

INFORME DE INVESTIGACIÓN DEL SITIO Y MODELO CONCEPTUAL DEL SITIO

**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
Costa Rica**

Diciembre, 2023



Cartago, 20 de diciembre del 2023

Ing. Juan Ariel Madrigal & Unidad Técnica de Supervisión y Control
Instituto Costarricense de Puertos del Pacífico
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

MARIA
ALEXANDRA
SAUREZ
CASTRO (FIRMA)

Firmado digitalmente por
MARIA ALEXANDRA
SAUREZ CASTRO
(FIRMA)
Fecha: 2023.12.20
14:16:22 -06'00'

Ing. Alexandra Saurez Castro
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 de la evaluación ambiental.....	3
I.II.II.	Objetivos específicos	3
I.III.	Metodología del trabajo.....	5
I.IV.	Metodología de la evaluación geológica-hidrogeológica.....	6
I.V.	Programa de ensayos físico-mecánicos	7
I.VI.	Metodología del análisis hidrológico	7
I.VII.	Metodología para el muestreo de suelos	8
I.VII.I.	Perforación a rotación con punta de broca de diamante	8
I.VII.II.	Recuperación de muestra mediante excavación al aire libre (Calicata)	11
I.VIII.	Metodología para el muestreo de aguas continentales	11
I.IX.	Metodología para obtener parámetros de conductividad hidráulica.....	12
I.X.	Ensayos químicos analíticos	13
I.X.I.	Muestras de aguas continentales subterráneas	14
I.X.II.	Muestras de suelos en estado seco	15
I.X.III.	Coordinación profesional	17
I.XI.	Plan de actividades.....	18
I.XI.I.	Equipo de trabajo	20
II.	ANTECEDENTES Y ASPECTOS HISTÓRICOS	21
II.I.	Marco legal y normativa nacional e internacional	21
III.	EVALUACIÓN DEL SITIO DEL PROYECTO.....	23
III.I.	Evaluación ambiental regional del proyecto.....	23
III.II.	Características del sitio: Evaluación ambiental local del proyecto	25
III.II.I.	Zona I (Área de Desarrollo Portuario MOPT)	26
III.II.II.	Zona II (Área de Guarda Costa)	30
III.II.III.	Zona III (Área de Puerto Caldera).....	34
IV.	EVALUACIÓN FÍSICO-MECÁNICA DE LOS MATERIALES	39
IV.I.	Perfil estratigráfico del subsuelo.....	40



IV.II.	Profundidad del nivel freático.....	42
IV.III.	Resultados de las pruebas de permeabilidad	43
IV.IV.	Evaluación de condiciones geotécnicas perjudiciales	50
IV.V.	Licuación por sismos	50
IV.VI.	Estabilidad de taludes	51
IV.VII.	Sistemas de cimentación recomendados.....	51
IV.VIII.	Coeficientes sísmicos.....	51
V.	ANÁLISIS HIDROLÓGICO-HIDRÁULICO LOCAL	52
V.I.	Análisis hidrológico-hidráulico del proyecto.....	52
V.II.	Características morfométricas de la microcuenca	52
V.II.I.	Parámetros asociados al relieve.....	52
V.II.II.	Parámetros asociados a la forma de la cuenca	54
V.II.III.	Parámetros asociados al cauce	56
V.III.	Uso y tipo de suelo de la microcuenca.....	57
V.III.I.	Cobertura superficial de la microcuenca (uso del suelo)	57
V.III.II.	Cobertura superficial de la microcuenca (tipos de suelo).....	59
V.IV.	Parámetros hidráulicos utilizados	60
V.V.	Coeficiente de escorrentía ponderado del área del proyecto	60
V.VI.	Períodos de retorno	62
V.VII.	Tiempo de concentración o duración de la tormenta	62
V.VIII.	Intensidad de la lluvia.....	63
V.IX.	Cálculo del caudal de desfogue.....	64
V.X.	Desfogue del AP (Zona I)	65
V.XI.	Desfogue del AP (Zona II y Zona III).....	66
V.XI.I.	Resumen de parámetros morfométricos de la cuenca	67
V.XI.II.	Análisis hipsométrico de la microcuenca (Zona II y Zona III)	68
V.XII.	Análisis de vulnerabilidad y amenaza a potenciales inundaciones.....	69
VI.	CONTEXTO GEOLÓGICO DEL SITIO DEL PROYECTO.....	70
VI.I.	Unidades geológicas superficiales y del subsuelo superior	70
VI.I.I.	Contexto geológico regional	70
VI.I.II.	Contexto geológico local	72
VI.II.	Características texturales, composicionales y físico-mecánicas	72



VI.III.	Geomorfología	76
VI.III.I.	Formas de origen denudacional.....	76
VI.III.II.	Formas de origen fluvial (F).....	77
VI.III.III.	Formas de origen marino (M)	77
VI.III.IV.	Formas de origen antropogénico (A)	77
VI.IV.	Hidrogeología ambiental local	80
VI.IV.I.	Levantamiento de captaciones y manantiales	80
VI.V.	Condiciones hidrogeológicas locales.....	80
VI.V.I.	Propiedades básicas del acuífero subyacente.....	81
VI.VI.	Análisis de vulnerabilidad a la contaminación	82
VI.VII.	Cálculo del tránsito de contaminantes.....	83
VII.	RESULTADOS ANALÍTICOS Y MODELO DE CONTAMINACIÓN SUPERFICIAL.....	86
VII.I.	Análisis químico de contaminantes en suelos	86
VII.I.I.	BTEX.....	86
VII.I.II.	PCBs.....	86
VII.I.III.	COVs	87
VII.I.IV.	THMs	88
VII.I.V.	HAPs	88
VII.I.VI.	Hidrocarburos Totales (TPH)	89
VII.II.	Análisis químico de contaminantes en agua.....	90
VII.II.I.	BTEX.....	90
VII.II.II.	PCBs.....	90
VII.II.III.	COVs	91
VII.II.IV.	HAPs	92
VII.II.V.	Hidrocarburos totales (TPH).....	93
VIII.	MODELO CONCEPTUAL DEL SITIO (MCS)	94
VIII.I.	Fuentes de contaminación	94
VIII.I.I.	Fuentes primarias.....	94
VIII.I.II.	Fuentes secundarias y externas	95
VIII.II.	Descripción de la amenaza contaminante	96
VIII.III.	Identificación de los receptores sensibles	97
VIII.IV.	Evaluación del riesgo.....	97



VIII.IV.I.	Identificación del peligro.....	97
VIII.IV.II.	Evaluación al grado de exposición	99
VIII.IV.III.	Evaluación de la toxicidad	113
VIII.IV.IV.	Caracterización del riesgo	115
IX.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	117
IX.I.	RECOMENDACIÓN PARA LA REMEDIACIÓN DEL SITIO	122
X.	DISCUSIÓN SOBRE LOS GRADOS DE INCERTIDUMBRE Y ALCANCE DEL PROYECTO	122
X.I.	Garantía de calidad/control de calidad adoptado	124
X.II.	Desviaciones del plan de trabajo	124
XI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	125
XII.	ANEXOS DEL ESTUDIO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL SITIO	128



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 del sitio a partir de resultados cuantitativos y cualitativos que demuestren la existencia o la inexistencia de contaminación 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 es 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 421558.67Oeste 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.

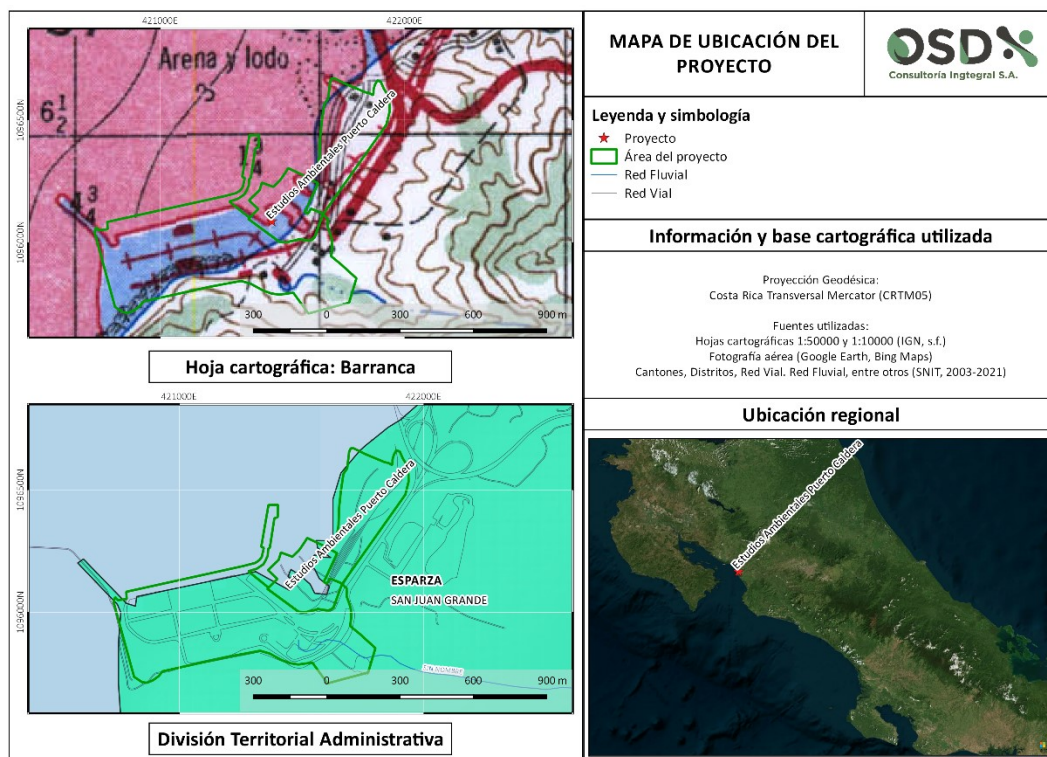


Figura 2. Ubicación del proyecto



I.II. Objetivos del trabajo

El objetivo general del estudio consiste en 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 de la evaluación ambiental

Determinar las características perjudiciales que comprometan el espacio físico ambiental mediante el análisis visual, químico y físico-mecánico de los suelos, aguas subterráneas y aguas superficiales, en las instalaciones del Puerto Caldera (MOPT, Guardacostas, SPC e INCOP), ante una futura modernización de las instalaciones identificadas y, con base a las zonas críticas previamente mencionadas y el plan de muestreo entregado.

I.II.II. Objetivos específicos

Los objetivos específicos se desarrollan a partir de los pasos realizados para cumplir el objetivo general, a continuación se detallan:

- 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 aguas y suelos.
- Establecer puntos de comparativa con la normativa local vigente y/o internacional que pueda aplicar y que, sirva de base para la verificación ambiental una vez sean analizados por ensayos de laboratorio todas las muestras de suelo y agua tomadas del sitio de estudio.



- Determinar el grado de exposición ante agentes contaminantes de suelos y aguas subterráneas.
- Establecer un modelo conceptual del sitio a través de la integración entre fuentes posibles de contaminación, receptores sensibles y vías de exposición.
- Realizar una evaluación de la vulnerabilidad del agua subterránea y superficial en sitio a partir de la metodología GOD.
- Determinar los contenidos químicos de hidrocarburos alifáticos/aromáticos, metales totales, orgánicos volátiles compuestos y bifenilos policlorados mediante ensayos químicos analíticos en las muestras de suelos secos (HAP, COV, ICP-MS, BTex, PCB).
- Determinar los contenidos químicos de hidrocarburos alifáticos/aromáticos, metales totales, orgánicos volátiles compuestos y bifenilos policlorados mediante ensayos químicos en las muestras de aguas continentales (HAP, BTex, COV, PCB).
- Realizar modelos geoestadísticos para evaluar la concentración de las diferentes propiedades químicas, físicas o mecánicas a lo largo de cada una de las zonas investigadas.
- Evaluar la necesidad de una investigación de suelos y aguas subterránea adicional en caso de que los resultados indiquen incertidumbre asociada a la interpolación del muestreo en sitios contaminados.
- Notificar al Ministerio de Salud (en caso de que aplique) sobre los acontecimientos encontrados durante la investigación de sitio y la etapa de análisis o generación de la línea base.
- Plantear una propuesta económica y un plan de remediación asociada a los hallazgos negativos determinados durante las etapas anteriores.



I.III. Metodología del trabajo

Previo a la investigación y el muestreo, se designaron nomenclaturas para las áreas a investigar según su administración dentro del terreno del INCOP. Las siguientes áreas son descritas como Zona I, Zona II y Zona III:

- **Zona I:** Área de Desarrollo Portuario (MOPT/INCOFER). Área estimada 104.198 m².
- **Zona II:** Área de Guardacostas. Área estimada 63.734 m².
- **Zona III:** Área de Puerto Caldera. Área estimada 336.173 m².

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. Asimismo, se incorporan los niveles de agua reportados tanto en las perforaciones como en las quebradas dentro del área del proyecto.

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 a partir de la evaluación del plan de muestreo propuesto en la primera etapa del presente proyecto.

Los resultados son presentados a partir de la investigación preliminar y contrapuesta con la evaluación química, física y mecánica para brindar una línea base del análisis ambiental para una futura ampliación de Puerto Caldera. Las metodologías empleadas se presentan detalladamente a continuación:

I.IV. Metodología de la evaluación geológica-hidrogeológica

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, así como la geomorfología de la zona con el sistema de información geográfica QGIS y la implementación de las Hojas del proyecto Terra 2002 y fotografías históricas de Google Earth.

Posteriormente se procede a generar un mapa de pendientes para analizar las zonas comprometidas a una escala menor (1:15000), lo cual indicaría posibles zonas en las cuales un deslizamiento puede activarse, para posteriormente reclasificarlas y agruparlas en función del uso del Suelo respecto a su porcentaje proporcional a la inclinación, basado en el artículo 59, 71 y 72 de la ley Orgánica del Ambiente y de los votos de la Sala IV N° 3705-93, 4423-93, 2002- 6515, y 2003- 06324.

Para la definición de unidades geomorfológicas, se sigue la nomenclatura propuesta por ITC (2009), así como la descripción enfocada en determinar la mayoría de los parámetros morfométricos de cada geoforma determinada alrededor del proyecto en estudio.

Dentro de los sondeos exploratorios, se extraen muestras de suelo para procesar sus características físico-mecánicas y, adicionalmente, se realizan pruebas de infiltración en el sitio, para determinar la velocidad y la tasa de infiltración, con el fin de determinar las propiedades de conductividad hidráulica que rigen el medio poroso.

Se realiza un levantamiento geológico de campo y la descripción visual del subsuelo superficial. Se definen unidades geológicas y a partir de observaciones visuales se obtienen las características texturales, composicionales y físico-mecánicas correlacionadas de las rocas presente en sitio, en correlación con el estudio de suelos.



I.V. Programa de ensayos físico-mecánicos

Al extraer muestras dentro de los sondeos exploratorios se procede a describir el perfil del suelo en profundidad. Asimismo, estas muestras fueron enviadas al laboratorio para la ejecución de ensayos de caracterización física y mecánica. A las muestras obtenidas en los sondeos exploratorios de SPT y adonde fue posible se evaluó:

P.U. / w (%): Densidad y Contenido de Humedad del Suelo (ASTM D-2216).

LL/LP: Límite de Atterberg (ASTM D-4318).

Qu: Ensayo de compresión inconfiada (ASTM D-2166).

Φ : Ángulo de fricción de los suelos

A.Gran: Análisis Granulométrico (ASTM D-422).}

Los ensayos se realizaron de acuerdo con las normas internacionales vigentes a la fecha, ASTM y AASHTO.

I.VI. Metodología del análisis hidrológico

Se realiza un estudio preliminar con la información disponible, tal como la ubicación del terreno, información registral asociada (planos de catastro, linderos, etc), así como los datos meteorológicos disponibles para la zona, con los cuales se realiza el análisis para determinar el incremento o no en la escorrentía pluvial producto del proyecto.

Una vez determinada dicha información, se procede a realizar visita de campo, en donde se observan las condiciones actuales del área de proyecto como cobertura, uso actual, topografía, aportes externos de escorrentía pluvial, infraestructura pluvial en la zona, manejo de aguas pluviales (escorrentía superficial), terrenos o áreas colindantes propiedad de terceros, cierres perimetrales y cercanía a ríos y quebradas.

