

INFORME DE EVALUACIÓN DEL SITIO Y PLAN DE MUESTREO

**LICITACIÓN REDUCIDA N°2023LD-000079-0019200001
“Estudios Ambientales de Suelo y Subsuelo de las zonas
consideradas como prioritarias en el marco de la futura
modernización de Puerto Caldera”**

DATOS DEL DESARROLLADOR

INSTITUTO COSTARRICENSE DE PUERTOS DEL PACÍFICO

Cédula Jurídica: 4-000-042140

Elaborado por:

OSD Consultoría Integral S.A.

Cédula Jurídica: 3-101-483323

Ubicación del proyecto:

**San Juan Grande, Esparza
Puntarenas**

Noviembre, 2023



Cartago, El Tejar, 17 de noviembre del 2023

Ingeniero Juan José Granja
Instituto Costarricense de Puertos del Pacífico
Unidad Técnica de Supervisión y Control
Presentes

Estimados señores:

Por medio de la presente, se atiende la solicitud realizada por la Unidad Técnica de Supervisión y Control del Instituto Costarricense de Puertos del Pacífico, para la elaboración del estudio de investigación ambiental del suelo y subsuelo es identificar y cuantificar el alcance y la magnitud de la contaminación del suelo y de las aguas subterráneas y proponer métodos de remediación, en caso de considerarse necesarios por la identificación de afectaciones, incluyendo el presupuesto estimado para su implementación en una condición futura, ubicado en el distrito 02° San Juan Grande, Cantón 02° Esparza, en la provincia 06° Puntarenas, todo de acuerdo con las especificaciones indicadas en el pliego de condiciones de la Licitación Reducida N°2023LD-000079-0019200001 “Estudios Ambientales de Suelo y Subsuelo de las zonas consideradas como prioritarias en el marco de la futura modernización de Puerto Caldera.”.

En este informe se describe la investigación efectuada en el campo, lo que permitió obtener la información básica para dar las recomendaciones que, desde el punto de vista de evaluación de amenazas y mitigación de riesgos asociados a la contaminación ambiental de suelos, aguas subterráneas y superficiales, deberán considerarse en los diseños y construcción de estructuras en el sitio de interés, siguiendo la normativa y metodologías vigentes según los colegios profesionales y ministerios encargados involucrados en la inspección y garantía de la vigilancia. En espera de continuar colaborando con ustedes en el desarrollo de sus proyectos y quedando a sus órdenes para cualquier consulta del informe. Se da fe de que todos los datos aquí aportados son ciertos y verídicos, ajustados a la fase de investigación correspondiente.



El equipo profesional que conforma el equipo de OSD para la evaluación del presente proyecto, queda atento,

Ing. Santiago Ureña Altamirano
Ingeniero Químico
CIQPA-2219
CI-048-2018

Ing. Karol Flores Barrientos
Ingeniera Industrial

Ing. Geól. Fabio Chavarría Castillo
Geólogo e Ingeniero Civil
CGCR-456/IC-37515
CI-250-18

Ing. Erick Brenes Rodríguez
Ingeniero Civil
IC-23183
CI-040-2013

Ing Alexandra Saurez
Ingeniera Ambiental
CIA-838368
CI-173-10

Ing Steven Cortés Mena
Ingeniero Ambiental
IGA-32829



TABLA DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN	1
I.I.	Ubicación del proyecto	2
I.II.	Objetivos del trabajo	3
I.II.I.	Objetivo general del estudio geológico.....	3
I.II.II.	Objetivos específicos	3
I.III.	Metodología del trabajo.....	4
I.III.I.	Coordinación profesional	4
I.III.II.	Plan de actividades.....	5
I.III.III.	Equipo de trabajo	7
II.	EVALUACIÓN DEL SITIO DEL PROYECTO.....	8
II.I.	Evaluación ambiental regional del proyecto.....	8
II.I.I.	Modelo hidrogeológico local.....	8
II.II.	Evaluación ambiental local del proyecto	10
II.II.I.	Zona I (Área de Desarrollo Portuario MOPT)	10
II.II.II.	Zona II (Área de Guarda Costa)	14
II.II.III.	Zona III (Área de Puerto Caldera).....	18
III.	PROPUESTA DEL PLAN DE MUESTREO	23
III.I.	Metodología de muestreo de suelos	23
III.I.I.	Perforación a rotación con punta de broca de diamante	23
III.I.II.	Recuperación de muestra mediante una excavación al aire libre (Calicata)	25
III.II.	Metodología de muestreo de aguas	25
III.III.	Metodología para obtener parámetros de conductividad hidráulica.....	26
IV.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29



I. INTRODUCCIÓN

Bajo la premisa que en el sitio del proyecto se realizará una futura modernización de Puerto Caldera, es vital mencionar como este se localiza en una desembocadura fluvial de la morfología denudacional asociada al basculamiento de la antigua Cuenca Candelaria, cuya representación en superficie es la de poseer pendientes bajas a muy bajas asociados a depósitos de suelos transportados.

Para proyectos de gran importancia y elevada distribución en superficie, se vuelve necesaria la evaluación de variables ambientales que puedan desencadenar efectos negativos a largo plazo. Como tal, contaminación de aguas subterráneas que pueden afectar el consumo de agua potable o bien dañar las especies que, para el caso del presente proyecto, se encuentran en la zona costera en cercanía. Por tanto, la determinación de medidas de mitigación y/o remediación toman importancia de previo al desarrollo de estas obras y actividades.

OSD Consultoría Integral S.A. busca desarrollar en el presente reporte la evaluación preliminar para generar un plan de muestreo que atienda las amenazas asociadas a la contaminación ambiental de suelos, aguas subterráneas y superficiales, de manera que la evaluación ambiental integrada pueda ser llevada a cabo en todas las etapas del proyecto.



Figura 1. Vista general del sitio del proyecto



I.I. Ubicación del proyecto

OSD Consultoría Integral fue contratada por la Unidad Técnica de Supervisión y Control del Instituto Costarricense de Puertos del Pacífico, para la elaboración del estudio de investigación ambiental del suelo y subsuelo es identificar y cuantificar el alcance y la magnitud de la contaminación del suelo y de las aguas subterráneas y proponer métodos de remediación, en caso de considerarse necesarios por la identificación de afectaciones, incluyendo el presupuesto estimado para su implementación en una condición futura, ubicado en el distrito 02° San Juan Grande, Cantón 02° Esparza, en la provincia 06° Puntarenas, todo de acuerdo con las especificaciones indicadas en el pliego de condiciones de la Licitación Reducida N° 2023LD-000079-0019200001 “Estudios Ambientales de Suelo y Subsuelo de las zonas consideradas como prioritarias en el marco de la futura modernización de Puerto Caldera”.

El sitio en estudio se puede ubicar en el centroide de coordenadas 421558.670Este y 1096065.17 Norte, según la proyección geodésica CRTM05. Estas coordenadas se encuentran en la hoja cartográfica Barranca número 3245-I, escala 50000 del Instituto Geográfico Nacional.

