreciendo la revegetación para su reincorporación a usos agropecuarios.

Para el parque eólico, el abandono comprende el desmontaje de los AG y sus torres, el desmantelamiento de la subestación eléctrica y la demolición de obras civiles, el retiro de las distintas partes hacia gestores habilitados para su valorización, el retiro de escombros hacia el SDF municipal (previo acuerdo de gestión con la IDT) y la restauración de las superficies afectadas mediante escarificación para promover la revegetación de la zona. Para el parque solar fotovoltaico, las tareas incluyen el desmontaje de edificaciones e instalaciones eléctricas, la remoción del cableado de interconexión y el tapado de zanjas, el desmontaje de los módulos y sus estructuras, el retiro del material de caminería y la escarificación y tendido de suelo para promover la revegetación natural. En ambos casos se establece igualmente una vida útil de diseño de 30 años, previéndose de igual modo la posibilidad de una readecuación tecnológica de las instalaciones antes que un abandono total.

6.5 MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES

La tecnología de electrólisis alcalina seleccionada para la producción de H_2V fue definida en base a una comparación con las alternativas disponibles a nivel internacional, cuyo detalle se presenta en el Anexo VII del DP.

6.5.1 Huella hídrica

Objetivo, alcance y metodología

En la respuesta a la SIC 04, se realizó un informe de balance hídrico integral, consolidando toda la información generada a lo largo del proceso de autorización ambiental, sobre el uso del agua del proyecto en su fase de operación. Esta información incluye la demanda, extracción, consumo y retorno de agua asociados a la producción de H_2V, considerando los usos y las características de los retornos al medio, para finalmente cuantificar indicadores de consumo hídrico. El análisis diferencia extracción de agua, consumo neto y retornos, evitando considerar como “consumo” la totalidad del agua captada cuando ésta retorna al medio en condiciones y tiempos compatibles con el funcionamiento del sistema hidrológico.

El alcance se basa en el enfoque presentado por el Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM) en colaboración con el Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe (CAF)[3], que abarca desde el insumo de agua de las fuentes, sus tratamientos para el proceso, la generación de H_2V, la generación de subproductos y las salidas del proceso (efluentes, purgas y el resultado de eficiencias consideradas). Corresponde al balance directo de uso de agua y constituye la referencia de fase de diseño, para luego contrastar con los consumos e indicadores reales que surjan durante la operación.

La metodología consiste en identificar la totalidad de las corrientes de agua del proyecto, cuantificarlas y determinar el balance completo de la fase de operación, considerando las principales unidades productivas y las unidades auxiliares de tratamiento de agua y de efluentes. Se identifican y cuantifican el agua captada de fuentes externas, el agua ingresada a cada proceso, que puede corresponder tanto a agua captada como a agua recuperada y reusada internamente, el agua incorporada al producto, el agua evaporada (liberada al ambiente como vapor), los efluentes, el agua reutilizada (corrientes de agua que son recirculadas en el proceso),

[3]https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/comunicacion/publicaciones/folleto-infografia-sobre-uso-agua-produccion-h2v

el agua retornada al ambiente (agua vertida, evaporada y pérdidas generales del proceso), las purgas del proceso y las potenciales pérdidas.

Fuentes y balance global

Como ya ha sido desarrollado previamente, para abastecer la demanda del proceso (660 m^3/d) se utilizará una presa a construirse en padrones cercanos al sitio industrial, diseñada para satisfacer el 100 % de la demanda incluyendo la variabilidad prevista por el cambio climático; mientras que el abastecimiento de agua del personal (15 m^3/d) provendrá de agua subterránea de perforaciones en basaltos en el propio sitio industrial.

El inventario incluye las actividades de captación, la clarificación y filtración de agua (pretratamiento), la desmineralización y ósmosis inversa, la electrólisis (producción de H_2), la síntesis de MeOH, el enfriamiento y tratamiento de efluentes de proceso, la deshidratación de lodos y los servicios del personal, considerando además las salidas de cada unidad, la reutilización y las conversiones internas, entre ellas la producción de agua en la reacción de síntesis de MeOH.

El balance de agua integral del proyecto se presenta en el diagrama de flujo de la **Lámina 6-7**, y el detalle de cálculo correspondiente se encuentra en la **Tabla 6-17**, donde se presentan los ingresos y egresos de cada actividad del proceso, indicando el origen y destino de las corrientes.

Corresponde señalar tres consideraciones del cálculo:

- El agua estequiométrica presente en la producción de H_2 se presenta como salida del sistema, dado que egresa de la planta hacia el mercado como producto derivado del H_2 en forma de MeOH.
- Las pérdidas del sistema, aunque en el diagrama se adjudican a la unidad de electrólisis, fueron consideradas como pérdida global; corresponde a una holgura de diseño sugerida por los fabricantes que es conservadora y que integra todas las pérdidas y eficiencias de los electrolizadores y procesos generales del sistema, incluida el propio tratamiento de agua
- Por último, se consideró como efluente doméstico a gestionar la totalidad del agua insumo para servicios del personal, sin descontar potenciales pérdidas o uso consuntivo, que suelen ser del orden del 10 %.

Estacionalidad

Dadas las características de los diferentes procesos de la planta, el balance hídrico integral no presenta una variabilidad estacional significativa, por lo que resulta representativo para todo el año. La única condición diferenciada es la asociada al uso de paneles adiabáticos en el sistema de enfriamiento, definido mediante aire tras un análisis de tecnologías orientado a minimizar el consumo de agua, y complementado con dichos paneles en los días más cálidos.

Estos sistemas aprovechan la diferencia entre la temperatura de bulbo seco y la de bulbo húmedo del aire a enfriar, del orden de 7 a 14 °C en zonas no costeras, mediante mantas de celulosa húmedas: el aire, al circular por ellas, se humedece entregando calor para vaporizar el agua, aproximando su temperatura a la de bulbo húmedo. La ventaja del esquema es que los equipos funcionan como enfriadores secos la mayor parte del tiempo, activándose los paneles húmedos únicamente cuando las temperaturas de bulbo seco impiden la operación en seco. En esas condiciones la alimentación de agua se estima en 186 m^3/d para la producción de MeOH durante aproximadamente 19 días al año (31 m^3/h en promedio, considerando 6 h diarias de temperaturas no aceptables) y en 129 m^3/d para la producción de H_2 durante un período de 3 h por año (43 m^3/h en promedio).

Para alimentar la totalidad de este caudal se propone utilizar el agua de rechazo de la planta de desmineralización, cuya generación estimada es de 220,8 m³/d, contándose con tanques con aislación térmica de capacidad suficiente que se llenarán durante los períodos menos calurosos del año. De esta forma no se modifica el consumo de agua captada desde fuentes externas ni el retorno al ambiente del balance global, dado que la componente utilizada para los paneles adiabáticos retorna al ambiente como vapor de agua.

Indicadores y comparación con referencias

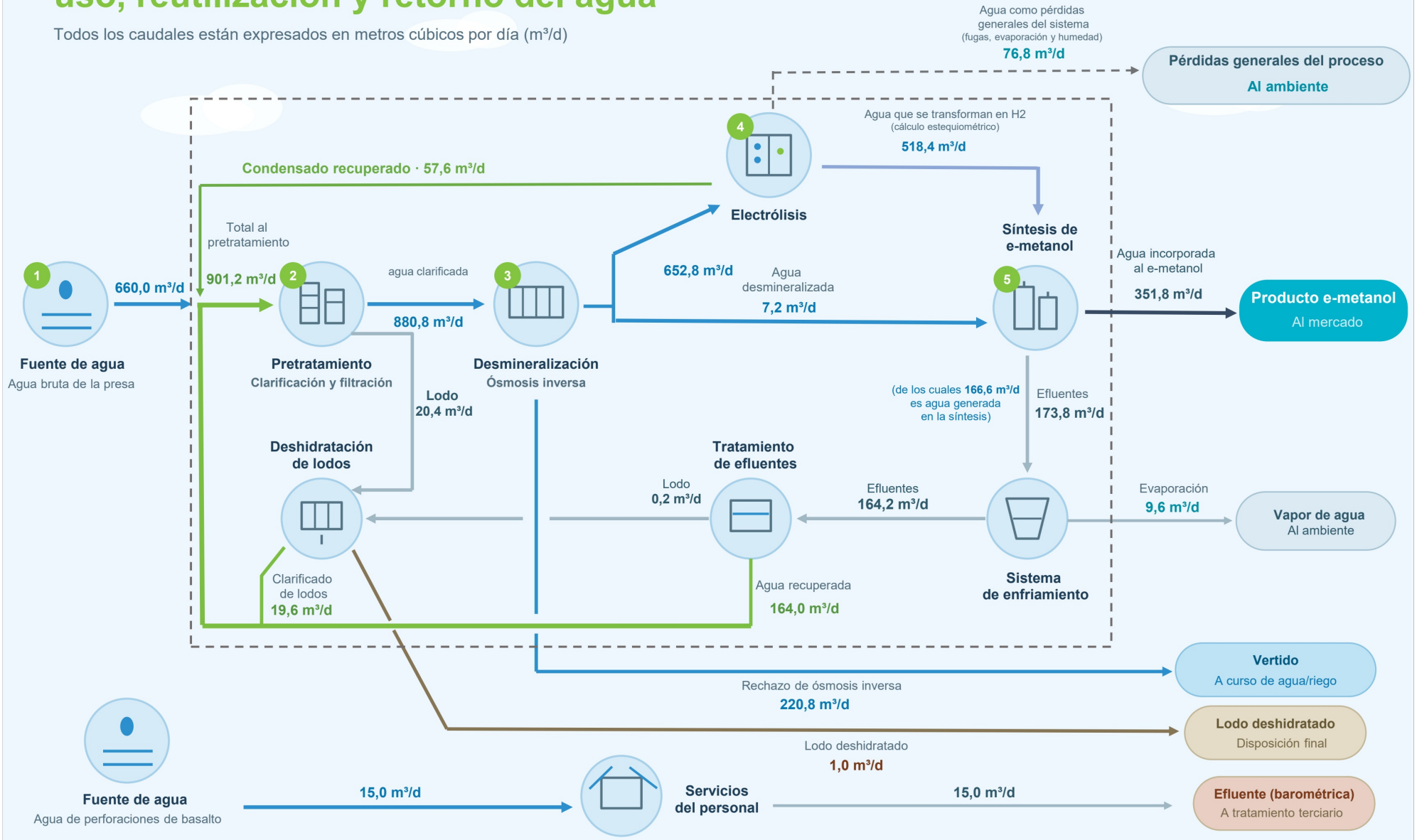
A partir del balance se obtiene un consumo de agua bruta de 11,46 L por kg de H_2V producido (57.600 kg/d) y de 2,2 L por kg de MeOH producido (300.000 kg/d). Analizando el consumo por unidades, la electrólisis presenta un consumo de 11,33 L de agua desmineralizada por kg de H_2, la síntesis de MeOH un consumo de 0,024 L de agua desmineralizada por kg de MeOH, y las unidades de tratamiento de agua (clarificación más desmineralización) un consumo de 15,65 L de agua insumo por kg de H_2 producido.

De acuerdo con IRENA (2023), en el documento *Water for Hydrogen Production* se estima un requisito de entre 15,2 y 17,2 L de agua que debe ingresar al tratamiento por kg de H_2 producido, dependiendo de la calidad del agua de partida, por lo que el valor de 15,6 L obtenido para el proyecto se encuentra dentro de lo esperable. Se destaca que el proyecto considera corrientes de recuperación y reutilización en el proceso, por lo que de esos 15,6 L solo 11,46 L por kg de H_2 son efectivamente requeridos de la fuente superficial, correspondiendo la diferencia a corrientes recuperadas y reutilizadas internamente. Respecto de la unidad de electrólisis, IRENA (2023) estima un consumo de 10 L de agua tratada por kg de H_2 que debe ingresar a dicha unidad, por lo que el valor del proyecto de 11,33 L resulta comparable.

Página intencionalmente en blanco
para impresión en doble faz.

Balance de agua del Proyecto Tambor
uso, reutilización y retorno del agua

Todos los caudales están expresados en metros cúbicos por día (m³/d)



Ingreso de agua bruta para proceso	Recirculación interna	Retorno al ambiente (vertido + pérdidas + evaporación)	Agua incorporada al producto	Agua como lodo a disposición final
660,0 m³/d	241,2 m³/d	307,2 m³/d	351,8 m³/d	1,0 m³/d

LAMINA 6-7

TITULAR	UBICACIÓN	PROYECTO	
BELASAY S.A.	DEPARTAMENTO DE TACUAREMBÓ	PLANTA DE PRODUCCIÓN DE E-METANOL A PARTIR DE HIDRÓGENO VERDE	BALANCE DE AGUA DEL PROYECTO USO REUTILIZACIÓN Y RETORNO DEL AGUA

Página intencionalmente en blanco
para impresión en doble faz.

Tabla 6-17: Detalle de cálculo del balance de agua integral del proceso. Unidades en m^3/d.

Proceso	Ingreso total	Ingreso diferenciado	Origen	Egreso total	Egreso diferenciado	Destino
Agua captada	675,0	660,0	Agua superficial – Embalse	675,0	660,0	Clarificación y filtración de agua bruta
		15,0	Agua subterránea - Pozos en basalto		15,0	Servicios del personal
Clarificación y filtración de agua bruta	901,2	660,0	Agua bruta embalse	901,2	880,8	Agua clarificada para Desmineralización
		57,6	Condensado del Electrolizador			
		164,0	Agua recuperada de la PTE de proceso		20,4	Lodo de tratamiento de agua a Deshidratación de Lodos
		19,6	Clarificado de la deshidratación de lodos			
Desmineralización de agua	880,8	880,8	Agua clarificada de Clarificación y filtración de agua bruta	880,8	652,8	Agua desmineralizada para Electrolizador
					7,2	Agua desmineralizada para Síntesis de Metanol
					220,8	Agua de rechazo de ósmosis inversa, vertido mixto, a curso de agua y riego en período de estiaje.
Electrolizador	652,8	652,8	Agua desmineralizada de Desmineralización	652,8	57,6	Condensado hacia Clarificación y filtración de agua bruta
					518,4	Agua estequiométrica para Producción de H2 (57,6 t/d × 9 m^3/t H2)
					76,8	*Pérdidas generales del proceso (fugas, evaporación y humedad)*[(1)]
Síntesis de metanol	525,6	7,2	Agua desmineralizada de Desmineralización	525,6	173,8	Efluentes hacia Enfriamiento de efluentes

Proceso	Ingreso total	Ingreso diferenciado	Origen	Egreso total	Egreso diferenciado	Destino
		518,4	Agua estequiométrica para Producción de H2 (57,6 t/d × 9 m³/t H2)		351,8	Agua incorporada al producto e-metanol
Enfriamiento de efluentes	173,8	173,8	Efluente de Síntesis de metanol	173,8	164,2	Efluentes hacia PTE de proceso
					9,6	Evaporación como vapor de agua al ambiente
PTE de proceso	164,2	164,2	Efluentes luego del enfriamiento de efluentes (de síntesis de metanol)	164,2	164	Agua recuperada hacia Clarificación y filtración de agua bruta
					0,2	Lodo de PTE a Deshidratación de lodo
Deshidratación de lodos	20,6	0,2	Lodo de PTE de proceso	20,6	1	Lodo deshidratado hacia Disposición final
		20,4	Lodo de Clarificación y filtración de agua bruta		19,6	Clarificado de lodos hacia Clarificación y filtración de agua bruta
Servicios del personal	15	15	Agua de perforaciones de basalto	15	15	Efluente de servicios del personal[(2)]

(1): Este valor corresponde a una holgura de diseño sugerida por los fabricantes que es conservadora y que integra todas las pérdidas y eficiencias de los electrolizadores y procesos generales del sistema, incluida el propio tratamiento de agua.

(2): Se consideró como efluente doméstico a gestionar la totalidad del agua insumo para servicios del personal sin considerar potenciales pérdidas o uso consuntivo.

6.5.2 Huella de carbono

Respecto a la huella de carbono, se estimaron las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del proyecto para una producción de 84.000 t/año de MeOH, siguiendo la metodología establecida por las Directivas de Energías Renovables de la Unión Europea (RED II y RED III) y sus Actos Delegados, que definen los criterios de sostenibilidad y cálculo de emisiones para los combustibles renovables de origen no biológico (en adelante RFNBO por sus siglas en inglés "*Renewable Fuels of Non-Biological Origin"*). El análisis, desarrollado con apoyo de la consultora especializada en descarbonización Hinicio, define los límites del sistema abarcando la cadena de valor completa, desde el suministro de CO_2 y la producción de H_2V y MeOH, hasta el transporte nacional e internacional y el uso final del producto, e identifica y cuantifica las fuentes de emisión asociadas al consumo de electricidad, combustibles, productos químicos, procesos de conversión, transporte y tratamiento de residuos, utilizando factores de emisión de las propias Directivas RED, las Directrices del IPCC (2006) y el Balance Energético Nacional de Uruguay[4], entre otras referencias. Dado que la matriz eléctrica nacional presenta más del 90 % de fuentes renovables, la alimentación del electrolizador tiene, conforme a dicha metodología, una emisión asociada nula. Considerando toda la cadena de valor hasta la entrega del producto en un puerto europeo y su posterior uso, el proyecto arroja un ahorro de emisiones de GEI del 89,24 % respecto del comparador de origen fósil, superando el umbral mínimo del 70 % exigido por la normativa de la Unión Europea para los RFNBO.

Este resultado se explica, por un lado, por la elevada participación de fuentes renovables en la matriz eléctrica nacional, que determina una emisión asociada nula para la energía consumida por el electrolizador conforme a la metodología EU RED, y, por otro, por el origen biogénico del CO_2 capturado del gas de chimenea de la caldera de biomasa de DANK, que no adiciona carbono fósil a la atmósfera. En conjunto, estos elementos, sumados a la incorporación de un sistema de enfriamiento cerrado por aire que minimiza el consumo de agua respecto de las tecnologías de referencia, permiten concluir que el proyecto incorpora las mejores técnicas disponibles a nivel internacional para este tipo de procesos.

[4] https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/ben

7. CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO RECEPTOR

7.1 ÁREA DE INFLUENCIA LOCAL Y REGIONAL

7.1.1 Medio físico

Clima

Según la clasificación de Köppen ("Cfa") Uruguay es de clima templado y húmedo, con precipitaciones todo el año y temperatura media del mes más cálido superior a 22ºC.

La estación meteorológica más próxima al emprendimiento es Paso de los Toros, que registra una temperatura media anual de 18,1 ºC, con máxima media mensual de 24,9 ºC y mínima media mensual de 11,5 ºC (INUMET, 2010), y una insolación directa media anual de 2.456,2 h (INUMET, 1990).

La información pluviométrica proviene de la estación Tacuarembó, con una precipitación acumulada media anual de 1.483 mm, sin una estación lluviosa típica definida, aunque con menores volúmenes en los meses de invierno (INUMET, 2010).

En cuanto al régimen de vientos, según el mapa eólico del Uruguay (celda D5, MIEM y DNETN, 2009), la velocidad media anual a 15 m de altura presenta una moda de aproximadamente 3 m/s, con vientos superiores a 5 m/s cerca del 20 % del tiempo y predominio de mayor intensidad desde el Este.

Calidad del aire

Se asume que los parámetros de calidad del aire relevantes (NOx) presentan concentraciones ambientales muy bajas, típicas de ambientes rurales; no se consideró necesario relevar una línea de base.

Nivel de presión sonora (NPS)

Se estableció la línea de base de ruido mediante mediciones de NPS, realizadas del 10 al 14 de diciembre de 2024 en ocho puntos (**Figura 7-1**), en horario diurno y nocturno. Los puntos se seleccionaron para representar tanto la zona rural con distinto grado de contribución esperada del proyecto, como el borde y el centro de la zona urbana de Tambores. Los resultados de la línea de base se presentan en **Tabla 7-1** junto con el criterio de selección de cada punto.

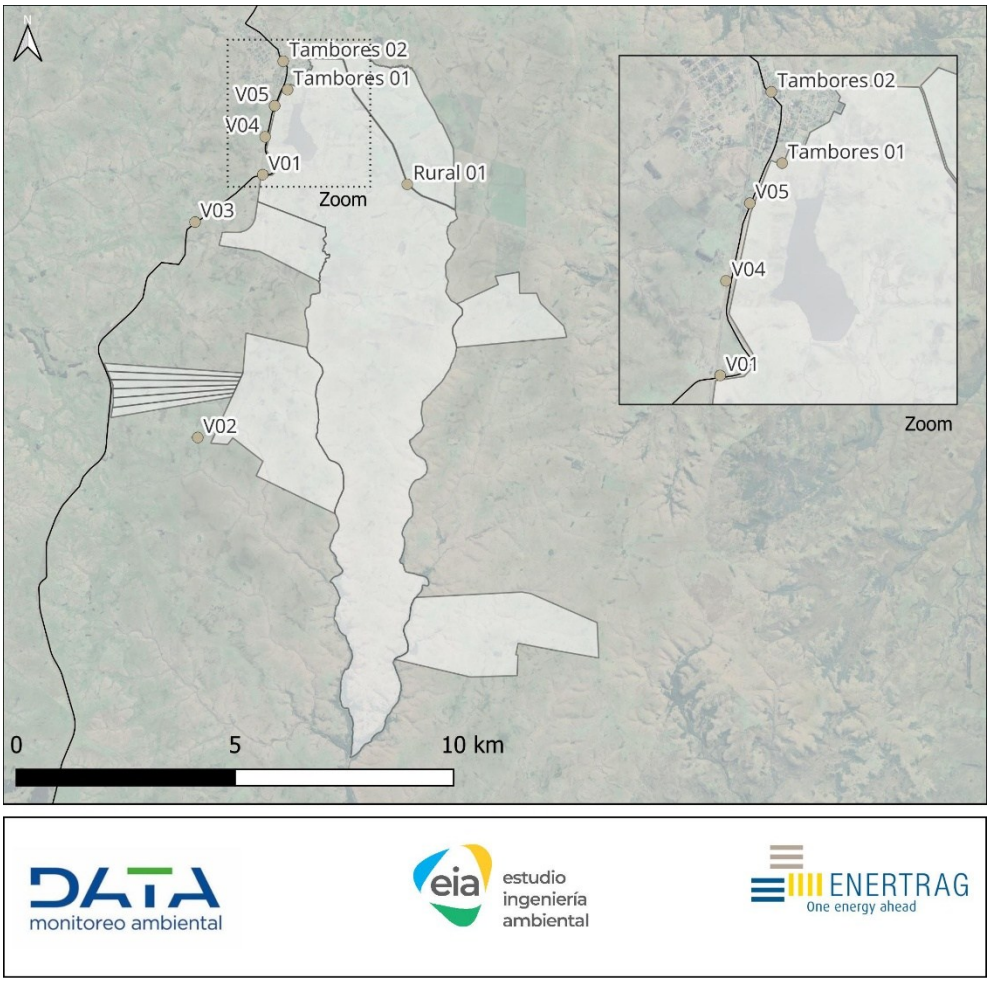


Figura 7-1: Ubicación de puntos de monitoreo de línea de base.

Tabla 7-1: Resultados de línea de base de ruido.

Id Punto	$L_{A,F,eq}$ (dB(A))		Criterio de selección
	Diurno	Nocturno	
V01	45,6	42,0	Representativo de caminería de acceso al sitio industrial y receptores dispersos en zona rural.
V02	45,2	51,6	Representativo de vivienda en zona rural y caminería departamental secundaria.
V03	38,6	44,9	Representativo de caminería rural.
V04	41,2	45,2	Representativo de caminería de acceso al sitio industrial y receptores dispersos en zona rural.
V05	50,4	46,5	
Rural 01	44,5	42,7	Representativo de caminería y receptores dispersos en zona rural.
Tambores 01	47,5	42,9	Representativo de zona poblada urbana de Tambores; primera línea de viviendas más cercanas al proyecto (Límite Sur).
Tambores 02	62,3	46,0	Representativo de zona poblada urbana céntrica de Tambores.

Hidrología y comportamiento hidrodinámico

El emprendimiento se ubica en la macrocuenca del Río Negro, comprendiendo dos cuencas de nivel 5: la del arroyo Sarandí y la del arroyo Malo (entre sus nacientes y su confluencia con el

Sarandí). El padrón Nº 13.970 es recorrido de Norte a Sur por el arroyo Sarandí y en su borde Este por el arroyo Malo. Considerando el punto de cierre en la confluencia de ambos arroyos con el arroyo Coronilla, al extremo Sur del padrón Nº 13.970, la cuenca de aporte al área de influencia directa del proyecto alcanza aproximadamente 15.800 ha. El curso que atraviesa el padrón industrial es una cañada de tramos intermitentes, con una cuenca de aporte de aproximadamente 119 ha en su punto de cierre inmediato aguas abajo del predio, que confluye aguas abajo en el arroyo Sarandí.

El suministro de agua a la planta industrial se prevé mediante una nueva presa sobre el curso de agua Chachal (padrones Nº 7.549 y Nº 10.042 a 10.046). Según el estudio de disponibilidad hídrica de INGESUR SRL, la cuenca de aporte al punto de cierre de la presa existente es de 4,1 km², y la cuenca en el eje de la presa proyectada es de 7,39 km².

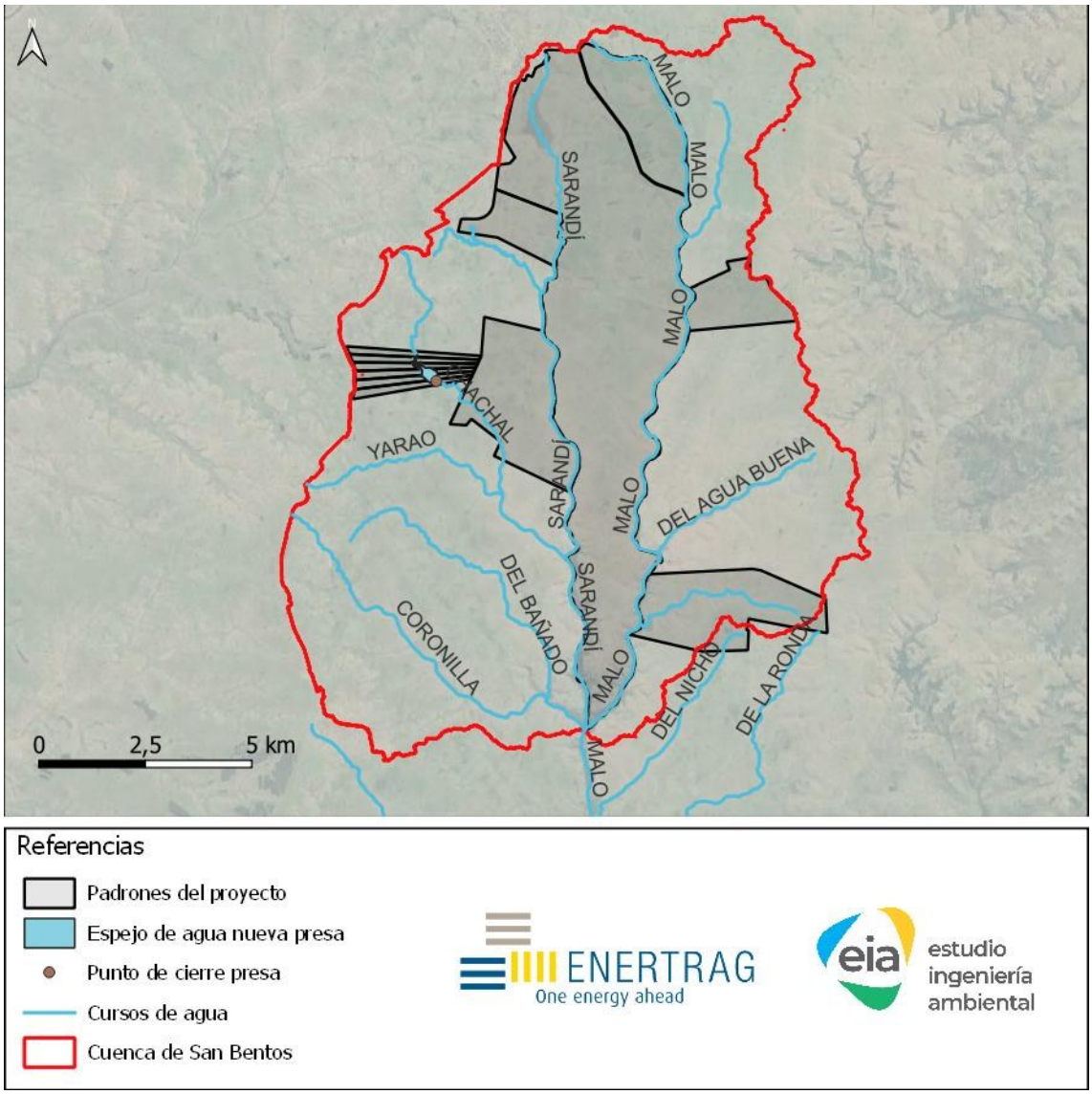


Figura 7-2: Identificación de los cursos de agua cercanos a la zona de estudio y cuenca resultante del punto de cierre.

En cuanto a la oferta hídrica superficial, el informe de IMFIA (2025) caracteriza el estrés hídrico de la cuenca Nivel 2 asociada al proyecto en escenarios de oferta media y mínima, anual y para el cuatrimestre diciembre-marzo.

Para la caracterización de la calidad de agua superficial, ENERTRAG implementó un Plan de Monitoreo de Calidad de Aguas, con una duración prevista de al menos un año, en cuatro

estaciones (E1, embalse San Bentos; E2, punto en la cañada de la Planta Industrial; E3, punto de vertido sobre el arroyo Sarandí; y E5, aguas abajo de la presa), midiendo en campo caudal, temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto, potencial redox, turbidez y alcalinidad, y en laboratorio (con distinta frecuencia) demanda química y bioquímica de oxígeno, nutrientes, sólidos, detergentes, aceites y grasas, coliformes y metales. En la **Figura 7-3** se presenta la ubicación de las estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial y subterránea. El plan cuenta con información relevada de forma mensual desde abril de 2025 hasta marzo de 2026. Los resultados completos se encuentran en el Anexo VII de la respuesta a las SIC 02 y 03. Se presenta en la **Tabla 7-2** un resumen de los resultados, comparando con el valor objetivo del Decreto 226/025.

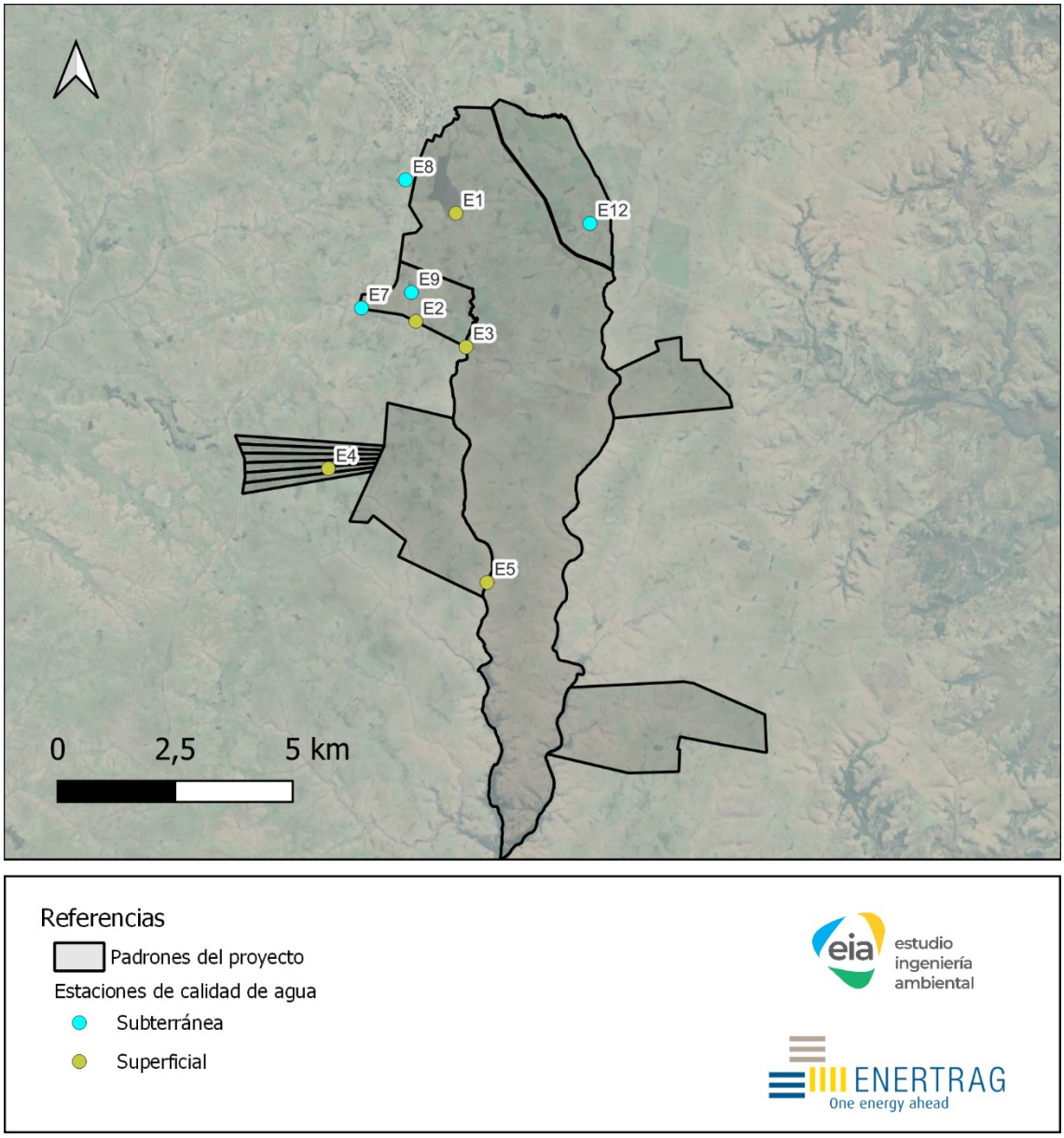


Figura 7-3: Estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial y subterránea del Plan de Monitoreo de Calidad de Aguas de ENERTRAG.

Tabla 7-2: Resumen de monitoreo de línea de base de calidad de agua superficial.

Estación	E1			E2			E3			E5			*Valor objetivo Dec. 226/025*
Parámetro	Mín.	Máx.	Prom.	Mín.	Máx.	Prom.	Mín.	Máx.	Prom.	Mín.	Máx.	Prom.	
Caudal aforado (L/s)	0	28,5	3,6	0	103,7	22,40	9,0	379,0	63,6	9,7	665,0	168,1	-
Temperatura (ºC)	8	29,8	19,7	10,5	29,9	20,3	10,8	24,8	18,2	6	32,8	19,4	-
pH	6,6	8,4	7,4	6,7	7,4	7,0	6,8	7,6	7,2	7,0	8,7	8,1	*6,5 - 8,5*
CE (μS/cm)	31	93	60	40	199	102	63	432	300	58	287	187	*No apartarse del rango de variabilidad histórico ni superar 200 µS/cm.*
Turbidez (NTU)	40	65	52	4	30	15	4	45	15	2	29	9	*45*
OD (mg/L)	0	8,7	5,9	4,1	10,2	7,8	2,1	9,4	5,5	6,1	13,2	9,3	*Mínimo 5 mg/L*
DBO_5 (mg/L)	<3	3	3	<3	8	4,80	<3	5	4	<3	6	3,50	*≤ 3*
Nitrato (mg-N/L)	0,50	0,70	0,62	<0,05	0,60	0,45	<0,5	0,80	0,66	<0,5	0,60	0,53	*≤ 0,29*
Nitrógeno amoniacal total (mg-N/L)	<0,05	0,15	0,078	<0,05	0,15	0,07	<0,05	0,1	0,07	<0,05	0,06	0,055	-
Nitrógeno amoniacal (expresado en amonio no ionizado) (mg N/L)[1]	<0,001	0,006	0,002	<0,001	0,002	0,001	<0,001	0,002	0,001	<0,001	0,014	0,007	*≤ 0,019*
Fósforo total (mg/L)	0,06	0,9	0,27	0,05	2,6	0,57	0,09	0,35	0,16	<0,05	0,34	0,14	*≤ 0,050*
Coliformes fecales (UFC/100 mL)	<100	<100	<100	>=10	1300	382	>=10	1800	607	<100	<100	<100	*≤ 2.000*
E. Coli (UFC/100 mL)	<100	<100	<100	>=10	880	298	>=10	1.800	607	<100	<100	<100	*≤ 1.000*

[1]El Nitrógeno amoniacal expresado como amoníaco ($N\text{-}NH_3$) no corresponde a una medición directa, sino a un valor calculado a partir del nitrógeno amoniacal total (NH_4^+) medido en la muestra, mediante el modelo de equilibrio químico de disociación del ion amonio en función del pH y la temperatura (Emerson et al., 1975).

Geología

Según la Carta Geológica del Uruguay a escala 1:500.000 (Preciozzi, 1985), el sector centro-Oeste del área de estudio (cotas más altas) se asienta sobre la Formación Arapey, de origen ígneo volcánico (Jurásico-Cretácico), constituida por basaltos toleíticos en coladas con intercalaciones de areniscas eólicas, en contacto discordante con las formaciones Rivera y Tacuarembó subyacentes. El límite Este del área de estudio (cotas más bajas) corresponde a la Formación Tacuarembó (Jurásico Superior), integrada por areniscas finas a medias de origen continental (depósitos fluviales, lacustres y eólicos).

Hidrogeología

De acuerdo con la carta hidrogeológica del Uruguay (DINAMIGE, 2003), en el área conviven dos unidades de potencialidad diferenciada. La Unidad 1, asociada a los basaltos de la Fm. Arapey y predominante en el área de estudio, corresponde a acuíferos en rocas con porosidad por fracturas, de potencialidad media a alta, caudales específicos del orden de 0,5 m³/h/m y porosidad relativamente baja (0,5-1 %). La Unidad 2 corresponde al Acuífero Tacuarembó (Guaraní), unidad más relevante del país por superficie y potencialidad, con porosidad del orden de 15-20 %, presente tanto en su sector aflorante como confinado bajo los basaltos.

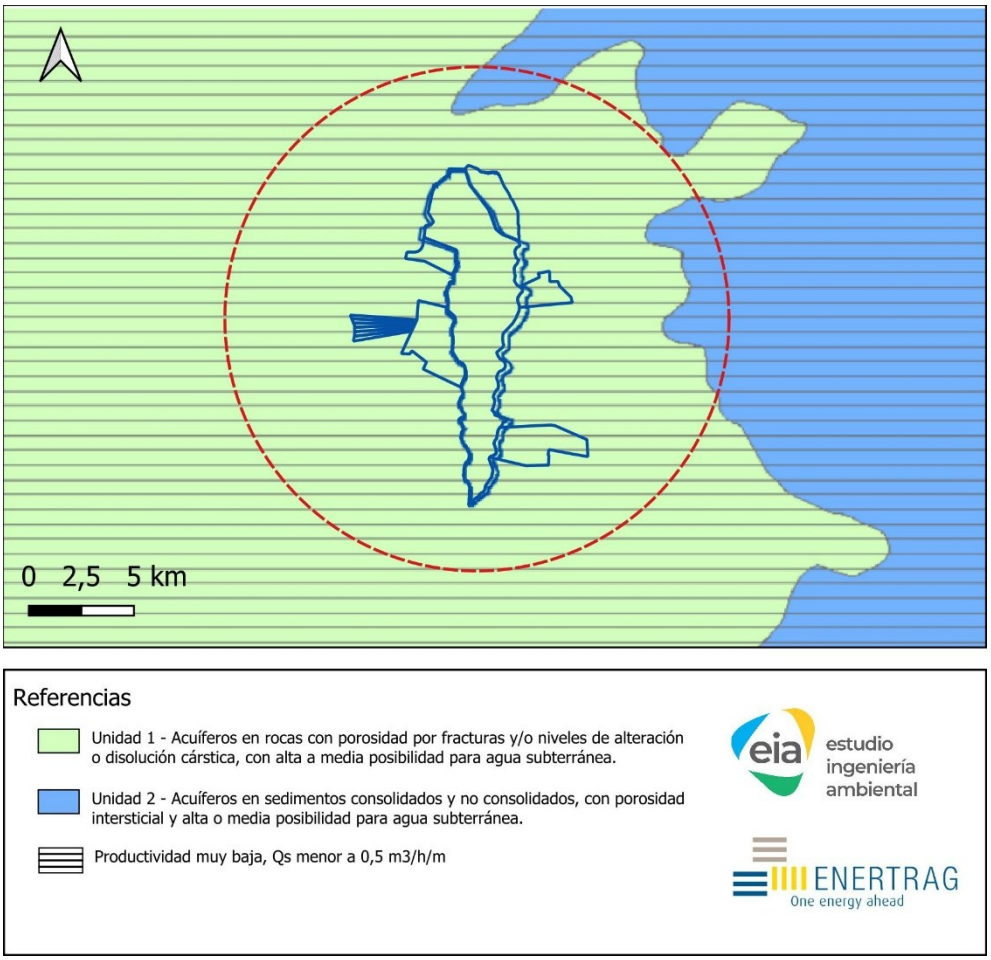


Figura 7-4: Unidades hidrogeológicas en el área de estudio.

En el informe del IMFIA (2025) se ha calculado el estrés hídrico de las unidades hidrogeológicas para las cuales existe una estimación del valor de recarga anual, siendo el estrés el cociente entre el volumen otorgado y la oferta de agua subterránea. El informe de IMFIA (2025) estima, para el sistema acuífero Tacuarembó (Guaraní), un estrés hídrico del 3 %, considerando una demanda autorizada de 13,6 hm³/año.

La caracterización de la calidad de agua subterránea se realizó mediante el Plan de Monitoreo de Calidad de Aguas, en cuatro puntos (E7, pozo en el sitio industrial; E8, pozo próximo a Tambores; E9, pozo al Norte del sitio industrial; y E12/E12b, pozo y molino al Este del Sitio Industrial), con parámetros de campo, coliformes y análisis fisicoquímico de iones mayoritarios y trazas (ANEXO VII de la respuesta a SIC 02 y SIC 03) La ubicación de las estaciones de monitoreo se presenta previamente en la **Figura 7-3**. La línea de base de agua subterránea cuenta con información relevada desde abril de 2025 hasta marzo de 2026. En la **Tabla 7-3** se presenta un resumen de los resultados registrados en dichos pozos. En la estación E12b sólo se registra el nivel estático, con una media de 5,5 m, valor mínimo de 4,6 m y máximo de 8,7 m. Se reportaron valores de indicadores microbiológicos de contaminación fecal únicamente en la estación E7.

Tabla 7-3: Resumen de monitoreo de línea de base de calidad de agua subterránea.

Parámetro	E7			E8			E9			E12		
	Mín.	Máx.	Prom.	Mín.	Máx.	Prom.	Mín.	Máx.	Prom.	Mín.	Máx.	Prom.
Temperatura (ºC)	18,9	20,3	19,9	11,2	19,7	18,2	18,6	21,5	20,3	16,0	21,4	19,3
pH	7,1	7,5	7,39	7,1	7,9	7,41	6,3	8,0	7,19	7,1	7,6	7,3
CE (μS/cm)	353	408	388	228	377	318	101	494	394	378	456	398
OD (mg/L)	0,7	5,9	1,7	0,0	8,1	5,4	0,0	7,3	3,6	0,0	9,6	5,9
Turbidez (NTU)	0,7	1,6	1,2	1,0	2,9	1,5	4,1	44,0	16,7	1,2	6,0	3,1
Alcalinidad (mg $CaCO_3$/L)	211,9	257,3	225,2	133,7	164,8	147,5	178,5	236,2	198,9	200,0	241,7	215,2
Coliformes totales (UFC/100 mL)	<1	<100	84	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Coliformes fecales (UFC/100 mL)	<1	<100	84	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E. coli (UFC/100 mL)	<1	<100	84	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nivel estático (m)	7,96	9,28	8,63	7,52	9,07	8,27	0,70	3,05	2,16	5,08	8,91	6,38

Geografía

El área de estudio está delimitada al Oeste por la Cuchilla de Haedo, al Norte por la Cuchilla del Valle de Edén, la Cuchilla Salvañach y la Cuchilla de Once Cerros (que gira al Sur conformando el límite Este), desarrollándose en su centro la cuenca de los arroyos Sarandí y Malo, que corren paralelos de Norte a Sur y convergen en el límite Sur del área de estudio. El relieve corresponde a una pradera alta semiplana con eje central Norte-Sur, con cotas que descienden de 280 msnm a 230 msnm hacia el Sur y valles de cañadas en los bordes Sureste y Suroeste; los arroyos Sarandí y Malo corren encajonados con cotas de hasta 180 msnm, con afloramientos y clastos de basalto dispersos en la pradera alta y pequeñas escarpas rocosas en los bordes de los cauces.

Suelo

La caracterización de suelos se basa en los grupos CONEAT, unidades de capacidad productiva relativa (índice 100: capacidad productiva media del país). La mayor parte de los padrones del emprendimiento pertenece al grupo 1.10b, seguido en menor proporción por los grupos 1.11b, 1.21, 12.13 e 12.21 (en valles) y B03.1 (planicies aluviales).

Tabla 7-4: Grupos CONEAT identificados en el área de estudio (CONEAT, 1979).

Grupo CONEAT	Índice de productividad	Rasgo dominante
1.10b	30	Sierras con escarpas y laderas convexas; 85-95 % suelos superficiales/afloramientos basálticos; Litosoles.
1.11b	40	Colinas y lomadas fuertes de la Fm. Arapey; hasta 75 % suelos superficiales; Litosoles.
1.21	86	Lomadas fuertes; Litosoles y Brunosoles Éutricos de profundidad moderada.
12.13	158	Valles; Vertisoles Háplicos (Grumosoles) dominantes.
12.21	153	Valles con escarpas accesorias; Vertisoles y Brunosoles Éutricos.
B03.1	158	Planicies aluviales asociadas a las vías de drenaje; Fluvisoles y Vertisoles.

7.1.2 Medio biótico

Fuentes y metodología

La caracterización se basó en información secundaria como primaria, a través de la realización de campañas específicas del proyecto, entre ellas la Línea de Base Biológica de Lombardi & Geymonat, noviembre 2021 - abril 2023, y la Campaña Biológica Complementaria de TETRA Consultores, octubre 2023 y diciembre 2024. Se trabajó a escala de paisaje, analizando la inclusión o proximidad del proyecto a áreas protegidas y a ecosistemas amenazados, y a escala local, mediante el mapeo de ambientes. Las fuentes y metodologías se encuentran en detalle en el EsIA Tomo I y sus ANEXOS III y IV.

Caracterización geográfica

El área del proyecto se ubica dentro de la ecorregión Cuesta Basáltica (Brazeiro et al., 2015), que presenta la mayor riqueza total de especies del país (911 especies), con un 5,3 % de su superficie de máxima y alta prioridad para la conservación.

Áreas protegidas y de prioridad para la conservación

El área del proyecto no se superpone ni se encuentra próxima a áreas protegidas del SNAP, a Sitios Ramsar, Reservas de Biósfera o IBAs, y tampoco integra las zonas de prioridad definidas en el Plan Estratégico 2015-2020 del SNAP. No obstante, en los márgenes del arroyo Sarandí, en su confluencia con el arroyo Malo, se identifican ecosistemas amenazados de bosque ribereño de quebrada, categorizados como Vulnerables (superficie nacional entre 50.000 y 200.000 ha).

Ecosistemas y flora asociada

El relieve del área de estudio es ondulado, con una matriz de pastizal, afloramientos rocosos puntuales y parches y corredores de otros ambientes (bañados y bosques). A escala de paisaje se distingue una gradación desde el sector Norte, con praderas artificiales (cultivos forrajeros) y antecedentes de cultivo de arroz y un nivel de intervención alto, hasta el sector Sur y los bordes, con praderas naturales, corredores de vegetación arbórea y arbustiva sobre arroyos y cañadas, y bosques ribereños y de quebrada de alta biodiversidad y muy bajo nivel de intervención. El área del proyecto tiene una superficie total aproximada de 6.000 ha.

Ambientes principales

Bosques: en el sector Sur, asociados a la horqueta de los arroyos Sarandí y Malo, con características de bosque primario subtropical (Laureles, Guayabo, Guabiyú, Tarumán, entre otras especies de gran porte, y Blanquillos y Camboatá en el estrato medio) y ejemplares añosos de gran diámetro en los bosques de quebrada.

Ecotono: franja de transición entre los bosques y las praderas, con especies como Jazmín del Uruguay, Cedrón de Monte y Coronilla (Uña de Gato).

Pradera: matriz dominante del área de estudio, con tapiz de gramíneas (familias Poaceae y Asteraceae predominantes) y especies no gramíneas en bajo número; en laderas se registran invernales perennes como *Aristida murina, A. venustula, Briza triloba, Piptochaetium stipoides, Stipa charruana* y *S. setigera*, y en sectores puntuales dominancia de *Senecio brasiliensis*; en suelos superficiales el tapiz es más abierto y con menor potencial productivo.

Humedales: presentes en sectores puntuales asociados a ambientes inundables o de bañado, con Sauces Criollos y Ceibos, y ecotonos con caraguatáes, pajonales y pastizales altos en sus bordes.

Cultivos (praderas forrajeras y arroz): hacia el Norte del área de estudio, incluyendo embalses y tajamares que constituyen humedales artificiales.

Ambientes secundarios: parches de menor extensión insertos en las matrices principales, naturales o artificiales, entre los que se destacan por su relevancia para la conservación los roquedales (reptiles amenazados) y los bosques de abrigo (refugio de murciélagos).

Fauna

La composición potencial de vertebrados tetrápodos para la cuadrícula SGM K13 y su entorno inmediato, junto con las especies confirmadas en los relevamientos de campo, se resume en la siguiente tabla.

Tabla 7-5: Riqueza de especies potenciales y Especies Prioritarias para la Conservación (EPC).

Grupo	Riqueza potencial (K13)	Riqueza potencial (K13 + complemento)	Potencial EPC	Especies confirmadas
Anfibios	23	25	3	7
Reptiles	42	42	12	5

Grupo	Riqueza potencial (K13)	Riqueza potencial (K13 + complemento)	Potencial EPC	Especies confirmadas
Aves	244	279	47	159
Mamíferos	42	48	21	19

Anfibios: de las 25 especies potenciales, 7 fueron confirmadas en campo y 3 integran los listados de EPC. Todas son de Preocupación Menor (LC) salvo el Sapito de Davincenzi (*Melanophryniscus devincenzii*), En Peligro (EN) a nivel global y nacional, y el Achavalito de las Sierras (*Rhinella achavali*), Cercano a la Amenaza (NT) a nivel nacional; ambas de distribución restringida, amenazadas principalmente por pérdida y fragmentación de hábitat, y asociadas a los cuerpos de agua (arroyos Sarandí y Malo).

Reptiles: de las 42 especies potenciales, 5 fueron confirmadas y 12 integran los listados de EPC. Dos están amenazadas a nivel nacional: la Víbora de Cascabel (*Crotalus durissus terrificus*, En Peligro), aunque sus registros conocidos se encuentran distantes del área de estudio, y el Geko de las Piedras (*Homonota uruguayensis*, Vulnerable), cuya presencia fue confirmada en el predio asociada a afloramientos rocosos, siendo la pérdida de hábitat su principal amenaza.

Aves: de las 279 especies potenciales, 46 integran los listados de EPC. A nivel global, 3 están categorizadas como amenazadas: el Cardenal Amarillo (*Gubernatrix cristata*, En Peligro), el Capuchino Corona Gris (*Sporophila cinnamomea*, Vulnerable) y la Loica Pampeana (*Sturnella defilippii*, Vulnerable). A nivel nacional, 17 están categorizadas como amenazadas (3 En Peligro y 13 Vulnerables). De estas, el Águila Mora (*Geranoaetus melanoleucus*) y el Playerito Canela (*Tryngites subruficollis*) fueron confirmados en el área de estudio; del Águila Mora se registra mortalidad por colisión en parques eólicos a nivel internacional. Se identifican además cuatro grupos de aves particularmente sensibles a proyectos eólicos presentes en el área con especies como el Águila Mora, el Buitre de Cabeza Negra, el Cuervillo de Cañada y el Batitú, entre otras.

Mamíferos: de las 48 especies potenciales, 19 fueron confirmadas y 21 integran los listados de EPC. Ninguna está evaluada como amenazada a nivel global por la UICN; a nivel nacional (González & Martínez-Lanfranco, 2010) se identifica una especie Amenazada (Puma, Puma concolor), 3 Muy Vulnerables (Gato Pajonal, Moloso de Cola Larga y Moloso Crestado), 3 Vulnerables (Coatí, Falso Vampiro Flor de Lis y Coendú) y 14 Susceptibles (entre ellas Guazubirá, Zorro Perro, Zorro Gris, Gato Montés, Lobito de Río, Mano Pelada y Carpincho).

Quirópteros: de las 23 especies reportadas para Uruguay, se consideran 16 potenciales para el área del proyecto (11 en todo el territorio y 5 de distribución más restringida). Todas son de Preocupación Menor (LC) a nivel global; a nivel local presentan distintos estatus, coincidiendo la categoría No Amenazada con las especies de distribución más amplia en el país.

Fauna acuática (peces y macroinvertebrados): el relevamiento de Lombardi & Geymonat, centrado en los arroyos Sarandí y Malo y en los embalses del área, registró 22 especies de peces y 41 especies de macroinvertebrados. De los macroinvertebrados, 16 especies son indicadoras de calidad de agua (intolerantes a la contaminación según el índice BMWP); de los peces, 6 especies son indicadoras y 5 son EPC.

7.1.3 Medio antrópico

Área de influencia y fuentes

A los efectos del estudio social, el área de influencia del proyecto se definió en dos niveles: una microrregión (localidades de Tambores, Piedra Sola y Valle Edén sobre el eje de la Ruta 26 y el camino que conecta Tambores con Piedra Sola), y una macrorregión (incorpora a la ciudad de Tacuarembó). La caracterización se elaboró a partir del informe especialista de la empresa

Rivero-Quirino (ANEXO V del EsIA), complementado con la identificación de receptores cercanos realizada en el marco de la evaluación de impacto.

Aspectos sociodemográficos

El departamento de Paysandú tiene 121.838 habitantes, con un 96,1 % de población urbana. El departamento de Tacuarembó tiene 96.016 habitantes, 89,3 % urbana, población mayormente femenina y concentrada en el tramo de 25 a 44 años; un 15,1 % se identifica como afrodescendiente y un 9,6 % como indígena. (INE, 2023).

La ciudad de Tacuarembó, capital departamental, tiene 60.586 habitantes (creció unos 6.000 habitantes entre 2011 y 2023). El municipio de Tambores, de gestión compartida entre Paysandú y Tacuarembó, tiene 1.468 habitantes, población estable respecto del Censo 2011, con un 75 % en zona urbana; la proporción de hogares con al menos una Necesidad Básica Insatisfecha (NBI) es de 38,5 %, superior al promedio nacional (33,8 %) pero inferior al del departamento de Paysandú (41,4 %). Piedra Sola cuenta con una población de 145 habitantes, distribuidos en viviendas que presentan un promedio de 2,2 habitantes por unidad habitacional, y presenta un total de 145 viviendas registradas.

Acceso a servicios públicos

La energía eléctrica (red de UTE) y el agua potable (red de OSE) tienen buena cobertura tanto en Tacuarembó como en Tambores. El saneamiento es más deficiente: en la ciudad de Tacuarembó el 72,8 % de los hogares está conectado a la red y el 26,7 % usa fosa séptica, mientras que en Tambores predomina la fosa séptica (61 %) y un 34,8 % no tiene conexión. El acceso a internet alcanza al 70,1 % de los hogares de Tacuarembó y al 56,7 % de Tambores. Tambores cuenta con tres líneas de ómnibus (Calebus, Alonso y Copay) con frecuencia de lunes a sábados. En salud, Tacuarembó tiene un hospital de referencia regional, siete policlínicas de la Red de Atención Primaria y cobertura privada, mientras que en Tambores el servicio es de primer nivel de atención únicamente (una policlínica pública y un local de la mutualista COMTA).

Respecto a la gestión de residuos, el sitio de disposición de la ciudad de Tacuarembó opera como vertedero a cielo abierto desde hace más de 70 años (Intendencia de Tacuarembó, 2024), sin medidas de control ambiental adecuadas; el departamento cuenta con otros seis vertederos similares, entre ellos uno en Tambores. El Ministerio de Ambiente y la Intendencia de Tacuarembó tienen programada la clausura de estos vertederos y la construcción de un nuevo SDF, ubicado a 3,5 km de la ciudad de Tacuarembó y a 55 km del emprendimiento, con una vida útil estimada de 50 a 60 años.

Mercado de trabajo

Según la Encuesta Continua de Hogares 2024 (INE), Tacuarembó tiene la tasa de desempleo más alta del país (14,8 %), mientras que la de Paysandú es media (9,9 %). La economía de Tacuarembó se compone mayormente por el sector terciario (servicios, en torno al 46-47 % del VAB en 2011-2014), seguido por el sector secundario (industrial, en crecimiento) y el primario (en descenso); en Paysandú predomina también el sector terciario, en expansión en el mismo período. La construcción es un sector relevante para la mano de obra departamental, en el pico de obra de un proyecto industrial en Paso de los Toros, el 25 % de la mano de obra nacional provino de Tacuarembó. En Tambores, sin datos oficiales actualizados, fuentes secundarias señalan que la población trabaja principalmente en ganadería, actividad pública y comercio; la actividad comercial local se redujo en los últimos años (cierre de la estación de servicio y de otros comercios). Tacuarembó presenta, junto con otros departamentos del Norte, los niveles más altos de informalidad laboral del país.

Actividades productivas y uso del suelo

Según el diagnóstico "Visión 2050" de la OPP (2017), el uso del suelo de Tacuarembó cambió significativamente entre 1990 y 2011: desapareció la producción ovejera y se incorporaron la forestación en el Norte y la producción arrocera en tierras bajas del Sureste. El uso del suelo en Tambores está vinculado principalmente a la ganadería y, en menor medida, a la agricultura (arroz y cultivos forrajeros), coincidente con la actividad principal de los padrones del proyecto.

Presencia institucional y vida cotidiana

Tambores tiene gestión compartida entre las Intendencias de Paysandú y Tacuarembó; administrativamente forma parte del Municipio de Tambores (sede en Paysandú, gestionado por un alcalde y cuatro concejales) y cuenta con una Junta Local de la IDT. En la localidad operan oficinas de UTE, OSE, Banco República, Mevir, una comisaría y ASSE, además de un Centro de Atención Ciudadana. La oferta educativa incluye jardín de infantes, CAIF, dos escuelas primarias, un liceo y una Escuela de Formación de Agro-oficios; existen dos clubes deportivos, un estadio y una piscina municipal, una Casa de la Cultura, dos iglesias y un cementerio. Hay espacios de participación social (sesiones abiertas del Concejo Municipal, audiencias públicas, presupuesto participativo, mesas de desarrollo rural) y organizaciones locales como el Club Social Tambores, la Sociedad Criolla de Tambores y la Biblioteca Municipal.

El origen de Villa Tambores está asociado al ferrocarril y su estación de trenes, motor del crecimiento demográfico y económico local (traslado de lana y ganado); el origen del nombre tiene varias versiones (asociadas a rituales históricos, a la forma de la Cuchilla de Haedo o al sonido del viento sobre los cerros). La "Fiesta de la Integración" (desde 1996) es el evento local de mayor relevancia; la microrregión también participa de "La Patria Gaucha" en Tacuarembó, el mayor evento folclórico del país. La localidad tiene además una fuerte identidad ligada a la figura de Carlos Gardel (museo en Valle Edén) y a la actividad artística y musical local (Sinfónica de Tambores, entre otros grupos).

Seguridad ciudadana

Según datos de la Fiscalía General de la Nación (enero-mayo 2024), la ciudad de Tacuarembó registró 673 denuncias por hurto, 15 rapiñas y 2 homicidios, sin copamientos; en delitos de género, 432 denuncias por violencia doméstica y 21 por delitos sexuales, sin casos de explotación sexual de niños, niñas o adolescentes. En Tambores, en el mismo período, hubo 4 denuncias por hurto y ningún registro de rapiñas, homicidios o copamientos; en delitos de género, 6 denuncias por violencia doméstica y 1 por delitos sexuales. Piedra Sola y Valle Edén no registraron denuncias. Tacuarembó cuenta con seis comisarías y una Comisaría Especializada en Violencia Doméstica y de Género; Tambores y la microrregión son atendidos por la comisaría 10ª de Paysandú, sin unidad especializada en la zona.

Medios de comunicación

Tambores cuenta con una radio FM local (FM 91.1 Tambores) y recibe medios y portales departamentales de Tacuarembó (diarios, portales de internet y radios). La divulgación de información local también se apoya en instituciones (centros educativos, organizaciones sociales) y en redes sociales de referentes locales.

Tránsito y seguridad vial

Según UNASEV (primer semestre 2024), la ciudad de Tacuarembó registró 375 siniestros de tránsito (71,5 % colisiones entre vehículos; 54,9 % con heridos leves, 31,5 % sin lesionados, 12,8 % con heridos graves y 0,8 % con desenlace fatal). En Tambores hubo 4 siniestros (50 % colisiones), con un desenlace fatal, dos sin lesionados y uno con heridos leves; Piedra Sola no

registró siniestros. En el tramo de la Ruta 26 entre Tacuarembó y Tambores se registraron 5 siniestros en el mismo período (dos sin lesionados, dos leves y uno grave).