Con la información recolectada en la visita de campo, se procede a caracterizar el área de estudio, de forma que, junto con la información bibliográfica, se puede determinar un valor asociado con el coeficiente de escorrentía para el área de estudio analizada. Posteriormente, a partir de la información meteorológica disponible, se procede a determinar el tiempo de concentración y la intensidad de lluvia que puede presentarse en el sitio del proyecto dentro de un determinado periodo de retorno.



I.VII. Metodología para el muestreo de suelos

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

Previo a la entrada del equipo de muestreo, se determina 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 ejecutan un total de catorce (14) perforaciones, de las cuales se realizó una intercalación entre el método combinado de SPT (ASTM D-1586) y rotación con broca de punta de diamante (ASTM D-2113) en diámetro NQ. Las muestras recuperadas mediante esta metodología fueron extraídas y ensayadas en el laboratorio para analizar químicamente las propiedades referentes a la fracción de su carga contaminante. Las perforaciones fueron avanzadas hasta alcanzar profundidades máximas 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.

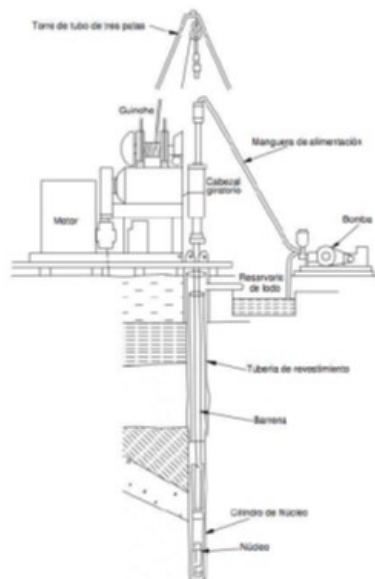


Figura 3. Esquema de la prueba de perforación a rotación con broca de diamante (ASTM D-2113)

Las profundidades alcanzadas en cada sondeo exploratorio se presentan en la siguiente tabla y su ubicación puede observarse en la Figura 6.



Tabla 1. Ubicación geográfica y descripción del plan de muestreo.

ID Prueba	Coordenada X (CRTM05)	Coordenada Y (CRTM05)	Zona	Profundidad investigada (SPT)	Profundidad investigada (rotación)
Z1-P1	421891.60	1096638.58	Zona I	0,00 - 5,00 m	0,00 - 5,00 m*
Z1-P2	421846.91	1096471.80	Zona I	0,00 - 5,00 m	0,00 - 5,00 m*
Z1-P3	421746.84	1096441.83	Zona I	0,00 - 5,00 m	0,00 - 5,00 m*
Z2-P1	421617.36	1096201.01	Zona II	0,00 - 2,50 m	0,00 - 5,00 m*
Z2-P2	421616.11	1096087.39	Zona II	0,00 - 2,50 m	0,00 - 5,00 m*
Z2-P3	421388.71	1096099.87	Zona II	0,00 - 0,50 m	0,00 - 5,00 m
Z3-P1	420766.11	1096011.66	Zona III	NA	0,00 - 5,00 m
Z3-P2	421147.39	1095940.98	Zona III	NA	0,00 - 5,00 m
Z3-P3	421212.39	1095934.90	Zona III	3,00 - 4,50 m	0,00 - 3,00 m 4,50 - 5,00 m
Z3-P4	421317.34	1095962.36	Zona III	3,00 - 4,50 m	0,00 - 5,00 m
Z3-P5	421292.23	1096132.11	Zona III	NA	0,00 - 5,00 m**
Z3-P6	420988.69	1096018.05	Zona III	NA	0,00 - 5,00 m**
Z3-P7	420849.87	1095728.38	Zona III	NA	0,00 - 5,00 m**
Z3-P8	421478.17	1095836.99	Zona III	0,00 - 5,00 m	NA**

*Solo se rotó para instalar el piezómetro

** Perforación para recuperación de suelo únicamente

Para las perforaciones realizadas, se comienza el sondeo mediante la percusión generada por el mazo de la prueba SPT y recuperando en el barril partido (Split barrell) hasta el punto de que alcance el nivel freático y se complete la toma de muestra indicada para cada uno de los análisis químicos. En caso de que se detecte un rebote del mazo por la detección de roca o se identifique la presencia de una estructura de concreto, se continua la perforación empleando un toma-muestras de tubo doble giratorio de tamaño NQ 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 tomamuestras del hueco y se desarma si fuere necesario, para extraer el núcleo. Se vuelve a armar y se retorna el tomamuestras al hueco. Se reinicia la toma de los núcleos. En caso de que se determine una recuperación nula con el método de rotación, se vuelve a cambiar al método SPT, adaptando el mazo al equipo de perforación y recuperando la muestra de suelo seco permisible para la determinación de los análisis indicados posteriormente.

Debido a que el muestreo para análisis químicos requiere una cantidad considerable de material, los testigos de suelo no fueron propiamente recuperados y almacenados, no obstante, durante el avance, los mismos iban siendo dispuestos para su posterior muestreo en una caja donde se pudo realizar su lectura y descripción en función de su recuperación.

Para indicar cualquier vacío notorio en un núcleo recobrado que puede indicar un cambio o un vacío en la formación se deben emplear bloques espaciadores debidamente marcados.



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 instalan piezómetros exploratorios para el monitoreo y la recuperación de muestras de aguas que posean parámetros evaluables en el laboratorio.

El armado del piezómetro, además, se encuentra 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 es armado con base a la caracterización estratigráfica y la detección final del nivel freático.

El armado piezométrico de pozo de monitoreo es realizado en tubería de 3 pulgadas PVC SDR 26 (sanitaria), con geotextil y sello de bentonita en caso de ser necesario, tapa de seguridad tipo manhole y sello de concreto donde se requiera debido al paso de tránsito vehicular. Será ranurado mediante esmerilador para captar y tomar las aguas.

Adicionalmente, una vez terminado el proceso de armado del piezómetro, los mismos han sido purgados para recuperar en un tiempo de 24 horas las aguas a muestrear. La tabla adjunta indica los puntos de instalación de los piezómetros, su profundidad y tramos de ranura y geosintético.

Tabla 2. Descripción y ubicación de los piezómetros instalados.

ID Prueba	Coordenada X (CRTM05)	Coordenada Y (CRTM05)	Zona	Prof.	Sello de seguridad	Ranura	Geosintético	Bentonita
Z1-P1	421891.60	1096638.58	Zona I	5,0 m	Sanitario	3,0 – 5,0 m	Si	No
Z1-P2	421846.91	1096471.80	Zona I	5,0 m	Sanitario	3,0 – 5,0 m	Si	No
Z1-P3	421746.84	1096441.83	Zona I	5,0 m	Sanitario	3,0 – 5,0 m	Si	No
Z2-P1	421617.36	1096201.01	Zona II	5,0 m	Sanitario	3,0 – 5,0 m	Si	No
Z2-P2	421616.11	1096087.39	Zona II	5,0 m	Sanitario	3,0 – 5,0 m	Si	No
Z2-P3	421388.71	1096099.87	Zona II	5,0 m	Sanitario	3,0 – 5,0 m	Si	No
Z3-P2	421147.39	1095940.98	Zona III	5,0 m	Sanitario	3,0 – 5,0 m	Si	No
Z3-P3	421212.39	1095934.90	Zona III	5,0 m	Manhole	3,0 – 5,0 m	Si	No
Z3-P4	421317.34	1095962.36	Zona III	5,0 m	Manhole	3,0 – 5,0 m	Si	No
Z3-P5	421292.23	1096132.11	Zona III	5,0 m	Sanitario	3,0 – 5,0 m	Si	No



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

Para la investigación de propiedades de conductividad o parámetros hidrogeológicos, se realiza 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 ejecutan 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 determina 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 (5 clasificaciones de suelos), así como la determinación de porosidad y velocidad y tasa de infiltración.

I.VIII. Metodología para el muestreo de aguas continentales

Dentro de los piezómetros instalados, se realiza una purga del agua mediante un descenso controlado a través de una bomba peristáltica 1 hora previa a la toma de muestras de aguas. 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. La purga y toma de muestra de aguas es realizada tal como lo indica la norma ASTM 4448-01.

Debido a que el diámetro del piezómetro permite incorporar las dimensiones comerciales de los tubos desechables, se utiliza 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 permite la acción del sistema de vaciado lento para muestreo de COV's (compuestos orgánicos volátiles) y otras pruebas según el análisis químico que más coincide con la evaluación de las sustancias perjudiciales en sitio.



I.IX. Metodología para obtener parámetros de conductividad hidráulica

Se realizan seis (6) pruebas de infiltración en el terreno. La ejecución de estos ensayos se realiza 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 hace una “trinchera” y luego se realiza el agujero para la prueba. La trinchera se excava de 0,80 metros de lado. (esta excavación tiene una profundidad de aproximadamente 0,40 metros).

Se perfora 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 llega 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 mide 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.

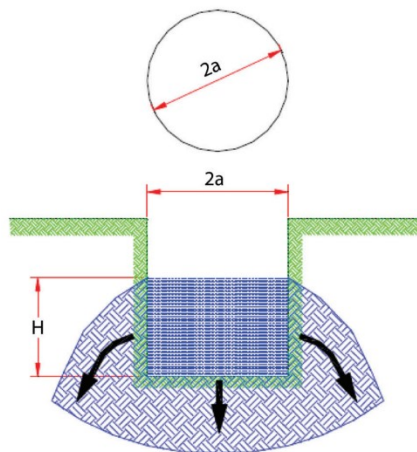


Figura 4. Infiltrómetro de cilindro excavado y distribución del horizonte de infiltración



I.X. Ensayos químicos analíticos

Para la evaluación ambiental de las aguas subterráneas, superficiales y los suelos en su estado seco, se ha propuesto la extracción de una muestra compuesta por punto de perforación en el caso de los suelos y una muestra a la profundidad de detección del nivel freático para el caso de las aguas continentales. Las muestras de agua y suelo han sido custodiadas según el estándar ASTM D4220-14 para custodia y transporte posterior hacia el laboratorio.

- Las muestras se mantienen refrigeradas (muestreo de campo) a no más de 4º C en una hielera hasta el posterior traslado hacia el laboratorio analítico, donde son almacenadas siguiendo los estándares establecidos y su posterior proceso de análisis.
- Toda la información de las muestras ha sido anotada en la hoja de custodia correspondiente: código, fecha, hora, coordenada, profundidad y análisis requerido. La hoja de custodia va en conjunto con las muestras según el estándar ASTM D4220-14.
- Las muestras de suelo y agua son 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 son desarrollados por un laboratorio externo debidamente acreditado y/o certificación por el ECA (Instituto Costarricense de Acreditación). El tiempo establecido para que las muestras de agua no posean alteración analítica por inadecuada custodia corresponde a 48 horas, por tanto, se ha desarrollado la siguiente estrategia metodológica para la entrega de muestras:



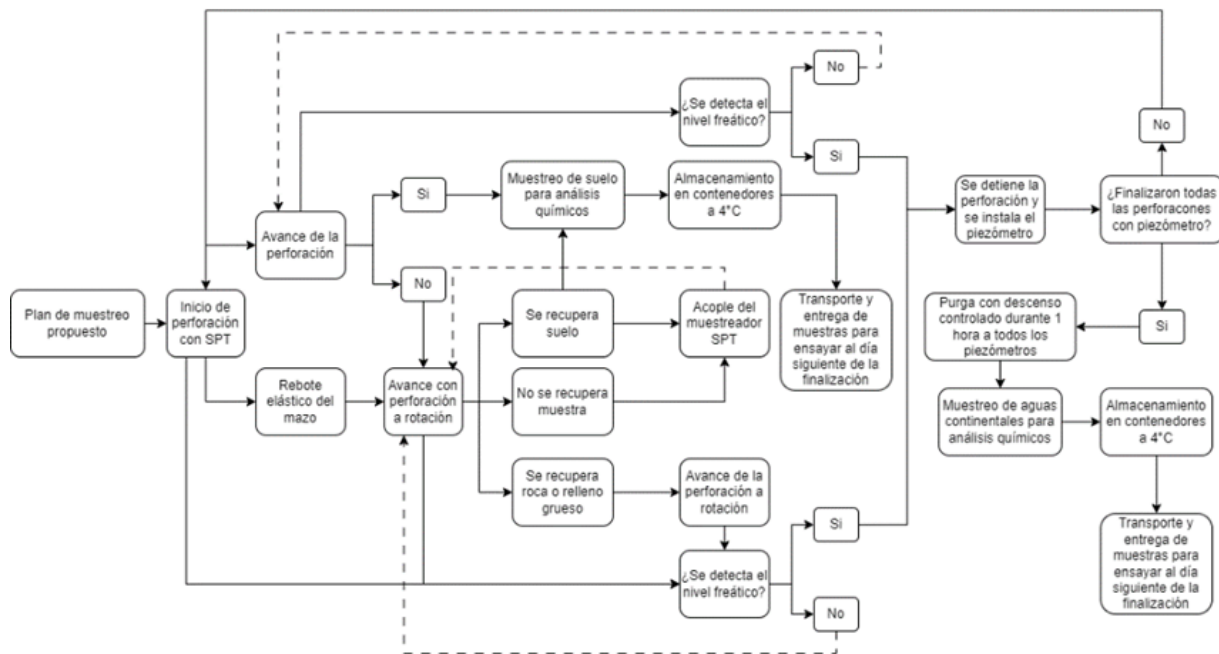


Figura 5. Plan de muestreo

I.X.I. Muestras de aguas continentales subterráneas

Como ha sido indicado anteriormente, se toma por piezómetro una muestra de agua compuesta por 3 frascos ámbar y 1 envase plástico. En total, para los 10 piezómetros instalados, se recupera la totalidad de la muestra y se obtienen los resultados analíticos de los siguientes compuestos y/o elementos:

- **HAPs o hidrocarburos aromáticos policíclicos** ensayados según la norma IT-382 / EPA 8270E.
- **BTEX o compuestos orgánicos volátiles (benceno, tolueno, etileno y xileno)** ensayados según la norma IT-383 / EPA 8260 D.
- **COVs o compuestos orgánicos volátiles generales** ensayados según la norma IT-383 / EPA 8260 D.
- **Metales totales barridos por ICP-MS** ensayados según norma IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B.
- **Hidrocarburos alifáticos y aromáticos** ensayados según la norma TNRCC 1005 / TNRCC 1006.



- **PCBs o policlorobifenilos o bifenilos policlorados** ensayados según la norma IT-446 / EPA 8270E.

I.X.II. Muestras de suelos en estado seco

Cada muestra de suelos para los análisis requeridos requiere conservar muestra en un (1) frasco de 500 g y dos (2) frascos de 200 g envueltos en aluminio, así como una bolsa plástica con mínimo de 200 g de muestra. Para cada uno de los puntos investigados por perforación (14 en total) así como una calicata se realiza el muestreo de los suelos para determinar analíticamente los siguientes compuestos y/o elementos:

- **HAPs** ensayados según la norma IT-382 / EPA 8270E.
- **BTEX o compuestos orgánicos volátiles (benceno, tolueno, etileno y xileno)** ensayados según la norma IT-383 / EPA 8260 D.
- **COVs o compuestos orgánicos volátiles** ensayados según la norma IT-383 / EPA 8260 D.
- **PCBs o policlorobifenilos** ensayados según la norma IT-446 / EPA 8270E.
- **Metales totales barridos por ICP-MS** ensayados según norma IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B.
- **Hidrocarburos alifáticos y aromáticos** ensayados según la norma TNRCC 1005/TNRCC 1006.
- **THMS o trihalometanos** ensayados según la norma IT-383 / EPA 8260 D.

Todas las muestras siguen el estándar ASTM D4220-14 de la cadena de custodia; cada vez que son tomadas, son almacenadas día a día en un contenedor con la temperatura óptima para luego ser transportadas al día siguiente hacia el laboratorio. La Figura 6 muestra la ubicación geoespacial de las pruebas a realizadas, según el método de muestreo indicado anteriormente.