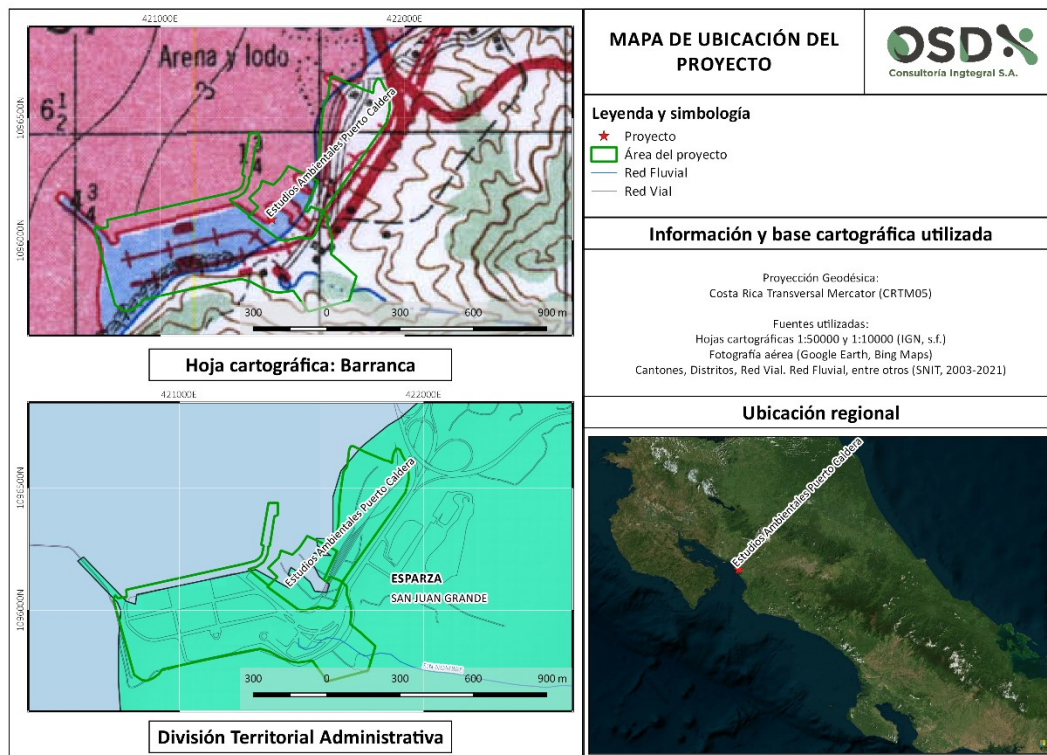


Figura 2. Ubicación del proyecto



I.II. Objetivos del trabajo

El objetivo general del estudio fue delimitar todas aquellas características perjudiciales que, desde un punto de vista de Evaluación Ambiental de Sitio (ESA), puedan comprometer de manera directa a los usuarios de las instalaciones del proyecto o de manera indirecta al espacio físico que circunda el área analizada. Al cuantificar y caracterizar los agentes externos existentes o potenciales desde el punto de vista de contaminación se podrá determinar la fragilidad del sitio, dando como punto de inicio un análisis local y regional de las condiciones existentes en el subsuelo, se podrán brindar recomendaciones para definir mediante una línea base.

I.II.I. Objetivo general del estudio geológico

Determinar las características perjudiciales que comprometan el espacio físico ambiental mediante un plan de muestreo de suelos, aguas subterráneas y aguas superficiales, en las instalaciones del Puerto Caldera, ante una futura modernización de las instalaciones identificadas y, con base a las zonas críticas previamente mencionadas.

I.II.II. Objetivos específicos

Los objetivos específicos son los pasos realizados con el objetivo de cumplir el objetivo general, estos son:

- Identificar a partir de una visita al sitio, las condiciones de críticas en cuanto a las REC evaluadas por el estudio de Fase I Ambiental
- Utilizar las directrices internacionales y las consultas a la normativa ambiental vigente para la definición y determinación de umbrales de detección para sitios contaminados o derrames.
- Preparar un plan de muestreo para cada una de las áreas críticas identificadas dentro de los sectores analizados definidos en el cartel de licitación.
- Esquematizar una planta los puntos de muestreo, referenciando estos al sistema de coordenadas nacionales
- Evaluar las condiciones de flujo subterráneo mediante un modelo hidrogeológico conceptual para la estimación de profundidades de muestreo de.
- Establecer puntos de comparativa con la normativa local vigente, que sirva de base para la verificación ambiental una vez los materiales muestreados sean analizados por ensayos de laboratorio.
- Determinar preliminarmente el grado de exposición ante agentes contaminantes de suelos y aguas subterráneas.



I.III. Metodología del trabajo

El trabajo realizado consistió en una visita de reconocimiento al sitio de interés. Mediante una investigación bibliográfica a detalle, se generó la interpretación del contexto geológico regional. A partir de la base de datos del SENARA y MINAE, se procede a obtener la mayor cantidad de registros de pozos representativos y con informe litológico e hidrogeológico, para la definición del modelo conceptual de vulnerabilidad de la zona respecto a la contaminación de acuíferos.

Se definió, a partir de un levantamiento de campo y vuelos con aeronaves no tripuladas la existencia de receptores sensibles y posibles fuentes de contaminación por químicos, hidrocarburos o aguas residuales no tratadas, así como la valoración de rutas de exposición al contaminante. La evaluación anterior siguió los pasos de la guía estándar ASTM E1689-95, para el modelo de sitios contaminados y fue contrapuesto en diversos tiempos históricos según lo discutido con el contratista en cuanto al uso previo de la zona, así como los registros de fotografías satelitales en tiempo pasado.

A partir de las zonas analizadas, se plantean diferentes estrategias de muestreo de suelos, siguiendo las normas ASTM D4700-91 y ASTM D4220-14, guías estándar para el muestreo y preservación de muestras de suelos y la norma ASTM D4448-01, guía estándar para el muestreo de agua subterránea en pozos de monitoreo, las cuales serán extraídas a partir de perforaciones puntuales y/o extracción mediante calicatas.

Se analizó toda la información recopilada tanto en la oficina como en el campo, determinando el plan de muestreo para la segunda fase del proyecto mediante un informe de resultados preliminares según lo esperado y la propuesta para brindar una línea base del análisis ambiental para una futura ampliación de Puerto Caldera.

I.III.I. Coordinación profesional

Con base a la información recopilada y generada, el gabinete de OSD Consultoría Integral procedió a ejecutar el informe de evaluación de sitio y el plan de muestreo correspondiente desde los distintos puntos de vista técnicos, que permitieron dar las recomendaciones asociadas con las obras proyectadas para el sitio.

La exploración fue autorizada y coordinada por parte del Ingeniero Juan José Granja, través de un comunicado verbal vía telefónica y correo electrónico. Se brindó un estudio de evaluación ambiental Fase I para identificar la primera investigación realizada en sitio.



I.III.II. Plan de actividades

Para cumplir los objetivos del plan de muestreo, se mencionan las actividades que se realizarán una vez el plan de muestreo sea validado.