Otros emprendimientos e interferencias con infraestructura proyectada

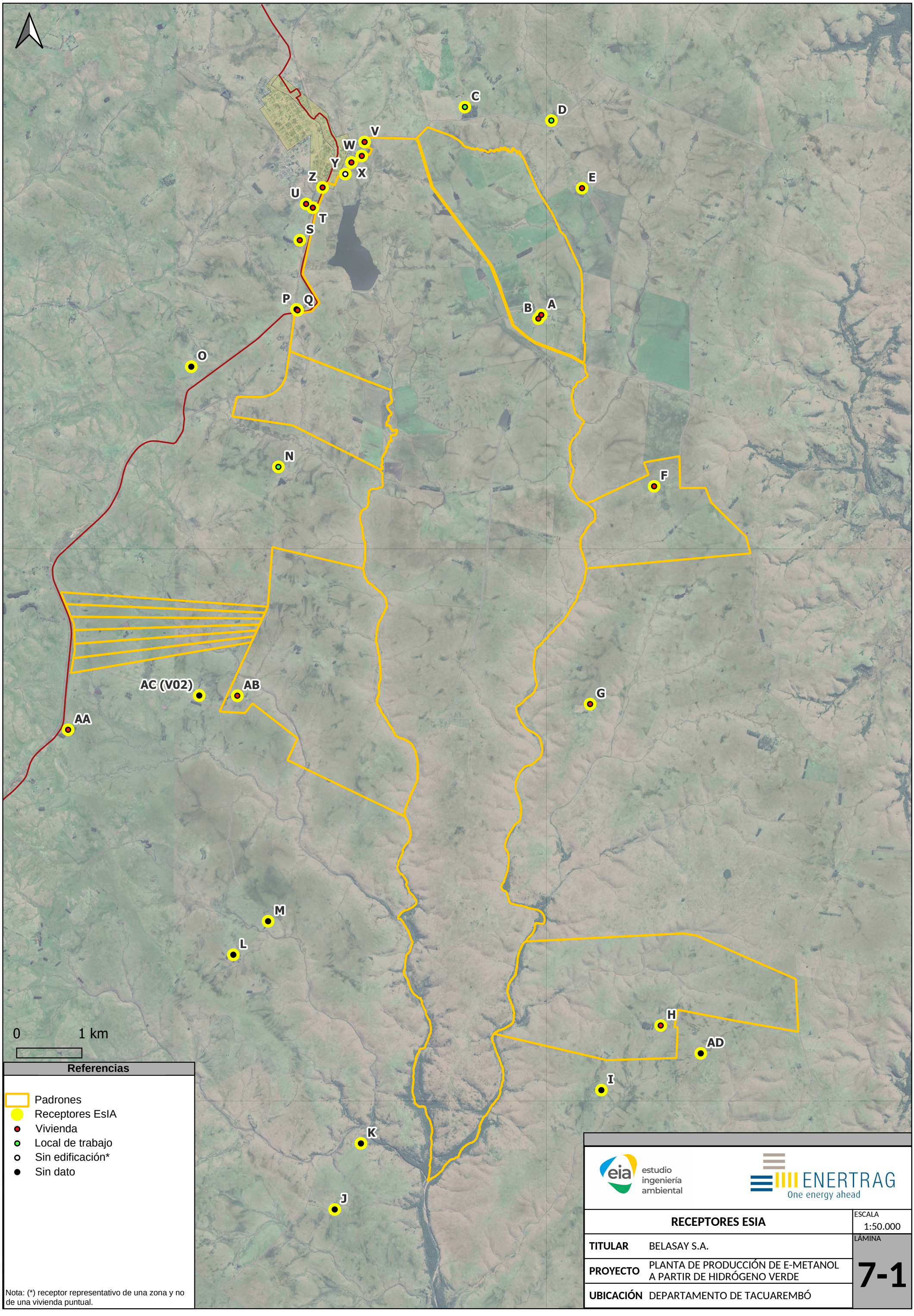
Dentro de un radio de 30 km del proyecto se identifican 11 emprendimientos de clasificación B presentados ante la DINACEA (usinas de generación de más de 10 MW, extracción de minerales y complejos industriales o agroindustriales), de los cuales 8 cuentan con certificado de clasificación emitido. Se encuentra en construcción la Línea de Alta Tensión (LAT) de UTE de 500 kV Salto-Tacuarembó-Chamberlain (tramo Tacuarembó-Chamberlain de aprox. 120 km y tramo Chamberlain-Salto de aprox. 230 km, con 955 torres reticuladas de acero), que atraviesa los padrones del emprendimiento.

Receptores cercanos

Los receptores potenciales se identificaron mediante imágenes satelitales dentro de un *buffer* de 12 km respecto del centroide de los padrones, considerando como criterio general los ubicados dentro de los padrones del emprendimiento y en la primera línea de cercanía a ellos; se descartaron tempranamente cuatro edificaciones correspondientes a locales de trabajo de uso esporádico. En una etapa posterior se realizó una clasificación de las edificaciones, en consulta con vecinos de la zona, discriminando entre viviendas, locales de trabajo o receptores sin edificaciones asociadas, pero representativos de zonas urbanas de Tambores (límite Sur), entre otros. En la **Lámina 7-1** se presentan los resultados de dicha caracterización. Mientras que en la Lámina 3-4, la Lámina 3-5 y la Tabla 3-24 del EsIA se presenta un mayor detalle.

Se destaca que, independientemente de esta caracterización, para cada una de las modelaciones realizadas en la evaluación (sombras, ruido, calidad de aire y otros) se definió una grilla de cálculo específica (receptores teóricos del modelo), basada en el alcance estimado para cada uno de los impactos. Incorporando además, los receptores cercanos de la **Lámina 7-1**, que se entendiera necesario en cada caso, por lo cual no necesariamente se incorporan todos en cada una de las evaluaciones.

Página intencionalmente en blanco
para impresión en doble faz.


C
D
V
W
Y
X
Z
U
T
S
E
P
Q
B
A
O
N
F
AC (V02)
AB
G
AA
M
L
H
AD
I
K
J
0
1 km
Referencias
Padrones
Receptores EsIA
Vivienda
Local de trabajo
Sin edificación*
Sin dato
Nota: (*) receptor representativo de una zona y no de una vivienda puntual.
estudio ingeniería ambiental
ENERTRAG
One energy ahead
RECEPTORES ESIA
ESCALA
1:50.000
TITULAR
BELASAY S.A.
PROYECTO
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE E-METANOL A PARTIR DE HIDRÓGENO VERDE
UBICACIÓN
DEPARTAMENTO DE TACUAREMBÓ
LÁMINA
7-1

Página intencionalmente en blanco
para impresión en doble faz.

7.1.4 Medio simbólico

Patrimonio histórico y arqueológico

La caracterización del medio simbólico sobre el patrimonio histórico y arqueológico recoge los antecedentes recopilados en el marco del Estudio de Impacto Arqueológico (EIArq) elaborado por el Lic. Arturo Toscano, cuyo informe se presenta en el ANEXO VI del EsIA.

La arqueología prehistórica del Departamento de Tacuarembó se ha centrado en gran medida en los principales cursos de agua (río Negro, Tacuarembó Grande y Tacuarembó Chico), donde se han registrado numerosos sitios en una profundidad temporal de 10.000 a 11.000 años antes del presente. La zona occidental del departamento, que abarca la Cuchilla de Haedo y sus estribaciones, aún no ha sido suficientemente investigada. De acuerdo con el Mapa de Interés Histórico Cultural de DINACEA (DO-EIA-044/RDN0492-2019), el sitio arqueológico más próximo al emprendimiento es el Cerro Charrúa, ubicado a 24 km al Norte, declarado Patrimonio Cultural Departamental de Tacuarembó en 2005. Hacia el Norte los sitios histórico-culturales corresponden a sitios prehistóricos emplazados sobre cerros y serranías (particularmente cairnes y vichaderos), mientras que hacia el Sur predominan los registros históricos de estructuras de piedra seca (corrales, cercos, cascos o taperas). A nivel local, el Inventario Arqueológico y Patrimonial de Tacuarembó (IAPDT, 2020), que documenta 1.639 sitios de interés patrimonial departamental, registra un gran número de sitios históricos caracterizados por estructuras de piedra seca. Cabe destacar que gran parte de ese relevamiento se basa en el análisis de imágenes satelitales, donde las estructuras de piedra seca tienen buena visibilidad y los sitios prehistóricos carecen de ella, por lo que la aparente ausencia de estos últimos no implica su inexistencia, sino que refleja la falta de prospecciones de campo en la zona.

A nivel predial, el IAPDT identifica bienes patrimoniales en los padrones del emprendimiento, el establecimiento San Bentos (un corral circular y un cerco de piedra seca), en el establecimiento Yarao-Ibarra (dos corrales y un cerco de piedra seca) y en el establecimiento Yvytu Itaty-Clariget (dos corrales de piedra seca y un cerco). El Inventario constituye asimismo un instrumento de gestión patrimonial que clasifica los bienes culturales en siete tipologías, lugares con valores naturales, lugares con manifestaciones culturales, lugares de memoria, sitios indígenas, sitios históricos, museos y colecciones, y establece Zonas bajo Régimen Patrimonial de Suelos con tres grados de protección: zona núcleo, correspondiente al bien inventariado más un *buffer* de 50 m de exclusión total; zona de transición, de 100 m adyacentes con protección intermedia; y zona de aproximación, de 100 m por fuera de la anterior.

La caracterización arqueológica incluyó trabajo de gabinete con prospección de campo. El EIArq se estructura en dos etapas: una primera de Valoración Arqueológica Superficial, previa a la definición de los detalles finales del proyecto, y una segunda de Control Arqueológico de Obra, a ejecutarse durante la obra civil mediante controles superficiales y subsuperficiales. La planificación se apoyó en imágenes satelitales para identificar afloramientos rocosos, puntos altos, áreas erosionadas y estructuras de piedra seca; el recorrido se realizó con vehículo 4x4 y a pie en los puntos de interés, mediante prospección de superficie con dos técnicos y relevamiento de Fichas de Observación Arqueológica (FOA). La prospección se desarrolló en cinco establecimientos agrarios entre 2021 y 2024, documentando cada bien cultural y delimitando, en caso de corresponder, una zona de exclusión para su protección.

La ubicación de los bienes culturales identificados, así como las zonas de exclusión, se presenta más adelante en la **Lámina 8-1**.

El hallazgo de mayor relevancia corresponde al Cerro Yarao (256 msnm), típico cerro chato de Tacuarembó que se destaca en el paisaje de toda la localidad. La prospección de su cima puso al descubierto un singular sitio arqueológico prehistórico con 22 estructuras de piedra de carácter funerario (cairnes montículos) y ceremonial (cairnes anulares); el recorrido de las laderas y del entorno permitió identificar otras 24, sumando 46 estructuras prehistóricas de diversos tamaños y morfologías, a las que se añaden 7 estructuras de piedra seca de fines del siglo XIX en la ladera Sureste. El estudio de los establecimientos contiguos determinó el hallazgo de 20

cairnes semejantes en contacto visual con el cerro, poniendo de manifiesto que se trata de un área arqueológica de especial relevancia a nivel nacional por el número y diversidad de morfologías de estructuras de piedra prehistóricas e históricas. Por último, en el establecimiento El Chapadón la prospección del área prevista a embalsar no detectó hallazgos arqueológicos, constatándose que se trata de una planicie baja de inundación frecuente de la Cañada Chachal, sin afloramientos rocosos.

Paisaje

Conforme al Convenio Europeo del Paisaje, se entiende por paisaje cualquier parte del territorio tal como la percibe la población, cuyo carácter resulta de la acción e interacción de factores naturales y humanos; combina una realidad física y la representación cultural que de ella se construye. La caracterización analiza dos atributos: la calidad del paisaje (determinada por sus características naturales y la presencia de sitios culturales o históricos) y su susceptibilidad (vinculada a la posibilidad y frecuencia con que es percibido).

La línea de base del paisaje se estableció mediante la selección de puntos de observación y cuencas visuales en gabinete, registrados posteriormente en tres salidas de campo con un protocolo fotográfico uniforme (mismo dispositivo, horizonte y ángulo visual). Los puntos de observación se eligieron por estar en espacios públicos o representativos, en posiciones topográficamente altas, en sitios turísticos de referencia o sobre vías públicas de tránsito. Se definieron 12 puntos de observación: siete sobre la caminería cercana al sitio industrial y que bordea Tambores, tres sobre la Ruta 5, y dos en los miradores turísticos de Valle Edén y Cerro Batoví. En los siete puntos cercanos al sitio industrial se relevó además una línea de base del paisaje nocturno.

Percepción social — Identificación de actores

El mapeo de actores identifica personas, organizaciones y grupos relevantes para la planificación e implementación del proyecto, permitiendo anticipar niveles de apoyo y participación social. La identificación combinó trabajo de gabinete (mapeo territorial y consultas exploratorias) con trabajo de campo (entrevistas y encuestas a residentes de las localidades del área de influencia) y un taller de validación con ejecutivos del proyecto. El relevamiento no constituye una muestra estadística sino un mapeo exhaustivo de actores potencialmente vinculados, que luego orientó la selección de actores efectivamente convocados al proceso participativo, priorizando el trabajo de campo en Tambores, Piedra Sola y Valle Edén por sobre actores de escala departamental o nacional más alejados del territorio.

En la **Tabla 7-6** se presenta el resumen de la identificación de actores; el listado nominal de actores (nombre, apellido y organización) fue remitido a la autoridad ambiental por comunicación separada y no se incorpora en el EsIA, en cumplimiento de la Ley Nº 18.331 de Protección de Datos Personales.

Tabla 7-6: Mapa de actores sociales. Fuente: Anexo XIII del EsIA.

Nivel	Grupo	Actor
Nivel nacional	Autoridades nacionales	MIEM - Programa Hidrógeno Verde en Uruguay
Departamental	Autoridades departamentales	Intendencia de Tacuarembó - Intendente
		Intendencia de Tacuarembó - Secretario General
		Intendencia de Tacuarembó - Directora de Ordenamiento Territorial -
		Intendencia de Tacuarembó - Funcionario de Dirección de Ordenamiento Territorial
		Intendencia de Tacuarembó - Director de Medio Ambiente

Nivel	Grupo	Actor
		Intendencia de Tacuarembó – Secretario de Juntas Locales
		Intendencia de Tacuarembó - Director de Proyectos
		Intendencia de Tacuarembó - Director de Hacienda
		Junta Departamental de Tacuarembó – Ediles Departamentales, coordinadores de Bancada
		Intendencia de Paysandú - Director de Desarrollo Estratégico y Sostenible
Local –Tambores	Autoridades locales	Secretaria - Oficina Municipal Tambores IDT
		Municipio de Tambores – Alcalde
		Municipio de Tambores - Consejo Municipal
	Pobladores locales	Vecinos y actores referentes de la zona
		MEVIR 1
		MEVIR 2
		MEVIR 3
		MEVIR 4
		Pobladores referentes de la zona
	Vecinos del proyecto	Propietarios padrones arrendados para el proyecto
		Productores agropecuarios de predios linderos al proyecto
	Pequeñas, medianas empresas	Posada Lo de Hilda
		Resto Pub
		Pequeña empresa
		Regalería "Natalia"
		Gomería "El Pinchazo"
		Minimercado y panadería "del Centro"
		Agroveterinaria "Queguay"
		Almacén "El Pájaro"
		Papelería - Salón "Todo para vos"
		"La Sabatina"
		"Doña Francisca"
		Almacén Micaela
	Organizaciones culturales	Sociedad Criolla de Tambores
		Sociedad Criolla Gastelú
		Ballet Folclórico
		Casa de la Cultura
		Sinfónica de Tambores
	Organizaciones sociales	Adistam
		Centro de la Tercera Edad
		Hogar "Después de Nosotros"
		ADISTAM
		Comisión de Apoyo a la Policlínica
		Merendero "Pan de Vida"
		Chibí CLANGUBAITASE

Nivel	Grupo	Actor
	Organizaciones medioambientales	Agua es Vida
	Instituciones educativas	CAIF Charaboncitos
		Escuela 64
		Escuela 92
		Liceo Tambores
		Jardín de Infantes
		Escuela de Formación de Agro oficios (EFA)
	Otras instituciones del Estado	Juzgado de Paz
		Seccional 10° de Paysandú
		Policlínica ASSE
	Otras instituciones	Comisión de Apoyo a Seccional Policial
		Policlínica COMTA
	Organizaciones deportivas	Deportivo Fénix Baby Futbol
		Club Atlético Huracán de Tambores
Local - Piedra Sola	Organizaciones vecinales	Sociedad Criolla de Piedra Sola
		Grupo de Jóvenes de Piedra Sola
		Comisión Policlínica
	Pobladores locales	Vecinos referentes de la zona
	Pequeñas y medianas empresas	Estación de Servicio ANCAP "Piedra Sola"
		Bar El Pedregal
	Instituciones educativas	Escuela 49
Local - Valle Edén	Organizaciones culturales	Museo "Carlos Gardel"
	Otras Instituciones del Estado	Seccional 13° de Batoví
	Instituciones educativas	Escuela Rural 23
	Pequeñas y medianas empresas	Posada Valle Edén
		"Las Marmitas"
	Empresas	Valle Edén - Agua mineral
Local - Tacuarembó	Organizaciones sociales y medioambientales	Comunidad Charrúa Atala
		Agüita Asociación Civil
		Asociación Civil de la Pastoral Social de Tacuarembó
		Asociación Civil Rouge
		Club Social Tacuarembó
		Red de Acuífero Guaraní
		Charrúa Oipik Udimar.
		Círculo de Intercambio y Acción Indígena
		Club de Leones
	Organizaciones sindicales	SUNCA
		UNTMRA
	Instituciones nacionales con participación departamental	Oficina Territorial de Tacuarembó Mides
		INAU
		Jefatura de Policía de Tacuarembó

Nivel	Grupo	Actor
		ASSE - Hospital Regional
		ASSE - Rap Tacuarembó
	Organizaciones Empresariales	Asociación Empresarial de Tacuarembó
		Asociación Rural de Tacuarembó
	Inmobiliarias	Inmobiliarias que operan en el Área de Influencia
Academia	Instituciones académicas y científicas	CENUR Noreste - Universidad de la República
		Grupo de Trabajo Ambiente y DDHH
		UTEC Norte
		Escuela Agraria Tacuarembó
		Escuela Técnica Superior Tacuarembó

7.2 ÁREA DE INFLUENCIA GLOBAL

7.2.1 Sitio de captura de carbono

Ubicación y medio físico

El sitio de captura de carbono se encuentra en el departamento de Rivera, a 13 km de la localidad de Tranqueras y a 23 km de la ciudad de Rivera, dentro del predio de la empresa forestal DANK, operativa desde 1993.

El área se asienta sobre la Formación Tacuarembó (Unidad 2 - Acuífero Tacuarembó, ya descrita) y pertenece al grupo CONEAT 7.2, con un índice de productividad de 61. Los cursos de agua más próximos son un curso sin nombre al Norte del sitio y el arroyo Del Bañado, aproximadamente 1,5 km al Este, que desemboca en el arroyo Valiente unos 4 km aguas abajo.

Biodiversidad, áreas protegidas y hábitat crítico

El sitio se ubica dentro de la zona AZE (Alliance for Zero Extinction) “Quebradas y Pastizales del Norte” (AZE, 2024), que coincide con el IBA UY003, un Área Clave para la Biodiversidad (KBA) que alberga especies de valor como el anfibio *Melanophryniscus langonei*, la cactácea *Parodia nothorauschii* y las aves *Culicivora caudacuta* y *Xanthopsar flavus*. El sitio integra, en su zona de transición, la Reserva de Biosfera UNESCO Bioma Pampa - Quebradas del Norte (110.882 ha; área núcleo 8.958 ha, zona de amortiguamiento 49.821 ha y zona de transición 52.103 ha), donde conviven actividades tradicionales (ganadería, agricultura y forestación) con objetivos de conservación (DGDMA, 2024).

Las áreas protegidas del SNAP más próximas son Valle del Lunarejo (ingresada) y Laureles-Cañas (en proceso de ingreso), ambas a más de 10 km del sitio; corresponden a la zona núcleo de la Reserva de Biosfera, de mayor valor para la conservación.

Uso del suelo

Según el mapa de cobertura del uso del suelo nacional 2021-2022 (OAN, 2023), la zona de transición de la Reserva de Biosfera está dominada por actividades tradicionales y forestación, el entorno inmediato del sitio combina suelo de prioridad forestal e infraestructura con áreas de pradera y bosque nativo.

Tránsito y vialidad

El CO_2 se transporta por vía terrestre en camiones cisterna desde la planta de biomasa de DANK hasta el sitio industrial de Tambor, con un flujo estimado de 20 viajes por día. El tramo de Ruta 5

más próximo al sitio de captura registra un TPDA de 3.262 vehículos, mayormente livianos, seguidos de camiones pesados (MTOP, 2023). El acceso desde la Ruta 5 hasta la planta de DANK tiene un desarrollo de 15 km, de los cuales unos 7 km se ubican dentro de la zona de transición de la reserva de biosfera; este camino fue pavimentado en 2014 como medida de mitigación de emisión de material particulado.

7.2.2 Puerto de Montevideo

Ubicación y características principales

El MeOH producido por el proyecto Tambor se transportará por vía férrea hasta el Puerto de Montevideo, donde se almacenará y exportará por vía marítima aproximadamente cada dos meses. El sitio de almacenamiento se ubica próximo al barrio Aguada, entre los Municipios B y C de Montevideo (1.318.755 habitantes, Censo 2011), en un entorno de alto valor arquitectónico (Palacio Legislativo, Estación Central y Mercado Agrícola).

El Puerto de Montevideo es la principal puerta de ingreso y movilización de cargas del Mercosur y aspira a consolidarse como puerto *hub* regional; en 2020 el movimiento total de mercaderías creció un 4 % respecto de 2019 (16 % de crecimiento acumulado desde 2013), con Argentina y Paraguay como principales destinos. Cuenta con tres dársenas (Fluvial, I y II), unas 110 ha de extensión terrestre y aproximadamente 3.800 m de muelle, incluyendo terminales especializadas como la Terminal Granelera Montevideo (TGM) y la Terminal Especializada en Celulosa y Productos Químicos, esta última vinculada al proyecto Ferrocarril Central.

Usos del suelo

El área del emprendimiento está categorizada como Suelo Suburbano No Habitacional Intensivo (zona portuaria); el entorno inmediato (Ciudad Vieja, Centro y Aguada) corresponde a Suelo Urbano Consolidado Central.

Tránsito terrestre, portuario y fluviomarítimo

Desde diciembre de 2022 opera el Viaducto de la rambla portuaria (tres carriles). En 2019 el TPDA de la rambla portuaria, entre Bulevar Artigas y el acceso Norte al puerto, fue de 40.000 vehículos (88 % livianos, 2 % ómnibus, 10 % camiones), equivalentes a 45.000 vehículos/día en autos equivalentes. La operación portuaria generó en 2020 un promedio de 1.500 movimientos diarios de camiones entre los accesos Norte, Florida, Maciel y Washington. En materia fluviomarítima, en 2020 se registraron 3.286 arribos al puerto (999 pesqueros nacionales, 525 de contenedores, 282 pesqueros extranjeros, 267 remolcadores, entre otros).

7.2.3 Infraestructura del transporte y tránsito

Las rutas nacionales más próximas al predio del proyecto son la Ruta 5 (11 km al Este) y la Ruta 26 (7 km al Norte), ambas de un carril por sentido con pavimento asfáltico; la Ruta 5 se encuentra en proceso de ampliación a dos carriles por sentido entre Montevideo y Paso de los Toros. El TPDA más próximo al predio es de 2.203 vehículos en Ruta 5 y 784 en Ruta 26, mayormente vehículos livianos seguidos de camiones pesados (MTOP, 2023).

El transporte ferroviario es parte sustancial del proyecto: se utilizan la Línea Rivera (activa, reacondicionada e inaugurada en diciembre de 2018, que permite trenes de carga de 18 t/eje a hasta 40 km/h) y el Ferrocarril Central, con un recorrido total de aproximadamente 405 km entre Tambor y el Puerto de Montevideo y un viaje de ida y vuelta de unas 14,5 horas, estimándose un viaje cada 3,5 días. El diseño de operación del Ferrocarril Central prevé 15 trenes de carga diarios en cada sentido (350 días al año), de los cuales 10 en cada sentido podrían ser utilizados por el proyecto, con capacidad de 22,5 t/eje (MTOP, 2024).

8. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

8.1 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

En este informe se expone un resumen de los elementos más importantes de la metodología, la cual puede consultarse en detalle en el EsIA Tomo II, Sección 5.

8.1.1 Metodología de la evaluación ambiental

La evaluación parte del emprendimiento propuesto en cada una de sus fases y de la caracterización del medio receptor, aplicando una técnica matricial clásica, predictiva, siguiendo los pasos de identificación, valoración y evaluación de impactos.

Se comienza identificando los aspectos ambientales: todo elemento o característica derivada de una actividad del emprendimiento, o de una sustancia o producto que este utilice o genere, capaz de producir impactos ambientales. Mediante una matriz de interacción entre los aspectos y los factores ambientales del medio receptor se identifican los impactos ambientales potenciales.

La valoración de impactos es una etapa cualitativa que mide su significancia en base a cinco variables calificadas numéricamente: la magnitud (el grado del efecto sobre el factor impactado, de baja a alta, hasta una destrucción casi total del factor), la importancia (la relevancia o sensibilidad del factor impactado, de baja a alta), la probabilidad de ocurrencia (de poco probable a certera), la duración (de intermitente a permanente) y el conocimiento del impacto (de bien conocido, con medidas de gestión probadas, a no conocido).

La significancia de cada impacto surge de la suma de los valores asignados a estas variables y determina la acción a seguir. Se considera alta cuando alguna variable (magnitud o importancia) alcanza el valor máximo (de 8) o la suma supera 18, media cuando la suma supera 12, y baja en el resto de los casos. El valor de significancia no equivale al riesgo o magnitud real del impacto, sino que indica su nivel de interés para el proceso de evaluación.

Los impactos de significancia alta, y los de significancia media que así lo requieran, se evalúan comparándolos con un criterio que permita definir su admisibilidad o la necesidad de medidas de mitigación adicionales, mediante modelos físicos, matemáticos, computacionales o conceptuales que cuantifiquen la afectación potencial. De esta evaluación surge, o no, la necesidad de implementar medidas de gestión, mitigación o compensación, y de evaluar los posibles impactos residuales resultantes, previo a la conclusión.

8.1.2 Metodología de la evaluación social

Los impactos sociales se analizan para cada fase clave del proyecto siguiendo las recomendaciones de la Norma de Desempeño Nº 1 de la IFC. Se define impacto social como toda modificación o alteración de la forma de vida de las personas a causa del proyecto, pudiendo ser positivo, negativo o ambos a la vez. La descripción de impactos sociales por fase se elaboró a partir del análisis de fuentes secundarias y trabajo de gabinete, agrupando los impactos según siete factores: salud (efectos sobre la salud de las comunidades del área de influencia, comunidades vecinas y trabajadores), calidad de vida (bienestar de la población: tranquilidad, seguridad, entre otros), empleo (oportunidades de empleo directas e indirectas), expectativas (percepción de la comunidad sobre lo que el proyecto puede mejorar o empeorar), acceso a servicios (servicios públicos, comercios y esparcimiento), demografía (migraciones y emigraciones en las localidades del área de influencia) y patrimonio local (patrimonio y costumbres de la zona).

Para priorizar los impactos, cada uno se califica según cuatro variables, en una escala de 1 a 9: la cantidad de afectados (trabajadores y vecinos inmediatos en el rango bajo, hasta toda el área de influencia en el rango alto), la distancia del efecto (desde dentro del padrón hasta toda el área de influencia), y la importancia del efecto (desde poco importante hasta cambios significativos o irreversibles); a estas se suma la probabilidad de ocurrencia, calificada de 0,1 a 0,99 (de poco probable a probabilidad alta). Con estas variables se calcula un índice social —cantidad de afectados más distancia, más el producto de importancia por probabilidad de ocurrencia dividido tres— que determina la significancia social del impacto: alta por encima de 6, media entre 3 y 6, y baja por debajo de 3.

8.2 EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

8.2.1 Fase de proyecto

Definición de ubicación del emprendimiento

Id. 1 – Uso del suelo

Para la valoración del impacto **Id. 1** se consideró una magnitud alta (4) para el posible efecto sobre el medio; una importancia media (2) del factor impactado; una duración permanente a partir del momento de su manifestación (4); una probabilidad de ocurrencia certera (4); y un grado de conocimiento alto (1). De esta valoración resulta una significancia media para el impacto potencial.

Id	Aspecto	Factor	Impacto	V	S
1	Definición de ubicación del emprendimiento	Uso del suelo	Modificación en el uso del suelo por presencia del proyecto	15	Media

La Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible (Ley 18.308) establece una serie de criterios mediante los cuales los temas territoriales deben quedar definidos de forma previa al análisis de los aspectos ambientales, de modo que los emprendimientos se encuentren siempre concebidos de acuerdo con los lineamientos de ordenamiento territorial vigentes. A su vez, los criterios de selección de la ubicación propuesta fueron analizados durante el proceso de VAL, en el marco del Artículo 33 de la Ley Nº 19.525, que contempla en particular la ubicación en suelo rural de proyectos vinculados al sector energético, estableciendo que los emprendimientos que permitan el aprovechamiento de recursos renovables para la generación de energía se emplazarán atendiendo la disponibilidad del recurso natural a ser utilizado y la posibilidad de evacuación de la energía a través del sistema interconectado.

En lo que respecta al uso de suelo de categoría rural para el parque solar y eólico, no existen impedimentos expresos siempre y cuando se contemplen aspectos económicos, ambientales y sociales y se gestione la autorización previa de la IDT. Asimismo, los usos actuales podrán coexistir con los parques de generación, dado que éstos tendrán una ocupación aproximada de 257 ha, lo que representa menos de un 5 % de la superficie de los padrones involucrados. Por su parte, en noviembre de 2022 la Junta Departamental de Tacuarembó aprobó la revisión de las Directrices Departamentales de Ordenamiento Territorial y Sostenible para validar el cambio de categoría de suelo rural a suburbano industrial en el padrón Nº 10.317, donde será instalada la planta industrial: se trata de un padrón de 216 ha, con 100 ha destinadas al uso industrial, de las cuales sólo 21 ha serán ocupadas por infraestructura principal y auxiliar.

En el marco del proceso de aprobaciones desarrollado hasta el presente, el proyecto ha pasado ya por dos instancias de participación social que involucraron actividades de audiencia y manifiesto público, para viabilizar los cambios de uso de suelo y poner en conocimiento de la sociedad el desarrollo de la iniciativa. Considerando la baja huella física del proyecto respecto

de la superficie total de los padrones (5 %), que salvo en el sitio industrial las actividades actuales podrán coexistir con el proyecto, y que se han seguido los procesos establecidos para el cambio de uso del suelo del padrón industrial, se entiende que el impacto residual sobre el medio receptor es admisible, sin requerir la implementación de medidas adicionales.

Divulgación pública del emprendimiento

Para la valoración del impacto **Id. 2** se consideró una magnitud alta (4) para el posible efecto sobre el medio; una importancia media-alta (4) del factor impactado; una probabilidad de ocurrencia certera (4); una duración temporal (2); y un grado de conocimiento medio, ya que si bien existen medidas y planes para su manejo su implementación no siempre es efectiva (2).

Para el impacto **Id. 3** se consideró una magnitud alta (4); una importancia media-alta (4) del factor impactado; una probabilidad de ocurrencia certera (4); una duración temporal (2), dado que el efecto sobre el factor tiende a estabilizarse luego de cierto período desde la entrada en operación; y un grado de conocimiento bajo (4). De ambas valoraciones resulta una significancia media.

Id	Aspecto	Factor	Impacto	V	S
2	Divulgación pública del emprendimiento	Percepción social	Percepción social negativa respecto al proyecto	16	Media
3		Entorno socioeconómico – Mercado inmobiliario	Modificación del valor de las viviendas en las localidades cercanas a la zona de implantación	18	Media

Por otro lado, a continuación, se presenta la valoración de los impactos **Id. 2.1** y **2.2** del EPS con su metodología propia.

Id	Aspecto	Factor	Impacto	S
2.1	Divulgación pública del emprendimiento	Percepción social	Percepción social negativa hacia el proyecto	Baja
2.2			Percepción social negativa por expectativa de aumento de la demanda de agua subterránea	Baja

Id. 2, 2.1 y 2.2 – Percepción social

En el marco del proceso de comunicación y divulgación del emprendimiento, que se desarrolla desde el año 2021, el equipo de proyecto ha venido trabajando con actores referentes del área de influencia en un proceso de consulta temprana, con instancias informativas y de intercambio en las que se discutieron aspectos vinculados a las oportunidades de producción de H_2V y detalles básicos del proyecto; durante ese proceso, y hasta el inicio del trabajo del equipo consultor del EsIA, se realizaron unos 80 encuentros con actores locales, departamentales y nacionales. A partir de la presentación del diseño del sitio industrial en noviembre de 2024, se organizó el trabajo para la Consulta Significativa de la Evaluación Social, cuyo trabajo de campo se desarrolló entre diciembre de 2024 y abril de 2025, generándose 11 instancias de encuentro grupales y unas 30 entrevistas individuales, con una participación estimada de 100 personas. Se destacó especialmente una reunión abierta con convocatoria pública realizada el 27 de marzo en la sede del Club Huracán de Tambores, que adquirió el carácter de foro público y se consolidó como un momento clave de expresión comunitaria.

Los hallazgos permiten identificar una valoración positiva del entorno por parte de la población, asociada a la tranquilidad, la solidaridad comunitaria y el capital natural, en especial el agua, evidenciándose al mismo tiempo preocupaciones estructurales relacionadas con el acceso al

empleo, la desvinculación intergeneracional y la carencia de servicios e infraestructura básica, lo cual configura un escenario de vulnerabilidad social que el proyecto podría ayudar a revertir en la medida en que su implementación contemple mecanismos efectivos de inclusión y articulación local. En relación con el proyecto, la comunidad expresa expectativas claras de desarrollo, empleo y capacitación, pero también identifica como temas sensibles el uso del recurso hídrico, el aumento del tránsito pesado, la posible presión sobre el mercado inmobiliario y los efectos culturales y sociales derivados del arribo de trabajadores externos. El proceso evidenció asimismo que la confianza social en torno al proyecto se construye a través de información clara, canales de participación efectivos y compromisos concretos por parte de la empresa y del Estado.

En función de las percepciones recabadas se definen las siguientes acciones estratégicas de acompañamiento, que integrarán el PRC:

- Fortalecer la comunicación e información: implementar un plan de comunicación sostenido y multicanal, con lenguaje claro, accesible y adaptado al contexto local; instalar un punto fijo de información y atención comunitaria en Tambores, que funcione como oficina de proximidad y canal directo de consultas; y publicar boletines periódicos sobre los avances del proyecto, en formato físico y digital, incluyendo información sobre impactos, medidas de gestión y oportunidades.
- Diseñar una estrategia de participación continua: establecer instancias regulares de diálogo comunitario, como mesas de seguimiento locales o comisiones participativas, e incorporar mecanismos de retroalimentación para que la comunidad pueda plantear inquietudes, hacer sugerencias y recibir respuestas verificables.
- Fomentar el desarrollo local mediante empleo y formación: priorizar la contratación de mano de obra local en todas las fases del proyecto, estableciendo metas concretas y verificables; coordinar con instituciones públicas (INEFOP, ANDE, UTU, UTEC, entre otras) y actores locales para implementar programas de capacitación técnica, con enfoque territorial y perspectiva de género; y promover el desarrollo de proveedores locales mediante formación, asistencia técnica y vinculación con la cadena de valor.

Complementariamente, esta línea de trabajo se encuentra ya iniciada mediante canales de contacto estables y multicanal: durante 2025 representantes del proyecto participaron en ocho jornadas de atención en el Municipio de Tambores, ofreciendo un punto de encuentro fijo para reuniones personalizadas, y se organizaron tres instancias de intercambio directo con los vecinos. Mientras se concretan las definiciones operativas de la oficina de proximidad, cuya apertura estará atada al inicio de los trabajos preparatorios de obra, se dispone de una buzonera física en la sede del Municipio de Tambores, atención telefónica y digital mediante canal de WhatsApp y correo electrónico, e instancias informativas periódicas. Las restantes líneas identificadas: impactos sobre el territorio y la convivencia, atención de riesgos sociales y de género, y monitoreo de impactos ambientales percibidos, son atendidas con mayor detalle en las evaluaciones específicas de las **Secciones 8.2.2** y **8.2.3**. Con la implementación de estas acciones, los impactos resultan admisibles sobre el medio receptor.

Id. 3 – Mercado inmobiliario

La expectativa del proyecto puede generar efectos significativos en el mercado inmobiliario de la zona de influencia, incluso antes del inicio de la fase de construcción, siendo habitual en esta etapa un incremento especulativo de los precios de las propiedades y alquileres, dado que los propietarios locales pueden anticipar un aumento en la demanda, elevando los precios de venta y alquiler aun sin que exista una necesidad inmediata por parte de los trabajadores, así como cambios en la percepción de la comunidad local, cuyos residentes podrían sentir presión para vender o alquilar sus propiedades ante posibles cambios en el entorno.

De acuerdo con el diagnóstico realizado, el área de influencia concentra la mayor cantidad de viviendas en la ciudad de Tacuarembó (25.291 viviendas, el 97 % del total), en tanto Tambores cuenta con 747 viviendas (3 %) y Piedra Sola con 131. La oferta del mercado inmobiliario se concentra igualmente en la capital departamental, tanto para venta como para alquiler: de las 439 viviendas en venta relevadas en la zona de influencia, 438 corresponden a Tacuarembó y una a Tambores, y el 98 % de las viviendas en alquiler se ubican en la capital, habiéndose relevado sólo dos en Tambores.

En función de esta caracterización, se realizó una estimación de la distribución del personal requerido en el área de influencia y de la cantidad de alojamientos que debe proveer el titular del proyecto para mitigar el potencial impacto sobre el mercado inmobiliario.

Durante el pico de construcción se prevé que aproximadamente 750 trabajadores no locales requieran solución de alojamiento. Considerando experiencias previas de proyectos de características similares en Uruguay, se asumió que aproximadamente el 90 % de dicho personal se deberá alojar en la ciudad de Tacuarembó y se traslade diariamente a los frentes de obra, mientras que el 10 % restante se alojará en la localidad de Tambores. Bajo esta hipótesis, se estima que alrededor de 75 trabajadores se alojarían en Tambores durante la fase de construcción, considerando además la eventual radicación de grupos familiares asociados a una proporción reducida de trabajadores, la población incremental máxima estimada para la localidad sería del orden de 90 personas. Para la fase de operación, se estima que aproximadamente 140 trabajadores no locales requerirán alojamiento, generando una población incremental estimada de aproximadamente 15 personas en Tambores (10 %).

La modalidad de alojamiento prevista corresponde principalmente a viviendas permanentes o temporales integradas a la trama urbana de la localidad, descartándose en esta etapa la necesidad de campamentos de gran escala. El análisis realizado estima un requerimiento máximo del orden de 30 viviendas temporales durante la construcción y aproximadamente 10 viviendas permanentes durante la operación, cuyo diseño y ejecución estarán a cargo del titular del proyecto. Cada vivienda tendrá una superficie de entre 35 y 50 m².

Asimismo, se realizó una evaluación preliminar de factibilidad para el alojamiento de la población incremental estimada. En base a la Reglamentación de la Directrices Departamentales, Resolución 1312/2017 del 25/07/2017, Art. 1. para Tambores en área suburbana los predios deben tener 600 m^2. Lo cual resulta en una densidad aproximada de 17 viviendas por hectárea. Considerando dicha referencia y los requerimientos máximos de alojamiento estimados para el proyecto, la demanda adicional de viviendas implicaría una ocupación del orden de entre 2 y 3 ha. La IDT informó, a solicitud del proyecto, la previsión de un posible bypass al Este de la localidad, lo que habilitaría un área de expansión urbana de aproximadamente 12 ha. En consecuencia, la superficie requerida para atender la demanda habitacional asociada al proyecto representa una fracción reducida del área de crecimiento prevista, por lo que se concluye que existe disponibilidad territorial suficiente para viabilizar las soluciones de alojamiento estimadas para las etapas de construcción y operación, sin generar restricciones significativas para el desarrollo urbano de la localidad.

Adicionalmente, se prevé informar a la comunidad sobre los plazos reales del proyecto, mediante campañas de comunicación que aclaren las fases y los tiempos en los que se requerirá infraestructura adicional, de forma de moderar expectativas infladas; gestionar la solución de alojamiento del personal no local en coordinación con la IDT, procurando una distribución equilibrada en el área de influencia que evite la concentración de trabajadores en determinadas zonas, línea de trabajo que cuenta con instancias de intercambio ya mantenidas con la Intendencia y con su conformidad expresa; y establecer un canal de diálogo continuo entre la empresa, las autoridades locales y representantes comunitarios para discutir y monitorear los efectos del proyecto sobre el mercado inmobiliario. Como medida de seguimiento se prevé el

monitoreo de las tendencias de precios y de la disponibilidad de propiedades, de forma de identificar áreas de presión antes de que se conviertan en un problema significativo. Con la implementación de estas medidas, el impacto residual resulta admisible sobre el medio receptor.

8.2.2 Fase de construcción

Presencia física de la obra

La presencia física de la obra genera, por un lado, una percepción social negativa asociada a los temas identificados como sensibles por la comunidad durante el EPS y, por otro, una modificación temporal del paisaje rural actual por el desarrollo de las actividades de obra.

Para la valoración del impacto **Id. 4** se consideró una magnitud alta (4); una importancia media-alta (4) del factor impactado; una probabilidad de ocurrencia probable (2); una duración temporal (2); y un grado de conocimiento medio, ya que si bien existen medidas y planes para su manejo su implementación no siempre es efectiva (2), resultando una significancia media. Para el impacto Id. 5 se consideró una magnitud media (2); una importancia media (2) del factor impactado; una duración temporal con plazo determinable (2); una probabilidad de ocurrencia certera (4); y un grado de conocimiento medio (2), resultando una significancia baja.

Id	Aspecto	Factor	Impacto	V	S
4	Presencia física de la obra	Percepción social	Percepción social negativa por presencia física de la obra y otros aspectos ambientales relacionados a la fase de construcción	14	Media
5		Paisaje	Modificación del paisaje por presencia física de la obra	12	Baja

Id. 4 – Percepción social

Entre los principales temas recogidos como sensibles en relación con la fase de construcción se identifican: el aumento del tránsito pesado y su impacto en la seguridad, la convivencia y la infraestructura vial; el impacto sobre el mercado inmobiliario y la dinámica demográfica; y los riesgos sociales y de género. El incremento del tránsito pesado fue el aspecto más señalado por la comunidad, expresando temor respecto del posible deterioro de los caminos locales, del incremento de la siniestralidad vial y de la alteración del estilo de vida del pueblo, caracterizado por su tranquilidad y bajo nivel de circulación. En cuanto al mercado inmobiliario, la comunidad teme que el aumento de la demanda habitacional eleve los precios de alquiler, expulsando a residentes actuales, aunque otros actores plantean la posibilidad de sinergias económicas y culturales positivas si se promueve una distribución equilibrada en el área de influencia. Por último, en algunas instancias se manifestó preocupación por posibles impactos negativos en términos de género, fenómeno documentado en otras regiones ante la llegada de grandes proyectos.

Como acciones estratégicas de acompañamiento se prevé el diseño de un plan de movilidad segura y sostenibilidad vial en coordinación con los gobiernos departamental y municipal, que contemple mejoras en caminos, señalización y educación vial; la incorporación de una perspectiva de género transversal en todas las etapas del proyecto, con medidas específicas de prevención de situaciones de violencia, trata o explotación, protocolos de actuación, coordinación con organismos especializados y organizaciones locales, refuerzo de la Comisaría Especializada en Violencia Doméstica y de Género de Tacuarembó, y programas de prevención dirigidos tanto a trabajadores como a residentes locales. Las medidas relativas al mercado inmobiliario se desarrollaron previamente en la evaluación de los impactos de fase de proyecto (**Id. 2 y 3**).

Id. 5 - Paisaje

Las actividades de desbroce, movimiento de suelos, montaje de AG e implantación de grúas y sistemas de izaje resultan en una modificación temporal del paisaje rural. La evaluación del paisaje definitivo de operación, mediante análisis de cuencas visuales y fotomontajes, se desarrolla en el impacto **Id. 47**. Respecto de las situaciones intermedias, las zonas de implantación se encuentran en su mayoría alejadas del campo visual de las áreas pobladas, particularmente la planta industrial, cuya construcción sólo podrá observarse desde un camino de tránsito local y muy escaso.

Dado el carácter temporal del impacto, no se prevén medidas específicas tendientes a mitigar el efecto visual de los volúmenes de obra (obradores, grúas, entre otros). No obstante, se prevé una gestión adecuada de las distintas tipologías de residuos, de forma de prevenir un deterioro del paisaje del entorno (impactos **Id. 16, 18, 19 y 22**), y, una vez finalizada la obra, la restauración de las zonas de obradores temporarios y áreas adyacentes que se mantengan como áreas verdes durante la operación, priorizando el acopio del suelo natural para la posterior restauración del sitio y velando por mantener las especies vegetales presentes. Por lo anterior, el impacto residual se considera admisible sobre el medio receptor.

Demanda de mano de obra y servicios

Para la valoración del impacto **Id. 6** se consideró una magnitud alta (4); una importancia muy relevante o sensible (8) del factor impactado; una probabilidad de ocurrencia certera (4); una duración permanente a partir del momento de su manifestación (4); y un grado de conocimiento medio, ya que si bien existen medidas y planes para su manejo sus resultados no siempre resultan efectivos (2). De esta valoración resulta una significancia alta, por lo que el impacto fue objeto de un estudio especialista que desagrega sus efectos sobre los distintos factores del entorno socioeconómico (**Id. 6.1 a 6.7**). La valoración de la significancia de los impactos desagregados se encuentra justificada en el estudio especialista (ANEXO V del EsIA).

Id	Aspecto	Factor	Impacto	V	S
6	Demanda de mano de obra y servicios	Entorno socioeconómico	Modificación del entorno socioeconómico por el aumento de la demanda de mano de obra y servicios	22	Alta

Id	Aspecto	Factor	Impacto	S
6.1	Demanda de mano de obra y servicios	Mercado laboral	Migración de mano de obra a otros servicios productivos	Media
6.2		Mercado laboral	Incremento de la demanda de mano de obra	Media
6.3		Actividad económica	Crecimiento de la demanda comercial en las comunidades cercanas	Alta
6.4		Mercado inmobiliario	Modificación del valor de los terrenos y viviendas por aumento de la demanda de mano de obra y servicios	Media
6.5		Servicios públicos	Afectación al nivel de demanda de los servicios públicos por aumento de población vinculada al personal de obra	Media
6.6		Calidad de vida	Alteraciones en la forma de vida y organización	Media
6.7		Calidad de vida	Alteraciones en la forma de vida y organización (seguridad ciudadana)	Media

Id. 6.1 a 6.3 – Actividad económica y mercado laboral

La demanda laboral máxima de la fase de construcción alcanza los 1.500 trabajadores directos, de los cuales se estima que aproximadamente el 50 % corresponderá a mano de obra especializada no disponible localmente y requerirá alojamiento temporal en el área de influencia. De ese personal no local, se estima que el 90 % se alojará en la ciudad de Tacuarembó y el 10 % restante en la localidad de Tambores, lo que representa unos 75 trabajadores en esta última y una población incremental máxima del orden de 90 personas, equivalente a aproximadamente un 7 % de la población actual de la localidad. A ello se suma una inmigración indirecta asociada a familias de trabajadores, prestadores de servicios complementarios (comerciantes, proveedores de alimentos y transporte), emprendedores que instalen negocios vinculados al proyecto y personas que migren en búsqueda de empleo.

Sobre las actividades productivas del área de influencia, se prevé una reducción temporal de la mano de obra disponible en los sectores agropecuarios, que podría migrar hacia el proyecto ante mejores condiciones laborales y salariales, junto con un incremento de la demanda de alimentos locales que beneficiaría a pequeños y medianos productores. En el comercio se espera un mayor dinamismo por el incremento del consumo de bienes y servicios, y en el transporte un aumento tanto de carga como de pasajeros. Se estima la generación de entre 10 y 20 nuevos emprendimientos durante la fase de construcción (barracas, comedores y catering, alojamientos y servicios de transporte), con un potencial de empleo de entre 2 y 5 personas cada uno, además de la expansión de negocios existentes como supermercados, estaciones de servicio y talleres. Como medidas de potenciación de estos efectos positivos, la titular desarrolla un Plan de Capacitación y un Plan de Desarrollo de Proveedores Locales, en articulación con los Centros Públicos de Empleo del Ministerio de Trabajo y con la IDT, procurando que una parte significativa de los empleos generados sea cubierta por residentes locales y fomentando la compra de productos y servicios locales.

Id. 6.4 – Mercado inmobiliario

Tal como fue abordado previamente en la sección correspondiente a la evaluación del **Id. 3** la cantidad definitiva de trabajadores será ajustada durante la ingeniería de detalle, contándose en esta instancia con una estimación preliminar de demanda laboral y alojamiento elaborada a partir de la calificación de la demanda prevista para cada fase. Para la etapa de construcción se prevé un requerimiento máximo del orden de 1.500 trabajadores directos, de los cuales aproximadamente el 50 % corresponderá a mano de obra especializada no disponible localmente y requerirá alojamiento temporal en el área de influencia. Dicho porcentaje fue definido considerando la experiencia de proyectos industriales de características similares desarrollados en Uruguay y la disponibilidad de perfiles laborales especializados.

Sobre esa base, en el pico de construcción unos 750 trabajadores no locales requerirían solución de alojamiento. La caracterización del mercado inmobiliario del área de influencia evidencia una oferta acotada de viviendas en la localidad de Tambores, en contraste con la disponibilidad de la ciudad de Tacuarembó. En atención a ello, se asumió que el 90 % del personal no local se deberá alojar en la ciudad de Tacuarembó, con traslado diario a los frentes de obra, y el 10 % restante en Tambores, es decir, alrededor de 75 trabajadores. Sumada la eventual radicación de grupos familiares de una proporción reducida del personal, la población incremental máxima estimada para la localidad sería del orden de 90 personas, equivalente a aproximadamente un 7 % de su población actual.

Dado que la absorción de esa demanda por la oferta inmobiliaria en Tambores podría inducir presiones sobre los precios de alquiler y venta, en detrimento de la población local, la solución de alojamiento prevista no se apoya en la oferta disponible: la titular prevé asumir la ejecución de núcleos habitacionales nuevos, integrados a la trama urbana de la localidad, descartándose en esta etapa campamentos de gran escala. El requerimiento máximo estimado es del orden de

30 viviendas para la fase de construcción. La eventual expansión urbana asociada se encuentra comprendida dentro de las previsiones de crecimiento ya establecidas por la IDT para la localidad, por lo que existe disponibilidad territorial suficiente para viabilizar las soluciones de alojamiento estimadas sin generar restricciones significativas para el desarrollo urbano. Las unidades se implantarán dentro del área prevista por la IDT para el crecimiento de la localidad, manteniendo las directrices territoriales para áreas suburbanas de Tambores (predios de 600 m²), con una superficie por vivienda de entre 35 y 50 m².

Id. 6.5 – Servicios públicos

El incremento de la población transitoria puede llevar a generar una presión sobre los servicios públicos y a generar una expectativa sobre el acceso a estos.

- Agua y energía: el aumento de la población temporal generará una mayor demanda, especialmente en la ciudad de Tacuarembó. Aunque la infraestructura parece suficiente, debería evaluarse con las autoridades las capacidades existentes.
- Salud: la presión sobre el sistema sanitario será significativa. Los servicios en Tambores son limitados y en la ciudad de Tacuarembó, aunque cuenta con mejores instalaciones, podría enfrentar tiempos de espera más largos y saturación.
- Saneamiento: los alojamientos temporales requerirán una gestión adecuada de residuos sólidos y aguas residuales, especialmente si están ubicados en áreas con infraestructura limitada.
- Transporte: aumentará la demanda de transporte público y privado, especialmente para la movilidad diaria entre Tacuarembó y Tambores.
- Educación: si las familias de los trabajadores migran, la presión sobre las escuelas locales podría aumentar, requiriendo nuevas aulas o turnos adicionales.
- Telecomunicaciones: la mayor densidad de población podría impactar la calidad del acceso a internet y telecomunicaciones, especialmente en áreas menos desarrolladas como Tambores.

Id. 6.6 y 6.7 – Calidad de vida

La llegada de los trabajadores y el incremento de la circulación de dinero y bienes pueden generar alteraciones en las formas de vida y organización de las localidades del área de influencia, siendo Tacuarembó la principal afectada. Se prevé un incremento de la actividad nocturna en bares, restaurantes y espacios recreativos, un mayor desgaste de la infraestructura comunitaria y una mayor percepción de inseguridad por parte de los residentes. En materia de seguridad ciudadana, la experiencia de proyectos anteriores de características similares permite anticipar un posible incremento de delitos menores en las áreas urbanas próximas a los alojamientos temporales, tensiones derivadas de la convivencia entre trabajadores externos y residentes locales, y el eventual atractivo de la afluencia económica para actividades delictivas organizadas.

Respecto de las capacidades locales, en Tacuarembó funcionan seis comisarías y una Comisaría Especializada en Violencia Doméstica y de Género, mientras que en Tambores existe una única comisaría local sin unidades especializadas, identificándose limitaciones de personal, infraestructura y capacitación.

Las medidas de prevención y mitigación previstas comprenden: un Código de Conducta para los trabajadores alojados temporalmente y talleres de sensibilización sobre costumbres y normas locales; el establecimiento de canales de comunicación regulares entre la empresa, las autoridades locales y los residentes; rutas específicas para el traslado de trabajadores que minimicen la congestión en zonas residenciales; el refuerzo temporal de la presencia policial y

de la infraestructura de las comisarías de Tacuarembó y Tambores, junto con la capacitación de los efectivos en gestión de conflictos, mediación comunitaria y atención a la violencia de género; mesas de trabajo interinstitucionales para anticipar problemas y planificar soluciones conjuntas; y evaluaciones periódicas con participación de los residentes para ajustar las estrategias de mitigación. La definición final de las medidas de compensación y fortalecimiento local surgirá de instancias de participación y coordinación con las autoridades departamentales, municipales y las organizaciones sociales de la localidad.

Desbroce de vegetación

La pérdida, degradación y fragmentación de hábitats son impactos inherentes a la implantación de las distintas componentes del proyecto, debido a la necesidad de desbroce de la vegetación, retiro del suelo natural durante el movimiento de suelos, construcción de infraestructura y cercado de ciertas zonas, como el área del parque solar. Al mismo tiempo, la perturbación de estos hábitats es propicia para la introducción de especies exóticas invasoras (EEI), que puede redundar en una degradación aún mayor. Se aclara que en la concepción del proyecto fue considerada la Línea de Base Biológica de Lombardi & Geymonat (noviembre 2021 - abril 2023), con el objetivo de evitar a gran escala la implantación sobre o próxima a ambientes sensibles. De este modo, como fue presentado en la Sección 7.1.2, el proyecto no se superpone con áreas relevantes para la conservación.

Para la valoración del impacto **Id. 7** se consideró una magnitud media (2); una importancia media-alta (4) del factor impactado; una probabilidad de ocurrencia certera (4); una duración permanente a partir del momento de su manifestación (4); y un grado de conocimiento medio, porque si bien es un impacto conocido no existen alternativas que mitiguen totalmente su efecto y en parte debe considerarse inherente al desarrollo del proyecto (2). Para el impacto **Id. 8** se consideró una magnitud media (2); una importancia media-alta (4) del factor impactado; una probabilidad de ocurrencia probable (2); una duración permanente (4); y un grado de conocimiento alto, porque existen medidas efectivas para su manejo, como la traslocación de fauna y de especies prioritarias de flora (1). De ambas valoraciones resulta una significancia media.

Id	Aspecto	Factor	Impacto	V	S
7	Desbroce de vegetación	Ecosistemas terrestres	Pérdida, degradación y fragmentación de hábitats	16	Media
8		Fauna	Mortalidad directa e indirecta de especies	13	Media

Id. 7 y 8 – Ecosistemas terrestres y fauna

Pérdida de hábitat

La huella del proyecto sobre los distintos ambientes del entorno en su fase de construcción comprenden un total aproximado de 534 ha, correspondiendo la mayor proporción a ambientes de pradera (378 ha) y de cultivo (146 ha), siendo comparativamente menor la afectación sobre ambientes de mayor sensibilidad ecológica, humedales (8,08 ha), bosques de abrigo (1,18 ha), roquedales (0,40 ha) y ecotonos (0,14 ha) y nula sobre bosque nativo.

Cabe destacar que, la evaluación de la huella física del proyecto al momento de la implantación, es marcadamente mayor que la de la fase de operación (291 ha), ya que considera la totalidad del padrón industrial, un área de afectación por AG mayor a la de la platea de hormigón final (200 x 200 m en lugar de 100 x 100 m) y áreas buffer entorno a la caminería y líneas de impulsión. Esto se debe a que usualmente se requieren superficies anexas para el manejo de maquinaria e instalaciones propia de la etapa de construcción, que si bien, luego pueden ser recuperadas, conservadoramente se incluyen en el presente análisis.

Tabla 8-1: Afectación del proyecto por ambiente.

Ambiente	Área (ha)
Pradera	378
Cultivos	146
Humedales	8,08
Bosques de abrigo	1,18
Forestación	0,48
Roquedal	0,40
Canal	0,34
Ecotono	0,14
Cuerpo de agua	0,12
Bosque nativo	0

En el sitio industrial el ambiente dominante es el pastizal ralo de la subcomunidad Ib, con especies indicadoras *Lippia coarctata* y *Oenothera parodiana*. Fueron registradas 177 especies vegetales pertenecientes a 39 familias, de las cuales 9 resultan prioritarias para la conservación, concentradas principalmente en los pedregales próximos a la vía del tren y, en menor medida, en las zonas bajas asociadas al agua y en los afloramientos rocosos. No se registraron especies exóticas invasoras que requieran intervención. En cuanto a la avifauna, se registraron dos especies prioritarias para la conservación: Perdiz (*Nothura maculosa*) y Batitú (*Bartramia longicauda*).

En la zona del parque eólico, el área a ser afectada corresponde en su gran mayoría al ambiente de pradera, dominante en el área del proyecto; sin embargo, en ciertos puntos se podría afectar a los cruces de los cauces y ambientes de roquedal, hábitat de especies amenazadas como el Geko de las Piedras (*Homonota uruguayensis*).

En la zona del parque solar fueron identificadas 213 especies vegetales pertenecientes a 47 familias, de las cuales 11 presentan alguna categoría de conservación formal: 9 prioritarias para la conservación en Uruguay y 2 (*Gymnocalycium uruguayense* y *Parodia mueller-melchersii*) vulnerables en las listas rojas de la UICN. La mayor parte del área está representada por pastizales y por zonas destinadas al cultivo de pradera, estas últimas no presentan valor para la conservación. Los ambientes relevantes se asocian a las zonas bajas, húmedas y rocosas, identificándose una serie de afloramientos rocosos con pequeños paredones sobre los márgenes del arroyo como el sitio de mayor relevancia florística del predio. No se registraron especies exóticas invasoras que requieran intervención. En los censos de aves se contabilizaron 116 individuos de 15 especies, ninguna con categoría de amenaza según UICN y dos de ellas prioritarias para la conservación (Perdiz y Batitú).

En la zona del embalse se relevaron 137 especies de flora pertenecientes a 32 familias, siendo Asteraceae y Poaceae las mejor representadas, con 4 especies prioritarias para la conservación para el SNAP (*Nierembergia calycina*, *Sommerfeltia spinulosa*, *Ditaxis rhizantha* y *Mimosa cruenta*). El área presenta un buen estado de conservación general y, si bien se registraron 7 especies exóticas, en ningún caso resultan invasoras ni potencialmente invasoras. Se diferencian tres ambientes en el predio: uno asociado al sistema de cañadas del entorno y dos de pastizales ralos diferenciados por la presencia o ausencia de afloramientos rocosos. En los censos de aves se contabilizaron 51 individuos de 9 especies, ninguna amenazada y dos prioritarias para la conservación (Perdiz y Cardenal de Copete Rojo). Los mamíferos y anfibios registrados corresponden mayoritariamente a especies con vínculo directo con el agua, por lo que no se espera afectación sobre estos individuos.

Ninguna de las tres líneas de impulsión proyectadas se superpone con áreas protegidas del SNAP, IBAs, Sitios Ramsar o Reservas de Biósfera, ni con áreas de prioridad de conservación o ecosistemas amenazados, por lo que la interferencia sobre hábitats sensibles se valoró como baja. Los trazados atraviesan mayoritariamente ambientes de pradera, con sectores puntuales de humedal, roquedal, cultivos, forestación y canales. La pérdida de hábitat se valoró como media, por la afectación de ecosistemas sensibles como los roquedales, nicho de especies de flora y fauna singulares o amenazadas.

Las medidas de mitigación previstas comprenden la delimitación exhaustiva de las áreas que necesariamente deberán ser afectadas, con control estricto para que no se alteren áreas por fuera de estas, mediante un plan de control a incorporar en el PGA-C con un responsable asignado; la definición de zonas de exclusión de obra destinadas a conservar flora prioritaria, sobre los pedregales del sitio industrial y los afloramientos rocosos del parque solar, con traslocación hacia ellos de las especies prioritarias que puedan ser rescatadas, planificada y monitoreada por un botánico; el ajuste de pequeña escala del layout a instancias del Proyecto Ejecutivo, previo relevamiento de campo de detalle, para evitar la afectación de roquedales, con traslocación de individuos de fauna en caso de no ser evitable; y la reserva del suelo orgánico removido para su posterior redistribución, de forma de acelerar la revegetación del sitio.

Cabe destacar que, durante el proceso de intercambio técnico con la DINACEA ya se realizaron varios ajustes del layout del proyecto para minimizar la afectación sobre ambientes sensibles. Este es el caso del ajuste del layout parque solar para evitar la afectación de los paredones de los roquedales, así como la eliminación de un cruce de caminería sobre un curso de agua en el área Sur con una biodiversidad importante. No obstante, en la ingeniería de detalle se requerirá de ajustes más finos, en zonas concretas que ya han sido identificadas en el EsIA.

