MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD PARTICULAR

RESUMEN EJECUTIVO

PROYECTO PALMIRA

RESUMEN EJECUTIVO

Proyecto Palmira consiste en la preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento de un desarrollo inmobiliario de uso residencial con servicios y amenidades de carácter turístico, ubicado dentro de Marina Palmira, en el corredor costero de La Paz–Pichilingue. El proyecto se implanta sobre un predio de 13,316.33 m² previamente transformado por actividades operativas de la marina, principalmente estacionamiento y resguardo de lanchas, remolques y vehículos, así como por edificaciones de apoyo. Esta condición reduce la ocupación directa de superficies naturales, pero no elimina la necesidad de evaluar sus interacciones con el acuífero costero, la marina, el paisaje litoral y los sistemas urbanos.

El programa arquitectónico integra 107 departamentos y 5 bungalows, con una capacidad máxima estimada de 558 personas. La construcción se organiza verticalmente en planta baja y seis niveles superiores, además de la azotea para circulaciones y amenidades específicas. El conjunto incorpora estacionamientos, accesos, motor lobby, vialidades internas, albercas, áreas de camastros, bar, spa, gimnasio, espacios de convivencia, cuartos técnicos, bodegas, circulaciones y áreas ajardinadas. La superficie construida total reportada es de 36,977.98 m² y la altura máxima es de 24.50 m.

El diseño territorial mantiene 4,091.12 m² vinculados con el Coeficiente de Absorción del Suelo, equivalentes a 30.72 % del predio, frente a 9,225.21 m² de superficies no permeables. Dentro de la planta baja se reconocen 2,150 m² de áreas verdes. Estas superficies no representan la restauración de un ecosistema natural, puesto que el terreno carece de vegetación natural y suelo íntegro; su función se relaciona con el cumplimiento urbano, la integración paisajística, el manejo de escurrimientos y la creación limitada de microhábitats urbanos.

Uno de los rasgos ambientales determinantes es el Sistema Integral de Gestión del Agua. El abastecimiento se plantea a partir de un pozo playero que capta agua salobre para una planta de ósmosis inversa. En el escenario máximo de diseño se captan 280 m³/día y se producen 140 m³/día de agua potable, con una recuperación nominal de 50 %. La corriente concentrada resultante, también estimada en 140 m³/día, se mantiene separada del sistema sanitario y se conduce, después del acondicionamiento previsto, hacia un pozo de inyección sujeto al permiso y a las condiciones que establezca la autoridad hídrica.

Las aguas residuales sanitarias se conducen a una planta de tratamiento con tecnología de lecho móvil MBBR, clarificación, filtración terciaria y desinfección. Su capacidad nominal es de 112 m³/día, equivalente al retorno estimado de 80 % del consumo potable máximo. El balance considera un aprovechamiento interno de aproximadamente 40 m³/día para riego y otros usos compatibles, así como un excedente máximo de 72 m³/día para entrega al municipio mediante un instrumento formal que defina calidad, punto de transferencia, transporte, frecuencia y responsabilidades. El excedente no constituye una autorización para descargar en suelo, subsuelo, red pluvial, litoral o cuerpo receptor.

La Región Ecológica delimitada para el análisis comprende 172.253 ha: 102.375 ha terrestres y 69.878 ha marinas. El predio se localiza en la franja urbana y portuaria de esa unidad, mientras que en el entorno se mantienen lomeríos con matorral, vegetación halófila, cauces temporales, una superficie reducida de manglar y el medio marino. Esta configuración obliga a distinguir entre la baja naturalidad del lote directamente ocupado y la sensibilidad funcional del sistema costero al que se conecta mediante escurrimientos, agua subterránea, iluminación, movilidad y actividad humana.

El medio físico se caracteriza por clima árido y cálido, precipitación escasa y concentrada, exposición a ciclones tropicales, nivel freático somero y materiales granulares con influencia salina. Los sondeos disponibles registraron el agua subterránea entre 1.50 y 2.22 m bajo la superficie. El sitio se encuentra administrativamente dentro del acuífero La Paz, el cual presenta antecedentes de déficit e intrusión salina. A escala local, Marina Palmira se asocia con rellenos artificiales, depósitos aluviales y litorales, así como con materiales volcanoclásticos; la continuidad hidráulica exacta y la respuesta a la captación e inyección requieren confirmación mediante pruebas y monitoreo.

En materia territorial, el proyecto se relaciona con la UGA BCS33PR del Programa de Ordenamiento Ecológico Regional de Baja California Sur 2026, denominada Ramsar Humedales El Mogote–Ensenada de La Paz, con política predominante de Preservación y lineamiento L33. A la vez, el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de La Paz reconoce para el predio el uso Corredor Turístico. Los parámetros reportados de COS, CUS, CAS, niveles y altura cumplen los máximos o mínimos aplicables al rango de predios mayores de 751 m². La compatibilidad urbana y la política ecológica concurren: ninguna sustituye la evaluación ambiental ni los permisos sectoriales.

La delimitación general del sitio Ramsar incide territorialmente sobre el predio, pero la cartografía específica indica que este no se superpone con humedales inventariados ni con vegetación de manglar. El humedal cartografiado más próximo se localiza aproximadamente a 1,137.52 m y el parche de manglar más cercano a 411.80 m. El proyecto no incluye remoción, poda, relleno o trasplante de manglar, ni obras dentro de marismas, planicies intermareales o cuerpos de agua naturales. La evaluación se concentra, por ello, en evitar afectaciones indirectas sobre la integridad hidrológica, la calidad del agua, la fauna y la función ecológica del sistema costero.

La evaluación consolidó veinte impactos ambientales: dieciséis negativos y cuatro positivos. Los impactos de mayor prioridad son el incremento de resiliencia operativa y eficiencia hídrica, de naturaleza positiva; la alteración de la dinámica hidrogeológica costera; la modificación hidrogeoquímica del medio receptor; y la alteración funcional potencial de ecosistemas costeros. Los dos primeros impactos negativos asociados con la captación e inyección alcanzaron significancia muy alta, mientras que el impacto ecológico indirecto fue alto. El paisaje, el suelo, las emisiones de gases de efecto invernadero y la generación de empleo también alcanzaron categoría alta.

La principal conclusión técnica es que la viabilidad ambiental del proyecto depende menos de la condición superficial del predio —ya transformado— y más del desempeño continuo de la infraestructura hídrica y de los controles operativos. La separación efectiva de corrientes, el balance de caudales, la integridad de los pozos, la calidad del agua, el monitoreo hidrogeológico e hidrogeoquímico, el mantenimiento del sistema pluvial, el manejo de residuos y la respuesta ante desviaciones conforman el núcleo de la estrategia de prevención.

Para atender esta condición, la MIA-P establece un Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad integrado por nueve programas. El sistema articula medidas, responsables, indicadores, medios de verificación, inspecciones, bitácoras, acciones correctivas y mejora continua. La supervisión ambiental no se limita a comprobar actividades ejecutadas; debe verificar resultados, identificar tendencias y modificar la intensidad del control cuando los datos muestren comportamientos distintos de los previstos.

Bajo las condiciones evaluadas, no se identifica una prohibición general y absoluta para la ejecución del proyecto en el sitio. Su compatibilidad ambiental se encuentra condicionada

a mantener las obras dentro del polígono y capacidades descritos, obtener y conservar las autorizaciones hidráulicas, urbanas y sectoriales correspondientes, implementar el SGAS desde la preparación del sitio y suspender o ajustar los procesos críticos cuando el monitoreo identifique riesgos o desviaciones. Cualquier cambio relevante en superficie, caudales, ubicación de pozos, régimen de inyección, sistema pluvial o relación con humedales requerirá revisión previa ante las autoridades competentes.

El proyecto aprovecha un predio urbano previamente transformado y presenta congruencia general con el uso Corredor Turístico; sin embargo, su sostenibilidad está condicionada al control verificable de la captación, desalación, tratamiento, reúso e inyección, así como a la prevención de efectos indirectos sobre el acuífero y los ecosistemas costeros.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO, EMPLAZAMIENTO Y DISEÑO

1.1. Localización y condición actual del predio

El sitio se ubica dentro de Marina Palmira, en el municipio de La Paz, Baja California Sur, próximo a la carretera escénica Alberto Alvarado Arámburo y al tramo La Paz–Pichilingue, aproximadamente a la altura del kilómetro 2.5. El predio forma parte de una franja costera con infraestructura náutica, vialidades y desarrollos residenciales y turísticos. La proximidad con el Canal Marítimo de La Paz y con las dársenas de la marina define una relación funcional inmediata con el medio marino, aun cuando las obras principales se desarrollan en tierra.

El uso previo ha producido relleno, nivelación y compactación de la superficie. Se observan áreas para maniobra y estacionamiento de embarcaciones y vehículos, pavimentos parciales, bodegas y oficinas de apoyo. No se identifican dentro del polígono cauces naturales, planicies intermareales, cuerpos de agua continentales, vegetación de manglar ni comunidades naturales de matorral o vegetación halófila. Esta línea base evita atribuir al predio un valor de conservación que materialmente no presenta, pero tampoco permite considerarlo aislado del sistema costero.

La selección del sitio responde a cinco grupos de criterios.

- En el ámbito urbano, se aprovecha una superficie incorporada al centro de población y conectada con vialidades y servicios.
- En el ámbito ambiental, se evita abrir un frente sobre vegetación natural.
- En el ámbito técnico, la plataforma existente facilita la implantación, aunque exige considerar el nivel freático somero y la condición salina.
- En el ámbito económico y social, el proyecto se integra a la dinámica residencial, náutica y turística de La Paz.
- Finalmente, en materia de planeación, el diseño se ajusta a los parámetros del Corredor Turístico y a las políticas ambientales concurrentes.

Figura 1 Localización general de Proyecto Palmira.



Tabla 1 Magnitud y programa arquitectónico

Indicador	Valor o condición
Superficie del predio	13,316.33 m²
Capacidad habitacional	107 departamentos y 5 bungalows
Ocupación máxima estimada	558 personas
Superficie construida	36,977.98 m²
Configuración vertical	Planta baja + niveles 01 a 06; azotea para componentes específicos
Altura máxima	24.50 m
Preparación y construcción	50 meses
Vida útil de operación	50 años

El programa de planta baja distribuye los usos en amenidades exteriores, áreas verdes, circulación general, circulación vehicular, cuartos eléctricos, departamentos y estacionamiento con amenidades. Los valores reportados suman la superficie total del

predio. El proyecto no se limita a las torres habitacionales: su funcionamiento depende de una red de accesos, estacionamientos, instalaciones hidráulicas, eléctricas y sanitarias, cuartos técnicos, sistemas de bombeo y áreas de servicio.

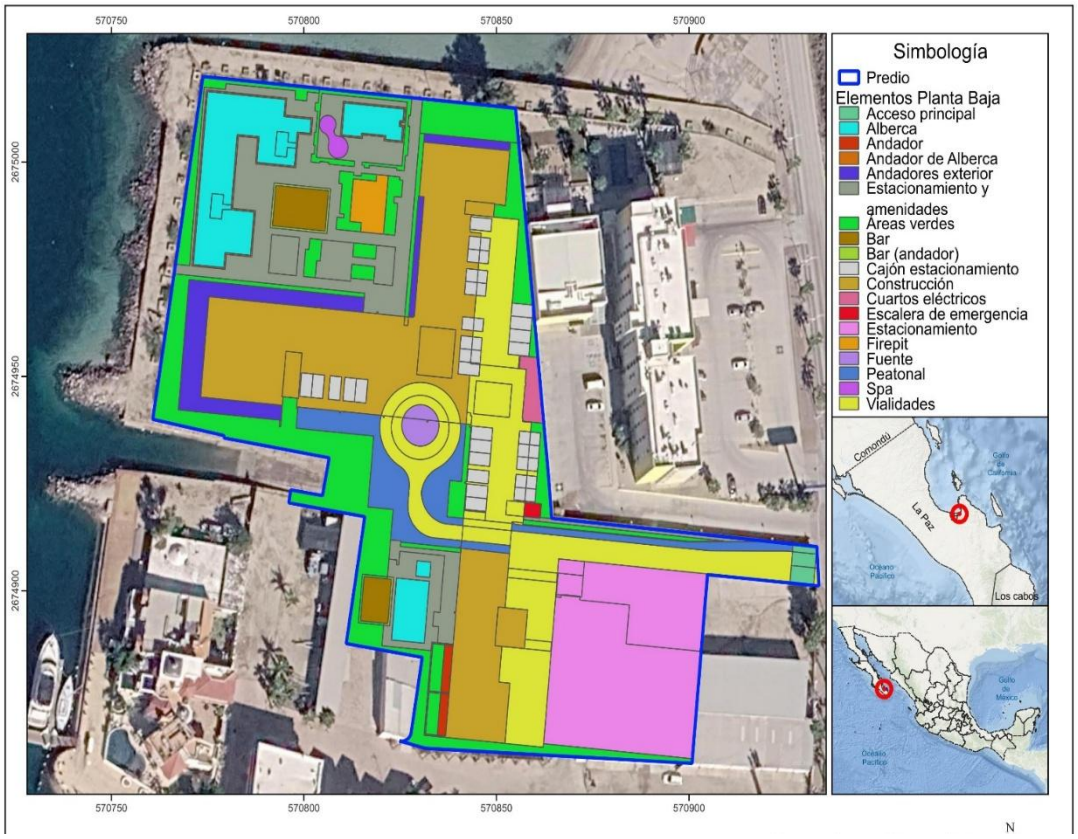
La concentración vertical permite compatibilizar la capacidad habitacional con la conservación de espacios exteriores y con la incorporación del CAS. Esta estrategia reduce la dispersión horizontal, pero incrementa la presencia volumétrica, la visibilidad desde el mar y las laderas y la demanda de elevadores, climatización, iluminación y bombeo. Por ello, el diseño vertical presenta simultáneamente ventajas de ocupación del suelo y efectos permanentes sobre paisaje y consumo energético.