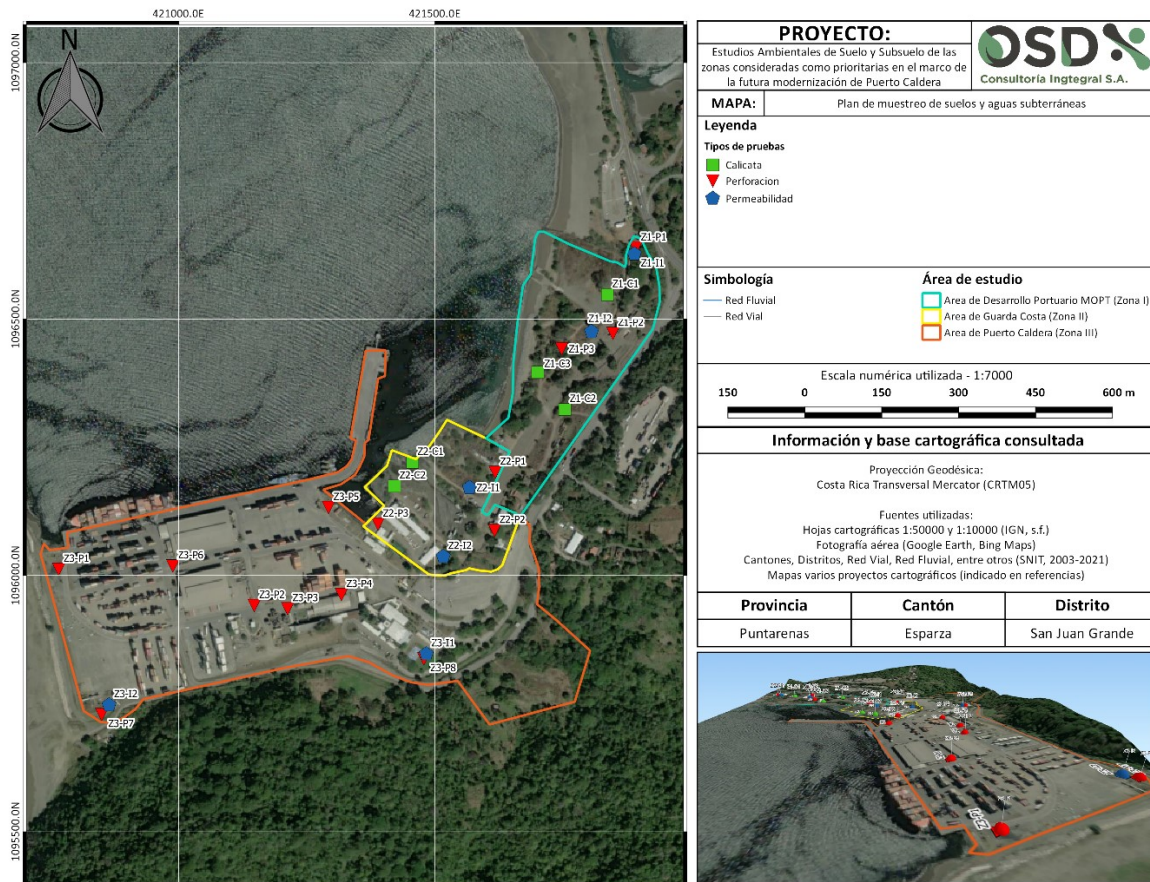


Figura 6. Plan de muestreo para el proyecto (perforaciones, pruebas de infiltración, muestreo superficial de suelos)

La tabla 3 muestra la ubicación geográfica (coordenadas CRTM05) de las pruebas, el tipo de sondeo y la profundidad a investigar estimada inicialmente según la revisión preliminar y la visita al sitio. Se debe aclarar que los puntos de perforación Z3-P7 y Z3-P8 actúan 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.

La evaluación de los puntos anteriores permite 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.



Tabla 3. Ubicación geográfica y descripción del plan de muestreo.

ID Prueba	Coordenada X (CRTM05)	Coordenada Y (CRTM05)	Zona	Profundidad por investigar	Tipo de prueba
Z1-P1	421891.60	1096638.58	Zona I	5,0 m	Perforación
Z1-P2	421846.91	1096471.80	Zona I	5,0 m	Perforación
Z1-P3	421746.84	1096441.83	Zona I	5,0 m	Perforación
Z2-P1	421617.36	1096201.01	Zona II	5,0 m	Perforación
Z2-P2	421616.11	1096087.39	Zona II	5,0 m	Perforación
Z2-P3	421388.71	1096099.87	Zona II	5,0 m	Perforación
Z3-P1	420766.11	1096011.66	Zona III	5,0 m	Perforación
Z3-P2	421147.39	1095940.98	Zona III	5,0 m	Perforación
Z3-P3	421212.39	1095934.90	Zona III	5,0 m	Perforación
Z3-P4	421317.34	1095962.36	Zona III	5,0 m	Perforación
Z3-P5	421292.23	1096132.11	Zona III	5,0 m	Perforación
Z3-P6	420988.69	1096018.05	Zona III	5,0 m	Perforación
Z3-P7	420849.87	1095728.38	Zona III	5,0 m	Perforación
Z3-P8	421478.17	1095836.99	Zona III	5,0 m	Perforación
Z3-I1	421483,0	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	421516,0	1096037	Zona II	0,8 m	Permeabilidad
Z1-I1	421888.6	1096627	Zona I	0,8 m	Permeabilidad
Z1-I2	421805,0	1096475	Zona I	0,8 m	Permeabilidad
Z2-C1	421456,0	1096220	Zona II	0,5 m	Calicata
Z2-C2	421421,0	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

I.X.III. Coordinación profesional

Con base a la información recopilada y generada, el equipo de trabajo de OSD Consultoría Integral procede 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 y el Ingeniero Harold Trigueros, través de un comunicado verbal vía telefónica y correo electrónico. Se brinda un estudio de evaluación ambiental Fase I para identificar la primera investigación realizada en sitio.



I.XI. Plan de actividades

Para cumplir los objetivos del plan de muestreo, se mencionan las actividades que se realizan una vez el plan de muestreo ha sido validado.

Tabla 4. 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. Revisiones 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"> ➤ Seis (6) 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 muestras de suelo compuestas para determinar la contaminación puntual en cada zona analizada. La muestra se tomará a criterio del geólogo de campo, priorizando muestrear un estrato de suelo que brinde indicios de tener hidrocarburos. ❖ La toma de las muestras de suelo se realizará con recuperación de núcleos siguiendo el estándar ASTM D4700-91 para muestreo de suelos. ❖ Se instalarán diez (10) 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 4° 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, 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.



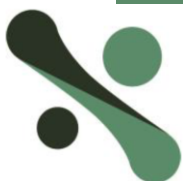
TERCERA ETAPA	
ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
1. Elaboración del modelo conceptual del sitio	<p>Modelo conceptual del sitio según los lineamientos del estándar ASTM E1689-95.</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Análisis de la información actual e histórica disponible. ❖ Fuentes contaminantes. ❖ Descripción 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.XI.I. 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 5. 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 Castro 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 IGA-32829	<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. ANTECEDENTES Y ASPECTOS HISTÓRICOS

II.1. Marco legal y normativa nacional e internacional

El Decreto de Costa Rica N°40697 del 10 de noviembre del 2017 sobre “Reglamento para la identificación y eliminación ambientalmente segura de los Bifenilos Policlorados” establece los lineamientos para la identificación y eliminación ambientalmente segura de los PCB presentes en los aceites dieléctricos, equipos y residuos que contengan o estén contaminados con el fin de proteger el ambiente y la salud de las personas. En el marco legal existente del país se pueden encontrar leyes y reglamentos relacionados a la condición del suelo y valores guía para la descontaminación de sitios afectados por emergencias ambientales y derrames. En esta sección nos referiremos específicamente a las leyes especiales generales, que constituyen el marco que norma las acciones en materia de legislación ambiental.

El artículo 50, de la Constitución Política, estipula la obligación del Estado de procurar el desarrollo del país en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado. Con el fin de proteger, conservar y mejorar los suelos, evitar la erosión y degradación por diversas causas naturales o artificiales, se declara de interés y utilidad pública, la acción estatal o privada, para el manejo integrado y sostenible de los suelos en armonía con los demás recursos y riquezas naturales en todo el territorio nacional, de conformidad con lo dispuesto en el Artículo 3º de la ley 7779 del 30 de abril de 1998.

El incremento en el uso de hidrocarburos, metales y otras sustancias peligrosas en distintos puntos de la geografía nacional, ha demostrado el potencial de contaminar aguas subterráneas y requiere de una acción urgente que logre su adecuación y regulación dentro de niveles máximos tolerables a fin de evitar perjuicios a la salud de la población y al ambiente. En el artículo 69 de la Ley Orgánica del Ambiente, se establece que las actividades productivas evitarán descargas, depósitos o infiltración de sustancias o materiales contaminantes en el suelo; así como el artículo 28 de Ley N° 7779 sobre Uso Manejo y Conservación de Suelo, así como los artículos 64, 65 y 66 del Decreto 29375-MAG- MINAE S-HACIENDA-MOPT, Reglamento a la Ley sobre Uso, Manejo y Conservación de Suelos, establecen la responsabilidad del Ministerio de Salud en coordinación con el Ministerio del Ambiente y Energía y el Ministerio de Agricultura y Ganadería, para dictar las disposiciones técnicas a las que deberán sujetarse todas las personas físicas o jurídicas, públicas o privadas, cuyas actividades puedan causar contaminación de los suelos.



A la vez, los artículos 45 y 46 de la Ley N° 8839 Ley para la Gestión Integral de Residuos establecen las responsabilidades de los administrados y del Ministerio de Salud en relación con la prevención y remediación de los suelos contaminados.

Asociado a lo anterior, el Reglamento sobre valores guía en suelos para descontaminación de sitios afectados por emergencias ambientales y derrames N° 37757-S; tiene por objeto establecer el listado de sustancias químicas y los valores guía a partir de los cuales se podrían provocar alteraciones perjudiciales a la calidad del suelo, a fin de evitar daños a la salud pública y al ambiente; así como establecer los procedimientos administrativos para la gestión del riesgo en casos de contaminación de suelo y medios con los que éste tenga contacto.

Con la finalidad de vigilar el medio ambiente y evitar desastres ambientales por contaminación con combustible y fortalecer las capacidades del Estado para combatir el narcotráfico y la delincuencia organizada, se establece la Ley N.º 9096, la cual regula la comercialización, el almacenamiento y el transporte de combustible por las zonas marinas y fluviales sometidas a la jurisdicción del Estado costarricense.

Aunado a esta ley, se crea el Plan Nacional de Contingencia de Costa Rica para enfrentar Derrames de Hidrocarburos en el Mar (PNC) N° 40963-MOPT-MINAE-SP-MS, de conformidad con las normas contenidas en la Ley de Creación del Ministerio de Obras Públicas y Transportes, a quien le compete la regulación de las actividades relacionadas con el transporte marítimo. El Plan de Contingencia, tiene por objetivo principal el de coordinar el establecimiento y ejecución permanente de un Plan Nacional para controlar y combatir la contaminación del mar provenientes de buques en aguas jurisdiccionales de Costa Rica. La Ley 7227 aprobó la adhesión de Costa Rica al convenio para la protección y desarrollo del medio marino y su protocolo de cooperación para combatir los derrames de hidrocarburos en la región del gran Caribe.

El Decreto de Costa Rica N°40697 del 10 de noviembre del 2017 sobre “Reglamento para la identificación y eliminación ambientalmente segura de los Bifenilos Policlorados” establece los lineamientos para la identificación y eliminación ambientalmente segura de los PCB presentes en los aceites dieléctricos, equipos y residuos que contengan o estén contaminados con el fin de proteger el ambiente y la salud de las personas.

A nivel internacional existen regulaciones para abordar el tema de manejo de contaminantes, para el caso de estudio y evaluando el área de influencia del estudio, existe



el Convenio de MARPOL, el cual aborda la prevención y reducción de la contaminación del medio marino por los buques. En este se mencionan las distancias desde la tierra y la forma en que se pueden verter algunos residuos. Se indica la prohibición del vertimiento en el medio marino de toda clase de plásticos. Además, establece que los Gobiernos se deben comprometer a garantizar que en los puertos y terminales existan instalaciones y servicios de recepción de residuos con capacidad adecuada. Costa Rica no ha ratificado este convenio.

Igualmente existe el Convenio sobre prevención de la contaminación de las aguas del mar por hidrocarburos, de 12 de mayo de 1954. Con Enmiendas de 1962 y de 21 de octubre de 1969 el cual no ha sido ratificado por Costa Rica.

III. EVALUACIÓN DEL SITIO DEL PROYECTO

III.1. Evaluación ambiental regional del proyecto

Para realizar parte de la evaluación del sitio y su área de influencia, se ha utilizado como base 28 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 y las perforaciones realizadas según lo descrito en el plan de muestreo y metodología anteriormente.

La determinación de unidades hidrogeológicas locales se puede observar en el mapa hidrogeológico del área del proyecto que se muestra en la figura 7, el cual 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.



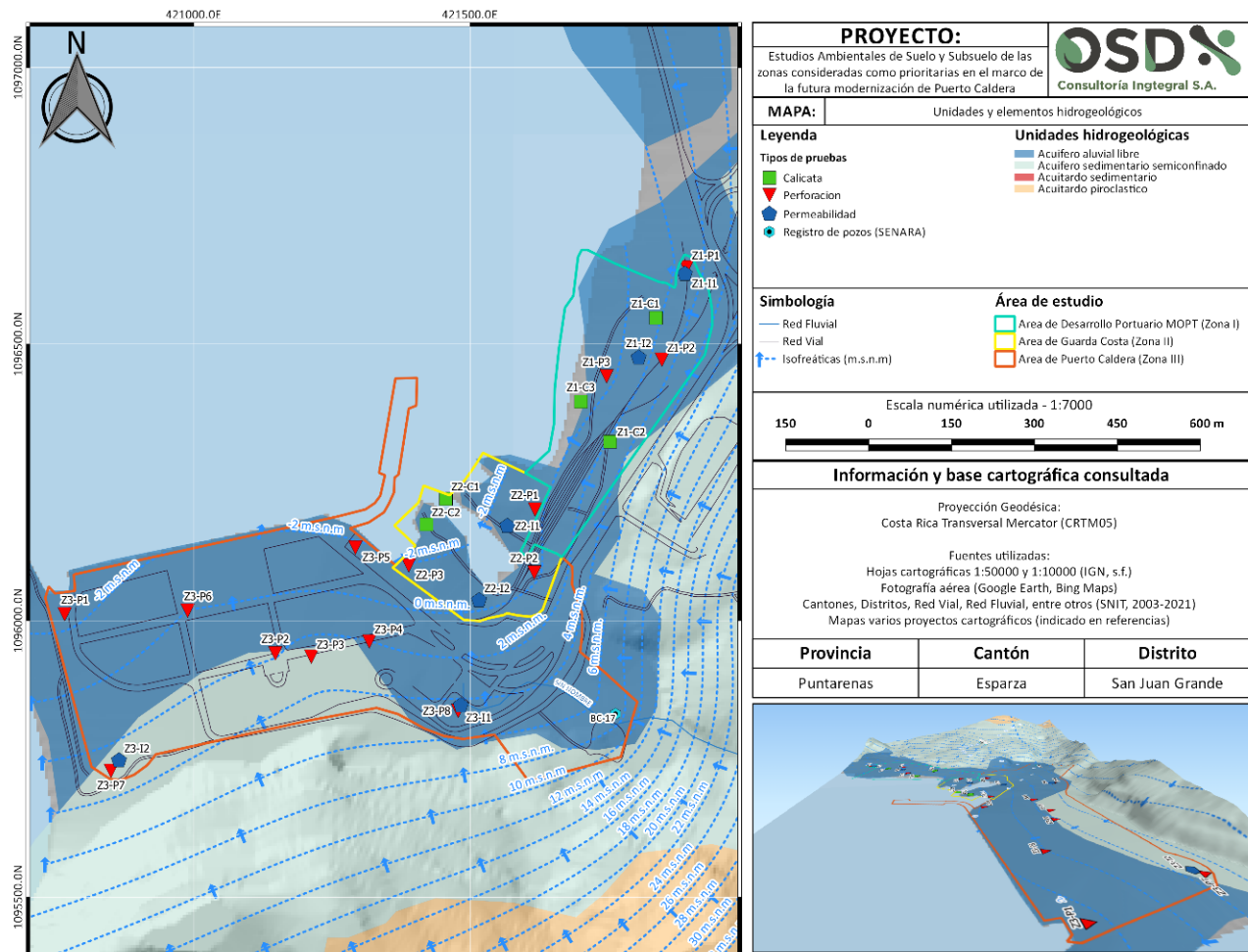


Figura 7. Modelo hidrogeológico integrado del sitio del proyecto

Tabla 6. 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	FRAK 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	DOMINIEQUE 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 GALLEG0	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

III.II. Características del sitio: 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 obtiene a través de un reconocimiento visual in situ de la zona de estudio (área del proyecto); lo que permite 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 según lo establecido por las autoridades nacionales de Costa Rica competentes en la materia.