A su vez, como medida de buenas prácticas, durante la fase de operación, se permitirá el desarrollo de las pasturas naturales, solo realizando las mínimas intervenciones para evitar que afecten la operativa del parque. Las intervenciones deberán ser de forma mecánica o con ganado de baja carga, no permitiendo el uso de productos químicos.

Degradación de hábitat

En relación con la degradación de hábitat, se identifican como principales aspectos ambientales la contaminación lumínica, relevante por sus efectos sobre la fauna de insectos y, por consiguiente, sobre los murciélagos que se alimentan de ellos, y la introducción de EEI, particularmente la dispersión del *Capim anoni* a través de vehículos y maquinaria.

Como medidas se prevé el uso de iluminación inteligente con sensores de movimiento o temporizadores, la reducción de la intensidad lumínica mediante luces de longitudes de onda menos perjudiciales para la fauna nocturna (ámbar), la instalación de pantallas que dirijan la luz y eviten su dispersión hacia el cielo y áreas de conservación, y la implementación de un protocolo de control de la dispersión e ingreso de flora exótica invasora, con revisiones anuales sobre las vías de acceso a la planta.

Con la implementación de estas medidas, los impactos resultan admisibles sobre el medio receptor.

Fragmentación

Respecto de la fragmentación por el cercado del parque solar, se prevé el diseño e implementación de pasafaunas en el cerco perimetral con aberturas de 0,60 m de ancho por 0,50 m de altura bajo dos criterios: un esquema agregado instaladas cada 20 m en los parches ambientales a conectar, y un criterio sistemático instaladas cada 50 m, complementado con monitoreos mediante cámaras trampa durante la fase de operación para corroborar su uso por las especies objetivo.

Con la implementación de estas medidas, los impactos resultan admisibles sobre el medio receptor.

Generación de aguas residuales

Durante la fase de construcción se generarán aguas residuales asimilables a domésticas por los servicios brindados al personal de obra (servicios higiénicos, vestuarios y comedor), así como aguas residuales del lavado de maquinaria en contacto con hormigón, tanto de los camiones mixer de la planta de hormigón como de herramientas.

Para la valoración de los impactos **Id. 9 y 10** se consideró una magnitud alta (4); una importancia media-alta (4) del factor impactado; una duración temporal con plazo determinable (2); una probabilidad de ocurrencia probable (2); y un grado de conocimiento alto, dado que existen medidas de gestión ampliamente utilizadas para su manejo (1), resultando una significancia media. Para los impactos **Id. 11 y 12** se consideró una magnitud media (2); una importancia media-alta (4) del factor impactado; una duración temporal con plazo determinable (2); una probabilidad de ocurrencia probable (2); y un grado de conocimiento alto (1), resultando una significancia baja.

Id	Aspecto	Factor	Impacto	V	S
9	Generación de aguas residuales asimilables a domésticas	Calidad del agua superficial	Deterioro de la calidad del agua superficial por gestión inadecuada de aguas residuales asimilables a domésticas	13	Media
10		Calidad del agua subterránea	Deterioro de la calidad del agua subterránea por gestión inadecuada de aguas residuales asimilables a domésticas	13	Media
11	Generación de aguas residuales del lavado de maquinaria en contacto con hormigón	Calidad del agua superficial	Deterioro de la calidad del agua superficial por gestión inadecuada de aguas residuales del lavado de maquinaria en contacto con hormigón	11	Baja
12		Calidad del agua subterránea	Deterioro de la calidad del agua subterránea por gestión inadecuada de aguas residuales del lavado de maquinaria en contacto con hormigón	11	Baja

Id. 9 y 10 – Calidad del agua (asimilables a domésticas)

La disposición o manejo inadecuados de las aguas residuales asimilables a domésticas podría ocasionar el deterioro de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas por el incremento del aporte de nutrientes y de coliformes. En función del personal de obra previsto, asumiendo un coeficiente de retorno de 0,9 y un consumo de 50 L/día por persona, se obtiene un caudal pico de aguas residuales del orden de 70 m^3/d.

Para la gestión de esta corriente se definió que la totalidad de las aguas residuales asimilables a domésticas, tanto del obrador principal como de los frentes de obra y zonas aisladas, será conducida hacia depósitos fijos impermeables, desde donde se realizará su vaciado periódico mediante camiones barométricos de 20 m^3 de capacidad para su traslado a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de la ciudad de Tacuarembó, operada por OSE, contando con la conformidad de la Jefatura Departamental de Tacuarembó de OSE para esta modalidad de gestión. Para el caudal pico previsto se estiman entre 3 y 4 viajes diarios de camión barométrico, un flujo manejable en base a la experiencia de otras obras de gran porte desarrolladas en el departamento. Como parte de los requisitos a los contratistas se exigirá además maximizar el uso de baños químicos, de forma de reducir el volumen de efluentes a gestionar.

Al eliminarse el vertido de esta corriente a curso de agua en el entorno del emprendimiento, el impacto residual resulta de significancia baja y admisible sobre el medio receptor. Los procedimientos de recolección, registro y trazabilidad de los retiros se incorporarán al PGA-C.

Id. 11 y 12 - Calidad del agua (lavado de hormigón)

Se priorizará la reutilización del efluente resultante para la fabricación de hormigón en la propia planta y, cuando ello no sea posible o la generación exceda su consumo, será vertido previo control y corrección de pH, que conforme al Decreto 226/025 deberá situarse entre 6 y 9. Como medida de gestión se prevé la implementación de una pileta de lavado de camiones mixer en las zonas del obrador donde se realice esta tarea. La pileta contará con un recinto principal y un canal lateral que permita la sedimentación del efluente, de modo de retirar el material en suspensión; desde el canal lateral el efluente será dirigido a una cámara con control de salida en la que se verificará el valor de pH. Se incorporará en el PGA-C el monitoreo tanto del vertido como del curso de agua. Con la implementación de estas medidas, los impactos resultan de significancia baja y admisibles sobre el medio receptor.

Generación de residuos sólidos

Asimilables a domésticos

La gestión inadecuada de estos residuos podría deteriorar el paisaje por dispersión de desechos en las proximidades de la obra, afectar la calidad del suelo y de las aguas superficiales y, más difícilmente, de las aguas subterráneas. Para la valoración de los impactos **Id. 13, 14, 15 y 16** se consideró una magnitud media (2); una importancia media (2) del factor impactado; una duración temporal con plazo determinable (2); una probabilidad de ocurrencia baja o improbable (1); y un grado de conocimiento alto (1), resultando una significancia baja.

Adicionalmente, la generación de estos residuos en el pico de obra podría presionar los servicios de recolección y disposición final de las localidades del entorno: para la valoración del impacto **Id. 17** se consideró una magnitud media-alta (4); una importancia media (2) del factor impactado; una duración temporal con plazo determinable (2); una probabilidad de ocurrencia certera (4); y un grado de conocimiento medio (2), resultando una significancia media. El impacto **Id. 17** sobre el entorno socioeconómico fue evaluado mediante el estudio especialista que desagrega sus efectos sobre los distintos factores del entorno socioeconómico (**Id. 17.1**). La significancia del impacto desagregado se encuentra justificada en el estudio especialista (ANEXO V del EsIA).

Id	Aspecto	Factor	Impacto	V	S
13	Generación de residuos sólidos asimilables a domésticos	Calidad del agua superficial	Deterioro de la calidad del agua superficial por gestión inadecuada de residuos asimilables a domésticos	8	Baja
14		Calidad del agua subterránea	Deterioro de la calidad del agua subterránea por gestión inadecuada de residuos asimilables a domésticos	8	Baja
15		Calidad del suelo	Afectación a la calidad del suelo por gestión inadecuada de residuos asimilables a domésticos	8	Baja
16		Paisaje	Afectación al paisaje por gestión inadecuada de residuos asimilables a domésticos	8	Baja
17		Entorno socioeconómico	Aumento de la demanda de servicio de recolección y disposición de residuos asimilables a domésticos (directa)	14	Media

Id	Aspecto	Factor	Impacto	S
17.1	Generación de residuos sólidos asimilables a domésticos	Servicios públicos	Aumento de la demanda de servicio de recolección y disposición de residuos asimilables a domésticos (indirecta)	Media

Id. 13, 14, 15 y 16 – Calidad del agua, suelo y paisaje

Para prevenir estos impactos, el proyecto contempla buenas prácticas de gestión ambiental que quedarán reflejadas en el PGA-C, entre ellas la instalación de depósitos con tapa y bolsas plásticas en oficinas, comedores y frentes de obra para la correcta segregación y recolección; obligación de los operarios de mantener el orden y la limpieza de sus áreas de trabajo al finalizar la jornada, con prohibición estricta de enterrar o quemar residuos; definición del mecanismo de recolección, transporte y SDF en coordinación con la IDT previo al inicio de obra; y registro detallado de las cantidades generadas y gestionadas (fecha, tipo de residuo, volumen o peso, transportista y destino final). Con la implementación de estas medidas, los impactos resultan de significancia baja y admisibles sobre el medio receptor.

Id. 17 y 17.1 – Entorno socioeconómico y servicios públicos

Respecto del efecto directo, considerando un máximo de 1.500 trabajadores y una tasa de referencia de 0,5 kg/día/persona, se estima una generación del orden de 16 t/mes en el sitio de obra, originada principalmente en comedores, oficinas y obradores, gestionada mediante contenedores específicos en cada punto de generación con recolección periódica por camiones compactadores.

En cuanto al efecto indirecto, dado que aproximadamente el 90 % del personal no local se alojará en la ciudad de Tacuarembó y el 10 % restante en Tambores, el incremento en la generación de residuos domiciliarios asociado a la población vinculada al proyecto, estimado entre 1,5 y 2 t/día durante el pico de construcción, será absorbido principalmente por el sistema de gestión de Tacuarembó, que actualmente gestiona entre 50 y 55 t/día, representando un incremento reducido respecto de los volúmenes actualmente manejados y acotando significativamente la presión sobre el sistema de Tambores. Asimismo, la IDT informó que se encuentra avanzando en un proyecto de cierre del actual vertedero a cielo abierto y habilitación de un nuevo SDF departamental, con planta de clasificación, celdas impermeabilizadas, tratamiento de lixiviados y venteo de biogás, previendo derivar allí los residuos de las localidades del interior, incluida Tambores, y señalando que la generación adicional asociada al proyecto será considerada durante la planificación e implementación de esta nueva instalación. Por lo anterior, los impactos se consideran admisibles sobre el medio receptor, manteniéndose como línea de trabajo prioritaria la coordinación con la IDT para el fortalecimiento de las capacidades locales.

Residuos de Obra de Construcción (ROC)

Los ROC comprenden residuos inertes, maderas y afines, metales (chatarra) y misceláneos, cuya acumulación o dispersión podría degradar principalmente el paisaje local. En caso de encontrarse contaminados con sustancias peligrosas, su gestión queda comprendida en los impactos **Id. 20, 21 y 22**. Para la valoración del impacto **Id. 18** se consideró una magnitud media (2); una importancia media (2) del factor impactado; una duración temporal con plazo determinable (2); una probabilidad de ocurrencia probable (2); y un grado de conocimiento alto (1), resultando una significancia baja.

Id	Aspecto	Factor	Impacto	V	S
18	Generación de ROC	Paisaje	Degradación del paisaje por gestión inadecuada de ROC	9	Baja

Id. 18 - Paisaje

La gestión de estos residuos se encuentra regulada por el Decreto 213/025 y contempla estrategias de minimización, reutilización, valorización y, en última instancia, disposición final. Las corrientes de mayor volumen corresponden a la madera (284 m³/mes), el conjunto de plástico, papel y cartón (263 m³/mes), los inertes (166 m³/mes) y el metal (89 m³/mes), considerando el conjunto de las obras.

La reutilización en obra constituye la principal estrategia para los residuos inertes (restos de hormigón fraguado, áridos, ladrillos y suelos), que podrán ser triturados para su uso como relleno en la propia obra o donados para relleno de terrenos o rectificación de canteras, minimizando la disposición en SDF. Para la madera no contaminada se contempla la valorización energética. En cuanto a los reciclables (metales, plásticos y vidrios), existe interés de organizaciones no gubernamentales en gestionarlos a nivel local; de no resultar viable esta alternativa por razones de permisos y habilitaciones, se recurrirá a empresas habilitadas para su reciclaje. Los destinos finales previstos son, por tanto, empresas autorizadas para valorización (chatarreras y recicladores), instituciones públicas, privadas y organizaciones no gubernamentales mediante donación, y el SDF de la ciudad de Tacuarembó. Con la implementación de estas medidas, incluidas en el PGA-C, el impacto resulta de significancia baja y admisible sobre el medio receptor.

Generación de residuos de tala y poda

Las tareas de desbroce de vegetación y tala de árboles generan residuos que, de no ser gestionados adecuadamente, podrían obstruir las vías de drenaje preferenciales del terreno y deteriorar el paisaje del entorno. Para la valoración del impacto **Id. 19** se consideró una magnitud media (2); una importancia media (2) del factor impactado; una duración temporal con plazo determinable (2); una probabilidad de ocurrencia probable (2); y un grado de conocimiento alto (1), resultando una significancia baja.

Id	Aspecto	Factor	Impacto	V	S
19	Generación de residuos de tala y poda	Paisaje	Degradación del paisaje por gestión inadecuada de residuos de tala y poda	9	Baja

Id. 19 - Paisaje

No se prevé la generación de un volumen significativo de esta corriente, dado que los residuos estarán asociados principalmente al tapiz herbáceo de pradera, ambiente de mayor extensión dentro del área del proyecto, sin identificarse la necesidad de tala de grandes extensiones de monte de ningún tipo ni de vegetación especialmente tupida. Los residuos se clasificarán en madera aprovechable, tal como especies leñosas valorizables energéticamente, y residuos vegetales no utilizables. Para la fracción aprovechable se evaluarán alternativas de valorización, como su donación para uso como combustible; para los residuos vegetales no utilizables, el SDF será definido en coordinación con la IDT, teniendo como alternativas el SDF de Podas y Voluminosos de la localidad de Cuchilla de Peralta o el SDF de la ciudad de Tacuarembó. Con estas medidas, el impacto resulta de significancia baja y admisible sobre el medio receptor.

Residuos peligrosos, especiales y sanitarios

Id. 20, 21 y 22 – Calidad del agua y paisaje

Para la valoración de los impactos **Id. 20, 21 y 22** se consideró una magnitud media-alta (4); una importancia media (2) del factor impactado; una duración temporal con plazo determinable (2); una probabilidad de ocurrencia probable (2); y un grado de conocimiento alto, dado que existen

medidas de gestión ampliamente utilizadas para su manejo (1), resultando una significancia baja.

Id	Aspecto	Factor	Impacto	V	S
20	Generación de residuos peligrosos, especiales y sanitarios	Calidad del agua superficial	Deterioro de la calidad del agua superficial por gestión inadecuada de residuos peligrosos, especiales y sanitarios	11	Baja
21		Calidad del suelo	Deterioro de la calidad del suelo por gestión inadecuada de residuos peligrosos, especiales y sanitarios	11	Baja
22		Paisaje	Degradación del paisaje por gestión inadecuada de residuos peligrosos, especiales y sanitarios	11	Baja

Los residuos sanitarios corresponden a los desechos generados en los puntos de atención a la salud del personal de la obra, principalmente enfermerías, con un pico máximo estimado de 50 L/mes. Su gestión se realizará conforme al Decreto 586/09, pudiendo establecerse un convenio con un Centro de Salud local para integrarlos semanalmente a su sistema de gestión, sin que el volumen proyectado suponga un impacto significativo en su capacidad operativa.

Los residuos peligrosos se generarán por tareas de mantenimiento rutinario y puntual de la maquinaria, o en situaciones contingentes con derrames, estimándose del orden de 690 L/mes de sustancias peligrosas (combustibles, aceites, pinturas, solventes y aditivos), 1.030 L/mes de residuos de taller y 210 L/mes de envases y elementos en contacto con sustancias peligrosas para el conjunto de las obras. El volumen generado por razones contingentes está estrechamente relacionado con la calidad de la gestión ambiental en obra, por lo que las buenas prácticas orientadas a prevenir derrames resultan clave para reducir su generación.

Entre los residuos especiales generales se prevén neumáticos fuera de uso (10 un/mes) y baterías (3 un/mes). Para el parque solar se prevé la generación de entre 270 y 1.500 módulos fotovoltaicos dañados o rotos a lo largo de la obra (entre el 0,1 y el 0,5 % de los módulos totales), correspondientes a la categoría de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE), los cuales serán gestionados a través de gestores habilitados para esta tipología.

El almacenamiento transitorio de residuos peligrosos y especiales se realizará en sitios acondicionados con piso impermeable, techado para minimizar el ingreso de pluviales y cordoneta perimetral para la contención de derrames, con disposición final a través de gestores autorizados según cada tipología. Estos lineamientos se detallarán en el PGA-C y serán comunicados a los distintos contratistas; en este sentido, la experiencia a nivel país indica que las empresas que han trabajado como subcontratistas en obras de gran porte ya han consolidado una cultura de gestión ambiental rigurosa. Las medidas indicadas aseguran un manejo adecuado de estos residuos, por lo que los impactos se consideran de significancia baja y admisibles sobre el medio receptor.

Movimiento de suelos, excavación y voladuras

Se identifican como posibles impactos la modificación de los patrones locales de escurrimiento superficial por las actividades de movimiento de suelos necesarias para la implantación de la infraestructura; la afectación de la calidad de los cursos de agua cercanos por la descarga de pluviales con material granular en suspensión; la afectación a la población cercana y viviendas por proyecciones de roca y vibraciones derivadas de eventuales voladuras; y la afectación al patrimonio histórico y arqueológico.

Para la valoración del impacto **Id. 23** se consideró una magnitud media-alta (4); una importancia media (2) del factor impactado; una duración permanente a partir del momento de su

manifestación (4); una probabilidad de ocurrencia certera (4); y un grado de conocimiento alto (1), resultando una significancia media. Para el **Id. 24** se consideró una magnitud media (2); una importancia media-alta (4); una duración intermitente, ya que sólo se dará en momentos de lluvia (1); una probabilidad de ocurrencia probable (2); y un grado de conocimiento medio (2), resultando una significancia baja. Para el **Id. 25** se consideró una magnitud media (2); una importancia media-alta (4); una probabilidad de ocurrencia poco probable dadas las distancias entre el sitio de voladuras y los receptores cercanos (1); una duración intermitente (1); y un grado de conocimiento alto (1), resultando una significancia baja. Finalmente, para el **Id. 26** se consideró una magnitud alta (8); una importancia muy relevante o sensible (8) del factor impactado; una probabilidad de ocurrencia probable (2); una duración permanente (4); y un grado de conocimiento alto (1), resultando una significancia alta, por lo que el impacto fue evaluado mediante un estudio especialista específico.

Id	Aspecto	Factor	Impacto	V	S
23	Movimiento de suelos, excavación y voladuras	Patrones de escurrimiento superficial	Modificación de los patrones de escurrimiento superficial por movimiento de suelos	15	Media
24		Calidad de aguas superficial	Deterioro de la calidad de agua superficial por arrastre de material granular generado por movimiento de suelos	11	Baja
25		Población cercana	Afectación a la población cercana y viviendas por proyecciones de roca y vibraciones por voladuras	9	Baja
26		Patrimonio histórico y arqueológico	Afectación al patrimonio histórico y arqueológico por movimiento de suelos	23	Alta

Id. 23 y 24 – Patrones de escurrimiento y calidad del agua

Se realizó la definición de cuencas y la cuantificación de caudales de escurrimiento para el diseño preliminar de conducciones y unidades de contención y sedimentación. Las canalizaciones y unidades se diseñan para eventos de 2 años de período de retorno y se verifican para 5 años, considerando que al comienzo de la obra el coeficiente de escorrentía es menor, por no encontrarse impermeabilizado el terreno, pero la carga de sólidos es mayor por la misma causa, con unidades de sedimentación dimensionadas para retener partículas de 30 µm. Se prevén dos lagunas de contención, una de aproximadamente 4.314 m³ en el sitio industrial (66 m × 33 m × 2 m) y otra de 5.195 m³ para la Subestación de UTE (72 m × 36 m × 2 m), coincidiendo la ubicación de la primera con la de la laguna de pluviales potencialmente contaminados prevista para la fase de operación. En el parque solar, la caminería interna contará con cunetas dimensionadas para un tiempo de concentración de 15 minutos e intensidad de 79 mm/h y pequeñas unidades de sedimentación, que podrán mantenerse durante la etapa inicial de operación mientras la platea se encuentre en proceso de revegetación, con mantenimiento periódico para el retiro del material colmatado. Con estas medidas, los impactos resultan admisibles sobre el medio receptor.

Id. 25 – Población cercana

Dadas las características geológicas del sitio de la planta industrial, suelos superficiales de menos de 1 m de potencia sobre basaltos lajosos y eventualmente masivos de la formación Arapey, se requerirá la desagregación de la roca para conformar la platea, priorizándose la extracción mecánica y limitándose la ejecución de voladuras a los sitios donde ello no sea factible, sobre un área de desmonte de aproximadamente 4,6 ha.

A efectos de dimensionar el escenario de voladuras se consideró un frente de desmonte de 5 m de altura, con un banco de malla cuadrada de 2 a 3 m entre barrenos (perforaciones de 7,5 cm de diámetro y 6 m de longitud), cargados con explosivo tipo Pesmul 80 hasta una carga máxima instantánea de 18 kg por barreno. Para este escenario, aplicando la ecuación adaptada de Richards & Moore (2004) con un valor conservador de la constante de sitio, la distancia máxima de proyección de fragmentos de roca resulta de aproximadamente 55 m. En cuanto a las vibraciones, aplicando el criterio de Velocidad Pico de Partícula (VPP) de la norma DIN 4150 para la condición de frecuencia crítica (menos de 10 Hz), las distancias de seguridad resultantes son de 226 m para estructuras delicadas, compatibles con los sitios históricos y arqueológicos relevados, 164 m para viviendas y edificaciones, y 69 m para instalaciones comerciales e industriales. Dado que el camino vecinal más cercano se ubica a 500 m del borde del padrón industrial y el receptor más próximo a 800 m, y que la zona de la planta industrial se encuentra a entre 300 y 800 m del borde del predio, se verifica que la totalidad de los receptores y estructuras identificados en el entorno quedan fuera de los radios de afectación estimados.

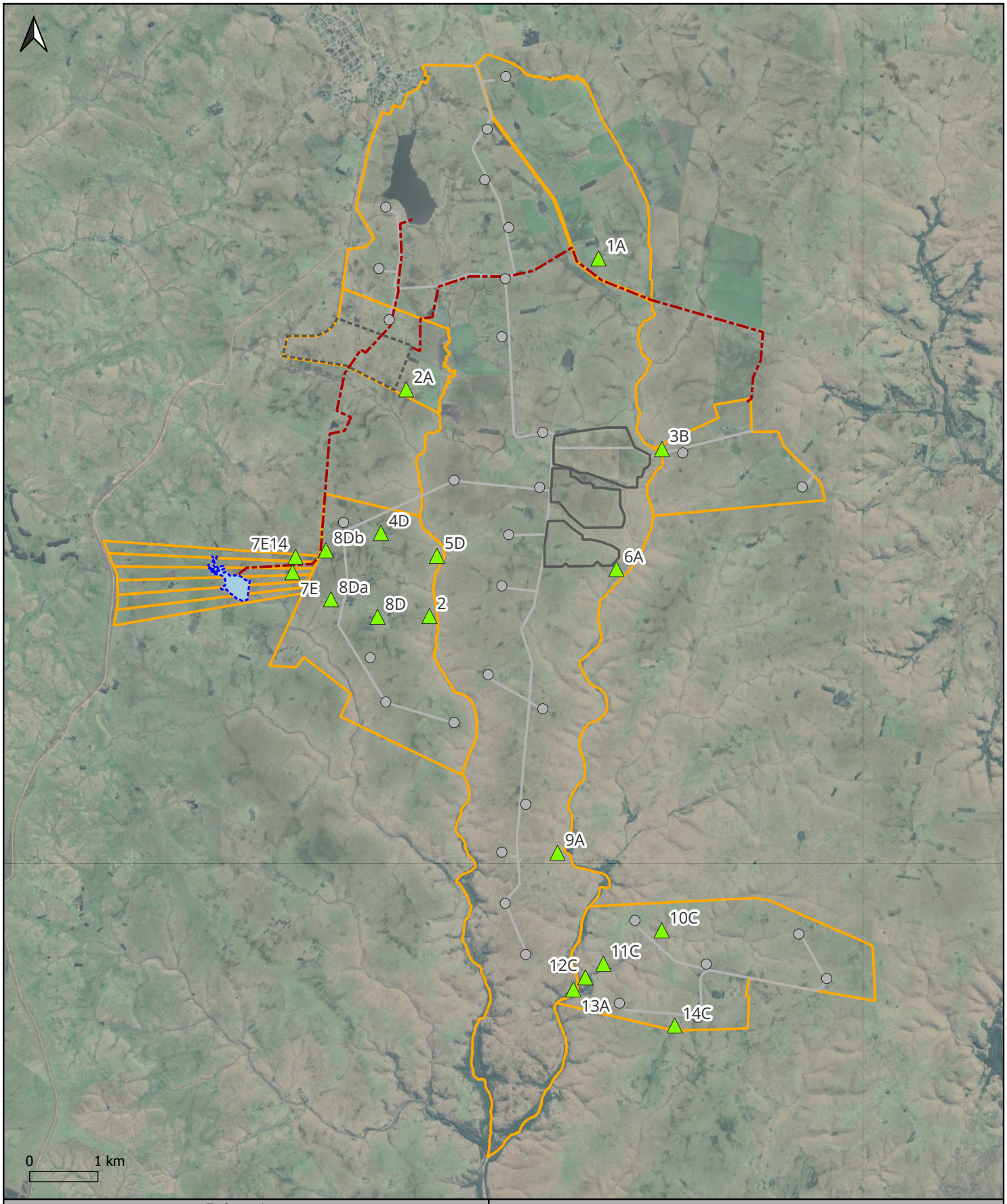
Previo a su ejecución se presentará ante la DINACEA un Plan de Voladuras de detalle, que incluirá el diseño de la malla de barrenos, el tipo y profundidad de las perforaciones, la carga máxima instantánea por retardo, el material explosivo a utilizar y la frecuencia de las voladuras. El transporte de los explosivos y la ejecución de las voladuras estarán a cargo de un barrenista autorizado, siguiendo en todo momento los procedimientos establecidos por el Servicio de Material y Armamento (SMA) del Ejército Nacional; no se realizará la carga de barrenos si no es posible su voladura el mismo día, y estará expresamente prohibida la carga mientras se realizan otras perforaciones en la zona. Las detonaciones serán anunciadas mediante sirena, con un primer aviso 15 minutos antes de su ejecución y otro en los instantes previos, comunicándose el titular con las autoridades locales para explicar el funcionamiento de la sirena y definir los mecanismos de comunicación con la población. Por lo expuesto, el impacto se considera de significancia baja y admisible sobre el medio receptor.

Id. 26 - Patrimonio histórico y arqueológico

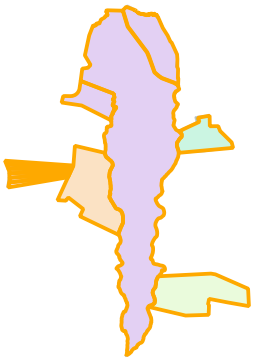
La presente evaluación se basa en el Estudio de Impacto Arqueológico elaborado por el especialista Lic. Arturo Toscano (ANEXO VI del EsIA), que incluye las actuaciones realizadas en el período 2021-2024. En la **Lámina 8-1** se presenta una vista general de los bienes culturales identificados y su ubicación relativa a las distintas zonas del proyecto. El diseño del proyecto se ha ido ajustando conforme a los resultados de los relevamientos, de forma de no afectar los bienes culturales identificados, definiéndose además zonas de exclusión respecto de las unidades arqueológicas relevadas, de manera de evitar eventuales afectaciones durante los ajustes del proyecto ejecutivo o durante la fase de construcción.

Además de las zonas de exclusión, se prevé establecer un Control Arqueológico de Obra durante las actividades que impliquen desbroce, remoción de suelo u ocultación por relleno, tales como la construcción de fundaciones, plateas, caminería y sistemas de drenaje, para lo cual se elaborará un Plan Arqueológico de Obra y se contará con un equipo de arqueología en obra para su seguimiento. En caso de producirse un hallazgo, se detendrá toda actividad en el frente de obra vinculado y se dará aviso a la Comisión del Patrimonio Cultural de la Nación (CPCN); si existiera un potencial impacto sobre la entidad encontrada, previo al reinicio de actividades se elaborará un Plan de Actuación Arqueológico que defina el procedimiento a seguir. En tanto se respeten las zonas de exclusión definidas y se implemente el adecuado Control Arqueológico de Obra, el impacto residual será de significancia baja y admisible sobre el medio receptor.

Página intencionalmente en blanco
para impresión en doble faz.



Referencias



- Hallazgos y bienes patrimoniales
- Aerogeneradores
- Padrones
- Parque Solar Fotovoltaico Proyectado
- Presa proyectada
- Planta industrial
- Camineria interna
- Línea de impulsión

eia estudio ingeniería ambiental

EVIAR Evaluación de Impacto Arqueológico — A.Toscano

ENERTRAG One energy ahead

HALLAZGOS Y BIENES PATRIMONIALES	ESCALA 1:75.000
TITULAR BELASAY S.A.	LÁMINA **8-1**
PROYECTO PLANTA DE PRODUCCIÓN DE E-METANOL A PARTIR DE HIDRÓGENO VERDE	
UBICACIÓN DEPARTAMENTO DE TACUAREMBÓ	

Página intencionalmente en blanco
para impresión en doble faz.

Emisiones sonoras

Las emisiones sonoras de la fase de construcción se encuentran asociadas principalmente al funcionamiento y circulación de maquinaria en el predio y de camiones en la caminería vecinal aledaña, con niveles de presión sonora de fuente que varían, según el equipo, entre 85 y 116 dBA.

Para la valoración del impacto **Id. 27** se consideró una magnitud media (2); una importancia media-baja (2) del factor impactado; una probabilidad de ocurrencia probable (2); una duración temporal (2); y un grado de conocimiento alto (1). Para el **Id. 28** se consideró una importancia del factor media-alta (4) y para el **Id. 31** una magnitud media-alta (4) del posible efecto, manteniéndose los restantes criterios. Para el **Id. 29** se consideró una magnitud media (2); una importancia media-baja (2); una probabilidad de ocurrencia probable (2); una duración temporal (2); y un grado de conocimiento medio (2). De estas valoraciones resulta en todos los casos una significancia baja.

Id	Aspecto	Factor	Impacto	V	S
27	Emisiones sonoras	Nivel de presión sonora	Aumento del nivel de presión sonora por generación de emisiones sonoras	9	Baja
28		Población cercana	Molestias en la población cercana por aumento de la inmisión sonora debido a las emisiones sonoras generadas durante la obra	11	Baja
29		Fauna	Afectación a la fauna por generación de emisiones sonoras en obra	10	Baja
31	Tránsito terrestre inducido	Nivel de presión sonora	Aumento del nivel de presión sonora por el tránsito terrestre inducido	11	Baja

Id. 27, 28 y 31 – Nivel de Presión Sonora y población cercana

La mayor parte de la maquinaria se concentrará en la zona del sitio industrial, la cual se encuentra alejada de receptores y caminería vecinal, al menos 1 km de la caminería vecinal y 1,2 km del receptor más cercano, en tanto los frentes de obra asociados a los AG se encuentran a una distancia mínima de receptores del orden de los 500 m. Según la caracterización del medio receptor, la línea de base de ruido de la zona registra valores de entre 38,6 y 62,3 dBA en horario diurno y de entre 42 y 51,6 dBA en horario nocturno, variando según las características de cada zona. Dadas las distancias entre los frentes de obra y los receptores más cercanos, se entiende que el ruido de obra no constituirá un problema, pudiendo serlo en mayor medida el generado por el tránsito inducido, que alcanza un pico de 120 viajes diarios de camión y 27 de ómnibus. No obstante, dada la temporalidad del efecto, se consideran impactos de significancia baja y admisibles sobre el medio receptor. Como medida de gestión y monitoreo se plantea la implementación de un sistema de recepción de quejas: ante cada queja recibida se analizará la pertinencia de realizar un monitoreo en el receptor afectado, comparando el resultado obtenido tanto con el valor de línea de base más cercano como con los valores guía para prevenir la contaminación acústica, y en caso de constatarse una afectación se adoptarán las medidas oportunas para mitigar su efecto.

Id. 29 - Fauna

La implantación de la infraestructura generará un desplazamiento permanente de la fauna en la zona de obra, ya evaluado en los impactos **Id. 7 y 8**; adicionalmente, el desarrollo de las actividades de obra y las emisiones sonoras asociadas podrán generar un desplazamiento temporal en un área aún mayor. Dado que no se identifican en la zona especies amenazadas

especialmente sensibles a este aspecto, como pueden ser ciertas especies de anfibios, y considerando el carácter temporal y reversible del impacto, éste resulta de significancia baja, sin requerir medidas adicionales a las buenas prácticas convencionales de mantenimiento de vehículos y maquinaria.

Emisiones al aire

Las actividades de la fase de construcción generan emisiones al aire derivadas principalmente de los gases de combustión de vehículos y maquinaria, así como de la re-suspensión de material particulado por rodadura en superficies de material granular, a lo que se suman los acopios de áridos y las emisiones de la planta de hormigón.

Para la valoración del impacto **Id. 30** se consideró una magnitud media (2); una importancia media-baja (2) del factor impactado; una probabilidad de ocurrencia poco probable (1); una duración temporal (2); y un grado de conocimiento medio (2), resultando una significancia baja. Para el **Id. 34** se consideró una magnitud media (2); una importancia media-baja (2); una probabilidad de ocurrencia probable (2); una duración temporal (2); y un grado de conocimiento alto (1); y para el **Id. 35** una importancia media-alta (4) del factor impactado, manteniéndose los restantes criterios, resultando en ambos casos una significancia baja.

Id	Aspecto	Factor	Impacto	V	S
30	Tránsito terrestre inducido	Calidad del aire	Deterioro de la calidad del aire por emisiones atmosféricas generadas por motores de combustión	9	Baja
34	Re-suspensión de material particulado	Calidad del aire	Deterioro de la calidad del aire por re-suspensión de material particulado	9	Baja
35		Población cercana	Molestias en la población por re-suspensión de material particulado	11	Baja

Id. 30 – Calidad del aire (gases de combustión)

El tránsito inducido alcanza un máximo de 120 viajes diarios de camión y 27 de ómnibus en el período de mayor actividad, valor muy superior al nivel actual pero de carácter temporal, acotado a la duración de las obras y sensiblemente inferior durante la operación. Considerando que el titular velará por el mantenimiento preventivo de camiones y ómnibus que operen en la obra y sus cercanías, que la obra funcionará en horario diurno, en el cual las condiciones de dispersión atmosférica son óptimas, y que el terreno de obra y su entorno son sitios despejados, se espera que el impacto sobre la calidad del aire sea localizado, temporal y de significancia baja, no requiriendo medidas adicionales al mantenimiento preventivo de la maquinaria.

Id. 34 y 35 – Calidad del aire y población cercana (material particulado)

Para el suministro de insumos de obra y el acceso del personal se utilizará principalmente el bypass provisorio definido para la fase de construcción (coincide con la caminería local actual, salvo en adecuaciones necesarias por radios de giro), de material granular, por lo que el incremento del flujo de tránsito podrá generar una afectación local y molestias a los receptores cercanos que habitan próximos a la faja del camino. En atención a ello las medidas previstas, incorporan tratamientos superficiales, riego asfáltico o soluciones equivalentes, sobre los tramos de caminería con mayor densidad de receptores cercanos, medidas que presentan la ventaja de ser menos dependientes de su aplicación rutinaria en comparación con el riego periódico; en las zonas de baja densidad poblacional se mantiene el riego periódico con camiones regadores sobre los tramos concretos que puedan generar molestias. Adicionalmente, se priorizará la ejecución temprana de la caminería interna del parque eólico, de forma que la mayor parte del tránsito pesado vinculado a la construcción acceda al sitio por el ingreso Norte,

próximo al límite Oeste de la localidad de Tambores, minimizando así la circulación por otros tramos de la red vial local.

La caminería interna será construida con una base estabilizada compactada, utilizando materiales de alta resistencia como grava triturada y capas de sub-base y base granular, implementándose además la restricción de velocidad de circulación y el riego periódico. Para el suministro de áridos en camiones cazamba se utilizarán lonas de cobertura, y los acopios de áridos podrán ser cubiertos con lonas o regados en caso de constatarse voladuras excesivas de material. La planta de hormigón se ubicará dentro del sitio industrial, a una distancia considerable del camino vecinal (500 m) y del receptor más próximo (800 m), por lo que sus emisiones resultan localizadas y limitadas en alcance al área específica de la obra. En caso de requerirse la instalación de una planta de asfalto, contará con la correspondiente Autorización de Emisiones al Aire. Con la implementación de estas medidas, los impactos resultan de significancia baja y admisibles sobre el medio receptor.

Tránsito terrestre e infraestructura vial

Tanto por el personal de obra involucrado como por el transporte de materias primas tradicionales y de componentes especiales, se espera un aumento del tránsito terrestre usual, con la consecuente potencial degradación de la infraestructura vial, principalmente asociada al transporte de cargas pesadas y especiales y afectación de la seguridad vial.

Para la valoración del impacto **Id. 32** se consideró una magnitud media (2); una importancia media-baja (2) del factor impactado; una duración temporal con plazo determinable (2); una probabilidad de ocurrencia probable (2); y un grado de conocimiento medio, debido a que existen medidas de gestión comúnmente utilizadas, pero no siempre resultan adecuadas (2), resultando una significancia baja. Para el **Id. 33** se consideró una magnitud alta (4); una importancia media-alta (4) del factor impactado; una duración temporal con plazo determinable (2); una probabilidad de ocurrencia certera (4); y un grado de conocimiento medio (2), resultando una significancia media.

Id	Aspecto	Factor	Impacto	V	S
32	Tránsito terrestre inducido	Infraestructura vial	Degradación de la infraestructura vial existente por tránsito terrestre pesado inducido	10	Baja
33		Tránsito terrestre	Incremento del tránsito terrestre usual y afectación de la seguridad vial por el tránsito terrestre inducido	16	Media

Id. 32 y 33 – Infraestructura vial y tránsito

La evaluación se basa en el Estudio de Impacto en el Tránsito elaborado por el especialista Ing. Diego Gagliardi, el cual se presenta en el ANEXO VII del EsIA. Durante el pico mensual de personal de obra se tendrán 27 viajes diarios de ómnibus contratados para el traslado del personal desde Tacuarembó hasta el ingreso de obra, transitando por la Ruta 26 y el camino de acceso a Tambores; por razones logísticas se generarán diferentes horarios de entrada para distribuir este pico, resultando en un máximo de 14 viajes por hora. El tránsito de materiales alcanza un máximo de 120 viajes diarios, con un pico horario de 30 viajes/hora, organizándose el ingreso de forma de no solapar el tránsito de personal con el de materiales.

Aplicando la metodología del *Highway Capacity Manual* (2010) para caminos de dos carriles, se calculó el nivel de servicio de cada tramo de ruta involucrado, obteniéndose que, aun en los momentos pico, el nivel de servicio no se verá modificado por el tránsito generado por el proyecto: la Ruta 26 entre Ruta 3 y Ruta 5 mantiene un nivel de servicio A con un aumento de tránsito del 16 %, y los tramos de la Ruta 5 mantienen un nivel de servicio C con aumentos del

6 % y 4 % respectivamente. Se destaca que los picos de transporte no son sostenidos en el tiempo, sino que se darán solamente durante dos meses. Para el camino de acceso a Tambores no es posible calcular el nivel de servicio por no contarse con conteos de tránsito suficientes, aunque no se prevén problemas de capacidad ni de desempeño. De este modo, el tránsito generado no tiene incidencia significativa sobre el existente.

No obstante, respecto del tránsito inducido que atraviesa la localidad de Tambores, el técnico especialista sugiere la implementación de una vía alternativa perimetral que permita el paso entre el camino de acceso a Tambores y el sitio industrial sin afectar a la población existente.

En atención a ello, y en el marco del compromiso de trabajo conjunto suscrito con la IDT, se mantuvieron reuniones con la Dirección General de Ordenamiento Territorial de dicha Intendencia, que presentó una propuesta de trazado del bypass dejando áreas libres para el crecimiento futuro de la localidad, en el marco de la planificación de un Plan Local de Ordenamiento Territorial (**Lámina 6-4**). Complementariamente, se prevé el diseño de un plan de movilidad segura y sostenibilidad vial en coordinación con los gobiernos departamental y municipal, que contemple mejoras en caminos, señalización y educación vial.

Adicionalmente, el proyecto prevé un bypass provisorio para la fase de construcción, en caso de que el desarrollo del bypass definido por la IDT no se encuentre con un grado de definición suficiente para su implantación previa al inicio de la fase de construcción. Las características del mismo se detallan en la Sección

Con la implementación de estas medidas, los impactos resultan admisibles sobre el medio receptor.

Uso de recursos

Durante la fase de construcción se prevé un pico importante de personal de obra, con el consiguiente consumo de agua para servicios al personal, así como el agua necesaria como insumo de construcción y una demanda considerable de áridos para las obras de caminería, la conformación de bases y la elaboración de hormigón.

Para la valoración de los impactos **Id. 36 y 37** se consideró una magnitud media (2); una importancia media-alta (4) del factor impactado; una duración temporal con plazo determinable (2); una probabilidad de ocurrencia probable (2); y un grado de conocimiento medio (2), resultando una significancia baja. Para el **Id. 38** se consideró una magnitud media (2); una importancia media (2) del factor impactado; una duración temporal con plazo determinable (2); una probabilidad de ocurrencia certera (4); y un grado de conocimiento alto, ya que es un impacto gestionable con una adecuada planificación de obra (1), resultando una significancia baja.

Id	Aspecto	Factor	Impacto	V	S
36	Uso de recursos	Cantidad de agua superficial	Afectación del nivel de servicio del agua superficial por consumo en obra	12	Baja
37		Cantidad de agua subterránea	Afectación del nivel de servicio del agua subterránea por consumo en obra	12	Baja
38		Recursos naturales	Aumento de la demanda de recursos naturales para la obra	11	Baja

Id. 36 y 37 – Cantidad de agua

Considerando el pico máximo de 1.500 personas, se estima una necesidad de agua para consumo humano del orden de 75 m^3/d, a lo que se suma un pico de aproximadamente 55 m^3/d de agua como insumo para la producción de hormigón destinado a la planta industrial y a las

bases y relleno de las torres de los AG. Sumados otros consumos, como el riego de las áreas de rodadura, se espera un consumo máximo de agua en obra de 200 m³/d.

Se prevé que la fuente de agua principal para la obra sea agua subterránea tomada de los basaltos presentes en el sitio industrial, aunque no se descarta que parte del caudal pueda ser suministrado a través de fuentes superficiales, tales como la presa existente en predios linderos, la nueva presa una vez operativa o, en ciertos períodos, las lagunas de pluviales.

De acuerdo con el estudio de disponibilidad hídrica, a partir del relevamiento de perforaciones en un radio de 10 km del sitio, el acuífero presente en la zona del sitio industrial, de basalto con sectores fisurados, presenta una productividad con alta dispersión: 31 % de los pozos fueron secos o con productividad inferior a 0,5 m^3/h, de los pozos productivos la media resulta en 3,6 m^3/h. Por otro lado, tres pozos presentan una productividad alta (> a 12,5 m^3/h). Considerando una productividad media conservadora (0,8 a 1 m^3/h), consistente con lo establecido en la carta hidrogeológica de Uruguay, y un régimen de operación de 16 h de abastecimiento, se prevé la realización de entre 10 y 15 perforaciones, de las cuales posiblemente varias resulten secas.

En el marco de la evaluación ambiental fue analizado en detalle el potencial efecto que el suministro de agua requerido para la obra podría tener sobre otros pozos que se encuentran en operación en predios vecinos. El análisis fue realizado considerando una modelación numérica, integrando información primaria de distinto tipo (geología, geofísica, hidroquímica, isotopía e hidráulica) e información secundaria de distintas fuentes, realizando además un análisis de sensibilidad. Estas herramientas utilizadas de forma generalizada en hidrogeología (modelación de flujo y soluciones analíticas), permiten evaluar supuestos y definir acciones, obteniendo estimaciones fundadas a la realidad dentro del marco teórico y analítico disponible, explicitando en los documentos entregados las limitaciones e incertidumbres del método seguido.

Las estimaciones realizadas en estado estacionario, que se considera un escenario conservador, mostraron que los descensos de nivel mayores a 0,5 m quedan limitados a unos 500 m entorno a la ubicación definida de los pozos, dentro del padrón industrial. Por otra parte, el efecto sobre pozos de terceros resultan de baja magnitud e inferiores a las variaciones de nivel naturales registradas en las campañas de monitoreo de línea de base en curso desde abril de 2025. A modo de ejemplo, en los pozos de Bordagorry y San Bentos, los más cercanos a la zona de estudio, se proyectan variaciones de nivel de 0,1 y 0,15 m por efecto de la extracción de agua del proyecto, lo que resulta poco significativo si se compara con la variación natural de nivel registrada para los mismos pozos en 1,6 y 4,4 m, respectivamente.

Por otra parte, la extracción durante la obra será de carácter temporal, y los máximos no se alcanzarán inmediatamente, sino tras un período de meses a años (a mayor distancia más tiempo) y una vez finalizada, los niveles se recuperan con la recarga, que según el análisis de sustancias específicas como tritio es un flujo actual, con edad media del agua del orden de 15 años. Se destaca que en la localidad de Tambores se cuenta con una extracción próxima al doble de la proyectada y no se conoce problema de disponibilidad en perforaciones cercanas.

Por tanto, el acuífero puede cubrir la demanda requerida para la obra mediante un campo de pozos distribuido. La ubicación y el caudal de cada pozo se definirán con perforaciones, ensayos y monitoreo antes de iniciar la extracción, con un marco de acción que protege a los usuarios registrados. La construcción y operación de los pozos se realizará conforme al Decreto 86/004, y su operación contará con la autorización correspondiente de la DINAGUA, que la otorgará en la medida que se verifique la ausencia de afectación al recurso. En función de lo anterior, el impacto resulta de significancia baja y admisible sobre el medio receptor.

Id. 38 - Recursos naturales (áridos)

Se estima un requerimiento de arena y grava del orden de 100.530 m³ para el armado del hormigón de las fundaciones y platea de la planta industrial, así como para la cimentación y armado de las torres de los AG, sin encontrarse aún cuantificado el requerimiento para otros usos como la caminería interna de la planta y de los parques de renovables. Adicionalmente, se estima un movimiento de suelos por nivelación y rellenos del orden de 455.000 m³; en principio, la obra principal de movimiento de suelo en el sitio industrial se prevé realizar en desmonte y terraplenado, siempre que las condiciones estructurales del material lo permitan, recurriendo a material de préstamo en caso de que el balance de suelo resulte negativo. Teniendo en cuenta la escasez relativa de canteras comerciales en las cercanías, esta demanda podría representar una presión sobre la disponibilidad comercial de áridos, efecto que debe preverse en la planificación de la obra.

Dado el porte del proyecto, es probable que se vea estimulada la explotación de yacimientos en las cercanías por parte de privados, por lo que se establece como medida de gestión asegurar que todo el material comprado a terceros provenga de canteras autorizadas por la DINAMIGE y con los permisos ambientales correspondientes otorgados por el Ministerio de Ambiente. Alternativamente, y en función de las cantidades estimadas, es posible que se gestionen los permisos para una explotación propia, priorizando la selección de sitios que hayan sido objeto de explotaciones previas. En cualquiera de los casos se atenderá la normativa ambiental vigente y se incluirán en el PGA-C las medidas específicas para asegurar su cumplimiento, por lo que el impacto resulta admisible sobre el medio receptor sin necesidad de incorporar medidas adicionales.

8.2.3 Fase de operación

Presencia física del emprendimiento

La presencia física del emprendimiento durante su operación genera una percepción social asociada a los temas identificados como sensibles por la comunidad, una limitación potencial de la actividad aérea local por la presencia de los AG y una modificación a largo plazo del paisaje rural actual.

Para la valoración del impacto **Id. 45** se consideró una magnitud alta (4); una importancia media-alta (4) del factor impactado; una probabilidad de ocurrencia probable (2); una duración permanente (4); y un grado de conocimiento medio (2), resultando una significancia media. Para el **Id. 46** se consideró una magnitud media (2); una importancia media (2) del factor impactado; una probabilidad de ocurrencia poco probable (1); una duración permanente (4); y un grado de conocimiento alto, dado que existe normativa y procedimientos específicos de señalización aeronáutica (1), resultando una significancia baja. Para el **Id. 47** se consideró una magnitud alta (8); una importancia media-alta (4) del factor impactado; una probabilidad de ocurrencia certera (4); una duración permanente (4); y un grado de conocimiento medio (2), resultando una significancia alta, por lo que el impacto fue objeto de un estudio específico de paisaje mediante análisis de cuencas visuales y fotomontajes.

Id	Aspecto	Factor	Impacto	V	S
45	Presencia física del emprendimiento	Percepción social	Percepción social negativa por la operación del emprendimiento	16	Media
46		Actividad aérea local	Limitación en la actividad aérea local por presencia de los aerogeneradores	10	Baja
47		Paisaje	Modificación del paisaje por presencia del proyecto	22	Alta

Id. 45 – Percepción social

Los temas sensibles identificados durante el Estudio de Percepción Social (EPS) asociados a la fase de operación se vinculan principalmente con la permanencia del tránsito pesado por la localidad de Tambores, la seguridad asociada al manejo de sustancias químicas en la planta industrial, la modificación permanente del paisaje y las expectativas respecto del acceso a los empleos generados. Como acciones estratégicas de acompañamiento se prevé la continuidad de los mecanismos de comunicación y participación desarrollados durante el licenciamiento y la construcción, incluyendo la instalación de una oficina de proyecto en Tambores como herramienta central del dispositivo de relacionamiento territorial, complementada con canales alternativos (buzonera física en la sede del Municipio de Tambores, atención telefónica y digital mediante canal de WhatsApp y correo electrónico, e instancias informativas periódicas). La titular ha desarrollado ya una línea de trabajo en este sentido, con ocho jornadas de atención en el Municipio de Tambores durante 2025 y tres instancias de intercambio directo con vecinos. Todos estos componentes integrarán el PRC, actualmente en etapa de diseño.

Las medidas de mitigación para los impactos identificados de mayor preocupación se presentan en la evaluación de cada uno de ellos.

Id. 46 – Actividad aérea local

La presencia de estructuras de gran altura como los AG (120 m de torre y 163 m de diámetro de rotor) puede constituir una limitación para la actividad aérea local, particularmente para la aplicación aérea de productos agrícolas en los predios del entorno. El proyecto dará cumplimiento a la normativa aeronáutica nacional en materia de señalización e iluminación de obstáculos, tramitando ante la Dirección Nacional de Aviación Civil e Infraestructura Aeronáutica (DINACIA) las autorizaciones correspondientes y la incorporación de las estructuras a las cartas aeronáuticas. Con el cumplimiento de dichos requisitos, el impacto resulta de significancia baja y admisible sobre el medio receptor.

Id. 47 – Paisaje

La modificación del paisaje constituye el impacto de mayor significancia asociado a la presencia física del emprendimiento, en tanto se trata de una alteración permanente y de gran escala del paisaje rural actual. La evaluación se realizó a partir del informe especialista en materia de paisaje, realizado por el estudio Lecuna&Asoc. referente en la materia, cuyo informe completo se presenta en el ANEXO VIII del EsIA, que fue complementado en la respuesta a las SIC presentada en julio 2026.

La metodología de evaluación analiza la situación con proyecto comparándola con la situación actual sin proyecto, empleando para ello herramientas cuantitativas y cualitativas: estudio de afectación del paisaje y patrimonio cultural, puntos de observación prioritarios y cuencas visuales con estudio fotográfico actual y modelado 3D de paisaje con proyecto, análisis de cromaticidad del paisaje y estudio de paisaje nocturno.

El análisis de cuencas visuales determina la superficie del territorio desde la cual las componentes del proyecto resultan visibles, el cual es complementado con la elaboración de fotomontajes desde los puntos de observación más relevantes del entorno, incluyendo la localidad de Tambores y los principales caminos de acceso.

Como línea de base se realizó el estudio de afectaciones del sustrato base del paisaje (tiempo cero), identificando los puntos de observación y seleccionando las cuencas visuales (CV) de estudio. Los puntos se seleccionaron en gabinete y se registraron luego en campo, en tres salidas, definiéndose una modalidad de registro fotográfico uniforme en dispositivo, horizonte y ángulo visual. Se seleccionaron 7 puntos de observación en la caminería que bordea el establecimiento San Bentos hacia uno y otro lado de Tambores (CV01 a CV07), 3 puntos sobre la Ruta 5 (CV08 a CV10) y dos miradores panorámicos en Valle Edén (CV11) y del Cerro Batoví (CV12). En la **Figura 8-1** se presenta la ubicación de los puntos.

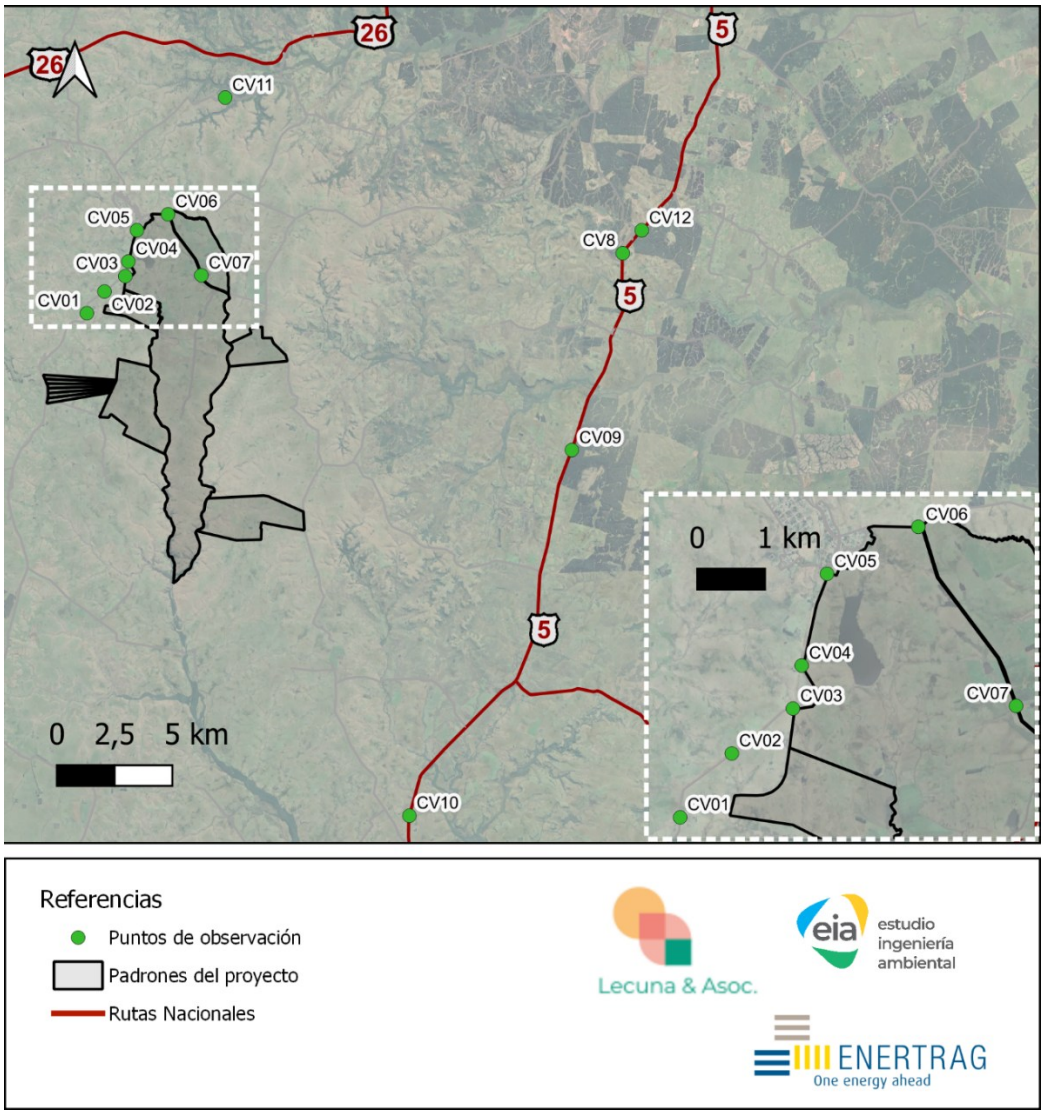


Figura 8-1: Ubicación de los puntos de observación de las cuencas visuales.

El análisis visual incorpora el modelado 3D del sustrato y del sustrato más el proyecto, insertando de manera precisa la volumetría propuesta en la topografía existente. Los elementos de mayor incidencia visual corresponden a los AG, por su altura y por el movimiento de las palas, seguidos de las estructuras de mayor porte de la planta industrial (columnas de destilación, tanques de almacenamiento y antorcha). El parque solar, por su baja altura, presenta una incidencia visual acotada a las inmediaciones. Cabe destacar que la planta industrial se encuentra mayoritariamente fuera del campo visual de las áreas pobladas, siendo observable principalmente desde el camino vecinal próximo al padrón industrial, de tránsito local y escaso.

El criterio de admisibilidad definido en el informe establece cinco rangos según el porcentaje de afectación: 0-5 % impacto insignificante, con cambios que probablemente no sean perceptibles para el ojo humano; 6-25 % impacto bajo, con cambio visual mínimo, admisible con medidas de mitigación sencillas; 26-50 % impacto medio, con cambio visual considerable, que requiere medidas robustas; 51-75 % impacto alto, que indica una alteración extensa y requiere un plan de mitigación exhaustivo; y 76-100 % impacto crítico, que representa una alteración masiva e inaceptable.

Del análisis cualitativo de fotomontajes, que determina el porcentaje de incidencia por conteo de área de la volumetría del proyecto respecto de la situación actual, se desprende que en todos los casos el impacto resulta insignificante. Las cuencas visuales más próximas a la planta

industrial (CV01 y CV03 a 1,3 km, CV02 a 1,0 km) arrojan valores de 0,10 %, 4 % y 0,8 % respectivamente; en el caso de la CV03 el valor incluye un 3,7 % correspondiente a las modificaciones de la vialidad de acceso, que establece una mejora en la accesibilidad y movilidad general del contexto. La CV02 es la única desde la que se percibe la planta industrial, con valores igualmente menores al 1 %. La CV05, que refleja la percepción del proyecto por parte de la población de Tambores, arroja 0,1 %: a 3,3 km de distancia la planta resulta imperceptible durante el día, mientras que el AG más cercano, a 1,4 km, es perceptible para la población residente. Las cuencas más lejanas, CV09 sobre la Ruta 5, a 12,16 km del AG más cercano, y CV11 en el Mirador de Valle Edén, donde la topografía del valle y la vegetación silvestre establecen barreras visuales arrojan 0 %.

El estudio de cambios cuantitativos en los campos visuales analiza cómo las modificaciones afectan la visibilidad desde los distintos puntos de observación, determinando la cuenca visual actual y futura de cada punto mediante conteo de píxeles; la intervisibilidad, conforme a la Guía SEIA 2013, se obtiene generando la cuenca visual global de los 33 AG y cruzándola con las principales rutas del entorno.

El análisis de cromaticidad, orientado a identificar las capas cromáticas del paisaje y reconocer si la intervención se fusiona dentro de las capas existentes o incorpora nuevas, concluye que la incidencia del proyecto representa un impacto insignificante, siendo en todos los casos menor al 1 % del área de la cuenca, con la excepción de la CV03 que computa el 4 % debido a la pavimentación de la vía pública, lo que otorga una nueva capa de cromaticidad beneficiando al entorno.

El estudio de paisaje nocturno se abordó desde el análisis visual mediante visualizaciones 3D en las cuencas más representativas (CV01 y CV02, por su cercanía al Sitio Industrial, y CV05, por su proximidad a Tambores) y desde el estudio de contaminación lumínica. En el primer caso la incidencia resulta insignificante en las tres cuencas: 0 % en CV01, 1,2 % en CV02 y 0,6 % en CV05. En cuanto a la contaminación lumínica, el ámbito de estudio se clasifica dentro de la categoría “Cielo Oscuro Promedio” de la escala de Bortle, con un valor registrado de 21,93 mag/arcsec². El análisis mediante el software DIALux evo, bajo la hipótesis conservadora de que todas las luminarias se encuentran encendidas simultáneamente, concluye que la planta industrial genera una contaminación lumínica concentrada en el padrón 10.317 y su entorno próximo, sin cambios significativos en los centros poblados por la distancia a la que se encuentra, y que los AG generan focos de contaminación insignificantes. En ambos casos se mantiene la calidad del cielo según la escala de Bortle, sin afectar la visibilidad de los fenómenos astronómicos, resultando un impacto insignificante. Cabe señalar que este análisis estudia un modelo preliminar de proyecto lumínico y no considera la contaminación lumínica generada por la planta solar.

Por otro lado, en la respuesta a la SIC 02 y 03 se desarrolló la inclusión de la antorcha en el análisis del paisaje nocturno, concluyendo que su incidencia visual es baja y no representa un elemento perceptible capaz de introducir modificaciones relevantes en la configuración visual y en la experiencia perceptiva del entorno.

Se trata de un impacto de naturaleza inherente al desarrollo de este tipo de infraestructura. Como medidas de gestión se prevé el mantenimiento de las áreas verdes y de la cobertura vegetal en el entorno de las instalaciones, el uso de pintura antirreflejo en las palas de los AG, el diseño de la iluminación exterior con criterios de minimización de la dispersión lumínica hacia el cielo y áreas de conservación, y la restauración de las zonas afectadas por obradores temporarios. Adicionalmente, la percepción social asociada a esta modificación se aborda mediante los mecanismos de comunicación y participación descriptos para el impacto **Id. 45**.