En la planta baja, las amenidades exteriores ocupan 2,889.46 m²; las áreas verdes, 2,150.00 m²; la circulación general, 1,114.81 m²; la circulación vehicular, 2,522.40 m²; los cuartos eléctricos, 68.63 m²; los departamentos, 2,891.01 m²; y el estacionamiento con amenidades, 1,680.02 m². Esta distribución integra los espacios recreativos al frente costero y concentra parte de los componentes técnicos y vehiculares en sectores definidos.

Tabla 2 Componente de planta baja

Componente de planta baja	Superficie (m²)	Proporción
Amenidades exteriores	2,889.46	21.70 %
Áreas verdes	2,150.00	16.15 %
Circulación general	1,114.81	8.37 %
Circulación vehicular	2,522.40	18.94 %
Cuartos eléctricos	68.63	0.52 %
Departamentos	2,891.01	21.71 %
Estacionamiento y amenidades	1,680.02	12.62 %
Total	13,316.33	100.00 %

Figura 2 Plan maestro de la planta baja.



1.2. Superficies permeables, áreas verdes y manejo pluvial

El proyecto conserva 4,091.12 m² de superficies permeables, equivalentes a 30.72 % del predio. El valor supera el CAS mínimo de 0.30 establecido para el Corredor Turístico. La función ambiental de estas áreas consiste en moderar la generación de escurrimiento, permitir infiltración localizada donde las condiciones constructivas lo admitan, sostener áreas ajardinadas y contribuir a la integración visual del conjunto.

Las áreas verdes se establecerán con especies nativas o regionalmente compatibles con las condiciones áridas de La Paz, evitando especies invasoras y requerimientos de riego desproporcionados. El agua tratada constituye la fuente prioritaria para su mantenimiento. La selección vegetal debe considerar salinidad, viento, aerosoles marinos, exposición solar, profundidad de sustrato, interacción con infraestructura y seguridad de usuarios.

El manejo pluvial combina pendientes, rejillas, colectores, áreas permeables y un tanque de tormentas. El propósito es captar y regular temporalmente el agua generada dentro del predio, reducir picos de escurrimiento y evitar su mezcla con aguas residuales, agua tratada fuera de especificación, salmuera, combustibles, reactivos o residuos. La eficacia depende de la capacidad hidráulica definitiva, la disponibilidad de almacenamiento, la limpieza previa a la temporada de lluvias y la condición del nivel marino durante el evento.

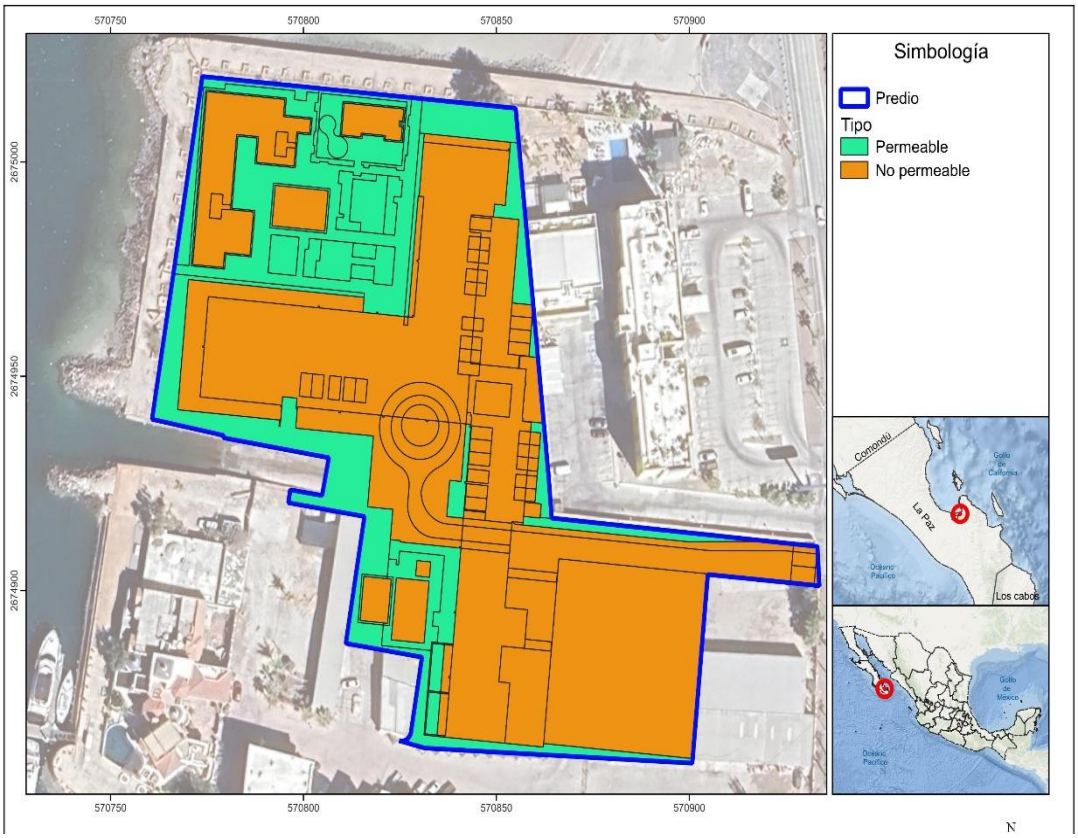
Debido a que la precipitación regional puede concentrarse en lluvias intensas asociadas con tormentas tropicales, el diseño no debe sustentarse únicamente en el promedio anual. La coincidencia entre lluvia extraordinaria, pleamar, oleaje o marejada puede reducir el gradiente de descarga y aumentar los tiempos de anegamiento. El SGAS incorpora

inspecciones antes y después de eventos, retiro de sedimentos, limpieza de rejillas, verificación de bombas y atención de desbordamientos o retornos.

Tabla 3 Distribución de superficies permeables, no permeables, techadas y no techadas

Condición superficial	Superficie	Proporción
Permeable / CAS	4,091.12 m²	30.72 %
No permeable / COS	9,225.21 m²	69.28 %
Áreas techadas	5,624.37 m²	42.24 %
Áreas no techadas	7,691.96 m²	57.76 %

Figura 3 Distribución de superficies permeables y no permeables.



1.3. Etapas, insumos, residuos, emisiones y empleo

1.3.1. Preparación del sitio y construcción

La preparación del sitio comprende el retiro de elementos móviles, colocación de tapial perimetral, trazo y nivelación, demolición de las estructuras existentes, limpieza y habilitación de servicios provisionales. Estas actividades se desarrollan sobre una superficie alterada y no implican desmonte de vegetación natural. Los principales efectos temporales

se relacionan con polvo, ruido, vibraciones, tránsito de camiones, generación de residuos de demolición, riesgos laborales y modificación de escurrimientos.

La demolición debe ejecutarse mediante una secuencia controlada que identifique previamente instalaciones, materiales susceptibles de valorización, residuos de manejo especial y posibles corrientes peligrosas. Los residuos no podrán disponerse dentro del predio, en la marina, cauces, áreas permeables o sitios no autorizados. Los materiales recuperables se separarán y los residuos se entregarán a transportistas y destinos que cuenten con las autorizaciones aplicables.

La etapa constructiva integra terracerías, cimentación, estructuras, albañilería, instalaciones hidráulicas, pluviales, eléctricas, sanitarias, mecánicas y de climatización; acabados; carpinterías; circulaciones; andadores; albercas; amenidades; vialidades; estacionamientos; montaje de equipos; puesta en marcha y corrección de pendientes. La perforación y equipamiento del pozo playero y del pozo de inyección constituyen actividades especializadas por su interacción con el subsuelo saturado.

Las excavaciones y cimentaciones deben considerar el nivel freático somero, la estabilidad de taludes, el manejo de agua de achique, la prevención de conexiones no previstas entre estratos y la separación de sustancias. Las aguas extraídas durante los trabajos no se equiparan automáticamente con agua limpia ni pueden descargarse sin caracterización y autorización. Los recortes y fluidos de perforación requieren identificación, contención y destino conforme a sus características.

Las obras provisionales se concentrarán dentro del polígono evaluado y se retirarán al concluir su función. La instalación de sanitarios, bodegas, oficinas de obra, zonas de acopio y contenedores debe evitar interferencias con rutas de evacuación, escurrimientos y operación de Marina Palmira.

Los combustibles y productos químicos se mantendrán sobre superficies con contención secundaria y alejados de rejillas, bordes costeros y áreas permeables.

1.3.2. Operación, mantenimiento y abandono

La operación consolida la ocupación residencial y turística e incorpora una demanda permanente de agua, electricidad, climatización, recolección de residuos, movilidad, seguridad y servicios técnicos. Los sistemas que requieren operación continua o programada incluyen la planta de ósmosis inversa, la PTAR, el pozo playero, el pozo de inyección, bombas, cisternas, redes de agua potable y tratada, drenaje sanitario y pluvial, elevadores, equipos de alberca, HVAC, alumbrado, plantas de emergencia y manejo de Gas LP.

El mantenimiento preventivo constituye una medida ambiental sustantiva. La pérdida de eficiencia de bombas, membranas, sopladores, equipos de climatización o redes se traduce en mayor consumo de energía y agua, riesgo de fugas, generación de residuos y posibilidad de salida de especificación. Cada sistema crítico debe contar con rutinas, frecuencias, responsables, refacciones, registros de intervención y criterios de suspensión.

La etapa de abandono no se programa como una actividad próxima, dado el horizonte de 50 años. Si se decide cesar la operación, será necesario elaborar un programa específico que atienda desmontaje, residuos, sustancias, limpieza, desenergización, cierre de instalaciones hidráulicas y destino de los pozos. El cierre deberá impedir que las perforaciones funcionen como vías de comunicación vertical o ingreso de contaminantes y se ajustará a las condiciones que emitan las autoridades.

1.3.3. Empleo y derrama económica

La MIA-P estima 50 empleos directos y 100 indirectos durante la preparación del sitio; 400 directos y 800 indirectos en la construcción; y 40 directos y 80 indirectos durante la operación y mantenimiento. La construcción concentra la mayor contratación temporal, mientras que la operación genera plazas de administración, seguridad, limpieza, mantenimiento, jardinería, alimentos y servicios técnicos.

El beneficio socioeconómico se fortalece cuando existe contratación local, adquisición regional de bienes y servicios y capacitación efectiva. La operación de la POI, PTAR, pozos, redes, sistemas de control y equipos electromecánicos puede generar especialización técnica, siempre que esta se documente mediante programas de entrenamiento, constancias, evaluación de competencias y continuidad laboral.

Tabla 4 Estimación de empleos directos e indirectos por etapa del proyecto

Etapa	Empleos directos	Empleos indirectos
Preparación del sitio	50	100
Construcción	400	800
Operación y mantenimiento	40	80

1.4. Residuos y sustancias

El manejo integral diferencia residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos. Durante la preparación y construcción predominan residuos de demolición, concreto, metales, madera, vidrio, cartón, embalajes, tierra y materiales sobrantes. Durante la operación se generan residuos domésticos, orgánicos, reciclables, podas, grasas, envases, piezas sustituidas y residuos derivados del mantenimiento.

La infraestructura hídrica genera corrientes técnicas específicas: lodos de la PTAR, cribados, arenas, filtros, cartuchos, membranas, soluciones de limpieza, envases de reactivos y materiales absorbentes. La clasificación no debe basarse únicamente en el nombre comercial o la apariencia; requiere considerar origen, composición y características de peligrosidad. Los residuos incompatibles se almacenarán separados y los recipientes permanecerán cerrados, identificados, protegidos de la intemperie y sobre contención cuando corresponda.

La estrategia incorpora reducción en la fuente, separación, valorización, almacenamiento temporal, retiro oportuno y trazabilidad hasta el destino. Se prohíbe la quema y la disposición en áreas permeables, drenajes, litoral o cuerpos de agua. Los comprobantes de recolección, bitácoras, volúmenes, incidencias y condiciones de los almacenes constituyen medios de verificación del SGAS.

1.5. Energía, calidad del aire y gases de efecto invernadero

La carga eléctrica global preliminar se estimó en 1,872.21 kVA. Mediante un factor de potencia de 0.90 y un factor de carga de 0.25 se obtuvo un consumo aproximado de 3,690.13 MWh/año; para la evaluación se adoptó un valor conservador redondeado de 3,800 MWh/año. La operación representa la fase de mayor consumo por las unidades

habitacionales, climatización, iluminación, elevadores, bombas, albercas, POI, PTAR y servicios comunes.

Las emisiones de preparación y construcción son temporales y se relacionan con maquinaria, transporte, electricidad provisional y movimiento de materiales. En operación predominan las emisiones indirectas asociadas con electricidad, seguidas por Gas LP, diésel de emergencia y gasolina para mantenimiento. La estimación anual de operación asciende a 1,786.24 tCO_2e, mientras que la preparación y la construcción se estimaron en 46.24 y 176.50 tCO_2e por año, respectivamente.

Estas cifras constituyen estimaciones preliminares sujetas a actualización con consumos reales, horas de operación, características de equipos y factores de emisión vigentes. El seguimiento debe separar gases de efecto invernadero de contaminantes criterio. Polvo, NOx, SO_2, CO, compuestos orgánicos y partículas PM_{10} y $PM_{2.5}$ requieren controles y, cuando proceda, cuantificación en unidades propias, no en tCO_2e.

Las medidas principales son mantenimiento preventivo, reducción de tiempos en vacío, selección de equipos eficientes, seguimiento por sistema, control de climatización e iluminación, prevención de fugas de refrigerantes y análisis de consumos atípicos. La MIA-P no incluye sistemas fotovoltaicos como componente evaluado, por lo que la reducción se sustenta en eficiencia y control operativo.