Tabla 1. Actividades por realizar durante las diferentes etapas del proyecto

PRIMERA ETAPA	
ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
1. Revisión de información regional y local previa	<ul style="list-style-type: none"> Búsqueda de información geológica en fuentes bibliográficas. Revisión de la base de datos de pozos y manantiales del SENARA. Elaboración de un modelo hidrogeológico preliminar a partir de fuentes bibliográficas. Revisión de usos históricos. Revisión previa de actividades vecinas en los sitios. Revisión previas de receptores sensibles. Selección de los sitios de perforación.
2. Visita al sitio y levantamiento de información de campo	<ul style="list-style-type: none"> Revisión en campo de los usos de suelo y actividades vecinas. Levantamiento en campos de receptores sensibles en los alrededores. Georreferenciación de puntos. Levantamiento fotográfico de las instalaciones, alrededores y receptores sensibles identificados.
3. Evaluación del sitio del proyecto	Se resumirán las características de la Actividad 1 y la Actividad 2 de la Primera Etapa donde se incluyan los sitios identificados como posibles focos de contaminación.
4. Entrega del plan de muestreo y validación de la propuesta	Se entregará el informe de evaluación del sitio y la propuesta del plan de trabajo según los alcances acordados. La profundidad de los puntos podrá variar según la detección de los niveles de agua o bien, el alcance propuesto para cada zona de muestreo
SEGUNDA ETAPA	
ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
1. Definición de las características físicas del sitio	<ul style="list-style-type: none"> Resumen de las características hidrológicas, hidrogeológicas y geológicas. Modelo hidrogeológico incorporando resultados de las perforaciones Modelo hidrológico de flujo para los cuerpos de agua superficial que crucen el área del proyecto
2. Perforaciones y tomas de muestras de suelo y aguas	<p>Se describe por Zona la investigación planteada. La duración de los sondeos se encuentra sometida a los resultados que vayan arrojando lo</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ ZONA I (Área de Desarrollo Portuario MOPT) <ul style="list-style-type: none"> ➤ Tres (3) perforaciones mediante el método de rotación con broca diamantina de 5,0 m estimados según el modelo hidrogeológico preliminar ➤ Dos (2) pruebas de infiltración mediante el método de agujero barrenado ➤ Toma de muestras de suelos a partir del método de extracción por calicata. ❖ ZONA II (Área de Guarda Costa) <ul style="list-style-type: none"> ➤ Tres (3) perforaciones mediante el método de rotación con broca diamantina de 5,0 m estimados según el modelo hidrogeológico preliminar ➤ Dos (2) pruebas de infiltración mediante el método de agujero barrenado ➤ Toma de muestras de suelos a partir del método de extracción por calicata.



SEGUNDA ETAPA	
ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
2. Perforaciones y tomas de muestras de suelo y aguas	<ul style="list-style-type: none"> ❖ ZONA III (Área de Puerto Caldera) <ul style="list-style-type: none"> ➤ Tres (3) perforaciones mediante el método de rotación con broca diamantina de 10,0 m estimados según el modelo hidrogeológico preliminar ➤ Tres (3) perforaciones mediante el método de rotación con broca diamantina de 5,0 m estimados según el modelo hidrogeológico preliminar. ➤ Dos (2) perforaciones (opcionales según los resultados detectados en los sondeos anteriores) mediante el método de rotación con broca diamantina de 5,0 m para determinar puntos de control. ➤ Dos (2) pruebas de infiltración mediante el método de agujero barrenado ❖ Toma de dos muestras de suelo por perforación como mínimo. La primera muestra se tomará a criterio del geólogo de campo, priorizando muestrear un estrato de suelo que brinde indicios de tener hidrocarburos. La segunda muestra se tomará en el punto más profundo de la perforación. ❖ La toma de las muestras de suelo se realizará con recuperación de núcleos siguiendo el estándar ASTM D4700-91 para muestreo de suelos. ❖ Por zona se instalarán tres (3) piezómetros de monitoreo en 2 pulgadas PVC SDR 26, con geotextil y sello de bentonita en caso de ser necesario. Para las zonas transitadas o de alta demanda de carga se utilizará una tapa de seguridad tipo manhole y sello de concreto. Para las zonas no transitadas, se contemplará la colocación del pozo piezométrico con una tapa sanitaria de sello y expuesto de manera superficial. <ul style="list-style-type: none"> ➤ Las perforaciones que no posean instalación de piezómetros se sellarán con concreto una vez sea terminado el muestreo.
3. Custodia y análisis de las muestras en laboratorio	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Las muestras de agua y suelo se custodiarán según el estándar ASTM D4220-14 para custodia y transporte de muestras de suelo. <ul style="list-style-type: none"> ➤ Las muestras se mantendrán refrigeradas a no más de 4º C. ➤ Se anotará toda la información de las muestras en una hoja de custodia: código, fecha, hora, coordenada, profundidad y análisis requerido. La hoja de custodia será entregada al laboratorio junto con las muestras. ➤ Las muestras de suelo y agua serán analizadas para determinar la concentración de metales pesados, BTEX y otros COVs, PAHs, otros SVOCs, y fraccionamiento de hidrocarburos en fracciones aromáticas y alifáticas según corresponda al tipo de fuente potencial de contaminación. ➤ Los análisis serán realizados por un laboratorio que cuenta con certificación de ECA para el análisis de HTP.
4. Elaboración del informe de diagnóstico ambiental	<p>Se elaborará un informe diagnóstico para la estación de servicio que incluirá lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Descripción del sitio y sus emplazamientos ❖ Modelo Geológico e Hidrogeológico del Sitio ❖ Modelo conceptual del sitio según los lineamientos del estándar ASTM E1689-95. ❖ Análisis de riesgo preliminar del sitio. ❖ Caracterización de la amenaza. ❖ Recomendaciones ❖ Se determinará si es necesario realizar mayor investigación para poder caracterizar los derrames con base en el Decreto 37757-S. ❖ Se determinará la necesidad de realizar planes de monitoreo o remediación de acuerdo con lo que se establece en el Decreto 37757-S.



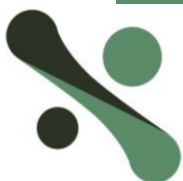
TERCERA ETAPA	
ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
1. Elaboración del modelo conceptual del sitio	<p>Modelo conceptual del sitio según los lineamientos del estándar ASTM E1689-95.</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Análisis de la información actual e histórica disponible. ❖ Fuentes contaminantes. ❖ Descripción de la amenaza. ❖ Receptores sensibles cercanos al sitio. ❖ Inclusión de los receptores sensibles identificados y posibles rutas de acceso de los hidrocarburos hacia ellos.
2. Propuesta Técnica y Financiera para futuras investigaciones y/o remediaciones (OPCIONAL)	<p>Actividad futura opcional en función de los resultados de todas las Etapas anteriores</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Propuesta técnica y financiera para el desarrollo de un plan de investigación integrador ❖ Comparación de los resultados analíticos basadas en los umbrales permisibles ❖ Definición de necesidades y estrategia de limpieza del sitio ❖ Definición de protocolos de monitoreo de sitio ❖ Estimación preliminar de futuras actividades de supervisión ❖ Elaboración de estudio de factibilidad correctiva

I.III.III. Equipo de trabajo

El equipo de trabajo de OSD Consultoría Integral S.A se encuentra conformado por profesionales y técnicos que cumplen funciones multidisciplinarias. Dentro de las formaciones profesionales se menciona la existencia de Ingenieros Químicos, Industriales, Civiles y Ambientales, Gestores, Químicos y Geólogos, así como personal de campo capacitado para la elaboración de investigación en sitios de suelos contaminados y para la exploración del subsuelo.

Tabla 2. Descripción de labores y encargados de las funciones del equipo consultor.