Demanda de mano de obra y servicios

Para la valoración del impacto **Id. 48** se consideró una magnitud alta (4); una importancia media-alta (4) del factor impactado; una probabilidad de ocurrencia certera (4); una duración

permanente (4); y un grado de conocimiento medio, ya que si bien existen medidas y planes para su manejo su implementación no siempre es efectiva (2). De esta valoración resulta una significancia media, desagregándose sus efectos sobre los distintos factores del mercado laboral (**Id. 48.1** y **48.2**).

Id	Aspecto	Factor	Impacto	V	S
48	Demanda de mano de obra y servicios	Entorno socioeconómico	Modificación del entorno socioeconómico por el aumento de la demanda de mano de obra y servicios	18	Media

Id	Aspecto	Factor	Impacto	S
48.1	Demanda de mano de obra y servicios	Mercado laboral	Modificación del mercado laboral por aumento en la demanda de mano de obra	Media
48.2		Mercado laboral	Migración de mano de obra a otros servicios productivos	Media

Id. 48, 48.1 y 48.2 - Mercado laboral

En su fase de operación se estima que el proyecto demande unos 230 puestos de trabajo directos, distribuidos en los sectores de administración, técnico, operativo y de servicios de seguridad y limpieza, a lo que se suman aproximadamente 200 puestos indirectos. A partir de la caracterización de la calificación de la demanda laboral prevista, se estima que aproximadamente el 60 % de la dotación corresponderá a personal no local, es decir, unos 140 trabajadores. Estos porcentajes fueron definidos considerando la experiencia de proyectos industriales de características similares desarrollados en Uruguay, así como la disponibilidad de perfiles laborales especializados requeridos.

Corresponde señalar que los efectos sobre el entorno socioeconómico se manifestarán con mayor magnitud durante la fase de construcción, con carácter temporal, equilibrándose durante la operación en una situación de menor intensidad y de carácter permanente. Como contrapartida, la operación consolida un núcleo estable de empleo calificado en la microrregión, con efectos positivos sobre la actividad económica local a través de la demanda sostenida de bienes y servicios.

Sin embargo, las líneas de acción iniciadas durante la fase de construcción tendrán continuidad durante la operación, comprendiendo el Plan de Capacitación y el Plan de Desarrollo de Proveedores Locales, en articulación con los Centros Públicos de Empleo del Ministerio de Trabajo y con la IDT, procurando que una parte significativa de los empleos generados sea cubierta por residentes locales y fomentando la compra de productos y servicios locales.

El Plan de Desarrollo Local comprende un conjunto de acciones orientadas a promover la contratación de mano de obra local y el desarrollo de proveedores, cuya implementación se iniciará una vez realizado el cierre financiero del proyecto (FC), aproximadamente un año antes del inicio de las obras. A partir de ese momento se compartirá periódicamente con la comunidad el cronograma actualizado de ejecución, las empresas constructoras contratadas y las vacantes que se generen, de modo de dar visibilidad al proyecto y permitir a las personas interesadas planificar su acceso a los puestos de trabajo.

El programa de capacitación distingue dos tipos de cursos. Por un lado, los ya impartidos por instituciones públicas (UTU, UTEC o entidades de formación profesional a través de INEFOP), así como los del programa de formación continua de la Cámara de la Construcción del Uruguay, que cubren oficios de la construcción (operadores de maquinaria, soldadura y metalúrgica, construcción en seco y estructuras, carpintería en aluminio, instalaciones sanitarias e instalaciones eléctricas, albañilería y topografía de obra), logística, transporte, eléctrica, técnicos

de seguridad y gestión de obra. Por otro, los cursos especializados, coordinados o dictados directamente por la empresa con posible apoyo de instituciones académicas (UTEC, UdelaR, entre otras), orientados principalmente a la operación de la planta: tratamiento de agua y de efluentes, operación de electrolizadores, sistemas de control y monitoreo en línea, compresión y almacenamiento de H2, sistemas de seguridad de planta y manejo de combustibles. En todos los casos se establecerán cupos a los que los habitantes locales podrán aplicar.

Respecto de la infraestructura disponible para el dictado, se ha tomado contacto con la Escuela de Formación de Agro oficios (EFA) de Tambores, cuyas instalaciones podrían aprovecharse para otros cursos, pudiendo gestionarse además su consideración como entidad de capacitación ante INEFOP; de requerirse, los cursos podrán estructurarse con instituciones de Tacuarembó. Asimismo, se han realizado gestiones con ANEP e INEFOP para facilitar la finalización de los estudios de bachillerato diversificado en Tambores y alrededores durante el período previo al FC, acción independiente del desarrollo del proyecto y orientada a asegurar un nivel de formación mínimo para las capacitaciones posteriores. Las acciones concretas del proyecto comenzarán luego del FC, de forma de no generar expectativas que comprometan tiempo o recursos de los habitantes de la localidad.

El desarrollo de proveedores locales se apoyará en los mecanismos ya implementados a nivel departamental y con la Agencia Nacional de Desarrollo (ANDE), tomando contacto con las instituciones identificadas por la IDT que nuclean y fomentan la microempresa, y difundiendo las oportunidades de adquisición de bienes y servicios por esa vía y por los canales de comunicación directa establecidos en Tambores. El mecanismo previsto comprende el llamado a interés a nivel local; la difusión de los términos de referencia del bien o servicio a adquirir (características, prestaciones, plazos, referencias, condiciones de pago y requerimientos administrativos); la recepción de ofertas; la verificación del cumplimiento de las condiciones administrativas que habiliten la contratación; la evaluación y selección bajo criterios de calidad-precio; y la adquisición del bien o la contratación del servicio.

El involucramiento local se evaluará mediante indicadores específicos que permitan observar su evolución en el tiempo: monto de contratos de suministros adquiridos a nivel local respecto del monto total de contratos de suministros; monto de contratos adquiridos a nivel local respecto del monto potencial de contratación local; y número de personas que realizan suministros locales respecto del total de personas que realizan suministros.

En esta etapa se trabaja sobre un enfoque de compensación territorial que permita priorizar acciones pertinentes, proporcionales y consistentes con las necesidades del entorno y con los impactos residuales efectivamente identificados en la evaluación ambiental y social. La implementación del proyecto Tambor, implicará el desarrollo de infraestructura, acceso a servicios públicos y oportunidades en Tambores y alrededores, como consecuencia de acciones requeridas por el proyecto. Dentro de estas se encuentra por ejemplo la mejora de vías de transporte, la demanda de servicios de alimentación, de traslado, mantenimiento para cubrir las necesidades que surjan a partir del proyecto Tambor, directa o indirectamente.

Existe también una contribución del proyecto Tambor, a través de acciones definidas en conjunto con la comunidad local, denominadas Propuestas de Contribución del Proyecto Tambor (PCPT). Estas contribuciones podrán ser construcción de infraestructuras, suministro de equipamiento, mejora de instalaciones, mejora de espacios comunitarios y recreación, creación de fondos para impulsar proyectos de desarrollo, emprendimientos, investigación, entre otras.

En primera instancia, la población de Tambores deberá designar un comité, donde también participarán representantes del proyecto Tambor. Este comité será el órgano que gestionará las PCPT, para su recepción, evaluación, selección y seguimiento.

A lo largo de la fase de construcción y operación, el proyecto Tambor definirá períodos de recepción de PCPT y montos asociados. Como criterio general las mismas deberán apuntar a un

desarrollo local, que impliquen una mejora en las condiciones de vida de la población y deberán estar alineados con las guías internacionales de sostenibilidad para obras de gran porte y con los valores que identifican al proyecto Tambor.

En cada período de recepción de PCPT el comité deberá definir o actualizar los mecanismos de recepción de propuestas y los criterios de evaluación. El desarrollo de la convocatoria a PCPT consistirá en la difusión del cronograma del período de recepción de PCPT, la recepción de PCPT, el análisis bajo los criterios definidos, la identificación de propuestas elegibles para su ejecución, la definición de las propuestas a ejecutar mediante procesos participativos con los vecinos de la localidad, la validación de las PCPT elegidas con las autoridades competentes y la comunicación formal al proyecto Tambor de las PCPT a ejecutar.

El formato de períodos de convocatorias responde a que los montos a comprometer dependen de la fase de desarrollo del proyecto y de la capacidad de ejecución, siendo menores al principio. La distribución de montos, períodos y más detalles de las contribuciones, se realizará y difundirá una vez que se realice el cierre financiero del proyecto.

En función de lo anterior, y siempre que se mantengan las líneas de acción indicadas durante la fase de operación, el impacto residual será de significancia baja y admisible sobre el medio receptor.

Emisiones al aire

La planta industrial gestiona sus emisiones al aire a través de circuitos de captación en las distintas zonas de proceso de producción de H_2V y MeOH, que se conducen hacia la antorcha para su combustión y descarga al ambiente, constituyendo esta unidad el único punto de emisión relevante de la planta industrial. Durante la operación normal las emisiones de la antorcha son de muy baja entidad.

Por otra parte, el tránsito de camiones para el transporte de materias primas (CO_2) alcanza un máximo de 4 vehículos por hora considerando tanto los viajes de ida como los de vuelta, circulando por caminería asfaltada o pavimentada con hormigón.

Por lo anterior, para los impactos **Id. 49, 50, 75 y 80** se consideró una magnitud media (2) o media-baja según el caso; una importancia media a media-alta (2 a 4) del factor impactado; una probabilidad de ocurrencia probable (2); una duración permanente o temporal según corresponda; y un grado de conocimiento alto (1), resultando en todos los casos una significancia baja.

Más allá de ello, se realizan las simulaciones de calidad de aire correspondientes para determinar estos niveles de afectación potencial y su admisibilidad, y compararlos contra los límites de calidad de aire vigentes.

Id	Aspecto	Factor	Impacto	V	S
49	Emisiones a la atmósfera	Calidad del aire	Deterioro de la calidad del aire por emisiones a la atmósfera por operación de la planta de producción	8	Baja
50		Población cercana	Molestias a la población cercana por emisiones a la atmósfera y olores por operación de la planta de producción	10	Baja
75	Tránsito terrestre inducido	Calidad del aire	Deterioro de la calidad del aire por emisiones atmosféricas generadas por motores de combustión y re-suspensión de material particulado	9	Baja
80		Población cercana	Molestias en la población por re-suspensión de material particulado	11	Baja

Id. 49, 50, 75 y 80 – Calidad del aire y población cercana

El informe técnico de modelación para la evaluación de calidad del aire fue realizado por el equipo técnico de EIA y se presenta en el ANEXO IX del EsIA.

Durante la operación normal, se tendrán emisiones de NO_2 a causa de la combustión de gases en la antorcha, así como a causa de la circulación de camiones, principalmente de transporte de CO_2. La evaluación en operación normal se centra en la modelación de dispersión de este parámetro. En la **Tabla 8-2** se resumen las características de las emisiones.

Tabla 8-2: Resumen de emisiones de NO2 en operación normal.

Fuente	Antorcha	Camiones de transporte de CO_2
Tipo de fuente	Puntual	Lineal
Tasa de emisión	8,66E-3 g/s	1,36E-02 g/km·s
Altura	45 m	Nivel de terreno
Temperatura	320 ºC	Ambiente

Para la modelación de dispersión atmosférica se utilizó el paquete AERMOD View 12.0.0, que incorpora el modelo AERMOD 23132 de la US EPA, con tres años de datos meteorológicos de reanálisis del modelo WRF-MMIF y el modelo de terreno obtenido del Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), con un píxel de 30 m × 30 m. Se adoptó una grilla cuadrada de 20 km de lado centrada en el sitio industrial, con receptores distribuidos uniformemente cada 100 m, densificada cada 20 m sobre la localidad de Tambores.

Los resultados indican que las concentraciones más altas están asociadas a los camiones de transporte de CO_2, pero presentan valores de concentración máximos de alrededor de 30 µg/m^3, inferiores al límite normativo de 200 µg/m^3. Se entiende que, considerando un valor de tránsito horario pico mayor incluyendo de manera conservadora todo el tránsito pesado inducido (10 vehículos pesados por hora), aun se daría cumplimiento al límite normativo. Además, no se espera un nivel de línea de base de NO_2 relevante en la zona por sus características (bajo tránsito de vehículos a combustión interna y ambiente rural sin industrias), por lo que se entiende que el aporte de NO_2 a la concentración ambiente durante la operación normal será de muy baja significancia y admisible. A su vez, considerando la concentración horaria máxima del período de modelación asociada únicamente a las emisiones de la antorcha, esto es, sin considerar las emisiones del tránsito, se concluye que el aporte incremental de las emisiones de la antorcha por sobre el nivel de línea de base que pueda existir es completamente despreciable.

Se tiene de este modo que, acorde a las condiciones de proyecto previstas de altura para la antorcha y considerando los escenarios simulados, la afectación potencial a la calidad del aire durante la operación normal de la planta será admisible sobre el medio receptor. En el marco del PGA-O se implementará el monitoreo de las emisiones de la antorcha y el seguimiento de eventuales quejas de la población.

Emisiones sonoras

La operación de la planta industrial, así como la de los AG y los paneles solares, trae asociado el funcionamiento de equipamiento pasible de generar un incremento del NPS en sus inmediaciones, el cual dependiendo de sus características y ubicación podría llegar a ser perceptible por los receptores cercanos, generando molestias, así como un potencial desplazamiento de la fauna. Asimismo, el proyecto implica un tránsito inducido que puede tener un efecto sobre el NPS en las cercanías de receptores próximos a la traza de la caminería vecinal.

Por lo anterior, para los impactos **Id. 51 y 52** se consideró una magnitud alta (8); una importancia media-alta (4) del factor impactado; una probabilidad de ocurrencia certera (4); una duración permanente a partir del momento de su manifestación (4); y un grado de conocimiento medio,

debido a que si bien existen medidas de gestión comúnmente utilizadas para su manejo no siempre resultan adecuadas (2). De esta valoración resulta una significancia alta, por lo que el impacto fue objeto de una modelación específica de propagación de ruido. Para el impacto **Id. 76** se consideró una magnitud media (2) y una importancia del factor media-baja (2), resultando una significancia media. El impacto **Id. 53** fue evaluado a partir del informe especialista de TETRA Consultores que se encuentra en el ANEXO IV del EsIA: se consideró una magnitud media (2); una importancia media-baja (2) del factor impactado; una probabilidad de ocurrencia probable (2); una duración temporal (2); y un grado de conocimiento medio, debido a que las medidas de gestión aplicables no han resultado siempre eficaces, resultando en una significancia baja para el impacto.

Id	Aspecto	Factor	Impacto	V	S
51	Emisiones sonoras	Nivel de presión sonora	Aumento del nivel de presión sonora por emisiones sonoras generadas durante la operación del proyecto	22	Alta
52		Población cercana	Molestias en la población cercana por aumento de la inmisión sonora debido a las emisiones sonoras generadas durante la operación del proyecto	22	Alta
53		Fauna	Desplazamiento de fauna nativa por emisiones sonoras generadas durante la operación del proyecto	10	Baja
76	Tránsito terrestre inducido	Nivel de presión sonora	Aumento del nivel de presión sonora por el tránsito terrestre inducido	14	Media

Id. 51, 52 y 76 – Nivel de presión sonora y población cercana

La metodología utilizada para la modelación corresponde a la de propagación de ruido en ambiente exterior presentada en la norma ISO 9613 – 2 (ISO, 1996). Asimismo, para la caracterización de las fuentes de tránsito se utiliza el enfoque presentado en Bocher (2019), que simplifica la metodología original de Sétra (2011). La metodología es implementada mediante un script de cálculo de desarrollo propio de EIA en lenguaje Python, ejecutado en el entorno Spyder. El código implementa la metodología de cálculo establecida en la norma, incluyendo la ecuación para la estimación de la propagación sonora y los términos de atenuación considerados. Esta metodología se presenta de forma detallada en el informe de modelación de ruido (ANEXO X del EsIA).

La modelación de propagación de ruido se realizó considerando como fuentes fijas los principales equipos de la planta industrial, los AG y los transformadores de los paneles fotovoltaicos, caracterizados a partir de sus fichas técnicas mediante el nivel de potencia acústica, la altura de la fuente respecto del suelo y el factor de directividad. Las fuentes móviles corresponden a los vehículos pesados (VP) y a los vehículos livianos (VL) asociados al tránsito inducido por la actividad (camiones de transporte de CO_2, repuestos o consumibles, aguas residuales, lodos y filtros; ómnibus de transporte de personal; y autos de transporte de personal externo y otros insumos). Para su caracterización, se dividió el recorrido en el dominio de modelación en tramos, incorporando el trazado del bypass de Tambores y considerando diferentes velocidades de circulación y pendientes, así como dos escenarios de tránsito horario pico estimados de manera conservadora, uno correspondiente al horario diurno (10 VP/h y 10 VL/h por sentido de circulación, considerando ida y vuelta) y otro al horario nocturno (2 VP/h por sentido, considerando ida y vuelta). Finalmente, las fuentes lineales se descomponen en fuentes puntuales equivalentes. A su vez, la modelación integra los valores de línea de base

sonora medidos en cada receptor, de forma de evaluar el NPS total resultante frente a los valores guía de la Guía GESTA-Ruido.

Los resultados completos de la modelación actualizada se observan en la respuesta SIC 02, 03 y 04. En la **Tabla 8-3** y **Tabla 8-4** se presentan los resultados para una selección representativa de receptores en horario diurno y nocturno respectivamente, considerando el aporte por operación con y sin tránsito.

Tabla 8-3: Resultados de la modelación de ruido en receptores representativos en horario diurno.

Receptor	Zona GESTA	NPS línea de base (dBA)	NPS total del modelo con tránsito (dBA)	Aporte por operación con tránsito (dBA)	NPS total del modelo sin tránsito (dBA)	Aporte por operación sin tránsito (dBA)	Límite GESTA (dBA)
P	Rurales y áreas naturales protegidas	45,60	49,09	3,49	46,60	1,00	50
Q		45,60	50,82	5,22	46,65	1,05	
S		41,20	44,05	2,85	42,48	1,28	
T		50,40	51,09	0,69	50,50	0,10	
U		50,40	50,63	0,23	50,48	0,08	
W	Urbanas silenciosas y áreas de protección sonora	47,50	50,64	3,14	47,88	0,38	60
Z		47,50	50,12	2,62	47,81	0,31	
AA	Rurales y áreas naturales protegidas	45,2	45,22	0,02	45,22	0,02	50
AB		45,2	45,51	0,31	45,51	0,31	
AC		45,2	45,35	0,15	45,35	0,15	
AD		44,5	45,05	0,55	45,05	0,55	

Tabla 8-4: Resultados de la modelación de ruido en receptores representativos en horario nocturno.

Receptor	Zona GESTA	NPS línea de base (dBA)	NPS total del modelo con tránsito (dBA)	Aporte por operación con tránsito (dBA)	NPS total del modelo sin tránsito (dBA)	Aporte por operación sin tránsito (dBA)	Límite GESTA (dBA)
P	Rurales y áreas naturales protegidas	42,00	44,98	2,98	44,02	2,02	45
Q		42,00	45,91	3,91	44,11	2,11	
S		45,20	45,91	0,71	45,76	0,56	
T		46,50	47,00	0,50	46,74	0,24	
U		46,50	46,77	0,27	46,70	0,20	

Receptor	Zona GESTA	NPS línea de base (dBA)	NPS total del modelo con tránsito (dBA)	Aporte por operación con tránsito (dBA)	NPS total del modelo sin tránsito (dBA)	Aporte por operación sin tránsito (dBA)	Límite GESTA (dBA)
W	Urbanas silenciosas y áreas de protección sonora	42,90	45,36	2,46	43,91	1,01	50
Z		42,9	44,95	2,05	43,74	0,84	
AA	Rurales y áreas naturales protegidas	51,6	51,60	0,00	51,60	0,00	45
AB		51,6	51,67	0,07	51,67	0,07	
AC		51,6	51,63	0,03	51,63	0,03	
AD		42,7	43,50	0,80	43,50	0,80	

A partir de los resultados de la modelación se concluye que, en horario diurno, ningún receptor ubicado en la localidad de Tambores supera el límite de 60 dBA aplicable a su categoría, mientras que en la zona rural se identifican tres receptores que superan el límite de 50 dBA. Sin embargo, únicamente el receptor Q presenta una contribución significativa atribuible a la operación del emprendimiento (5,22 dBA), debido a su proximidad a la traza de tránsito considerada; en los otros dos casos la superación del límite se explica por los niveles de ruido ya presentes en la línea de base. Se observa que el aporte de la operación del proyecto sin tránsito (planta industrial + AG) sobre el receptor Q se reduce a 1,05 dBA.

Análogamente, en horario nocturno ningún receptor de Tambores supera el valor de 50 dBA, mientras que siete receptores puntuales de la zona rural superan el límite de 45 dBA, registrando nuevamente sólo el receptor Q una contribución significativa asociada al emprendimiento, en tanto en los demás casos los niveles de línea de base ya exceden dicho valor. Al igual que se destacó en la modelación de horario diurno, se observa que el aporte de la operación del proyecto sin tránsito se encuentra en 2,11 dBA (planta industrial + AG), resultando en un nivel de presión sonora por debajo del límite para zona rural nocturna.

En consecuencia, la afectación atribuible al proyecto se concentra en un único receptor rural próximo a la traza de tránsito (Q). Sobre la apreciación realizada, se aclara que, a la fecha, el proyecto no cuenta con la definición de detalle del empalme entre el acceso a la planta industrial y la caminería departamental. En este sentido, y bajo un criterio conservador, para la modelación se consideró que el ingreso se localizaría en la zona frentista a los receptores P y Q. No obstante, existe margen de ajuste en la definición del proyecto de empalme, permitiendo alejar considerablemente el camino de acceso en este tramo, incluso hasta aproximadamente 150 m hacia el Este. Considerando que el receptor P se encuentra aproximadamente a 50 m de la vía de tránsito modelada y el receptor Q a 30 m, esta diferencia de 20 m se traduce en niveles de presión sonora (NPS) que cumplen tanto con el estándar diurno como con el nocturno, por lo cual se considera suficiente como medida de mitigación que, al definir el punto de empalme entre la caminería interna y la departamental, se contemple un desplazamiento del tránsito tal que aleje también a Q 50 m de la vía modelada. Requisito que el titular entiende que se puede cumplir holgadamente.

Con la implementación de estas medidas, los impactos residuales resultan admisibles sobre el medio receptor.

Id. 53 – Fauna

La evaluación del impacto de desplazamiento de fauna por emisiones sonoras generadas durante la operación del proyecto se basa en la evaluación y lineamientos indicados en el ANEXO IV del EsIA, en el documento realizado por el equipo especialista de TETRA Consultores.

Las afectaciones por emisiones sonoras suelen extenderse más allá de la huella del proyecto. Sin embargo, no es esperable que, en el entorno cercano a la planta industrial, se encuentren especies de aves canoras o anfibios amenazados o prioritarios cuyas actividades de sobrevida se vean afectadas porque utilizan la comunicación acústica como un componente importante, por lo que se valoriza al impacto como bajo. De todas formas, se recomiendan medidas de mitigación tales como garantizar el uso de tecnologías modernas y realizar los mantenimientos necesarios mantener los niveles sonoros lo más reducidos posibles.

Con la implementación de estas medidas, los impactos residuales resultan admisibles sobre el medio receptor.

Vertido de aguas residuales

Asimilables a domésticas

Valoración

Para la valoración del impacto **Id. 54** se consideró una magnitud media (2); una importancia media (2) del factor impactado; una duración temporal con plazo determinable (2); una probabilidad de ocurrencia probable (2); y un grado de conocimiento alto, dado que existen medidas de gestión comúnmente utilizadas para su manejo (1), resultando una significancia baja. Para el impacto **Id. 55** se consideró una probabilidad de ocurrencia poco probable (1), dado que la alternativa de disposición no contempla infiltración, resultando igualmente una significancia baja.

Id	Aspecto	Factor	Impacto	V	S
54	Generación de aguas residuales asimilables a domésticas	Calidad del agua superficial	Deterioro de la calidad del agua superficial por gestión inadecuada de aguas residuales asimilables a domésticas	10	Baja
55		Calidad del agua subterránea	Deterioro de la calidad del agua subterránea por gestión inadecuada de aguas residuales asimilables a domésticas	9	Baja

Id. 54 y 55 – Calidad del agua

En función de los resultados de las campañas de calidad de agua realizadas entre abril de 2025 y marzo de 2026, que evidenciaron concentraciones de línea de base del arroyo Sarandí superiores a los valores objetivo de calidad establecidos en la normativa vigente para parámetros como DBO_5, nitratos y fósforo total, y con el objetivo de minimizar la afectación sobre el cuerpo receptor, el proyecto contempla que las aguas residuales asimilables a domésticas de la fase de operación (15 m^3/d para una dotación de 230 personas) serán gestionadas mediante retiro por camión barométrico y disposición final en la PTAR de OSE de la ciudad de Tacuarembó. Se consultó a OSE sobre la viabilidad de esta gestión, informando los caudales involucrados, obteniéndose una respuesta favorable de la Jefatura Departamental.

De este modo, la gestión de esta corriente no representa un aporte de patógenos o contaminantes más críticos asociados a los parámetros que actualmente presentan valores por encima de los objetivos de calidad en el arroyo Sarandí. Por lo tanto, los impactos residuales resultan de significancia baja y admisibles sobre el medio receptor. Los procedimientos de recolección, registro y trazabilidad de los retiros se incorporarán al PGA-O.

Aguas residuales industriales

Durante la fase de operación se generarán aguas residuales industriales como resultado de los procesos realizados en la planta industrial (**Lámina 6-6**): la corriente proveniente de la unidad de producción de H_2 corresponde al agua generada en las unidades de compresión y proceso; las corrientes provenientes de la unidad de MeOH; las purgas de caldera; y el rechazo de ósmosis inversa.

Para la valoración de ambos impactos potenciales se consideró una magnitud alta (4); una importancia media-alta (4) del factor impactado; una duración temporal con plazo determinable (2); una probabilidad de ocurrencia probable (2); y un grado de conocimiento alto (1). De esta valoración resulta una significancia media para ambos impactos.

Id	Aspecto	Factor	Impacto	V	S
56	Generación de aguas residuales industriales	Calidad del agua superficial	Deterioro de la calidad del agua superficial por gestión inadecuada de aguas residuales industriales	13	Media
57		Calidad del agua subterránea	Deterioro de la calidad del agua subterránea por gestión inadecuada de aguas residuales industriales	13	Media

Id. 56 y 57 – Calidad del agua

En función de su gestión, las aguas residuales industriales se agrupan en tres corrientes de tratamiento diferenciadas, según se indica en la **Tabla 6-13**, siendo el rechazo de la ósmosis inversa la única que retorna al ambiente.

En la **Tabla 8-5** se presenta las características de diseño de la corriente de vertido y los estándares aplicables del Decreto 226/025 para vertido a curso de agua. Según se observa, el vertido cumple holgadamente con los estándares aplicables para la totalidad de los parámetros.

El valor de conductividad de 300 µS/cm adoptado para el rechazo de la planta de ósmosis inversa resulta consistente con la calidad del agua bruta considerada en el diseño y con las especificaciones máximas admisibles para el proceso de electrólisis. Por su parte, la corriente de rechazo de ósmosis inversa presenta un contenido salino propio del proceso de desmineralización, sin otros contaminantes de relevancia (sales disueltas o sólidos suspendidos adicionales), compatible con su vertido directo conforme a los estándares del Decreto 226/025 una vez verificada su calidad en la mezcla final.

Tabla 8-5: Caracterización de caudal y calidad de diseño de la corriente para vertido a curso de agua.

Parámetro	Rechazo OI	Estándar de vertido a curso de agua Decreto 226/025
Caudal (m^3/d)	221	-
pH	6,3	6 a 9
DBO_5 (mg/L)	~ 0	60
SST (mg/L)	~ 0	150
Fósforo total (mg-P/L)	0,124	5
Nitrógeno amoniacal (mg-N/L)	~ 0	5
Nitrato (mg-N/L)	2,26	20
Conductividad (µS/cm)	300	No incrementar en más del 10 % el valor del cuerpo receptor

Cabe destacar que el funcionamiento del sistema de ósmosis inversa concentra físicamente los iones y sales presentes en el agua bruta de captación, incluyendo fosfatos y nitratos, sin incorporar compuestos adicionales de origen antropogénico. En este sentido, las concentraciones observadas en el rechazo corresponden a la concentración de especies ya presentes naturalmente en el agua de alimentación.

Evaluación del incremento de la conductividad del cuerpo receptor

En función de las características y los caudales asociados a cada corriente, el parámetro de interés a analizar en mayor detalle es la conductividad, que está asociada a la concentración de sólidos disueltos en el agua bruta. Para este parámetro, su estándar establece que no se podrá incrementar en más de un 10 % el valor de conductividad del cuerpo receptor.

Las características de la corriente de rechazo de ósmosis inversa, para estos parámetros de interés, dependen fuertemente de la calidad del agua bruta, ya que en el proceso de tratamiento las sales e iones disueltos se "concentran" en la corriente de rechazo; cuanto mayor sea la concentración de sólidos disueltos en el agua bruta, mayor será también la concentración en el rechazo, y consecuentemente mayor será la conductividad. A su vez, según lo especificado por el proyectista del sistema de tratamiento de agua, para el rango de variabilidad natural esperado de la conductividad del agua bruta, el caudal de la corriente de rechazo no varía, manteniéndose en un valor máximo de 25 % (siendo el valor normal esperado de 20 %).

Para analizar el cumplimiento del estándar de vertido a curso de agua para el parámetro conductividad, se debe tener en cuenta la conductividad y caudal del cuerpo receptor, para analizar el incremento como consecuencia del vertido. Para este análisis se toman en consideración los datos disponibles de las campañas de monitoreo de calidad de aguas (abril de 2025 a marzo de 2026), en las estaciones de interés.

De acuerdo a los monitoreos realizados hasta la fecha, cuyos resultados se encuentran en el Anexo 7 de la SIC 02 y 03, se han determinado los siguientes valores de conductividad y caudal en las estaciones de interés:

- *Punto E1 (embalse de San Bentos)*: resultados de conductividad variable entre 31 µS/cm y 93 µS/cm.
- *Punto E3 (punto de vertido en arroyo Sarandí)*: resultados de conductividad variable entre 63 µS/cm y 432 µS/cm.

A partir del análisis de los datos disponibles, se observa una correlación entre el caudal y la conductividad en el curso de agua receptor: cuanto mayor es el caudal del curso, menor es la conductividad, y viceversa. Esto está vinculado al régimen de flujo: en períodos de estiaje predomina el aporte de flujo subsuperficial, que presenta mayor concentración de sólidos disueltos con valores de conductividad del orden de 350 - 400 µS/cm, en tanto en períodos de incidencia de lluvia aumenta el aporte de escurrimiento superficial y baja la conductividad a valores que dependen del caudal.

La relación puede aproximarse a un comportamiento logarítmico, según se grafica en la **Figura 8-2**. Esta tendencia no sólo se verifica en el punto E3, sino también en los demás puntos de monitoreo de la cuenca, lo que confirma el patrón inverso entre el caudal circulante y la conductividad.

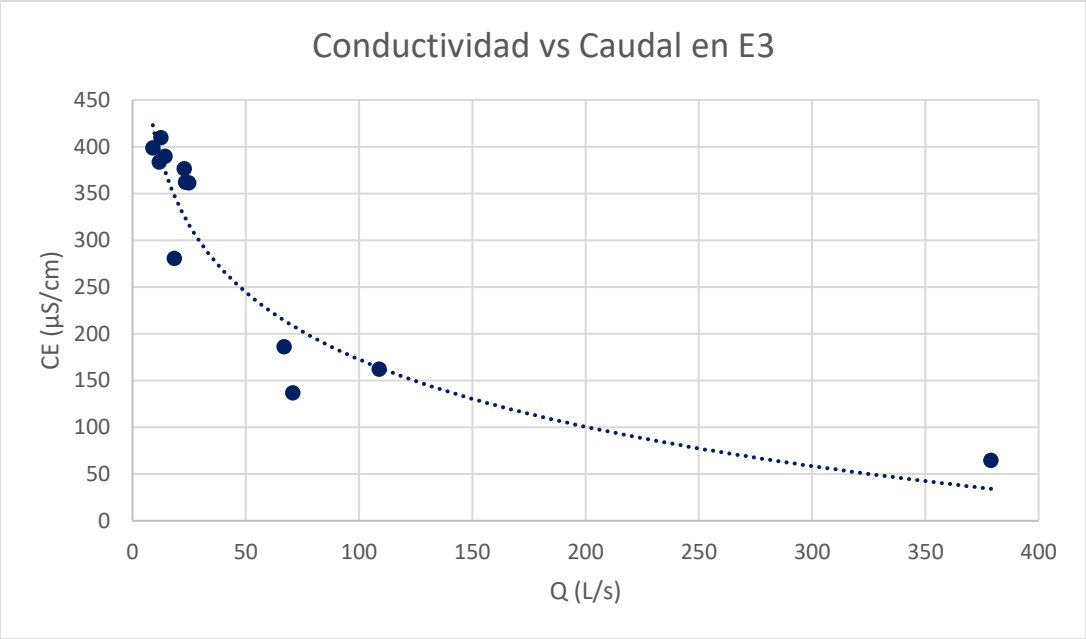


Figura 8-2: Relación entre el caudal y la conductividad en la estación de monitoreo E3 (punto de vertido del rechazo de la ósmosis inversa). Datos de las campañas de abril de 2025 a marzo de 2026.

Para evaluar el impacto resultante en la conductividad del curso de agua receptor debido al vertido de efluentes (para el escenario de máxima concentración en el rechazo indicado anteriormente), se realizó un balance de masa para los diferentes escenarios de caudal y conductividad en base a los datos disponibles de las campañas de monitoreo en el arroyo Sarandí. Para cada campaña, se calculó el incremento porcentual de la conductividad en el punto de vertido E3; cuando es negativo significa que disminuye localmente en una mezcla completa. Los resultados muestran que en ningún caso se estaría incrementando la conductividad del cuerpo receptor en más de un 10 %, e incluso, en algunos casos correspondiente a los períodos de estiaje, se registraría una disminución local leve.

Tabla 8-6: Análisis del incremento de conductividad en cuerpo receptor del vertido del rechazo de la ósmosis inversa.

Parámetros en distintos puntos	29-abr-25	30-may-25	01-jul-25	27-jul-25	26-ago-25	24-set-25	29-oct-25	27-nov-25	07-ene-26	29-ene-26	25-feb-26	26-mar-26
Conductividad San Bentos (E1) (µS/cm)	*50*	*93*	*61*	*53*	*71*	*49*	*83*	*31*	*57*	*59*	*56*	*51*
Conductividad máxima vertido (µS/cm)	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Caudal vertido (L/s)	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56
Conductividad punto vertido E3 (µS/cm)	406	159	368	63	182	369	385	278	427	432	402	131
Caudal punto vertido E3 (L/s)	14,4	108,9[1]	44,1	379,0[2]	66,9[3]	23,4	22,8	18,5	8,95	12,6[4]	11,8	70,7[5]
Conductividad resultante en zona de mezcla (µS/cm)	390	162	362	65	186	362	376	281	399	410	384	137
Incremento	**-3,9%**	**2,0%**	**-1,7%**	**2,5%**	**2,4%**	**-1,8%**	**-2,2%**	**1,0%**	**-6,6%**	**-5,2%**	**-4,5%**	**4,5%**

[1]Valor tomado el 29/05/2025.
[2]Valor tomado el 28/07/2025.
[3]Valor tomado el 27/08/2025.
[4]Valor tomado el 28/01/2026.
[5]Valor tomado el 25/03/2026.

Por último, se analizó el escenario de vertido para la condición hidrológica del cuerpo receptor correspondiente al caudal equivalente Q80 de verano, que es de 1,73 L/s para el cuatrimestre diciembre-marzo en base a los caudales específicos para esa cuenca reportados en el documento "*Regionalización de estadísticas de caudales"* de DINAGUA (2019). De la relación empírica conductividad-caudal observada, para esa condición hidrológica se tendrá una conductividad ≥ 400 µS/cm en el receptor, por lo que el vertido no produciría incrementos en la conductividad del cuerpo receptor; por el contrario, tendería a reducir la conductividad local.

Evaluación de la capacidad de asimilación del cuerpo receptor: balance de nutrientes

Los resultados de las campañas de calidad de agua realizadas entre abril de 2025 y marzo de 2026 evidencian que el arroyo Sarandí presenta, para varios parámetros, concentraciones de línea de base superiores a los valores objetivo de calidad establecidos en la normativa vigente, incluyendo conductividad, DBO_5, nitratos y fósforo total. En particular, los parámetros asociados a nutrientes presentaron valores por encima de los objetivos de forma sostenida, independientemente del régimen de caudales. Esta situación se constata no sólo en el punto E3 previsto para el vertido, sino también en las estaciones ubicadas aguas arriba (E1) y aguas abajo (E5 y E6), pudiendo atribuirse a actividades antrópicas preexistentes en la cuenca, entre ellas descargas asociadas a la PTAR de uno de los complejos MEVIR de la localidad de Tambores.

Dado que los objetivos de calidad establecidos en la normativa no se verifican actualmente en el curso de agua analizado, la evaluación asociada a lo que establece el Artículo 39 del Decreto 226/025 se realiza considerando como criterio que la descarga proyectada no genere una afectación significativa adicional a los usos del cuerpo receptor aguas abajo. Con el objetivo de evaluar de forma integral la capacidad de asimilación del arroyo Sarandí, se realizó un análisis a través de un balance de masa para los parámetros que presentan concentraciones significativas en el vertido, fósforo total y nitrato, además de la conductividad.

La concentración resultante en el curso de agua inmediatamente aguas abajo de la zona de mezcla se determinó mediante un cálculo de balance de masa en régimen estacionario, asumiendo mezcla completa. Para evaluar el escenario ambiental más restrictivo, correspondiente al período de estiaje, se adoptó como condición de análisis el caudal mínimo estival Q80, presentándose también el análisis para los restantes cuatrimestres del año. Adicionalmente, para evaluar fenómenos de incidencia anual como el riesgo de eutrofización, se realizó el análisis para caudales medios (Q50). A partir de las curvas de frecuencias de caudales específicos diarios estacionales normalizados del documento de "*Regionalización de estadísticos de caudales*" de DINAGUA (2019), para el punto E3 se tienen caudales Q80 cuatrimestrales de 10,7 L/s (abril-julio), 16,0 L/s (agosto-noviembre) y 1,73 L/s (diciembre-marzo), y caudales Q50 de 84,0 L/s, 57,0 L/s y 10,5 L/s respectivamente. Para la línea de base se consideró el valor promedio de las seis campañas completas realizadas.

Tabla 8-7: Calidad de agua en escenario de mezcla completa en el punto E3 para los diferentes Q80. LB: Línea de Base. MC: Mezcla Completa.

Parámetro	Valor LB	Valor vertido	MC Q80 (dic-mar)	MC Q80 (ago-nov)	MC Q80 (abr-jul)
Fósforo total (mg/L)	0,16	0,12	0,14	0,16	0,16
Nitrato (mg-N/L)	0,66	2,26	1,61	0,88	0,97

Tabla 8-8: Calidad de agua en escenario de mezcla completa en el punto E3 para los diferentes Q50. LB: Línea de Base. MC: Mezcla Completa.

Parámetro	Valor LB	Valor vertido	MC Q50 (dic-mar)	MC Q50 (ago-nov)	MC Q50 (abr-jul)
Fósforo total (mg/L)	0,16	0,12	0,16	0,16	0,16
Nitrato (mg-N/L)	0,66	2,26	0,97	0,73	0,71

En el caso del fósforo total, las concentraciones resultantes del balance de masa en el punto E3 se mantienen prácticamente inalteradas respecto de las condiciones de línea de base para los distintos escenarios de caudal analizados, dado que la concentración prevista en el vertido (0,12 mg/L) es de la misma magnitud, e incluso inferior, que la del curso de agua (0,16 mg/L). Por lo tanto, en relación con el fósforo no se prevén afectaciones en el curso de agua asociadas estrictamente al vertido, si bien el valor de línea de base se encuentra por encima del valor objetivo establecido en el Decreto 226/025.

En el caso del nitrato, las concentraciones resultantes varían entre 0,88 y 1,61 mg-N/L para los caudales de estiaje (Q80) y entre 0,71 y 0,97 mg-N/L para los caudales medios (Q50), según el cuatrimestre considerado, encontrándose también el valor de línea de base por encima del valor objetivo normativo. Dado que este parámetro presenta la mayor variación relativa respecto de la línea de base, se analizó específicamente su compatibilidad con los usos potenciales del recurso hídrico aguas abajo y el potencial incremento del riesgo de eutrofización.

Compatibilidad con los usos del recurso aguas abajo

El análisis cartográfico realizado a partir de información de DINAGUA indica que no existen captaciones registradas aguas abajo del punto de vertido que pudieran constituir potenciales receptores de la descarga; la toma de agua más próxima identificada en el OAN se ubica sobre el arroyo Malo, al menos 45 km aguas abajo. Las actividades predominantes de los predios de la cuenca están vinculadas a la ganadería extensiva, por lo que podría considerarse la eventual utilización del curso de agua como fuente para abrevadero de ganado; en este caso, las concentraciones estimadas de nitrato resultan ampliamente compatibles con dicho uso, dado que las referencias internacionales para agua destinada a producción pecuaria recomiendan concentraciones inferiores a 100 mg-N/L. Incluso considerando otros usos potenciales, incluyendo el consumo humano, se admiten valores de hasta 10 mg-N/L según la OMS, encontrándose las concentraciones máximas previstas tras la mezcla muy por debajo de dichos umbrales, sin considerar además el decaimiento de concentración hacia aguas abajo a medida que se incrementan los aportes de caudal de la cuenca. Por lo tanto, no se identifican restricciones para los usos identificados o potenciales del recurso hídrico aguas abajo.

Página intencionalmente en blanco
para impresión en doble faz.

Detalle lámina 8-3

0 5 km

Detalle

0 1 km

Referencias

- Padrones
- Cursos de agua
- Cursos de agua dentro de CH Nivel 4
- Nueva Presa

Cuencas Hidrográficas (CH) Nivel 4

- Ao. Malo entre nacientes y Ao. De La Quebrada Grande

Cuencas Hidrográficas (CH) Nivel 5

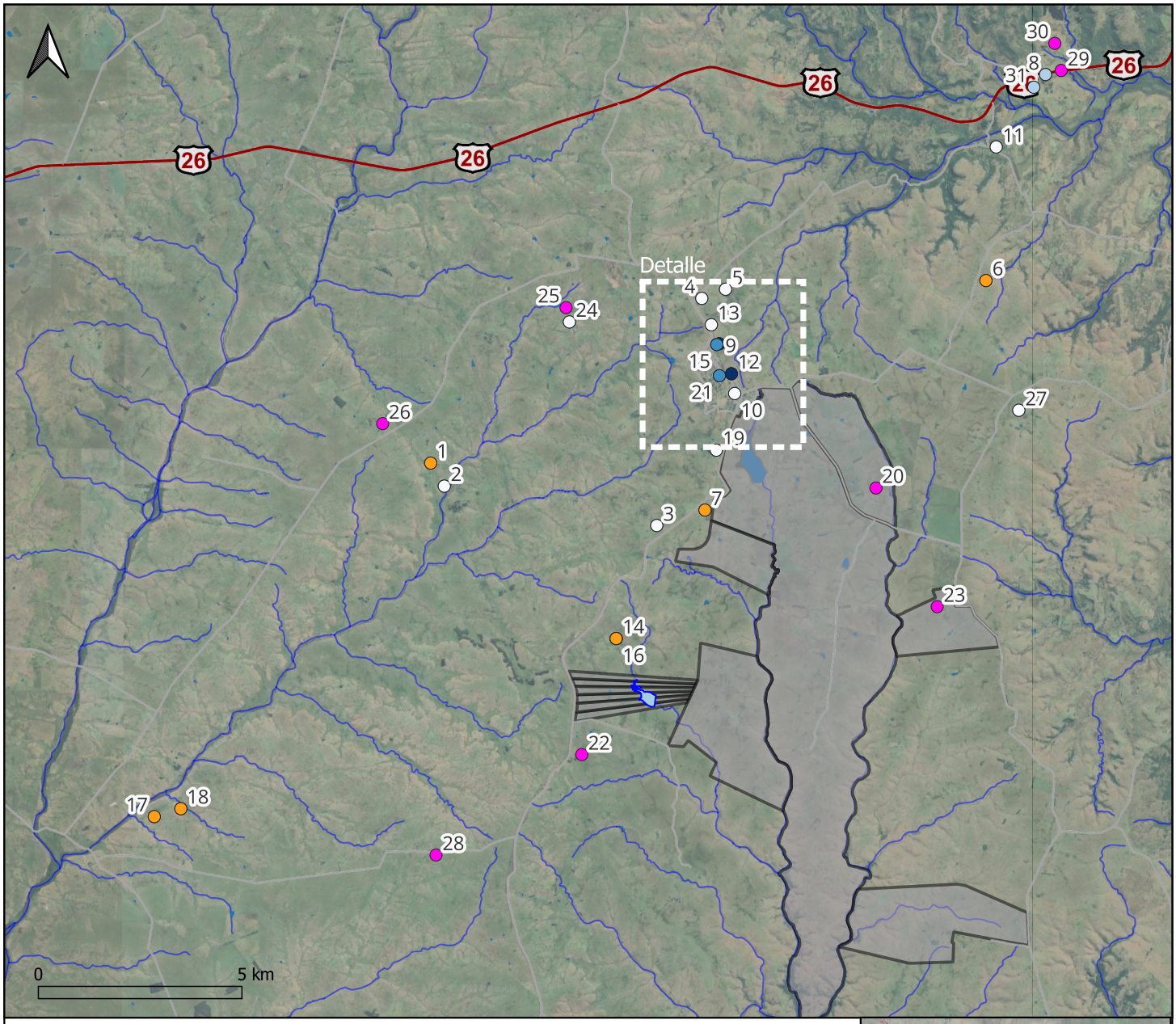
- Ao. Malo entre nacientes y Ao. Sarandí
- Ao. Sarandí
- Embalses (DINAGUA)
- Embalses (IDE OAN)
- Pozos (DINAGUA)
- Toma subterránea (OSE OAN)

estudio ingeniería ambiental

ENERTRAG One energy ahead

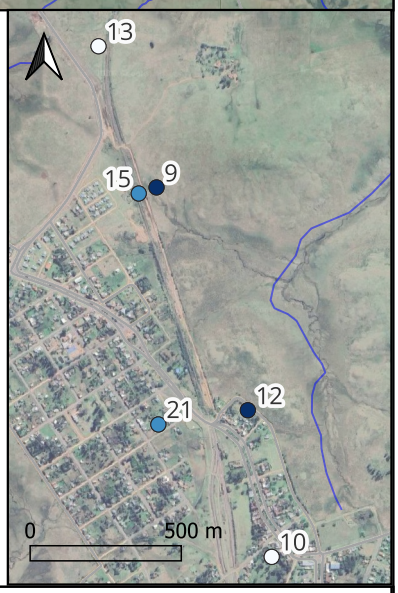
NUEVA PRESA, USOS DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA N4 Y LÍMITES DE CUENCAS. ACTUALIZADO EN SEPTIEMBRE 2026		ESCALA 1:150.000 1:35.000
TITULAR	BELASAY S.A.	LAMINA **8-2**
PROYECTO	PLANTA DE PRODUCCIÓN DE E-METANOL A PARTIR DE HIDRÓGENO VERDE	
UBICACIÓN	DEPARTAMENTO DE TACUAREMBÓ	

Página intencionalmente en blanco
para impresión en doble faz.



ID	Codigo/Propietario	Caudal m3
1	DIN E 901/1	seco
2	DIN E 901/2	0,8
3	DIN C 269	0,4
4	DIN C 242	4,8
5	DIN C 243	1,0
6	DIN B 364	seco
7	DIN C 264	seco
8	DIN A 1085/7	5,3
9	DIN A 803	16,0
10	DIN A 71	1,8
11	DIN A 1477	3,2
12	OSE 33.1.001 OSE	19,0
13	OSE 32.1.001 OSE	5,0
14	PRN 1267	seco
15	PRIV OSE 33.1.002 OSE	15,0
16	PRN 2149 Kuster, Luisa	seco

ID	Codigo/Propietario	Caudal m3
17	PRN 2171 Maldini, Carlos H. (pozo 1)	seco
18	PRN 2274 Maldini, Carlos H. (pozo 2)	seco
19	Bordagorry	2,0
20	San Bentos	s/d
21	OSE – MEVIR OSE	13,0
22	H. Alamón	s/d
23	Parins	s/d
24	Pereda	0,8
25	Pereda 2	s/d
26	Collares	s/d
27	El Taruman	4,0
28	P. Alamón	s/d
29	Oscar Pedroso	s/d
30	Danilo Pereyra	s/d
31	Emp. Envas. (Sabitur S.A.)	8,0



Referencias

Padrones

Cursos de agua

Nueva Presa

Pozos (IGS) Caudal (m3)

- Pozo Seco
- 0,1 - 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- Pozos S/D (sin datos)

eia estudio ingeniería ambiental

ENERTRAG One energy ahead

UBICACIÓN DE POZOS DE TERCEROS (IGS INGESUR)

ESCALA 1:150.000 1:25.000

TITULAR	BELASAY S.A.
PROYECTO	PLANTA DE PRODUCCIÓN DE E-METANOL A PARTIR DE HIDRÓGENO VERDE
UBICACIÓN	DEPARTAMENTO DE TACUAREMBÓ

LAMINA **8-3**

Página intencionalmente en blanco
para impresión en doble faz.

Evaluación del riesgo de eutrofización

Considerando exclusivamente los valores de fósforo total, la clasificación del estado de eutrofia del arroyo Sarandí en el tramo de interés, basada en el Índice de Estado Trófico desarrollado por Lamparelli (2004) para sistemas lóticos, indica un estado eutrófico tanto en la condición de línea de base como en cualquiera de los escenarios de vertido, encontrándose las concentraciones por encima del umbral de referencia de 0,075 mg/L que indica alta probabilidad de eutrofización en cursos lóticos (EPA, 2000). En el caso del nitrógeno, el umbral de referencia es de 1,5 mg/L de nitrógeno total; considerando exclusivamente los valores de nitrógeno amoniacal y nitratos como referencia, los mismos se encuentran por debajo de dicho umbral tanto en la línea de base como en los diferentes escenarios de vertido, con excepción del escenario Q80 del cuatrimestre estival. Respecto de este escenario debe notarse que, al analizar la relación nitrógeno total a fósforo total necesaria para el crecimiento de algas, el factor limitante pasaría a ser el fósforo y no el nitrógeno, como ocurre en el resto de los escenarios.

Tomando como referencia la evaluación realizada en el marco del Plan de Acción para la cuenca del Río Santa Lucía (MVOTMA, 2018), que presenta condiciones similares a las constatadas para el arroyo Sarandí en relación con los nutrientes, en esta categoría de estado eutrófico los niveles de nutrientes podrían propiciar el desarrollo de floraciones pero de forma temporal, no respondiendo la dinámica del estado trófico a una evolución unidireccional sino fluctuando en función de las condiciones hidrológicas y climáticas de la cuenca. Cabe señalar además que la clasificación precedente se realiza en base a concentraciones totales y no considera la disponibilidad de los nutrientes, las algas no pueden utilizar directamente las formas orgánicas y particuladas, requiriéndose formas disueltas, y que la transformación hacia formas disponibles es relativamente lenta frente al breve tiempo de residencia característico de los sistemas lóticos.

Por otra parte, si bien la presencia de nutrientes por encima de determinados umbrales constituye una condición necesaria para el desarrollo de procesos de eutrofización, no es una condición suficiente, se requiere la existencia de otros forzantes, siendo determinantes en sistemas lóticos las condiciones hidrodinámicas:

- Tiempo de residencia: tiempos de residencia cortos, de horas o pocos días, presentan baja probabilidad de eutrofización incluso con altas concentraciones de nutrientes. Ésta es la condición presente en el arroyo Sarandí y su cuenca aguas abajo, donde no se identifican zonas represadas o remansadas que incrementen los tiempos de residencia, como ocurre en los sistemas lénticos.
- Régimen de flujo: considerando las características hidráulicas generales del arroyo en el tramo de interés, pendiente media del cauce, condiciones de rugosidad y cobertura del lecho, caudales característicos y geometría de las secciones transversales, se estima que las velocidades medias del flujo se encuentran por encima de los valores umbrales de referencia (del orden de 0,3 m/s, EPA 1995). Una mayor turbulencia favorece la mezcla, reduciendo el tiempo que las algas permanecen en la zona fótica y aumentando su pérdida por arrastre; asimismo, mantiene elevados niveles de material inorgánico en suspensión, incrementando la turbidez y limitando la productividad primaria.

Todas estas condiciones corresponden a un sistema con capacidad de transporte y renovación del agua, por lo que no constituyen un factor favorable para la acumulación de nutrientes ni para el desarrollo de procesos de eutrofización desde el punto de vista hidrodinámico. Por lo tanto, se concluye que el incremento relativo en las concentraciones de nitrógeno asociadas al vertido no incrementaría de forma apreciable el potencial riesgo de eutrofización en el curso de agua.

No obstante, dado el riesgo de eutrofización asociado al aporte de nitrato, se prevé como alternativa de gestión del rechazo de la ósmosis el riego de áreas verdes de parquizado dentro del predio industrial en períodos de estiaje.

Gestión de pluviales

Valoración

Se identifican como posibles impactos el deterioro de la calidad del agua superficial y subterránea por una gestión inadecuada de pluviales, que podría darse por el vertido o infiltración de pluviales contaminados, por ejemplo, los generados en zonas de envallados de depósitos de productos químicos que puedan contener pequeños derrames. Para la valoración de los impactos **Id. 58 e Id. 59** se consideró una magnitud media (2); una importancia media-alta (4) del factor impactado; una probabilidad de ocurrencia probable (2); una duración intermitente, ya que sólo se daría en períodos con precipitación (1); y un grado de conocimiento alto (1), dado que la segregación de pluviales en limpios y potencialmente contaminados es una práctica estándar en las industrias químicas. De esta valoración resulta una significancia baja para ambos impactos.

Id	Aspecto	Factor	Impacto	V	S
58	Gestión de pluviales	Calidad del agua superficial	Deterioro de la calidad del agua superficial por gestión inadecuada de pluviales	10	
59		Calidad del agua subterránea	Deterioro de la calidad del agua subterránea por gestión inadecuada de pluviales	10	

Id. 58 y 59 – Calidad del agua

La impermeabilización de las superficies donde se ubicará la planta de producción y las obras anexas implica un incremento de los coeficientes de escorrentía y, por consiguiente, un mayor volumen de escurrimiento pluvial durante los eventos de lluvia, así como una aceleración de los flujos respecto de la situación actual. Por este motivo, el proyecto prevé una recolección de pluviales diferenciada según su naturaleza. Los pluviales de las zonas consideradas limpias, incluyendo áreas techadas, son recolectados mediante sistemas de conducción para su descarga directa, pasando previamente por una laguna de contención que podrá ser operada para acumular pluviales en caso de ser necesario. Los pluviales potencialmente contaminados, generados en zonas de procesos productivos, almacenamiento y regasificación de CO_2, proceso y almacenamiento de MeOH, almacén de mantenimiento y planta de tratamiento de agua bruta, donde potencialmente podrá haber derrames o se realicen transvases de líquidos, cuentan con recolección independiente y son conducidos a una laguna de contención específica dotada de sistema de impermeabilización con membrana.

Ambas lagunas cuentan con una compuerta a la salida con el objetivo de contener eventuales contingencias. Una vez contenido el líquido, se evalúa la calidad del escurrimiento pluvial y, en caso de cumplir con la calidad requerida, se vierte a curso de agua; de no cumplir con los parámetros del Decreto 226/025, se adoptarán medidas específicas para su tratamiento in situ en caso de ser viable, o se conducirá de forma intermitente a la planta de tratamiento de aguas residuales industriales. Considerando el conjunto de soluciones adoptadas, los impactos potenciales resultan de significancia baja y admisibles sobre el medio receptor sin requerir medidas adicionales.

Generación de residuos sólidos

Asimilables a domésticos

La disposición o manejo inadecuados de estos residuos podría ocasionar el deterioro del paisaje por dispersión de desechos en las proximidades del emprendimiento, afectaciones a la calidad del suelo y deterioro de la calidad del agua superficial y subterránea. Para la valoración de los impactos **Id. 60 a 63** se consideró una magnitud media (2); una importancia media (2) del factor impactado; una duración temporal con plazo determinable (2); una probabilidad de ocurrencia

probable (2); y un grado de conocimiento alto (1), resultando una significancia baja. Para el impacto **Id. 64**, asociado al aumento de la demanda del servicio de recolección y disposición final, se consideró una magnitud media (2); una importancia media (2) del factor impactado; una duración sostenida en el tiempo durante la vida útil del proyecto (4); una probabilidad de ocurrencia certera (4); y un grado de conocimiento medio (2), resultando una significancia media.

Id	Aspecto	Factor	Impacto	V	S
60	Generación de residuos sólidos asimilables a domésticos	Calidad del agua superficial	Deterioro de la calidad del agua superficial por gestión inadecuada de residuos asimilables a domésticos	9	Baja
61		Calidad del agua subterránea	Deterioro de la calidad del agua subterránea por gestión inadecuada de residuos asimilables a domésticos	9	Baja
62		Calidad del suelo	Deterioro de la calidad del suelo por gestión inadecuada de residuos asimilables a domésticos	9	Baja
63		Paisaje	Deterioro del paisaje por gestión inadecuada de residuos asimilables a domésticos	9	Baja
64		Servicios públicos	Aumento de la demanda de servicio de recolección y disposición de residuos sólidos asimilables a domésticos	14	Media

Id. 60, 61, 62 y 63 – Calidad del agua, suelo y paisaje

Con el objetivo de prevenir dichos impactos, el proyecto incorporará buenas prácticas de gestión ambiental específicas para la fase de operación, detalladas en el Plan de Gestión de Residuos Sólidos Industriales (PGRSI). Estas prácticas incluyen pautas para la recolección segregada en origen de acuerdo con la tipología de residuo, su almacenamiento transitorio en sitios acondicionados y su disposición final, priorizando la valorización frente al envío a SDF. Con la implementación de estas medidas, los impactos resultan de significancia baja y admisibles sobre el medio receptor.

Id. 64 – Servicios públicos

Durante la fase de operación se estima la generación de residuos sólidos asimilables a domésticos asociados a los 230 puestos de trabajo, con jornadas laborales de 8 h bajo un régimen operativo continuo de 24 h los siete días de la semana. Para aquellas corrientes que no puedan ser valorizadas se prevé que, al momento de la entrada en operación del emprendimiento, se encuentre operativo el nuevo SDF departamental de Tacuarembó, al cual serán transportados los residuos.

En este sentido, la IDT informó que se encuentra avanzando en un proyecto de cierre del actual vertedero a cielo abierto y habilitación de un nuevo SDF para el departamento, con planta de clasificación para la recuperación de materiales valorizables, celdas con sistemas de impermeabilización, recolección y tratamiento de lixiviados, y sistema de venteo de biogás, previendo que los residuos generados en las localidades del interior, incluida Tambores, sean derivados a dicho sitio. Asimismo, esta administración señaló que la generación adicional de residuos asociada al proyecto será considerada durante el proceso de planificación e implementación de esta nueva instalación. Tanto la definición del SDF al cual se enviarán los residuos como la alternativa de transporte serán definidas en coordinación con la IDT.

Considerando que el volumen asociado a la operación es sensiblemente inferior al de la fase de construcción y el compromiso de la IDT de contemplar la demanda del proyecto en la planificación del nuevo SDF, el impacto resulta admisible sobre el medio receptor.

Residuos industriales (peligrosos y no peligrosos)

Para la valoración de los impactos **Id. 65 y 67** se consideró una magnitud media (2); una importancia media-alta (4) del factor impactado; una probabilidad de ocurrencia probable (2); una duración sostenida en el tiempo (4); y un grado de conocimiento alto (1), ya que existen medidas adecuadas y ampliamente utilizadas para su manejo, resultando una significancia media. Para el impacto **Id. 66** se asignó una probabilidad de ocurrencia baja o poco probable (1) y para el **Id. 68** una importancia del factor media (2), resultando en ambos casos una significancia baja. Dado que las medidas a adoptar son las mismas para el conjunto, su gestión se describe de forma conjunta.

Id	Aspecto	Factor	Impacto	V	S
65	Generación de residuos industriales (peligrosos y no peligrosos)	Calidad del agua superficial	Deterioro de la calidad del agua superficial por gestión inadecuada de residuos industriales	13	Media
66		Calidad del agua subterránea	Deterioro de la calidad del agua subterránea por gestión inadecuada de residuos industriales	12	Baja
67		Calidad del suelo	Deterioro de la calidad del suelo por gestión inadecuada de residuos industriales	13	Media
68		Paisaje	Degradación del paisaje por gestión inadecuada de residuos industriales	11	Baja

Id. 65, 66, 67 y 68 – Calidad del agua, suelo y paisaje

Los residuos que se generarán con mayor frecuencia son aquellos comunes a diferentes ramos productivos, tales como lodos del tratamiento de aguas residuales, residuos de mantenimiento, diferentes fracciones de residuos reciclables, residuos de laboratorio, elementos de protección personal usados y baterías. Con menor frecuencia se generarán residuos específicos del rubro del emprendimiento, principalmente catalizadores agotados, soportes de catalizador y electrodos agotados, con frecuencias de generación de 2 a 4 años según el requerimiento de mantenimiento de cada unidad.

La gestión de la totalidad de estas corrientes se realizará conforme al Decreto 182/013 mediante el PGRSI, ya elaborado por el equipo técnico, que acredita la viabilidad técnica y operativa de la gestión de los residuos previstos, incluidos aquellos de generación esporádica, como catalizadores agotados o electrodos desgastados, e identifica los gestores habilitados para su disposición final. El almacenamiento transitorio se realizará en sitios acondicionados según la tipología de cada residuo, contemplando piso impermeable, techado para minimizar el ingreso de pluviales y contención de derrames para las corrientes peligrosas. Con la implementación de estas medidas, los impactos resultan admisibles sobre el medio receptor.