Tabla 5 Estimación preliminar de emisiones de gases de efecto invernadero por etapa

Etapa	Emisiones Estimadas
Preparación del sitio	46.24 tCO_2e/año
Construcción	176.50 tCO_2e/año
Operación y mantenimiento	1,786.24 tCO_2e/año

1.6. Sistema integral de gestión del agua

1.6.1. Configuración funcional

El sistema articula la captación de agua salobre, la desalación, el almacenamiento y distribución de agua potable, la recolección y tratamiento de aguas residuales, el reúso del efluente y el manejo independiente de la corriente concentrada. Cada corriente cuenta con infraestructura y destino diferenciados. Esta separación física y operativa es indispensable para prevenir conexiones cruzadas, pérdida de calidad y descargas no controladas.

El pozo playero constituye la fuente de alimentación de la planta de ósmosis inversa. Su función es captar agua salobre del medio costero subterráneo sin instalar una toma abierta en el mar. La ausencia de una estructura superficial no elimina los impactos potenciales: la extracción puede modificar niveles y gradientes, interactuar con el medio marino o con el pozo de inyección y cambiar la calidad de alimentación a lo largo del tiempo.

La POI incorpora pretratamiento, dosificación química, bombas de alta presión, membranas, postratamiento, limpieza CIP, automatización y medición. Su capacidad preliminar de alimentación es de 280 m³/día y su producción de agua potable es de 140 m³/día. La recuperación global de 50 % genera una corriente concentrada de 140 m³/día.

La presión máxima de referencia es cercana a 995 psi y el monitoreo comprende presión, caudal, conductividad, sólidos disueltos y niveles.

El agua producto será acondicionada y almacenada antes de su distribución. La calidad para consumo humano debe verificarse conforme a las disposiciones sanitarias aplicables. El agua fuera de especificación no se incorporará a la red potable. Los depósitos y redes deberán mantenerse protegidos contra ingreso de polvo, fauna, escurrimientos y sustancias, y deberán contar con limpieza, desinfección y puntos de muestreo representativos.

El agua potable se utiliza en departamentos, bungalows, amenidades y servicios. El balance adopta un retorno de 80 % hacia el drenaje sanitario. La fracción restante de 20 %, equivalente a 28 m³/día en el escenario máximo, corresponde a consumo humano, incorporación en alimentos y bebidas, evaporación, limpieza y otros usos consuntivos. Esta pérdida evita describir el esquema como un ciclo cerrado absoluto.

Figura 4 Modelo conceptual del balance integral de gestión del agua.



1.6.2. Planta de tratamiento y reúso

La PTAR recibe aguas residuales de origen sanitario doméstico y opera de forma continua. El tren incluye recepción y pretratamiento, reactor biológico MBBR, clarificación secundaria, filtración terciaria, desinfección, almacenamiento y distribución de agua tratada, además de manejo de lodos. La automatización mediante PLC permite registrar variables y activar alarmas, pero no sustituye la presencia de operadores capacitados.

La capacidad nominal es de 112 m³/día, equivalente a aproximadamente 1.30 L/s. La calidad esperada para reúso considera, entre otros parámetros, coliformes fecales menores o iguales a 240 NMP/100 ml, un huevo de helminto por litro como máximo, grasas y aceites menores o iguales a 15 mg/L, DBO_5 y sólidos suspendidos totales menores o iguales a 20 mg/L y ausencia de materia flotante.

Del caudal tratado se estima una demanda interna de 40 m³/día para riego y otros usos compatibles. La aplicación en áreas verdes debe corresponder con la demanda real, el tipo de vegetación, la calidad del agua, la capacidad de infiltración y las condiciones climáticas. La aplicación excesiva puede generar escurrimiento, aerosoles, acumulación de sales o nutrientes e infiltración fuera de control.

El excedente máximo de 72 m³/día se destinará a entrega municipal mediante convenio. La operación requiere capacidad de almacenamiento y una estrategia de contingencia para periodos en los que el municipio no pueda recibir el volumen. La imposibilidad temporal de entrega no habilita una descarga alternativa no autorizada. Las opciones operativas deberán privilegiar regulación, reducción de cargas, almacenamiento disponible y coordinación anticipada.

Los lodos, cribados, arenas, grasas y consumibles agotados se extraerán y almacenarán por separado. La denominación de biosólido solo procederá cuando se acredite la calidad correspondiente. El seguimiento incluirá volumen producido, frecuencia de extracción, caracterización, condiciones de almacenamiento, transportista y destino.

Tabla 6 Parámetros técnicos y operativos preliminares de la PTAR

Parámetro de PTAR	Valor preliminar
Tipo de influente	Agua residual sanitaria doméstica
Tecnología	MBBR con clarificación, filtración terciaria y desinfección
Capacidad nominal	112 m³/día
Caudal promedio	1.30 L/s
Operación	Continua
Automatización	PLC
Destino prioritario	Reúso interno y entrega externa condicionada

1.6.3. Manejo de la Salmuera

La salmuera se mantiene separada de las aguas residuales y del agua tratada. El esquema prevé conducción, dilución controlada con agua de mar y disposición mediante un pozo de inyección. El análisis jurídico reconoce que la inyección puede constituir una descarga de aguas residuales y que su operación está condicionada al permiso de CONAGUA y a las condiciones particulares que determine la autoridad.

La evaluación ambiental no presenta el pozo de inyección como una solución sin interacción. La introducción continua de una corriente con mayor concentración de sales puede modificar la composición del agua del medio receptor y generar una zona de mezcla. La extensión y migración dependen del caudal, presión, densidad, permeabilidad, estratigrafía, gradiente hidráulico, conectividad con el mar y régimen de operación.

Antes de la operación deberán realizarse perforación controlada, registro litológico, pruebas de admisión e inyección, caracterización del agua receptora y del concentrado y establecimiento de condiciones basales. El diseño debe impedir la comunicación no prevista entre estratos, proteger el brocal y las conducciones y permitir medición de caudal y presión. Los resultados deben sustentar el caudal seguro y los límites operativos.

El monitoreo incluye volumen, caudal, presión, conductividad, salinidad, temperatura, sólidos disueltos, pH y parámetros químicos seleccionados. La ubicación de puntos de seguimiento deberá permitir diferenciar la variación natural, la influencia mareal y la señal atribuible a la inyección. Ante sobrepresión, pérdida de admisión, recirculación hacia la captación, migración no prevista o cambios relevantes fuera de la zona inmediata, se suspenderá el proceso y se activará la evaluación correctiva.

La contingencia por falla del pozo debe coordinarse con la producción de la POI. Si no existe capacidad segura de almacenamiento o alternativa autorizada, la desalación deberá reducirse o suspenderse. Ninguna emergencia operativa justifica la descarga de salmuera al sistema pluvial, sanitario, marina o suelo.

Tabla 7 Balance cuantitativo del Sistema Integral de Gestión del Agua

Corriente	Volumen de diseño	Función o destino
Captación de agua salobre	280 m³/día	Alimentación de la POI
Producción de agua potable	140 m³/día	Abastecimiento del desarrollo
Generación de salmuera	140 m³/día	Acondicionamiento e inyección autorizada
Consumo potable máximo	140 m³/día	Usos residenciales, amenidades y servicios
Aguas residuales	112 m³/día	Tratamiento en PTAR
Fracción no retornada	28 m³/día	Consumo y pérdidas consuntivas
Agua tratada producida	112 m³/día	Reúso o aprovechamiento externo
Demanda interna de reúso	40 m³/día	Riego y usos compatibles
Excedente de agua tratada	72 m³/día	Entrega municipal mediante convenio

Los valores representan el escenario máximo de diseño. Los caudales reales variarán con la ocupación, la demanda de riego, la eficiencia de las membranas, las condiciones climáticas y la operación de la PTAR. Por ello, el balance debe comprobarse mediante medidores independientes en captación, agua de alimentación, agua producto, salmuera, consumo potable, influente y efluente de PTAR, reúso interno y entrega municipal.

La comparación periódica de medidores permitirá detectar pérdidas, conexiones cruzadas, diferencias no explicadas y cambios de eficiencia. La evaluación no debe limitarse al cumplimiento de un volumen máximo; también debe examinar tendencias, relación entre captación e inyección, consumo por ocupante, producción específica de la POI, porcentaje de reúso y energía consumida por metro cúbico.

2. VINCULACIÓN JURÍDICA, TERRITORIAL Y NORMATIVA

2.1. Enfoque de vinculación

El marco analizado comprende instrumentos internacionales, Constitución, leyes federales, reglamentos, programas de ordenamiento ecológico, planeación urbana, áreas y sitios prioritarios y Normas Oficiales Mexicanas.

La vinculación distingue obligaciones directamente exigibles, disposiciones cuya aplicación depende de un supuesto técnico o administrativo y principios orientados principalmente a las autoridades.

La evaluación de impacto ambiental se presenta con fundamento en la LGEEPA y su Reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental. La autorización ambiental no sustituye títulos de concesión, permisos de descarga, licencias de construcción, dictámenes de uso del suelo, factibilidades, autorizaciones sanitarias, obligaciones en residuos ni medidas de protección civil. La ejecución requiere conservar la vigencia y congruencia de todos los instrumentos concurrentes.

En materia internacional, la MIA-P relaciona el proyecto con cambio climático, biodiversidad, derecho a un ambiente sano, acceso a la información, participación pública, prevención, precaución y desarrollo sostenible.

Para el proyecto, estos compromisos se concretan mediante la legislación nacional, la información proporcionada en el expediente, el análisis anticipado de impactos y la implementación verificable de medidas.

Tabla 8 Instrumentos normativos aplicables y su relación con el proyecto

Grupo normativo	Instrumentos principales	Relación ejecutiva
Evaluación ambiental	LGEEPA y Reglamento en materia de EIA	Autorización previa, descripción integral, evaluación de impactos y medidas
Agua	Ley General de Aguas, Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento	Captación, pozos, descarga/inyección, medición y condiciones particulares
Biodiversidad	Ley General de Vida Silvestre y NOM-059	Protección de fauna, especies en riesgo, nidos y hábitats
Residuos	LGPGIR, su Reglamento y NOM-052, NOM-054 y NOM-161	Clasificación, separación, planes de manejo, almacenamiento y destino

Grupo normativo	Instrumentos principales	Relación ejecutiva
Cambio climático	Ley General de Cambio Climático y reglamentación de emisiones	Seguimiento de energía, combustibles, GEI y medidas de mitigación
Agua potable y reúso	NOM-127, NOM-230 y NOM-003-SEMARNAT	Calidad sanitaria, muestreo y uso seguro del efluente tratado
Humedales y manglar	Artículo 60 TER de la LGVS y NOM-022	Prevención de afectaciones directas e indirectas y conservación hidrológica
Ruido y aire	NOM-041, NOM-045, NOM-080, NOM-081 y disposiciones aplicables	Control de fuentes móviles y fijas, mantenimiento y verificación

2.2. Ordenamiento Ecológico Regional

El POER-BCS 2026 ubica el predio en la UGA 33, clave BCS33PR, denominada Ramsar Humedales El Mogote–Ensenada de La Paz. La política ambiental predominante es Preservación; para superficies con manglar se reconoce Protección; y el lineamiento L33 remite a la Ficha Informativa del sitio Ramsar MX1816RIS.

La UGA contiene ambientes naturales y sectores urbanos, por lo que la aplicación debe reconocer la heterogeneidad interna. El predio es urbano y previamente transformado, sin manglar o humedal natural dentro de su superficie. Aun así, la política de Preservación exige prevenir rutas de afectación indirecta relacionadas con calidad del agua, hidrogeología, escurrimientos, iluminación, residuos y fauna.

El proyecto no incorpora dragados, muelles nuevos, relleno de humedales, remoción de manglar, emisarios submarinos ni descargas superficiales ordinarias al mar. La congruencia depende de mantener esa configuración, controlar los sistemas hidráulicos y demostrar mediante monitoreo que la captación e inyección no comprometen componentes ecológicos del sitio Ramsar.

Figura 5 Relación del predio con la UGA 33 del POER-BCS.