III.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 8. 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. Cabe recalcar que en este sector no hay personal trabajando ni se le da un mantenimiento a los equipos, maquinarias ni edificaciones, por lo que existe la probabilidad de con el tiempo se generaran filtraciones en los equipos y por ende la liberación de contaminantes. Esto implica que



exista arrastre de contaminantes por lixiviados producto de las lluvias o inundaciones esporádicas en la zona

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

A pesar de que se identifica un tanque de almacenamiento de combustible sin muro de retención contra derrames y con signos de oxidación de su carcasa, no se determina visualmente la presencia de derrames de hidrocarburos provenientes que estuvieran generando la contaminación del suelo cercano a esta área. Cuantitativamente se coloca cercano a esta ubicación del tanque, un punto de muestreo para análisis de aguas (piezómetro) y suelos. La figura 9 muestra una fotografía superior de la infraestructura civil principal de la zona I.

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 logran reconocer olores invasivos provenientes del sistema de tratamiento.



Figura 10. 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 observan 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 observa 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 11. Alcantarilla para el manejo de aguas en el camino de acceso; obstruida por material vegetal y basura



Figura 12. Yurro de agua sin corriente afectada por la obstrucción de su cauce con materia vegetal y rocas

En esta zona, producto de que no se observan actividades de ningún tipo, ni operaciones del INCOP (Zona libre de almacenamiento de sustancias químicas) es previsible la no presencia de algún tipo de contaminación de los suelos o de las aguas subterráneas.



III.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 ha sido 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 realiza 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 observan concentraciones y/o pozos de combustible y olores relacionados a la presencia de estas sustancias.

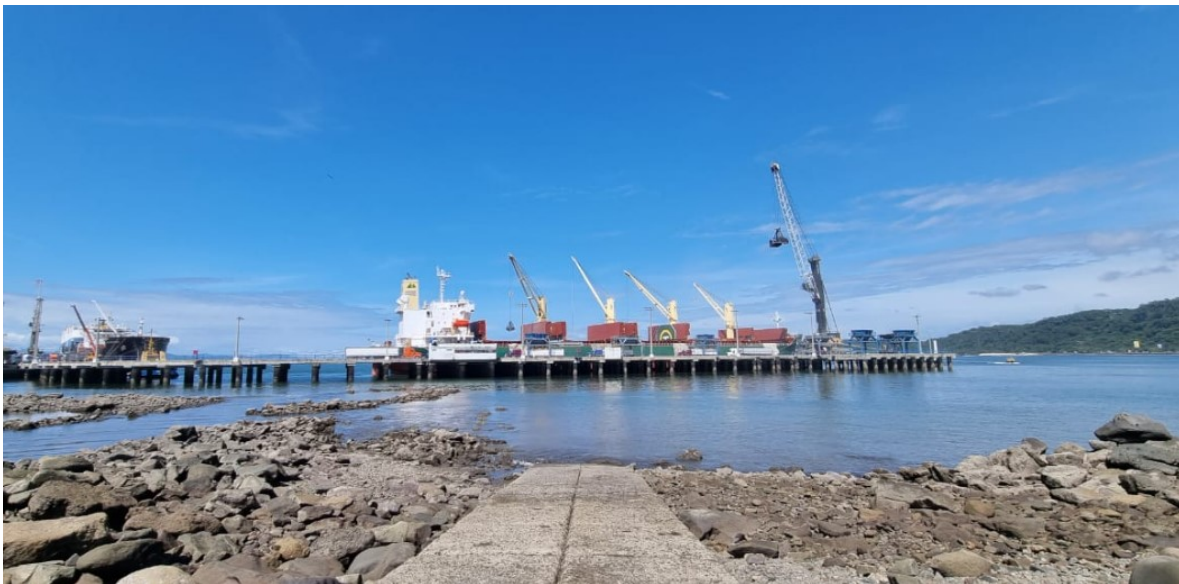


Figura 13. Muelle atracadero utilizado por los oficiales de la guardia costera.

En esta zona, 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 categorizados como peligrosos y/o especiales, hidrocarburos, sustancias químicas peligrosas y otros elementos que pueden afectar el suelo y las aguas de escorrentía que se vierten en el mar.



Figura 14. Panorámica de las instalaciones internas del taller de Guardacostas.



Figura 15. Parte externa del taller, manejo de agua y losa de mantenimiento.

Cabe destacar que este taller se encuentra aproximadamente a unos 15 metros de la zona correspondiente a un playón, por lo que, en caso de existir algún tipo de flujo de



contaminantes, puede existir contaminación marina. Por esta razón se decide ubicar uno de los puntos de muestreo cercanos a este taller, y poder así monitorear en el tiempo.

Se observan 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, es 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 16. Camino de acceso al atracadero utilizado por los Guardacostas; al fondo botadero de botes en desuso y stock de lanchas capturadas.



Figura 17. 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 18. Final del camino en la cercanía del atracadero y desemboque de la quebrada.



Figura 19. Centro de acopio en la cercanía de las instalaciones de los guardacostas.



Además, la zona del acopio de productos químicos, no se encuentra impermeabilizado, por lo que con la ruptura en el concreto se podrían generar infiltraciones de químicos al subsuelo.

III.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.

La zona del Puerto Caldera está constituida principalmente por relleno rocoso. Por lo que al extraer material en este sitio es probable que no se encuentren con facilidad capas de suelo orgánico. Además, este sector es afectado por la intrusión salina producto de su cercanía con el mar. Al encontrarnos con material de relleno, el tránsito de contaminantes hacia el subsuelo se produce de una manera más rápida, ya que no tendrá que atravesar las distintas capas de suelo, por lo que es un factor importante a la hora de la selección de puntos de muestreo.



Figura 20. Almacenamiento típico de vehículos en cercanía al desembarcadero.

Es importante mencionar que en el puerto distintas zonas son utilizadas para el almacenamiento de equipos y maquinarias, como se observa en la figura anterior. Durante



el recorrido se observan algunos vehículos con daños superficiales, a nivel interno del vehículo estos golpes pueden generar derrames o infiltraciones de productos como combustibles o aceites.

Dentro del área del proyecto, se identifica la presencia de una estación de autoconsumo de combustible que dispensa a los vehículos de la terminal que operan en la zona. Para esta estación, existe un tanque aéreo debidamente resguardado. Igualmente, toda la zona de expendio cuenta con una losa de concreto y las tuberías de transporte se encuentran soterradas en parte de la vía de trasiego. Se observa el cerramiento perimetral del área de dispensado que actúa como dique en caso de derrames. La figura 21 muestra una vista superior de esta zona de dispensado de combustibles. La escorrentía superficial de aguas corre de norte hacia el sur oeste por tal razón el punto de muestreo (piezómetro) se coloca aguas abajo en esta dirección para el análisis de esta zona.



Figura 21. 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 22. 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 eventualmente puede fugar al subsuelo y viajar de manera subsuperficial si no existe ningún tipo de confinamiento en la dirección de flujo antes mencionada. No obstante, para la fecha de la visita, no se identifica cualitativamente en campo, ningún agente perjudicial que pueda implicar un daño ambiental o de liberación de hidrocarburos desde las fuentes emisoras (camiones, zonas de mantenimiento, entre otros).



Figura 23. 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. El término hidrocarburos totales de petróleo (TPH) se usa para describir aun grupo extenso de varios cientos de sustancias químicas derivadas originalmente del petróleo crudo. En este sentido, los TPH son realmente una mezcla de sustancias químicas. Se les llama hidrocarburos porque casi todos los componentes están formados enteramente de hidrógeno y carbono. Para nuestro caso de estudio se analizan los hidrocarburos totales por el número de cadena y así es posible asociarlo algún tipo de combustible o lubricante presente en el área.

A raíz de eventos históricos, se evalúa el sector colindante entre la Zona II y la Zona III, donde por efectos de deposición de sedimentos costeros pueden 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 24. Final del camino en la cercanía del atracadero y desemboque de la quebrada.



Según la recopilación de entrevistas en campo, en el año 2022 se atiende 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 atiende la emergencia hasta tres (3) días después de sucedido 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, aun 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.

La figura 25 muestra la vista superior de parte de las instalaciones del SPC, específicamente el área de la bodega de almacenamiento de químicos, el taller de mantenimiento y otras zonas de almacenaje y oficinas administrativas.



Figura 25. Zona de control ambiental: áreas verdes en la cercanía de las instalaciones del INCOP.





Figura 26. Zona de control ambiental: lindero suroeste de la Zona III sin disposición de materia prima.

IV. EVALUACIÓN FÍSICO-MECÁNICA DE LOS MATERIALES

Las diferentes zonas han sido caracterizadas geomecánicamente en función de su textura para estimar, a partir de su distribución granulométrica y su porcentaje de humedad, el valor gravimétrico de los poros existentes en la fracción de suelo.

Tabla 7. Resumen de muestras de suelo ensayadas en laboratorio.

Sondeo	w% (cantidad de muestras)	Límites de Atterberg	Análisis Granulométrico
Z1-C1	-	--	G1 (0,50 m)
Z2-C2	-	--	G2 (0,50 m)

*L: Límite de Atterberg, G: Análisis granulométrico

La nomenclatura utilizada en las columnas de ensayos de límites de Atterberg y Análisis granulométrico se debe entender de la siguiente forma: [EX] (P), donde E es el tipo de ensayo, X es el consecutivo o numeración asignada a la prueba de laboratorio y P es la profundidad de la muestra que se extrajo para ensayar. De esta forma, si se refiere, por ejemplo, al segundo ensayo de Límites de Atterberg, realizado a 1,0m, entonces E=L, X=2 y P= 1,00m, por lo que se utilizan las siglas L2 (1,00m). Mientras que si, por ejemplo, se refiere al primer ensayo efectuado de granulometría realizado a 2,0m, entonces E=G, X=1 y P= 2,00m, resultando G1 (2,00m).



IV.1. Perfil estratigráfico del subsuelo

Las perforaciones realizadas son avanzadas mediante el método combinado de SPT y rotación. El Anexo C muestra los resultados de las pruebas de laboratorio de manera individual y detallada.

ZONA I: Área de Desarrollo Portuario (MOPT/INCOFER)

Estrato 1: Espesor variable aproximado entre 0,5 m hasta 1,0 m (-1,0 m de profundidad)

Relleno antropogénico: arcilla limosa color gris violácea con vetas blancas.

Límite líquido (LL): 65,0 %

Índice de plasticidad (IP): 25,0 %

Porosidad (n) entre: 55,0 – 60,0 %

Porcentaje de humedad (%w): 22 – 27,0%

N_{SPT}: 5 – 12

SUCS: MH

Estrato 2: Espesor variable aproximado entre 4,0 m hasta 5,0 m (-5,0 m de profundidad)

Arena mal gradada con presencia de limos gris violáceos de plasticidad baja.

Índice de plasticidad (IP): No plástico

Porosidad (n) entre: 15,0 – 37,0 %

Porcentaje de humedad (%w): 5 – 27,0%

Porcentaje de gravas (%Grava): 0,00 %

Porcentaje de arenas (%Arena) entre: 79,90 – 94,80%

Porcentaje de finos (%Finos) entre: 5,20 – 20,10%

N_{SPT}: 4 – 20.

SUCS: SP-SM

ZONA II: Área de Guardacostas

Estrato 1: Espesor variable aproximado entre 1,5 m hasta 2,5 m (-2,5 m de profundidad)

Relleno antropogénico: arcilla limosa color gris violácea con vetas blancas y presencia de grava media.

Límite líquido (LL): 35,0 %



Índice de plasticidad (IP): 15,0 %
Porosidad (n) entre: 25,0 – 40,0 %
Porcentaje de humedad (%w): 5 – 12,0%
N_{SPT}: 17 – RM.
SUCS: CL

Estrato 2: Espesor variable aproximado entre 1,0 m hasta 1,5 m (-3,5 m de profundidad)

Relleno antropogénico: Arena mal gradada con presencia de limos gris violáceos de plasticidad baja.

Índice de plasticidad (IP): No plástico
Porosidad (n) entre: 15,0 – 37,0 %
Porcentaje de humedad (%w): 5 – 27,0%
Porcentaje de gravas (%Grava): 0,00 %
Porcentaje de arenas (%Arena) entre: 79,90 – 94,80%
Porcentaje de finos (%Finos) entre: 5,20 – 20,10%
SUCS: SP-SM

Estrato 3: Espesor variable aproximado entre 0,5 m hasta 1,0 m (-1,0 m de profundidad)

Relleno antropogénico: Grava gruesa mal gradada (clastos métricos y decimétricos de lavas, areniscas y brechas) con tramos arcillo-arenosos gris violáceos.

Índice de plasticidad (IP): No plástico
Porosidad (n) entre: 10,0 – 25,0 %
Porcentaje de humedad (%w): 5 – 27,0%
Porcentaje de gravas (%Grava): 80,00 %
Porcentaje de arenas (%Arena): 10,0 %
Porcentaje de finos (%Finos): 10,0 %
SUCS: GP-ML

ZONA 3: Área de Puerto Caldera (el espesor de la losa se encuentra contemplado dentro del Estrato 2)

Estrato 1: Espesor aproximado de hasta 5,0 m (-5,0 m de profundidad, tomando como referencia P-7 y P-8)

Relleno antropogénico: arcilla limosa color gris violácea de plasticidad media con vetas blancas y presencia de grava media.



Límite líquido (LL): 35,0 %
Índice de plasticidad (IP): 15,0 %
Porosidad (n) entre: 25,0 – 40,0 %
Porcentaje de humedad (%w): 5 – 12,0%
N_{SPT}: 4 – 12.
SUCS: CL

Estrato 2: Espesor variable aproximado entre 0,5 m hasta 1,0 m (-1,0 m de profundidad)

Relleno antropogénico: Grava gruesa mal gradada (clastos métricos y decimétricos de lavas, areniscas y brechas) con tramos arcillo-arenosos gris violáceos y presencia de losa de concreto (Z3-P2,P3,P4) o adoquines (Z3-P6).

Índice de plasticidad (IP): No plástico
Porosidad (n) entre: 1,0 – 20,0 %
Porcentaje de humedad (%w): 5 – 11,0%
Porcentaje de gravas (%Grava): 70,00 %
Porcentaje de arenas (%Arena): 20,0 %
Porcentaje de finos (%Finos): 10,0 %
SUCS: GP-ML

Estrato 3: Espesor variable aproximado entre 4,0 m hasta 5,0 m (-5,0 m de profundidad)

Relleno antropogénico: Grava gruesa mal gradada (clastos métricos y decimétricos de lavas, areniscas y brechas) con tramos compuestos por limo arenoso de plasticidad baja color naranja y arcilla limosa color gris violácea.

Límite líquido (LL) entre: 30,0 – 65,0 %
Índice de plasticidad (IP) entre: 15,0 – 32,0 %
Porosidad (n) entre: 25,0 – 49,0 %
Porcentaje de humedad (%w): 5 – 27,0%
Porcentaje de gravas (%Grava): 70,00 %
Porcentaje de arenas (%Arena): 20,0 %
Porcentaje de finos (%Finos): 10,0 %
SUCS: GM-ML

IV.II. Profundidad del nivel freático

De acuerdo con las observaciones efectuadas en los sondeos exploratorios realizados, se detecta el nivel freático en todos los puntos investigados. Esta observación es válida en la fecha de ejecución de los trabajos de campo (noviembre, 2023).



En otras épocas del año se pueden presentar fluctuaciones en el nivel freático. Las profundidades regionales del nivel freático, tomando en cuenta el nivel del mar como referencia, son estimadas en el modelo hidrogeológico del apartado III.I. El nivel freático, desde la superficie se estima a un nivel de -3,0 m como promedio.