ENCARGADO	DESCRIPCIÓN DE LABORES
Ing. Santiago Ureña Altamirano OSD Consultoría Integral CIQPA-2219	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Supervisión general del proyecto para garantizar estándares de alta calidad. ❖ Levantamiento de campo de receptores sensibles. ❖ Elaboración de entregables. ❖ Revisión de entregables.
Ing. Erick Brenes Rodríguez TecnoSolum Consultores Geotécnicos IC-23183	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Coordinación y supervisión de perforaciones ❖ Muestreo de suelos e interpretación de resultados de pruebas de permeabilidad ❖ Validación de logística de perforación
Ing. Alexandra Saurez OSD Consultoría Integral CIA-838368	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Investigación de antecedentes históricos y actuales del sitio ❖ Personal de apoyo de campo y de oficina para la Primera y Segunda Etapa ❖ Muestreo de suelos y aguas subterráneas para análisis TPH.
Ing. Geól. Fabio Chavarría Castillo OSD Consultoría Integral TecnoSolum Consultores Geotécnicos CGCR-456 / IC-37515	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Supervisión geológica de campo. ❖ Supervisión y descripción de las perforaciones. ❖ Supervisión de Muestreo de suelos y aguas subterráneas. ❖ Diseño y Supervisión del armado de los piezómetros. ❖ Muestreo de suelos y aguas subterráneas para análisis TPH. ❖ Elaboración de entregables.
Ing. Karol Flores Barrientos OSD Consultoría Integral	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Coordinadora del proyecto ❖ Definición de estrategia de trabajo. ❖ Elaboración de entregables.
Ing. Steven Cortés Mena OSD Consultoría Integral	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Investigación de los usos de suelos Vecinos. ❖ Muestreo de suelos y aguas subterráneas para análisis TPH. ❖ Notificaciones ante el Ministerio de Salud



II. EVALUACIÓN DEL SITIO DEL PROYECTO

II.1. Evaluación ambiental regional del proyecto

No se cuenta con un estudio hidrogeológico a detalle en la zona ni con registros de pozos o captaciones de aguas superficiales, no obstante, se utilizaron 12 registros de pozos obtenidos de la base de datos del SENARA (Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento), para lo cual se procede a utilizar sus datos de conductividad, espesor y transmisividad, en conjunto con las propiedades determinadas en el estudio de suelos realizado para el Proyecto “PARQUEO DE ENTURNAMIENTO DE CAMIONES EN CALDERA” (IIG Consultores, 2022) obtenido en la base de datos de SETENA.

II.1.1. Modelo hidrogeológico local

La figura contigua determina el flujo estimado de las aguas subterráneas:

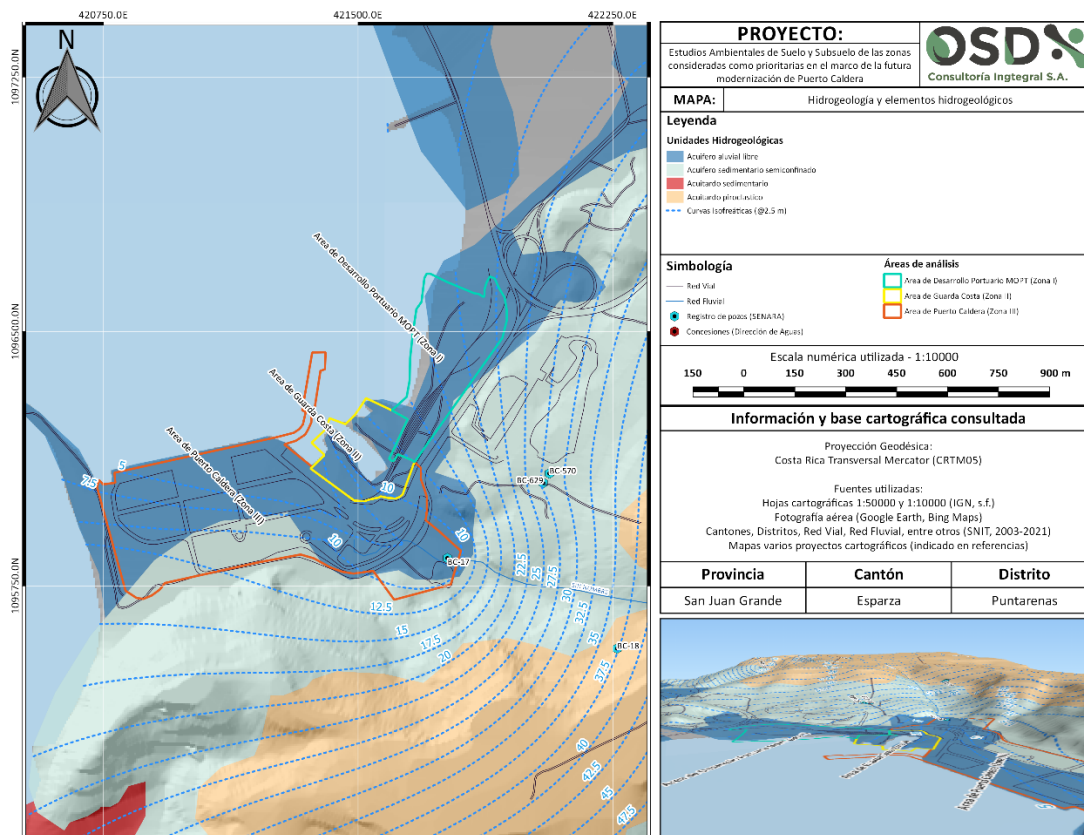


Figura 3. Modelo hidrogeológico preliminar del sitio del proyecto



La determinación de unidades hidrogeológicas locales se puede observar en el mapa hidrogeológico, que muestra las captaciones, pozos o nacientes en el área circundante y con ello, el posible flujo de aguas subterráneas según las curvas isofreáticas obtenidas a partir de los niveles freáticos reportados, las cuales fueron interpoladas a partir del modelo geoestadístico de Krigging.

Tabla 3. Datos de captaciones y pozos alrededor del área del proyecto.

ID Pozo	Coordenada X (CRTM05)	Coordenada Y (CRTM05)	Nivel freático (m.s.n.m)	Propietario	Litología
BC-123	419966.1	1099283.34	-0.59	BANUT CORPORATION	NO
BC-13	424164.94	1098129.4	7.705	BENIGNO VENEGAS	NO
BC-14	424216.56	1097729.36	7.448	INCOP	NO
BC-15	424464.45	1097629.12	9.528	FERROCARRIL	NO
BC-16	424964.44	1097628.65	9.576	HERNAN VARGAS	NO
BC-165	419167.76	1101034.07	7.9	I.C.T.	NO
BC-17	421762.83	1095831.71	6.818	SANTIAGO MORA MATA	NO
BC-177	420561.22	1094082.87	91.905	MARIA ANTONIA NUÑEZ	SI
BC-179	425616.23	1099527.99	182.434	LUIS ALPIZAR ALPIZAR	SI
BC-18	422262.57	1095565.25	96.25	ERNESTO CONEJO DELGADO	NO
BC-270	422530.19	1093031.06	72	FRANK ALCAMO	SI
BC-284	423413.21	1096280.15	89.585	RODRIGO RODRIGUEZ	NO
BC-291	420976.56	1099782.38	63.57	LA ROCA CLUB CAMPESTRE	SI
BC-311	421066.32	1099532.29	-0.468	LUIS R. BADILLA CHAVARRIA	SI
BC-319	420916.7	1099932.43	27.665	LA ROCA COUNTRY CLUB	SI
BC-329	420716.75	1099982.62	19.5	MARIA SOLANO ALVARADO	NO
BC-373	426166.16	1099477.46	195.33299	CARLOS PANIAGUA OBANDO	SI
BC-374	425795.98	1099277.82	205.205	ALVARO ALPIZAR AGUILAR	SI
BC-377	424063.99	1097129.52	3.59	CARLOS MIRANDA JIMENEZ	SI
BC-382	420441.03	1099207.89	32.857	JEAN-CLAUDE MULLER	SI
BC-406	422165.88	1099081.26	124.722	INMOB. MATA DE LIMON S.A.	SI
BC-412	423163.17	1096230.39	66	AGRICOLA DOS C.S.A.	SI
BC-433	419787.47	1100733.49	-2	PLAYA LINDA S.A.	SI
BC-444	420666.85	1100082.66	10.265	CIA. INV. JIMENEZ DEL NORTE S.A.	SI
BC-450	423112.75	1095780.45	144	PABLO ANDRES CALVO CABEZAS	SI
BC-456	424263.89	1097029.33	25.478	AyA	SI
BC-461	420866.3	1099507.48	49.704	MURISANDI S.A.	SI
BC-544	422010.72	1093581.53	83	ICO DE ESPARZA 91 S.A	NO
BC-545	422010.72	1093581.53	83	ICO DE ESPARZA 97	NO
BC-547	421960.95	1093831.57	115.692	ICO 91 DE ESPARZA	NO
BC-563	425666.11	1099402.94	183.43201	DOMINIQUE GUILLEN FEMENIAS	SI
BC-570	422063.06	1096081.42	36.901	TRANSITARIA S.A.	SI
BC-629	422045.03	1096053.44	28	MARCO A. CAMPOS RODRIGUEZ	SI
BC-637	420606.28	1099476.73	17.484	RUTH RODRIGUEZ CARRILLO	SI
BC-640	420568.95	1099133.77	59.625	CESAR A. JARAMILLO GALLEGOS	SI
BC-645	425770.47	1099785.83	183.478	AUTOS OVAL S.A.	SI
BC-653	425442.12	1099414.15	153.537	LUIS ELBERTH FALLAS HIDALGO	SI
BC-663	425945.55	1099882.66	195.392	DANILO CASTRILLO VENEGAS	SI
BC-674	425897.68	1100011.71	177.88699	CAMPOS DE MONTES DE ORO C&S S.A.	SI
BC-708	425807.87	1100207.79	172	NINFA CASTRILLO VENEGAS	SI
BC-1019	426471.39	1099723.17	102.43801	La Torre Herradura Apartamento Cinco A	SI
BC-940	422270.24	1093073.31	-10.906	Grupo Junamaleblac SRL	SI
INV-124	423895.75	1101089.59	90.987	ICAA	NO
BC-964	422315.18	1093013.27	51.735	Grupo Junamaleblac, S.a.	SI