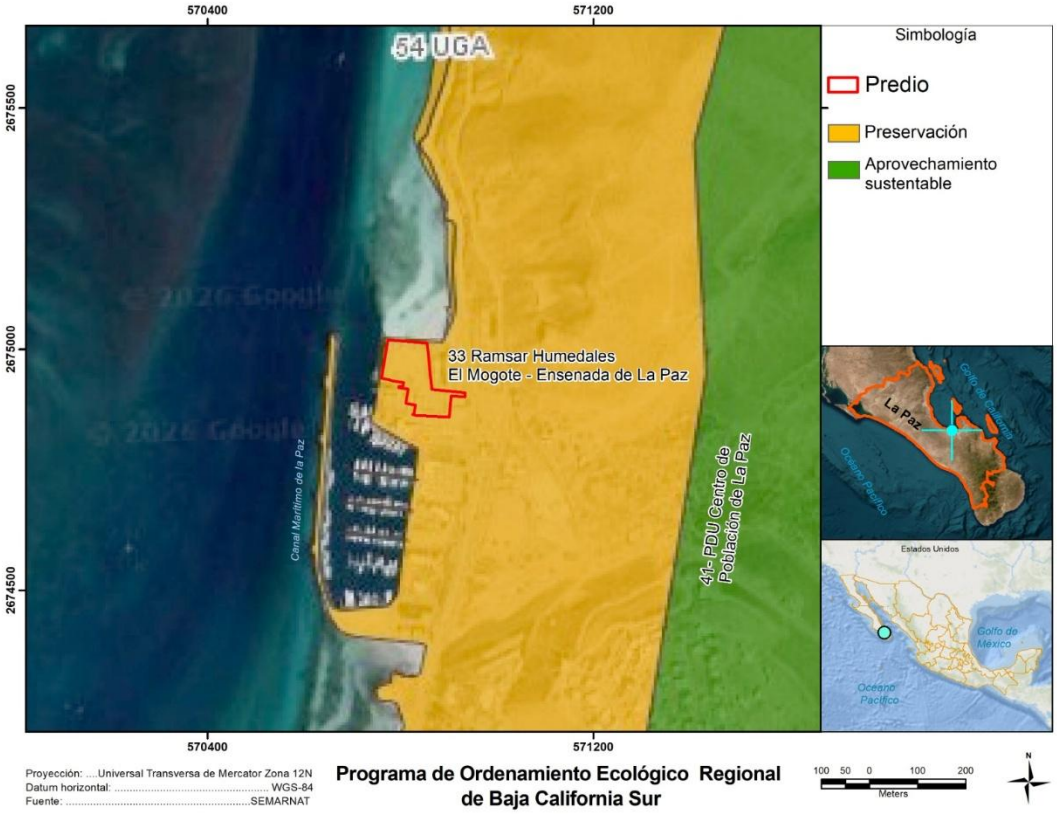


Tabla 9 Condiciones aplicables de la UGA BCS33PR al Proyecto Palmira

Elemento	Condición aplicable
Clave y nombre	BCS33PR · Ramsar Humedales El Mogote–Ensenada de La Paz
Política predominante	Preservación
Política para manglar	Protección
Lineamiento	L33
Referencia	Ficha Informativa Ramsar MX1816RIS
Condición del predio	Urbano, previamente transformado e integrado al centro de población
Relación ambiental	Prevención de afectaciones directas e indirectas a la integridad funcional del sitio

2.3. Desarrollo urbano y parámetros del Corredor Turístico

El Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de La Paz clasifica el sector como Corredor Turístico. El uso admite actividades comerciales, servicios, componentes residenciales turísticos, desarrollos turísticos integrales, alimentos y bebidas, recreación e infraestructura de apoyo, sujetos a compatibilidad, factibilidad, seguridad y demás condicionantes.

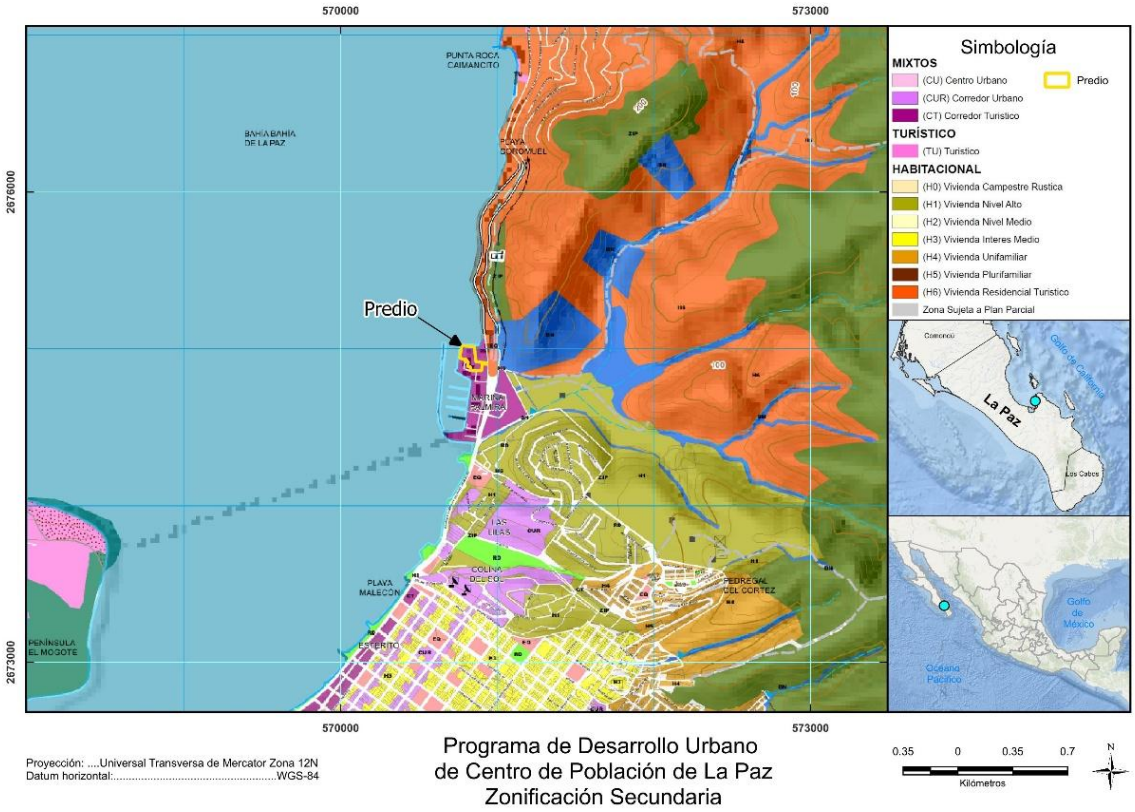
Para predios mayores de 751 m², el PDUCP establece COS máximo de 0.70, CUS máximo de 4.90, CAS mínimo de 0.30, siete niveles y altura máxima de 24.50 m. Proyecto Palmira reporta COS de 0.693, CUS de 2.777, CAS de 0.307, siete niveles y 24.50 m de altura, por lo que cumple los parámetros cuantitativos comparados.

Este cumplimiento acredita congruencia urbanística general, pero no autoriza por sí mismo pozos, descargas, afectaciones de vida silvestre, intervención de bienes nacionales o incumplimiento de políticas ambientales. La evaluación urbana y la ecológica se aplican de forma concurrente.

Tabla 10 Comparación de los parámetros urbanísticos del proyecto con el Corredor Turístico

Parámetro	Norma para >751 m²	Proyecto	Resultado
COS	≤ 0.70	0.693	Cumple
Superficie por COS	≤ 9,321.43 m²	9,225.21 m²	Cumple
CUS	≤ 4.90	2.777	Cumple
Superficie por CUS	≤ 65,250.02 m²	36,977.98 m²	Cumple
CAS	≥ 0.30	0.307	Cumple
Superficie por CAS	≥ 3,994.90 m²	4,091.12 m²	Cumple
Niveles	≤ 7	7	Cumple
Altura	≤ 24.50 m	24.50 m	Cumple

Figura 6 Zonificación secundaria del PDUCP de La Paz.



2.4. Sitio Ramsar, humedales y manglares

El sitio Ramsar núm. 1816 comprende humedales costeros de importancia para aves acuáticas, playeras y migratorias, así como manglares, marismas, planicies de inundación y cuerpos de agua someros. La superposición cartográfica general muestra incidencia territorial del predio dentro de la delimitación Ramsar. Esta relación refuerza la necesidad de evaluar efectos indirectos, aun cuando el lote no contenga los hábitats que sustentaron la designación.

El Inventario Nacional de Humedales no identifica superposición con el predio. El humedal cartografiado más próximo se ubica aproximadamente a 1,137.52 m. La cartografía de manglar de CONABIO tampoco muestra intersección; el parche más cercano se ubica a 411.80 m, distancia superior a los 100 m previstos por la especificación 4.16 de la NOM-022-SEMARNAT-2003.

La distancia no constituye por sí sola prueba de ausencia de efectos. El artículo 60 TER de la Ley General de Vida Silvestre protege la integralidad hidrológica, la productividad y los servicios ecológicos del manglar, incluida su zona de influencia. Por ello, la MIA-P examina captación, inyección, drenaje pluvial, sustancias, residuos, iluminación y contingencias como rutas potenciales de interacción.

El proyecto no recurre a la excepción compensatoria de la especificación 4.43 de la NOM-022, porque no se ubica dentro de la separación de 100 m y no contempla cambio de uso del suelo en terrenos forestales con manglar. Las áreas verdes del desarrollo tampoco se presentan como compensación o restauración del sitio Ramsar.

Figura 7 Incidencia territorial respecto del sitio Ramsar núm. 1816.

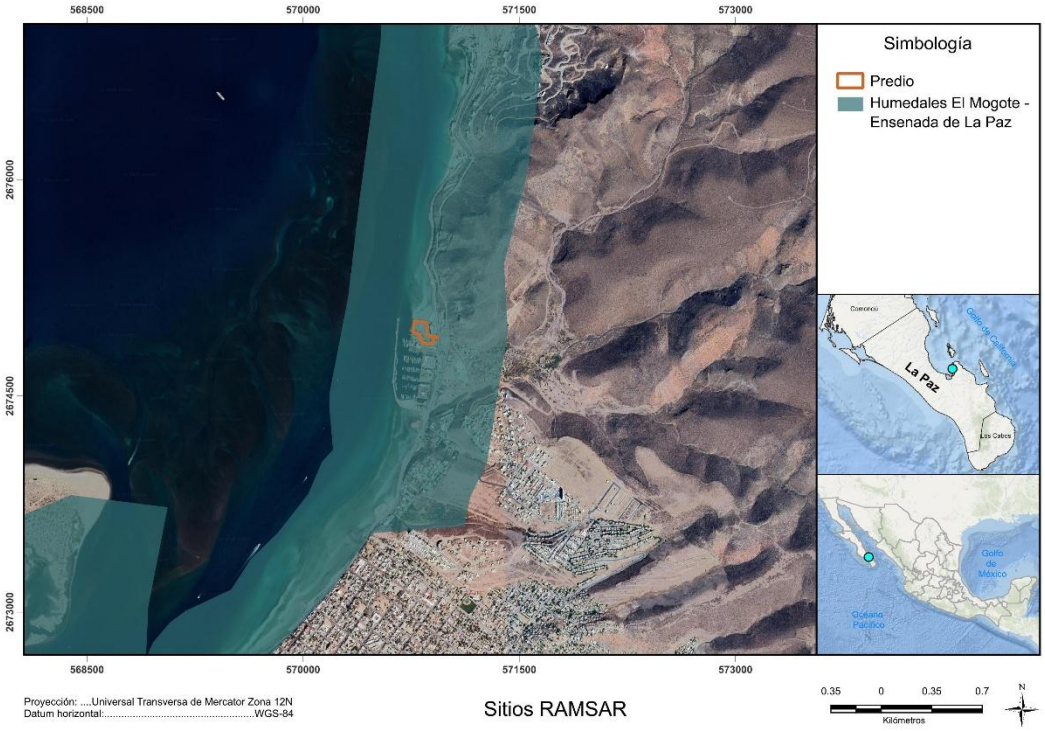
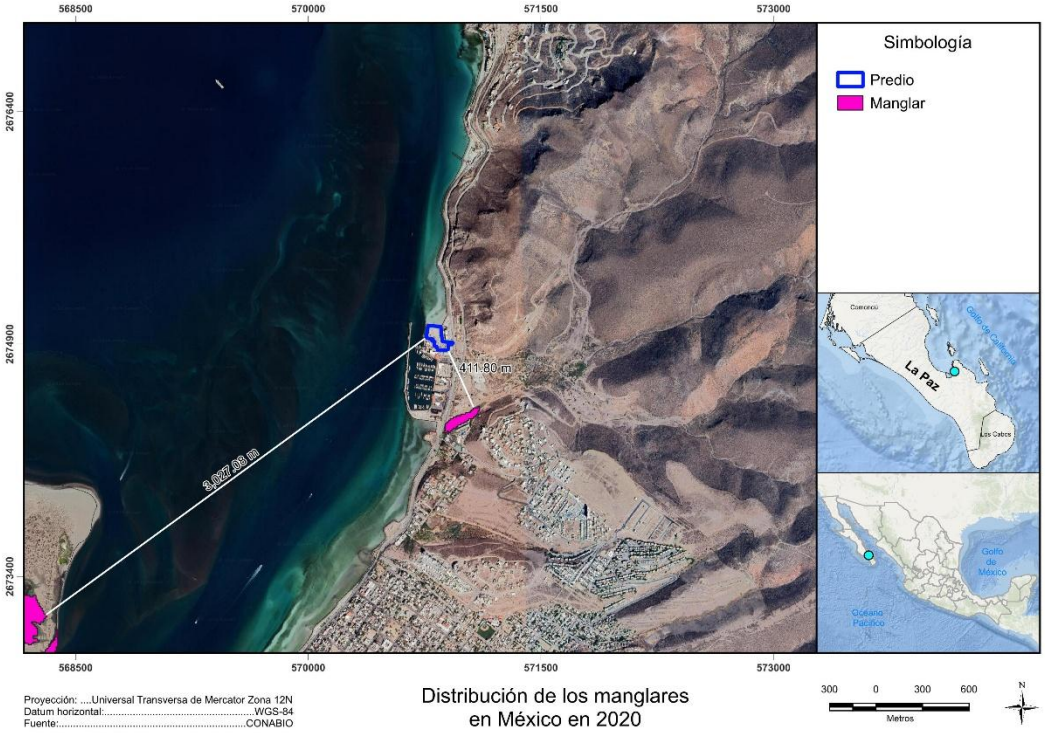


Figura 8 Distancia del predio a superficies de manglar cartografiadas



2.5. Autorizaciones y controles concurrentes

La etapa de gestión deberá articular la autorización ambiental con los permisos sectoriales. La captación de agua salobre requiere el título o autorización de CONAGUA y medición del volumen. La construcción, operación y cierre de pozos debe ajustarse a especificaciones técnicas, protección sanitaria e integridad de estratos. La inyección requiere permiso de descarga y condiciones particulares que definan calidad, volumen, presión, punto de control y monitoreo.

La PTAR debe acreditar la calidad del efluente conforme al uso. El agua potable producida debe cumplir los límites sanitarios antes de su distribución. El convenio de entrega municipal deberá establecer el uso final y la responsabilidad hasta el punto de transferencia. Los residuos requieren clasificación, planes de manejo cuando procedan y entrega a servicios o gestores autorizdos.