Tabla 8. Profundidad del nivel freático

ID Prueba	Coordenada X (CRTM05)	Coordenada Y (CRTM05)	Zona	Profundidad del nivel freático
Z1-P1	421891.60	1096638.58	Zona I	2,5 m
Z1-P2	421846.91	1096471.80	Zona I	3,2 m
Z1-P3	421746.84	1096441.83	Zona I	3,5 m
Z2-P1	421617.36	1096201.01	Zona II	2,5 m
Z2-P2	421616.11	1096087.39	Zona II	3,0 m
Z2-P3	421388.71	1096099.87	Zona II	2,5 m
Z3-P1	420766.11	1096011.66	Zona III	3,0 m
Z3-P2	421147.39	1095940.98	Zona III	3,5 m
Z3-P3	421212.39	1095934.90	Zona III	3,5 m
Z3-P4	421317.34	1095962.36	Zona III	3,5 m
Z3-P5	421292.23	1096132.11	Zona III	2,5 m
Z3-P6	420988.69	1096018.05	Zona III	3,0 m
Z3-P7	420849.87	1095728.38	Zona III	3,0 m
Z3-P8	421478.17	1095836.99	Zona III	2,0 m

IV.III. Resultados de las pruebas de permeabilidad

Para cada una de las zonas investigadas se ha ejecutado como mínimo una prueba de infiltración. Los resultados obtenidos de las pruebas de permeabilidad fueron los siguientes:

Tabla 9. Resumen de resultados de las pruebas de infiltración realizadas

Prueba	Tasa de infiltración (cm/min)	Velocidad de infiltración (m/s)	Velocidad de infiltración (m/día)
Z1-I1	0,81	$1,56 \times 10^{-6}$	0,0025
Z1-I2	0,76	$1,61 \times 10^{-6}$	0,0025
Z2-I1	0,78	$1,59 \times 10^{-6}$	0,0024
Z2-I2	0,77	$1,61 \times 10^{-6}$	0,0025
Z3-I1	75,0	$1,64 \times 10^{-7}$	0,0010
Z3-I2	60,0	$1,83 \times 10^{-7}$	0,0014

Según lo obtenido, para todas pruebas de infiltración se obtienen resultados característicos de un material de muy alta permeabilidad, sin embargo, incumple desde la normativa legal



para la ubicación de sistemas de infiltración al subsuelo mediante drenajes. Esto según los parámetros establecidos en el Decreto N° 42075-S-MINAE que dispone una tasa de infiltración permitida entre los 2min/cm y 24 min/cm.

No obstante, es importante aclarar que los sistemas de tratamiento identificados en la zona, ninguno dispone sus aguas tratadas mediante medios ordinarios de infiltración al subsuelo debido a la detección somera del nivel freático. En caso de considerar ampliaciones futuras, se recomienda implementar métodos como sistemas de tratamiento mejorados con biodigestores o tanques FAFA, o bien, según la disponibilidad de espacio, una planta de tratamiento de aguas residuales debidamente diseñada.

Tabla 10. Resultado de la prueba de infiltración realizada (Z1-P1)

Prueba de infiltración #Z1-P1				
Datos de campo				
Hora inicial	Hora Final	Lectura Inicial (cm)	Lectura Final (cm)	Diferencia (cm)
07:00:00	07:30:00	40	0	40
07:30:00	08:00:00	40	0	40
08:00:00	08:30:00	40	1	39
08:30:00	09:00:00	40	1	39
09:00:00	09:30:00	40	2	38
09:30:00	10:00:00	40	2	38
10:00:00	10:30:00	40	3	37
10:30:00	11:00:00	40	3	37
Ubicación: Distrito 02° San Juan, Cantón 02° Esparza, Provincia 06° Puntarenas				
Coordenadas: 1095847 N, 421483,0 O				
Profundidad de la gaveta: 0,3 metros				
Profundidad del ensayo: 0,9 metros				
Tasa de Infiltración				
T = 30/37				
T = 0.810810810810811 min/cm				
Velocidad de Infiltración				
Vp = 1.5734453258364E-06 m/s				



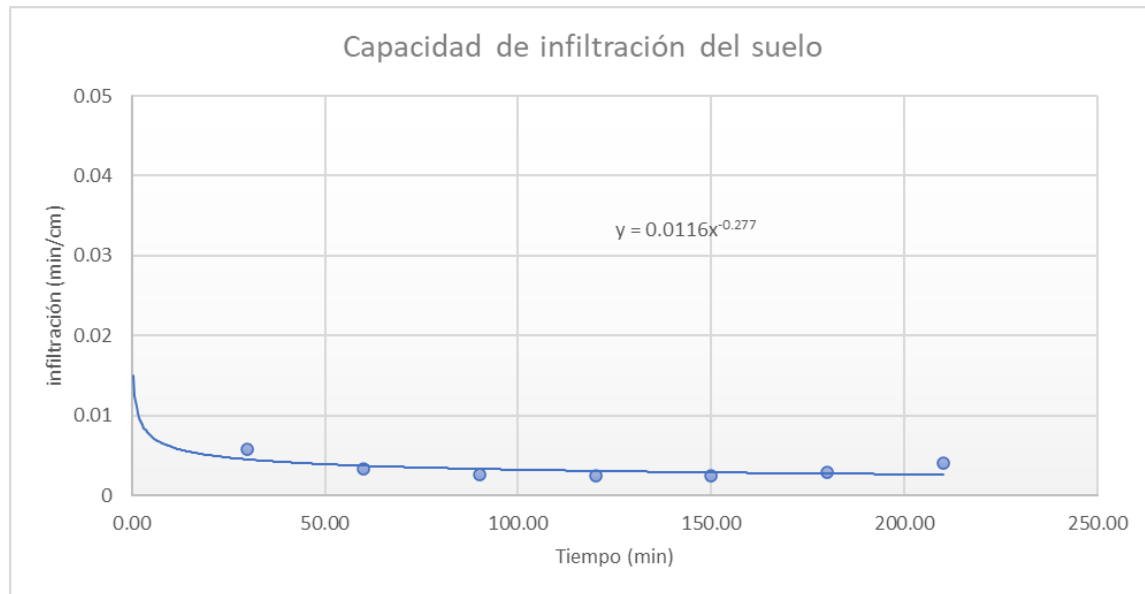


Gráfico 1. Curva de capacidad de infiltración (Z1-P)

Tabla 11. Resultado de la prueba de infiltración realizada (Z1-P2)

Prueba de infiltración #Z1-P2				
Datos de campo				
Hora inicial	Hora Final	Lectura Inicial (cm)	Lectura Final (cm)	Diferencia (cm)
07:00:00	07:30:00	40	0	40
07:30:00	08:00:00	40	0	40
08:00:00	08:30:00	40	0	40
08:30:00	09:00:00	40	0	40
09:00:00	09:30:00	40	0.5	39.5
09:30:00	10:00:00	40	0.5	39.5
10:00:00	10:30:00	40	1	39
10:30:00	11:00:00	40	1	39
Ubicación: Distrito 02° San Juan, Cantón 02° Esparza, Provincia 06° Puntarenas				
Coordenadas: 1095747 N, 420864.4 O				
Profundidad de la gaveta: 0,3 metros				
Profundidad del ensayo: 0,9 metros				
Tasa de Infiltración				
T = 30/39				
T = 0.769230769230769 min/cm				
Velocidad de Infiltración				
Vp = 1.61532783958927E-06 m/s				



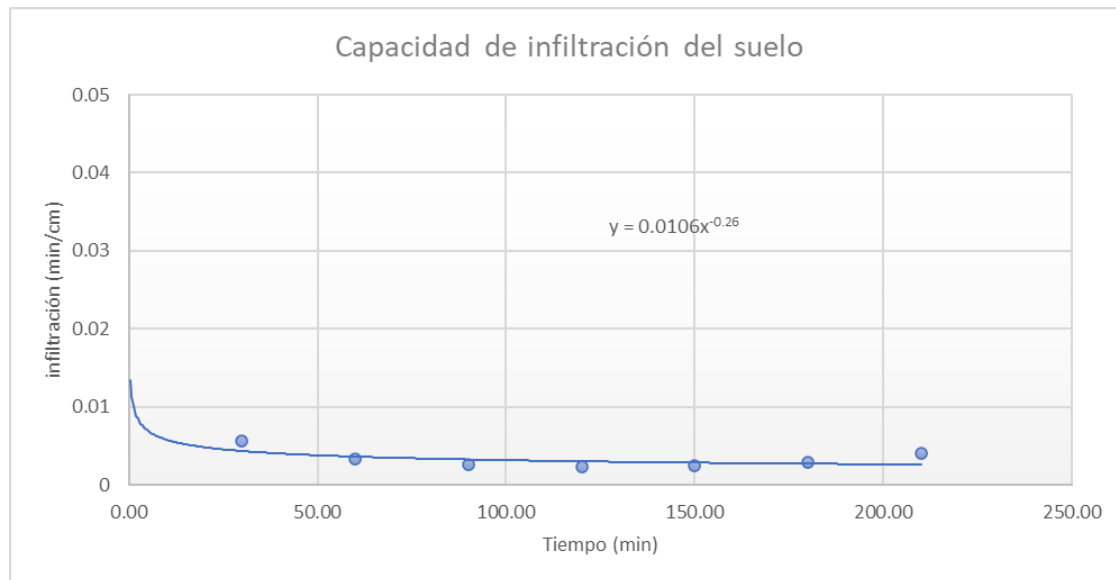


Gráfico 2. Curva de capacidad de infiltración (Z1-P2)

Tabla 12. Resultado de la prueba de infiltración realizada (Z2-P1)

Prueba de infiltración #Z2-P1				
Datos de campo				
Hora inicial	Hora Final	Lectura Inicial (cm)	Lectura Final (cm)	Diferencia (cm)
07:00:00	07:30:00	40	0	40
07:30:00	08:00:00	40	0	40
08:00:00	08:30:00	40	1	39
08:30:00	09:00:00	40	1	39
09:00:00	09:30:00	40	1	39
09:30:00	10:00:00	40	1	39
10:00:00	10:30:00	40	2	38
10:30:00	11:00:00	40	2	38
Ubicación: Distrito 02° San Juan, Cantón 02° Esparza, Provincia 06° Puntarenas				
Coordenadas: 1096171 N, 421567.1 O				
Profundidad de la gaveta: 0,3 metros				
Profundidad del ensayo: 0,9 metros				
Tasa de Infiltración				
T = 30/38				
T = 0.789473684210526 min/cm				
Velocidad de Infiltración				
Vp = 1.59452464227565E-06 m/s				



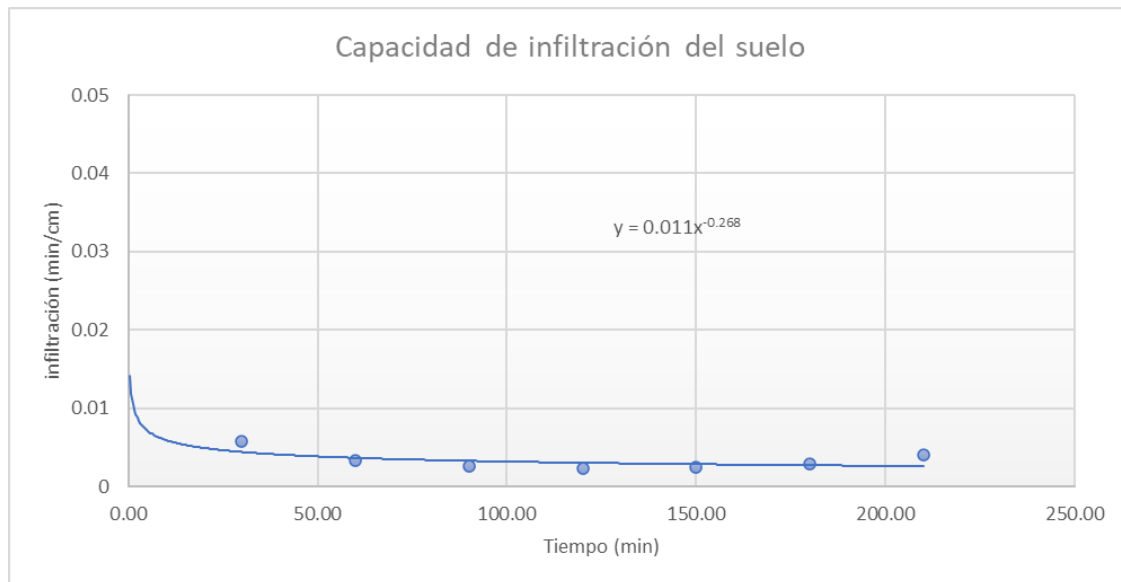


Gráfico 3. Curva de capacidad de infiltración (Z2-P1)

Tabla 13. Resultado de la prueba de infiltración realizada (Z2-P2)

Prueba de infiltración #Z2-P2				
Datos de campo				
Hora inicial	Hora Final	Lectura Inicial (cm)	Lectura Final (cm)	Diferencia (cm)
07:00:00	07:30:00	40	0	40
07:30:00	08:00:00	40	0	40
08:00:00	08:30:00	40	1	39
08:30:00	09:00:00	40	1	39
09:00:00	09:30:00	40	1	39
09:30:00	10:00:00	40	1	39
10:00:00	10:30:00	40	1	39
10:30:00	11:00:00	40	1	39
Ubicación: Distrito 02° San Juan, Cantón 02° Esparza, Provincia 06° Puntarenas				
Coordenadas: 421516,0 N, 1096037 O				
Profundidad de la gaveta: 0,3 metros				
Profundidad del ensayo: 0,9 metros				
Tasa de Infiltración				
T = 30/39				
T = 0.769230769230769 min/cm				
Velocidad de Infiltración				
Vp = 1.61532783958927E-06 m/s				



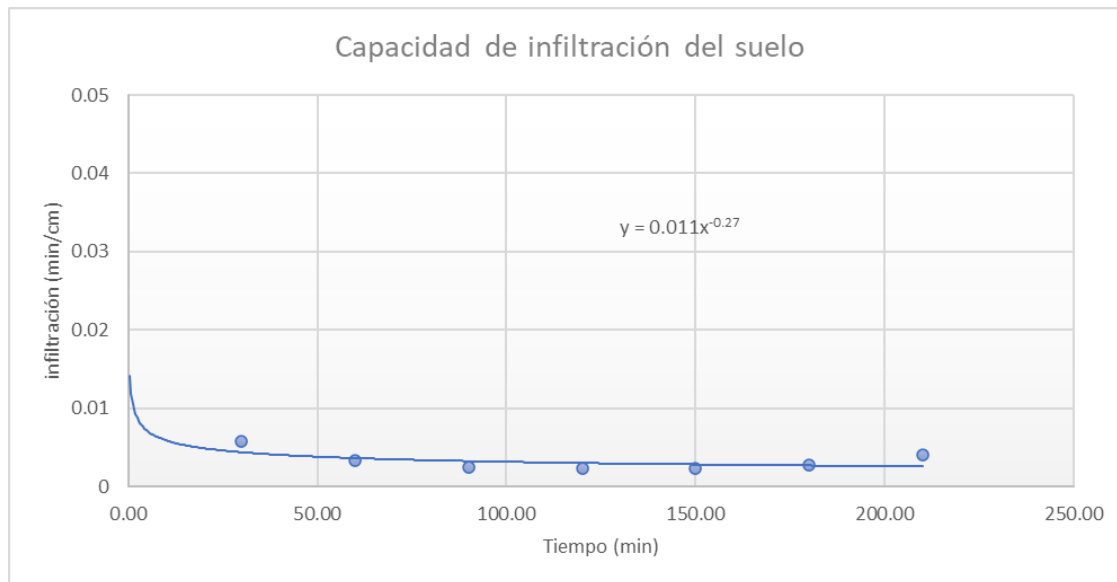


Gráfico 4. Curva de capacidad de infiltración (Z2-P2)

Tabla 14. Resultado de la prueba de infiltración realizada (Z3-P1)

Prueba de infiltración #Z3-P1				
Datos de campo				
Hora inicial	Hora Final	Lectura Inicial (cm)	Lectura Final (cm)	Diferencia (cm)
07:00:00	07:30:00	40	38.5	1.5
07:30:00	08:00:00	40	38.9	1.1
08:00:00	08:30:00	40	38.6	1.4
08:30:00	09:00:00	40	39.3	0.7
09:00:00	09:30:00	40	39.5	0.5
09:30:00	10:00:00	40	39.5	0.5
10:00:00	10:30:00	40	39.6	0.4
10:30:00	11:00:00	40	39.6	0.4
Ubicación: Distrito 02° San Juan, Cantón 02° Esparza, Provincia 06° Puntarenas				
Coordenadas: 421888.6 N, 1096627 O				
Profundidad de la gaveta: 0,3 metros				
Profundidad del ensayo: 0,9 metros				
Tasa de Infiltración				
T = 30/0.3999999999999999				
T = 75.00000000000003 min/cm				
Velocidad de Infiltración				
Vp = 1.64326971090497E-07 m/s				