II.II. Evaluación ambiental local del proyecto

El presente apartado busca justificar los puntos de tomas de muestras de suelos y aguas según las observaciones de campo. La información recopilada para desarrollar este apartado se obtuvo a través de un reconocimiento visual in situ de la zona de estudio; lo que permitió tener una idea más clara del contexto del proyecto.

Como punto de partida, es importante indicar que ninguna de las tres zonas de estudio, se ubican en áreas con restricción ambiental como áreas naturales protegidas o zonas de reserva.

II.II.I. Zona I (Área de Desarrollo Portuario MOPT)

Para el componente físico biótico en la Zona 1; la mayor parte del sector, se enmarca dentro de una servidumbre de paso de la antigua línea férrea que pertenece al INCOFER y que aún conserva su derecho de vía; además comprende un espacio en el que se ubican instalaciones del tren en condición de abandono, en la cual se conservan estacionados varias unidades de vagones oxidados; plataformas para el transporte de mercancías, un antiguo tanque de abastecimiento de combustible; además de una larga extensión de terreno directamente ocupada por los rieles de acero, en una franja de aproximadamente 616 metros lineales.



Figura 4. Instalaciones del INCOFER en desuso; actualmente administradas por el Ministerio de Obras Públicas y Transporte (MOPT)



En esta zona del proyecto se mantienen acopiadas grandes estructuras de acero en proceso de corrosión; las estructuras presentes no reciben ningún tipo de mantenimiento por lo que se desconoce si presentan afectación por inundación en presencia de lluvias.

También se debe indicar la alta presencia de residuos sólidos y líquidos que habría que caracterizar e inventariar para poder brindar información sobre su peligrosidad o riesgo de contaminación al sitio.

El suelo superficial de las inmediaciones está compuesto por una combinación de tierra, arenas, lastre y pequeños parches de zacate; es posible observar líneas de árboles en algunas secciones y cerca de la zona marítimo terrestre, con baja cobertura del dosel vegetal tipo matorral.



Figura 5. Ocupación de antiguos rieles y vagones de la vía férrea perteneciente al INCOFER y administrada por el MOPT.

A pesar de que se identificó el tanque de almacenamiento de combustible, no se determinó la presencia de derrames de hidrocarburos que estuvieran generando la contaminación de suelos.

La Zona I, además colinda con las instalaciones del Paseo Marítimo Caldera que forma parte del área reservada para el desarrollo portuario que administra el MOPT. Fue posible identificar un sistema de tratamiento de aguas residuales para los módulos de servicios públicos (servicios sanitarios y duchas) que permanecen en operación para las instalaciones del Paseo Marítimo.



Durante la visita de reconocimiento, no se obtuvo evidencia de afectación a la zona verde o el cauce de agua más cercano, por el vertimiento de aguas residuales; tampoco se lograron reconocer olores invasivos provenientes del sistema de tratamiento.



Figura 6. Sistema de tratamiento de Aguas Residuales del Paseo Marítimo de Caldera.

Con respecto a los manejos de agua ubicados en el camino de acceso, se observaron alcantarillas obstruidas (al menos dos) principalmente por masa vegetal, rocas, arena y basura; que generan un taponamiento afectando el flujo normal de la escorrentía superficial. Fue posible identificar estancamientos de agua y malos olores por el proceso de oxidación de la masa vegetal atorada.

También se observó una pequeña quebrada o yurro intermitente, con un disminuido caudal, pero sin corriente, afectado por la obstrucción de su cauce aguas arriba con troncos y ramas. La coloración del agua en este yurro es propia del proceso de oxidación al no existir una circulación de esta, pero sin acotación de olores fuertes o intensos de sustancias químicas u otros contaminantes.





Figura 7. Alcantarilla para el manejo de aguas en el camino de acceso; obstruida por material vegetal y basura



Figura 8. Yurro de agua sin corriente afectada por la obstrucción de su cauce con materia vegetal y rocas

En esta zona, no se observaron actividades de ningún tipo, ni operaciones del INCOP.



II.II.II. Zona II (Área de Guarda Costa)

A partir de la información obtenida durante la visita de campo, desde el punto de vista físico-biótico en la zona de estudio denominada como Zona II, no fue posible ubicar cuerpos de agua, áreas naturales protegidas o zonas de reserva, patrimonios culturales e históricos o sitios vulnerables.

La mayor parte de este lugar está destinado a las actividades de la Fuerza Pública de Guardacostas, quien administra un pequeño muelle o embarcadero para las actividades de pesquisas de lanchas narcotraficantes.

Al tratarse de un atracadero, se realizó un recorrido por la sección de las rocas del cordón de playa para tratar de identificar sustancias oleaginosas en la arena o las piedras, que podrían generarse por el uso de las lanchas en ese sector. Sin embargo, no se observaron pozos de combustible y olores relacionados a estas sustancias.