Movimiento de palas

La colisión ha demostrado ser el principal impacto que se genera sobre la biodiversidad (aves y murciélagos) en los parques eólicos. Particularmente en el área del proyecto habitan ciertas especies amenazadas y prioritarias, algunas de ellas, como el Águila Mora, con registros

recurrentes de mortalidad durante los monitoreos de operación en los parques eólicos de Uruguay. A su vez, es esperable que la mortalidad de murciélagos ocurra en mayor medida sobre dos especies, el Murciélago Escarchado y el Murciélago Rojizo, cuya presión acumulada por el conjunto de parques eólicos de la región puede llevar a una afectación poblacional. A ello se suman los efectos de desplazamiento y efecto barrera, que pueden reducir la conectividad entre sitios de invernada, reproducción, alimentación y dormideros. Por estos motivos, para el impacto **Id. 69** se entiende que la valoración de la significancia debe ser alta.

Por su parte, los AG proyectan sombra a lo largo del período diurno, generando durante el funcionamiento de las palas un efecto de parpadeo (*flicker*) que puede ocasionar molestias en la población cercana. Para la valoración del impacto **Id. 70** se consideró una magnitud alta (8); una importancia media-alta (4) del factor impactado; una probabilidad de ocurrencia probable (2), ya que si bien la generación de sombras es certera no necesariamente generará molestias sobre la población; una duración sostenida en el tiempo (4); y un grado de conocimiento alto (1), resultando una significancia alta. El efecto de destellos por reflejo de la luz solar sobre las palas (*disc-effect*) se mitiga con el uso de pintura antirreflejo, por lo que se considera no significativo.

Id	Aspecto	Factor	Impacto	V	S
69	Movimiento de palas	Fauna	Mortalidad directa por colisión, desplazamiento y creación de efecto barrera respecto a la circulación normal de aves o quirópteros	20	Alta
70		Población cercana	Molestias en la población cercana por modificación de la intensidad lumínica (proyección de sombras intermitentes o *flicker*) y destellos (*disc-effect*)	19	Alta

Id. 69 – Fauna (aves y quirópteros)

La presente sección presenta un resumen de la evaluación del impacto del EsIA, e incorpora los impactos acumulativos evaluados en la respuesta a la SIC 01 de enero 2026.

El riesgo de colisión depende del diseño del parque y de ciertas características de las turbinas, de las condiciones climáticas y la topografía, y de las especies que hacen uso del lugar y su comportamiento. La mortalidad no se asocia únicamente al rotor, sino también a las torres, góndolas y otras estructuras asociadas, como cables, líneas eléctricas y mástiles meteorológicos. Los riesgos varían según las estaciones, siendo más altos durante la primavera y el otoño, cuando predominan las migraciones. La colisión presenta un impacto mayor sobre rapaces, dado que su mayor expectativa de vida y menor potencial reproductivo determinan que no toleren la mortalidad anual por colisión tan fácilmente como los paseriformes. En el caso particular del proyecto, se destaca la concentración de aves en el cuerpo de agua ubicado en el centro del predio, que realizan vuelos diarios hacia zonas alejadas pero retornan por la noche para pernoctar en el sitio.

Tomando como referencia distintos estudios anuales de mortalidad en Uruguay, se infiere una mortalidad de aves y murciélagos con valores que oscilan entre 1,1 y 54,2 individuos/MW/año, con un promedio de 15,3 individuos/MW/año.

Para el análisis de altura de vuelo se determinaron seis puntos de observación (oteaderos), ubicados estratégicamente de modo que el sitio y la dirección de observación contemplen la ubicación proyectada de los AG, con muestreos de una hora en cada uno. Durante las 6 h de muestreo se registraron 20 especies de aves haciendo uso del espacio aéreo, con alturas de vuelo que varían desde 0 hasta 200 m. Considerando que la estructura de los AG consiste en una torre de 120 m y un rotor de 163 m de diámetro, se deduce que las colisiones ocurrirán entre los 48,5 y los 201,5 m de altura, asignándose un riesgo bajo a alturas promedio de vuelo inferiores a 48,5 m, alto entre 48,5 y 201,5 m, y medio por encima de 201,5 m.

Complementariamente se realizó un análisis de riesgo para las especies registradas en las cuatro campañas, relacionando la abundancia relativa con la altura máxima de vuelo, bajo el supuesto de que las especies más abundantes y las de mayor altura de vuelo tienen mayor probabilidad de colisión. Se determinaron tres categorías de probabilidad estimada: alta, media y baja. Resultando con probabilidad alta la Cigüeña (*Ciconia maguari*), el Cuervillo de Cañada (*Plegadis chihi*), el Águila de Cola Blanca (*Buteo albicaudatus*), el Cuervo Cabeza Roja (*Cathartes aura*), el Pecho Amarillo (*Pseudoleistes virescens*) y la Paloma de Monte (*Patagioenas picazuro*); y con probabilidad media la Viudita Gris (*Xolmis cinereus*), el Cuervo Cabeza Amarilla (*Cathartes burrovianus*), el Carancho (*Caracara plancus*), la Golondrina Parda Grande (*Progne tapera*), el Misto (*Sicalis luteola*) y la Cotorra (*Myiopsitta monachus*). Las restantes especies quedan comprendidas en la categoría de probabilidad baja.

Por otro lado, a partir de los antecedentes generados durante la última década de monitoreos sistemáticos en Uruguay, las especies de quirópteros se subdividen en cuatro categorías de probabilidad de mortalidad por colisión: probabilidad alta para *Tadarida brasiliensis* y *Lasiurus cinereus*; media para *Eumops bonariensis*, *Lasiurus blossevillii* y *Molossus molossus*; baja para *Lasiurus ega*, *Nyctinomops laticaudatus*, *Eptesicus furinalis*, *Histiotus montanus* y *Myotis albescens*; y sin evidencia para *Promops centralis*, *Desmodus rotundus*, *Sturnira lilium*, *Eptesicus diminutus*, *Myotis levis* y *Myotis riparius*. Dada la amplia distribución de la mayoría de las especies de murciélagos del Uruguay, es esperable que la mortalidad muestre un patrón de incidencia similar a dichas categorías.

Para el análisis espacial se realizó un mapeo de la oferta de refugios para las distintas especies, considerando que muchas de ellas se refugian en construcciones antrópicas: se mapearon las construcciones existentes en un área buffer de 3 km en torno al proyecto y se elaboró un mapa de calor mediante análisis de Kernel.

La evaluación del EsIA fue complementada en la respuesta SIC de enero 2026, analizando el impacto acumulativo sobre la biodiversidad derivado de la operación conjunta del parque eólico del proyecto y de la LAT Chamberlain – Tacuarembó. La evaluación completa se encuentra en la Sección 1.2 del Anexo IV de la respuesta SIC de enero 2026. El análisis se centró en la colisión de aves y su efecto acumulativo a nivel poblacional, mediante el análisis de Componentes Ambientales Valiosos (VEC) sobre especies o poblaciones sensibles, evaluando su vulnerabilidad frente a los impactos combinados de ambos proyectos; no se consideró la colisión de murciélagos, dado que no existen evidencias de colisión de estas especies con LATs. Como consideraciones finales, se plantea la dificultad de cuantificar la magnitud del potencial impacto acumulativo debido a la limitada disponibilidad de estudios con metodologías consistentes y comparables de referencia a nivel local. En virtud de ello se plantea la necesidad de incorporar al monitoreo biológico operativo del proyecto el monitoreo de mortandad en el tramo de la LAT que interactúa con el emprendimiento y en un área *buffer* adicional. Cabe destacar que, dado que la LAT entrará en operación de manera previa al proyecto, se contará con un período en el que podrá realizarse una línea de base, para luego determinar posibles efectos sinérgicos por la operación conjunta.

Se deberán implementar monitoreos de mortalidad de aves y murciélagos durante la etapa de operación del parque, con el fin de evaluar el impacto sobre las especies amenazadas y prioritarias para la conservación. Dada la presencia potencial y confirmada de estas especies en el área del proyecto, tanto el esfuerzo de muestreo como la duración de los monitoreos deberán ser altos. Asimismo, se realizará un relevamiento complementario de línea de base conforme a la Guía para el Monitoreo de Aves y Murciélagos en Parques Eólicos (2017), particularmente en lo referente a los períodos de relevamiento y a la representación de las temporadas cálida y fría, previo al inicio de la construcción del parque eólico.

En caso de detectarse eventos de colisión sobre especies amenazadas o prioritarias para la conservación, se deberá evaluar la aplicación de las medidas de mitigación reconocidas y aceptadas, las cuales suelen ajustarse a la o las especies que requieran minimizar la mortalidad:

- Parada a demanda de AG, especialmente aplicable para aves de gran porte.
- Aumento de la velocidad de arranque de los AG, medida de eficacia reconocida para la reducción de la mortalidad de murciélagos.
- Utilización de disuasores de vuelo para murciélagos.

Adicionalmente, se adoptarán medidas de reducción de la contaminación lumínica, iluminación con sensores de movimiento o temporizadores, luces de longitudes de onda menos perjudiciales para la fauna nocturna y pantallas que eviten la dispersión hacia el cielo, dado que el incremento de fuentes lumínicas congrega insectos y, consecuentemente, incrementa la actividad de murciélagos en el entorno de los AG, con el consiguiente aumento del riesgo de colisión. Con la implementación del programa de monitoreo y la aplicación adaptativa de las medidas de mitigación en función de sus resultados, el impacto residual resulta admisible sobre el medio receptor.

Complementariamente, el diseño del layout del parque eólico fue ajustado durante la evaluación ambiental en función de los resultados de los relevamientos de fauna, evitando la localización de AG en las zonas de mayor sensibilidad identificadas.

Id. 70 – Población cercana

La modelación de sombras fue realizada mediante el modelo computacional windPRO (módulo SHADOW), adoptando como criterio de distancia de máxima influencia la calculada cuando más del 20 % del sol es cubierto por la pala, lo que resulta en una distancia de 1.788 m para el aerogenerador NORDEX N163 considerado. Esta distancia es consistente con la Guía de EIA de Parques Eólicos de diciembre de 2015, que establece que el impacto por parpadeo de sombras resulta probablemente insignificante más allá de una distancia de 10 diámetros del rotor (1.630 m para el proyecto en estudio). Se consideraron entonces todos los receptores ubicados a una distancia menor a 1.800 m de cualquier AG, además de otros receptores más alejados. Esta aproximación resulta conservadora, ya que en las direcciones Norte y Sur la incidencia de sombras es mucho menor, acotándose el radio de afectación a aproximadamente 250 m desde el AG.

El análisis se desarrolló para el año de referencia 2031, empleando un paso temporal de cálculo de 1 minuto y un paso de 1 día para la evaluación anual, bajo el escenario de caso peor: sol visible durante todo el período entre el amanecer y el atardecer, AG en operación permanente y plano del rotor siempre perpendicular a la dirección de incidencia de la radiación solar.

Como criterio de evaluación, la *"Guía para la Evaluación de Impacto Ambiental de Parques Eólicos"* establece límites de tiempo acumulado de sombra intermitente proyectada sobre los receptores afectados. Para viviendas habitadas permanentemente se asigna como valor límite de recepción del efecto de parpadeo 30 h/año en un escenario del peor caso y un máximo diario de 30 minutos en ambos casos (peor caso y efecto real). Los límites se refieren al impacto acumulativo sobre un mismo receptor de todos los AG relevantes.

Dado que de la salida gráfica del modelo (Lámina 9-12 del EsIA) se observaba una zona con incumplimientos al límite anual, entre los receptores X e Y, se densificó la grilla en dicha zona, incorporando 16 receptores adicionales (de A'' a P''). Además, se incorporaron receptores ubicados en la alternativa de *bypass* propuesta por la IDT, dado que prevé áreas de expansión urbana sobre las cuales también debe verificarse el cumplimiento de los límites de afectación por sombras. Para ello se tomaron receptores de referencia sobre la traza del *bypass*, con una separación de 50 m entre ellos, totalizando 28 receptores (A' a AB'').

Como era de esperar, los resultados de la modelación muestran superaciones al límite anual (30 h/año) y en algunos casos del límite diario (30 min/d) en la zona Sur de Tambores y en la zona prevista por el nuevo *bypass,* generada principalmente por los AG 1 y 2. Por lo cual se definió como medida de mitigación una rutina de detención de estos AG que permite satisfacer ambos criterios sin generar pérdidas significativas en el balance de energía. La rutina de detención de AG (*curtailment*) definida se presenta en la **Tabla 8-9**Tabla 8-9.

Tabla 8-9: Rutina de curtailment AG 1 y 2.

	Fecha inicio	Fecha fin	Hora inicio	Hora fin
AG 01	07/02	15/02	6:43	6:50
	16/02	28/02	6:48	6:55
	01/03	15/03	6:58	7:05
	16/03	31/03	7:07	7:14
	01/04	15/04	7:34	7:41
	16/04	30/04	7:27	7:40
	16/08	31/08	7:29	7:42
	16/09	30/09	6:54	7:01
	01/10	15/10	6:37	6:44
	16/10	31/10	6:20	6:27
AG 02	01/01	15/01	6:14	6:26
	16/01	31/01	6:25	6:33
	01/02	15/02	6:27	6:47
	16/02	28/02	6:48	6:55
	16/10	31/10	6:18	6:25
	01/11	15/11	5:57	6:20
	16/11	30/11	5:52	6:15
	01/12	15/12	5:55	6:10
	16/12	31/12	6:06	6:18

En la **Tabla 8-10** se presenta un resumen de los resultados obtenidos para la afectación por proyección de sombras intermitentes (*flicker*) en cada uno de los receptores incorporados al modelo a lo largo del proceso de evaluación ambiental, sin y con medidas de mitigación (rutina de *curtailment* definida). Según se presenta en la tabla, con la aplicación de medidas de mitigación se da cumplimiento al criterio de 30 h/año y 30 min/d en todos los receptores considerados. Estos resultados también se pueden apreciar de forma gráfica en la **Lámina 8-4** y en la **Lámina 8-5.**

En conclusión, de la evaluación realizada, se desprende que con la implementación de las medidas de mitigación definidas (rutinas de paradas programadas de AG 1 y 2) se verifica el cumplimiento de los límites diarios y anuales de afectación por sombras en la totalidad de los receptores, incluyendo las áreas de expansión urbana previstas, por lo que el impacto residual resulta admisible sobre el medio receptor.

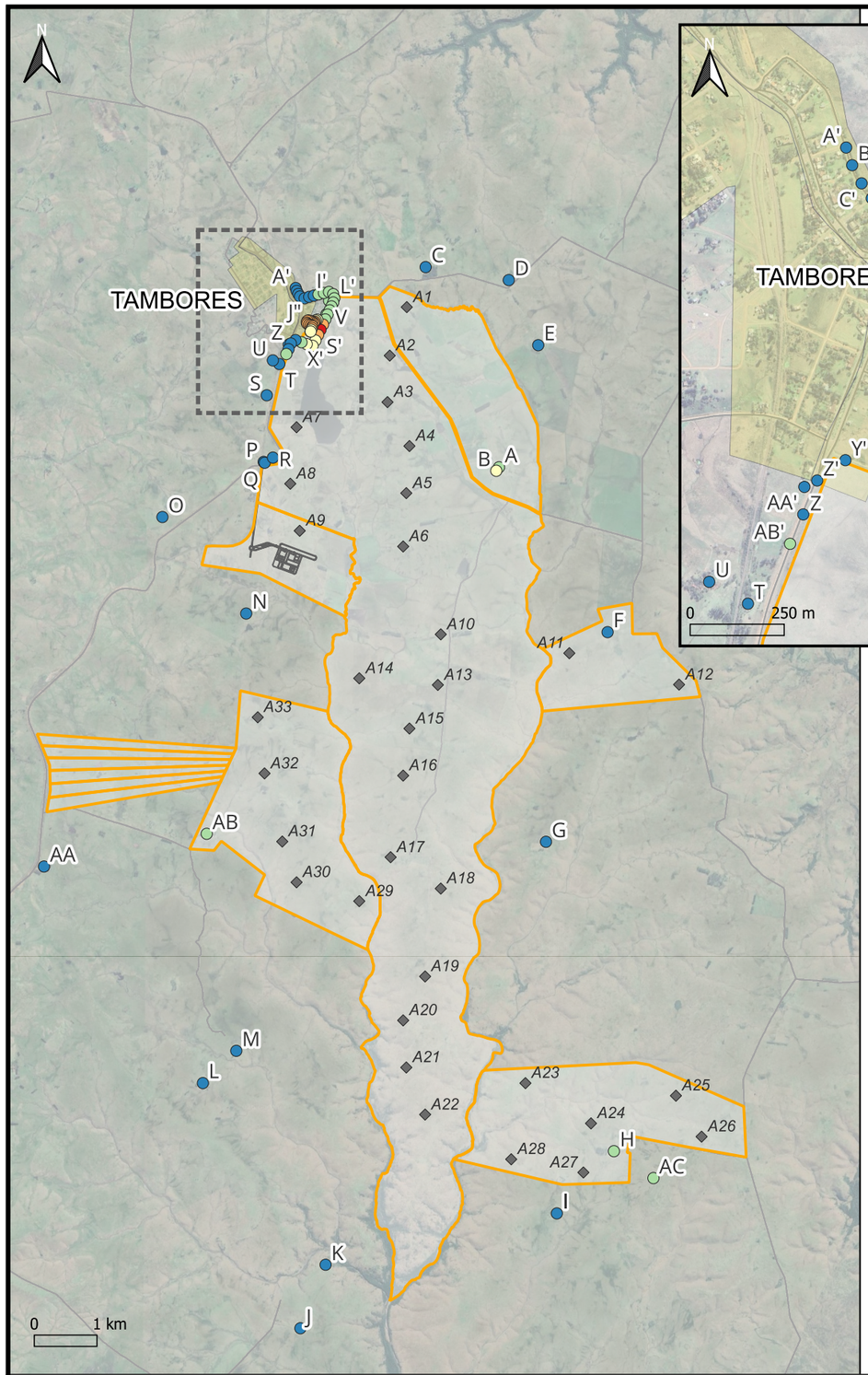
Tabla 8-10: Resultados en todos los receptores considerados con y sin medidas de *curtailment* sobre AG 1 y 2.

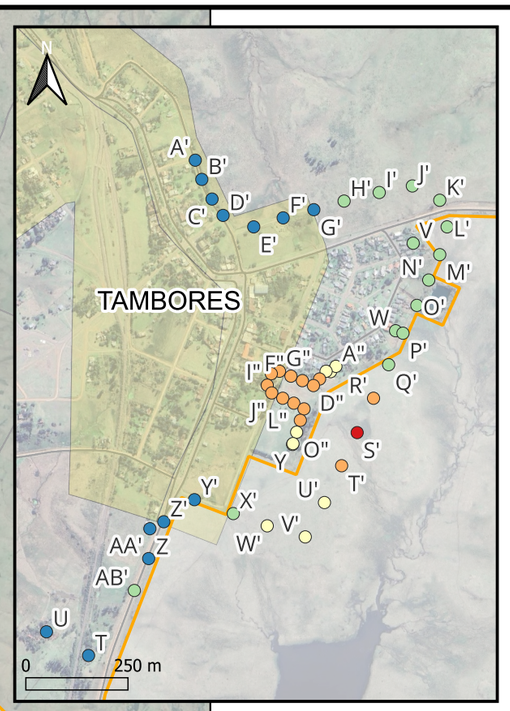
Grupo	Id receptor	Coordenada X (Easting, m)	Coordenada Y (Southing, m)	Horas de sombra al año sin *curtailment* (hh:mm)	Horas de sombra al año con *curtailment* (hh:mm)	Minutos en el peor día sin *curtailment* (min)	Minutos en el peor día con *curtailment* (min)
General - EsIA	A	575.159	6.470.098	19:49	19:49	22	22
General - EsIA	B	575.115	6.470.042	21:04	21:04	23	23
General - EsIA	C	573.988	6.473.287	00:00	00:00	0	0
General - EsIA	D	575.314	6.473.080	08:20	08:20	19	19
General - EsIA	E	575.784	6.472.043	00:00	00:00	0	0
General - EsIA	F	576.890	6.467.471	09:41	09:41	27	27
General - EsIA	G	575.908	6.464.131	00:00	00:00	0	0
General - EsIA	H	576.991	6.459.202	17:41	17:41	27	27
General - EsIA	I	576.081	6.458.211	00:00	00:00	0	0
General - EsIA	J	571.991	6.456.381	00:00	00:00	0	0
General - EsIA	K	572.393	6.457.393	00:00	00:00	0	0
General - EsIA	L	570.436	6.460.287	00:00	00:00	0	0
General - EsIA	M	570.969	6.460.801	00:00	00:00	0	0
General - EsIA	N	571.127	6.467.768	00:00	00:00	0	0
General - EsIA	O	569.791	6.469.305	00:00	00:00	0	0
General - EsIA	P	571.405	6.470.184	00:00	00:00	0	0
General - EsIA	Q	571.422	6.470.170	00:00	00:00	0	0
General - EsIA	R	571.553	6.470.252	00:00	00:00	0	0
General - EsIA	S	571.455	6.471.245	00:00	00:00	0	0
General - EsIA	T	571.655	6.471.743	05:34	05:34	17	17
General - EsIA	U	571.552	6.471.801	00:00	00:00	0	0
General - EsIA	V	572.449	6.472.751	14:26	11:26	30	27

Grupo	Id receptor	Coordenada X (Easting, m)	Coordenada Y (Southing, m)	Horas de sombra al año sin *curtailment* (hh:mm)	Horas de sombra al año con *curtailment* (hh:mm)	Minutos en el peor día sin *curtailment* (min)	Minutos en el peor día con *curtailment* (min)
General - EsIA	W	572.406	6.472.537	13:00	11:26	28	23
General - EsIA	X	572.247	6.472.437	28:38	17:15	26	24
General - EsIA	Y	572.154	6.472.259	26:13	11:33	28	23
General - EsIA	Z	571.805	6.472.053	07:27	07:07	20	20
General - EsIA	AA	567.902	6.463.737	00:00	00:00	0	0
General - EsIA	AB	570.497	6.464.259	15:57	15:57	29	28
General - EsIA	AC	577.621	6.458.773	15:20	15:20	29	29
Bypass – SIC 02 y 03	A'	571.916	6.472.954	00:00	00:00	0	0
Bypass – SIC 02 y 03	B'	571.932	6.472.907	05:55	03:56	17	14
Bypass – SIC 02 y 03	C'	571.957	6.472.859	06:05	04:09	18	14
Bypass – SIC 02 y 03	D'	571.984	6.472.819	06:15	03:47	18	15
Bypass – SIC 02 y 03	E'	572.059	6.472.791	07:11	04:23	20	17
Bypass – SIC 02 y 03	F'	572.131	6.472.813	08:09	05:27	21	18
Bypass – SIC 02 y 03	G'	572.206	6.472.833	09:24	06:29	23	18
Bypass – SIC 02 y 03	H'	572.280	6.472.854	10:24	07:11	24	17
Bypass – SIC 02 y 03	I'	572.366	6.472.875	12:29	08:58	26	19
Bypass – SIC 02 y 03	J'	572.447	6.472.891	15:22	11:26	29	23
Bypass – SIC 02 y 03	K'	572.514	6.472.856	17:31	13:41	32	25
Bypass – SIC 02 y 03	L'	572.532	6.472.791	17:25	13:53	32	27
Bypass – SIC 02 y 03	M'	572.514	6.472.723	16:26	13:15	32	28
Bypass – SIC 02 y 03	N'	572.487	6.472.661	15:26	12:23	31	26
Bypass – SIC 02 y 03	O'	572.458	6.472.599	14:31	11:52	30	28
Bypass – SIC 02 y 03	P'	572.424	6.472.531	13:38	12:20	29	25

Grupo	Id receptor	Coordenada X (Easting, m)	Coordenada Y (Southing, m)	Horas de sombra al año sin *curtailment* (hh:mm)	Horas de sombra al año con *curtailment* (hh:mm)	Minutos en el peor día sin *curtailment* (min)	Minutos en el peor día con *curtailment* (min)
Bypass – SIC 02 y 03	Q'	572.389	6.472.454	12:40	12:07	28	28
Bypass – SIC 02 y 03	R'	572.352	6.472.372	37:45	21:38	32	27
Bypass – SIC 02 y 03	S'	572.312	6.472.288	49:29	26:21	34	26
Bypass – SIC 02 y 03	T'	572.274	6.472.207	33:14	18:58	33	28
Bypass – SIC 02 y 03	U'	572.232	6.472.117	28:35	23:16	32	25
Bypass – SIC 02 y 03	V'	572.185	6.472.033	26:11	24:42	30	28
Bypass – SIC 02 y 03	W'	572.092	6.472.060	21:19	18:35	27	24
Bypass – SIC 02 y 03	X'	572.009	6.472.090	18:05	13:21	25	20
Bypass – SIC 02 y 03	Y'	571.914	6.472.124	09:15	06:46	23	16
Bypass – SIC 02 y 03	Z'	571.839	6.472.070	08:05	07:12	21	20
Bypass – SIC 02 y 03	AA'	571.802	6.471.980	07:30	07:31	21	21
Bypass – SIC 02 y 03	AB'	571.767	6.471.902	18:23	18:30	20	20
Tambores – SIC 04	A"	572.260	6.472.450	24:42	15:31	24	24
Tambores – SIC 04	B"	572.236	6.472.438	28:53	17:20	26	24
Tambores – SIC 04	C"	572.220	6.472.419	33:35	20:00	28	23
Tambores – SIC 04	D"	572.205	6.472.403	37:16	21:35	30	23
Tambores – SIC 04	E"	572.178	6.472.415	35:54	20:34	29	22
Tambores – SIC 04	F"	572.150	6.472.426	34:27	19:23	28	21
Tambores – SIC 04	G"	572.122	6.472.438	33:18	18:17	27	21
Tambores – SIC 04	H"	572.102	6.472.432	33:38	17:38	26	20
Tambores – SIC 04	I"	572.092	6.472.404	33:37	16:26	26	20
Tambores – SIC 04	J"	572.103	6.472.385	32:22	16:15	26	20
Tambores – SIC 04	K"	572.130	6.472.372	34:37	17:45	27	21

Grupo	Id receptor	Coordenada X (Easting, m)	Coordenada Y (Southing, m)	Horas de sombra al año sin *curtailment* (hh:mm)	Horas de sombra al año con *curtailment* (hh:mm)	Minutos en el peor día sin *curtailment* (min)	Minutos en el peor día con *curtailment* (min)
Tambores – SIC 04	L"	572.157	6.472.360	36:49	19:14	28	21
Tambores – SIC 04	M"	572.182	6.472.346	38:27	20:11	29	22
Tambores – SIC 04	N"	572.173	6.472.318	31:09	15:17	29	22
Tambores – SIC 04	O"	572.164	6.472.289	28:03	12:03	29	22
Tambores – SIC 04	P"	572.155	6.472.261	26:21	11:35	29	23

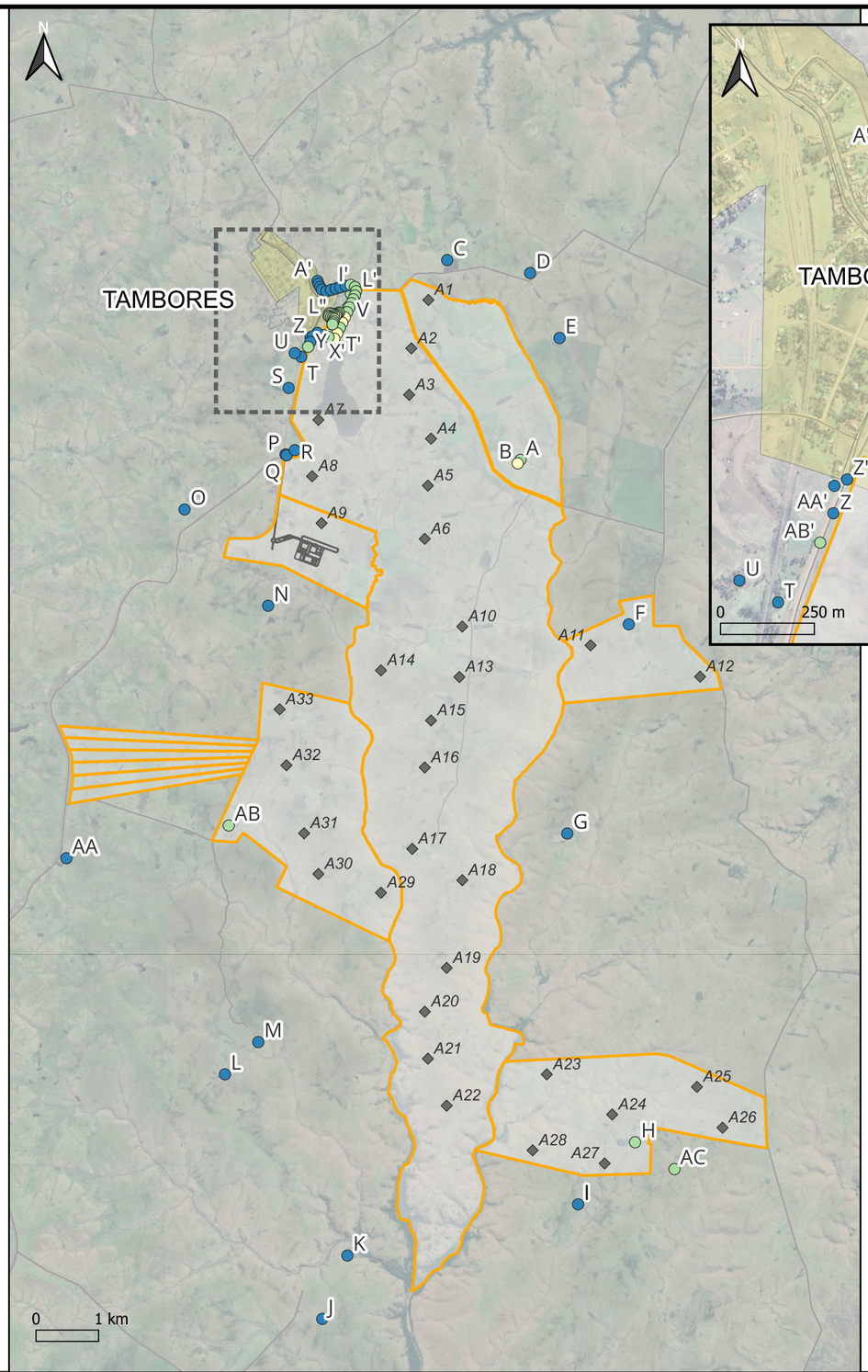


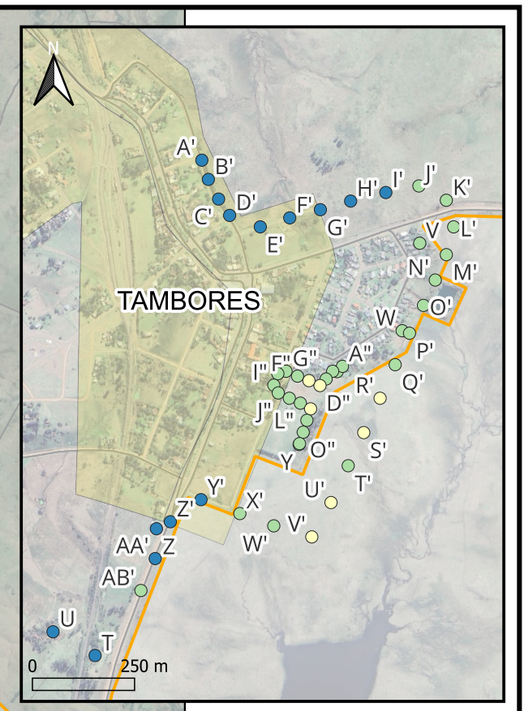


Detalle

Horas/año sin curtailment

- 0 - 10
- 10 - 20
- 20 - 30
- 30 - 40
- 40 - 50





Detalle

Horas/año con curtailment

- 0 - 10
- 10 - 20
- 20 - 30
- 30 - 40
- 40 - 50

REFERENCIAS

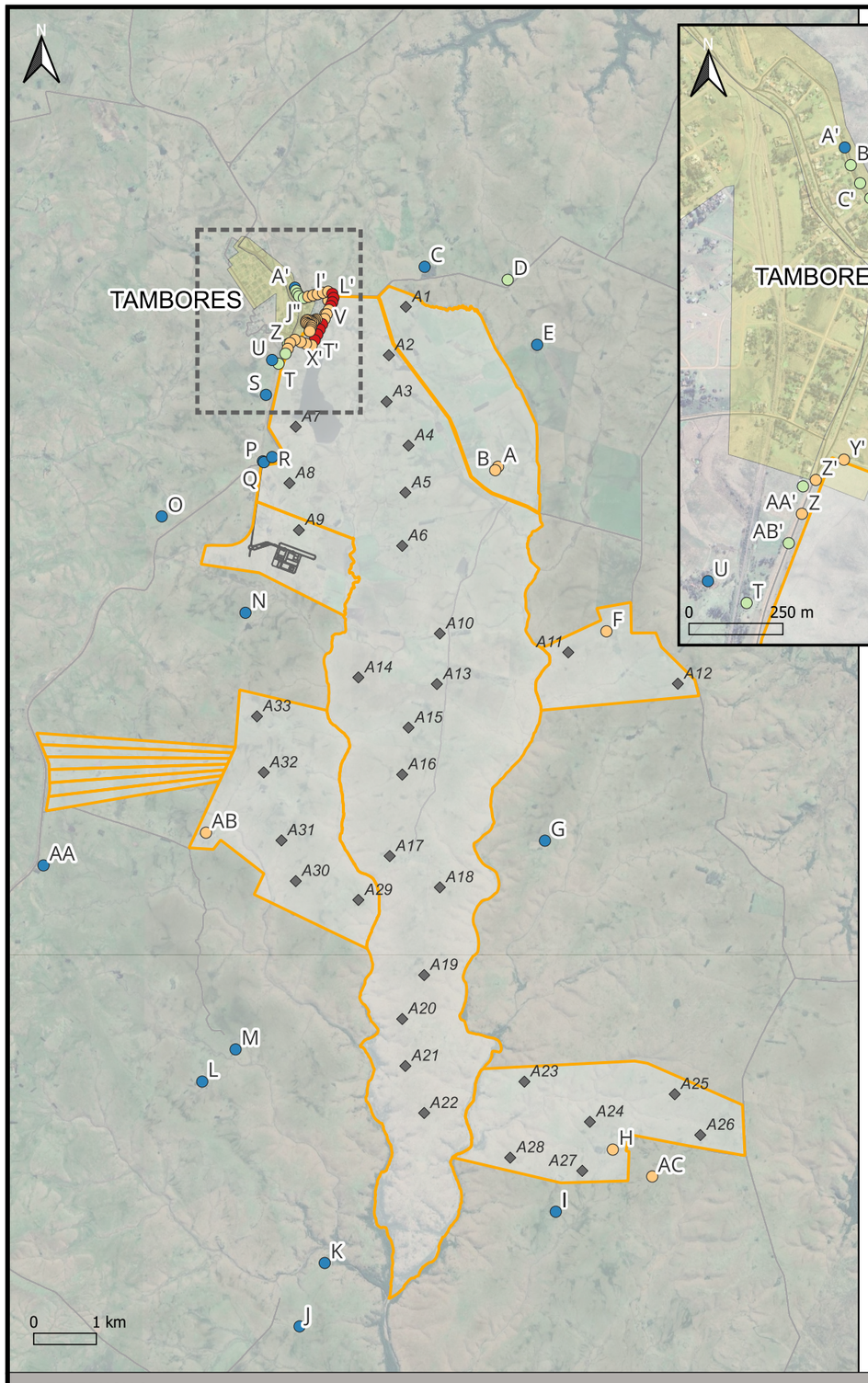
- Aerogeneradores
- Padrones del emprendimiento
- Planta industrial

estudio ingeniería ambiental

ENERTRAG
One energy ahead

LÁMINA DE RESULTADOS DE SOMBRAS POR HORAS		ESCALA 1:90.000 1:15.000
TITULAR	BELASAY S.A.	LAMINA **8-4**
PROYECTO	PLANTA DE PRODUCCIÓN DE E-METANOL A PARTIR DE HIDRÓGENO VERDE	
UBICACIÓN	DEPARTAMENTO DE TACUAREMBÓ	

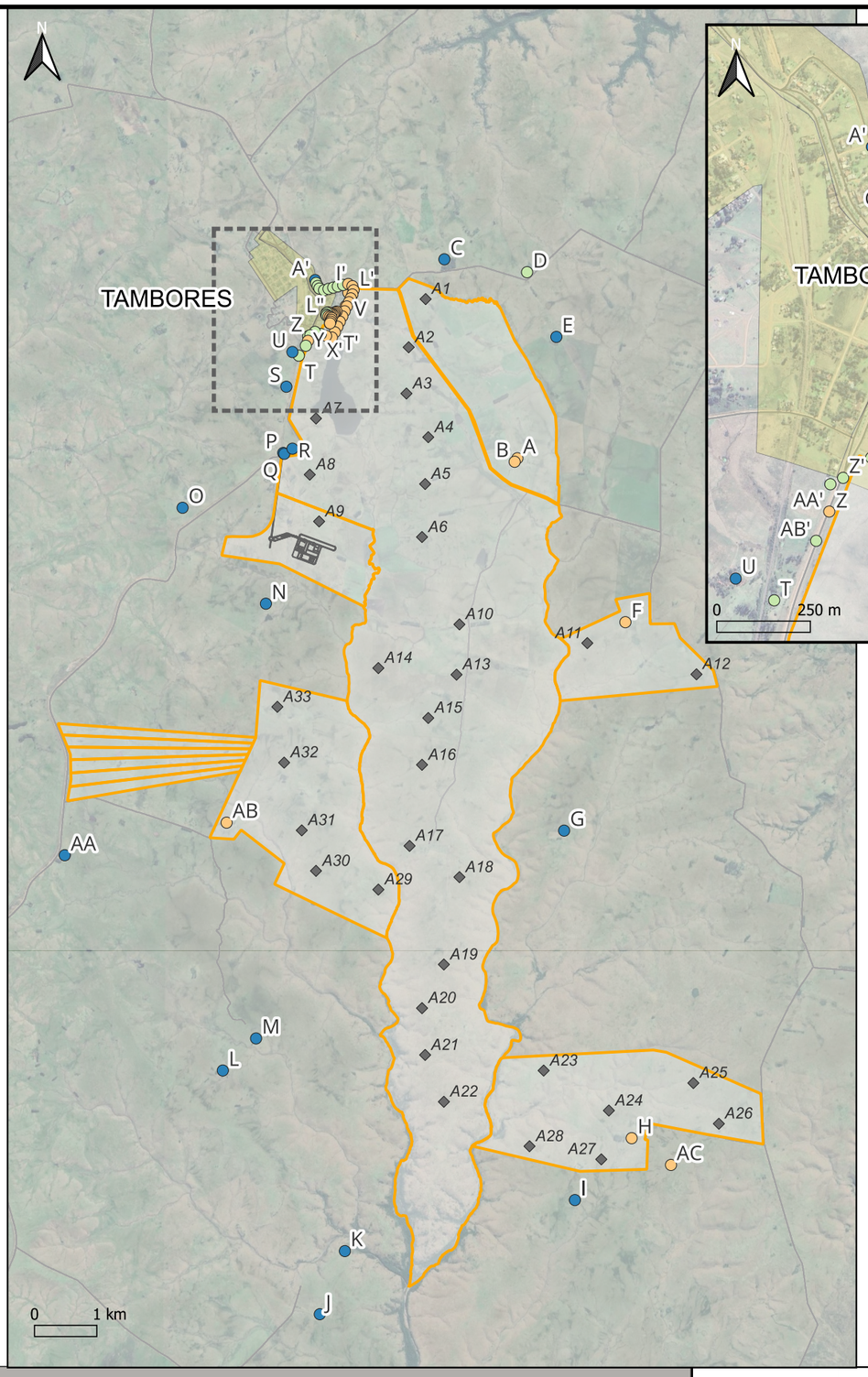
Página intencionalmente en blanco
para impresión en doble faz.



Detalle

Minutos/día sin curtailment

- 0 - 10
- 10 - 20
- 20 - 30
- 30 - 40



Detalle

Minutos/día con curtailment

- 0 - 10
- 10 - 20
- 20 - 30
- 30 - 40

REFERENCIAS

- Aerogeneradores
- Padrones del emprendimiento
- Planta industrial

estudio ingeniería ambiental

ENERTRAG One energy ahead

LÁMINA DE RESULTADOS DE SOMBRAS POR MINUTOS	ESCALA 1:90.000 1:15.000
TITULAR BELASAY S.A.	LAMINA **8-5**
PROYECTO PLANTA DE PRODUCCIÓN DE E-METANOL A PARTIR DE HIDRÓGENO VERDE	
UBICACIÓN DEPARTAMENTO DE TACUAREMBÓ	

Página intencionalmente en blanco
para impresión en doble faz.

Generación de campos electromagnéticos

La presencia de subestaciones, tendido eléctrico subterráneo y AG que forman parte del emprendimiento constituyen fuentes generadoras de Campos Electromagnéticos (CEM). El predio donde se instalará la planta industrial será atravesado por la futura línea de alta tensión de 500 kV, actualmente en construcción, lo que ha permitido la conexión directa a dicha línea sin necesidad de realizar tendidos específicos hacia una subestación de conexión, unidad que será construida directamente dentro del sitio industrial.

Si bien en el pasado se ha relacionado la exposición a CEM con efectos sobre la salud, no existen relaciones causa-efecto que lo demuestren de forma concluyente. Ello, sumado al diseño de la red eléctrica manteniendo distancias de seguridad, al monitoreo de los niveles de exposición de la población general y al cumplimiento de la normativa vigente, determina que el potencial impacto sea esencialmente de percepción social y no un efecto real sobre la salud. Por lo anterior, para la valoración del impacto **Id. 71** se consideró una magnitud baja (1); una importancia media-alta (4) del factor impactado; una probabilidad de ocurrencia baja (1), dado que al momento no hay pruebas concluyentes; una duración sostenida en el tiempo en caso de ocurrencia (4); y un grado de conocimiento alto (1), resultando una significancia baja.

Id	Aspecto	Factor	Impacto	V	S
71	Generación de campos electromagnéticos	Población cercana	Afectación de la población cercana por exposición a campos electromagnéticos	11	Baja

Id. 71 – Población cercana

Los CEM asociados a la transmisión eléctrica se encuentran dentro de la categoría de frecuencias extremadamente bajas, dado que el sistema eléctrico uruguayo opera a 50 Hz. En 2002 la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) clasificó los campos magnéticos de extrema baja frecuencia en la categoría 2B, es decir, posibles cancerígenos para los seres humanos, mientras que los campos estáticos y eléctricos de extrema baja frecuencia fueron considerados no clasificables debido a información científica insuficiente o inconsistente. No obstante, no se cuenta a la fecha con información científica concluyente que establezca una relación causal.

El diseño del proyecto contempla el cumplimiento de los límites de exposición poblacional establecidos por las referencias internacionales aplicables, manteniendo las distancias de seguridad correspondientes entre las instalaciones eléctricas y los receptores. Cabe señalar que las principales fuentes, subestaciones y tendidos de media y alta tensión, se localizan dentro de los padrones del emprendimiento, a distancias considerables de los receptores poblacionales del entorno, y que el tendido de interconexión entre la subestación y el sitio industrial es subterráneo, configuración que reduce sustancialmente la intensidad del campo a nivel de superficie.

Una vez que la red eléctrica del proyecto se haya energizado, se realizará una medición de control para verificar que se cumplen con los valores esperados. En función de los resultados de la medición planificada y en caso de ser necesarias, el equipo técnico a cargo establecerá las medidas a tomar, sin embargo dada la experiencia no es de esperar que sean necesarias medidas adicionales. En caso de recibir quejas o preocupación de la población cercana sobre este potencial impacto y a los efectos de mitigar la posible percepción social negativa, se coordinará un monitoreo de CEMs en las viviendas que resulten necesarias y en particular en las zonas que sean ocupados por una mayor cantidad de tiempo. Por lo anteriormente expuesto, y considerando que se prevén medidas de diseño apropiadas para asegurar el cumplimiento de los umbrales de exposición indicados en la normativa, los cuales además se podrán monitorear

una vez entren en operación, se entiende que el impacto será de significancia baja sin requerir medidas de mitigación adicionales.

Uso de recursos

El uso de agua como parte del proceso productivo, sea de fuentes superficiales o subterráneas, implica un aumento de la demanda local del recurso, la cual, en caso de no contar con una estrategia de abastecimiento adecuada, podría generar una afectación en la disponibilidad del recurso y consecuentemente del nivel de servicio en la zona (**Id. 73 y 74**). Por otro lado, la construcción y operación inadecuada de los pozos de agua podría resultar en un impacto sobre la calidad del agua subterránea a la que se accede a través de los mismos (**Id. 72**). Del mismo modo, una gestión inadecuada de la nueva presa podría conducir a impactos sobre la calidad de agua del embalse, así como aguas abajo del curso involucrado (**Id. 93**).

Para la valoración de los impactos **Id. 73 y 74** se consideró una magnitud alta (4); una importancia alta (8) del factor impactado; una duración permanente (4); una probabilidad de ocurrencia probable (2); y un grado de conocimiento medio, debido a que existen medidas de gestión comúnmente utilizadas para su manejo pero no siempre resultan adecuadas (2). De esta valoración resulta una significancia alta para ambos impactos, por lo que fueron objeto de una evaluación específica y detallada.

Para el impacto **Id. 72** se consideró una magnitud media (2); una importancia media-alta (4) del factor impactado; una duración temporal con plazo determinable (2); una probabilidad de ocurrencia poco probable (1); y un grado de conocimiento alto, dado que existen medidas de gestión comúnmente utilizadas y la construcción de pozos está regulada por normativa (1), resultando una significancia baja.

Para el impacto **Id. 93** se consideró una magnitud alta (4); una importancia media-alta (4) del factor impactado; una duración intermitente (1); una probabilidad de ocurrencia probable (2); y un grado de conocimiento medio (2), resultando una significancia media del potencial impacto.

Id	Aspecto	Factor	Impacto	V	S
72	Uso de recursos	Calidad del agua subterránea	Deterioro de la calidad del agua subterránea por manejo inadecuado de pozos	10	Baja
73		Cantidad de agua superficial	Afectación de la disponibilidad del agua superficial por una gestión inadecuada del recurso	20	Alta
74		Cantidad de agua subterránea	Afectación de la disponibilidad del agua subterránea por una gestión inadecuada del recurso	20	Alta
93		Calidad de agua superficial	Deterioro de la calidad de agua superficial por gestión inadecuada de la nueva presa	13	Media

Id. 73 y 74 – Cantidad de agua

Enfoque de la evaluación

La demanda de agua de proceso, proveniente de cursos de agua superficial o de pozos de agua subterránea, implica un aumento local de la demanda y una posible afectación del nivel de servicio de la zona. Si bien puede percibirse que las cantidades de agua involucradas son significativas, no lo son al compararlas con otras demandas hídricas que tienen lugar en el país, tales como las de determinadas industrias o la demanda para riego del sector agrícola. En el informe IMFIA (2025) se realiza la comparativa entre la demanda actual según los permisos otorgados por la DINAGUA, contra una estimación del consumo de agua a nivel nacional para la producción de H_2V, en un escenario proyectado de producción anual de 1 millón de toneladas

de H_2V al año para el 2040. En este informe se estima un requerimiento de agua medio de entre 37 y 43 m^3/t H_2V, lo que resulta para el escenario de producción de 1 millón de toneladas de H_2V un requerimiento anual de entre 37 y 43 millones de m^3/año (**Tabla 8-11**).

Tabla 8-11: Comparativa de la demanda proyectada al 2040 para la producción de H_2V y la demanda actual. Fuente: IMFIA (2025).

Uso	Valor (millones de m^3)
Proyección de consumo para la producción de H_2V al 2040 (nivel país)	37 - 43
Consumo humano	419
Consumo industrial	610
Riego	3.257
Otros usos	138

De acuerdo con la **Tabla 8-11** y lo destacado en el propio informe, los valores proyectados a nivel nacional para el año 2040 resultan entre uno y dos órdenes de magnitud menores a la demanda actual del país. Además, se indica que la demanda de agua para el H_2V no presenta ninguna característica distinta a la que representan otros usos existentes en cantidad o concentración geográfica, tampoco presenta una estacionalidad asociada como otras actividades, donde la demanda es máxima cuando la oferta es mínima.

Sin perjuicio de que resulten cantidades poco significativas frente a otros usos, la escala del proyecto, la selección de la localización del emprendimiento y el diseño del esquema de abastecimiento constituyen aspectos fundamentales para garantizar que no existan afectaciones en la disponibilidad del agua a nivel regional o local. La evaluación se aborda, por tanto, en dos niveles: el efecto regional, a partir de la comparación de la localización seleccionada con la evaluación de estrés por cuenca del IMFIA (2025); y el efecto local, a partir de un estudio de disponibilidad hídrica realizado específicamente para el proyecto.

Evaluación del efecto regional de la demanda

Los informes del IMFIA (2025) analizan el estrés de diferentes cuencas superficiales y reservas de agua subterránea frente a distintas escalas de proyectos de H_2V, considerando un proyecto de escala mediana (1.000 m^3/d) y uno de escala grande (7.000 m^3/d). El proyecto en estudio, medido por su consumo de agua (660 m^3/d), se encuentra incluso por debajo de la escala mediana.

En cuanto al recurso superficial, según el informe del IMFIA el nivel de estrés de la cuenca de Nivel 2 asociada al proyecto se encuentra por debajo del 10 % en la situación actual, y se mantiene igual con el agregado de un proyecto de escala mediana o grande, tanto para la oferta media como para la mínima anual. Analizando el cuatrimestre diciembre-marzo, tanto en la situación actual como con proyecto el estrés se mantiene por debajo del 10 % para la oferta media; para la oferta mínima el estrés de la cuenca en estudio se encuentra entre el 20 y el 40 %, tanto en la situación actual como con proyecto. De acuerdo con los mapas generados por el IMFIA, la cuenca de Nivel 2 del proyecto se encuentra entre las que presentan un menor nivel de presión, tanto en el análisis anual como en el estacional. Los informes destacan asimismo la necesidad de considerar la variabilidad temporal y espacial de la oferta de agua, dado que existen varias cuencas del país que sufren escasez hídrica con las demandas y la variabilidad climática actuales y no soportan mayor presión, principalmente en estiaje; estas recomendaciones fueron atendidas con detalle en la formulación del proyecto.

En cuanto al recurso subterráneo, el IMFIA indica que el agua subterránea constituye una fuente potencialmente adecuada para la producción de H_2V, ya sea como recurso base o como fuente complementaria. El análisis de estrés hídrico realizado para los acuíferos con información de recarga disponible arroja, para el año 2024, valores del 3 % para el Guaraní, 31 % para el Raigón

y 4 % para los Cretácicos del Oeste, verificándose que la incorporación de proyectos de H_2V, incluso de gran escala y con escenarios de duplicación de la demanda actual, no modifica de forma apreciable el nivel de estrés del acuífero Guaraní, que es el que resulta de interés para el presente proyecto.

Evaluación del efecto local: esquema de abastecimiento

A partir del estudio de disponibilidad hídrica desarrollado específicamente para el proyecto, denominado *"Estudio de disponibilidad hídrica y propuesta de suministro de agua para el emprendimiento"* realizado por la empresa Ingesur SRL que se encuentra en el ANEXO VIII del DP, se definió un esquema de abastecimiento de agua bruta orientado a asegurar el suministro de agua de producción los 365 días del año, estableciendo una fuente principal y fuentes de respaldo con criterios de redundancia, en base a un análisis de posibles contingencias (roturas de equipamiento de bombeo, líneas de impulsión, afectaciones a la calidad del agua, entre otras) y a los criterios de seguridad definidos por la titular. El esquema resultante se resume en la **Tabla 8-12**.

Tabla 8-12: Esquema de abastecimiento de agua bruta para la fase de operación.

Demanda	Fuente	Descripción	Volumen
Proceso (660 m³/d)	Fuente principal	Nueva presa a construir en padrones cercanos al sitio industrial, diseñada para satisfacer el 100 % de la demanda incluyendo la variabilidad prevista por cambio climático.	118.500 m³ embalsados
Proceso (660 m³/d)	Respaldo Nº 1	Embalse existente en predio adyacente, sujeto a acuerdo con los propietarios para su aprovechamiento y gestión.	60.000 m³/año, máximo 90 días
Proceso (660 m³/d)	Respaldo Nº 2	Campo de perforaciones en sector aflorante del acuífero Tacuarembó/Guaraní, a 12 km al Este del sitio industrial.	40.000 m³/año, máximo 90 días
Usos secundarios (15 m³/d)	Fuente única	Perforación en basaltos dentro del sitio industrial.	-

Probabilidad de uso de las fuentes de respaldo

El esquema de abastecimiento fue objeto de un análisis específico de probabilidad de uso de las fuentes de respaldo (Anexo 3 de la respuesta a la SIC 02 y 03 y actualización de las observaciones al IAR). El análisis parte de seis contingencias capaces de dejar una fuente fuera de servicio: rotura de la tubería de succión, rotura de la tubería de impulsión, falla de los equipos de bombeo, falta de energía para la operación, déficit hídrico y, en el caso del embalse existente, calidad de agua inadecuada, a las que se asignan frecuencias y duraciones máximas a partir de la experiencia operativa y del estudio de disponibilidad hídrica. Combinando las probabilidades de ocurrencia y simulando 50.000 días de operación, se obtiene la probabilidad de que cada fuente de respaldo deba ponerse en operación por distintos períodos de tiempo.

La fuente de respaldo Nº 1 (superficial) presenta una probabilidad de uso mayor que la fuente de respaldo Nº 2 (agua subterránea). En el caso de la fuente de respaldo superficial, se estima que todos los años se deberá recurrir a ella al menos un día para el abastecimiento de la planta, por lo que su probabilidad de uso anual es del 100 %. Por otra parte, la probabilidad de que un día cualquiera esta fuente se encuentre en uso dentro de un período continuo de más de 1 día es del 19,6 %, y se reduce al 2,4 % para períodos continuos de más de 25 días.

En el caso de la fuente de respaldo Nº 2, la probabilidad de que un día cualquiera se deba recurrir a esta fuente es menor que en el caso de la fuente de respaldo Nº 1, ya que para ello la fuente principal y la fuente de respaldo Nº 1 deberían encontrarse fuera de servicio en forma simultánea. En este caso, la probabilidad de que un día cualquiera el campo de pozos se

encuentre en uso dentro de un período continuo de más de 1 día es del 13,8 %, y es menor al 1 % para períodos continuos de más de 25 días.

En consecuencia, el uso de las fuentes de respaldo sería esporádico y por períodos breves. La existencia de estas fuentes, aun con baja probabilidad de utilización efectiva, responde al criterio de plan de seguridad del agua y aporta robustez al suministro al combinar orígenes superficiales y subterráneos, cuyas causas de falla son independientes.

Fuente principal: nueva presa

Del estudio de disponibilidad hídrica se seleccionó una cuenca de 739 ha ubicada aproximadamente a 3,5 km al Sur del sitio industrial. En el marco de la SDUA ante la DINAGUA se realizó el estudio hidrológico para el diseño de la presa incorporando la variable de cambio climático: la obra se dimensionó considerando 52 proyecciones climáticas futuras, satisfaciendo la demanda en 50 de ellas. De acuerdo con el instructivo técnico de la DINAGUA, la obra proyectada se clasifica como tajamar grande, con un volumen embalsado de 118.500 m³ y un área de espejo de agua de 13 ha.

La cuenca de aporte de la nueva presa representa aproximadamente un 5,9 % del área de la cuenca hidrográfica del Río Negro de Nivel 5 y un 1,3 % de la cuenca de Nivel 4. De acuerdo con el análisis de información geográfica realizado, no se identifican otros usos permitidos en esta cuenca que puedan ser afectados directamente.

Adicionalmente, el diseño prevé la erogación de un caudal de servidumbre ambiental de forma de mantener las condiciones hidrológicas aguas abajo del cierre. Al no contar el curso con mediciones hidrológicas históricas propias, la estimación de caudales se apoyó en la "Regionalización de Estadísticas de Caudales" (DINAGUA, 2019), utilizando como referencia la cuenca Nº 173 (518 km², región Noroeste) por ser la de tamaño y características de suelo más asimilables. A partir de dicho análisis y de la "Guía metodológica de Caudales Ambientales", se propone un caudal ambiental (de servidumbre) de 0,1 L/s·km², equivalente a un Q90 estacional, lo que representa un caudal a erogar de 67 m³/d para la cuenca de 739 ha, del orden del 10 % de la demanda del emprendimiento. Cabe destacar que, el caudal ambiental de 67 m³/d propuesto se encuentra bajo análisis técnico de la DINAGUA en el marco de la SDUA.

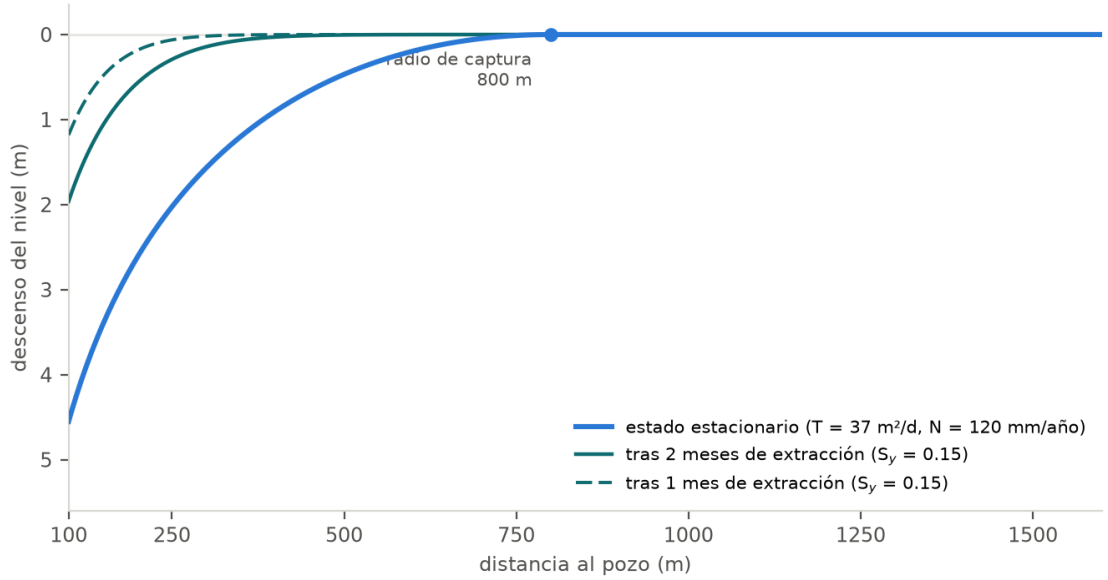
Fuente de respaldo Nº 2: agua subterránea

En el área de estudio se presentan dos unidades hidrogeológicas que cuentan con agua relativamente moderna, resultado de la recarga natural local. La demanda diaria proyectada sobre el acuífero Guaraní, en el sector de areniscas aflorantes, podrá ser realizada en forma sustentable, tratándose de una zona que por su abundante disponibilidad de agua permite incluso la extracción de caudales mayores en caso de ser necesaria para otros usos. Para ello se requiere conformar la extracción en zonas ubicadas a distancias superiores a 10 km del sitio industrial, previéndose por tanto una conducción de al menos 12 km; este contexto extractivo se considera válido para cualquier área definida en sectores aflorantes del acuífero Guaraní.

En el marco de la evaluación ambiental se realizó una estimación del cono de descenso posible en el área de influencia y la potencial afectación a pozos de terceros, por el uso potencial de la fuente de respaldo Nº 2. Cabe destacar que, el análisis de posibles descensos en el entorno requiere definir un escenario que no se ajusta a un evento real, ya que se debe considerar una extracción continua, con el único fin de identificar un escenario extremo, pesimista, de fácil estimación, situación que dista sustancialmente de la condición de uso definida como segunda fuente de respaldo.

El uso de esta fuente se evalúa mediante una solución analítica que toma valores del modelo regional desarrollado para la evaluación de disponibilidad de agua, informe que integra el EsIA presentado. La evaluación se realiza considerando que se debe suministrar la demanda diaria del proyecto de 660 m^3/d con un volumen máximo de extracción de 40.000 m^3 al año.

Los resultados indican que, tras un mes de extracción no hay afectación más allá de los 400 m, y al cabo de dos meses a dicha distancia el descenso de nivel sería del orden de 3 cm, prácticamente indetectable, en el rango del error de medición. El descenso luego de dos meses de operación sería de 0,45 m a 200 m y de 1,80 m a 100 m. La visualización gráfica de estos resultados se puede apreciar en la **Figura 8-3**.



Se representa desde 100 m: a distancias menores el flujo lo gobiernan la fracturación y la anisotropía, que un medio continuo equivalente no describe. Con recarga areal el cono es finito y se cierra donde el bombeo iguala a la recarga capturada. Las curvas de 1 y 2 meses se calculan sin captura de recarga, despreciable a esos plazos.

Figura 8-3: Cono de descenso para 660 m^3/d de extracción en un solo pozo.

Considerando que en un escenario de extracción de 2 meses, los descensos detectables se ubican en un radio de 400 m y que este descenso se desarrolla sobre un espesor saturado del acuífero (180 m) no se espera que la extracción prevista comprometa el espesor disponible.

Al momento de realización de este estudio no se verifican pozos de terceros registrados en el sector aflorante estudiado, por lo cual, la interferencia con pozos de terceros deberá realizarse una vez sea seleccionada la ubicación del campo de pozos y definida un área acotada en la que realizar relevamiento de campo.