En el ámbito local se mantienen los procedimientos de uso del suelo, construcción, protección civil, operación, movilidad, ruido, anuncios, alimentos y bebidas y demás licencias correspondientes. Los estudios de factibilidad no sustituyen la verificación ambiental y deberán utilizar la misma configuración, superficies y capacidades evaluadas.

3. DESCRIPCIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LA REGIÓN ECOLÓGICA

3.1. Delimitación y estructura territorial

La Región Ecológica se delimitó para representar los procesos que pueden conectar el predio con el territorio circundante. Se consideraron el relieve, el valle y cauce del arroyo La Palmira, la planicie costera, la infraestructura urbana y náutica, el medio marino y el sistema hidrogeológico. El polígono no busca reproducir una división administrativa; integra una unidad funcional para el análisis ambiental.

La superficie total es de 172.253 ha. La porción terrestre abarca 102.375 ha, equivalentes a 59.43 %, y la marina 69.878 ha, equivalentes a 40.57 %. La inclusión del medio marino reconoce que los escurrimientos, el agua subterránea, la circulación mareal y las actividades de la marina producen intercambios de agua, sedimentos, sales, nutrientes y residuos.

El predio representa una fracción pequeña dentro de esta unidad y se concentra en la franja de mayor transformación. Su condición no es representativa de los lomeríos ni de las coberturas naturales del entorno. La evaluación separa la afectación directa sobre el lote de las posibles interacciones indirectas con receptores externos.

Figura 9 Delimitación de la Región Ecológica.

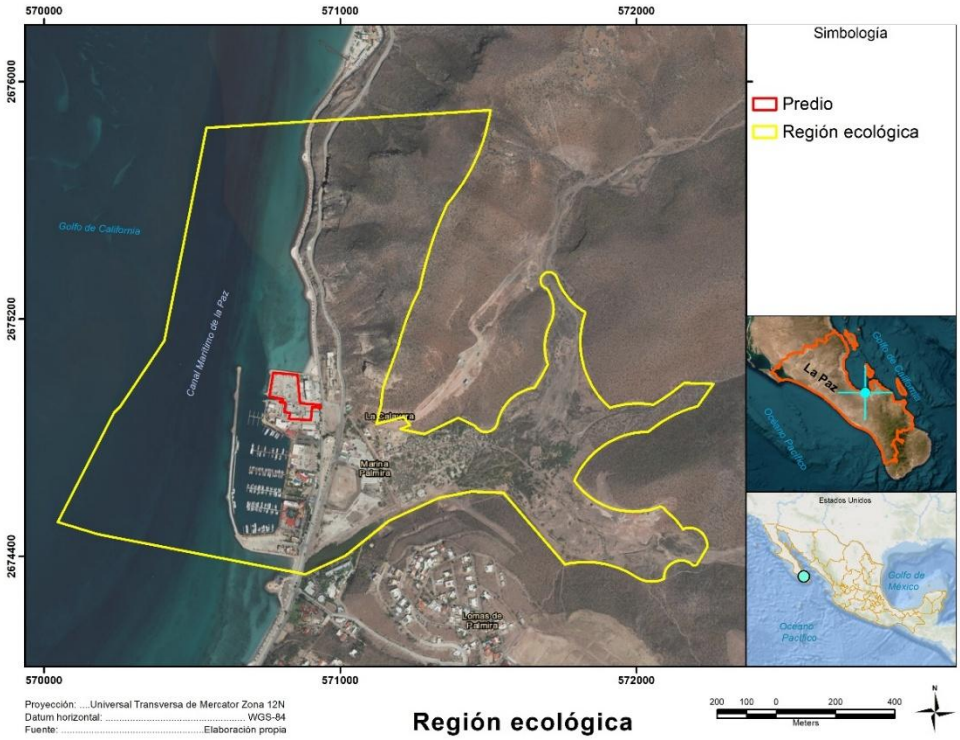


Tabla 11 Distribución superficial de la Región Ecológica en sus porciones terrestre y marina

Porción	Superficie	Proporción
Terrestre	102.375 ha	59.43 %
Marina	69.878 ha	40.57 %
Total	**172.253 ha**	**100.00 %**

3.2. Clima y exposición hidrometeorológica

El clima es árido y cálido, tipo BW(h')w, con temperaturas elevadas durante gran parte del año y lluvias principalmente en verano y principios de otoño. La precipitación media anual de referencia es cercana a 248 mm, mientras que la evapotranspiración potencial supera ampliamente a la lluvia. El régimen hídrico es, por tanto, deficitario y presenta largos periodos secos interrumpidos por eventos concentrados.

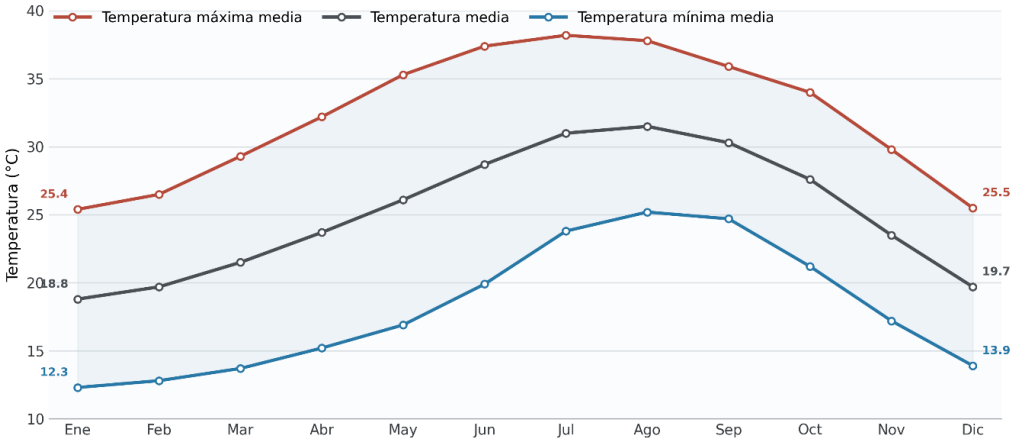
Las temperaturas máximas medias aumentan desde aproximadamente 25.4 °C en enero hasta valores cercanos a 38 °C en julio y agosto. La temperatura media alcanza sus mayores valores en verano y la mínima media también se eleva por encima de 25 °C en agosto. Estas condiciones incrementan la demanda de climatización, la evaporación en albercas y áreas verdes y la exposición térmica de trabajadores y equipos.

La precipitación mensual media se concentra en agosto y septiembre. El registro máximo de 24 horas mostrado para septiembre alcanza 261 mm, varias veces la precipitación media mensual, lo que ilustra la diferencia entre el clima seco ordinario y el potencial de lluvias extraordinarias. Para el diseño pluvial y la preparación ante emergencias, los máximos de corta duración son más relevantes que el promedio anual.

La región está expuesta a tormentas tropicales y huracanes que pueden combinar lluvia intensa, vientos fuertes, oleaje, marejada, caída de objetos e interrupción de energía y bombeo. La adaptación requiere protección de equipos, respaldo eléctrico selectivo, almacenamiento, protocolos de suspensión, rutas de evacuación, inspección posterior y coordinación con la marina y protección civil.

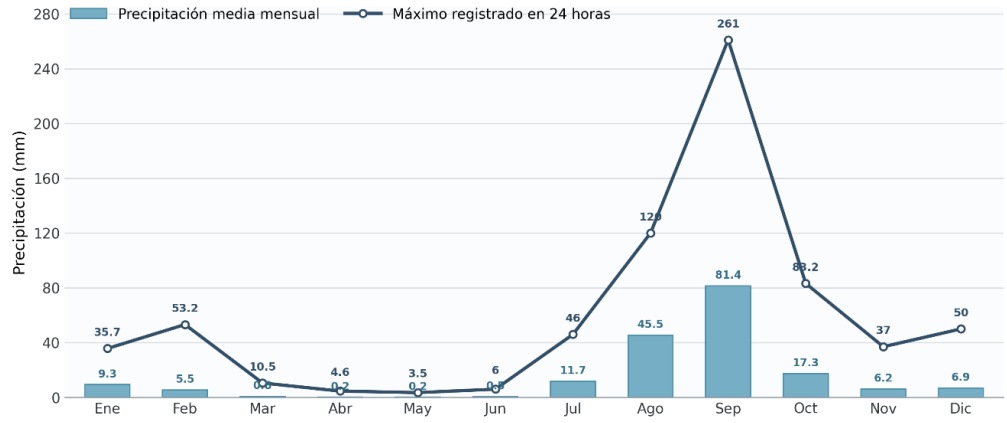
El cambio climático puede intensificar el estrés térmico, la variabilidad de lluvia y la exposición costera. El ascenso del nivel medio del mar no se limita a una inundación permanente; eleva el nivel de referencia sobre el cual actúan pleamares, oleaje y marejadas, aumentando la frecuencia de eventos que alcanzan cotas bajas.

Figura 10 Variación mensual de la temperatura en el entorno.



Estación: La Paz (DGE), clave 3074 · 24.1347° N, 110.3361° O · 16 m s. n. m. · Periodo: normal climatológica 1991–2020
Fuente: CONAGUA-Servicio Meteorológico Nacional, Base de Datos Climatológica Nacional, Normal Climatológica 1991–2020 (emisión: 15 de mayo de 2026).

Figura 11 Distribución mensual de la precipitación y máximos en 24 horas.



Estación: La Paz (DGE), clave 3074 · La Paz, B.C.S. · 24.1347° N, 110.3361° O · 16 m s. n. m.
Periodo: normal climatológica 1991–2020 · Disponibilidad: 28–29 años con datos, según el mes.
Fuente: CONAGUA-Servicio Meteorológico Nacional, Base de Datos Climatológica Nacional, Normal Climatológica 1991–2020 (emisión: 24 de julio de 2026).

3.3. Fisiografía, geología, suelos y escurrimientos

La unidad se organiza desde lomeríos volcánicos hasta piedemontes, abanicos aluviales, cauces temporales, planicie costera, franja litoral y área marina. Las partes altas superan localmente 120 m s.n.m. y generan escurrimientos durante lluvias intensas. La planicie

costera presenta pendientes reducidas y funciona como zona de acumulación, infiltración limitada y tránsito hacia el mar.

Las unidades geológicas incluyen riodacitas, tobas y materiales volcanoclásticos del Mioceno, areniscas y conglomerados más recientes, depósitos aluviales y litorales y rellenos artificiales. En el predio dominan materiales arenosos y gravosos colocados durante la conformación de Marina Palmira, apoyados sobre depósitos aluviales y costeros. Esta heterogeneidad controla la infiltración, la estabilidad geotécnica y la circulación subterránea.

Los suelos naturales de la región son jóvenes, con perfiles poco desarrollados, baja materia orgánica y susceptibilidad a erosión en laderas. Dentro del predio el perfil natural fue sustituido o alterado por relleno, nivelación y compactación. En consecuencia, los impactos sobre suelo se relacionan principalmente con la intervención adicional del subsuelo, la impermeabilización y el riesgo de contaminación, no con la pérdida de un horizonte edáfico bien conservado.

La hidrología superficial es episódica. El arroyo La Palmira y los cauces secundarios permanecen secos la mayor parte del año, pero durante eventos intensos transportan agua y sedimentos hacia la planicie y el litoral. El predio no contiene un cauce natural, aunque su sistema pluvial se inserta en esta trayectoria general y debe evitar obstrucciones, descargas contaminantes y transferencia de escurrimientos hacia instalaciones vecinas.

3.4. Hidrología subterránea

La Región Ecológica forma parte del acuífero La Paz, clave 0324. A escala regional, los estudios reportan extracción superior a la recarga, abatimientos e intrusión salina. La captación del proyecto se dirige a agua salobre en el sector costero y no se presenta como explotación de la misma calidad que la batería municipal; aun así, forma parte del sistema hidrogeológico y requiere autorización y seguimiento.

Marina Palmira se localiza en la porción terminal de un valle aluvial local asociado con el arroyo La Palmira. Los lomeríos separan superficialmente este sector de la principal zona del valle de La Paz, pero esa delimitación no demuestra aislamiento hidráulico. Los depósitos aluviales, materiales volcanoclásticos y fracturas pueden conservar conexiones subterráneas cuya magnitud no ha sido determinada.

Los sondeos geotécnicos encontraron arenas, gravas y contenidos menores de finos sin alcanzar el basamento dentro de aproximadamente 15.60 m. Los primeros metros se interpretan como relleno artificial; por debajo se encuentran depósitos aluviales y litorales. El nivel freático se registró a 1.60, 1.50, 2.22, 2.15 y 2.21 m en los cinco sondeos, confirmando una condición somera.

La exploración geofísica diferenció una unidad superficial no saturada, materiales granulares influidos por el nivel freático, una unidad saturada con agua salobre y una unidad de resistividad muy baja asociada con mayor concentración de sales. La interpretación sugiere aumento de influencia marina con la profundidad y hacia el litoral, pero la resistividad también depende de porosidad, granulometría y contenido de finos; por ello, debe verificarse con muestras de agua.

El parámetro regional de conductividad hidráulica utilizado como referencia es de 5.5×10^{-4} m/s, aproximadamente 47.5 m/d. Este valor indica potencial de circulación relevante en materiales arenosos, pero no constituye una determinación local definitiva. Las pruebas de

bombeo, recuperación e inyección deberán estimar transmisividad, almacenamiento, capacidad específica, interferencia y respuesta del medio.

El modelo conceptual identifica dos riesgos principales. La extracción puede modificar gradientes y atraer agua de distinta salinidad; la inyección puede generar sobrepresión y una pluma hidrogeoquímica. La interacción entre ambos procesos puede reducir la eficiencia de la POI o ampliar la zona de influencia. La red de monitoreo deberá registrar niveles, calidad y régimen mareal antes y durante la operación.