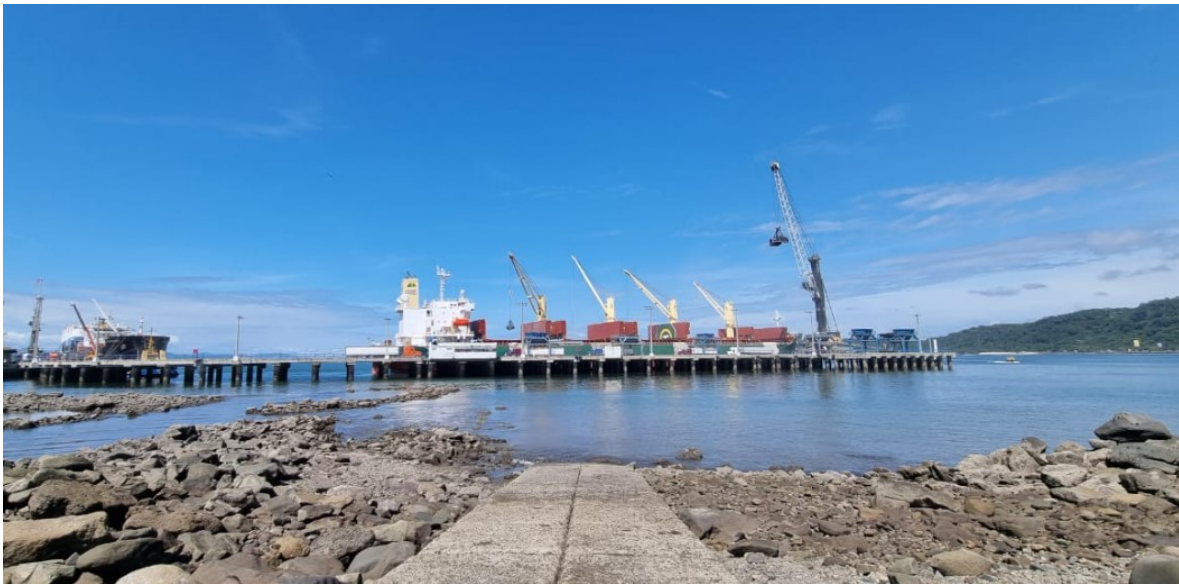


Figura 9. Muelle atracadero utilizado por los oficiales de la guardia costera.

En este sitio, también se localiza una infraestructura utilizada como taller mecánico de reparación y mantenimiento de los vehículos oficiales de la fuerza pública (lanchas y patrullas terrestres).



Por la naturaleza de las actividades que se realizan en este tipo de talleres, es posible encontrar residuos contaminantes, sustancias químicas peligrosas y otros elementos que podrían afectar el suelo y las aguas de escurrimiento que se vierten en el mar.



Figura 10. Panorámica de las instalaciones internas del taller de Guardacostas.



Figura 11. Parte externa del taller, manejo de agua y losa de mantenimiento.



Se observaron espacios utilizados para el stock de lanchas requisadas en desuso y también se ubican secciones donde se acopian desechos de partes de estos botes. Dado que algunos de los botes se encuentran en condiciones de avería, podría ser posible que se presenten fugas de combustible o de aceites del motor, también corrosión de partes y de la pintura por estar a la intemperie, generando una contaminación de la superficie.



Figura 12. Camino de acceso al atracadero utilizado por los Guardacostas; al fondo botadero de botes en desuso y stock de lanchas capturadas.



Figura 13. Sección del playón donde se colocan partes de bote en desuso.

La vegetación es propia de zona costera; es posible observar árboles en la zona marítimo terrestre; el suelo se encuentra en algunas zonas erosionado por las mareas.



Se identifica adicionalmente la presencia de una zona de acopio y almacenamiento de químicos y debido al desconocimiento de lo que se mantiene en el área, las buenas prácticas no pueden ser corroboradas de manera superficial. Asimismo, dentro de los riesgos identificados preliminarmente existe la posibilidad que el centro de acopio se vea comprometido por la socavación del muelle en cercanía por efectos pluvio-mareales.



Figura 14. Final del camino en la cercanía del atracadero y desemboque de la quebrada.



Figura 15. Centro de acopio en la cercanía de las instalaciones de los guardacostas.



II.II.III. Zona III (Área de Puerto Caldera)

El área de Puerto Caldera incluye la zona de desembarco de materia prima, carros y otros productos que utilizan el muelle como punto de conexión para el transporte marítimo. Asimismo, se identifican dentro de esta las instalaciones del INCOP y sectores sin uso y de cobertura de pastizal ligero con topografía quebrada frente a la malla ciclón.

Corresponde al área que mayor uso posee y que diariamente alberga maquinaria, químicos y combustibles de diversos tipos. Históricamente, según lo discutido e investigado, ha presentado indicios de contaminación ambiental por derrames accidentales de materiales poco persistentes en el subsuelo.

Se identifican diversas zonas donde se concentra el desembarco de vehículos. Debido a la ubicación en cercanía del muelle, el sector noroeste corresponde a un punto que, si bien es cierto, no identifica registros de hidrocarburos en ninguna de sus fases de manera superficial, podría haberse infiltrado en el material de relleno que se utilizó para nivelar Puerto Caldera. Asimismo, este material de espesor es desconocido a la fecha, por lo que se deberá verificar el mismo mediante sondeos profundos que permitan la detección del nivel freático.



Figura 16. Disposición de vehículos en cercanía al desembarcadero.



Dentro del área del proyecto, se identifica la presencia de una estación de combustible que dispone a los vehículos que operan en la zona a partir de un tanque aéreo debidamente resguardado. Debido a que la fuga de este podría generarse en el punto donde se expende combustible, la losa de concreto actúa como un aislante que permita la verificación de agentes perjudiciales en la superficie.



Figura 17. Tanque aéreo de autoconsumo de combustible.

Asimismo, en la cercanía del punto anteriormente descrito, se identifica una planta de tratamiento de aguas residuales en funcionamiento. No se identifican fugas ni malos olores.



Figura 18. Planta de tratamiento de aguas residuales.



Se identifica un taller de 2300 m² en la zona cercana a la planta de tratamiento y, adicionalmente, se detecta la presencia de una bodega de almacenamiento de químicos. Ante la posible amenaza, el tipo de contaminante se fugará al subsuelo y viajará de manera subsuperficial si no existe ningún tipo de confinamiento. No obstante, para la fecha de la visita, no se identificó ningún agente perjudicial que pudiera implicar un daño ambiental o de liberación de hidrocarburos desde las fuentes emisoras (camiones, zonas de mantenimiento, entre otros).



Figura 19. Taller de mantenimiento de equipo de montacarga.

Los posibles contaminantes en la zona se generalizan mediante la evaluación y detección de Hidrocarburos Totales de Petróleo. Los TPH son una mezcla de productos químicos compuestos principalmente de hidrógeno y carbono, llamados hidrocarburos. Los científicos han dividido a los TPH en grupos de hidrocarburos de petróleo que se comportan en forma similar en el suelo o el agua. Estos grupos se llaman fracciones de hidrocarburos de petróleo. Cada fracción contiene muchos productos químicos individuales.

Algunas sustancias químicas que pueden encontrarse en los TPH incluyen a hexano, combustibles de aviones de reacción, aceites minerales, benceno, tolueno, xilenos, naftalina, y fluoreno, como también otros productos de petróleo y componentes de gasolina. Sin embargo, es probable que muestras de TPH contengan solamente algunas, o una mezcla de estas sustancias químicas



A raíz de eventos históricos, se evaluó el sector colindante entre la Zona II y la Zona III, donde por efectos de deposición de sedimentos costeros podrían transportarse los restos de contaminación de embarcaciones pasadas que hayan incumplido con Códigos de Buenas Prácticas Ambientales o bien, se haya transportado desde el continente hasta la línea de costa.



Figura 20. Final del camino en la cercanía del atracadero y desemboque de la quebrada.

Según lo discutido, en el año 2022 se atendió un derrame de ácido nítrico en un contenedor de 16.000 L del navío. La noticia reportada indica que a raíz de la difícil coordinación institucional el Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica atendió la emergencia hasta tres (3) días después de que sucedió el derrame. No obstante, debido a la baja persistencia del químico, el mismo no se encuentra evidenciado mediante las observaciones de campo.