En etapas posteriores, se realizará el diseño de detalle del campo de pozos, para el cual se solicitará el permiso de uso de agua ante la DINAGUA, organismo que lo otorgará en la medida que se verifique que no existe afectación al recurso. La construcción y operación de los pozos de respaldo se realizará de acuerdo con el Decreto 86/004, Reglamentación de Normas Técnicas Constructivas de Pozos para la Captación de Aguas Subterráneas.

Conclusiones

De la evaluación precedente se desprende que la demanda de agua del proyecto puede desarrollarse en la zona de implantación seleccionada sin generar estrés hídrico en las aguas superficiales o subterráneas, aun considerando las proyecciones de consumo para las actividades que hoy se realizan. El sistema de abastecimiento de agua bruta fue concebido en base a las recomendaciones de los informes del IMFIA y a un estudio local detallado, habiéndose diseñado un esquema que permite garantizar un uso sostenible del recurso, combinando el abastecimiento principal desde un embalse conformado mediante una nueva presa con dos fuentes de respaldo de uso acotado a un máximo de 90 días al año cada una.

La ubicación de la nueva presa y su área de aporte no significan una interferencia sustancial respecto de los usos permitidos actuales, encontrándose en trámite la autorización

correspondiente ante la DINAGUA, que prevé además la reserva de agua necesaria para erogar diariamente un caudal ecológico acorde a la cuenca embalsada. En cuanto al campo de pozos concebido como segunda fuente de respaldo, ha sido definido como viable y sostenible en cualquier sector del acuífero Guaraní aflorante ubicado a más de 10 km de la zona de proyecto, no modificando su extracción el nivel de estrés actual del acuífero, calculado como muy bajo tanto en el contexto actual de uso como en las proyecciones analizadas. En el caso hipotético de que sea necesario utilizar uno o dos meses esta segunda fuente de respaldo, los descensos detectables (0,45 m) se ubicarán dentro un radio de 200 m del centro del área de bombeo, sin comprometer el espesor saturado disponible del acuífero (180 m). Al momento de realización de este estudio no se verifican pozos de terceros registrados en el sector aflorante estudiado, por lo cual, la interferencia con pozos de terceros deberá realizarse una vez sea seleccionada la ubicación del campo de pozos y definida un área acotada en la que realizar un relevamiento de campo.

Por todo lo anterior, se entiende que el impacto residual sobre el recurso superficial y subterráneo, tanto en calidad como en nivel de servicio, será de significancia baja y admisible sobre el medio receptor.

Id. 72 – Calidad del agua subterránea

La construcción de perforaciones es actualmente realizada con seguimiento técnico detallado por parte de empresas habilitadas y siguiendo pautas específicas para su construcción y desarrollo, conforme al Decreto 86/004, que establece las condiciones que deberán cumplir el técnico competente y la empresa perforadora durante la ejecución de la obra y su puesta en condiciones de explotación. En particular, el diseño constructivo de los pozos contempla el sellado sanitario con cemento-bentonita en el tramo superior, de forma de prevenir la comunicación entre niveles acuíferos y el ingreso de contaminantes desde superficie. Estas condiciones hacen que el impacto sea de baja significancia y adecuadamente gestionable con los permisos que se solicitan para el desarrollo y operación de este tipo de infraestructura, resultando admisible sobre el medio receptor.

Id. 93 – Calidad de agua superficial

Introducción

La presente evaluación se encuentra desarrollada en la respuesta a las SIC 02 y 03. A continuación, se presenta un resumen de la misma.

En términos generales, el represamiento de aguas superficiales genera modificaciones en el régimen hidrológico aguas abajo del punto de cierre, con el potencial de alterar los caudales naturales y, en consecuencia, las características de los ecosistemas acuáticos asociados y los usos antrópicos que dependen del recurso. Asimismo, la disminución de la velocidad del flujo y el incremento del tiempo de residencia del agua en el embalse favorecen la sedimentación de partículas y la retención de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo; cuando existen aportes significativos desde la cuenca, estas condiciones pueden favorecer procesos de eutrofización, manifestados por un aumento de la productividad biológica, la proliferación de algas y cianobacterias y, eventualmente, la disminución del oxígeno disuelto. La evaluación del estado trófico constituye la herramienta habitual para valorar la susceptibilidad del sistema a estos procesos, siendo la concentración de fósforo total uno de los principales indicadores empleados.

Si bien se entiende que, de acuerdo con las dimensiones del proyecto, la evaluación de estos aspectos no es habitualmente realizada, a continuación, se analiza la modificación del régimen hídrico y sus implicancias sobre la cantidad y calidad aguas abajo del embalse.

Modificación del régimen hídrico aguas abajo

La SDUA del embalse proyectado ha sido presentada ante la DINAGUA. De acuerdo con sus dimensiones y características constructivas, la obra clasifica como un tajamar grande. Entre los recaudos presentados se incluye un informe hidrológico específico elaborado conforme al instructivo técnico de la DINAGUA. En el punto de cierre seleccionado la cuenca de aporte es de 739 ha.

La obra prevé una capacidad de almacenamiento de 118.500 m³. Considerando la precipitación media anual y las condiciones de evapotranspiración, el volumen anual de escorrentía de la cuenca alcanza aproximadamente 6.250.000 m³. En consecuencia, la escorrentía media anual representa unas 55 veces el volumen de almacenamiento del embalse, aproximadamente 53 veces por año considerando la demanda anual del proyecto.

El embalse permanecerá la mayor parte del tiempo con un nivel de agua próximo al nivel de operación del vertedero. El balance hídrico mensual realizado para un período de 30 años muestra que únicamente durante el 1,1 % del tiempo (equivalente a cuatro meses) la demanda del proyecto supera la escorrentía generada en la cuenca.

Asimismo, debe considerarse que el proyecto se desarrolla en una cuenca de pequeñas dimensiones (739 ha, inferior a 10 km²), cuyos aportes presentan un régimen naturalmente intermitente. En períodos prolongados sin precipitaciones no se genera escorrentía en el curso de agua, por lo que la flora y la fauna presentes se encuentran adaptadas a esta dinámica hidrológica. Esto se evidencia en los valores del caudal aforado en la estación E4, que evidencian el comportamiento de una cuenca con un caudal de escorrentía variable que tiende a caudales muy bajo a nulos en época de estiaje.

No obstante, y aunque este tipo de medida no suele requerirse para obras de las características analizadas, el proyecto prevé destinar parte del volumen de almacenamiento a una servidumbre de agua (caudal ambiental). Este volumen fue determinado a partir de la cuenca más representativa de la zona. De acuerdo con el informe técnico presentado ante la DINAGUA, se adoptó para la cuenca de aporte un comportamiento hidrológico similar al de las cuencas vecinas ubicadas hacia el oeste, seleccionándose como referencia la cuenca Nº 173 por presentar características semejantes en cuanto a superficie, pendientes, suelos y material parental.

Con estas consideraciones se definió un caudal ambiental de 0,1 L/s·km², con lo cual para la cuenca de aporte de 739 ha resulta un caudal a erogar de 67 m³/d, valor que se encuentra bajo análisis técnico de DINAGUA en el marco de la SDUA. Con esta servidumbre de agua definida se tiene que un 22 % del volumen total de almacenamiento del reservorio proyectado está destinado para tal fin.

Por consiguiente, el proyecto asegura la descarga permanente de un caudal ambiental aguas abajo del embalse, incluso en un curso de agua de régimen naturalmente intermitente, particularmente durante la época estival. Desde el punto de vista ambiental, esta condición constituye un efecto favorable sobre el régimen hídrico aguas abajo.

Finalmente, se destaca que en los padrones ubicados inmediatamente aguas abajo de la obra se identifican diversas aguadas destinadas, potencialmente, al abrevadero de ganado, por lo que se descarta que la operación del embalse genere una afectación significativa sobre los usos actuales del recurso hídrico.

Potencial de eutrofización y su efecto sobre la calidad del agua

Con el objetivo de establecer una línea de base, desde hace un año se desarrolla un plan de monitoreo de calidad de agua que comprende un amplio conjunto de parámetros determinados en estaciones seleccionadas en función de la relación del proyecto con su entorno. Entre dichas estaciones se definió el punto E4, ubicado en el drenaje donde se proyecta implantar el cierre del embalse (**Figura 7-3**).

A efectos de evaluar el riesgo de eutrofización, se analizaron principalmente las concentraciones de fósforo total, nitratos y nitrógeno amoniacal. En particular, el fósforo total constituye el parámetro utilizado para determinar el estado trófico del sistema mediante el Índice de Estado Trófico (IET), metodología adoptada por el Ministerio de Ambiente para la evaluación de cursos de agua y embalses. Para ello se aplicaron las ecuaciones propuestas por Lamparelli (2004)[5] para cuerpos lóticos y por Cunha *et al.* (2013)[6] para cuerpos lénticos. El IET se normaliza en una escala de 0 a 100, dividida en seis rangos de estados tróficos: ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico, supereutrófico e hipereutrófico.

En la siguiente tabla se presentan los valores promedio, máximos y mínimos medidos en la estación E4 para distintos parámetros de calidad de agua, y su relación con los valores de calidad objetivo definidos en el Decreto 226/025.

Tabla 8-13: Resultados del monitoreo de línea de base de calidad de agua superficial en la estación E4.

Parámetro	Mínimo medido	Máximo medido	Promedio	Valor objetivo
pH	6,8	8,5	7,7	6,5 - 8,5
CE (μS/cm)	82	284	187	No apartarse del rango de variabilidad histórico ni superar 200 µS/cm.
Turbidez (NTU)	7,5	22,3	15,8	45
OD (mg/L)	4,4	12,9	8,4	Mínimo 5 mg/L
DBO5 (mg/L)	< 3	6	5,5	≤ 3
Nitrato (mg-N/L)	< 0,5	0,70	0,60	≤ 0,29
Nitrógeno amoniacal (mg-N/L)	0,05	0,35	0,10	-
Nitrógeno amoniacal (expresado en amonio no ionizado) (mg-N/L)[2]	0,001	0,010	0,003	≤ 0,019
Fósforo total (mg/L)	0,04	0,30	0,14	≤ 0,050
Coliformes fecales (UFC/100 mL)	100[1]	100[1]	100[1]	≤ 2.000
E. Coli (UFC/100 mL)	< 100[1]	< 100[1]	< 100[1]	≤ 1.000

[1] Se dispone de una única determinación para coliformes fecales y *E. coli*; por lo tanto, los valores mínimo, máximo y promedio coinciden.

[2] El Nitrógeno amoniacal expresado como amoníaco (N-NH_3) no corresponde a una medición directa, sino a un valor calculado a partir del nitrógeno amoniacal total (NH_4^+) medido en la muestra, mediante el modelo de equilibrio químico de disociación del ion amonio en función del pH y la temperatura (Emerson et al., 1975).

Se observa que las concentraciones de nitrato y fósforo total, en sus valores promedio, se encuentran por encima de los valores objetivo de calidad de agua, estando todos los valores medidos por encima de dicho objetivo salvo en el caso del fósforo total donde dos valores cumplieron el valor objetivo; mientras que los valores estimados de nitrógeno amoniacal (expresado como amoníaco no ionizado), se encuentran todos por debajo del valor objetivo.

Con base a los datos del monitoreo, se encuentra que la media geométrica anual de fósforo total es de 0,117 mg/L, por lo cual resulta que en la situación actual la calidad de agua en la estación

[5] https://www.ambiente.gub.uy/indicadores_ambientales/ficha/indice-del-estado-trofico-cursos-de-agua_/

[6] https://www.ambiente.gub.uy/indicadores_ambientales/ficha/indice-del-estado-trofico-embalses-y-lagunas_/

E4 presenta un estado mesotrófico, situación que en un contexto de generación del embalse podría tener el riesgo de cambiar a estados eutróficos o mayores.

No obstante, el riesgo de que el embalse genere un deterioro significativo de la calidad del agua se considera reducido. El volumen de almacenamiento representa una fracción pequeña de la escorrentía anual de la cuenca, determinando una tasa de renovación aproximada de 55 veces por año, condición que limita el tiempo de residencia del agua y disminuye la probabilidad de acumulación de nutrientes. Asimismo, la cuenca presenta un uso predominantemente ganadero extensivo, con baja intensidad agrícola, reduciendo los aportes potenciales de nutrientes.

Adicionalmente, el proyecto prevé un conjunto de medidas de gestión del embalse orientadas a preservar la calidad del agua, las cuales se encuentran contempladas en el contrato suscrito con el propietario del predio y podrán ser implementadas durante la operación del proyecto. Entre ellas se incluye la posibilidad de restringir el acceso directo del ganado al espejo de agua mediante el cercado del embalse, así como la ejecución de acciones de manejo de la vegetación de ribera para favorecer la protección del cuerpo de agua. En conjunto, estas condiciones permiten concluir que la operación del embalse no generará cambios significativos en el estado trófico actual del sistema.

Tránsito terrestre

Durante la fase de operación se espera un aumento del tránsito terrestre usual, con la consecuente potencial degradación de la infraestructura y de la seguridad vial, debido al transporte de insumos para la planta de producción de MeOH. Como contribución al tránsito carretero se tendrán el transporte del personal, principalmente desde Tacuarembó, y el transporte de CO_2 desde el sitio de captura en Rivera hasta el sitio industrial; por otro lado, el tránsito ferroviario se verá incrementado por la salida del producto terminado hacia el Puerto de Montevideo.

Para la valoración de los impactos **Id. 77 y 78** se consideró una magnitud media (2); una importancia media-baja (2) del factor impactado; una duración permanente (4); una probabilidad de ocurrencia probable (2); y un grado de conocimiento medio, debido a que existen medidas de gestión comúnmente utilizadas para su manejo pero no siempre resultan adecuadas (2), resultando una significancia baja. Para el impacto **Id. 79** se consideró igualmente una significancia baja, dado el reducido tránsito inducido previsto y la utilización de caminería existente.

Id	Aspecto	Factor	Impacto	V	S
77	Tránsito terrestre inducido	Infraestructura vial	Deterioro de la infraestructura vial existente por tránsito terrestre pesado inducido	12	Baja
78		Tránsito terrestre	Incremento del tránsito terrestre usual y afectación de la seguridad vial y ferroviaria por el tránsito terrestre inducido	12	Baja
79		Fauna	Atropellamiento y desplazamiento de fauna por tránsito terrestre inducido	11	Baja

Id. 77 y 78 – Infraestructura vial y tránsito usual

Respecto de la infraestructura ferroviaria, la línea desde Tambores hacia Paso de los Toros fue remodelada en el año 2018 y acondicionada para el movimiento de carga, acoplándose el proyecto a los requerimientos actuales de operación de dicha vía.

Se mantuvieron reuniones con la Dirección Nacional de Transporte Ferroviario (DNTF), que manifestó que la utilización de la vía existente para la conexión con el Ferrocarril Central resulta consistente con sus líneas de planificación estratégica y con el Presupuesto Quinquenal 2025-2029, que contempla la rehabilitación del puente ferroviario sobre el Río Negro y el mantenimiento mayor de la línea Rivera Norte. Considerando que el flujo inducido por el proyecto es de un viaje de tren cada 3,5 días, éste no resulta significativo en términos del potencial deterioro de las vías. El movimiento ferroviario se relaciona además con la seguridad vial, en especial en los cruces a nivel, aspecto que será objeto de coordinaciones específicas de seguridad entre el operador ferroviario contratado y la DNTF.

En cuanto al tránsito carretero, está previsto que parte del personal resida en la ciudad de Tacuarembó y viaje diariamente al sitio en ómnibus contratado con capacidad para 57 pasajeros, resultando en un máximo de 5 viajes por día para cada tramo, por lo que el incremento de tránsito asociado al traslado de personal no se considera significativo. El transporte de CO_2 desde la planta de captura se realizará en camiones cisterna específicos, requiriéndose 20 camiones por día para abastecer la planta; la zona de recepción tendrá capacidad para atender simultáneamente a dos camiones, con un ciclo total de aproximadamente 7 h considerando carga, traslado, descarga y retorno, por lo que bastará con seis camiones operando las 24 h del día.

De acuerdo con el Estudio de Impacto de Tránsito, realizado por el Ing. Diego Gagliardi presentado en el ANEXO VII del EsIA, dado que la operación implicaba que la localidad de Tambores sea atravesada por 40 viajes de camión diarios (20 camiones en ida y vuelta), resultando en un tránsito inducido promedio de casi 2 camiones por hora, se consideró pertinente implementar como medida de mitigación la construcción de una vía alternativa perimetral que permita el paso entre el camino de acceso a Tambores y el sitio industrial sin afectar a la población existente. En el marco del trabajo conjunto con la IDT, la Dirección General de Ordenamiento Territorial presentó una propuesta alternativa de trazado del *bypass* que deja áreas libres para el crecimiento futuro de la localidad, en el marco de la planificación de un Plan Local de Ordenamiento Territorial. Con la implementación de esta medida y las actuaciones correspondientes acordadas con las autoridades locales, el impacto residual resulta admisible sobre el medio receptor.

Id. 79 - Fauna

La construcción de nueva caminería, tanto departamental como interna del predio, podría generar un incremento de los atropellamientos de fauna o bien un desplazamiento por efecto barrera. Sin embargo, el proyecto prevé principalmente la utilización de caminería departamental y vecinal existente para el acceso al predio, y un tránsito inducido en la fase de operación muy reducido, de 40 viajes de camión al día, lo que implica menos de 2 camiones por hora, así como restricciones de velocidad de circulación. En cuanto a la nueva caminería interna de interconexión de los AG, el tránsito que soportará es mínimo, restringido al personal de mantenimiento y eventualmente de monitoreo. Por lo expresado, el impacto resulta de significancia baja y admisible sobre el medio receptor.

8.3 EVALUACIÓN DE RIESGOS Y CONTINGENCIAS

8.3.1 Contingencias en construcción

Foco ígneo

Durante la fase de construcción podría ocurrir la generación de focos ígneos por manipulación de sustancias químicas inflamables y combustibles, principalmente en la zona del obrador, con deterioro local de la calidad del aire y, dependiendo de las condiciones del viento, molestias a la población cercana hasta tanto el foco sea extinguido; en caso de no ser atendido en un tiempo prudencial, podría extenderse afectando la fauna terrestre y los ecosistemas.

Para la valoración de los impactos potenciales sobre calidad del aire y población cercana (**Id. 39 y 41**) se consideró una magnitud media (2) para el posible efecto sobre el medio receptor, una importancia media-alta del factor impactado (4), una duración temporal con un plazo que puede determinarse (2), una probabilidad de ocurrencia baja (1) y una naturaleza del impacto bien conocida (1), existiendo medidas de gestión para su prevención y eventual actuación en caso de ocurrencia. Del mismo modo se valoran los impactos sobre fauna y ecosistemas (**Id. 40 y 42**), salvo por la duración, la cual se valora como permanente, es decir que su efecto se mantiene en el tiempo a partir del momento de su manifestación. De estas valoraciones resulta una significancia baja para la totalidad de los impactos potenciales.

Id	Aspecto	Factor	Impacto	V	S
39	Foco ígneo (contingencia)	Calidad del aire	Deterioro de la calidad del aire por emisiones atmosféricas generadas durante un foco ígneo	10	Baja
40		Fauna	Mortalidad directa de especies y por pérdida de hábitats, por foco ígneo	12	Baja
41		Población cercana	Molestias a la población por ocurrencia de foco ígneo	10	Baja
42		Ecosistemas terrestres	Pérdida de hábitats por foco ígneo	12	Baja

Id. 39, 40, 41 y 42 – Calidad del aire, población cercana, fauna y ecosistemas terrestres

Con el objetivo de minimizar la probabilidad de ocurrencia de estos eventos se adoptarán buenas prácticas de gestión durante el desarrollo de la obra, incluyendo planes específicos de actuación frente a focos ígneos o incendios, cuyas medidas serán determinadas por el prevencionista o el equipo de seguridad. Se identifican como medidas preventivas la divulgación del plan de seguridad de la obra; la capacitación del personal sobre prevención y actuación ante incendios; la instalación de extintores, con inspección regular de su fecha de vencimiento y estado de carga; la colocación de carteles de prohibición de fumar o hacer fuego en áreas específicas; y la realización de inspecciones regulares, con especial énfasis en las áreas de mayor riesgo, como depósitos de combustibles o aceites.

Las acciones contempladas en caso de detectarse un incendio son la comunicación inmediata por parte de quien lo detecte, el contacto con el departamento de bomberos, la detención de actividades y el apagado de equipos, y la evacuación del personal hacia un punto de encuentro predefinido. Una vez extinguido el incendio y confirmada la ausencia de riesgos, se llevará a cabo una investigación del evento y una evaluación del sitio afectado; si el incendio genera un impacto significativo en el medio receptor, se elaborará un plan de restauración o remediación a cargo de personal idóneo. Se mantendrán registros de todos los incidentes ocurridos, independientemente de su escala, incluyendo fecha, ubicación, descripción, acciones tomadas y medidas implementadas para prevenir eventos similares. La implementación de estas medidas, cuyos procedimientos formarán parte del PGA-C, hace que el impacto potencial sea de significancia baja y admisible sobre el medio receptor.

Derrame de hidrocarburos en tierra

Durante la fase de construcción, la utilización de maquinaria podría ocasionar, aunque con una probabilidad baja, derrames de combustible, aceites u otras sustancias químicas sobre el suelo. En caso de contingencia, un derrame en tierra que no sea atendido adecuadamente podría en última instancia afectar el agua subterránea por arrastre de fracciones solubles en el percolado, afectando su calidad en las inmediaciones del emprendimiento. Las principales situaciones en las cuales se producen derrames están vinculadas al desperfecto de maquinaria, a derrames durante el mantenimiento y recambio de lubricantes, y al suministro de combustible y trasiego.

Para la valoración del impacto sobre la calidad del suelo (**Id. 44**) se consideró una magnitud media (2) para el posible efecto sobre el medio receptor, una importancia media-alta del factor impactado (4), una probabilidad de ocurrencia baja o poco probable (1), una duración temporal (2) y una naturaleza del impacto bien conocida (1), ya que existen medidas de prevención y mitigación ampliamente utilizadas, resultando una significancia baja. Para el impacto sobre la calidad del agua subterránea (**Id. 43**) se consideró una duración sostenida en el tiempo a partir del momento de su manifestación (4) y una naturaleza del impacto poco conocida, ya que, si bien existen medidas para su prevención, la implementación de medidas para su restauración no constituye una práctica estándar, resultando una significancia media.

Id	Aspecto	Factor	Impacto	V	S
43	Derrame de hidrocarburos en tierra (contingencia)	Calidad del agua subterránea	Deterioro de la calidad de agua subterránea por derrame de combustible, aceites o sustancias químicas	13	Media
44		Calidad del suelo	Deterioro de la calidad del suelo por derrame de combustible, aceites o sustancias químicas	10	Baja

Id. 43 y 44 – Calidad del agua y suelo

Se adoptarán buenas prácticas tendientes a minimizar la probabilidad de ocurrencia y se contará con procedimientos de respuesta ante derrames y elementos de contención en los obradores. El almacenamiento de combustibles y sustancias peligrosas se realizará en depósitos con piso y cerramiento superior impermeable, cercamiento perimetral y contención de derrames.

En caso de ocurrencia de un derrame se procederá a asegurar y aislar el área afectada para evitar su expansión, utilizando cordones de contención y material absorbente disponibles en el kit de actuación ante derrames. El material absorbente contaminado será retirado del sitio y gestionado como residuo peligroso conforme a la normativa vigente, evaluándose en todos los casos la necesidad de retiro de suelo contaminado, que recibirá igual tratamiento. La implementación de estas medidas, detalladas en el PGA-C, aseguran que el impacto residual derivado de eventuales derrames sea admisible sobre el medio receptor.

8.3.2 Contingencias en operación

Emisiones a la atmósfera

Los impactos asociados a eventos contingentes de emisiones a la atmósfera (**Id. 90 y 91**) se relacionan con eventos de apagado de la llama de la antorcha, parada de planta de producción de MeOH o derrames de MeOH durante la carga de vagones.

En el escenario improbable de una parada de la planta de producción de MeOH, que no requiera una parada total del resto de la planta (por ser de corta duración, por ejemplo), los gases que ingresan como materia prima para la producción de MeOH, serán enviados directamente a la antorcha, lo que causará una modificación en las características de la emisión respecto a la situación de operación normal. A su vez, el apagado de la antorcha tiene una probabilidad de

ocurrencia ínfima, dado que el sistema se diseña con redundancia doble de la llama, por lo que, si una de ellas se apaga, la otra puede continuar con la combustión de los gases. El sistema cuenta además con una válvula de seguridad, que corta el flujo de gas en caso de apagado de la llama.

Asimismo, se destaca que los derrames accidentales de MeOH en carga de vagones únicamente se darían en caso de contingencia, y que no corresponden a la operación normal del proyecto.

Para los impactos **Id. 90 y 91** se consideró una magnitud alta (4); una importancia media-alta (4) del factor impactado; una probabilidad de ocurrencia poco probable (1); una duración temporal (2); y un grado de conocimiento poco conocido (2), resultando en ambos casos en una significancia media, por lo que se procede a evaluar dichos impactos mediante el uso de una modelación de calidad del aire.

Id	Aspecto	Factor	Impacto	V	S
90	Emisiones a la atmósfera (contingencia)	Calidad del aire	Deterioro de la calidad del aire por emisiones a la atmósfera que ocurran de forma contingente durante la operación de la planta de producción	13	Media
91		Población cercana	Afectación a la salud de la población cercana por emisiones a la atmósfera que ocurran de forma contingente durante la operación de la planta de producción	13	Media

Id. 90 y 91 – Calidad del aire y población cercana

Los detalles de la evaluación de calidad del aire se presentan en el ANEXO IX del EsIA.

Con la implementación de modelación de dispersión atmosférica similar a la que fue presentada para los Id. 49, 50, 75 y 80, se modelaron los siguientes eventos contingentes:

- Interrupción en el funcionamiento de la planta de producción de MeOH, pero con continuidad en el funcionamiento del resto de la planta, generando emisiones de NO_2 contingentes. En estos casos contingentes, los gases que ingresan como materia prima para la producción de MeOH, serán enviados directamente a la antorcha, lo que causará una modificación en las características de la emisión respecto a la situación de operación normal. Este escenario poco probable que podría darse en casos donde el motivo de la interrupción en la operación de la planta de MeOH pueda ser resuelto en cuestión de horas, lapso que no ameritaría la parada del resto de la planta, dado que el tiempo de puesta en marcha sería mayor.
- Apagado de la antorcha, situación en la cual se emitirá a la atmósfera el gas que normalmente llega a la antorcha con su composición previa a la combustión, generando emisiones de MeOH contingentes. Escenario de probabilidad de ocurrencia ínfima dadas las condiciones de diseño de esta unidad descriptas anteriormente.
- Emisiones de MeOH contingentes por derrame durante carga de vagones, con tasa de evaporación del derrame estimada utilizando el software ALOHA.

En el escenario contingente donde la planta de MeOH deja de operar y el gas de síntesis se envía directamente a la antorcha, sin considerar el tránsito, se tiene que el aporte de estas emisiones a la concentración ambiente de NO_2 a causa de la antorcha es despreciable, con valores máximos de 2,5 µg/m^3 dentro del sitio industrial, 2 órdenes de magnitud por debajo del valor límite de calidad del aire de 200 µg/m^3.

Para el escenario contingente de apagado de la antorcha, de muy baja probabilidad de ocurrencia dadas las redundancias de diseño en el sistema, las concentraciones potenciales

máximas de MeOH promediadas en 24 h serán de alrededor de 100 µg/m^3, ampliamente inferiores al valor de referencia de calidad del aire considerado, de 4.000 µg/m^3. Por otro lado, los valores promedio horarios se encontrarán por debajo del umbral absoluto de detección de olor para el MeOH (5.580 µg/m^3), presentando concentraciones máximas de 850 µg/m^3. Se tiene entonces para este escenario que no solamente se cumplirá con el valor de referencia de calidad del aire, sino que tampoco se espera que exista percepción de olor por parte de la población cercana en caso de ocurrir.

En el caso del escenario contingente de derrame de MeOH al momento de cargar un vagón cisterna, se tiene que para los valores promedio horario máximos, el umbral absoluto de detección de olor podrá ser superado únicamente en las cercanías de la fuente (hasta 700 m), sin afectar a receptores cercanos ni a la localidad de Tambores. Respecto al umbral de reconocimiento de olor 100 %, donde es esperable que la totalidad de la población expuesta perciba el olor a MeOH y lo distinga como tal, se tiene que se alcanza este valor únicamente dentro del sitio industrial. Para los valores AEGL 1 asociados a 1, 4 y 8 h de período de promediación, se tiene que nunca son sobrepasados. Finalmente, analizando las concentraciones máximas para el promedio de 24 h, que según se explicó corresponden a un escenario conservador, se tiene que la afectación potencial podrá darse en un área de influencia sustancialmente menor, a distancias máximas de hasta 130 m de la fuente, sin afectar ningún receptor cercano ni la localidad de Tambores.

Se tiene de este modo, que la afectación potencial a la calidad del aire para los eventos contingentes analizados será admisible en el medio receptor.

Demanda adicional de recursos

El proyecto contempla un esquema de reúso integral de las corrientes de aguas residuales de proceso, mediante el cual el efluente tratado en la PTE se recircula en su totalidad como agua bruta hacia la PTA, configurando un esquema de vertido cero para esta corriente. La configuración fue concebida de forma integrada, considerando la PTE y la PTA como procesos complementarios, por lo que no se espera que eventuales desviaciones operativas de la PTE, propias de la variabilidad normal del proceso, generen fluctuaciones que no puedan ser absorbidas por la capacidad de tratamiento de la PTA. No obstante, se identifica como contingencia operativa interna una falla del equipamiento electromecánico de la PTE que implique su salida temporal de operación, en cuyo caso, y únicamente durante el tiempo necesario para restablecer su funcionamiento, podría requerirse un incremento transitorio de la captación desde la fuente superficial, con la consiguiente afectación del nivel de servicio del recurso.

Para la valoración del impacto **Id. 92** se consideró una magnitud media (2); una importancia media-alta (4) del factor impactado; una duración temporal (2); una probabilidad de ocurrencia poco probable (1); y un grado de conocimiento medio (2). De esta valoración resulta una significancia baja para el impacto potencial, a continuación se presenta su justificación.

Id	Aspecto	Factor	Impacto	V	S
92	Demanda adicional de recursos (contingencia)	Cantidad de agua superficial	Afectación del nivel de servicio del agua superficial por consumo en producción en caso de contingencia operativa en el sistema de tratamiento de efluentes	11	Baja

Id. 92 – Cantidad de agua superficial

Corresponde señalar que el único contaminante de interés para viabilizar el ingreso del efluente tratado a la PTA es la materia orgánica, no previéndose otros contaminantes relevantes en el efluente bruto de proceso que puedan comprometer la operación posterior del sistema. Asimismo, su control no constituye un requisito estricto cuando se encuentra asociada a la

fracción en suspensión, dado que la PTA dispone de etapas capaces de remover los sólidos remanentes y adecuar la calidad del agua a los requerimientos del sistema de ósmosis. En consecuencia, no se prevén escenarios operativos de la PTE que generen una calidad incompatible con su incorporación al circuito de reúso, correspondiendo las únicas situaciones identificadas a contingencias excepcionales que impliquen la indisponibilidad temporal de la propia PTE.

Para dimensionar el escenario contingente se consideró una falla que lleve a un tiempo máximo de siete días en el restablecimiento de la operación, bajo la cual se tendría un aumento máximo de aproximadamente 170 m³/d desde la fuente de alimentación, alcanzando el volumen adicional requerido 1.190 m³, equivalente a aproximadamente el 1 % del volumen útil del embalse. Dado el reducido volumen involucrado respecto del almacenamiento disponible, este escenario no representa una afectación significativa sobre el sistema de abastecimiento ni sobre el balance hídrico evaluado. Como medidas de gestión se prevé la incorporación de este escenario al plan de contingencias del PGA-O, junto con el mantenimiento preventivo del equipamiento electromecánico de la PTE, la disponibilidad de repuestos críticos y el registro de los eventos de indisponibilidad y de los volúmenes adicionales captados, resultando el impacto residual admisible sobre el medio receptor.

Foco ígneo

En la presente sección se analizan los impactos asociados a un foco ígneo de poca entidad, comunes a cualquier otro tipo de emprendimiento. Durante la operación, aunque con probabilidad sumamente baja, podrían ocurrir focos ígneos en las distintas componentes del proyecto, que generen deterioro de la calidad del aire en sus inmediaciones y, según las condiciones del viento, molestias a la población cercana y potenciales afectaciones a la salud hasta su extinción. A su vez, de no atenderse de forma temprana, podrían propagarse a zonas de alta naturalidad, generando mortalidad de fauna y pérdida de hábitats.

Para la valoración de los impactos potenciales sobre calidad del aire y población cercana (**Id. 84 y 85**) se consideró una magnitud media (2) para el posible efecto sobre el medio receptor, una importancia media-alta del factor impactado (4), una duración temporal con un plazo que puede determinarse (2), una probabilidad de ocurrencia baja (1) y una naturaleza del impacto bien conocida (1). Del mismo modo se valoran los impactos sobre fauna y ecosistemas (**Id. 86 y 87**), salvo por la duración, la cual se valora como permanente. De estas valoraciones resulta una significancia baja para la totalidad de los impactos potenciales.

Id	Aspecto	Factor	Impacto	V	S
84	Foco ígneo (contingencia)	Calidad del aire	Deterioro de la calidad del aire por emisiones atmosféricas generadas durante un foco ígneo	10	Baja
85		Población cercana	Afectación a la salud de la población cercana y molestias por ocurrencia de foco ígneo	10	Baja
86		Fauna	Mortalidad directa de especies y por pérdida de hábitats	12	Baja
87		Ecosistemas terrestres	Pérdida de hábitats por foco ígneo	12	Baja

Id. 84, 85, 86 y 87 – Calidad del aire, población cercana, fauna y ecosistemas

El emprendimiento contempla buenas prácticas de gestión para minimizar la probabilidad de ocurrencia de estos eventos, junto con planes de actuación específicos y la infraestructura de combate de incendios necesaria. Como medidas preventivas se procederá a divulgar el plan de seguridad de operación, capacitar al personal en el uso de la infraestructura de combate de incendios, instalar y realizar inspecciones regulares de extintores, colocar carteles de prohibición

de fumar o realizar fuego, e inspeccionar periódicamente las instalaciones, con especial énfasis en las áreas de mayor riesgo.

En caso de incendio, las acciones incluyen el aviso inmediato, el contacto con el departamento de bomberos, la detención de los trabajos y el apagado de las máquinas, y la evacuación del personal hacia un punto de encuentro común. Extinguido el incendio y asegurada el área, se procederá a investigar el hecho y evaluar el sitio, elaborándose un plan de restauración o remediación en caso de afectación significativa al entorno. Se llevará un registro detallado de todos los incendios ocurridos, independientemente de su escala. La implementación de estas medidas asegura que el impacto sea de significancia baja y admisible sobre el medio receptor.

Derrame de combustible, aceite y otros insumos en tierra

Para la valoración de los impactos potenciales se consideró una magnitud alta (4) para el posible efecto sobre el medio; una importancia media-alta del factor impactado (4); una probabilidad de ocurrencia baja (1); una duración temporal del efecto (2); y una naturaleza del impacto bien conocida (1), existiendo medidas de gestión y mitigación ampliamente empleadas para su manejo. De esta valoración resulta una significancia baja para los impactos potenciales.

Id	Aspecto	Factor	Impacto	V	S
81	Derrame de aceites, combustibles e insumos en tierra (contingencia)	Calidad del agua superficial	Deterioro de la calidad del agua superficial por derrame de combustible, aceites o sustancias químicas	12	Baja
82		Calidad del agua subterránea	Deterioro de la calidad del agua subterránea por derrame de combustible, aceites o sustancias químicas	12	Baja
83		Calidad del suelo	Deterioro de la calidad del suelo por derrame de combustible, aceites o sustancias químicas	12	Baja

Id. 81, 82 y 83 – Calidad del agua y del suelo

La operación del emprendimiento requerirá el manejo de combustible, aceites, lubricantes y productos químicos para el mantenimiento del equipamiento electromecánico y de procesos, tanto en la planta industrial como en las áreas de generación renovable, en especial en los AG, así como de los productos del propio proceso y de las sustancias químicas de la planta de tratamiento de agua. No obstante, el principal riesgo de derrames se asocia al manejo de MeOH en los sitios de almacenamiento y durante las operaciones de carga de los vagones: en caso de contingencia, un derrame en el suelo podría infiltrarse o alcanzar las vías de drenaje, afectando potencialmente la calidad de las aguas subterráneas y superficiales.

En este sentido, el proyecto contempla infraestructura adecuada para la contención y recolección de potenciales derrames. La zona de carga de vagones contará con un sistema de contención de regueras metálicas con pendiente adecuada para la rápida recolección del derrame, evitando su volatilización, previéndose un módulo de contención por cada módulo de carga, con contención perimetral equivalente al volumen de un vagón cisterna y un tanque de recuperación del producto derramado de 1 m^3 (estimado considerando sobrellenado de tanques, 0,8 m^3; pérdidas en válvulas, 0,1 m^3; y MeOH residual en conexiones y mangueras, 0,03 m^3). Los tanques de almacenamiento contarán con envallado para contener el 100 % del volumen del mayor de ellos, más un adicional que permita una dilución 1:4 del derrame en agua para minimizar el riesgo de inflamabilidad, alcanzando un volumen total de al menos el 110 %; dicho cubeto (50 m × 23 m) verifica además la distancia de seguridad de 7,5 m establecida por la NFPA 30.

El procedimiento de carga y las medidas tendientes a minimizar la probabilidad de derrames quedarán definidos en detalle en el PGA-O, junto con el plan de actuación correspondiente. En

caso de derrame se asegurará y aislará el área afectada, utilizando materiales absorbentes del kit de actuación, y el material contaminado será retirado de inmediato y gestionado como residuo peligroso. Dado el diseño de estructuras de contención previsto y la incorporación al PGA-O del procedimiento de carga y del plan de actuación, se considera que los impactos residuales serán admisibles sobre el medio receptor.

Explosiones y foco ígneo por manipulación, almacenamiento y transporte de CO_2, H_2V y MeOH

Introducción

Asociado a la operativa industrial se tienen posibles contingencias asociadas a la producción y manejo de H_2V y MeOH, incluyendo también el transporte del CO_2.

Existe riesgo de incendio y explosión, y de liberación de vapores tóxicos (asociados al MeOH), en caso de rotura o fuga en los tanques de almacenamiento de H_2V y MeOH u otro equipamiento del proceso tales como válvulas, tuberías u otros equipos e instalaciones (con liberación de H_2V o derrames de MeOH en sitios controlados), acompañadas de una fuente de ignición externa y presencia de O_2 en cantidad suficiente.

Como resultado de un evento de incendio o explosión, se tienen efectos de daño dentro del sitio industrial con riesgos físicos sobre el personal, la generación de mayor cantidad de emisiones atmosféricas extraordinarias y efectos sobre el entorno inmediato con potencial impacto directo de daño sobre la infraestructura y equipamiento, y afectación potencial sobre receptores presentes en la zona. Compete específicamente en el marco de la presente evaluación, analizar la interacción de estos posibles eventos con el ambiente circundante fuera del perímetro industrial.

A los efectos del análisis ambiental de estos riesgos fue realizado un informe técnico específico de evaluación, a cargo del Ing. Quím. Colin Rogers y la Ing. Tecnológica Prevencionista Sonsoles Baison. El informe fue presentado como ANEXO XII del EsIA, actualizado en el ANEXO 9 del documento de respuesta a las SIC 02 y 03, y finalmente actualizado nuevamente en el ANEXO 6 de la respuesta a la SIC 04. Se formula con base en dicho informe, una síntesis del trabajo realizado y las conclusiones principales que permitan evaluar la significancia de los impactos identificados.

Id	Aspecto	Factor	Impacto	V	S
88	Explosiones y foco ígneo por manipulación, almacenamiento y transporte de CO_2, H_2V y MeOH (contingencia)	Calidad del aire	Deterioro de la calidad del aire por emisiones atmosféricas generadas durante un foco ígneo o explosión	12	Baja
89		Población cercana	Riesgo sobre la integridad de la población cercana e infraestructura por ocurrencia de un foco ígneo o explosión	22	Alta

Enfoque y alcance del análisis

En el marco del EsIA resulta habitual adoptar un enfoque escalonado de evaluación de riesgos, que comprende un Análisis Preliminar de Riesgos (APR) para la identificación de peligros y escenarios accidentales, un análisis cualitativo o semicuantitativo para valorar dichos escenarios en función de su probabilidad y severidad, y un análisis de consecuencias para estimar los efectos físicos asociados a los escenarios de mayor relevancia; los análisis cuantitativos del riesgo (QRA) se reservan para instalaciones en las que la normativa aplicable o la magnitud del riesgo requieren una evaluación probabilística más detallada. En el presente análisis la evaluación cualitativa se aborda mediante la metodología de la norma UNE 150008:2008

"Análisis y evaluación del riesgo ambiental", complementada con un análisis de sólo consecuencias para la determinación de las distancias de efecto daño.

Cabe destacar que esta evaluación constituye una instancia preliminar y no sustituye las evaluaciones de seguridad de etapas posteriores: a medida que avance la ingeniería de detalle se llevarán a cabo estudios específicos orientados al diseño seguro de las instalaciones, entre ellos la identificación sistemática de peligros mediante la metodología HAZOP y el correspondiente QRA, que servirán de base para la tramitación de las autorizaciones ante la Dirección Nacional de Bomberos (DNB) y la Unidad Reguladora de Servicios de Energía y Agua (URSEA). Dado que se emplearon hipótesis conservadoras, sin considerar el conjunto de medidas que serán incorporadas durante el diseño de ingeniería, es esperable que las distancias de riesgo resultantes de los estudios definitivos sean inferiores a las estimadas en la presente evaluación de riesgos.

Marco normativo y estándares de referencia

En el ámbito nacional, el proyecto deberá atender la Resolución Nº 349/024 de URSEA, que aprueba el Reglamento de Seguridad de Proyectos de H_2 como Fuente de Energía Secundaria, y que establece la obligación de registro previo ante dicha Unidad y la acreditación de las condiciones de seguridad de la instalación mediante declaración jurada de un profesional idóneo, respaldada con normas técnicas internacionales de referencia, incluyendo el plano de la instalación con las distancias de seguridad entre componentes y respecto de construcciones externas aledañas, así como un Plan de Seguridad. Resultan asimismo aplicables la Ley 15.896 y el Decreto 372/023 (habilitaciones de la DNB), el Decreto 560/03 (transporte de mercancías peligrosas), el Decreto 307/09 (agentes químicos), el Decreto 346/011 (etiquetado GHS) y los Decretos 128/014 y 244/016 (seguridad y salud en el trabajo). Como marco internacional de referencia se consideran la Directiva 2012/18/UE (Seveso III) y las Directivas ATEX 99/92/EC y 2014/34/UE.

Los códigos de diseño y seguridad adoptados como referencia principal son la NFPA 2 (Hydrogen Technologies Code), aplicada para las distancias mínimas de exposición de sistemas al aire libre, los requisitos generales de seguridad contra incendios y de uso de H_2 y la protección contra explosiones; la NFPA 30 (*Flammable and Combustible Liquids Code*), aplicada para las distancias de separación de tanques al aire libre, el diseño y ventilación de sistemas de contención y control de derrames, la clasificación de áreas eléctricas peligrosas y el dimensionamiento de sistemas de supresión; y la ISO 19880-1, que aporta los criterios de afectación por radiación térmica sobre personas, los más restrictivos entre las normas analizadas, y recomienda el cálculo de distancias mediante el software HyRAM+. Se complementan con normas técnicas aplicables a equipos e instalaciones (API 521, 650 y 2000; ASME B31.3, B31.12 y BPVC Sección VIII División 1; series CGA H y S y CGA G-5.5, G-6 y G-6.3; IEC 60079-10-1 e IEC 61511; ISO/TR 15916 e ISO 22734; y NFPA 1, 11, 15, 24, 55, 70 y 77) y con el Safe Handling of Methanol (5ª edición) del Methanol Institute.

Análisis preliminar de riesgos

El APR identificó las sustancias químicas peligrosas presentes en el proyecto y los principales equipos e instalaciones involucrados, con el fin de determinar los potenciales puntos de liberación no controlada de materia o energía. En la producción de H_2V las sustancias involucradas son el H_2 (ONU 1049, clase 2.1, gas extremadamente inflamable) y el O_2 (ONU 1072, clase 2.2-5.1, oxidante); en la producción de MeOH se suman el propio MeOH (ONU 1230, clases 3 y 6.1, líquido y vapores muy inflamables, tóxico por ingestión, contacto e inhalación) y el CO_2 (ONU 2187, clase 2, asfixiante a altas concentraciones). Cabe señalar que el proceso de electrólisis presenta un potencial de riesgo intrínseco significativamente menor que el de otras instalaciones de la industria química, ya que no requiere operar en condiciones normales con altas presiones o temperaturas ni involucra grandes inventarios, siendo el principal factor

determinante del riesgo la inflamabilidad y el inventario de H_2 almacenado más que la capacidad de producción.

En cuanto a las capacidades, el proyecto contempla una producción de 84.000 t/año de MeOH (12,5 t/h en operación nominal), con un suministro máximo de 17,8 t/h de CO_2 y una producción de 2,44 t/h de H_2, y un almacenamiento aproximado de 4.000 t de MeOH y 8 t de H_2. Dichos inventarios superan los umbrales de nivel inferior del Anexo I de la Directiva 2012/18/UE (Seveso III), lo que determina la aplicación de requisitos específicos de prevención y control de accidentes graves, adoptándose los lineamientos y criterios técnicos de las directivas de la Unión Europea aplicables.

Evaluación de riesgos ambientales

El análisis de riesgo ambiental se realizó aplicando la norma UNE 150008:2008, que establece un método de evaluación cualitativa en el que, teniendo en cuenta los riesgos potenciales del proyecto, se plantean escenarios accidentales asociados a los mismos, obteniéndose una medida del riesgo mediante la evaluación de la probabilidad de ocurrencia y de las posibles consecuencias, según la expresión: **Riesgo = Probabilidad × Consecuencia**. La identificación de escenarios accidentales se centró en la fase de operación, considerando las actividades asociadas al manejo, producción y almacenamiento de H_2, MeOH y CO_2, así como al transporte de MeOH y CO_2.

Para el análisis de probabilidad se recurrió a registros históricos. Para el H_2 se utilizaron estadísticas de la Unión Europea del período 1995-2014, que evidencian una disminución del número de accidentes a medida que aumenta la producción y según las cuales el 44 % ocurrió durante el transporte, el 25 % en la producción, el 19 % en el almacenamiento y el 12 % durante su uso. Para el MeOH se emplearon estadísticas del Methanol Institute del período 1998-2011 en doce países, donde el 81 % de los accidentes se debieron a incendios y explosiones y el 14 % a derrames, estimándose una probabilidad de accidente por incendio de tanques de almacenamiento de $3{,}23 \times 10^{-2}$ eventos/año. Para el CO_2 no se encontraron datos históricos. De este análisis se asignaron valoraciones correspondientes a escenarios posibles (2) y muy poco probables (1).

La gravedad de las consecuencias se estimó mediante la fórmula: **cantidad + 2 × peligrosidad + extensión + población afectada**, centrándose la evaluación en el factor población afectada, atendiendo principalmente los riesgos sobre el entorno humano. En cuanto a la peligrosidad de los compuestos se asignó al H_2 el valor 3 (peligrosa, sustancia explosiva e inflamable), al MeOH el valor 4 (muy peligrosa, sustancia inflamable y tóxica) y al CO_2 el valor 1 (poco peligrosa). Respecto de los receptores sensibles se asignó una puntuación de 1 (bajo) en el entorno de la actividad industrial, teniendo en cuenta que la población existente se encuentra alejada del área del proyecto, y de 4 (muy alta) en el escenario de transporte de MeOH, considerando que el tren atravesará centros poblados con alta densidad de población. Los resultados obtenidos se presentan en la **Tabla 8-14**.

Tabla 8-14: Resultado del análisis de riesgo por escenario. C: consecuencia. P: Probabilidad. R: Riesgo.

Actividades operativas	Escenario de riesgo	C	P	R	Clasificación
Manipulación, producción y almacenamiento (H_2)	Incendio y explosión de H_2 por fragilización; fugas de H_2	3	2	6	**Moderado**
Manipulación, producción y almacenamiento (H_2)	Incendio y explosión de H_2 por impacto vehicular; fugas de H_2	3	2	6	**Moderado**
Manipulación, producción, almacenamiento de MeOH y transporte	Incendio y explosión de MeOH por fugas; derrames	3	2	6	**Moderado**

Actividades operativas	Escenario de riesgo	C	P	R	Clasificación
Manipulación, producción, almacenamiento de MeOH y transporte	Intoxicación por MeOH por fugas; derrames	3	2	6	**Moderado**
Manipulación, producción, almacenamiento de MeOH y transporte	Incendio y explosión por fugas; derrames en cercanía de LAT	3	2	6	**Moderado**
Transporte de MeOH por tren	Incendio y explosión por fugas; derrames en vía férrea	4	1	4	**Moderado**
Manipulación, producción, almacenamiento y transporte de CO_2	Asfixia por fugas de CO_2	2	2	4	**Leve**
Manipulación, producción, almacenamiento y transporte de CO_2	Explosión o ruptura violenta de contenedores por exposición a altas temperaturas	2	2	4	**Leve**

Se aclara que, a los efectos del presente análisis, se considera en forma precautoria que una actividad cuya valoración de consecuencias haya resultado en niveles grave o crítico (valores 4 y 5) se cataloga como mínimo de riesgo moderado, independientemente de la probabilidad asignada al evento, por lo cual se trata de una actividad que deberá ser atendida específicamente con las mayores medidas de prevención de riesgos posibles. De este modo, los escenarios de mayor riesgo resultan los asociados al manejo de MeOH y a su transporte, en tanto los escenarios vinculados al CO_2 resultan de riesgo leve. Como parte del análisis se incorporaron lineamientos de medidas de control para minimizar la magnitud de los riesgos evaluados, que se recogen en la **Sección 10**.

En relación con el escenario de interacción entre el transporte ferroviario y la línea de alta tensión (LAT) de 500 kV presente en el predio, los estándares de la CSA describen un requisito de espacio libre mínimo de 11,3 m por encima del riel para una línea de 500 kV, basado en mantener una distancia de arco segura en condiciones de humedad. Como zona de riesgo exterior referida a la LAT se adopta un valor de 65 m, considerando en forma precautoria un comportamiento similar al de una fuente de ignición permanente como sería una antorcha.

Análisis de “sólo consecuencias”

Metodología y criterios de daño

Para la evaluación de las distancias de efecto se implementó una metodología basada en las consecuencias, mediante dos herramientas ampliamente utilizadas y validadas: el software HyRAM+ versión 5.1.1, desarrollado por Sandia National Laboratories, recomendado por la norma UNE-ISO 19880-1:2022 y utilizado como referencia por la NFPA para instalaciones de H_2, que emplea la biblioteca CoolProp para los cálculos termodinámicos y el modelo Baker-Strehlow-Tang para la sobrepresión no confinada; y el modelo ALOHA versión 5.4.7, recomendado por la EPA, que permite modelar nubes de gas tóxico e inflamable, bola de fuego (BLEVE), incendios de chorro, incendios de charco y explosiones de nubes de vapor.

Los criterios de radiación térmica y sobrepresión adoptados corresponden a los valores recomendados por la NFPA. Para la radiación térmica se emplearon los umbrales establecidos en la NFPA 2, de 1,6 y 4,7 kW/m², correspondientes a las condiciones de no daño y de aparición de dolor en piel expuesta tras 30 segundos de exposición, respectivamente, adoptándose 25 y 40 kW/m² para daño a edificios y a equipamiento respectivamente. En el caso de la sobrepresión se utilizó el criterio de 5 kPa, correspondiente al umbral de daño no significativo para las personas (asociado aproximadamente a una probabilidad de fatalidad del 0,1 %), 14 kPa para

edificios y 20 kPa para equipamiento. Para los efectos tóxicos de la nube de MeOH se adoptó el valor de 250 ppm correspondiente al STEL de la ACGIH.

Escenarios y condiciones de modelación

Los escenarios accidentales evaluados fueron los siguientes:

- H_2 – Fuga de gas por cañería de 1,5" en línea entre la salida del compresor y la entrada al almacenamiento (100 bar, 40 °C), con 100 % de rotura, según la consideración de la EPA *Risk Management Program Rule – Worst Case Scenario Analysis* (40 CFR § 68.25(b)(2)).
- MeOH – Nube tóxica por cañería de 3" en el envallado del tanque de almacenamiento de 2.500 m³, ubicado dentro de un envallado de 800 m² (50 m × 23 m, dos tanques de 15 m de diámetro).
- MeOH – Piscina de fuego (*pool fire*) por fuga en cañería de 3" en el mismo envallado.
- MeOH – Bola de fuego (BLEVE) por tanque de almacenamiento de 2.500 m³, de 15 m de diámetro.
- MeOH – Nube tóxica por derrame en la zona de carga de vagones, ubicada dentro de una superficie de contención de 210 m^2 (60 m x 3,5 m), vagones de hasta 48 toneladas.

Las condiciones atmosféricas adoptadas en ALOHA corresponden a las establecidas por el EPA *Risk Management Program* para análisis de consecuencias fuera del sitio (40 CFR § 68.22): viento de 1,5 m/s del ESE a 3 m sobre el nivel del terreno, rugosidad de campo abierto, cobertura de nubes del 50 %, clase de estabilidad F, ausencia de altura de inversión y humedad relativa del 50 %. En cuanto a la temperatura, tanto para la modelación de H_2 en HyRAM+ como para la modelación de MeOH en el modelo ALOHA se adoptó una temperatura del aire de 41,6 °C, correspondiente al máximo registrado en la estación Paso de los Toros en el mes de diciembre durante el período 1981-2010.

Resultados

Los contornos de seguridad obtenidos para cada escenario se presentan en la **Tabla 8-15** y en la **Lámina 8-6**.

Tabla 8-15: Distancias de efecto daño para personas, infraestructura y equipamiento (análisis de sólo consecuencias, HyRAM+ v5.1.1 y ALOHA v5.4.7).

Sustancia	Escenario	HyRAM+ v5.1.1	ALOHA (EPA) v5.4.7
H_2 (gas)	Explosión retardada de chorro de gas, ignición por deflagración (llama Mach 0,35)	60 m personas 25 m edificios 15 m equipamiento	570 m personas 470 m edificios 450 m equipamiento
H_2 (gas)	Explosión retardada de chorro de gas, ignición por detonación (llama Mach 5,2)	180 m personas 70 m edificios 50 m equipamiento	570 m personas 470 m edificios 450 m equipamiento
H_2 (gas)	Chorro de fuego (*jet fire*), ignición instantánea	90 m personas (1,6 kW/m²) 70 m personas (4,7 kW/m²) 50 m edificios 45 m equipamiento	25 m personas 10 m edificios 10 m equipamiento
MeOH	Nube tóxica - derrame en parque de tanques de almacenamiento	--	760 m

Sustancia	Escenario	HyRAM+ v5.1.1	ALOHA (EPA) v5.4.7
MeOH	Piscina de fuego (*pool fire*) – fuga en parque de tanques de almacenamiento	--	60 m personas 20 m edificios 20 m equipamiento
MeOH	Bola de fuego (BLEVE) – en tanque de almacenamiento	--	760 m personas (no daño, 1,6 kW/m²) 450 m personas (dolor en piel, 4,7 kW/m²) 160 m edificios 110 m equipamiento
MeOH	Nube tóxica - derrame en zona de carga de vagones	--	500 m

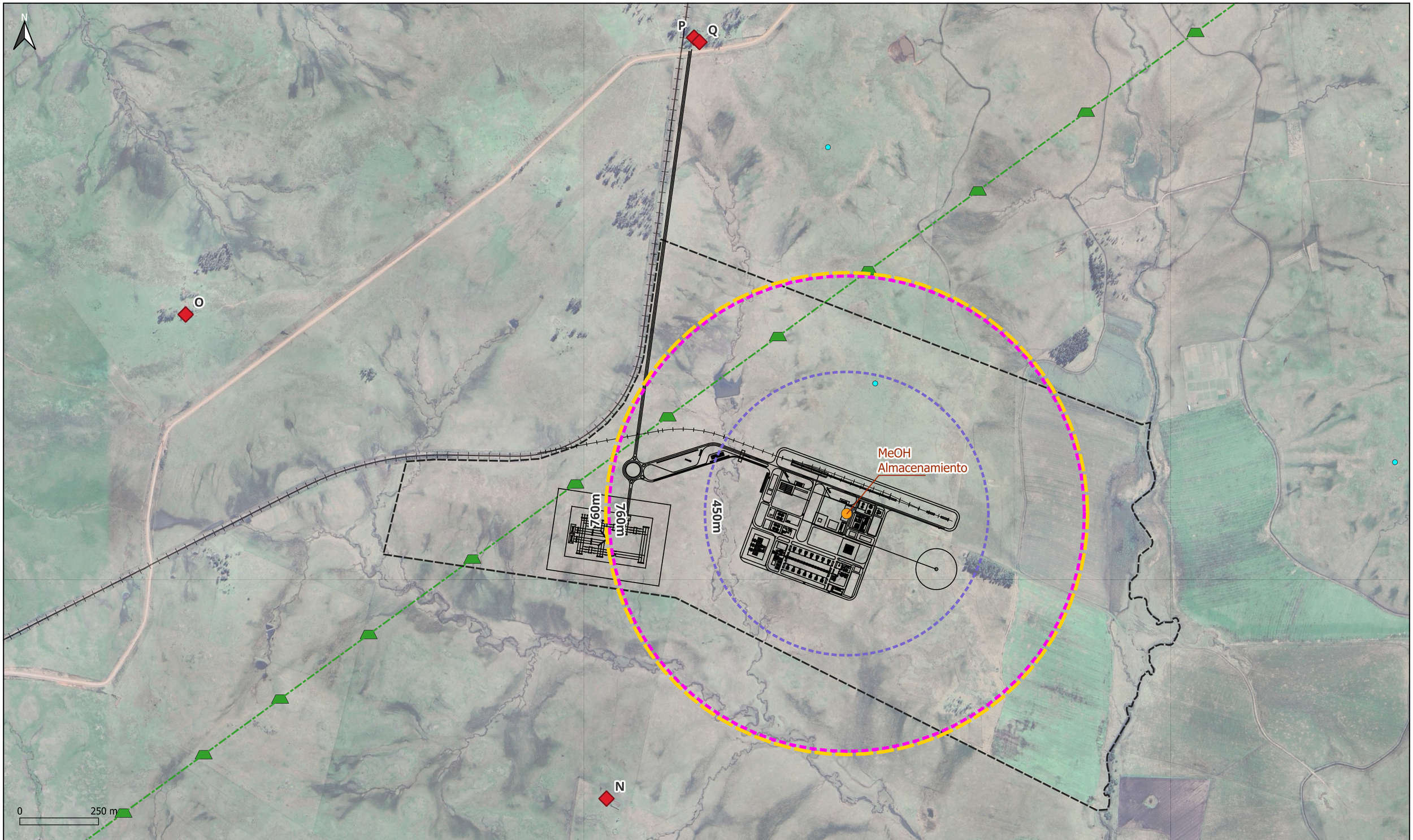
Conclusiones del análisis de riesgo de la planta industrial

De acuerdo con el análisis cualitativo presentado, los posibles peligros derivados de las actividades de manipulación, producción y almacenamiento de H_2 se relacionan fundamentalmente con accidentes generados por fugas, incendio y explosión; en el caso del MeOH, con explosión, incendio e intoxicación por fugas. Teniendo en cuenta estos peligros y el posible daño sobre la infraestructura, la vida humana y el medio ambiente, se concluye que existe un riesgo moderado en cuanto a la probabilidad de ocurrencia de escenarios accidentales en las distintas etapas de proceso industrial y transporte.

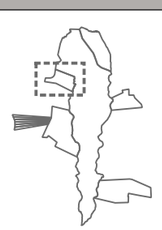
Del análisis de sólo consecuencias, formulado en condiciones muy precautorias, se concluye que el contorno de no afectación por radiación térmica es de 760 m desde la zona de almacenamiento de MeOH, y que el contorno de afectación por sobrepresión desde la zona de compresión es de 570 m para no afectación a personas, 470 m para edificios y 450 m para equipamiento. El efecto de nube tóxica fue estimado en 760 m, quedando su contorno de acción íntegramente dentro del predio industrial.

Estos contornos de no afectación permiten concluir que en las condiciones de evaluación del proyecto no se encuentran riesgos no admisibles asociados con receptores permanentes ni con la infraestructura pública de la zona, resultado de una evaluación en un escenario muy precautorio, sin considerar las medidas de prevención que permitirán reducir estas zonas críticas y modelada en condiciones climáticas desfavorables. A instancias de los avances en la ingeniería de detalle que permitan determinar escenarios accidentales mediante la metodología HAZOP y realizar un QRA, junto con la tramitación de las habilitaciones ante la DNB, quedarán definidas las distancias de riesgo exterior finales, que serán siempre menores a las aquí calculadas, pudiendo implementarse medidas adicionales, como paredes cortafuegos o antiexplosiones para acotar aún más el efecto esperado en situaciones de contingencia.

Página intencionalmente en blanco
para impresión en doble faz.