Tabla 12 Niveles freáticos registrados en los sondeos geotécnicos del predio

Sondeo	Nivel freático
S-01	1.60 m
S-02	1.50 m
S-03	2.22 m
S-04	2.15 m
S-05	2.21 m

3.5. Medio marino, mareas y dinámica costera

La porción marina de la Región Ecológica comprende aguas del canal y del entorno inmediato de Marina Palmira conectadas con la Bahía de La Paz. La línea litoral fue modificada por muelles, dársenas, rompeolas, plataformas y rellenos. Estas estructuras reducen la exposición ordinaria al oleaje dentro de determinados sectores, pero también crean diferencias de circulación, zonas de baja velocidad y tiempos de permanencia variables.

La batimetría regional de la bahía es heterogénea. Los datos bibliográficos reportan profundidades desde sectores someros hasta depresiones de varios cientos de metros; sin embargo, estos valores no describen directamente la dársena frente al predio. La profundidad local, la sección de bocanas, las embarcaciones y las estructuras controlan el intercambio y deben considerarse en cualquier análisis de dispersión.

Las mareas regionales se describen como mixtas, principalmente semidiurnas: habitualmente ocurren dos pleamares y dos bajamares por día lunar, con desigualdad entre niveles consecutivos. Las componentes M_2 y S_2 originan la alternancia quincenal de mareas vivas y muertas, mientras que K_1 y O_1 aportan desigualdad diurna.

En la marina, el flujo y reflujo favorece la renovación del agua, pero la eficiencia real depende de la geometría de entradas, profundidad, fricción, viento y presencia de zonas protegidas. Los estrechamientos pueden acelerar corrientes y las dársenas interiores pueden retener partículas o sustancias durante periodos mayores. La ausencia de una descarga ordinaria no elimina el riesgo de contaminación por fallas, derrames o escurrimientos.

La marea también constituye una frontera para el agua subterránea. En materiales granulares próximos a la costa, las oscilaciones pueden propagarse como fluctuaciones amortiguadas y desfasadas del nivel freático. Esta respuesta no ha sido cuantificada en el

predio. El monitoreo deberá diferenciar la señal mareal de cambios causados por bombeo o inyección.

3.6. Uso del suelo, vegetación y flora

Las coberturas de la Región Ecológica comprenden 37.201 ha de matorral sarcocaule y sarcocrasicaule, 39.422 ha de vegetación halófila xerófila, 1.175 ha de manglar, 12.969 ha de asentamientos humanos, 4.475 ha de infraestructura, 7.132 ha sin vegetación aparente y 69.878 ha de ambientes marinos.

Las coberturas vegetales naturales o seminaturales suman aproximadamente 77.798 ha y se concentran fuera del predio. El matorral ocupa lomeríos y laderas; la vegetación halófila se relaciona con abanicos, cauces y planicies salinas; y el manglar aparece en una superficie pequeña de elevada funcionalidad. La franja urbana y portuaria fragmenta la conexión entre las laderas y el litoral.

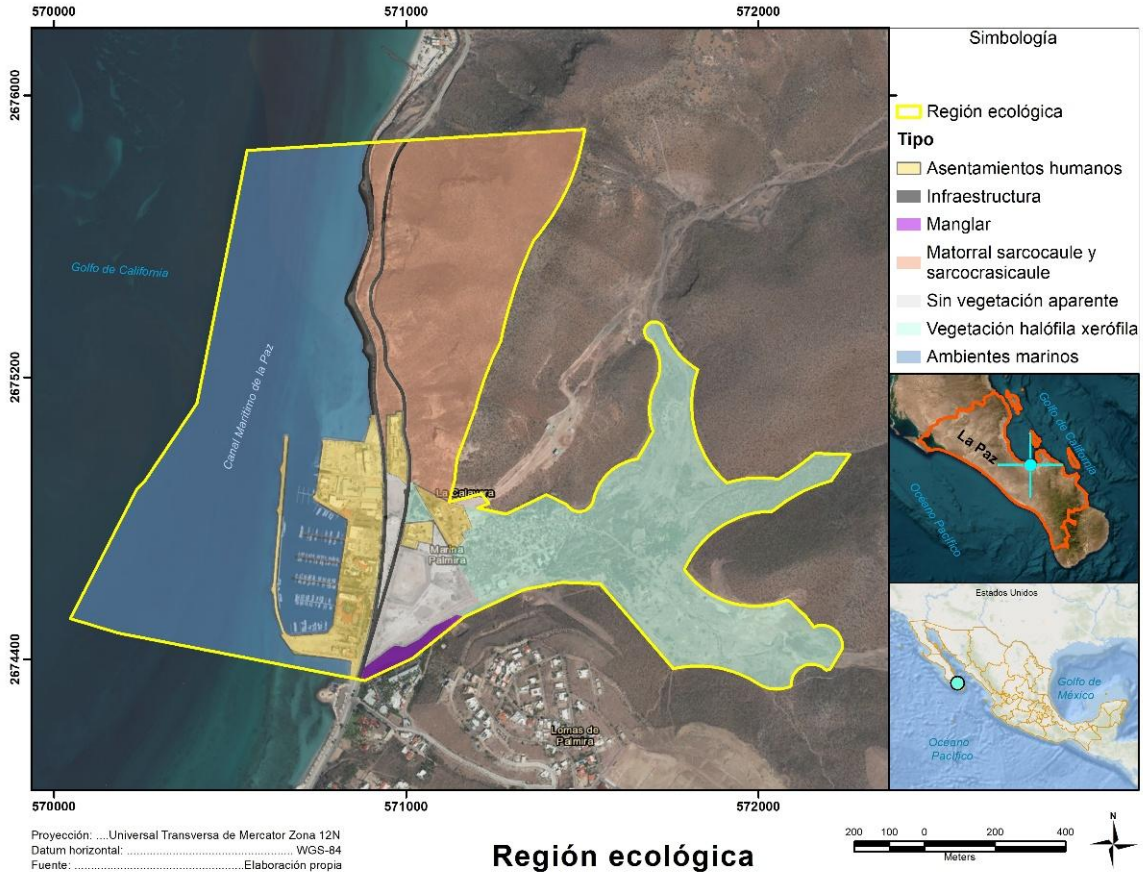
El predio carece de vegetación natural y su valor florístico directo es bajo. La incorporación de jardinería aumenta la cobertura respecto de la condición actual, pero no recupera la composición, estructura o función del matorral, la vegetación halófila o el manglar. Las especies en riesgo documentadas a escala regional (como *Avicennia germinans, Laguncularia racemosa y Olneya tesota)* se asocian con comunidades externas y su registro no confirma presencia dentro del lote.

La gestión vegetal debe evitar especies invasoras, acreditar procedencia legal cuando resulte aplicable, utilizar agua tratada de calidad compatible, minimizar agroquímicos y retirar residuos de poda. La supervivencia, cobertura, consumo de agua y aparición de especies no deseadas funcionarán como indicadores.

Tabla 13 Distribución del uso del suelo y la vegetación en la Región Ecológica

Cobertura	Superficie	Proporción
Asentamientos humanos	12.969 ha	7.53 %
Infraestructura	4.475 ha	2.60 %
Manglar	1.175 ha	0.68 %
Matorral sarcocaule / sarcocrasicaule	37.201 ha	21.60 %
Sin vegetación aparente	7.132 ha	4.14 %
Vegetación halófila xerófila	39.422 ha	22.89 %
Ambientes marinos	69.878 ha	40.57 %
Total	172.253 ha	100.00 %

Figura 12 Uso del suelo y vegetación en la Región Ecológica.



3.7. Fauna

La compilación documental registra 123 entradas de aves con 1,501 registros, 14 entradas de reptiles con 44 registros, cuatro mamíferos con 15 registros y una entrada de anfibio. La mayor representación de aves se explica por su movilidad y por la coexistencia de ambientes terrestres, costeros y marinos. Los registros regionales no equivalen a abundancia ni confirman presencia dentro del predio.

El lote ofrece refugio limitado por su superficie compactada y uso operativo. La fauna esperable corresponde principalmente a aves en tránsito, reptiles ocasionales, insectos y especies urbanas o generalistas. Aun sin desmonte, la construcción y operación pueden generar perturbación mediante ruido, iluminación, tránsito, superficies acristaladas, residuos y presencia de animales domésticos.

Entre las especies con categorías de riesgo documentadas regionalmente se encuentran aves costeras y marinas, rapaces y reptiles. La respuesta preventiva incluye inspección de frentes, suspensión localizada ante ejemplares o nidos activos, protección de excavaciones, prohibición de captura o daño, control de iluminación, medidas contra colisión y atención por personal competente. Cualquier manejo directo se sujetará al régimen de vida silvestre.

Las reglas de operación deben impedir abandono o libre desplazamiento de perros y gatos, alimentación de fauna y disposición abierta de residuos. Las colisiones de aves, organismos atrapados, nidos detectados y acciones de respuesta se registrarán para identificar recurrencia y ajustar medidas.

3.8. Paisaje, medio socioeconómico y percepción

El paisaje es heterogéneo y se estructura por el contraste entre la lámina de agua, la marina, la planicie urbana y las laderas áridas. Se reconocen unidades marinas; planicies costeras con asentamientos e infraestructura; abanicos aluviales con vegetación halófila o manglar; arroyos temporales; y lomeríos con matorral, asentamientos o infraestructura.

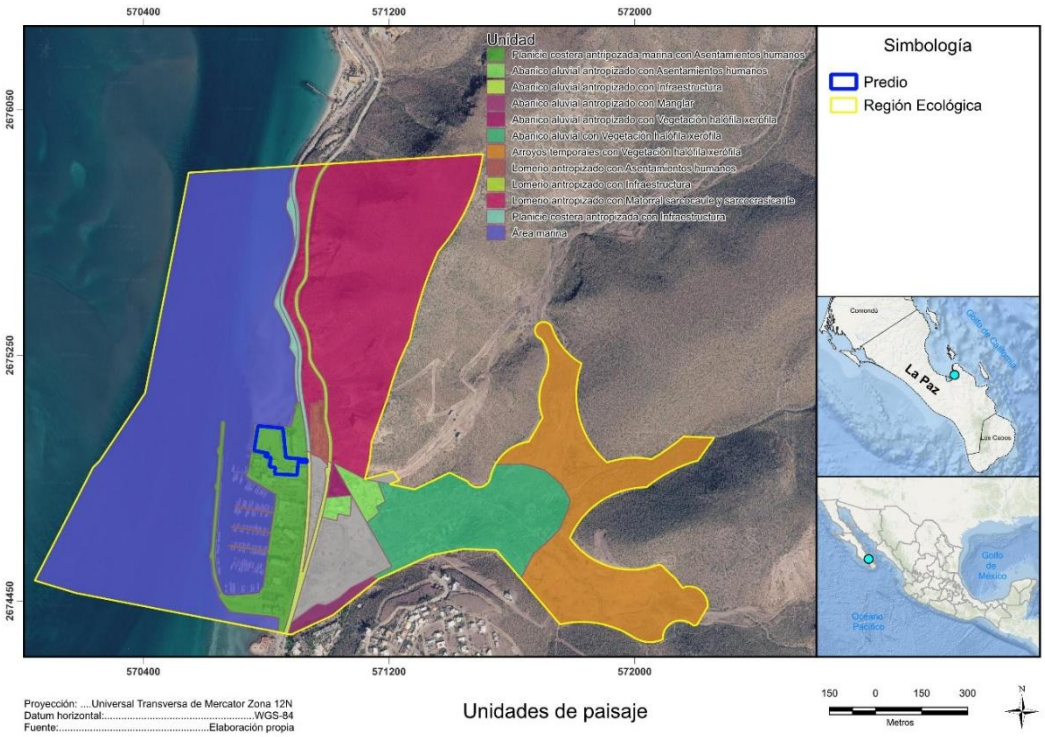
La calidad visual del predio es baja por su transformación previa, bodegas, pavimentos, embarcaciones e instalaciones. La calidad aumenta hacia el mar y los lomeríos. La fragilidad del lote es comparativamente baja, pero su exposición es alta debido a la visibilidad desde vialidades, marina, agua y puntos elevados. El volumen y altura del desarrollo producen un cambio permanente.

El paisaje nocturno ya presenta iluminación urbana, vial y portuaria. Las superficies marinas amplían la percepción de fuentes por reflexión y ausencia de obstáculos. La iluminación del proyecto deberá dirigirse hacia superficies funcionales, limitar dispersión hacia el cielo y el litoral, controlar intensidad y horarios y revisar molestias o eventos de fauna.

El medio socioeconómico se relaciona con actividades urbanas, turísticas, comerciales y náuticas. Los beneficios potenciales son empleo, inversión, demanda de servicios y consolidación de un predio subutilizado. Las preocupaciones comprenden tránsito, ruido, presión sobre infraestructura, calidad del agua, paisaje, exposición a riesgos y efectos acumulativos del crecimiento costero.

La percepción puede variar entre residentes, trabajadores, usuarios de la marina, prestadores turísticos, pescadores, organizaciones ambientales y autoridades. La vinculación social debe proporcionar canales de atención de quejas, registro de respuesta, información sobre eventos de obra y coordinación ante contingencias.

Figura 13 Unidades de paisaje de la Región Ecológica.



3.9. Diagnóstico y escenarios

El diagnóstico identifica alta sensibilidad en hidrología superficial, agua subterránea, medio marino, fauna marina, paisaje y servicios urbanos. La sensibilidad del predio frente a vegetación y manglar es baja o nula por ausencia de esas coberturas, pero la sensibilidad funcional aumenta por su cercanía con el litoral y su conexión con el sistema hidrogeológico.