Dentro del área investigada en la Zona III, aún siendo la que posee mayor uso, son detectados sectores que pueden ser usados como punto de control ante una eventual detección de sustancias perjudiciales en los puntos de muestreo propuestos. Los puntos de control son definidos como tal en base a la exposición de sus usuarios ante efectos negativos, la frecuencia y clasificación del tipo de exposición.



Figura 21. Zona de control ambiental: áreas verdes en la cercanía de las instalaciones del INCOP.



Figura 22. Zona de control ambiental: lindero suroeste de la Zona III sin disposición de materia prima



III. PROPUESTA DEL PLAN DE MUESTREO

La propuesta del plan de muestreo para el presente proyecto seguirá, según la detección de resultados de campo, el planteamiento del Apartado I.III.II la Tabla 1, Segunda Etapa, Actividad 2 y 3.

III.I. Metodología de muestreo de suelos

III.I.I. Perforación a rotación con punta de broca de diamante

Previo a la entrada del equipo de muestreo, se determinó el acceso al sitio y la disponibilidad del agua para la operación de perforación. Se debe inspeccionar alrededor del sitio de la perforación para ver si hay obstrucciones o peligros aéreos, tales como líneas eléctricas, antes de izar el mástil. También se requiere una inspección de redes subterráneas y demás servicios públicos antes de la perforación, para evaluar peligros asociados al daño de la infraestructura.

Se ejecutarán un total de doce (12) perforaciones, de las cuales todas se completarán hasta su tramo final de avance mediante el sistema de perforación a rotación con broca de punta de diamante (ASTM D-2113) en diámetro NQ. Las muestras recuperadas mediante esta metodología serán extraídas y analizadas en el laboratorio para analizar químicamente las propiedades referentes a la fracción de su carga contaminante. Las perforaciones serán avanzadas hasta alcanzar profundidades de 5,0 m según la profundidad estimada del nivel freático en la región a partir de los registros de perforaciones exploratorias o de aprovechamiento de aguas subterráneas.

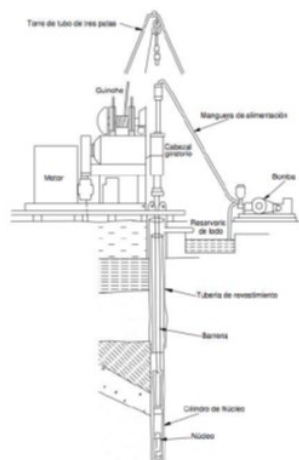


Figura 23. Esquema de la prueba de perforación a rotación con broca de diamante (ASTM D-2113)



En caso de que cuando avance el sondeo hasta una profundidad de 10,0 m no se identifique la presencia de nivel freático y se recupere de manera superficial la presencia de fragmentos de roca in situ, se tratará, mediante las curvas isofreáticas, las propiedades de conductividad hidráulica de los suelos o rocas y el análisis de tránsito de contaminantes en el medio poroso, de determinar la profundidad a la cual la carga contaminante de los químicos almacenados en las áreas de análisis (Zona I, Zona II y Zona III) dejará de persistir sin que afecte el acuífero.

Se comienza la perforación empleando un toma-muestras de tubo doble giratorio de tamaño N u otro tipo aprobado para esta licitación. Se continúa la perforación de los núcleos hasta que ocurra un bloqueo de estos o hasta que la longitud neta del toma-muestras haya sido perforada. Se remueve el toma-muestras del hueco y se desarma si fuere necesario, para extraer el núcleo. Se vuelve a armar y se retorna el toma-muestras al hueco. Se reinicia la toma de los núcleos.

Se coloca el núcleo recobrado en la caja de núcleos con el extremo superior (superficie) del núcleo, en la esquina izquierda de la caja y se continúa el almacenamiento de núcleos con marcadores y espaciadores apropiados. Se deben emplear bloques espaciadores debidamente marcados, para indicar cualquier vacío notorio en un núcleo recobrado que puede indicar un cambio o un vacío en la formación. Se colocan las piezas y fragmentos en la misma forma como se presentan en la naturaleza.

A partir del encamisado de los agujeros perforados, se plantea la instalación de piezómetros exploratorios para el monitoreo y la recuperación de muestras de aguas que posean parámetros evaluables en el laboratorio. El armado del piezómetro, además, estará contemplado para su utilización a *posteriori* para la remediación de aguas y suelos contaminados, en caso de que los resultados de laboratorio en contraposición a los rangos establecidos por el Decreto N°33903-MINAE-S y/o el Decreto N°37757-S determinen carga contaminante móvil dentro del subsuelo explorado o parámetros insatisfactorios desde un punto de vista de salubridad. El piezómetro será armado con base a la caracterización estratigráfica.



III.I.II. Recuperación de muestra mediante una excavación al aire libre (Calicata)

Para la investigación de propiedades de conductividad o parámetros hidrogeológicos, se realizará la excavación manual de cinco (5) calicatas de 2,0x2,0 m aproximadamente de dimensión, para la determinación de la estratigrafía visual del subsuelo y la extracción de muestras inalteradas, así como para la elaboración de gavetas en las cuales se ejecutarán pruebas de permeabilidad de manera superficial para evaluar, numéricamente el potencial riesgo a la contaminación a partir de la evaluación de la vulnerabilidad acuífera y la amenaza contaminante en función de su movilización hasta el subsuelo.

Se determinará la clasificación general de suelos SUCS mediante un análisis por tamizado (análisis granulométrico) y límites de consistencia, en casos de poseer, por al menos una muestra por punto de investigación (9 clasificaciones de suelos), así como la determinación de porosidad y velocidad y tasa de infiltración.

III.II. Metodología de muestreo de aguas

Dentro de los piezómetros instalados, se realizará una purga de 24 horas previo a la toma de muestras de aguas, ambas fases mediante la limpieza a través de tubos desechables bailer. Los muestreadores desechables o bailers en polietileno, PVC o teflón son dispositivos sencillos y poco costosos que permiten realizar muestreos en pozos (aguas subterráneas) o depósitos.

Debido a que el diámetro del piezómetro permite incorporar las dimensiones comerciales de los tubos desechables, se utilizará este método en función de la recuperación referente al nivel estático de la zona.

Asimismo, debido a que el muestreo se establece entre 2,0 m y 5,0 m como máximo, se permitirá la acción del sistema de vaciado lento para muestreo de COV's (compuestos orgánicos volátiles) y otras pruebas según el análisis químico que más coincida con la evaluación de las sustancias perjudiciales en sitio.

Para las perforaciones de más de 5,0 m se contemplará la extracción de agua de manera profunda a partir de una bomba peristáltica.



III.III. Metodología para obtener parámetros de conductividad hidráulica

Se realizarán seis (6) pruebas de infiltración en el terreno. La ejecución de estos ensayos se realizó según el procedimiento que establece el Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones (CFIA, 2017), en el artículo 10.2-7. En el presente apartado se presenta el resultado del estudio de infiltración realizado. La ubicación de las pruebas se detalla en la figura #IV.II. El objetivo de estas pruebas es determinar la aceptabilidad del sitio, las características de absorción del terreno, así como la estratigrafía probable del mismo. En adelante se presenta, de acuerdo con varias referencias y a lo planteado en el Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones del CFIA, el procedimiento utilizado para la realización de la prueba de infiltración. Para el tipo de agujero realizado, primero se hizo una “trinchera” y luego se realizó el agujero para la prueba. La trinchera se excavó de 0,80 metros de lado. (esta excavación tiene una profundidad de aproximadamente 0,40 metros).