PLANO DE UBICACIÓN



REFERENCIAS

Sitio de riesgo

- MeOH - Almacenamiento

- Aerogeneradores
- Torres LAT
- Via ferrea
- Perímetro industrial
- Receptor - Vivienda permanente

	Contorno no afectación (m)	Efecto	Criterio
	450	Efecto térmico	Sensibilidad dérmica (4,7kW/m2)
	760	Nube Tóxica (zona almacenamiento de metanol)	No afectación a personas (250 ppm)
	760	Efecto térmico	No afectación a personas (1,6kW/m2)

NOTA: Los círculos correspondientes a Nube toxica (zona almacenamiento de metanol) y efecto térmico tienen el mismo radio de ación, pero han sido graficados desfasados por ser coincidentes a efectos de su mejor apreciación

eia estudio ingeniería ambiental

ENERTRAG One energy ahead

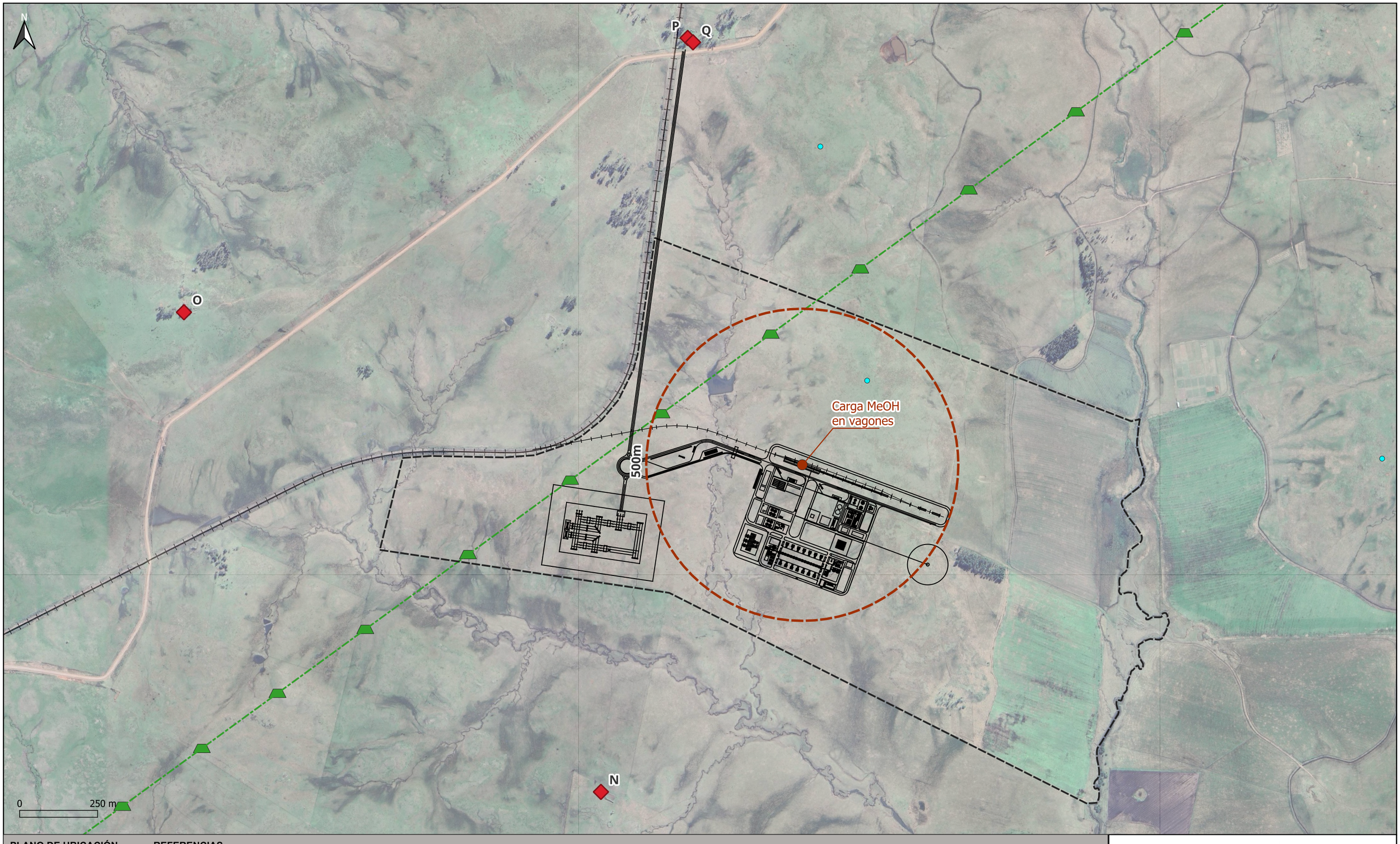
DISTANCIAS DE EFECTO DE DAÑO PROCESO MeOH - ALMACENAMIENTO

ESCALA 1:11.000

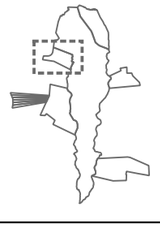
TITULAR	BELASAY S.A.
PROYECTO	PLANTA DE PRODUCCIÓN DE E-METANOL A PARTIR DE HIDRÓGENO VERDE
UBICACIÓN	DEPARTAMENTO DE TACUAREMBÓ

LÁMINA **8-6**

Página intencionalmente en blanco
para impresión en doble faz.



PLANO DE UBICACIÓN



REFERENCIAS

Sitio de riesgo

Carga vagones

Aerogeneradores

Torres LAT

Via ferrea

Perímetro industrial

Receptor - Vivienda permanente

	Contorno no afectación (m)	Efecto	Criterio
	500	Nube toxica (zona de carga de vagones)	No afectación a personas (250 ppm)

eia estudio ingeniería ambiental

ENERTRAG One energy ahead

DISTANCIAS DE EFECTO DE DAÑO PROCESO MeOH - CARGA DE VAGONES

ESCALA 1:11.000

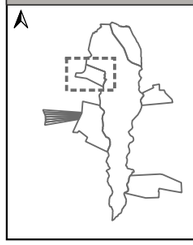
TITULAR	BELASAY S.A.
PROYECTO	PLANTA DE PRODUCCIÓN DE E-METANOL A PARTIR DE HIDRÓGENO VERDE
UBICACIÓN	DEPARTAMENTO DE TACUAREMBÓ

LAMINA **8-7**

Página intencionalmente en blanco
para impresión en doble faz.



PLANO DE UBICACIÓN



REFERENCIAS

Sitio de riesgo

- Hidrógeno - Compresión

- Aerogeneradores
- torres_LAT
- Via ferrea
- Perímetro industrial
- Receptor - Vivienda permanente

	Contorno no afectación (m)	Efecto	Criterio
	450	Sobrepresión	No afectación a equipamiento (20 Kpa)
	470	Sobrepresión	No afectación a edificios (14 Kpa)
	570	Sobrepresión	No afectación a personas (5 Kpa)

eia estudio ingeniería ambiental

ENERTRAG One energy ahead

DISTANCIAS DE EFECTO DE DAÑO PROCESO H_2

ESCALA 1:11.000

TITULAR	BELASAY S.A.
PROYECTO	PLANTA DE PRODUCCIÓN DE E-METANOL A PARTIR DE HIDRÓGENO VERDE
UBICACIÓN	DEPARTAMENTO DE TACUAREMBÓ

LAMINA **8-8**

Página intencionalmente en blanco
para impresión en doble faz.

8.3.3 Análisis de riesgo en el transporte

Características del transporte de sustancias químicas

El transporte de sustancias químicas más relevante se asocia a la planta de producción de MeOH. Se requiere la recepción de CO_2 en forma de gas licuado desde el sitio de captura hasta la planta industrial, mediante transporte carretero, y luego se tendrá la expedición del producto terminado mediante transporte ferroviario. La identificación de las características asociadas a estas sustancias se realizó teniendo en cuenta las correspondientes fichas de datos de seguridad y las consideraciones del Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Sustancias, según se resumen en la **Tabla 8-16**.

Tabla 8-16: Riesgos y precauciones en el transporte de H_2, MeOH y CO_2.

Tipo	H_2V gaseoso	MeOH	CO_2
Número ONU	1049	1230	2187
Estado	Gas	Líquido	Líquido refrigerado
Clase de peligro de transporte	2.1	3	2
Riesgos físicos	Gas extremadamente inflamable (H220). Contiene gas bajo presión; puede explotar si es calentado (H280).	Líquido y vapores muy inflamables (H225).	Contiene un gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento (H280).
Riesgos a la salud	No se especifican riesgos a la salud (H3xx).	Tóxico en caso de ingestión, contacto con la piel o inhalación (H301 + H311 + H331). Provoca daños en los órganos (ojos) (H370).	Asfixiante a altas concentraciones (H380).

Transporte de CO_2

Escenarios y evaluación del riesgo

El escenario considerado corresponde a la potencial ruptura violenta de los contenedores cerrados durante el transporte, en especial si se asocia a escenarios donde las altas temperaturas (incendio) generen sobrepresión en las cisternas. Este escenario puede darse en caso de accidente carretero y, por el tipo de producto involucrado, el riesgo fue tipificado como leve; una situación de accidente con explosión del contenedor puede provocar daño en áreas aledañas y afectación a receptores sensibles y a la fauna del entorno.

Medidas de gestión y mitigación

Para el transporte carretero de CO_2 se prevén pautas estrictas de control y planes de respuesta ante contingencias, cuyo detalle se definirá en la etapa de solicitud de la Autorización Ambiental de Operación (AAO) e incluirá dentro del PGA-O. Como medidas de mitigación se establece el uso de cisternas criogénicas aisladas, específicas al transporte de gas licuado, dotadas de válvulas de alivio de presión ante aumentos de presión por razones exógenas, construidas acorde a los criterios de la ASME BPVC Vol. VIII División 1 o los estándares europeos EN 13530/TPED. Como pautas de gestión operativa se destacan el contar con personal debidamente capacitado sobre los procedimientos a seguir durante un evento contingente, disponer de vehículos equipados con kit de emergencia para afrontar incendios o rupturas violentas durante el transporte, y la integración del transporte de CO_2 al plan global de respuesta ante emergencias.

Transporte de MeOH

Escenarios y evaluación del riesgo

El escenario considerado corresponde a las potenciales fugas de producto, en especial si se asocian con incendio o explosión, generadas por defectos en los vagones de carga o por accidente ferroviario; el riesgo fue tipificado como potencialmente grave. Un accidente con incendio puede provocar heridos, generación de nubes tóxicas y daño extensivo a áreas aledañas, con afectación a receptores sensibles por la potencial propagación del incendio; un accidente con explosión puede generar una onda expansiva con heridos y daños extensivos a la infraestructura; y los derrames de líquido pueden llevar a la contaminación de suelo o cursos de agua y a efectos sobre la calidad del aire por los vapores desprendidos.

Medidas de gestión y mitigación

El transporte ferroviario de MeOH estará sometido a pautas estrictas de control y planes de respuesta ante contingencias, que se definirán en detalle durante la solicitud de la AAO e incluirán dentro del PGA-O. Como medida de mitigación se deberán utilizar unidades de carga específicas, con tanques cisterna preparados para minimizar los factores de riesgo identificados, en especial potenciales derrames en caso de accidentes, contando con sistemas de contención específicos como válvulas de seguridad antiderrame, válvulas de alivio de presión, protección de puntos críticos de carga y descarga con elementos anti-impacto y dispositivos de puesta a tierra, y certificados bajo normativa internacional RID y Mercosur.

El transporte de MeOH se encuentra sujeto a las mismas pautas que se siguen para otras sustancias inflamables similares, como el transporte de gasolina. Como pautas de gestión operativa se destacan la rutina de inspección de vagones para identificar unidades defectuosas, control periódico de las cisternas, equipos y puntos singulares, calibración de instrumentos, control de la corrosión e inspección de elementos estructurales como *bogies*, estructura principal y frenos; el control sobre el movimiento de los trenes; los planes de respuesta ante emergencias, coordinados y aprobados con el SINAE y el CECOED; y el contar con personal debidamente capacitado.

Identificación de zonas de mayor sensibilidad

Con el fin de definir pautas operativas específicas para situaciones de operación normal o contingentes, se procedió a la identificación de zonas de mayor sensibilidad ante contingencias relacionadas con el transporte, con base en el Sistema de Información Ambiental del Observatorio Ambiental Nacional, considerando centros poblados de relevancia, cuencas hidrográficas de Nivel 5 vinculadas a tomas de agua superficial para potabilización, y áreas de conservación del medio. La caracterización realizada se resume a continuación, mientras que su representación gráfica puede consultarse en el EsIA Tomo II disponible en el OAN[7]: en Láminas 10 - 2 a 10-6.

Se incluye el transporte carretero de CO_2 desde el sitio de captura hasta la planta industrial y el ferroviario de MeOH hasta el inicio del proyecto FFCC, el cual contará con planes propios de operación y contingencias. Como centros poblados de relevancia se identifican Paso Ataques (camino de conexión sitio de captura – Ruta 5), Tacuarembó (Ruta 5), Tambores (camino Ruta 26 a planta industrial) y Piedra Sola, Achar, Chamberlain y Paso de los Toros (vía férrea tramo Tambores – FFCC). En cuanto a cuencas y tomas de agua para potabilización aguas abajo de la vía férrea, se identifican la toma de San Gregorio del Polanco sobre el río Negro, que recibe aguas arriba la descarga de la cuenca del arroyo Malo de Nivel 3, vinculándose el transporte

[7] https://www.ambiente.gub.uy/oan/proyectos/proyecto-tambor-planta-de-produccion-de-e-metanol-a-partir-de-h2verde/

ferroviario con las cuencas de Nivel 5 de códigos 54201, 54202, 54206, 54207 y 54230; el embalse de Rincón del Bonete, aguas arriba de la toma de Paso de los Toros, con aporte directo de las cuencas 54610, 54632, 54900, 54904 y 54905; y la toma de Paso de los Toros, asociada a la cuenca 55133 y al tramo final de la vía, incluyendo el puente ferroviario sobre el río Negro.

Respecto de las áreas de conservación, las rutas 5 y 26 presentan áreas prioritarias en varias partes del trazado recorrido con transporte en camión, en una faja de 1.000 m centrada en el eje de cada ruta, y un tramo del camino de conexión entre el sitio de captura y la Ruta 5 se desarrolla dentro de la zona de transición de la Reserva de Biósfera Bioma Pampa – Quebradas del Norte. En cuanto a las celdas del SNAP, para el transporte carretero se identifican la celda H8 (Clase 3), las celdas H9, H11 y J11 (Clase 5) sobre la Ruta 5 y la celda K12 (Clase 5) sobre la Ruta 26, y para el ferroviario la celda K17 (Clase 5). Estas áreas serán articuladas en las consideraciones operativas de cada sistema de transporte e integradas al Plan de Contingencias, permitiendo definir pautas específicas de comunicación y actuación para los tramos donde se pueda generar algún tipo de contingencia.

Conclusiones

De acuerdo con el análisis cualitativo presentado, la tipificación mayor de riesgo, considerada como grave, corresponde al transporte ferroviario de MeOH, asociado a accidentes que puedan involucrar fugas de producto vinculadas con posibles escenarios de incendio o explosión. Al respecto, se consideran un conjunto de medidas de mitigación que serán tenidas en cuenta en la selección del equipamiento ferroviario, debiendo disponerse de planes de respuesta ante emergencias coordinados y aprobados con el SINAE y el CECOED. Las condiciones de seguridad ferroviarias para el tramo entre la planta industrial y el inicio del proyecto FFCC serán acordadas con la DNTF en acuerdo con el operador contratado; en este sentido, la DNTF manifestó que la utilización de la vía existente para la conexión con el Ferrocarril Central resulta consistente con sus líneas de planificación estratégica y con el Presupuesto Quinquenal 2025-2029, que contempla la rehabilitación del puente ferroviario sobre el río Negro y el mantenimiento mayor de la línea Rivera Norte.

La planificación del movimiento ferroviario será integrada al PGA-O y, en especial, al plan de comunicación, para articular con la población de las localidades vinculadas al tramo entre Tambores y el departamento de Durazno. Para el tramo al Sur del río Negro, el transporte se adecuará a las pautas de gestión ambiental del proyecto FFCC, que contará con la AAO correspondiente.

Página intencionalmente en blanco
para impresión en doble faz.

9. TABLA RESUMEN: MEDIDAS DE GESTIÓN, MITIGACIÓN Y COMPENSACIÓN

En la **Tabla 9-1** se resumen las medidas de gestión, mitigación y compensación, así como los monitoreos surgidos de la evaluación ambiental del proyecto en estudio.

Tabla 9-1: Resumen de medidas de gestión, mitigación y compensación, y monitoreos asociados.

Id	Aspecto	Factor	Impacto	Sig.	Medidas	Monitoreo
Fase de proyecto						
1	Definición de ubicación del emprendimiento	Uso del suelo	Modificación en el uso del suelo por presencia del proyecto	Media	El desarrollo del proyecto se formuló en base a los acuerdos concebidos en las instancias del procedimiento de cambio de uso del suelo, por lo que se entiende que no será necesario implementar medidas de mitigación adicionales.	-
2	Divulgación pública del emprendimiento	Percepción social	Percepción social negativa respecto al proyecto	Media	❍ Se mantuvieron instancias de participación pública en el marco del procedimiento de cambio de uso del suelo e instancias de comunicación temprana y consulta significativa en el marco del Estudio de Percepción Social (EPS) del proyecto. ❍ Implementación de un Plan de Relacionamiento Comunitario (PRC). ❍ Instalar un punto fijo de información y atención comunitaria en Tambores, que funcione como oficina de proximidad y canal directo de consultas; su apertura estará atada al inicio de los trabajos preparatorios de obra. ❍ Canales complementarios: buzonera física en la sede del Municipio de Tambores, atención telefónica y digital (canal de WhatsApp y correo electrónico) e instancias informativas periódicas. ❍ Publicar boletines periódicos sobre los avances del proyecto, en formato físico y digital, incluyendo información sobre impactos, medidas de gestión y oportunidades. ❍ Establecer instancias regulares de diálogo comunitario, como mesas de seguimiento locales o comisiones participativas. ❍ Incorporar mecanismos de retroalimentación para que la comunidad pueda plantear inquietudes, hacer sugerencias y recibir respuestas verificables.	Monitoreo y seguimiento del grado de implementación del PRC.
3	Divulgación pública del emprendimiento	Entorno socioeconómico – Mercado inmobiliario	Modificación del valor de las viviendas en las localidades cercanas a la zona de implantación	Media	❍ Informar a la comunidad sobre los plazos reales del proyecto, mediante campañas de comunicación que aclaren las fases y los tiempos en los que se requerirá infraestructura adicional. ❍ Solución de alojamiento del personal no local prevista principalmente mediante viviendas permanentes o temporales integradas a la trama urbana, descartándose en esta etapa la necesidad de campamentos de gran escala. Su diseño y ejecución estarán a cargo del titular del proyecto, con unidades de entre 35 y 50 m². ❍ Coordinación con la IDT respecto de la disponibilidad territorial para absorber la demanda habitacional adicional, estimada en el orden de 2 a 3 ha frente a un área de expansión urbana de aproximadamente 12 ha habilitada por el *bypass* previsto. ❍ Establecer un canal de diálogo continuo entre la empresa, las autoridades locales y representantes comunitarios para discutir y monitorear los efectos del proyecto sobre el mercado inmobiliario.	Monitorear las tendencias de precios y la disponibilidad de propiedades para identificar áreas de presión antes de que se conviertan en un problema significativo.

Id	Aspecto	Factor	Impacto	Sig.	Medidas	Monitoreo
Fase de construcción						
4	Presencia física de la obra	Percepción social	Percepción social negativa por presencia física de la obra y otros aspectos ambientales relacionados a la fase de construcción	**Media**	❍ Implementación de un PRC durante la fase de construcción. ❍ Diseñar un plan de movilidad segura y sostenibilidad vial, en coordinación con gobiernos departamentales y municipales, que contemple mejoras en caminos, señalización y educación vial. ❍ En cuanto a las preocupaciones vinculadas al mercado inmobiliario y dinámica demográfica, son también de aplicabilidad las medidas presentadas para los impactos **Id. 2 y 3**. *Vinculado a riesgos sociales y de género:* ❍ Incorporar una perspectiva de género transversal en todas las etapas del proyecto, con medidas específicas para prevenir situaciones de violencia, trata o explotación. ❍ Coordinar con organismos especializados y organizaciones locales para monitorear posibles efectos sociales no deseados. ❍ Establecer protocolos de actuación ante cualquier situación que afecte los derechos de mujeres, niñas y adolescentes. ❍ Reforzar la Comisaría Especializada en Violencia Doméstica y de Género en Tacuarembó. ❍ Crear programas de prevención de violencia dirigidos tanto a trabajadores como a residentes locales.	Monitoreo y seguimiento del grado de implementación del PRC.
5	Presencia física de la obra	Paisaje	Modificación del paisaje por presencia física de la obra	**Baja**	❍ Gestión adecuada de residuos durante la obra conforme al PGA-C. ❍ Delimitar de forma exhaustiva las áreas que necesariamente deberán ser afectadas por la construcción y establecer un estricto control de proveedores y operarios para que no se desarrollen actividades por fuera de ésta. ❍ Restauración de zonas que se vayan a mantener como verdes, acopiando para ello el suelo natural siempre que sea posible.	❍ Control del grado de implementación del PGA-C en la gestión de residuos de obra. ❍ Control del grado de implementación del Plan de Restauración.
6	Demanda de mano de obra y servicios	Entorno socioeconómico	Modificación del entorno socioeconómico por el aumento de la demanda de mano de obra y servicios	**Alta**	❍ Conjunto de medidas formuladas en el informe de evaluación de impacto social. Se continuará trabajando con base a estas medidas en relación con autoridades. ❍ Plan de Capacitación y Plan de Desarrollo de Proveedores Locales, en articulación con los Centros Públicos de Empleo del Ministerio de Trabajo, con la IDT y ANDE, procurando que una parte significativa de los empleos generados sea cubierta por residentes locales. ❍ Programa de capacitación a implementar a partir del cierre financiero del proyecto (FC), combinando cursos ya existentes de instituciones públicas (UTU, UTEC, INEFOP) y de la Cámara de la Construcción del Uruguay con cursos especializados coordinados o dictados por la empresa, con apoyo de UTEC y UdelaR, estableciendo cupos a los que podrán aplicar los habitantes locales. ❍ Difusión periódica a la comunidad, a partir del FC, del cronograma actualizado de ejecución, de las empresas constructoras contratadas y de las vacantes disponibles. ❍ Mecanismo de desarrollo de proveedores locales: llamado a interés, difusión de los términos de referencia, recepción de ofertas,	❍ Evaluaciones periódicas con participación de los residentes, de forma de ajustar las estrategias de mitigación. ❍ Seguimiento de los indicadores de contratación local y de desarrollo de proveedores. ❍ Indicadores de involucramiento local: monto de contratos de suministros adquiridos a nivel local respecto del monto total y respecto del monto potencial de contratación local, y número de personas que realizan suministros locales respecto del total.
6.1		Mercado laboral	Migración de mano de obra a otros servicios productivos	**Media**		
6.2		Mercado laboral	Incremento de la demanda de mano de obra	**Media**		
6.3		Actividad económica	Crecimiento de la demanda comercial en las comunidades cercanas	**Alta**		

Id	Aspecto	Factor	Impacto	Sig.	Medidas	Monitoreo
6.4		Mercado inmobiliario	Modificación del valor de los terrenos y viviendas por aumento de la demanda de mano de obra y servicios	Media	verificación de condiciones administrativas, evaluación bajo criterios de calidad-precio y contratación. ❍ Código de Conducta para los trabajadores alojados temporalmente y talleres de sensibilización sobre costumbres y normas locales. ❍ Rutas específicas para el traslado de trabajadores que minimicen la congestión en zonas residenciales. ❍ Refuerzo temporal de la presencia policial y de la infraestructura de las comisarías de Tacuarembó y Tambores, con capacitación de los efectivos en gestión de conflictos, mediación comunitaria y atención a la violencia de género. ❍ Mesas de trabajo interinstitucionales para anticipar problemas y planificar soluciones conjuntas. ❍ Coordinación con las autoridades departamentales y municipales para anticipar la demanda incremental sobre los servicios públicos y colaborar en el financiamiento de mejoras en infraestructura educativa, recreativa y cultural. *Medidas de compensación (según se detalla en el **Id. 48**):* ❍ Definición participativa de las acciones de compensación, con gobernanza local y comisiones vecinales. ❍ Alcance preliminar orientado al fortalecimiento de la infraestructura local: apoyo a servicios públicos, mejora de espacios recreativos y comunitarios, e inversiones en infraestructura vial y de seguridad para la zona de Tambores. ❍ Contribución a la microrregión mediante las Propuestas de Contribución del Proyecto Tambor (PCPT), gestionadas por un comité designado por la población de Tambores con participación del proyecto. *Frente a la desmovilización de obra:* ❍ Capacitación para la reconversión laboral, ofreciendo formación en sectores como mantenimiento industrial, agricultura tecnológica y turismo. ❍ Red de apoyo social y laboral: implementar en conjunto con las autoridades un sistema de bolsa de trabajo regional que conecte a los trabajadores desafectados con oportunidades en otros sectores.	
6.5		Servicios públicos	Afectación al nivel de demanda de los servicios públicos por aumento de población vinculada al personal de obra	Media		
6.6		Calidad de vida	Alteraciones en la forma de vida y organización	Media		
6.7		Calidad de vida	Alteraciones en la forma de vida y organización (seguridad ciudadana)	Media		
7	Desbroce de vegetación	Ecosistemas terrestres	Pérdida, degradación y fragmentación de hábitats	Media	❍ Delimitar de forma exhaustiva las áreas que necesariamente deberán ser afectadas por la construcción y establecer un estricto control de proveedores y operarios para que no se desarrollen actividades por fuera de ésta. *Sitio industrial:* ❍ Establecer una zona de exclusión de la obra destinada a la conservación de especies de flora prioritaria, en la zona de pedregales próximos a la vía del tren. ❍ Traslocación de individuos de flora prioritaria del pastizal seco en zonas asignadas como jardines de conservación.	❍ Implementar un plan de control de cumplimiento de áreas afectadas por la obra, que deberá ser incorporado en el PGA-C, asignando un responsable del control durante la fase de construcción. ❍ Las tareas de traslocación de individuos de flora prioritaria deberán ser planificadas y monitoreadas por un botánico que garantice su correcta ejecución. ❍ Relevamiento de campo sobre el layout del proyecto para asegurar que no se afecten los sitios de interés y eventualmente realizar los ajustes de pequeña escala necesarios.

Id	Aspecto	Factor	Impacto	Sig.	Medidas	Monitoreo
8		Fauna	Mortalidad directa e indirecta de especies	Media	*Parque eólico:* ❍ En el diseño de detalle se deberá evitar la afectación de los roquedales que son hábitat de especies amenazadas, como el Geko de las Piedras (*Homonota uruguayensis*); de no ser posible y confirmada su presencia, se realizará la traslocación de individuos hacia otros pedregales. *Parque solar:* ❍ Optimizar el área de ocupación de forma que se afecte la menor área natural posible. ❍ Reservar el suelo orgánico removido durante la fase de construcción para luego volver a dispersarlo por el sitio, con el fin de recuperar las pasturas naturales. ❍ En fase de operación, realizar un mantenimiento de pasturas mínimo y planificado, con medios mecánicos, no estando permitido el uso de productos; el acceso de ganado será sólo como herramienta de manejo de las pasturas. ❍ Diseño e implementación de pasafaunas en el cerco perimetral con el fin de aumentar la permeabilidad y la conectividad entre los ambientes, enfocado a medianos y grandes mamíferos (aberturas de 0,60 m × 0,50 m cada 20 m en parches ambientales y cada 50 m en elementos lineales). *Transversales:* ❍ Implementación de un Plan de Conducta relacionado a la protección de la fauna y flora del sitio, destinado al personal de obra. ❍ Protocolo de control de la dispersión e ingreso de Especies Exóticas Invasoras (EEI), con especial atención al *Capim anoni*. ❍ Medidas de reducción de la contaminación lumínica: iluminación con sensores de movimiento o temporizadores, luces de longitudes de onda menos perjudiciales para la fauna nocturna y pantallas que eviten la dispersión hacia el cielo y áreas de conservación.	❍ Durante la fase de operación se deberán realizar monitoreos de aves anualmente, con el fin de evaluar la recuperación de nichos biológicos y ajustar medidas de manejo para la mejor revegetación del sitio. ❍ Monitoreos en fase de operación que corroboren el uso de los pasafaunas por las especies objetivo, mediante la colocación de cámaras trampa. ❍ Revisiones anuales sobre las vías de acceso a la planta para verificar la ausencia de focos de EEI.
9	Generación de aguas residuales asimilables a domésticas	Calidad del agua superficial	Deterioro de la calidad del agua superficial por gestión inadecuada de aguas residuales asimilables a domésticas	Media	❍ La totalidad de las aguas residuales asimilables a domésticas de obra (pico de 70 m³/d), tanto del obrador principal como de los frentes de obra y zonas aisladas, será conducida a depósitos fijos impermeables. ❍ Vaciado periódico mediante camiones barométricos de 20 m³ (3 a 4 viajes diarios en el pico) y disposición final en PTAR de OSE de la ciudad de Tacuarembó, contando con la conformidad de la Jefatura Departamental de Tacuarembó de OSE. ❍ Exigencia a los contratistas de maximizar el uso de baños químicos, de forma de reducir el volumen de efluentes a gestionar.	❍ Registro y trazabilidad de los retiros: fecha, volumen, transportista y constancia de recepción en la PTAR. ❍ Control del estado y estanqueidad de los depósitos fijos.
10		Calidad del agua subterránea	Deterioro de la calidad del agua subterránea por gestión inadecuada de aguas residuales asimilables a domésticas	Media		
11	Generación de aguas residuales del lavado de maquinaria en contacto con hormigón	Calidad del agua superficial	Deterioro de la calidad del agua superficial por gestión inadecuada de aguas residuales del lavado de maquinaria en contacto con hormigón	Baja	❍ Priorizar la reutilización del efluente para la elaboración de hormigón siempre que sea posible; en caso contrario, vertido de acuerdo con el Decreto 226/025. ❍ Implementación de una pileta de lavado de camiones mixer y limpieza de herramientas. El diseño de la pileta deberá permitir la sedimentación de sólidos y el ajuste de pH del efluente previo a su vertido.	❍ Control del efluente resultante del tratamiento (pH y sólidos suspendidos) previo a su vertido. ❍ Planilla de registro de vertido.
12		Calidad del agua subterránea	Deterioro de la calidad del agua subterránea por gestión	Baja		

Id	Aspecto	Factor	Impacto	Sig.	Medidas	Monitoreo
			inadecuada de aguas residuales del lavado de maquinaria en contacto con hormigón			
13	Generación de residuos sólidos asimilables a domésticos	Calidad del agua superficial	Deterioro de la calidad del agua superficial por gestión inadecuada de residuos asimilables a domésticos	Baja	❍ Implementar pautas de segregación, almacenamiento transitorio, transporte y disposición final de acuerdo con el PGA-C. ❍ Instalación de depósitos con tapa y bolsas plásticas en oficinas, comedores y frentes de obra. ❍ Obligación de los operarios de mantener el orden y la limpieza de sus áreas de trabajo al finalizar la jornada, con prohibición estricta de enterrar o quemar residuos. ❍ Priorizar alternativas de reciclaje y valorización siempre que sea posible. ❍ Coordinación con la IDT para la definición del SDF al que se enviarán los residuos de obra, así como de las vías de transporte.	❍ Control del grado de implementación del PGA-C en la gestión de residuos de obra. ❍ Registro detallado de las cantidades generadas y gestionadas: fecha de entrega, tipo de residuo, volumen o peso, transportista responsable y destino final.
14		Calidad del agua subterránea	Deterioro de la calidad del agua subterránea por gestión inadecuada de residuos asimilables a domésticos	Baja		
15		Calidad del suelo	Afectación de la calidad del suelo por gestión inadecuada de residuos asimilables a domésticos	Baja		
16		Paisaje	Afectación al paisaje por gestión inadecuada de residuos asimilables a domésticos	Baja		
17	Generación de residuos sólidos asimilables a domésticos	Entorno socioeconómico	Aumento de la demanda de servicio de recolección y disposición de residuos sólidos asimilables a domésticos (efecto directo)	Media	❍ Gestión de los residuos generados en obra (del orden de 16 t/mes en el pico) mediante contenedores específicos en cada punto de generación, con recolección periódica por camiones compactadores. ❍ Distribución del alojamiento del personal no local mayoritariamente en la ciudad de Tacuarembó (90 %), cuyo sistema de gestión maneja actualmente entre 50 y 55 t/día, acotando la presión sobre el sistema de Tambores. ❍ Coordinación con la IDT para la definición de las alternativas de transporte y disposición final, en el marco del proyecto de cierre del actual vertedero a cielo abierto y habilitación del nuevo SDF departamental, que contemplará la generación adicional asociada al proyecto. ❍ Línea de trabajo prioritaria de coordinación con la IDT para el fortalecimiento de las capacidades locales de gestión de residuos.	❍ Control del grado de implementación del PGA-C en la gestión de residuos de obra y seguimiento de los volúmenes efectivamente derivados.
17.1		Servicios públicos	Aumento de la demanda de servicio de recolección y disposición de residuos sólidos asimilables a domésticos (efecto indirecto)	Media		
18	Generación de Residuos de Obras de Construcción (ROC)	Paisaje	Degradación del paisaje por gestión inadecuada de ROC	Baja	❍ Priorización de la reutilización de materiales en obra (triturado de inertes para relleno) y de las alternativas de reciclaje o valorización, conforme al Decreto 213/025. ❍ Valorización energética de la madera no contaminada. ❍ Destinos finales previstos para reciclables: empresas autorizadas para valorización (chatarreras y recicladores), instituciones públicas, privadas y organizaciones no gubernamentales mediante donación, y el SDF de la ciudad de Tacuarembó. ❍ Coordinación con la IDT para la definición de las alternativas de transporte y disposición final de las fracciones no aprovechables. ❍ Gestión de acuerdo con el PGA-C.	❍ Control del grado de implementación del PGA-C en la gestión de residuos de obra.

Id	Aspecto	Factor	Impacto	Sig.	Medidas	Monitoreo
19	Generación de residuos de tala y poda	Paisaje	Degradación del paisaje por gestión inadecuada de residuos de tala y poda	Baja	❍ Clasificación en madera aprovechable y residuos vegetales no utilizables. ❍ Priorización de alternativas de valorización energética de especies leñosas (uso como combustible en calderas de biomasa de emprendimientos del entorno o donación). ❍ Evitar el acopio obstruyendo vías de drenaje. ❍ Definición del SDF en coordinación con la IDT, teniendo como alternativas el SDF de Podas y Voluminosos de Cuchilla de Peralta o el SDF de la ciudad de Tacuarembó. ❍ Gestión de acuerdo con el PGA-C.	❍ Control del grado de implementación del PGA-C en la gestión de residuos de obra.
20	Generación de residuos peligrosos, especiales y sanitarios	Calidad del agua superficial	Deterioro de la calidad del agua superficial por gestión inadecuada de residuos peligrosos, especiales y sanitarios	Baja	*Sanitarios:* ❍ Gestión conforme con el Decreto 586/09. ❍ Generar convenio con centro de salud local para su disposición final. *Peligrosos y especiales:* ❍ Almacenamiento en recintos destinados para tal fin (acceso restringido, techado, piso impermeable con cordoneta de contención). ❍ Priorizar alternativas de reciclaje y valorización siempre que sea posible. ❍ Transporte y disposición final mediante gestores autorizados por DINACEA. ❍ Los módulos fotovoltaicos dañados o rotos (entre 270 y 1.500 unidades a lo largo de la obra) se gestionarán RAEE a través de gestores habilitados para esta tipología. ❍ Buenas prácticas de manejo orientadas a prevenir contingencias con derrames, de forma de reducir la generación de residuos peligrosos.	❍ Control del grado de implementación del PGA-C en la gestión de residuos de obra.
21		Calidad del suelo	Deterioro de la calidad del suelo por gestión inadecuada de residuos peligrosos, especiales y sanitarios	Baja		
22		Paisaje	Degradación del paisaje por gestión inadecuada de residuos peligrosos, especiales y sanitarios	Baja		
23	Movimiento de suelos, excavación y voladuras	Patrones de escurrimiento superficial	Modificación de los patrones de escurrimiento superficial por movimiento de suelos	Media	*Sitio industrial y subestación:* ❍ Conformación de canales para el escurrimiento hacia unidades de contención y sedimentación, diseñadas para eventos de 2 años de período de retorno y verificadas para 5 años. ❍ Conformación de sedimentadores previo al vertido a curso de agua, dimensionados para retener partículas de 30 µm: laguna de 4.314 m³ en el sitio industrial y de 5.195 m³ en la Subestación UTE.	❍ Control del correcto mantenimiento y limpieza de cunetas y sedimentadores, incluyendo el retiro del material colmatado.

Id	Aspecto	Factor	Impacto	Sig.	Medidas	Monitoreo
24		Calidad del agua superficial	Deterioro de la calidad del agua superficial por arrastre de material granular generado por movimiento de suelos	Baja	❍ Mantenimiento periódico de forma de mantener la eficiencia de dichas unidades. *Parque solar:* ❍ Implementación de cunetas paralelas a la caminería (tiempo de concentración de 15 minutos e intensidad de 79 mm/h), con el criterio de diseño para la operación del parque. ❍ Conformación de sedimentadores para el asentamiento de sólidos en fase de construcción, que podrán mantenerse durante la etapa inicial de operación mientras la platea se encuentre en proceso de revegetación.	
25	Movimiento de suelos, excavación y voladuras	Población cercana	Afectación a la población cercana y viviendas por proyecciones de roca y vibraciones por voladuras	Baja	❍ Priorizar la extracción mecánica siempre que sea posible, limitando la ejecución de voladuras a los sitios donde ello no resulte factible. ❍ Elaborar un Plan de Voladuras de detalle, a presentar ante la DINACEA previo a su ejecución, incluyendo el diseño de la malla de barrenos, el tipo y profundidad de las perforaciones, la carga máxima instantánea por retardo, el material explosivo y la frecuencia de las voladuras. ❍ Verificación de las distancias de seguridad: para el escenario de diseño (banco de 5 m, malla de 2 a 3 m, carga máxima de 18 kg por barreno) la proyección máxima de fragmentos se estima en 55 m, y las distancias por Velocidad Pico de Partícula (norma DIN 4150) resultan de 226 m para estructuras delicadas y sitios de valor patrimonial o arqueológico, 164 m para viviendas y 69 m para instalaciones comerciales e industriales, quedando la totalidad de los receptores fuera de dichos radios. ❍ El transporte de explosivos y la ejecución de las voladuras estarán a cargo de un barrenista autorizado, siguiendo los procedimientos del SMA del Ejército Nacional. ❍ No se realizará la carga de barrenos si no es posible su voladura el mismo día, quedando prohibida la carga mientras se realizan otras perforaciones en la zona. ❍ Anuncio de las detonaciones mediante sirena, con un primer aviso 15 minutos antes y otro en los instantes previos; comunicación con las autoridades locales y notificación a los receptores más cercanos.	❍ Control de la adecuación de las voladuras al Plan de Voladuras definido y registro de las detonaciones ejecutadas.
26	Movimiento de suelos, excavación y voladuras	Patrimonio histórico y arqueológico	Afectación al patrimonio histórico y arqueológico por movimiento de suelos	Alta	❍ Establecer una zona de exclusión entre las áreas a intervenir por el proyecto y las unidades arqueológicas identificadas. ❍ Establecer un Control Arqueológico de Obra durante las actividades que impliquen desbroce, remoción de suelo u ocultación por relleno, tales como la construcción de fundaciones, plateas, caminería y sistemas de drenaje. Para ello se elaborará un Plan Arqueológico de Obra y se contará con un equipo de arqueología para su seguimiento y la capacitación del personal. ❍ En caso de producirse un hallazgo se detendrá toda actividad en el frente de obra vinculado y se avisará a la CPCN.	❍ Control Arqueológico de Obra.
27	Emisiones sonoras	Nivel sonoro	Aumento del nivel de presión sonora por generación de emisiones sonoras	Baja	❍ Mantenimiento preventivo de maquinaria y vehículos utilizados en frente de obra y para el suministro de insumos.	❍ Monitoreo de ruido sobre receptores afectados en caso de quejas, comparando el resultado con el valor de línea

Id	Aspecto	Factor	Impacto	Sig.	Medidas	Monitoreo
28		Población cercana	Molestias en la población cercana por aumento de la inmisión sonora debido a las emisiones sonoras generadas durante la obra	Baja	❍ Horario de funcionamiento diurno. ❍ Organización del ingreso a obra de forma de no solapar el tránsito de personal con el de materiales. ❍ Implementación de un sistema de recepción y resolución de quejas.	de base más cercano y con los valores guía para prevenir la contaminación acústica.
31	Tránsito terrestre inducido	Nivel sonoro	Aumento del nivel de presión sonora por el tránsito terrestre inducido	Baja		
29	Emisiones sonoras	Fauna	Afectación a la fauna por generación de emisiones sonoras	Baja	Mantener los niveles sonoros lo más reducidos posibles mediante la adopción de tecnologías modernas y los mantenimientos necesarios.	-
30	Tránsito terrestre inducido	Calidad del aire	Deterioro de la calidad del aire por emisiones atmosféricas generadas por motores de combustión	Baja	❍ Mantenimiento preventivo de maquinaria y vehículos utilizados en frente de obra y para el suministro de insumos. ❍ Horario de funcionamiento diurno, en el cual las condiciones de dispersión atmosférica son óptimas.	❍ Control de mantenimiento preventivo.
32	Tránsito terrestre inducido	Infraestructura vial	Deterioro de la infraestructura vial existente por tránsito terrestre pesado inducido	Baja	❍ Consolidación de una vía alternativa al Boulevard de Tambores para el tránsito de camiones (*bypass provisorio*). ❍ Resolución de los aspectos dominiales necesarios con las autoridades municipales, considerando los radios de giro requeridos para el transporte de cargas especiales de gran longitud. ❍ Autorización del MTOP para la circulación de cargas especiales, conforme al Decreto 132/021. ❍ Se considerarán las prácticas habituales de gestión basadas en las recomendaciones del Manual Ambiental para Obras y Actividades en el Sector Vial (MTOP, 1998), destacándose la colocación de señalización reflectante de color naranja a 100 y 200 m de los accesos a la obra, en ambos sentidos de tráfico. ❍ Diseño de un plan de movilidad segura y sostenibilidad vial, en coordinación con los gobiernos departamental y municipal.	❍ Seguimiento del estado de la caminería utilizada y del cumplimiento de las condiciones de circulación acordadas con las autoridades.
33		Tránsito terrestre	Incremento del tránsito terrestre usual y afectación de la seguridad vial por el tránsito terrestre inducido	Media		
34	Re-suspensión de material particulado	Calidad del aire	Deterioro de la calidad del aire por re-suspensión de material particulado	Baja	❍ Incorporación de tratamientos superficiales (riego asfáltico o soluciones equivalentes) en los tramos de caminería con mayor densidad de receptores cercanos, medida menos dependiente de su aplicación rutinaria que el riego periódico. ❍ Riego periódico con camiones regadores en los tramos de baja densidad poblacional que puedan generar molestias, especialmente en temporada seca. ❍ Priorización de la ejecución temprana de la caminería interna del parque eólico, de forma que la mayor parte del tránsito pesado ingrese por el acceso Norte, próximo al límite Este de Tambores. ❍ Circulación a velocidad reducida por caminería de material granular vecinal e interna del predio. ❍ Suministro de áridos en camiones con cazamba cubiertos con lona. ❍ Riego de acopios de áridos y/o cobertura con lona o malla sombra. ❍ Construcción de la caminería interna con base estabilizada compactada, utilizando materiales de alta resistencia. ❍ Tramitación de la AEA para la planta de asfalto, en caso de requerirse su instalación.	❍ Seguimiento de las quejas recibidas y verificación del estado de los tramos tratados superficialmente.
35		Población cercana	Molestias en la población por re-suspensión de material particulado	Baja		

Id	Aspecto	Factor	Impacto	Sig.	Medidas	Monitoreo
36	Uso de recursos	Cantidad de agua superficial	Afectación del nivel de servicio del agua superficial por consumo en obra	Baja	❍ Aprovechamiento complementario de otras fuentes superficiales disponibles: embalse existente en predios linderos y, en ciertos períodos, las lagunas de pluviales. ❍ Contar con autorización de DINAGUA. ❍ Regir la construcción y operación de pozos de acuerdo con el Decreto Nº 86/004.	❍ Registro de los volúmenes extraídos por fuente y control del cumplimiento de las condiciones establecidas en la autorización de la DINAGUA.
37		Cantidad de agua subterránea	Afectación del nivel de servicio del agua subterránea por consumo en obra	Baja		
38	Uso de recursos	Recursos naturales	Aumento de la demanda de recursos naturales para la obra	Baja	❍ En caso de compra de material en canteras comerciales se asegurará que provenga de canteras autorizadas por DINAMIGE y DINACEA. ❍ En caso de optar por la explotación de canteras propias, se tramitarán las autorizaciones correspondientes; siempre que sea posible se buscarán sitios ya intervenidos por explotaciones previas. ❍ Ejecución del movimiento de suelos en desmonte y terraplenado, siempre que las condiciones estructurales del material lo admitan, recurriendo a material de préstamo sólo si el balance de suelo resulta negativo.	❍ Verificación documental de la procedencia y habilitación de las canteras proveedoras.
39	Foco ígneo (contingencia)	Calidad del aire	Deterioro de la calidad del aire por emisiones atmosféricas generadas durante un foco ígneo	Baja	❍ Divulgación y capacitación del plan de seguridad de obra. ❍ Contar con elementos de combate ante incendios. ❍ Buenas prácticas de almacenamiento y manipulación de combustibles e insumos químicos inflamables, orientadas a minimizar la probabilidad de ocurrencia. ❍ Plan de restauración en caso de un foco ígneo que alcance zonas naturales adyacentes al emprendimiento.	❍ Control periódico del funcionamiento de los elementos de combate de incendios y realización de simulacros.
40		Fauna	Mortalidad directa de especies y por pérdida de hábitats, por foco ígneo	Baja		
41		Población cercana	Molestias a la población por ocurrencia de foco ígneo	Baja		
42		Ecosistemas terrestres	Pérdida de hábitats por foco ígneo	Baja		
43	Derrame de hidrocarburos en tierra (contingencia)	Calidad del agua subterránea	Deterioro de la calidad de agua subterránea por derrame de combustible, aceites o sustancias químicas	Media	❍ Divulgación y capacitación del plan de seguridad de obra. ❍ Contar con elementos de actuación ante derrames (elementos de contención y absorción). ❍ Almacenamiento de combustibles y sustancias peligrosas en depósitos con piso y cerramiento superior impermeable, cercamiento perimetral y contención de derrames. ❍ Actuación de acuerdo a procedimiento del PGA-C. ❍ Gestión de residuos contaminados como residuos peligrosos.	❍ Control y reposición de elementos de contención y absorción.
44		Calidad del suelo	Deterioro de la calidad del suelo por derrame de combustible, aceites o sustancias químicas	Baja		
Fase de operación						
45	Presencia física del emprendimiento	Percepción social	Percepción social negativa por la operación del emprendimiento	Media	❍ Implementación de un PRC para la fase de operación, con el objetivo de fortalecer la comunicación e información, diseñar una estrategia de participación continua y fomentar el desarrollo local mediante empleo y formación.	❍ Monitoreo y evaluación del grado de adecuación al PRC.

Id	Aspecto	Factor	Impacto	Sig.	Medidas	Monitoreo
					❍ Continuidad de la oficina de proximidad en Tambores y de los canales complementarios de contacto (buzonera en el Municipio, atención telefónica y digital, instancias informativas periódicas). ❍ Diseñar un plan de movilidad segura y sostenibilidad vial, en coordinación con gobiernos departamentales y municipales. ❍ Establecer y dar a conocer los mecanismos de recepción de quejas.	
46	Presencia física del emprendimiento	Actividad aérea	Limitación en la actividad aérea local por presencia de los aerogeneradores	Baja	❍ Solicitar la autorización de DINACIA requerida para infraestructura de altura superior a 150 m. ❍ Balizamiento de AG de acuerdo al manual de la DINACIA e incorporación de las estructuras a las cartas aeronáuticas.	❍ Control periódico del funcionamiento del sistema de balizamiento.
47	Presencia física del emprendimiento	Paisaje	Modificación del paisaje por presencia del proyecto	Alta	❍ En los casos de magnitud de impacto bajo o medio (CV01, CV02 y CV03), se recomienda introducir nuevas propuestas de vegetación/ barrera vegetal, acompañadas de un proyecto de paisaje y considerando la vegetación del entorno. ❍ Barreras dispersas de altura combinada (CV01 y CV03): hacia el límite de los padrones bordeados por el camino departamental próximo a la planta industrial, utilizar barreras vegetales generando grupos dispersos combinando diferentes especies de diferentes alturas, creando una transición natural en el paisaje. ❍ Barrera ondulada de gran altura (CV02): utilizar árboles de porte alto y denso, con especies autóctonas de la región que favorezcan la restauración ecológica y la protección visual a larga distancia, imitando las líneas del relieve del terreno o las formaciones vegetales naturales. ❍ Uso de pintura antirreflejo en las palas de los AG. ❍ Diseño de la iluminación exterior con criterios de minimización de la dispersión lumínica.	❍ Seguimiento del estado de desarrollo y prendimiento de las barreras vegetales implantadas.
48	Demanda de mano de obra y servicios	Entorno socioeconómico	Modificación del entorno socioeconómico por el aumento de la demanda de mano de obra y servicios	Media	❍ Conjunto de medidas formuladas en el informe de evaluación de impacto social. Se continuará trabajando con base a estas medidas en relación con autoridades y en las instancias de consulta que se continuarán desarrollando. ❍ Continuidad del Plan de Capacitación y del Plan de Desarrollo de Proveedores Locales, en articulación con los Centros Públicos de Empleo del Ministerio de Trabajo y con la IDT.	❍ Seguimiento de los indicadores de contratación local y de desarrollo de proveedores. ❍ Seguimiento del grado de implementación de las acciones de compensación acordadas.

Id	Aspecto	Factor	Impacto	Sig.	Medidas	Monitoreo
48.1		Mercado laboral	Modificación del mercado laboral por aumento en la demanda de mano de obra	Media	❍ Priorización de la contratación de residentes locales y fomento de la compra de productos y servicios locales. *Medidas de compensación:* ❍ Enfoque de compensación territorial que permita priorizar acciones pertinentes, proporcionales y consistentes con las necesidades del entorno y con los impactos efectivamente identificados, definidas con base en criterios de pertinencia territorial, impacto, sostenibilidad, articulación institucional y beneficio colectivo. ❍ Criterios de definición: las acciones se definirán de manera participativa con la gobernanza local y las comisiones vecinales, asegurando que respondan a necesidades reales de la población. ❍ Alcance preliminar: fortalecimiento de la infraestructura local, incluyendo el apoyo a servicios públicos, la mejora de espacios recreativos y comunitarios, e inversiones en infraestructura vial y de seguridad para la zona de Tambores. ❍ La definición final de las medidas surgirá de instancias de participación y coordinación con las autoridades departamentales, municipales y las organizaciones sociales de la localidad.	
48.2		Mercado laboral	Migración de mano de obra a otros servicios productivos	Media		
49	Emisiones a la atmósfera	Calidad del aire	Deterioro de la calidad del aire por emisiones a la atmósfera por operación de la planta de producción	Baja	❍ El proyecto cuenta con un sistema específico para la captación de posibles emisiones en zonas de proceso, conduciendo las mismas hacia el único punto de emisión del proyecto, que será la antorcha. ❍ Sistema de antorcha con redundancia doble de llama y válvula de seguridad, de forma de minimizar la probabilidad de apagado. ❍ De la evaluación realizada mediante la modelación se confirma que el diseño propuesto para la dispersión es adecuado, por lo cual resulta que no son necesarias medidas adicionales.	❍ Monitoreo de calidad del aire. ❍ Seguimiento de eventuales quejas de la población por olores.
50		Población cercana	Molestias a la población cercana por emisiones a la atmósfera y olores por operación de la planta de producción	Baja		
51	Emisiones sonoras	Nivel sonoro	Aumento del nivel de presión sonora por emisiones sonoras generadas durante la operación del proyecto	Alta	❍ De la modelación actualizada, que incorpora los valores de línea de base sonora medidos en cada receptor y el trazado del *bypass*, resulta que ningún receptor de la localidad de Tambores supera los límites GESTA aplicables, ni en horario diurno (60 dBA) ni nocturno (50 dBA). ❍ En la zona rural se identifican receptores que superan los límites aplicables; no obstante, únicamente el receptor Q presenta una contribución significativa atribuible a la operación, por su proximidad a la traza de tránsito, explicándose en los restantes casos la superación por los niveles ya presentes en la línea de base. ❍ En el caso del receptor Q, se prevé como medida de mitigación que la solución de empalme entre el acceso a la planta y la caminería departamental se diseñe de forma tal que la vía de circulación se ubique al menos a 50 m del mismo, es decir que se realice en un punto al Oeste del mismo y no de forma frentista. ❍ Implantación y socialización de un sistema de recepción de quejas.	❍ Monitoreo en los receptores de la línea de base e incrementar la densidad de puntos de medición en la zona de receptores críticos V, W, X y Z (primera línea de vivienda de Tambores hacia el emprendimiento). ❍ Monitoreo específico sobre el receptor Q, por ser el único con contribución significativa atribuible a la operación. ❍ Monitoreo a demanda sobre los receptores afectados en caso de quejas.
52		Población cercana	Molestias en la población cercana por aumento de la inmisión sonora debido a las emisiones sonoras generadas durante la operación del proyecto	Alta		
53	Emisiones sonoras	Fauna	Desplazamiento de fauna nativa por emisiones sonoras generadas durante la operación del proyecto	Baja	❍ Mantener el NPS lo más reducido posible mediante la adopción de tecnologías modernas y los mantenimientos preventivos necesarios.	❍ Los monitoreos de fauna previstos para el impacto **Id. 69** permitirán evaluar el efecto de desplazamiento sobre las especies de interés.
54		Calidad del agua superficial	Deterioro de la calidad del agua superficial por gestión inadecuada	Baja	❍ Dados los resultados de la línea de base de calidad de agua del arroyo Sarandí, que evidencian concentraciones superiores a los	

Id	Aspecto	Factor	Impacto	Sig.	Medidas	Monitoreo
	Generación de aguas residuales asimilables a domésticas		de aguas residuales asimilables a domésticas		valores objetivo del Decreto 226/025 para DBO_5 y nutrientes, las aguas residuales asimilables a domésticas (15 m^3/d) serán gestionadas, sin tratamiento in situ, mediante retiro por camión barométrico y disposición final en la PTAR de OSE de la ciudad de Tacuarembó, contando con la conformidad de la Jefatura Departamental de Tacuarembó de OSE.	❍ Registro y trazabilidad de los retiros: fecha, volumen, transportista y constancia de recepción en la PTAR. ❍ Control del estado y estanqueidad de los depósitos de almacenamiento.
55		Calidad del agua subterránea	Deterioro de la calidad del agua subterránea por gestión inadecuada de aguas residuales asimilables a domésticas	Baja		
56	Generación de aguas residuales industriales	Calidad del agua superficial	Deterioro de la calidad del agua superficial por gestión inadecuada de aguas residuales industriales	Media	*Corriente 1 (rechazo de ósmosis inversa; 221 m^3/d):* ❍ El sistema de ósmosis inversa concentra físicamente los iones y sales presentes en el agua bruta, sin incorporar compuestos adicionales de origen antropogénico. ❍ Vertido a curso de agua o riego en áreas verdes del parquizado del sitio industrial, dependiendo la época del año. En función del monitoreo de calidad de aguas, se definirá la necesidad de realizar la disposición mediante riego el período estival (entre diciembre y marzo) y en otras épocas de estiaje. *Corriente 2 (producción de H_2V; 57,6 m^3/d):* ❍ Incorporación a la PTA de agua bruta. *Corriente 3 (unidades de MeOH y servicios auxiliares; 174 m^3/d):* ❍ Tratamiento biológico aeróbico de lodos activados, precedido de una torre de enfriamiento que reduce la temperatura del efluente de 60 °C a 25 °C, con reducción de la carga orgánica de 93 mg/L de DQO a valores inferiores a 20 mg/L. ❍ Recirculación integral del efluente tratado como agua bruta hacia la planta de agua, configurando un esquema de vertido cero para esta corriente. ❍ Deshidratación de los lodos purgados en el sistema compartido con los de la planta de agua.	❍ Control de los parámetros de vertido, incluyendo pH, conductividad, DBO_5, SST, fósforo total, nitrógeno amoniacal y nitrato. ❍ Monitoreo del curso de agua receptor, con foco en los parámetros asociados a nutrientes y en la conductividad. ❍ Control del funcionamiento de la PTE de proceso y de la calidad del efluente recirculado.
57		Calidad del agua subterránea	Deterioro de la calidad del agua subterránea por gestión inadecuada de aguas residuales industriales	Media		
58	Gestión de pluviales	Calidad del agua superficial	Deterioro de la calidad del agua superficial por gestión inadecuada de pluviales	Baja	❍ Captación y segregación de pluviales limpios y potencialmente contaminados. ❍ Implantación de lagunas de amortiguación de pluviales limpios, y de amortiguación y control de pluviales potencialmente contaminados, esta última dotada de sistema de impermeabilización con membrana. ❍ Ambas lagunas contarán con compuerta a la salida, con el objetivo de contener eventuales contingencias. ❍ Evaluación de la calidad del escurrimiento contenido previo a su disposición; de no cumplir con los parámetros del Decreto 226/025, se adoptarán medidas de tratamiento in situ o se conducirá de forma intermitente a la PTE de proceso.	❍ Control de pluviales potencialmente contaminados previo a su vertido, y mantenimiento periódico de las lagunas de contención.
59		Calidad del agua subterránea	Deterioro de la calidad del agua subterránea por gestión inadecuada de pluviales	Baja		
60	Generación de residuos sólidos asimilables a domésticos	Calidad del agua superficial	Deterioro de la calidad del agua superficial por gestión inadecuada de residuos asimilables a domésticos	Baja	❍ Implementar pautas de segregación en origen, almacenamiento transitorio, transporte y disposición final de acuerdo al PGRSI. ❍ Priorizar alternativas de reciclaje y valorización frente al envío a SDF siempre que sea posible. ❍ Coordinación con la IdT para la definición del SDF a enviar los residuos de operación, así como las vías de transporte.	❍ Seguimiento de la adecuación de la gestión al PGRSI y control de su grado de implementación.
61		Calidad del agua subterránea	Deterioro de la calidad del agua subterránea por gestión	Baja		

Id	Aspecto	Factor	Impacto	Sig.	Medidas	Monitoreo
			inadecuada de residuos asimilables a domésticos			
62		Calidad del suelo	Deterioro de la calidad del suelo por gestión inadecuada de residuos asimilables a domésticos	Baja		
63		Paisaje	Deterioro del paisaje por gestión inadecuada de residuos asimilables a domésticos	Baja		
64	Generación de residuos sólidos asimilables a domésticos	Servicios públicos	Aumento de la demanda de servicio de recolección y disposición de residuos sólidos asimilables a domésticos	Media	❍ Coordinación con la IDT para la definición del SDF al que se enviarán las fracciones de residuos que correspondan, así como de las vías de transporte. ❍ Se prevé que, al momento de la entrada en operación del emprendimiento, se encuentre operativo el nuevo SDF departamental de Tacuarembó, que contará con planta de clasificación para la recuperación de materiales valorizables, celdas con sistemas de impermeabilización, recolección y tratamiento de lixiviados y sistema de venteo de biogás, habiendo señalado la IDT que la generación adicional asociada al proyecto será considerada en su planificación e implementación.	❍ Seguimiento de los volúmenes efectivamente derivados y del cumplimiento de lo acordado con la IDT.
65	Generación de residuos industriales (peligrosos y no peligrosos)	Calidad del agua superficial	Deterioro de la calidad del agua superficial por gestión inadecuada de residuos industriales	Media	❍ Implementar pautas de segregación, almacenamiento transitorio, transporte y disposición final de acuerdo al PGRSI, elaborado por el equipo técnico responsable del proyecto y presentado ante la Autoridad Ambiental, que identifica los gestores habilitados para cada tipología. ❍ Priorizar alternativas de reciclaje y valorización siempre que sea posible. ❍ Almacenamiento transitorio en zona destinada y adecuada para tal fin para residuos categoría I, contemplando piso impermeable, techado para minimizar el ingreso de pluviales y contención de derrames. ❍ Gestión de los residuos de generación esporádica (catalizadores agotados, soportes de catalizador y electrodos agotados) a través de gestores habilitados.	❍ Control del grado de implementación del PGRSI en la gestión de residuos de operación.
66		Calidad del agua subterránea	Deterioro de la calidad del agua subterránea por gestión inadecuada de residuos industriales	Baja		
67		Calidad del suelo	Deterioro de la calidad del suelo por gestión inadecuada de residuos industriales	Media		
68		Paisaje	Degradación del paisaje por gestión inadecuada de residuos industriales	Baja		
69	Movimiento de palas	Fauna	Mortalidad directa por colisión, desplazamiento y creación de barrera respecto a la circulación normal de aves o quirópteros	Alta	❍ Se realizó el ajuste del layout del parque eólico en función de los resultados de los relevamientos de fauna, evitando la localización de AG en las zonas identificadas como de mayor sensibilidad. ❍ En caso de detectar eventos de colisión por especies amenazadas y/o prioritarias para la conservación se deberá evaluar la aplicación de medidas de mitigación aceptadas: o Parada a demanda de AG (*curtailment*), especialmente aplicable para aves de gran porte. o Aumento de la velocidad de arranque de AG, de eficacia reconocida para la reducción de la mortalidad de murciélagos. o Utilización de disuasores de vuelo para murciélagos.	❍ Previo al inicio de la fase de construcción del Parque Eólico, se realizará un monitoreo de aves y quirópteros, de acuerdo con la Guía de 2017, con el objetivo de establecer una Línea de Base reproducible de cara al seguimiento del desempeño ambiental de operación. La misma será presentada a instancias de la Solicitud de la AAO. Sin perjuicio de lo cual, se cuenta con una Línea de Base de monitoreo en el período 2021-2023 con campañas estacionales y una campaña complementaria en el año 2024 que permitieron proporcionar la información suficiente para realizar la evaluación de impacto ambiental de acuerdo al alcance de la Guía de EIA de Parques Eólicos, según lo indican los TdR del Proyecto.