En el escenario sin proyecto, el sitio mantiene una superficie compactada de baja eficiencia urbana, con uso náutico, almacenamiento o estacionamiento. No existe garantía de restauración espontánea y continúan tránsito, ruido y riesgos puntuales asociados con embarcaciones, aceites o combustibles. Tampoco se generan empleos, inversión o mejoras pluviales y sanitarias del proyecto.

En el escenario con proyecto y manejo efectivo, se consolida el uso residencial y turístico sobre un lote alterado, se incorporan áreas verdes, regulación pluvial, producción de agua mediante desalación, tratamiento terciario y reúso. Simultáneamente aumentan la ocupación, movilidad, consumo energético, residuos e iluminación y se modifica el paisaje.

El escenario favorable depende de la continuidad de la POI y PTAR, capacidad de almacenamiento, integridad de pozos, separación de redes, calidad del efluente, eficiencia de reúso, mantenimiento del tanque de tormentas y respuesta ante eventos extremos. Las fallas pueden transformar beneficios en riesgos: una PTAR fuera de especificación puede producir olores y contaminación; una falla de inyección puede suspender el abastecimiento; y la interferencia entre pozos puede aumentar salinidad y reducir eficiencia.

Tabla 14 Variables críticas, condiciones favorables y señales de desviación ambiental

Variable crítica	Condición favorable	Señal de desviación
Agua subterránea	Niveles y calidad estables fuera del entorno inmediato	Descenso progresivo, cambio de gradiente o salinidad atribuible
Salmuera	Caudal y presión dentro de parámetros	Sobrepresión, pérdida de admisión, migración o recirculación
PTAR	Efluente constante dentro de calidad	Olores, rebose o incumplimiento analítico
Reúso	Sustitución real de agua potable	Excedentes sin destino, aplicación excesiva o aerosoles
Pluvial	Ausencia de descargas no controladas	Obstrucción, desbordamiento o retorno en pleamar
Energía	Reducción de consumo específico	Incrementos no explicados o pérdida de eficiencia
Fauna y paisaje	Baja incidencia y luminarias controladas	Colisiones, desorientación, quejas o brillo hacia el litoral

4. IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

4.1. Metodología

La evaluación parte de las acciones del proyecto y los factores ambientales susceptibles de recibir efectos. Se aplicaron listas de chequeo y matrices de interacción para preparación, construcción y operación. Las manifestaciones específicas se consolidaron en impactos comunes para evitar duplicidad y permitir una jerarquización comparable.

La matriz integra 33 acciones y 20 impactos consolidados. La preparación del sitio presenta 69 interacciones efectivas, la construcción 168 y la operación y mantenimiento 157, para un total de 394. La densidad global de interacción es de 59.70 %. La frecuencia se utilizó como señal de recurrencia, no como sustituto de la significancia.

La valoración considera acumulación, sinergia, persistencia, reversibilidad, recuperabilidad, probabilidad y extensión. El índice de incidencia se estandariza y se combina con la magnitud para obtener la significancia. Los impactos estratégicos se valoran con atención especial a hidrogeología, hidrogeoquímica, ecosistemas costeros y resiliencia hídrica.

La evaluación reconoce incertidumbre en la respuesta local del subsuelo. En lugar de asumir ausencia de efecto, formula impactos estratégicos y vincula su manejo con estudios, pruebas, límites operativos, monitoreo y suspensión. Este enfoque permite atender consecuencias de baja certeza, pero alta relevancia.

Tabla 15 Acciones e interacciones ambientales por etapa del proyecto

Etapa	Acciones	Interacciones efectivas	Densidad
Preparación del sitio	6	69	57.50 %
Construcción	13	168	64.62 %
Operación y mantenimiento	14	157	56.07 %
Total	33	394	59.70 %

4.2. Impactos estratégicos

HG-01, alteración de la dinámica hidrogeológica costera, integra perforación, captación, bombeo, inyección, cambios de presión y modificación potencial de gradientes y flujos. Obtuvo significancia 3.04, categoría muy alta. Su atención requiere línea base, pruebas hidráulicas, medición de caudales y presiones, control de integridad y seguimiento de niveles.

HQ-01, modificación hidrogeoquímica del medio receptor, comprende la generación e inyección de concentrado, cambios potenciales de salinidad y composición, migración de la zona de mezcla e infiltraciones accidentales. También obtuvo 3.04 y categoría muy alta. El control depende de caracterización, separación de corrientes, análisis de agua, seguimiento espacial y suspensión ante cambios no previstos.

EC-01, alteración funcional potencial de ecosistemas costeros, representa una consecuencia indirecta posible si las modificaciones hidráulicas o químicas alcanzan

receptores conectados. No se presenta como afectación directa comprobada. Su significancia fue 2.01, alta. La prevención se logra controlando las rutas de exposición y evaluando conjuntamente los indicadores hidrogeológicos, pluviales, de residuos y de fauna.

RH-01, incremento de resiliencia operativa y eficiencia hídrica, es el impacto positivo estratégico de mayor significancia, con valor 4.00 y categoría muy alta. Se deriva de diversificar la fuente, producir agua potable internamente, tratar aguas residuales y sustituir agua potable mediante reúso. El beneficio solo se materializa cuando existe continuidad, calidad, eficiencia y sustitución real; no compensa automáticamente los impactos de captación e inyección.

Tabla 16 Jerarquización de impactos

Clave	Impacto	Naturaleza	Significancia	Categoría
RH-01	Resiliencia operativa y eficiencia hídrica	Positiva	4.00	Muy alta
HG-01	Dinámica hidrogeológica costera	Negativa	3.04	Muy alta
HQ-01	Medio receptor hidrogeoquímico	Negativa	3.04	Muy alta
EC-01	Función potencial de ecosistemas costeros	Negativa	2.01	Alta
PA-01	Paisaje y entorno visual nocturno	Negativa	2.01	Alta
SU-01	Suelo y subsuelo	Negativa	1.86	Alta
SE-01	Empleo, derrama y especialización	Positiva	1.56	Alta
GEI-01	GEI y huella de carbono	Negativa	1.52	Alta
SS-01	Salud y seguridad	Negativa	1.44	Moderada
DP-01	Regulación de escurrimientos	Positiva	1.24	Moderada
EN-01	Consumo energético	Negativa	1.14	Moderada
BV-01	Cobertura vegetal y microhábitats	Positiva	1.14	Moderada
RG-01	Generación y manejo de residuos	Negativa	1.04	Moderada
RS-01	Lodos y subproductos	Negativa	0.96	Moderada
IA-01	Calidad del aire	Negativa	0.86	Moderada

Clave	Impacto	Naturaleza	Significancia	Categoría
RV-01	Ruido y vibraciones	Negativa	0.86	Moderada
AP-01	Escurrimientos superficiales	Negativa	0.86	Moderada
MO-01	Movilidad y tránsito	Negativa	0.86	Moderada
IS-01	Infraestructura y servicios	Negativa	0.86	Moderada
FA-01	Fauna silvestre generalista	Negativa	0.20	Baja

Figura 14 Significancia de los impactos ambientales consolidados.

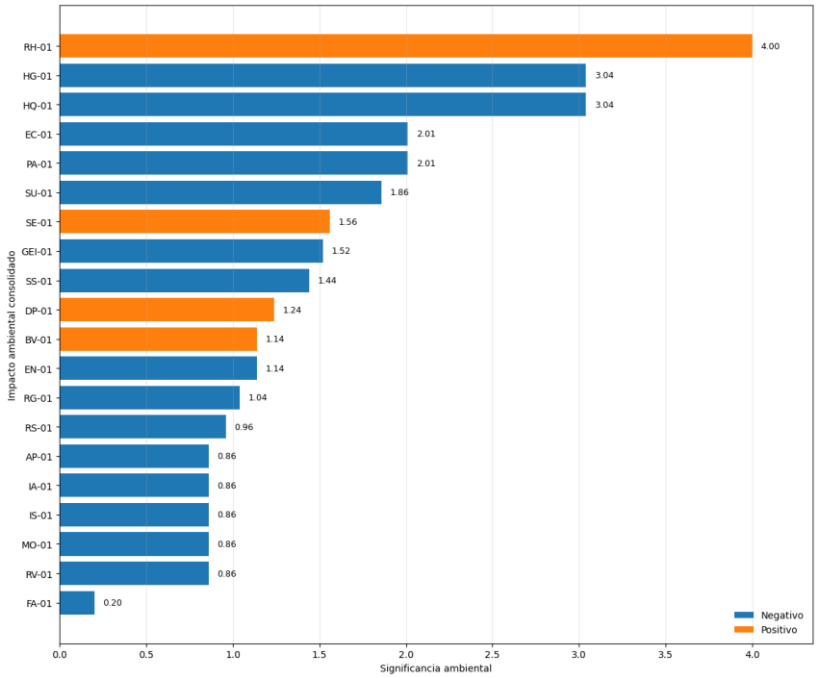
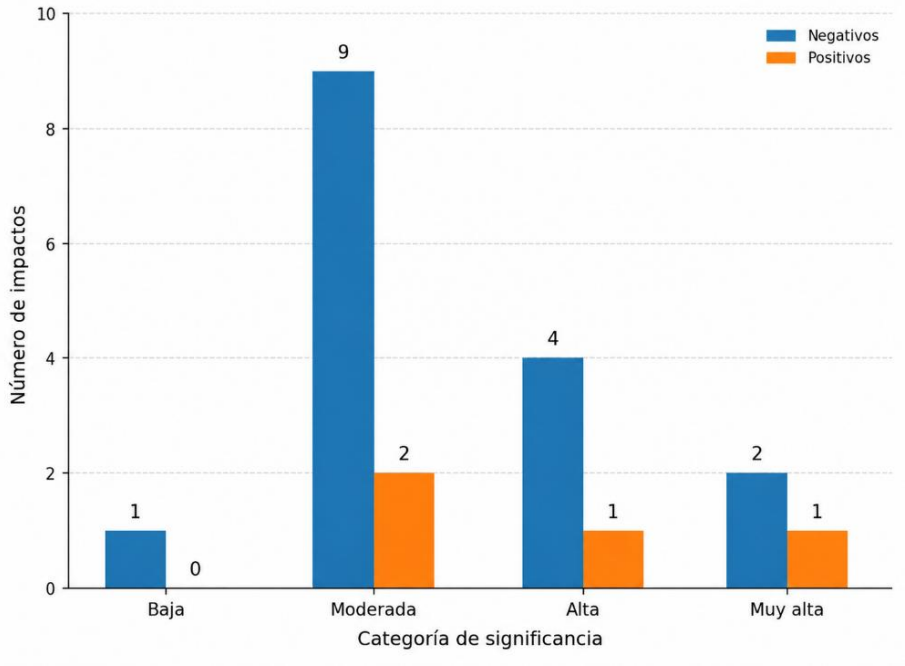


Figura 15 Distribución de impactos por naturaleza y categoría.



4.3. Impactos acumulativos y sinérgicos

Los impactos acumulativos de mayor atención son HG-01, HQ-01 y EC-01, porque la captación e inyección continúan durante la operación y pueden mantener cambios de presión, flujo y composición. El paisaje, la huella de carbono, la generación de residuos, el consumo energético y la demanda de servicios también se acumulan con la urbanización del corredor costero.

La sinergia principal corresponde a HG-01 + HQ-01 → EC-01. Los cambios de presión y dirección del flujo controlan la migración de la corriente inyectada; cuando coinciden con modificaciones químicas, la zona de influencia puede desplazarse o ampliarse y alcanzar receptores ecológicos conectados. Esta relación exige evaluar los datos como un conjunto y no como indicadores independientes.

Otras relaciones relevantes incluyen suelo e impermeabilización con escurrimientos; energía con GEI; residuos y subproductos con suelo y drenaje; iluminación, ruido y presencia humana con fauna; y movilidad con aire y emisiones. Entre las sinergias positivas se encuentran reúso con áreas verdes, gestión hídrica con regulación pluvial y cobertura vegetal con superficies permeables.

Algunas relaciones son mixtas. La producción interna de agua reduce presión sobre fuentes convencionales, pero aumenta la demanda eléctrica, técnica y de reactivos. El paisajismo atenúa el cambio visual diurno, pero no elimina el volumen construido ni la iluminación nocturna. El tanque de tormentas reduce picos, pero no revierte la impermeabilización del predio.

5. SISTEMA DE GESTIÓN ADAPTATIVO PARA LA SOSTENIBILIDAD

5.1. Estructura y principios

El Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad organiza la prevención, mitigación, control, supervisión y corrección de impactos. Su carácter adaptativo significa que las medidas se revisan a partir de indicadores y resultados. Cuando una acción no alcanza su objetivo, se ajustan frecuencia, intensidad, método, equipos o responsables.

El sistema debe iniciar antes de la preparación del sitio, integrar las condiciones de la resolución y de los permisos sectoriales y mantenerse durante construcción, operación, mantenimiento y cierre. La coordinación corresponde a una estructura con autoridad para suspender actividades, solicitar correcciones, conservar evidencia y comunicar desviaciones.

Cada programa contiene medidas, etapa, responsable, indicador, criterio de seguimiento y medio de verificación. Las bitácoras, fotografías, comprobantes, resultados analíticos, registros de medidores, mantenimientos, inspecciones, quejas y cierres de acciones conforman la evidencia. La existencia de un formato sin datos completos no acredita cumplimiento.

La jerarquía de respuesta diferencia observaciones preventivas, desviaciones menores, desviaciones relevantes, desviaciones críticas e impactos no previstos. Las condiciones críticas exigen suspensión o aislamiento, activación de contingencia, comunicación inmediata y análisis técnico antes de reanudar.