Se perforó el agujero de prueba de 0,30 metros de diámetro, con una profundidad adicional de 0,40 metros, de forma tal que el fondo de este segundo agujero llegara al menos 0,80 metros de profundidad en total. Seguidamente se agrega una capa de grava fina para proteger el fondo de sedimentaciones, luego se procede a saturar el suelo por 24 horas .

Para la medición de la tasa de filtración, desde un punto de referencia fijo, se midió el nivel de agua a intervalos de 0 a 30 minutos durante un período de 4,0 horas. Con los datos de campo obtenidos, se obtiene la tasa mínima de infiltración y a partir de esta se calcula la velocidad de infiltración, dato que debe utilizarse en el diseño de las obras que se pretende construir en el sitio.

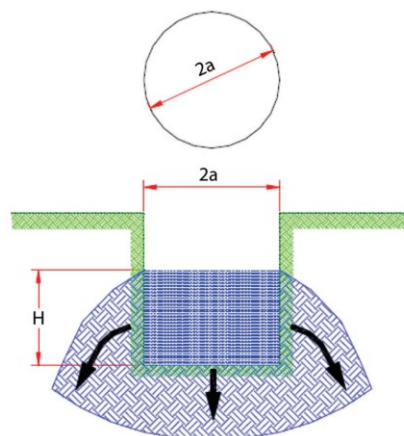


Figura 24. Infiltrómetro de cilindro excavado y distribución del horizonte de infiltración



PROYECTO:
Estudios Ambientales de Suelo y Subsuelo de las zonas consideradas como prioritarias en el marco de la futura modernización de Puerto Caldera

OSD
Consultoría Integral S.A.

MAPA: Plan de muestreo de suelos y aguas subterráneas

Leyenda
Tipos de pruebas
 ■ Calicata
 ▼ Perforación
 ● Permeabilidad

Simbología
 — Red Fluvial
 — Red Vial

Área de estudio
 ■ Área de Desarrollo Portuario MOPT (Zona I)
 ■ Área de Guardia Costa (Zona II)
 ■ Área de Puerto Caldera (Zona III)

Escala numérica utilizada - 1:700
 150 0 150 300 450 600 m

Información y base cartográfica consultada
 Proyección Geodésica:
 Costa Rica Transversal Mercator (CRTM05)
 Fuentes utilizadas:
 Hojas cartográficas 1:50000 y 1:10000 (IGN, s.f.)
 Fotografía aérea (Google Earth, Bing Maps)
 Cantones, Distritos, Red Vial, Red Fluvial, entre otros (SNIT, 2003-2021)
 Mapas varios proyectos cartográficos (indicado en referencias)

Provincia	Cantón	Distrito
Cartago	Cartago	Occidental

La tabla XX muestra la ubicación geográfica de las pruebas, el tipo de sondeo y la profundidad a investigar estimada según la revisión preliminar y la visita al sitio. Se debe aclarar que los puntos de perforación Z3-P7 y Z3-P8 actuarán como puntos blancos, es decir, registros donde se espera y se verifica que no hay fuentes de contaminación. Lo anterior, con la intención de delimitar mediante métodos geoestadísticos las zonas contaminadas en caso de identificarse durante la investigación en el subsuelo.

Tabla 4. Datos de captaciones y pozos alrededor del área del proyecto.

ID Prueba	Coordenada X (CRTM05)	Coordenada Y (CRTM05)	Zona	Profundidad por investigar	Tipo de prueba
Z1-P1	421898.4	1096648	Zona I	5,0 m	Perforación
Z1-P2	421846.9	1096472	Zona I	5,0 m	Perforación
Z1-P3	421796.6	1096341	Zona I	5,0 m	Perforación
Z2-P3	421386.5	1096094	Zona II	5,0 m	Perforación
Z2-P1	421593.1	1096150	Zona II	5,0 m	Perforación
Z2-P2	421569.2	1096077	Zona II	5,0 m	Perforación
Z3-P1	420766.1	1096012	Zona III	5,0 m	Perforación
Z3-P2	421146.8	1095917	Zona III	10,0 m	Perforación
Z3-P3	421218.1	1095939	Zona III	10,0 m	Perforación
Z3-P4	421326.7	1095965	Zona III	10,0 m	Perforación
Z3-P5	421292.2	1096132	Zona III	5,0 m	Perforación
Z3-P7	420849.9	1095728	Zona III	5,0 m	Perforación
Z3-P6	420988.7	1096018	Zona III	5,0 m	Perforación
Z3-P8	421487.2	1095827	Zona III	5,0 m	Perforación
Z3-I1	421483	1095847	Zona III	0,8 m	Permeabilidad
Z3-I2	420864.4	1095747	Zona III	0,8 m	Permeabilidad
Z2-I1	421567.1	1096171	Zona II	0,8 m	Permeabilidad
Z2-I2	421516	1096037	Zona II	0,8 m	Permeabilidad
Z1-I1	421888.6	1096627	Zona I	0,8 m	Permeabilidad
Z1-I2	421805	1096475	Zona I	0,8 m	Permeabilidad
Z2-C1	421456	1096220	Zona II	0,5 m	Calicata
Z2-C2	421421	1096174	Zona II	0,5 m	Calicata
Z1-C1	421836.2	1096547	Zona I	0,5 m	Calicata
Z1-C2	421753.1	1096324	Zona I	0,5 m	Calicata
Z1-C3	421700.2	1096396	Zona I	0,5 m	Calicata

La evaluación de los puntos anteriores permitirá definir la línea base para futuras ampliaciones basándose en la investigación requerida para determinar las potenciales fuentes contaminantes identificadas en campo, mediante registros históricos o bien, a partir de interpretación del contexto regional ambiental.

Por tanto



IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAXTER, S., 1976: Estudio geológico de las formaciones Mata de Limón y Punta Carballo. - 66 pp. Univ. Costa Rica, San José [Tesis Lic.].

CUSTODIO, E. & LLAMAS, M. R., 1983: Hidrología Subterránea. 1161págs. –Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España. Tomo I.

DENYER, P., MONTERO, W. & ALVARADO, G., 2003: Atlas tectónico de Costa Rica [2a ed.].- 58 págs. Ed. UCR, San José, Costa Rica.

Decreto 37757-S. Reglamento sobre valores guía en suelos para descontaminación de sitios afectados por emergencias ambientales y derrames

Decreto N°33903-MINAE Reglamento para la evaluación y clasificación de cuerpos de agua.

Decreto N° 33601-MINAE-S Reglamento de vertido y reúso de aguas residuales.

DENYER, P., AGUILAR, T. & ALVARADO, G., 2003: Geología y estratigrafía de la hoja Barranca, Costa Rica. – Rev. Geol. América Central, 29: 105-125.

DENYER, P., AGUILAR, T. & ALVARADO, G., 2003: Mapa geológico de la hoja Barranca.- Escala 1:50 000, Escuela Centroamericana de Geología, San José.

DENYER, P. & ALVARADO, G.E., 2007: Mapa geológico de Costa Rica.- Escala 1:400000, Librería Francesa, San José

LAURITO, C., 1988: Sinopsis de la estratigrafía de la cuenca Barranca-Herradura y el promontorio de Herradura. Provincia de Puntarenas, Costa Rica. - Brenesia, 29: 21-32.

Ley General de Salud N° 5395

MADRIGAL, R., 1970: Geología del mapa básico “Barranca”, Costa Rica.- Inf. Téc. Y Notas Geológicas, Dir. Geol. Minas y Petróleo, 9(37): 1-59

SANDERS, L., 1998: A manual of Field Hydrogeology. Prentice Hill. 381págs.

SENARA (s.f): <http://www.http://base-digh.senara.or.cr/> [Consulta: 10/3/2021].