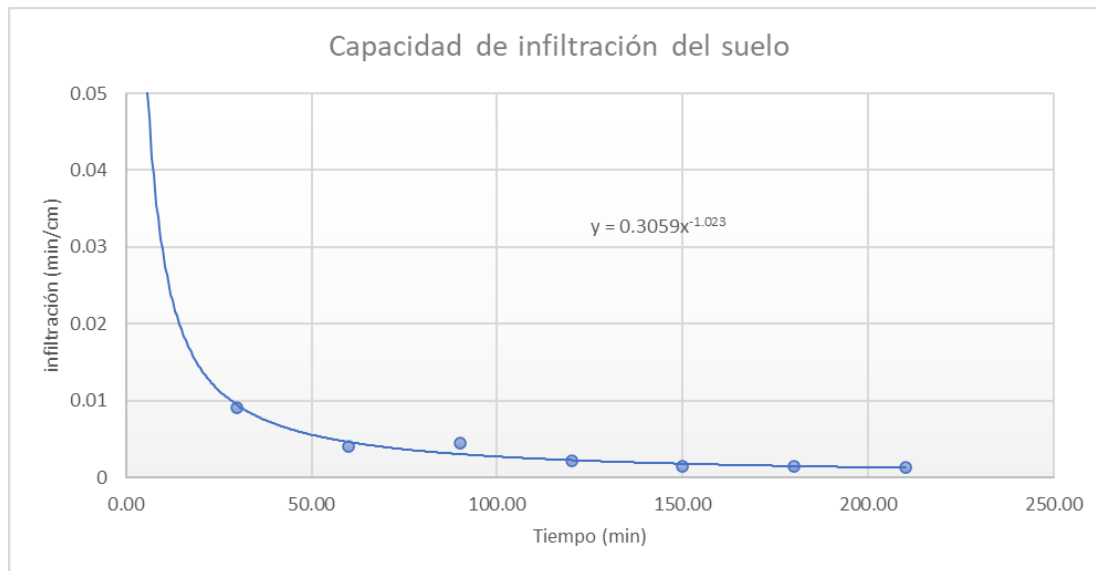


Gráfico 5. Curva de capacidad de infiltración (Z3-P1)

Tabla 15. Resultado de la prueba de infiltración realizada (Z3-P2)

Prueba de infiltración #Z3-P2				
Datos de campo				
Hora inicial	Hora Final	Lectura Inicial (cm)	Lectura Final (cm)	Diferencia (cm)
07:00:00	07:30:00	40	39	1
07:30:00	08:00:00	40	39.8	0.2
08:00:00	08:30:00	40	39.6	0.4
08:30:00	09:00:00	40	39	1
09:00:00	09:30:00	40	39	1
09:30:00	10:00:00	40	39	1
10:00:00	10:30:00	40	39.5	0.5
10:30:00	11:00:00	40	39.5	0.5
Ubicación: Distrito 02° San Juan, Cantón 02° Esparza, Provincia 06° Puntarenas				
Coordenadas: 421805,0 N, 1096475 O				
Profundidad de la gaveta: 0,3 metros				
Profundidad del ensayo: 0,9 metros				
Tasa de Infiltración				
T = 30/0.5				
T = 60 min/cm				
Velocidad de Infiltración				
Vp = 1.83682940764871E-07 m/s				



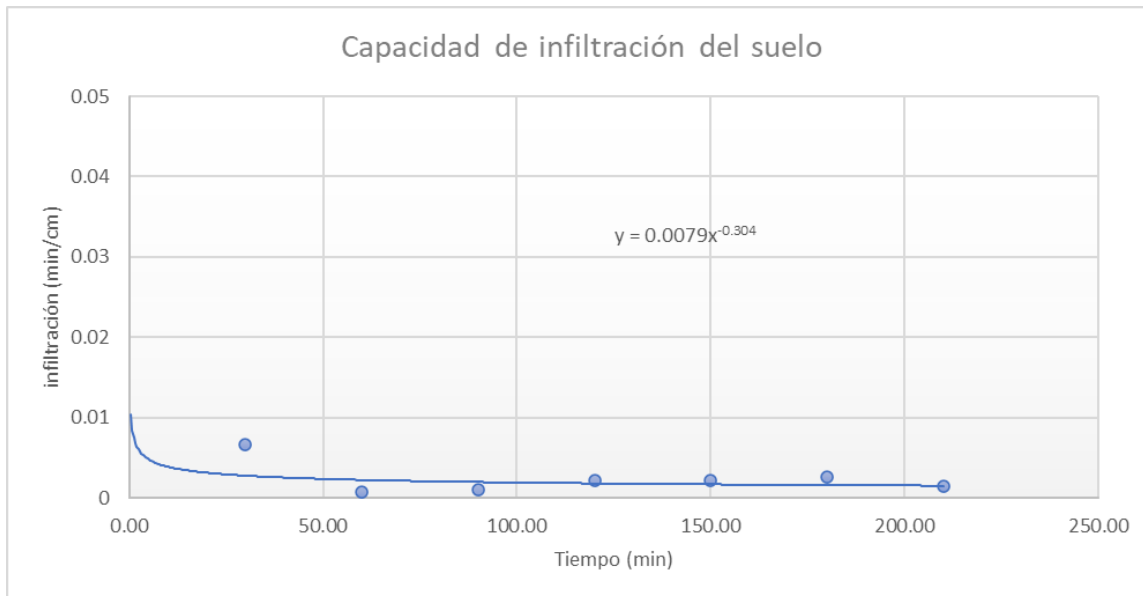


Gráfico 6. Curva de capacidad de infiltración (Z3-P2)

IV.IV. Evaluación de condiciones geotécnicas perjudiciales

En este apartado se describen los diferentes análisis realizados tales como: problemas geotécnicos, consideraciones litológicas, problemas del subsuelo, recomendaciones de solución ingenieril, nivel de cimentación actual y propuestas de solución.

IV.V. Licuación por sismos

Para que suceda el fenómeno de licuación deben presentarse las siguientes condiciones simultáneamente:

- Arenas finas con granulometría específica.
- Que las arenas estén sumergidas bajo el nivel freático.
- Que los finos sean no plásticos.
- Que estén en condición suelta

Para el caso analizado se descarta que se presente dicho fenómeno debido la presencia de suelos cohesivos y materiales granulares gruesos altamente compactos.



IV.VI. Estabilidad de taludes

El análisis de estabilidad de taludes se encuentra fuera de los alcances de este reporte. Sin embargo, debido a la topografía plana y la ausencia de taludes, no existe amenaza en cuanto a procesos de remoción de masa se refiere.

No obstante, se recomienda evaluar para la zona cercana al sondeo Z2-P3 la presencia de un agente de socavación generado por las estructuras de alcantarillado de aguas pluviales. La condición anterior alude a que, al existir un rompeolas, el efecto mareal es despreciable para este sector, no obstante, la estructura se encuentra socavada y en cercanía se identifica la presencia de una bodega de químicos que podría implicar un derrame en aguas marinas.

IV.VII. Sistemas de cimentación recomendados

El análisis de la resistencia se encuentra fuera de los alcances de este reporte. No obstante, evaluando las zonas donde se recuperó concreto asociado a la losa del pavimento rígido, se determina que el espesor integrado de la base y la carpeta cumple según el establecimiento de los lineamientos del oficio MOPT DVOP-5170-07.

Se evidencia además que los materiales que subyacen esta carpeta para las zonas donde se determinan estructuras son materiales muy densos y de granulometría gruesa que actuará como un disipador ante efectos de la licuefacción para zonas arenosas. El efecto anterior se cumple para la Zona II y la Zona III, más no así para la Zona I, cuyo desarrollo no se encuentra planteado a la fecha. En caso de que se desee disponer se deberá ejecutar un estudio de mecánica de suelos para la zona donde se llegue a disponer la sobrecarga estructural para determinar la resistencia de los geomateriales evaluados anteriormente.

IV.VIII. Coeficientes sísmicos

En este proyecto se tiene un suelo tipo **S3** en la **Zona IV**. El CCCR-09 recomienda la siguiente tabla para coeficientes dinámicos para distintos tipos de suelo según la zona en que se encuentre (Laporte 2004), obteniéndose un valor de **0,20g**.



Tabla 16. Coeficientes dinámicos según la zonificación sísmica de Costa Rica (ACG, 2012)

Tipo de sitio	Zona II	Zona III	Zona IV
S1	0,15	0,15	0,20
S2	0,15	0,20	0,20
S3	0,15	0,20	<u>0,20</u>
S4	0,15	0,20	0,25

Por otro lado, el coeficiente sísmico a utilizar en el diseño de las estructuras por construir y de acuerdo con el Capítulo 2 (secciones 2.1 y 2.2) y al Capítulo 5, del Código Sísmico de Costa Rica 2010, el proyecto se ubica en la zona sísmica II y los suelos se clasifican Tipo S3, por lo que se deberá utilizar para el factor espectral dinámico (FED) la figura 5.5.

Tabla 17. Aceleración pico efectiva de diseño para un período de retorno de 475 años y para diferentes zonas sísmicas y tipos de sitio (CFIA, 2014)

Tipo de sitio	Zona II	Zona III	Zona IV
S1	0,20	0,30	0,40
S2	0,24	0,33	0,40
S3	0,28	0,36	<u>0,44</u>
S4	0,34	0,36	0,36

El valor de aceleración pico efectiva de diseño para un período de retorno de 500 años para la zona de estudio es de **0,44g**.

V. ANÁLISIS HIDROLÓGICO-HIDRÁULICO LOCAL

V.I. Análisis hidrológico-hidráulico del proyecto

El presente apartado describe las características hidrológico-hidráulicas del proyecto y su influencia a la cuenca o microcuenca donde se localiza, qué, al introducir caudales externos o impermeabilizar una zona que aumentará la escorrentía mediante una reducción de la infiltración, genera un cambio en el desarrollo sostenible del área de influencia directa.

V.II. Características morfométricas de la microcuenca

V.II.I. Parámetros asociados al relieve

La Tabla 18 denota las características morfométricas de la totalidad de la cuenca y su cauce principal.



Tabla 18. Parámetros morfométricos asociados al relieve

Parámetro morfométrico	Unidades	Valor	
		Quebrada Sin Nombre (ZI)	Quebrada Sin Nombre (ZII y ZIII)
Perímetro (P)	km	1.91	3.79
Área (A)	km ²	0.1	0.68
Longitud máxima (L _M)	km	0.809	1.58
Ancho de la cuenca (A _c)	km	0.124	0.430
Cota máxima (H _{máx})	m.s.n.m.	83.2	160
Cota mínima (H _{mín})	m.s.n.m.	1.3	0
Desnivel altitudinal (DA)	m	81,9	160

Por su tamaño y perímetro se consideran como cuencas pequeñas. Poseen un desnivel topográfico muy bajo, no se identifica la presencia de sinuosidades en el recorrido del cauce y específicamente para el área del proyecto, se asocia con una cuenca de rápido flujo debido a que las aguas encausadas pertenecen en gran parte a las obras civiles que han dado raíz a las diversas zonas analizadas dentro del presente reporte.

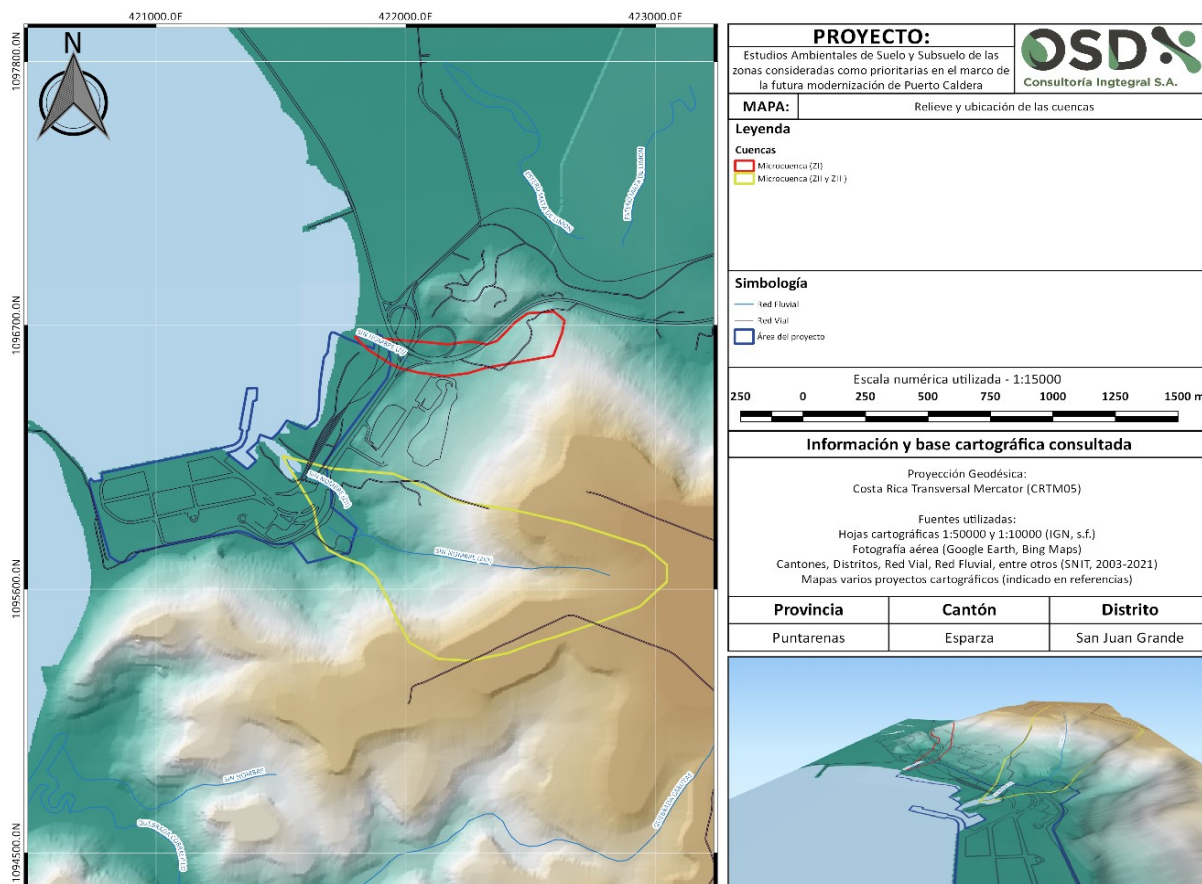


Figura 27. Mapa de relieve y ubicación donde se localiza la microcuenca analizada.



La elevación máxima medida para la quebrada sin nombre en Zona I es de **83,2 m.s.n.m.** y la mínima de **1.3 m.s.n.m.**, y la longitud de recorrido de la escorrentía de esta cuenca es de **0,23 km.** Por otro lado, la elevación máxima medida para la quebrada sin nombre en Zona II y Zona III es de **160 m.s.n.m.** y la mínima de **0 m.s.n.m.**, y la longitud de recorrido de la escorrentía de esta cuenca es de **1,17 km.** Con estas mediciones es posible completar el análisis de la cuenca tanto para parámetros que definen su comportamiento como para medir el tiempo de concentración estimado por diferentes métodos.

V.II.II. Parámetros asociados a la forma de la cuenca

Los parámetros de Factor Forma, Coeficiente de Compacidad y Coeficiente de Circularidad arrojan información importante acerca del comportamiento de la cuenca en caso de un evento de avenida máxima, los mismos se encuentran resumidos en la Tabla 19.

Tabla 19. Parámetros morfométricos asociados al relieve

Parámetro morfométrico	Quebrada Sin Nombre (ZI)	
	Valor	Forma característica
Factor Forma (R_F)	0,15	Estrecha
Coeficiente de compacidad (K_c)	1,69	Rectangular-oblonga
Índice de circularidad (I_c)	0,34	Ovalada
Parámetro morfométrico	Quebrada Sin Nombre (ZII y ZIII)	
	Valor	Forma característica
Factor Forma (R_F)	0,27	Alargada
Coeficiente de compacidad (K_c)	1,28	Oval redonda
Índice de circularidad (I_c)	0,59	Oval

El Factor de Forma es la relación entre el área (km^2) y la longitud axial de la cuenca elevada al cuadrado (km), dada por la siguiente ecuación:

$$R_F = \frac{A}{L_C^2}$$

Ecuación 1. Factor de forma.