Id	Aspecto	Factor	Impacto	Sig.	Medidas	Monitoreo
					❍ Medidas de reducción de la contaminación lumínica, dado que el incremento de fuentes lumínicas congrega insectos e incrementa la actividad de murciélagos en el entorno de los AG.	❍ Durante la operación se deberán implementar monitoreos de mortalidad de aves y murciélagos para evaluar el impacto sobre especies amenazadas y/o prioritarias para la conservación. Dada la presencia potencial y confirmada de estas especies en el área del proyecto, tanto el esfuerzo de muestreo como la duración de éstos deben ser altos.
70	Movimiento de palas	Población cercana	Molestias en la población cercana por modificación de la intensidad lumínica (proyección de sombras intermitentes o *flicker*) y destellos (*disc-effect*)	**Alta**	❍ Aplicación de criterios de *curtailment* (paradas programadas) en los AG 1 y 2. Las quitas de energía asociadas al *curtailment* fueron evaluadas a nivel operativo, resultando admisible para la operación del emprendimiento. ❍ Uso de pintura antirreflejo en las palas, de forma de mitigar el efecto de destellos.	❍ Registro de las paradas programadas ejecutadas. ❍ Monitoreo en la zona de Tambores entre los receptores X e Y del modelo general, correspondiente con los receptores A" y P" del modelo de detalle.
71	Generación de campos electromagnéticos	Población cercana	Afectación de la población cercana por exposición a campos electromagnéticos	**Baja**	❍ Diseño de la red eléctrica manteniendo las distancias de seguridad y cumpliendo los límites de exposición poblacional establecidos por las referencias internacionales aplicables. ❍ Localización de las principales fuentes (subestaciones y tendidos) dentro de los padrones del emprendimiento, a distancias considerables de los receptores poblacionales. ❍ Tendido de interconexión entre la Subestación II y el sitio industrial de tipo subterráneo, configuración que reduce la intensidad del campo a nivel de superficie. ❍ Implementación de un sistema de recepción de quejas.	❍ Monitoreo de CEM una vez se haya energizado el parque eólico, el parque solar y las subestaciones, en las inmediaciones de las instalaciones y en receptores cercanos. ❍ Medición a demanda según se reciban quejas de vecinos, tendientes a minimizar la percepción social negativa.
72	Uso de recursos	Calidad del agua subterránea	Deterioro de la calidad del agua subterránea por manejo inadecuado de pozos	**Baja**	❍ Contar con autorización de DINAGUA. ❍ Regir la construcción y operación de pozos de acuerdo con el Decreto Nº 86/004, con seguimiento técnico a cargo de empresas habilitadas. ❍ Sellado sanitario con cemento-bentonita en el tramo superior, de forma de prevenir la comunicación entre niveles acuíferos y el ingreso de contaminantes desde superficie.	❍ Monitoreo de calidad de agua de acuerdo con el plan de monitoreo del PGA-O.
73	Uso de recursos	Cantidad de agua superficial	Afectación de la disponibilidad del agua superficial por una gestión inadecuada del recurso	**Alta**	❍ Esquema de abastecimiento diseñado con criterios de redundancia a partir del informe de disponibilidad hídrica: fuente principal en la nueva presa (118.500 m³ embalsados), dimensionada para satisfacer el 100 % de la demanda considerando 52 proyecciones climáticas futuras; fuente de respaldo Nº 1 en el embalse existente (60.000 m³/año, máximo 90 días); y fuente de respaldo Nº 2 en el campo de pozos del acuífero Tacuarembó/Guaraní aflorante (40.000 m³/año, máximo 90 días).	❍ Registro de los volúmenes extraídos por fuente y verificación del cumplimiento de los límites autorizados para las fuentes de respaldo. ❍ Control de la erogación efectiva del caudal de servidumbre ambiental.

Id	Aspecto	Factor	Impacto	Sig.	Medidas	Monitoreo
74		Cantidad de agua subterránea	Afectación de la disponibilidad del agua subterránea por una gestión inadecuada del recurso	Alta	❍ Erogación de un caudal de servidumbre ambiental desde la nueva presa (valor en proceso de definición, en el marco de la SDUA en DINAGUA). ❍ Estrategias de reúso de agua de proceso (recirculación de condensados, del agua recuperada de la PTE de proceso y del proceso de deshidratación de lodos), que reducen el consumo de agua bruta a 660 m^3/d. ❍ Se encuentra en trámite la Solicitud de Derecho de Uso de Agua ante la DINAGUA, organismo competente en esta materia. ❍ De la evaluación realizada y del esquema de abastecimiento seleccionado se desprende que no son necesarias medidas adicionales.	
75	Tránsito terrestre inducido	Calidad del aire	Deterioro de la calidad del aire por emisiones atmosféricas generadas por motores de combustión y re-suspensión de material particulado	Baja	❍ El tránsito inducido alcanza un máximo de 4 vehículos por hora, circulando por caminería asfaltada o pavimentada con hormigón, por lo que las emisiones resultan de baja entidad. ❍ Se prevé como condición previa a la operación del proyecto la mejora y pavimentación con asfalto del camino entre Tambores y el parque eólico, según acuerdo entre las Intendencias de Tacuarembó y Paysandú y el MTOP. ❍ La implementación del *bypass* contribuye a alejar estas emisiones de los receptores de la localidad de Tambores. ❍ Mantenimiento preventivo de la flota de transporte.	❍ Monitoreo de calidad del aire y seguimiento de las quejas recibidas.
80		Población cercana	Molestias en la población por re-suspensión de material particulado	Baja		
76	Tránsito terrestre inducido	Nivel sonoro	Aumento del nivel de presión sonora por el tránsito terrestre inducido	Media	❍ De la modelación actualizada resulta que la afectación acústica atribuible al tránsito se concentra en el receptor Q, próximo a la traza. Se prevé como medida de mitigación que la solución de empalme entre el acceso a la planta y la caminería departamental se diseñe de forma tal que la vía de circulación se ubique al menos a 50 m del mismo, es decir que se realice en un punto al Oeste del mismo y no de forma frentista. ❍ Mantenimiento preventivo de la flota de transporte. ❍ Implantación y socialización de un sistema de recepción de quejas.	❍ Monitoreo en los receptores de la línea de base, incrementando la densidad de puntos de medición en la zona de receptores críticos V, W, X y Z, y monitoreo específico sobre el receptor Q.
77	Tránsito terrestre inducido	Infraestructura vial	Deterioro de la infraestructura vial existente por tránsito terrestre pesado inducido	Baja	❍ Consolidación de una vía alternativa al Boulevard de Tambores para el tránsito de camiones de CO_2 (*bypass*), evitando el paso por la localidad (40 viajes diarios, del orden de 2 camiones por hora). ❍ El operador ferroviario que sea contratado realizará coordinaciones operativas y de seguridad específicas con la autoridad competente (DNTF), en especial en los cruces a nivel. La DNTF manifestó que la utilización de la vía existente resulta consistente con sus líneas de	❍ Seguimiento del estado de la caminería utilizada y de las coordinaciones de seguridad establecidas con la DNTF y las autoridades locales.

Id	Aspecto	Factor	Impacto	Sig.	Medidas	Monitoreo
78		Tránsito terrestre	Incremento del tránsito terrestre usual y afectación de la seguridad vial y ferroviaria por el tránsito terrestre inducido	Baja	planificación estratégica y con el Presupuesto Quinquenal 2025-2029. ❍ Diseño de un plan de movilidad segura y sostenibilidad vial, en coordinación con los gobiernos departamental y municipal.	
79	Tránsito terrestre inducido	Fauna	Atropellamiento y desplazamiento de fauna por tránsito terrestre inducido	Baja	❍ Utilización de caminería departamental y vecinal existente para el acceso al predio, con un tránsito inducido reducido (menos de 2 camiones por hora). ❍ Tránsito mínimo sobre la caminería interna de interconexión de AG, restringido al personal de mantenimiento y de monitoreo. ❍ Los pasafaunas previstos en el cerco perimetral del parque solar contribuyen a mantener la permeabilidad del predio para la fauna de mediano y gran porte. ❍ De la evaluación surge que no son necesarias medidas adicionales en la zona de Tambores.	❍ Los monitoreos de uso de pasafaunas previstos para el impacto **Id. 7** permitirán evaluar el flujo de individuos entre ambientes.
81	Derrame de aceites, combustible e insumos en tierra (contingencia)	Calidad del agua superficial	Deterioro de la calidad de agua superficial por derrame de combustible, aceites o sustancias químicas	Baja	❍ Implantación de un envallado de recolección de derrames en la zona de carga de MeOH. ❍ Implantación de envallados en tanques de almacenamiento de MeOH y otros insumos químicos, verificándose para el cubeto de contención del almacenamiento de MeOH (50 m × 23 m) la distancia de seguridad de 7,5 m establecida por la NFPA 30. ❍ Contar con kits de actuación ante derrame en puntos identificados como de mayor probabilidad de ocurrencia. ❍ Establecer en el PGA-O un procedimiento de carga tendiente a minimizar los posibles derrames. ❍ Actuación en caso de ocurrencia de un derrame de acuerdo a procedimiento del PGA-O.	❍ Limpieza y mantenimiento de envallados para permitir su correcto funcionamiento en caso de derrame. ❍ Control y reposición de elementos de contención y absorción.
82		Calidad del agua subterránea	Deterioro de la calidad de agua subterránea por derrame de combustible, aceites o sustancias químicas	Baja		
83		Calidad del suelo	Deterioro de la calidad del suelo por derrame de combustible, aceites o sustancias químicas	Baja		
84	Foco ígneo (contingencia)	Calidad del aire	Deterioro de la calidad del aire por emisiones atmosféricas generadas durante un foco ígneo	Baja	❍ Implementación y divulgación del plan de seguridad de operación, incluyendo planes de prevención, actuación y evacuación. ❍ Infraestructura de combate de incendios. ❍ Plan de Restauración en caso de ocurrencia de focos ígneos que afecten zonas adyacentes naturales.	❍ Control periódico de funcionamiento de extintores e infraestructura de combate de incendios. ❍ Realización periódica de simulacros.
85		Población cercana	Afectación a la salud de la población cercana y molestias por ocurrencia de foco ígneo	Baja		
86		Fauna	Mortalidad directa de especies y por pérdida de hábitats	Baja		
87		Ecosistemas terrestres	Pérdida de hábitats por foco ígneo	Baja		

Id	Aspecto	Factor	Impacto	Sig.	Medidas	Monitoreo
88	Explosiones y foco ígneo por manipulación, almacenamiento y transporte de CO_2, H2V y e-Metanol (contingencia)	Calidad del aire	Deterioro de la calidad del aire por emisiones atmosféricas generadas durante un foco ígneo o explosión	Baja	*Almacenamiento, manipulación y producción:* De la evaluación realizada (análisis de sólo consecuencias, en condiciones precautorias) resultan las siguientes distancias de efecto, según el punto de origen: ❍ Almacenamiento de MeOH: 760 m a personas por radiación térmica (umbral de no daño, 1,6 kW/m²; BLEVE en tanque de almacenamiento) y 760 m por nube tóxica ante derrame en el parque de tanques. ❍ Zona de carga de vagones de MeOH: 500 m por nube tóxica ante derrame. ❍ Zona de compresión de H_2: 570 m a personas, 470 m a edificios y 450 m a equipamiento, por sobrepresión. Estas distancias no alcanzan a receptores permanentes ni a infraestructura pública de la zona. ❍ Verificación del layout de la planta industrial conforme a los criterios de las normas NFPA 2 (manejo de hidrógeno), NFPA 30 (líquidos inflamables y combustibles) y API 521 (sistemas de alivio de presión y antorchas), incluyendo las distancias mínimas de seguridad de los venteos de emergencia de H_2 y el perímetro de la antorcha, en el marco de la Resolución Nº 349/024 de URSEA. ❍ Una vez definida la ingeniería de detalle se deberá realizar un análisis con la metodología HAZOP y un análisis cuantitativo del riesgo (QRA). ❍ En el marco de la tramitación de la habilitación de la DNB se podrán implementar medidas adicionales, como paredes cortafuegos o antiexplosiones. *Transporte de CO_2:* ❍ Uso de cisternas criogénicas aisladas, específicas al transporte de gas licuado, construidas acorde a criterios definidos en la ASME BPVC Vol. VIII División 1 o según estándares europeos EN 13530/TPED. ❍ Personal debidamente capacitado sobre los procedimientos a seguir durante un evento contingente. ❍ Vehículos equipados con kit de emergencia para afrontar adecuadamente los incendios o rupturas violentas durante el transporte. ❍ El transporte de CO_2 estará integrado al plan global de respuesta ante emergencias. *Transporte de MeOH:* ❍ Uso de vagones específicamente diseñados para este fin, certificados bajo normativa internacional RID y Mercosur. ❍ Contar con un Plan de Respuesta ante Emergencias coordinado y aprobado por el SINAE y el CECOED. ❍ Personal debidamente capacitado sobre los procedimientos a seguir durante un evento contingente.	*Transporte de MeOH:* ❍ Rutina de inspección de vagones para identificar unidades defectuosas: control periódico con inspección de las cisternas, de todos los equipos y puntos singulares, calibración de instrumentos y control de la corrosión, e inspección de los elementos estructurales (*bogies*, estructura principal, frenos neumático y manual). ❍ Control sobre el movimiento de los trenes.
89		Población cercana	Riesgo sobre la integridad de la población cercana e infraestructura por ocurrencia de un foco ígneo o explosión	Alta		

Id	Aspecto	Factor	Impacto	Sig.	Medidas	Monitoreo
90	Emisiones a la atmósfera (contingencia)	Calidad del aire	Deterioro de la calidad del aire por emisiones a la atmósfera que ocurran de forma contingente durante la operación de la planta de producción	Media	*Escenarios 1 y 2 (planta de MeOH fuera de servicio y apagado de antorcha):* ❍ El proyecto contempla la implantación de una antorcha para la combustión de venteos de proceso, emisiones fugitivas o para controlar desviaciones de la planta durante eventos de falla o paradas, dotada de redundancia doble de llama y válvula de seguridad. ❍ De la evaluación realizada resulta que no son necesarias medidas adicionales a las contempladas por el proyecto. *Escenario 3 (derrame de MeOH en la carga de vagones):* ❍ El proyecto contempla la contención, colección y derivación a un depósito del *MeOH* derramado en la zona de carga de vagones. ❍ Correcto mantenimiento de los envallados de contención, de forma de permitir la evacuación del *MeOH* a la cámara de recepción lo más rápido posible, minimizando la volatilización y dispersión del derrame.	❍ Monitoreo de calidad del aire y registro de los eventos contingentes ocurridos.
91		Población cercana	Afectación a la salud de la población cercana por emisiones a la atmósfera que ocurran de forma contingente durante la operación de la planta de producción	Media		
92	Demanda adicional de recursos (contingencia)	Cantidad de agua superficial	Afectación del nivel de servicio del agua superficial por consumo en producción contingente (caso de contingencia operativa en el sistema de tratamiento de efluentes)	Baja	❍ Incorporación de este escenario al plan de contingencias del PGA-O. ❍ Mantenimiento preventivo del equipamiento electromecánico de la PTE, la disponibilidad de repuestos críticos y el registro de los eventos de indisponibilidad y de los volúmenes adicionales captados.	--
93	Uso de recursos	Calidad de agua superficial	Deterioro de la calidad de agua superficial por manejo inadecuado de la nueva presa	Media	❍ Cumplimiento del caudal ambiental erogado. ❍ Medidas de gestión del embalse orientadas a la preservación de calidad de agua en acuerdo con propietario del predio: posibilidad de restringir el acceso directo del ganado al espejo de agua mediante el cercado del embalse o la ejecución de acciones de manejo de la vegetación de ribera para favorecer la protección del cuerpo de agua.	Monitoreo de calidad de agua del embalse.

10. LINEAMIENTOS DEL PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL

10.1 INTRODUCCIÓN

El Plan de Gestión Ambiental (PGA) tiene como objetivo establecer los procedimientos y lineamientos a seguir para asegurar el correcto desempeño ambiental de las diferentes actividades del proyecto, junto con las medidas para dar seguimiento al plan y asegurar su cumplimiento, de modo de minimizar los impactos residuales sobre el ambiente. Contempla asimismo el cumplimiento de los requerimientos legales y regulatorios aplicables, así como de las guías técnicas nacionales e internacionales pertinentes a la actividad.

La experiencia en la gestión ambiental de grandes proyectos indica que la definición específica de los PGA se realiza en etapas más avanzadas del proyecto ejecutivo, pero siempre como condición previa al inicio de la fase correspondiente. De esta manera, en el ciclo de vida del proyecto hasta su entrada en operación se contará al menos con los siguientes planes:

- Plan de Gestión Ambiental de Construcción (PGA-C): específico al conjunto de obras civiles y montajes de las distintas componentes de obra (planta industrial y parques de energías renovables). Este plan podrá articularse a su vez en planes específicos, tales como el plan de movimiento de cargas especiales, el plan de montaje electromecánico y el plan de comisionamiento de la planta industrial.
- Plan de Relacionamiento Comunitario (PRC): transversal a las fases de construcción y operación.
- Plan de Gestión Ambiental de Operación (PGA-O): específico a la operación de la planta industrial, requiere un grado de detalle operativo que se alcanza una vez definida la ingeniería de detalle. Constituye un requisito previo a la entrada en operación, al momento de solicitar la Autorización Ambiental de Operación (AAO).
- Plan de Gestión de Residuos Sólidos Industriales (PGRSI): formulado en concordancia con los principios y pautas del Decreto 182/013. Este documento fue elaborado por el equipo técnico y presentado ante la autoridad ambiental en el marco de las respuestas a las SICs.

A continuación, se presentan los lineamientos de cada uno de estos planes, destacando que se trata de documentos que serán desarrollados acompañando las futuras etapas del proyecto, siempre como condición previa al inicio de cada una de ellas.

10.2 PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL DE CONSTRUCCIÓN (PGA-C)

10.2.1 Lineamientos generales

Se elaborará un PGA-C principal para regular la obra, documento a ser acordado con la autoridad ambiental, que contendrá la modalidad de desarrollo de la gestión ambiental para las actividades principales, con criterios específicos, así como las modalidades de gestión y autogestión que se exigirán a las distintas empresas contratistas. El equipo técnico a cargo de la dirección de obra, responsable de la planificación general y del control del desarrollo, será también responsable de la gestión ambiental de la misma. El plan abordará el manejo de: insumos (combustibles, áridos, sustancias químicas, hormigones y afines); maquinaria y equipos; excavaciones, destapes y manejo de suelos orgánicos; residuos sólidos; emisiones líquidas; emisiones al aire; emisiones sonoras; contingencias; transporte de insumos y equipamiento; comunicación con las comunidades afectadas y mecanismo de quejas; salud y seguridad de las comunidades; pautas para la protección de hábitats, flora y fauna; y pautas para

el seguimiento arqueológico de obra. El PGA-C incorporará un plan de monitoreo y seguimiento, con las correspondientes pautas de registro para el control de la adecuada gestión ambiental.

A continuación, se detallan algunas de las pautas operativas ya definidas en el marco de la presente evaluación y que serán abordadas con mayor detalle en el PGA-C.

10.2.2 Plan de monitoreo y seguimiento ambiental

En la **Tabla 10-1** se presenta el monitoreo de control previsto para la fase de construcción. Se trata de una versión preliminar, que será ajustada al elaborarse el PGA-C definitivo.

Tabla 10-1: Monitoreo de control de fase de construcción

Factor	Estaciones	Parámetros	Frecuencia
Nivel sonoro	8 puntos incluidos en la línea de base (3 en el camino de acceso desde Tambores, 2 en Tambores y 3 rurales) y receptores sensibles identificados por quejas.	dBA diurno y nocturno	Bimestral
Calidad del aire	Puntos de la línea de base correspondientes a receptores sobre el camino de acceso (V01, V03, V04 y V05).	PM_{10}	Bimestral
Aguas residuales	Depósitos de almacenamiento previo al retiro por camión barométrico.	Registro de volúmenes retirados, transportista y constancia de recepción en la PTAR de OSE. Control de estanqueidad de los depósitos.	Continuo (por retiro)
Lagunas de sedimentación	Lagunas de sedimentación del Sitio Industrial y de la Subestación UTE.	Turbiedad, SST, hidrocarburos, pH.	Bimestral
Calidad de agua superficial	Estaciones de la red de monitoreo de línea de base sobre el arroyo Sarandí y afluentes (E1, E3, E4 y E5).	In situ: pH, temperatura, conductividad, turbiedad y OD. Organoléptico: material flotante, espumas, color, olor, aceites y grasas. Laboratorio: DBO_5, ST, coliformes fecales, nitrógeno amoniacal, nitratos y fósforo total.	Trimestral
Aguas subterráneas	Pozos de abastecimiento de agua del sitio industrial.	In situ: pH, temperatura y conductividad. Laboratorio: DQO, nitratos, coliformes fecales y fósforo total.	Semestral
Efluente de lavado de hormigón	Pileta de lavado de camiones mixer.	pH	Previo a su vertido

10.3 PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL DE OPERACIÓN (PGA-O)

10.3.1 Lineamientos generales

La elaboración del PGA-O requiere un conjunto de información detallada que se define en instancias del proyecto ejecutivo. Constituye un documento base para la Solicitud de AAO, formando parte de su presentación, instancia en la cual se realizará una revisión exhaustiva con

la correspondiente aprobación por parte de la Administración, de forma de disponer de una herramienta de gestión ajustada a las condiciones finales del proyecto y a las modalidades de operación definidas.

El PGA-O incluirá las pautas principales de operación con un análisis detallado de riesgo, la definición de las pautas de seguimiento y monitoreo, la gestión de residuos sólidos, un plan para la atención de contingencias y el PRC.

El plan estará estructurado en un documento global que incluirá un conjunto de planes específicos, destacándose: las piezas gráficas principales de la planta industrial con las zonas de producción; el plan de monitoreo y seguimiento de la operación; el plan de monitoreo y seguimiento ambiental; el PGRSI; el análisis de riesgos ambientales; el plan de prevención y respuesta ante contingencias; y el PRC.

10.3.2 Plan de monitoreo y seguimiento ambiental

El plan de seguimiento incluirá el control de los parámetros principales de operación, el monitoreo de emisiones y el de los principales factores ambientales. En la **Tabla 10-2** se recopilan los monitoreos que surgen en el marco de la evaluación de impactos y de las medidas de gestión definidas en la **Sección 9**, que constituyen la base sobre la cual se desarrollará el plan de monitoreo del PGA-O. El alcance definitivo, los puntos de muestreo y las frecuencias serán establecidos en dicho plan, en instancias de la Solicitud de AAO.

Tabla 10-2: Monitoreos para la fase de operación, base del plan de monitoreo del PGA-O.

Factor	Monitoreo previsto	Origen
Vertido a curso de agua	Control de los parámetros de vertido del rechazo de ósmosis inversa, conforme al Decreto 226/025.	Id. 56 y 57
Calidad de agua	Monitoreo del curso de agua receptor.	Id. 54 a 57
Pluviales	Control de la calidad de los pluviales potencialmente contaminados previo a su vertido.	Id. 58 y 59
Calidad del aire	Monitoreo de calidad del aire.	Id. 49 y 50
Nivel sonoro	Monitoreo en los receptores de la línea de base, incrementando la densidad de puntos de medición en la zona de los receptores críticos V, W, X y Z (primera línea de vivienda de Tambores hacia el emprendimiento) y en Q (receptor más sensible).	Id. 51, 52 y 76
Sombras (*flicker*)	Registro de las paradas programadas previstas.	Id. 70
Fauna – aves y murciélagos	Previo al inicio de la fase de construcción del Parque Eólico, se realizará un monitoreo de aves y quirópteros, de acuerdo con la Guía de 2017, con el objetivo de establecer una Línea de Base reproducible de cara al seguimiento del desempeño ambiental de operación. La misma será presentada a instancias de la Solicitud de la AAO. Durante la fase de operación del parque, se deberán implementar monitoreos de mortalidad, con alto esfuerzo de muestreo y duración, dada la presencia potencial y confirmada de especies amenazadas y prioritarias.	Id. 69
Fauna – conectividad	Monitoreos que corroboren el uso de los pasafaunas por las especies objetivo, mediante cámaras trampa, y monitoreos anuales de aves para evaluar la recuperación de nichos biológicos.	Id. 7

Factor	Monitoreo previsto	Origen
Campos electromagnéticos	Monitoreo una vez energizados el parque eólico, el parque solar y las subestaciones, en las inmediaciones de las instalaciones y en receptores cercanos. Medición a demanda según se reciban quejas de vecinos.	Id. 71
Aguas subterráneas	Monitoreo de calidad de agua de acuerdo con el plan de monitoreo del PGA-O.	Id. 72
Residuos sólidos	Control del grado de implementación del PGRSI en la gestión de residuos de operación.	Id. 60 a 68
Contingencias	Limpieza y mantenimiento de envallados; control y reposición de elementos de contención y absorción; control periódico del funcionamiento de extintores y realización periódica de simulacros. Para el transporte de e-Metanol, rutina de inspección de vagones y control sobre el movimiento de los trenes.	Id. 81 a 91
Relacionamiento comunitario	Monitoreo y evaluación del grado de adecuación al PRC	Id. 45

10.3.3 Plan de contingencias

Uso de fuentes de agua de respaldo por contingencia operativa en la PTE

El PGA-O incluirá un procedimiento de gestión del abastecimiento de agua bruta que establezca los criterios de operación entre la fuente principal (nueva presa) y las fuentes de respaldo, en base a los siguientes lineamientos:

- La nueva presa constituye la fuente de abastecimiento permanente del proceso. Su operación estará siempre condicionada a la erogación del caudal ambiental que sea aprobado por la DINAGUA en el marco de la SDUA, reservado dentro del volumen de almacenamiento.
- La fuente de respaldo Nº 1 (embalse existente) entrará en operación solo ante la indisponibilidad de la fuente principal, ya sea por contingencias de infraestructura (rotura de las líneas de succión o impulsión, falla del equipamiento de bombeo, falta de energía) o por déficit hídrico en el embalse.
- La fuente de respaldo Nº 2 (campo de pozos en el acuífero Tacuarembó/Guaraní) entrará en operación solo ante la indisponibilidad simultánea de la fuente principal y de la fuente de respaldo Nº 1, incluida la indisponibilidad de esta última por calidad de agua inadecuada.
- El uso de las fuentes de respaldo será temporal, hasta que se resuelva la contingencia que lo motivó, momento en que se volverá a la fuente principal. Su uso no superará en ningún caso los siguientes límites: 60.000 m^3/año para la fuente de respaldo Nº 1 y 40.000 m^3/año para la fuente de respaldo Nº 2, con un máximo de 90 días al año cada una.
- Se llevará un registro de cada evento de cambio de fuente (causa, fecha de inicio y fin, volúmenes captados por fuente), junto con el registro continuo de volúmenes extraídos por fuente y del caudal ambiental erogado.

Incendio, explosión o derrames

El plan de contingencias determinará de forma precisa la modalidad de actuación para los escenarios de riesgo identificados, destacándose incendios, explosiones y derrames de

productos químicos. Será acordado con el SINAE y el CECOED, en especial las componentes relacionadas con el transporte, involucrando a las distintas organizaciones competentes, en particular la DNB. Definirá la estructura de responsabilidades por parte de la empresa y contemplará un plan de comunicación con un sistema de alerta escalonado en función del tipo de incidente y de la sensibilidad ambiental de la zona afectada. El plan general de actuación definirá:

- Instalaciones y equipamiento: descripción de las instalaciones fijas y móviles disponibles en la planta industrial, detallando los elementos para el abordaje de incidentes que involucren incendios, explosiones y derrames, así como el equipamiento específico de protección personal de las brigadas.
- Las responsabilidades ante una situación de contingencia.
- Los procedimientos iniciales de comunicación y activación del plan, definidos específicamente según se trate de contingencias dentro del área de proyecto o en el transporte carretero o ferroviario. Para las contingencias fuera de la planta industrial se dispondrá de un mapeo de la sensibilidad del medio, de forma de activar los distintos niveles de comunicación hacia los organismos competentes.
- Medidas de control y respuesta, que dependerán de la magnitud de la contingencia, pudiendo ser de control local por el personal de la zona de proceso, de control interno con apoyo de una brigada, o con apoyo externo, en cuyo caso será necesaria la comunicación inmediata a las autoridades.
- Acciones posteriores: controlada la contingencia se procederá a la limpieza y descontaminación del área afectada; finalizados los trabajos corresponderá elaborar un informe de la situación generada, con registro de las acciones, identificación de posibles efectos residuales y definición de un plan de acción en caso de ser necesario.

Contará asimismo con planes específicos en los que se identificarán las situaciones de contingencia y las medidas de control y respuesta, considerando de base los siguientes:

- Daño estructural en AG (aspas) o en el parque fotovoltaico (daño en paneles por acción del viento).
- Incendio y explosiones, en el área industrial y en las áreas de generación de energías renovables.
- Derrames de productos químicos.
- Contingencias operativas en el sistema de tratamiento de aguas residuales, incluyendo la falla del equipamiento electromecánico de la PTE de proceso que implique su salida temporal de operación. Para un escenario de hasta siete días de indisponibilidad, se requeriría un incremento transitorio de la captación desde la fuente superficial del orden de 170 m^3/d, equivalente a un volumen adicional de 1.190 m^3 (aproximadamente el 1 % del volumen útil del embalse), por lo que su incidencia sobre el balance hídrico resulta de muy baja significancia.
- Contingencias operativas en el sistema de gestión de emisiones a la atmósfera, incluyendo el apagado de la llama de la antorcha.
- Contingencias relacionadas con el transporte carretero de CO_2.
- Contingencias relacionadas con el transporte ferroviario de MeOH

10.4 PLAN DE RELACIONAMIENTO COMUNITARIO (PRC)

El PRC es un documento guía que contiene los principios de actuación en materia comunitaria, con los ejes estratégicos que serán el soporte de acción en las etapas de construcción y operación del proyecto. Constituye una herramienta de gestión socioeconómica y cultural que busca potenciar los impactos positivos y minimizar o evitar los negativos. Su objetivo general es establecer los lineamientos estratégicos de la gestión social del proyecto que guiarán el relacionamiento con las comunidades del área de influencia, mediante los siguientes objetivos específicos: gestionar, promover y monitorear de forma permanente la comunicación proactiva y el diálogo con las partes interesadas; promover el involucramiento de la población en la gestión ambiental del proyecto, de modo de mejorar la comprensión de los temas clave de su desempeño; y promover la presencia de la empresa ante la comunidad como una organización confiable, creíble y respetuosa.

Los principios de actuación social que guiarán la gestión son: desarrollo sustentable, calidad de vida, fortalecimiento local, mejores prácticas de gestión social, comunicación y transparencia, retroalimentación, trabajo interinstitucional, respeto y monitoreo. El proyecto definirá responsabilidades específicas dentro de su estructura organizacional para dar soporte al PRC, cuya metodología se apoyará en la política de gestión de la empresa y en las buenas prácticas recomendadas por la IFC, en particular su Norma de Desempeño N.º 1.

10.4.1 Mecanismos de comunicación y participación

Se ratifica la necesidad de contar con mecanismos estables, accesibles y multicanal que aseguren el contacto directo con la comunidad y la circulación de información relevante sobre el proyecto y su avance. La instalación de una oficina de proximidad en Tambores constituye la herramienta central del dispositivo de relacionamiento territorial —con los objetivos de evacuar dudas, informar sobre el avance del proyecto y recibir inquietudes de forma directa— y su fecha de apertura estará atada al inicio de los trabajos preparatorios de obra. Mientras se culminan dichas definiciones, esta estrategia se complementa mediante canales alternativos: buzonera física ubicada en la sede del Municipio de Tambores, atención telefónica y digital a través de un canal de WhatsApp y un correo electrónico, instancias informativas periódicas y otros medios adecuados para asegurar la recepción de consultas, la gestión de inquietudes y la difusión oportuna de información.

Esta línea de trabajo se encuentra iniciada: durante 2025 representantes del proyecto participaron en ocho jornadas en el Municipio de Tambores, ofreciendo un punto de encuentro fijo para reuniones personalizadas, y se organizaron tres instancias de intercambio directo y cercano con los vecinos. Varias de las definiciones operativas e institucionales continuarán consolidándose en coordinación con la IDT y demás actores competentes.

10.4.2 Propuestas de Contribución del Proyecto Tambor

La titular reconoce la importancia de definir lineamientos concretos orientados a la microrregión, en función de los impactos residuales que pudieran derivarse de la construcción y operación del proyecto. Se trabaja sobre un enfoque de compensación territorial que permita priorizar acciones pertinentes, proporcionales y consistentes con las necesidades del entorno y con los impactos efectivamente identificados en la evaluación ambiental y social, definidas con base en criterios de pertinencia territorial, impacto, sostenibilidad, articulación institucional y beneficio colectivo:

- Criterios de definición: las acciones de compensación se definirán de manera participativa con la gobernanza local y las comisiones vecinales, asegurando que respondan a necesidades reales de la población.

- Alcance preliminar: las acciones se enfocarán en el fortalecimiento de la infraestructura local, como el apoyo a servicios públicos, la mejora de espacios recreativos y comunitarios, o inversiones en infraestructura vial y de seguridad para la zona de Tambores.

Se comparte el criterio de que la definición final de estas medidas deberá surgir de instancias de participación y coordinación con las autoridades departamentales, municipales y las organizaciones sociales de la localidad; no obstante, para su consideración en las instancias de participación pública, la titular contará con alternativas preliminares basadas en los pilares indicados.

La implementación del proyecto implicará el desarrollo de infraestructura, el acceso a servicios públicos y la generación de oportunidades en Tambores y alrededores como consecuencia de las acciones que el propio proyecto requiere, entre ellas, la mejora de vías de transporte y la demanda de servicios de alimentación, traslado y mantenimiento. A ello se suma una contribución específica, definida en conjunto con la comunidad local, denominada Propuestas de Contribución del Proyecto Tambor (PCPT), que podrá consistir en la construcción de infraestructuras, el suministro de equipamiento, la mejora de instalaciones y de espacios comunitarios y de recreación, o la creación de fondos para impulsar proyectos de desarrollo, emprendimientos e investigación, entre otras.

En primera instancia, la población de Tambores deberá designar un comité, en el que también participarán representantes del proyecto, que será el órgano encargado de gestionar las PCPT en cuanto a su recepción, evaluación, selección y seguimiento. A lo largo de las fases de construcción y operación se definirán períodos de recepción de propuestas y los montos asociados. Como criterio general, las propuestas deberán apuntar al desarrollo local y a la mejora de las condiciones de vida de la población, alineadas con las guías internacionales de sostenibilidad para obras de gran porte y con los valores del proyecto.

En cada período, el comité deberá definir o actualizar los mecanismos de recepción de propuestas (reglamento aplicable, formatos, información básica a suministrar, plazos, canales de comunicación y destinatario válido para su evaluación) y los criterios de evaluación, que incluirán al menos una valoración de pertinencia, un análisis de factibilidad y una valoración del beneficio esperado en cuanto a cantidad de personas beneficiadas y relación costo-beneficio.

El desarrollo de cada convocatoria comprende la difusión del cronograma del período de recepción, la recepción de las PCPT, el análisis de las propuestas bajo los criterios definidos, la identificación de las elegibles para su ejecución, la definición de las propuestas a ejecutar mediante procesos participativos con los vecinos de la localidad, la validación con las autoridades competentes y la comunicación formal al proyecto de las PCPT a ejecutar.

El formato de convocatorias por períodos responde a que los montos a comprometer dependen de la fase de desarrollo del proyecto y de la capacidad de ejecución, siendo menores al inicio. La distribución de montos, períodos y demás detalles se definirá y difundirá una vez realizado el cierre financiero del proyecto.

10.4.3 Pilares del PRC

En función de los principales impactos identificados y de las expectativas plasmadas por la comunidad, se definirán los pilares estratégicos para la gestión social del proyecto, considerándose como líneas de trabajo: Plan de Comunicación Activa; Plan de Gestión del Sistema de Reclamos Externos; Plan de Desarrollo de Mano de Obra Local; Plan de Desarrollo de Proveedores Locales; Plan de Educación Vial para Comunidades; Plan de Gestión y Convivencia para Alojamientos Temporarios (código de conducta); Plan de Desmovilización de Mano de Obra; Plan de Salud Comunitaria; y Plan de Fomento a las Actividades Culturales Locales. Se incorporarán asimismo las medidas de prevención en materia de género y seguridad ciudadana definidas en la evaluación, incluyendo la perspectiva de género transversal, los protocolos de

actuación, la coordinación con organismos especializados y el refuerzo de las capacidades locales.

10.5 PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL DE LA FASE DE ABANDONO

El proyecto se vincula con un conjunto de políticas de desarrollo a nivel nacional y mundial, sobre una línea de producción que formula alternativas energéticas para abordar el compromiso de más de 130 países de alcanzar la neutralidad de carbono con horizonte al año 2050. Por tanto, se entiende que el horizonte del proyecto tendrá varias décadas por delante y no resulta pertinente, en esta instancia, la definición de criterios específicos para la gestión ambiental de esta fase. Estos conceptos aplican a la globalidad de las componentes del proyecto, en tanto se encuentran integradas en una cadena de producción que comienza por la generación de energías renovables y continúa con la producción de MeOH.

En un eventual cierre de actividades el objetivo será procurar recomponer el ambiente a una situación lo más cercana posible a la original, siendo necesario realizar la demolición de las obras civiles, el desmontaje de las estructuras electromecánicas, previa limpieza y descontaminación de los tanques que hayan contenido sustancias químicas, y el retiro del equipamiento del área de renovables, siendo lo más significativo el desmontaje de los AG en su conjunto.

11. CONCLUSIONES

El proyecto Tambor tiene como objetivo la producción de e-Metanol a partir de dióxido de carbono biogénico (CO_2) e hidrógeno verde (H_2V; producido mediante electrólisis con energía eléctrica de origen renovable). Comprende una planta industrial ubicada en la localidad de Tambores, departamento de Tacuarembó, asociada a un parque de generación de energía renovable (eólica y solar fotovoltaica).

El H_2V se produce en un electrolizador que realiza la separación de la molécula de agua en oxígeno e H_2V mediante la aplicación de corriente eléctrica (electrólisis). El abastecimiento de agua bruta se define en base a una fuente principal y dos fuentes de respaldo: la fuente principal es un embalse conformado mediante una presa que será construida a una distancia de aproximadamente 3,5 km del sitio industrial, diseñada para satisfacer el 100 % de la demanda incluyendo la variabilidad prevista por el cambio climático; como respaldos, de uso acotado, se prevén un embalse existente en un predio cercano y un campo de perforaciones en el sector aflorante del acuífero Tacuarembó/Guaraní.

La energía eléctrica para los electrolizadores proviene de un parque eólico y un parque solar fotovoltaico, construidos como parte del proyecto en las proximidades de la planta, a la que se encuentran conectados directamente, previendo además la conexión a la red eléctrica nacional.

El CO_2 requerido para la producción de e-Metanol, insumo básico para el proceso, provendrá del sitio de captura seleccionado, mediante la captura y tratamiento del gas de combustión de la caldera de biomasa de la planta Dank en el departamento de Rivera, a 146 km aproximadamente del sitio del proyecto Tambor.

Se prevé que el e-Metanol producido sea transportado mediante sistema ferroviario hacia el Puerto de Montevideo, con una frecuencia estimada de un tren de 18 vagones cada 3,5 días, donde se dispondrá de unidades de almacenamiento y carga. Desde el puerto se envía el producto por vía marítima a la Unión Europea.

Tanto el sitio de captura de CO_2 como el sitio de almacenamiento y carga de buques serán objeto de Autorizaciones Ambientales Previas específicas e independientes, habiéndose obtenido para este último una pre-factibilidad de la ANP respecto de la zona propuesta.

A partir de los aspectos ambientales, identificados a través de la descripción del proyecto, se proyectaron los estudios de base para la caracterización del medio receptor, para luego identificar, valorar, evaluar y proponer medidas de gestión, mitigación o compensación para los impactos potenciales asociados a las distintas etapas del proyecto.

Para la evaluación de los impactos más significativos fueron realizados estudios especialistas específicos, utilizando además herramientas de modelación para la predicción del efecto sobre el ambiente y determinar la admisibilidad de los impactos identificados. Se destaca el uso de modelos de propagación de ruido, incorporando valores de línea de base, y estimación del efecto de sombras de aerogeneradores, modelación de dispersión de emisiones a la atmósfera en distintos escenarios, y modelos de afectación sobre el paisaje. Se trabajaron en evaluaciones especialistas específicas sobre el impacto sobre los recursos como la disponibilidad de agua para proceso, la capacidad de asimilación del cuerpo receptor del vertido, mediante balance de masa de fósforo total y nitrato y evaluación del riesgo de eutrofización, estudio de impacto y percepción social, impacto arqueológico e impacto de tránsito.

Dadas las características de la planta industrial y las sustancias químicas a transportar se realizó un análisis de riesgo acorde a normativa internacional, contemplando escenarios de simulación de posibles eventos contingentes con modelos específicos para análisis de riesgos. Se utilizaron dos modelos de simulación, el HyRAM+ y el modelo ALOHA, recomendado por la EPA. Dicho análisis fue además revisado verificándose el ajuste del diseño y la disposición de la planta a las

distancias de seguridad establecidas en las normas NFPA 2 (sistemas de hidrógeno), NFPA 30 (líquidos inflamables) y API 521 (sistemas de alivio de presión y antorchas), e incorporándose el marco regulatorio nacional aplicable, en particular la Resolución Nº 349/024 de URSEA que aprueba el Reglamento de Seguridad de Proyectos de Hidrógeno como Fuente de Energía Secundaria.

Como resultado de las evaluaciones ambientales de especialistas han surgido un conjunto de medidas de mitigación y gestión recomendadas que serán adoptadas por el proyecto e incluidas en planes específicos que acompañarán etapas subsiguientes de desarrollo. Entre ellos, el Plan de Gestión de Residuos Sólidos Industriales ya fue elaborado y presentado ante la Autoridad Ambiental.

Finalmente, se destaca que, como parte del proceso de autorización ambiental, el desarrollo del proyecto, en etapas posteriores de construcción y operación, será gestionado acorde a un Plan de Gestión Ambiental de Construcción, y luego, a un Plan de Gestión Ambiental de Operación, en los cuales se incluirán el conjunto de pautas operativas incluyendo seguimiento y control operativo, planes de monitoreo ambiental, de actuación ante contingencias y de relacionamiento con la comunidad.

Como resultado de la evaluación realizada, considerando el conjunto de medidas de mitigación ya incorporadas en el proyecto, y las medidas de mitigación y gestión definidas en el marco de la presente evaluación para los potenciales impactos identificados, se concluye que el desarrollo del proyecto será admisible sobre el medio receptor.

12. REFERENCIAS

Alliance for Zero Extinction. (2024). Global AZE map. https://zeroextinction.org/site-identification/2023-global-aze-map/

Amado, X., Barreiro, D., Criado-Boado, F., & Martínez López, M. D. C. (2002). Especificaciones para una gestión integral del impacto desde la Arqueología del Paisaje.

ANP. (2024). Administración Nacional de Puertos. https://www.anp.com.uy/

Atienza, J. C., Martín Fierro, I., Infante, O., Valls, J., & Domínguez, J. (2011). Directrices para la evaluación del impacto de los parques eólicos en aves y murciélagos (versión 3.0). SEO/BirdLife, Madrid.

Bennun, L., van Bochove, J., Ng, C., Fletcher, C., Wilson, D., Phair, N., & Carbone, G. (2021). Mitigating biodiversity impacts associated with solar and wind energy development: guidelines for project developers. In Mitigating biodiversity impacts associated with solar and wind energy development: guidelines for project developers. https://doi.org/10.2305/iucn.ch.2021.04.en

Biasotto, L. D., & Kindel, A. (2018). Power lines and impacts on biodiversity: A systematic review. In Environmental Impact Assessment Review (Vol. 71). https://doi.org/10.1016/j.eiar.2018.04.010

Bocher, E., Guillaume, G., Picaut, J., Petit, G. y Fortin, N. (2019). NoiseModelling: An Open Source GIS Based Tool to Produce Environmental Noise Maps. ISPRS International Journal of Geo-Information.

Bongaarts, J. (2019). IPBES, 2019. Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Population and Development Review, 45(3). https://doi.org/10.1111/padr.12283

Bracco, D., & López Mazz, J. M. (2021). ¿Sepulturas de charrúas en la Sierra del Arbolito? Aproximación desde la Historia y la Arqueología a partir de un plano de 1834 que las señala en la República Oriental del Uruguay. Memoria Americana Cuadernos de Etnohistoria, 29, 148–170. https://doi.org/10.34096/mace.v29i2.9920

Brazeiro, A., Achkar, M., Bartesaghi, L., Ceroni, M., & et al. (2015). Mapeo de la biodiversidad de Uruguay. En: Brazeiro A. (ed.). Eco-Regiones de Uruguay: Biodiversidad, Presiones y Conservación. Aportes a la Estrategia Nacional de Biodiversidad. Facultad de Ciencias, CIEDUR, VS-Uruguay, SZU. Montevideo. p.22-31.

Brazeiro, A., Achkar, M., Canavero, A., Fagúndez, C., González, E., Grela, I., Lezama, F., Maneyro, R., Barthesagy, L., Camargo, A., Carreira, S., Costa, B., Núñez, D., Da Rosa, I., & Toranza, C. (2008). Prioridades Geográficas para la Conservación de la Biodiversidad Terrestre de Uruguay. Resumen Ejecutivo. Proyecto PDT 32-26. 48 pp.

Brazeiro, A., Soutullo, A., & Bartesaghi, L. (2012). Prioridades de conservación dentro de las eco-regiones de Uruguay. Informe Técnico. Convenio MGAP/PPR – Facultad de Ciencias/Vida Silvestre Uruguay/ Sociedad Zoológica del Uruguay/CIEDUR. 20p. <http://vidasilvestre.org.uy/wp-content/uploads/2012/06/Informe-Prioridades-por-Ecoregion.pdf>.

Brussa Santander, C. A., & Grela González, I. A. (2007). Flora arbórea del Uruguay : con énfasis en las especies de Rivera y Tacuarembó.

Claramunt, S., & Cuello, J. (2013). La presencia histórica de aves selváticas en Uruguay; consideraciones sobre la desaparición de los bosques primarios en Uruguay y su efecto sobre la avifauna. 1–10.

CONEAT, M. A. P. (1979). Índices de productividad grupos CONEAT. Montevideo, Uruguay.

Cunha, D. G. F., Calijuri, M. C. y Lamparelli, M. C. (2013). A trophic state index for tropical/subtropical reservoirs (TSItsr). Ecological Engineering, 60, 126–134. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.07.058

DGDMA (2024). Reserva de biosfera: Bioma Pampa – Quebradas del Norte. Dirección General de Desarrollo y Medio Ambiente (DGDMA) de Rivera.

DINAGUA (2019). Regionalización de estadística de caudales. División Servicios Hidrológico de la Dirección Nacional de Aguas. Montevideo.

DINAMIGE (2003). Mapa Hidrogeológico. Escala 1:1.000.000. Dirección Nacional de Minería y Geología.

Drewitt, A. L., & Langston, R. H. W. (2006). Assessing the impacts of wind farms on birds. Ibis, 148, 29–42.

Emerson, K., Russo, R. C., Lund, R. E., & Thurston, R. V. (1975). Aqueous ammonia equilibrium calculations: effect of pH and temperature. Journal of the Fisheries Board of Canada, 32(12), 2379-2383.

Environmental Protection Agency (EPA). (1995). Technical Guidance Manual for Developing Total Maximum Daily Loads. Book 2: Streams and Rivers. Part 1: Biochemical Oxygen Demand/Dissolved Oxygen and Nutrients/Eutrophication. EPA 823-B-95-007.

Environmental Protection Agency (EPA). (2000). Nutrient Criteria Technical Guidance Manual: Rivers and Streams. EPA 822-B-00-002.

Erickson, W. P., Johnson, G. D., Strickland, M. D., Young, D. P., Jr Sernja, K. J., & Good, R. E. (2001). Avian collisions with wind turbines: a summary of existing studies and comparisons.

Evia, G., & Gudynas, E. (2000). Ecología del paisaje en Uruguay: aportes para la conservación de la diversidad biológica.

Fahrig, L. (2003). Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity. In Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics (Vol. 34). https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419

Failache, N., Charbonnier, F., Genta, J., & Chreties, C. (2006). XXII Calibración y regionalización de un modelo de balance hídrico mensual en cuencas uruguayas utilizando un algoritmo genético multiobjetivo. Congreso latinoamericano de hidráulica. Guayana, Venezuela, 2006.

Foley, J. A., DeFries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., Chapin, F. S., Coe, M. T., Daily, G. C., Gibbs, H. K., Helkowski, J. H., Holloway, T., Howard, E. A., Kucharik, C. J., Monfreda, C., Patz, J. A., Prentice, I. C., Ramankutty, N., & Snyder, P. K. (2005). Global consequences of land use. In Science (Vol. 309, Issue 5734). https://doi.org/10.1126/science.1111772

González, E. M., & Martínez-Lanfranco, J. A. (2010). Mamíferos de Uruguay. Guía de campo e introducción a su estudio y conservación. Banda Oriental, Vida Silvestre & MNHN. Montevideo.

Goodale, M. W., & Divoll, T. (2009). Birds, Bats, and Coastal Wind Farm Development in Maine: A Literature Review. In Report BRI 2009-18.

GUB. (2023). Convenio de cooperación entre el Ministerio de Ambiente y la Intendencia de Tacuarembó. https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/sites/ministerio-ambiente/files/2023-12/ConvenioMATacuarembo.pdf

Hanski, I. (1998). Metapopulation dynamics. In Nature (Vol. 396, Issue 6706). https://doi.org/10.1038/23876

Hellawell, J. M. (1978). Biological Surveillance of rivers. water research Center. Stevenage, England, 322.

Herbert, E., & Reese, E. (1995). Avian Collision and Electrocution: An Annotated Bibliography. California Energy Comission. Pub. No. P7-95-1. .

Highway Capacity Manual. (2010). Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC.

Hobbs, N. T., Galvin, K. A., Stokes, C. J., Lackett, J. M., Ash, A. J., Boone, R. B., Reid, R. S., & Thornton, P. K. (2008). Fragmentation of rangelands: Implications for humans, animals, and landscapes. Global Environmental Change, 18(4). https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.07.011

IAPDT. (2020). Inventario Arqueológico y Patrimonial del Departamento de Tacuarembó. Intendencia Departamental de Tacuarembó. . http://tacuarembo.gub.uy/stg/wp-content/uploads/01-IOT-Inventario-Arqueologico-y-patrimonial-TBO-_Avance-201222.pdf

IMFIA. (2025). Evaluación y Perspectivas del Uso del Agua para la Producción de Hidrógeno Verde y Derivados en el Marco de la Hoja de Ruta de Uruguay.

INE (2011). Censo 2011. Instituto Nacional de Estadística.

INE (2023). Censo 2023. Instituto Nacional de Estadística. https://www.gub.uy/instituto-nacional-estadistica/censos2023pvh

INE (2024). Encuesta Continua de Hogares 2024.

Intendencia de Montevideo. (2010). Programa de monitoreo de cuerpos de agua. https://montevideo.gub.uy/sites/default/files/programa_monitoreo_cuerpos_agua_2010.pdf

Intendencia de Tacuarembó. (2024). Sitio de Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos en Tacuarembó. Comunicación de Proyecto y Solicitud de VAL. https://www.ambiente.gub.uy/bir/manifiestos/attachments/20240821_-_IDT_-_SDF_Tac_-_CdP_VAL_comp.pdf

International Organization for Standardization (ISO). (1996). ISO 9613-2: Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors – Part 2: General method of calculation. ISO.

INUMET. (1990). Estadísticas climatológicas 1961-1990. https://www.inumet.gub.uy/clima/estadisticas-climatologicas/tablas-estadisticas

INUMET. (2010). Estadísticas climatológicas 1981-2010. https://www.inumet.gub.uy/clima/estadisticas-climatologicas/tablas-estadisticas.

IPCC (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Intergovernmental Panel on Climate Change.

IRENA (2023). Water for Hydrogen Production. International Renewable Energy Agency.

Jakes, A. F., Jones, P. F., Paige, L. C., Seidler, R. G., & Huijser, M. P. (2018). A fence runs through it: A call for greater attention to the influence of fences on wildlife and ecosystems. In Biological Conservation (Vol. 227). https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.09.026

Kuvlesky Jr, W. P., Brennan, L. A., Morrison, M. L., Boydston, K. K., Ballard, B. M., & Bryant, F. C. (2007). Wind energy development and wildlife conservation: challenges and opportunities. The Journal of Wildlife Management, 71(8), 2487–2498.

Lamparelli, M. C. (2004). Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. Tese de Doutorado, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

Langston, R. H. W., & Pullan, J. D. (2003). Windfarms and Birds: an analysis of the effects of windfarms on birds, and guidance on environmental assessment criteria and site selection issues. Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats, Report T-P.

Lezama, F., Pereira, M., Altesor, A., & Paruelo, J. M. (2019). Grasslands of Uruguay: Classification based on vegetation plots. Phytocoenologia, 49(3). https://doi.org/10.1127/phyto/2019/0215

Masden, E. A., Haydon, D. T., Fox, A. D., Furness, R. W., Bullman, R., & Desholm, M. (2009). Barriers to movement: Impacts of wind farms on migrating birds. ICES Journal of Marine Science, 66(4). https://doi.org/10.1093/icesjms/fsp031

McInturff, A., Xu, W., Wilkinson, C. E., Dejid, N., & Brashares, J. S. (2020). Fence Ecology: Frameworks for Understanding the Ecological Effects of Fences. BioScience, 70(11). https://doi.org/10.1093/biosci/biaa103

MIEM (2022). H2U: Hoja de ruta del hidrógeno verde. Ministerio de Industria, Energía y Minería.

MIEM y DNETN. (2009). Mapa eólico del Uruguay (altura 15 m). http://www.energiaeolica.gub.uy/index.php?page=uruguay-15m

Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA). 2015. Guía: Valores para prevenir la contaminación acústica. Versión 1, 29 de mayo de 2015. Grupo GESTA Ruido – COTAMA. Montevideo, Uruguay.

Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA). 2018. Plan de acción para la protección de la calidad ambiental de la cuenca del Río Santa Lucía. Medidas de segunda generación. Montevideo, Uruguay.

Mitchell, R. K., Agle, B. R., & Wood, D. J. (1997). Toward a Theory of Stakeholder Identification and Salience: Defining the Principle of Who and What Really Counts. The Academy of Management Review, 22(4), 853–886. https://doi.org/10.2307/259247

Morrison, M. L. (2006). Bird Movements and Behaviors in the Gulf Coast Region: Relation to Potential Wind Energy Developments. Subcontractor Report NREL/SR-500-39572, June.

MTOP (1998). Manual Ambiental para Obras y Actividades del Sector Vial. Dirección Nacional de Vialidad del Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

MTOP (2023). Tránsito Promedio Diario Anual por tramos y tipo de vehículo en principales rutas.

MTOP (2024). Declaración de la red ferroviaria.

MVOTMA (2016). Estrategia nacional para la conservación y uso sostenible de la diversidad biológica del Uruguay 2016-2020. Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (actual Ministerio de Ambiente).

MVOTMA (2017). Guía para el monitoreo de aves y murciélagos en parques eólicos. Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (actual Ministerio de Ambiente).

Nuñez, G. B., González, E. M., & Rodales, A. L. (2019). Conservation of bats (Mammalia: Chiroptera) from Uruguay: Current situation and perspectives. Mastozoologia Neotropical, 26(1), 49–64. https://doi.org/10.31687/saremMN.19.26.1.0.05

OAN. (2023). Observatorio Ambiental Nacional. Ministerio de Ambiente, Uruguay. <https://www.ambiente.gub.uy/oan/listado-de-capas/>.

OPP. (2017). Visión 2050: Tacuarembó en la Región Norte Síntesis de Diagnósticos Prospectivos.

Osborn, R. G., Higgins, K. F., Usgaard, R. E., Dieter, C. D., & Neiger, R. D. (2000). Bird mortality associated with wind turbines at the Buffalo Ridge Wind Resource Area, Minnesota. The American Midland Naturalist, 143(1), 41–52.

Paige, C. (2012). A Landowner's Guide to Wildlife Friendly Fences: How to Build Fence With Wildlife in Mind, Second edition. Private Land Technical Assistance Program, Montana Fish, Wildlife and Parks, Helena, Montana.

Paige, C. (2015). A Wyoming Landowner's Handbook to Fences and Wildlife: Practical Tips for Fencing With Wildlife in Mind, Second edition. Wyoming Wildlife Foundation, Laramie, Wyoming.

Painter, A., Little, B., & Lawrence, S. (1999). Continuation of Bird Studies at Blyth Harbour Wind Farm and the Implications for Offshore Wind Farms. Report by Border Wind Limited DTI, ETSU W/13/485//.

Persson, P.-A., Holmberg, R. y Lee, J. (1994). Rock Blasting and Explosives Engineering. CRC Press, Boca Raton, Florida.

Port of Rotterdam, & Royal HaskoningDHV. (2024). Exportación de derivados de hidrógeno verde - Análisis logístico.

Powlesland, R. G. (2009). Impacts of windfarms on birds: a review. Science for Conservation 289.New Zealand Department of Conservation. Wellington. 51 pp.

Preciozzi Porta, F., Spoturno, J., Rossi, P., & Heinzen, W. (1985). Memoria explicativa de la Carta Geológica del Uruguay escala 1:500.000.

PtX-Hub. (2023). Análisis de la disponibilidad de CO2 para la producción de derivados de H2 verde en Uruguay. www.ptx-hub.org

Richards, A. B. y Moore, A. J. (2004). Flyrock Control – By Chance or Design. En Proceedings of the 30th Annual Conference on Explosives and Blasting Technique. International Society of Explosives Engineers (ISEE).

Richardson, W. J. (1998). Bird migration and wind turbines: migration timing, flight behaviour and collision risk. Proceedings of the National Avian- Wind Power Planning Meeting III.

Rodríguez, J. P., Rodríguez-Clark, K. M., Baillie, J. E. M., Ash, N., Benson, J., Boucher, T., Brown, C., Burgess, N. D., Collen, B. E. N., & Jennings, M. (2011). Establishing IUCN red list criteria for threatened ecosystems. Conservation Biology, 25(1), 21–29.

Rodríguez Miranda, A., Galaso, P., Goinheix, S., & Martínez, C. (2017). Especializaciones productivas y desarrollo económico regional en Uruguay. Serie Documentos de Trabajo; 7/17.

Sala, O. E., Chapin, F. S., Armesto, J. J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E., Huenneke, L. F., Jackson, R. B., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D. M., Mooney, H. A., Oesterheld, M., Poff, N. L. R., Sykes, M. T., Walker, B. H., Walker, M., & Wall, D. H. (2000). Global biodiversity scenarios for the year 2100. In Science (Vol. 287, Issue 5459). https://doi.org/10.1126/science.287.5459.1770

Sánchez, M. S., & Sandoval, M. L. (2019). Platyrrhinus lineatus. En: SAyDS–SAREM (eds.) Categorización 2019 de los mamíferos de Argentina según su riesgo de extinción. Lista Roja de los mamíferos de Argentina.

Segar, J., & Keane, A. (2020). Species and demographic responses to wildlife-friendly fencing on ungulate crossing success and behavior. Conservation Science and Practice, 2(10). https://doi.org/10.1111/csp2.285

Seidler, R. G., Long, R. A., Berger, J., Bergen, S., & Beckmann, J. P. (2015). Identifying impediments to long-distance mammal migrations. Conservation Biology, 29(1). https://doi.org/10.1111/cobi.12376

Sétra. (2011). Road Noise Prediction 2 – Noise Propagation Computation Method Including Meteorological Effects.

Sotelo, M. (2014). Cairnes y vichaderos en las tierras altas de Uruguay. Revista del Museo de Antropología 7 (2): 309-316.

Sotelo, M. (2018). Paisajes Olvidados en las Serranías de Uruguay: Arquitecturas en Piedra en la Sierra de Aguirre. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla. España.

Sotelo, M., & Soler, S. (2017). La divulgación científica como herramienta en los procesos de patrimonialización. La experiencia de "Más Cerca del Cielo". Anuario de Arqueología 2017. Montevideo, FHCE, Udelar.

Soutullo, A., Clavijo, C., & Martínez-Lanfranco, J. (2013). Especies prioritarias para la conservación en Uruguay - Vertebrados, moluscos continentales y plantas vasculares.

Stevens, B. S., Naugle, D. E., Dennis, B., Connelly, J. W., Griffiths, T., & Reese, K. P. (2013). Mapping sage-grouse fence-collision risk: Spatially explicit models for targeting conservation implementation. Wildlife Society Bulletin, 37(2). https://doi.org/10.1002/wsb.273

UNASEV. (2024). Portal Geográfico Ciudadano.

Winkelman, J. E. (1992a). The Impact of the Sep Wind Park Near Oosterbierum, the Netherlands on Birds 1: Collision Victims. RIN rapport 92/2 Arnhem: Rijksintituut voor Natuurbeheer.

Winkelman, J. E. (1992b). The impact of the Sep wind park near Oosterbierum, the Netherlands on birds 2: nocturnal collision risks. In RIN rapport 92/3 Arnhemn: Rijksintituut voor Natuurbeheer.

WWF International, & WCMC. (2018). Informe Planeta Vivo 2018: Apuntando más alto. Wwf.

Xu, W., Dejid, N., Herrmann, V., Sawyer, H., & Middleton, A. D. (2021). Barrier Behaviour Analysis (BaBA) reveals extensive effects of fencing on wide-ranging ungulates. Journal of Applied Ecology, 58(4). https://doi.org/10.1111/1365-2664.13806

Zaldúa, N. (2012). Principales impactos del desarrollo eólico sobre la avifauna: Síntesis de la revisión de bibliografía internacional de referencia. Programa de Energía Eólica en Uruguay (PEEU URU/7/G31). PNUD Uruguay. 38pp.