Tabla 17 Programas que integran el Sistema de Gestión Adaptativo para la Sostenibilidad

Clave	Programa	Líneas principales
PGHH	Gestión Hidrogeológica e Hidrogeoquímica	Pozos, caudales, presiones, niveles, calidad, integridad y desviaciones
PGAR	Abastecimiento, Desalación, Tratamiento y Reúso	POI, PTAR, almacenamiento, redes, fugas, calidad y eficiencia
PMEP	Manejo de Escurrimientos Pluviales	Tanque, rejillas, colectores, sedimentos y superficies permeables
PMSS	Suelo, Subsuelo y Sustancias	Excavaciones, acopios, combustibles, reactivos, derrames y restitución
PEMREC	Emisiones, Ruido, Energía y Cambio Climático	Polvo, combustión, ruido, consumo, refrigerantes y eficiencia
PMIR	Manejo Integral de Residuos	RSU, RME, peligrosos, lodos, filtros, membranas y trazabilidad
PAVFP	Áreas Verdes, Fauna, Paisaje e Iluminación	Vegetación, riego, fauna, cristales, imagen e iluminación

Clave	Programa	Líneas principales
PSMIS	Seguridad, Movilidad, Infraestructura y Vinculación Social	Riesgos, accesos, tránsito, servicios, emergencias y quejas
PSVA	Supervisión y Vigilancia Ambiental	Inspecciones, indicadores, evidencia, informes, corrección y mejora

5.2. Gestión hidrogeológica e hidrogeoquímica

El PGHH constituye el programa prioritario. Antes de operar, integrará los registros constructivos de pozos, pruebas de bombeo y recuperación, pruebas de inyección, caracterización de agua, elevaciones de referencia y línea base de niveles y calidad. Los límites operativos deberán derivar de los resultados y de las condiciones de CONAGUA.

Durante la operación se medirán volúmenes captados e inyectados, caudales, presiones, niveles y calidad. El balance temporal permitirá identificar pérdidas o acumulación. La tendencia se evaluará respecto de variación mareal, estacional y meteorológica. Los datos anómalos activarán verificación instrumental, repetición de muestreo, reducción de caudal o suspensión.

La integridad de ademes, sellos, brocales, tuberías, válvulas y conexiones se inspeccionará mediante mantenimiento preventivo y pruebas cuando proceda. La corrosión y la salinidad requieren materiales compatibles. Las soluciones de limpieza y reactivos no se incorporarán al pozo de inyección salvo que se encuentren expresamente caracterizados y autorizados.

La interacción entre captación e inyección se vigilará mediante conductividad y composición del agua de alimentación, eficiencia de la POI, niveles y respuesta a cambios de régimen. Un aumento persistente de salinidad atribuible a recirculación constituye una señal de pérdida de separación hidráulica y requiere corrección.

5.3. Gestión del abastecimiento, tratamiento y reúso

El PGAR verifica agua producida, consumo, fugas, caudal sanitario, calidad del efluente, reúso y entrega municipal. La operación mantendrá separados agua potable, agua residual, agua tratada y salmuera. Las redes se identificarán y someterán a pruebas de hermeticidad, limpieza y mantenimiento.

La POI se operará dentro de presión, recuperación y calidad especificadas. Se controlarán dosificación, reemplazo de filtros y membranas, limpieza CIP, energía por metro cúbico y rechazo de sales. El agua producto no conforme se aislará. Los eventos de parada deben coordinarse con el almacenamiento y la demanda.

La PTAR contará con control de pretratamiento, carga orgánica, aireación, biomasa, clarificación, filtración y desinfección. Los parámetros de campo y laboratorio se utilizarán para ajustar la operación. El efluente fuera de especificación no se enviará al riego ni a la entrega municipal.

El porcentaje de reúso deberá calcularse con volúmenes medidos. La aplicación en áreas verdes se programará según clima y demanda. El convenio municipal debe conservar evidencia de cada entrega. La falta de recepción se tratará como contingencia operativa con anticipación suficiente para no rebasar la capacidad de almacenamiento.

5.4. Escurrimientos, suelo, sustancias y residuos

El PMEP mantiene la capacidad del tanque de tormentas, rejillas, colectores, registros y equipos. Las inspecciones previas a lluvias verifican obstrucciones y volumen disponible; las posteriores registran nivel alcanzado, encharcamientos, sedimentos y daños. El agua pluvial no debe utilizarse para diluir o transportar sustancias.

El PMSS delimita excavaciones y acopios, protege las superficies permeables y establece respuesta ante derrames. Las sustancias se acompañan de hojas de seguridad, etiquetado, compatibilidad, contención y equipos de respuesta. Los materiales contaminados se retiran y clasifican. Cuando exista indicio de hidrocarburos en suelo se aplicarán caracterización y remediación conforme al marco correspondiente.

El PMIR separa residuos desde la fuente y evita mezclas. Los residuos de construcción y demolición se cuantifican y valorizan cuando sea viable. Los peligrosos se almacenan en un área controlada. Los lodos, filtros, membranas y soluciones de limpieza se manejan como corrientes técnicas diferenciadas. El retiro se acredita con comprobantes y la capacidad de almacenamiento se revisa respecto de la frecuencia real.

La prevención se concentra en evitar que residuos y sustancias alcancen el drenaje pluvial, las áreas permeables, el subsuelo o la marina. El orden y limpieza de frentes constituye simultáneamente una medida de paisaje, seguridad, fauna y control de escurrimientos.

5.5. Aire, ruido, energía, paisaje y fauna

El PEMREC aplica humectación cuando exista polvo visible, cobertura de materiales, limpieza de accesos, control de velocidad y mantenimiento de maquinaria. Las actividades ruidosas se programarán en horarios compatibles y los equipos fijos incorporarán soportes antivibratorios, aislamiento o barreras cuando los resultados y quejas lo requieran.

El consumo de electricidad, Gas LP, diésel y gasolina se registrará por periodo y, cuando sea posible, por sistema. Las desviaciones respecto de ocupación y producción se investigarán. El mantenimiento de HVAC, refrigeración, bombas y plantas de tratamiento reduce consumo y emisiones. Las fugas de refrigerantes se documentarán y corregirán.

El PAVFP mantiene las áreas verdes, controla especies invasoras y optimiza el riego con agua tratada. Las luminarias se orientarán hacia accesos, andadores y superficies necesarias, con intensidad y horario controlados. Se evitará emisión directa al litoral y al cielo. Las superficies acristaladas con colisiones recurrentes recibirán tratamientos o elementos visuales.

Los recorridos de fauna se realizarán antes de abrir frentes y durante inspecciones. Las excavaciones y depósitos deberán contar con medidas de salida o protección. Se prohíbe daño, captura o alimentación. Los eventos se registrarán con especie o grupo, ubicación, condición, respuesta y seguimiento.

5.6. Seguridad, movilidad, vinculación social y supervisión

El PSMIS integra seguridad laboral, control de accesos, señalización, rutas, protección contra incendios, trabajos en altura, espacios confinados, presión, electricidad, Gas LP, sustancias y operación de albercas. La capacitación se vincula con tareas específicas y se refuerza mediante simulacros y revisión de incidentes.

La movilidad de obra se organiza mediante horarios de suministro, rutas internas, control de velocidades, señalización de maniobras y prevención de filas sobre vialidades. En

operación se monitorean viajes de residentes, empleados, proveedores y servicios, con ajustes si se presentan saturación o interferencia con Marina Palmira.

La vinculación social mantiene un mecanismo para recibir y atender quejas por polvo, ruido, tránsito, luz, olor, residuos o funcionamiento de servicios. Cada comunicación debe registrar fecha, ubicación, descripción, verificación, respuesta y cierre. La recurrencia constituye un indicador para modificar medidas.

El PSVA consolida la información de todos los programas. Las inspecciones verifican campo y documentación, asignan responsables y plazos y comprueban el cierre. Los informes ambientales deben presentar resultados, tendencias, desviaciones, acciones correctivas y eficacia, no solo listados de actividades.

Tabla 18 Niveles de respuesta del SGAS ante desviaciones e impactos no previstos

Nivel de respuesta	Condición	Actuación
Observación preventiva	Sin afectación inmediata, con potencial de desviación	Corrección preventiva y verificación posterior
Desviación menor	Localizada, corta y corregible de inmediato	Corrección, registro y comprobación de cierre
Desviación relevante	Recurrente o con pérdida de control	Contención, análisis de causa y seguimiento reforzado
Desviación crítica	Riesgo inmediato o afectación significativa	Suspensión, contingencia, comunicación y atención prioritaria
Impacto no previsto	Efecto no identificado o mayor al evaluado	Control, evaluación técnica, medidas adicionales y gestión ante autoridad

6. BALANCE AMBIENTAL, CONDICIONANTES Y CONCLUSIÓN EJECUTIVA

6.1. Balance de efectos

El proyecto no afecta directamente vegetación natural, manglar, humedales inventariados o cauces dentro del predio. Su principal ventaja territorial es reutilizar una superficie urbana y portuaria previamente transformada. La incorporación de áreas verdes, regulación pluvial, tratamiento terciario y reúso genera beneficios localizados y reduce determinadas presiones frente a un diseño convencional.

Los beneficios no eliminan los impactos permanentes. El proyecto aumenta altura y volumen en el frente costero, consumo de energía, ocupación, tránsito, iluminación, residuos y demanda de servicios. La operación de la desalación requiere energía y genera una corriente concentrada. La captación e inyección introducen interacciones en un medio con nivel freático somero e influencia marina.

La valoración reconoce un impacto positivo estratégico muy alto y tres impactos negativos estratégicos de alta o muy alta significancia. Esta configuración impide sostener una conclusión basada únicamente en la transformación previa del predio. La viabilidad depende de la capacidad de controlar procesos subterráneos e indirectos durante toda la vida útil.

Los efectos temporales de construcción (polvo, ruido, residuos, tránsito, excavación y riesgos) son controlables mediante buenas prácticas y supervisión. Los efectos permanentes requieren diseño, mantenimiento y monitoreo. El paisaje no se restaura a su condición previa; se transforma hacia una composición urbana distinta. El consumo energético y la huella de carbono se mantienen mientras opere el desarrollo.

6.2. Indicadores ejecutivos de seguimiento

La autoridad y la supervisión podrán verificar el desempeño mediante un grupo compacto de indicadores: volumen de agua captada, producida, tratada, reutilizada, entregada e inyectada; nivel estático y dinámico; presión de inyección; conductividad, cloruros, temperatura, sólidos disueltos y parámetros seleccionados; cumplimiento del efluente; consumo eléctrico y de combustibles; residuos y subproductos por destino; funcionamiento pluvial; superficie verde; supervivencia vegetal; incidencias de fauna; tránsito; quejas y desviaciones.

Los indicadores deben contar con frecuencia, línea base, unidad, método, punto de medición, responsable, criterio de alerta y respuesta. La ausencia de un límite normativo específico no impide definir umbrales operativos conservadores. Las tendencias son especialmente relevantes para variables subterráneas y de eficiencia.

Los informes deberán correlacionar variables. Un cambio en salinidad se interpretará junto con caudales, presiones, mareas, lluvia y mantenimiento. Un incremento energético se relacionará con ocupación, volumen producido y estado de equipos. Las quejas por olor se contrastarán con registros de PTAR y residuos. Esta integración materializa el carácter adaptativo del sistema.

7. CONCLUSIÓN

Proyecto Palmira corresponde a una intervención urbana de uso residencial con servicios y amenidades turísticas sobre un predio previamente transformado dentro de Marina Palmira. Su diseño cumple los parámetros urbanos comparados y evita la ocupación directa de vegetación natural, manglar y humedales inventariados. La infraestructura de tratamiento, reúso y regulación pluvial aporta elementos de prevención y eficiencia.

La ubicación dentro de la UGA BCS33PR y la incidencia territorial con el sitio Ramsar exigen una evaluación reforzada de efectos indirectos. La condición urbana del lote no reduce la importancia de la conectividad hidrogeológica y costera. El nivel freático somero, los materiales granulares, la salinidad y la proximidad al mar justifican que la captación y la inyección sean los componentes de mayor prioridad ambiental.

La MIA-P identifica y jerarquiza estos procesos, evita afirmar que la disposición subterránea carece de impacto y propone un sistema de monitoreo y respuesta. El beneficio de resiliencia hídrica depende de que la desalación, tratamiento y reúso funcionen de manera continua y eficiente. Si se pierde esa condición, el sistema puede incrementar consumo, generar excedentes sin destino o producir modificaciones no previstas.

En términos ejecutivos, el proyecto puede mantenerse dentro de un escenario ambientalmente manejable siempre que: conserve el alcance evaluado; obtenga los permisos concurrentes; establezca una línea base robusta; opere dentro de límites técnicos; mantenga la separación de corrientes; implemente el SGAS desde el inicio; atienda oportunamente las desviaciones; y suspenda los procesos críticos cuando existan señales de afectación.

La autorización ambiental, en su caso, deberá entenderse como el inicio de una obligación de gestión de largo plazo. La eficacia no se demostrará únicamente mediante la construcción de la infraestructura, sino mediante resultados: calidad del agua, estabilidad hidrogeológica fuera del entorno inmediato, control de escurrimientos, ausencia de descargas no autorizadas, trazabilidad de residuos, reducción de consumos específicos, atención de fauna y respuesta verificable a contingencias.

Con la aplicación integral de estas condiciones, el aprovechamiento de un predio previamente alterado puede traducirse en consolidación urbana con control ambiental. Sin ellas, la sensibilidad del sistema costero y la dependencia de infraestructura especializada podrían incrementar los riesgos. El SGAS constituye, por tanto, el instrumento operativo que vincula la evaluación técnica con el desempeño ambiental cotidiano del Proyecto Palmira.

8. FUENTES DOCUMENTALES DEL RESUMEN

El presente resumen se elaboró exclusivamente a partir de la versión final de los capítulos 1, 2, 3 y 4 de la Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad Particular, del Proyecto Palmira. Las figuras y valores reproducidos provienen de dichos capítulos. Para la revisión integral deberán consultarse los documentos completos, anexos, planos, estudios especializados y memorias técnicas que forman parte del expediente.