En el caso de la cuenca de estudio la cuenca de la quebrada sin nombre en Zona I obtiene un valor de **0,15**. Por otro lado, la cuenca de estudio la cuenca de la quebrada sin nombre en Zona II y Zona III obtiene un valor de **0,27**. Según Ordoñez Gálvez (2011), los valores clasifican a las cuencas como **estrechas y alargadas respectivamente**.







Factor de forma (Ff)	0 - 0,25	0,25 – 0,50	0,50 – 0,75	0,75 – 1
	Estrecha	Alargada	Amplia	Ancha
$Ff = \left(\frac{A}{Lc^2} \right)$ <p> <i>Ff</i>= Factor de forma de Horton <i>A</i>= Área de la cuenca (m²) <i>Lc</i>= Longitud del cauce principal (m) </p>				
Producción sostenida de caudales	bajo	moderado	alto	Muy alto
Potencial a crecientes	bajo	moderado	alto	Muy alto

Figura 28. Descripción de cuencas a partir del factor de forma de Horton.

Por otro lado, el Coeficiente de Compacidad o Coeficiente de Gravelius es la relación del perímetro y el área de la cuenca, también en unidades de kilómetros, dada por la siguiente ecuación.

$$K_c = \frac{0,28P}{\sqrt{A}}$$

Ecuación 1. Coeficiente de compacidad o Índice de Gravelius.

Tabla 20. Parámetros morfométricos asociados al relieve

Clasificación	Coeficiente de compacidad
Casi redonda a oval-redonda	1.00 – 1.25
Oval-redonda a oval-oblonga	1.26 – 1.50
Oval-oblonga a rectangular-oblonga	1.51 – 1.75
Rectangular	>1.76

El valor obtenido de dicha relación fue de **1,69** para la microcuenca de la quebrada sin nombre en Zona I y de **1,28** para la microcuenca de la quebrada sin nombre en Zona II y Zona III. Describiendo la cuenca de Zona I como una **rectangular oblonga** y la cuenca de la Zona II y Zona III como **oval redonda**.



Finalmente, otro factor que permite caracterizar la forma de la cuenca es el Coeficiente de Circularidad que, tal y como indica su nombre, caracteriza la cuenca según su redondez. La relación es:

$$I_c = \frac{4\pi A}{P^2}$$

Ecuación 2. Índice de Circularidad.

El índice de circularidad de Miller varía entre 0 y 1. En este caso, valores cercanos a 1 indican morfologías ensanchadas, mientras que unos coeficientes de circularidad cercanos a 0 indican que las cuencas son alargadas. El valor obtenido de este parámetro fue de **0,34** característico de cuencas **ovaladas** para la microcuenca de la quebrada sin nombre en Zona I y de **0,59** característico de cuencas **ovales** para la microcuenca de la quebrada sin nombre en Zona II y Zona III.

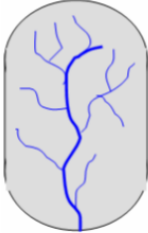
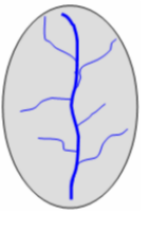


Índice de Circularidad de Miller (I_c)	0 - 0,25	0,25 - 0,50	0,50 - 0,75	0,75 - 1
	Oblonga	Ovalada	Oval	Circular
$I_c = \left(\frac{4\pi A}{P^2} \right)$ <p>I_c= Índice de circularidad de Miller A= Área de la cuenca (m^2) P= Perímetro de la cuenca (m)</p>				
Producción sostenida de caudales	Muy alto	alto	moderado	bajo
Potencial a crecientes	bajo	moderado	alto	Muy alto

Figura 29. Descripción de cuencas a partir del índice de circularidad de Miller.

La información anterior permite realizar un análisis acerca del comportamiento de la crecida del río en caso de un evento extraordinario. Para cuencas ovales y amplias, el tiempo de viaje del agua es mayor, sin embargo, el potencial a generar crecientes es elevado debido al caudal estable generado por la distribución de los cauces.

V.II.III. Parámetros asociados al cauce

Parte de la caracterización del cauce y la red de drenaje consiste en analizar parámetros como longitud del cauce principal, sus elevaciones y la pendiente promedio del cauce.



Tabla 21. Parámetros morfométricos asociados al cauce

Parámetro morfométrico	Unidades	Valor	
		Quebrada Sin Nombre (ZI)	Quebrada Sin Nombre (ZII y ZIII)
Longitud del cauce principal (L_{cp})	km	0,23	1,17
Altitud mayor del cauce ($A_{máx}$)	m.s.n.m.	9	150
Altitud menor del cauce ($A_{mín}$)	m.s.n.m.	1	0
Pendiente promedio del cauce (S_c)	%	10,12	10,12

Tabla 22. Clasificación de cauces por pendiente

Tipo de relieve	Pendiente (°)
Plano	0,00 – 3,00
Suave	3,00 – 7,00
Mediano	7,00 – 12,00
Accidentado	12,00 – 35,00
Fuerte	35,00 – 50,00
Muy Fuerte	50,00 – 75,00
Escarpado	>75,00

De acuerdo con la clasificación del cauce por pendiente se describe un tipo de relieve con pendiente accidentada.

V.III. Uso y tipo de suelo de la microcuenca

V.III.I. Cobertura superficial de la microcuenca (uso del suelo)

La escorrentía superficial se encuentra regida por el medio en el que fluye, donde su rugosidad, capacidad de infiltración, pendiente natural, potencial a evaporarse o evapotranspirarse y la intercepción en la superficie donde las aguas meteóricas caen, corresponden a características que definen el volumen que llegará a moverse libremente sin la existencia de pérdidas en un medio ideal. Por tanto, se analiza la capacidad de fluir del agua superficial según el porcentaje representativo del suelo según su uso.

La Figura 30 muestra las características que se consideran en el suelo, tomando en cuenta que las aguas escurren desde las partes de mayor elevación hasta el punto de análisis.



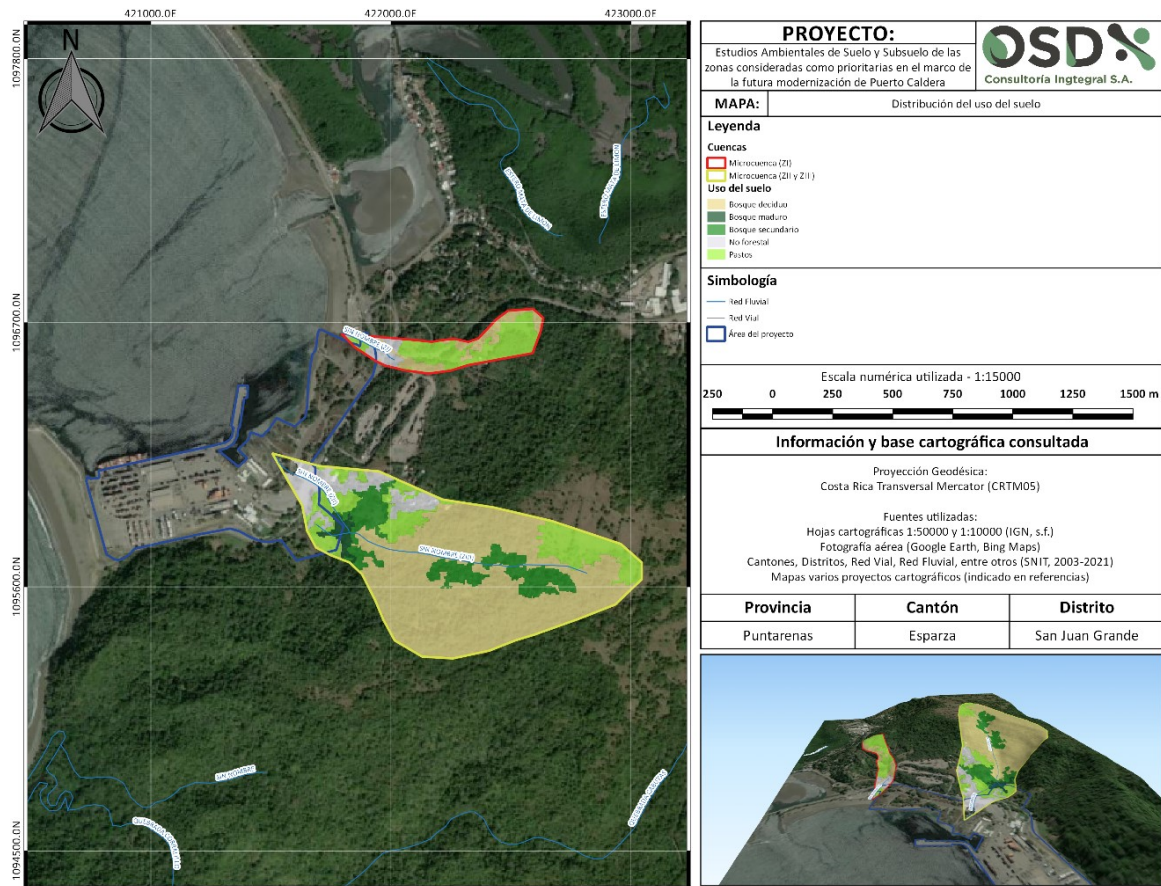


Figura 30. Mapa de uso del suelo con la condición actual

El cauce de ambos ríos se encuentra cubierto una abundante cobertura forestal característica de la zona como decidua, es decir, con la capacidad de perder sus hojas en épocas de extremas temperaturas. El área forestal se extiende más allá de la zona analizada, siendo para el área del proyecto, la principal cobertura de tipo no forestal. Sin embargo, se menciona la posibilidad que para la Zona II y la Zona III, la microcuenca alberga una zona forestal de bosque maduro, tal cual observación no fue determinada en campo para los linderos suroeste de la propiedad analizada en las instalaciones del INCOP y el sector de Puerto Caldera.

La mayoría de la cuenca se encuentra cubierta por bosque, pastos, cultivos y zonas urbanas. Lo que indica que la cuenca posee alta permeabilidad, disminuyendo la considerablemente el coeficiente de escorrentía superficial del agua y con ello el caudal de diseño.

No se reporta la presencia de cobertura forestal (bosque secundario, deciduo, maduro o plantaciones forestales) en el área del proyecto, característica interpretada como un



cambio en el uso debido a la instauración y expansión del Puerto Caldera. Desde un punto de visto de los ecosistemas en las aguas marinas, se identifican organismos vertebrados y vegetación litoral (mangle, palmas, escasas algas) en el sector de Guardacosta y el sector de INCOFER, lo cual implica un desarrollo sostenible de las instalaciones y un cambio del uso del suelo leve, por lo que, comparativamente, **la zona aún tiene capacidad de uso de tierra.**

V.III.II. Cobertura superficial de la microcuenca (tipos de suelo)

A partir de la zonificación geotécnico-edafológica contemplada en el CCCR (CFIA, 2014), se determina la distribución de los suelos a lo largo de **ambas microcuencas**, en asociación con las características reportadas en la evaluación geológico-geotécnica del proyecto.

Se observa una predominancia de **suelos aluviales saturados y suelos residuales rojizos** que tienen una relación directa con la meteorización de estratos rocosos del sitio y la presencia de depósitos aluviales, siendo congruente con las observaciones geológicas de campo que definen una zona con depósitos aluviales recientes.

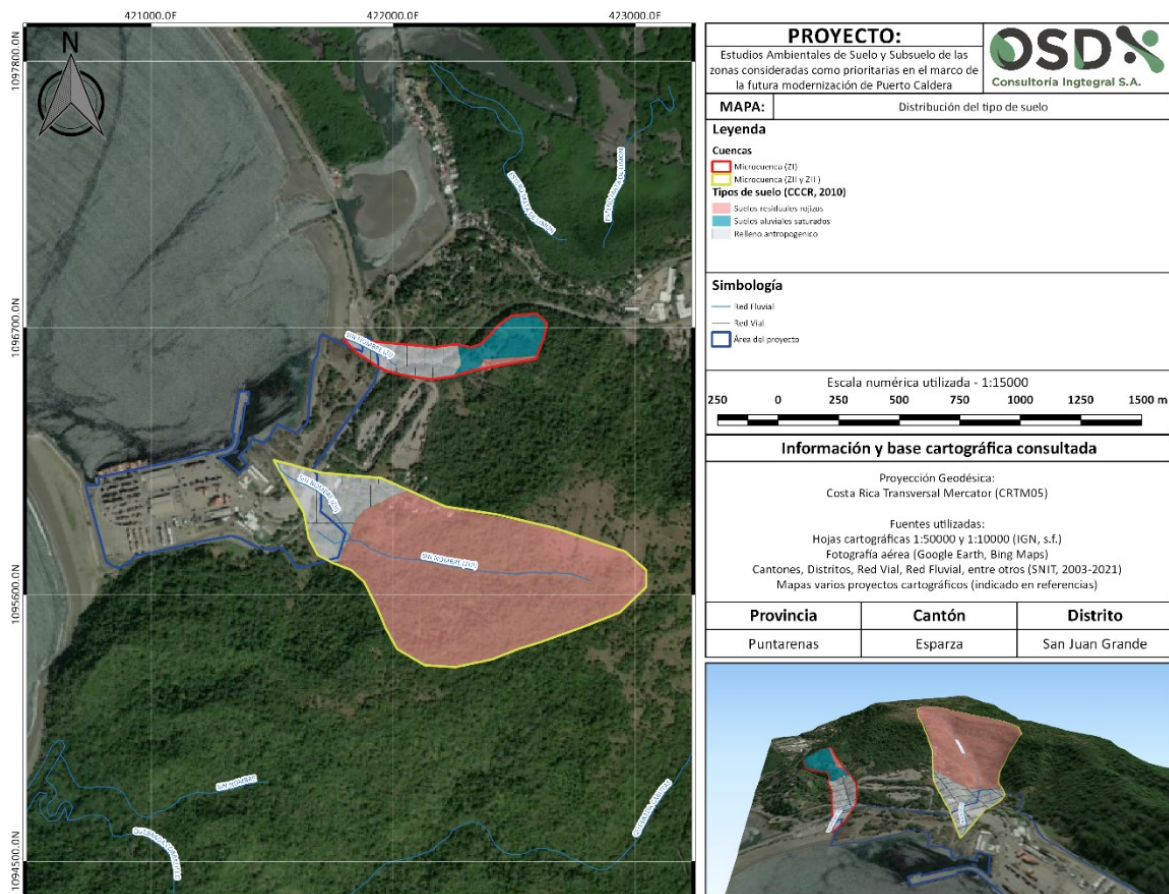


Figura 31. Mapa edafológico (tipo de suelo) del área del proyecto.



Asimismo, se interpreta, debido a la limitada cobertura de la zonificación edafológico-geotécnica del Código de Cimentaciones de Costa Rica, que gran parte del terreno ha sido un relleno antropogénico compuesto por los materiales que dieron origen a los suelos antes mencionados.

V.IV. Parámetros hidráulicos utilizados

V.V. Coeficiente de escorrentía ponderado del área del proyecto

El coeficiente de escorrentía es la relación entre el volumen de agua de escorrentía superficial total y el volumen total de agua precipitado, en un intervalo de tiempo determinado. Este coeficiente se puede definir como relativo a una lluvia aislada o a un intervalo de tiempo en donde ocurren varias lluvias. Para ello, se pondera el coeficiente de escorrentía en función del área según su uso del suelo, tomando los valores de la tabla adjunta.

Tabla 23. Parámetros morfométricos asociados al cauce

Características de la superficie	Período de retorno						
	2	5	10	25	50	100	500
ÁREAS DESARROLLADAS							
Construcciones							
Asfáltico	0,73	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95	1,00
Concreto/Techo	0,75	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97	1,00
Zonas verdes							
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
Plano 0 – 2,0 %	0,32	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,58
Promedio 2,0 – 7,0%	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53	0,61
Superior a 7,0 %	0,37	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55	0,62
Condición promedio (cubierta de pasto del 50% al 75% del área)							
Plano 0 – 2,0 %	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Promedio 2,0 – 7,0%	0,29	0,32	0,35	0,42	0,45	0,49	0,58
Superior a 7,0 %	0,34	0,37	0,40	0,46	0,49	0,53	0,60
Condición buena (cubierta de pasto mayor al 75% del área)							
Plano 0 – 2,0 %	0,21	0,23	0,25	0,29	0,32	0,36	0,49
Promedio 2,0 – 7,0%	0,29	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46	0,56
Superior a 7,0 %	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51	0,58
ÁREAS NO DESARROLLADAS							
Área de cultivos							
Plano 0 – 2,0 %	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,57
Promedio 2,0 – 7,0%	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,60



Superior a 7,0 %	0,39	0,42	0,44	0,46	0,51	0,54	0,58
Pastizales							
Plano 0 – 2,0 %	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Promedio 2,0 – 7,0%	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Superior a 7,0 %	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
Bosques							
Plano 0 – 2,0 %	0,22	0,25	0,28	0,31	0,35	0,39	0,48
Promedio 2,0 – 7,0%	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,56
Superior a 7,0 %	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52	0,58

El coeficiente de escorrentía superficial ponderado es calculado mediante la siguiente expresión:

$$\bar{C} = \frac{\sum A_i C_i}{\sum A_i}$$

Ecuación 3. Índice de Circularidad.

Donde:

C: Coeficiente de escorrentía promedio de la cuenca

A_i: Área de zona caracterizada en superficie

C_i: Coeficiente de escorrentía de la zona caracterizada en superficie

Para el cálculo del coeficiente de escorrentía se toman en cuenta todas las áreas de construcción, así como las zonas verdes que se muestran a continuación:

Tabla 24. Resumen de áreas y coeficientes de escorrentía para la Microcuenca de Zona I (T_R = 5, 10 y 25 años)

Uso de suelo actual	Área (m ²)	Área (%)	C _{5años}	C _{10años}	C _{25años}
No forestal (construcción)	14.930,0	8.42%	0,80	0,83	0,88
Zonas verdes (pastizales)	62.734,0	16.64%	0,37	0,40	0,44
Forestal	27.257,0	74.95%	0,39	0,41	0,45
Total	103.923,0	100,0	0.41	0.44	0.50

Tabla 25. Resumen de áreas y coeficientes de escorrentía para la Microcuenca de Zona II y Zona III (T_R = 5, 10 y 25 años)

Uso de suelo actual	Área (m ²)	Área (%)	C _{5años}	C _{10años}	C _{25años}
No forestal (construcción)	57.985,42	8.42%	0,80	0,83	0,88
Zonas verdes (pastizales)	114.655,58	16.64%	0,37	0,40	0,44
Forestal	516.414,05	74.95%	0,39	0,41	0,45



Total	689.055,05	100,0	0,413	0,435	0,481
--------------	------------	-------	-------	-------	-------

Con estos valores detallados anteriormente se obtiene un coeficiente de escorrentía promedio de **44%** de cobertura para un período de retorno de 10 años para efectos de capacidad de los sistemas hidráulicos pertenecientes a la microcuenca en Z1, Z2 y Z3. Para evaluar la posibilidad de afectación por socavación o flujo de detritos en las quebradas sin nombre, se considera una cobertura en la condición futura de **50%** para un período de retorno de 25 años.

V.VI. Períodos de retorno

Para el caso de caudal de diseño, el período de retorno se define como el intervalo de tiempo dentro del cual la tormenta de diseño puede ser igualado o excedido por lo menos una vez, estos se determinan con los daños, perjuicios o molestias causados a los ocupantes de las edificaciones.

En este caso se realiza el cálculo con un período de retorno igual a 10 años, como mínimo según el capítulo 6, sección 6.2.1, de la normativa técnica “Diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, saneamiento y pluvial” de Acueductos y Alcantarillados.

V.VII. Tiempo de concentración o duración de la tormenta

El tiempo de concentración corresponde al tiempo que transcurre en el viaje de una gota de agua desde el punto más alejado de una cuenca, hasta el punto más bajo o punto de concentración. El tiempo de rezago o tiempo de retardo, corresponde al tiempo que transcurren entre el instante de máxima intensidad de precipitación y el pico de la creciente.

Según SCS (1994), el tiempo de retardo corresponde al 60% del tiempo de concentración con base en su relación empírica. Para la cuenca del proyecto se toma como base el valor de **10,0 min** debido a que los tiempos de concentración teóricos para las cuencas son menores a este tiempo estipulado según la norma técnica del AyA.

Tabla 26. Parámetros morfométricos asociados al cauce

Metodología para el cálculo de t_c	Unidades	Valor	
		Zona I	Zona II y Zona III
California Culvert Practice	min	1,91	9,61
Kirpich	min	1,00	5,02



V.VIII. Intensidad de la lluvia

El cálculo de la intensidad se realiza para un período de 10 años y comparativamente para los rangos inferiores y superiores, es decir 5 años y 25 años respectivamente. En este caso, se busca aplicar el método de las curvas IDF. Una curva IDF o de Intensidad-Duración-Frecuencia es una relación matemática, generalmente empírica, entre la intensidad de precipitación su duración y la frecuencia con la que se observa.

La frecuencia de las precipitaciones intensas puede caracterizarse mediante períodos de retorno que no son más que la inversa de la frecuencia. La intensidad de precipitación según Chow et al. (1994), se define como la tasa temporal de precipitación, es decir, la altura de agua de precipitación por unidad de tiempo.

Las curvas IDF pueden tomar diferentes expresiones matemáticas, teóricas o empíricas, que se ajustan a los datos de precipitación de un determinado observatorio. Para cada duración de una tormenta definida a partir del tiempo de concentración en las microcuencas, se estima la ECDF o función probabilidad empírica y se fija una frecuencia o período de retorno determinado. Por lo tanto, la curva IDF empírica viene dada por la unión de los puntos de igual frecuencia de ocurrencia y diferente duración e intensidad. Así mismo, una curva IDF teórica o semi-empírica es aquella cuya expresión matemática se justifica físicamente, pero presenta parámetros que deben estimarse mediante ajustes empíricos.

Existe un gran número de aproximaciones empíricas que relacionan la intensidad (I), la duración (tc) y el período de retorno (T), para el proyecto en cuestión se utilizó la ecuación formulada a partir de una regresión lineal según Aparicio (1997), con las constantes ajustadas y utilizando la estación Esc. Centroamericana Ganadería (84-145), que es la más cercana con información disponible para determinar estos valores para el proyecto.

$$I = 170,69 \frac{T^{0,107}}{D^{0,239}}$$

Ecuación 4. Ecuación de intensidad para la estación Esc. Centroamericana Ganadería (84-145)

Es así como se determina el valor de la intensidad mediante esta fórmula y con los parámetros indicados, para el cada periodo de retorno se tiene una intensidad descrita a continuación:



Tabla 27. Intensidad de la tormenta a diferentes períodos de retorno

Período de retorno	Intensidad de la tormenta
$T_R = 5$ años	125,95 mm/h
$T_R = 10$ años	138,93 mm/h
$T_R = 25$ años	149,62 mm/h

V.IX. Cálculo del caudal de desfogue

Para el cálculo del caudal se utilizó el método racional. Este es un método empírico que se utiliza para encontrar el caudal máximo correspondiente a un periodo de retorno dado. El mismo supone que la precipitación de diseño es de intensidad, duración y frecuencia constante y uniforme en toda la extensión de la cuenca y se genera en el momento que el evento de máxima escorrentía ocurre cuando la duración de la tormenta equivale al tiempo de concentración (Villón, 2004).

Adicionalmente, fue comparado el cálculo del caudal mediante el método racional con el hidrograma del SCS implementado para cuencas con áreas medias para establecer un parámetro de control a la hora de la selección del valor crítico y la incertidumbre existente en la distribución del uso del suelo e impermeabilización.

Según el capítulo 6, sección 6.2 Caudal de diseño, de la normativa del AyA (2017), el cálculo del caudal de escorrentía se debe realizar mediante el método racional, el cual se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{CIA}{3,6}$$

Ecuación 5. Ecuación de intensidad para la provincia de Limón.

Donde:

- Q: Caudal de escorrentía/diseño (m^3/s)
- C: Coeficiente de escorrentía ponderado
- I: Intensidad de la lluvia de diseño (mm/h)
- A: Área a drenar de la microcuenca (km^2)

Los cálculos hidrológicos para el área de drenaje en el proyecto se realizan estimando el incremento de la escorrentía pluvial producto del desarrollo del proyecto y el impacto en el medio ambiente y entorno cercano.



V.X. Desfogue del AP (Zona I)

Considerando las condiciones previas al desarrollo, se definen los caudales siguiendo los métodos anteriormente detallados

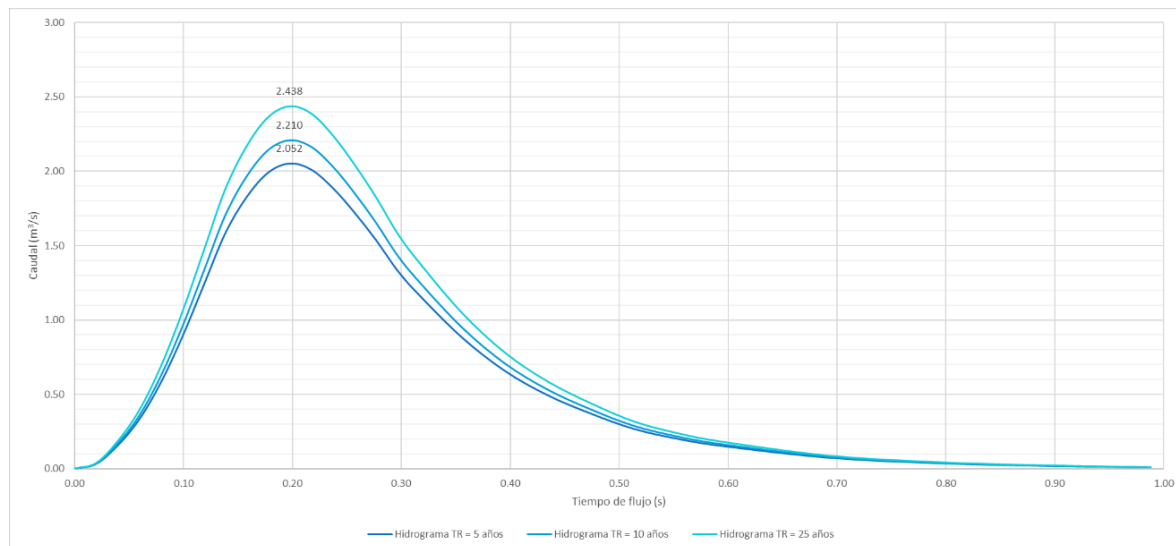


Gráfico 7. Cálculo de caudales según el hidrograma del SCS para diferentes períodos de retorno (condición actual).

Tabla 28. Caudales calculados para diferentes períodos de retorno

Período de retorno	Coefficiente de escorrentía	Intensidad de lluvia (mm/h)	Área a drenar (km ²)	Caudal Hidrograma SCS (m ³ /s)	Caudal Método Racional (m ³ /s)
T_R = 5 años	0.41	116.95	0,103	2,05	1.37
T_R = 10 años	0.44	125.95		2,21	1.59
T_R = 25 años	0.5	138.93		2,44	1.99

Es importante mencionar que el hidrograma SCS, no considera la influencia del uso del suelo y la impermeabilización, por lo que para cuencas pequeñas (inferiores a 15 km² de área de drenaje) se obtienen caudales de diseño inferiores. Asimismo, el método racional, no debe aplicarse para cuencas medianas a intermedias (superiores a 15 km²), debido a la incertidumbre en la ponderación de la distribución de la tormenta. Por tanto, el caudal obtenido del método racional corresponde al valor de diseño al incorporar en cuencas de áreas pequeña la influencia del porcentaje de escorrentía.



V.XI. Desfogue del AP (Zona II y Zona III)

Considerando las condiciones previas al desarrollo, se definen los caudales siguiendo los métodos anteriormente detallados

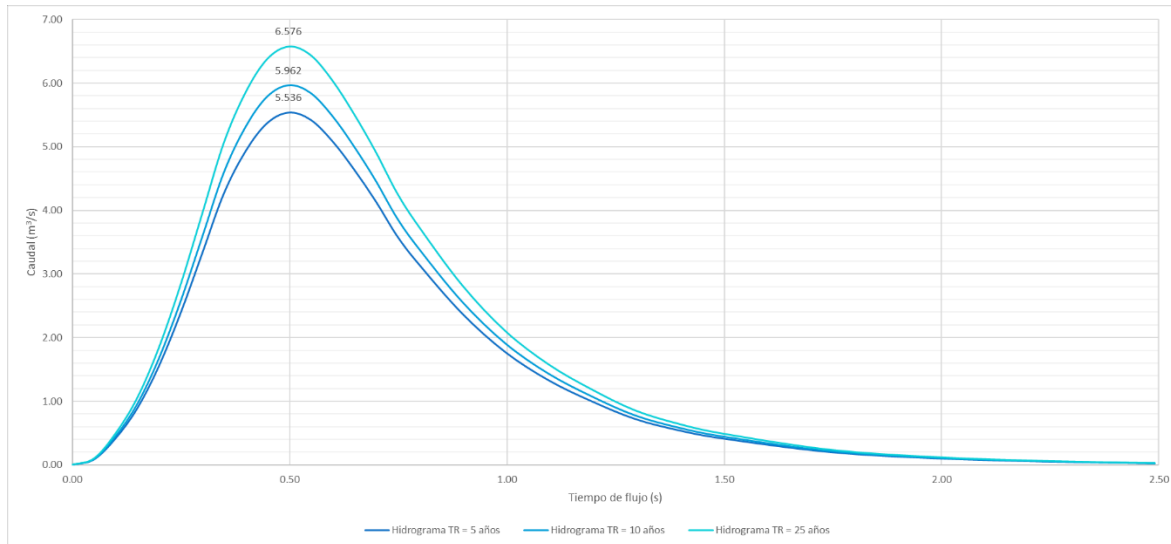


Gráfico 8. Cálculo de caudales según el hidrograma del SCS para diferentes períodos de retorno (condición actual).

Tabla 29. Caudales calculados para diferentes períodos de retorno

Período de retorno	Coefficiente de escorrentía	Intensidad de lluvia (mm/h)	Área a drenar (km ²)	Caudal Hidrograma SCS (m ³ /s)	Caudal Método Racional (m ³ /s)
T_R = 5 años	0.41	116.95	0,68	5,54	9.06
T_R = 10 años	0.44	125.95		5,96	10.47
T_R = 25 años	0.48	138.93		6,58	12.60

Es importante mencionar que el hidrograma SCS, no considera la influencia del uso del suelo y la impermeabilización, por lo que para cuencas pequeñas (inferiores a 15 km² de área de drenaje) se obtienen caudales de diseño inferiores. Asimismo, el método racional, no debe aplicarse para cuencas medianas a intermedias (superiores a 15 km²), debido a la incertidumbre en la ponderación de la distribución de la tormenta. Por tanto, el caudal obtenido del método racional corresponde al valor de diseño al incorporar en cuencas de áreas pequeña la influencia del porcentaje de escorrentía.



V.XI.I. Resumen de parámetros morfométricos de la cuenca

Se resumen los parámetros morfométricos de la microcuenca anteriormente detallados, para caracterizar su potencial de inundación y torrencialidad.

Tabla 30. Resumen de resultados morfométricos de la cuenca

Parámetros morfométricos generales de la cuenca	Unidades	Valor	
		Quebrada Sin Nombre (ZI)	Quebrada Sin Nombre (ZII y ZIII)
Área de la cuenca	km ²	0.10	0.68
Perímetro de la cuenca (P)	km	1.91	3.79
Longitud máxima (L _M)	km	0.81	1.58
Ancho de la cuenca (A _C)	km	0.124	0.430
Longitud hasta el centroide (L _{cent})	km	0.42	0.82
Parámetros morfométricos asociados al relieve de la cuenca	Unidades	Valor	
		Quebrada Sin Nombre (ZI)	Quebrada Sin Nombre (ZII y ZIII)
Elevación máxima de la cuenca (H _{max})	m.s.n.m.	83.20	160.00
Elevación mínima de la cuenca (H _{min})	m.s.n.m.	1.30	0.00
Elevación media de la cuenca (H _{med})	m.s.n.m.	-	120.00
Elevación más frecuente de la cuenca (H _{fr})	m.s.n.m.	-	144.00
Desnivel altitudinal (ΔH)	m	81.90	160.00
Pendiente promedio de la cuenca (S _{med})	%	10.12%	10.13%
Rectángulo equivalente – Lado mayor (L)	km	0.84	1.41
Rectángulo equivalente – Lado menor (l)	km	0.12	0.48
Índice de pendiente (I _p)	-	0.29	0.31
Parámetros morfométricos asociados a la forma de la cuenca	Unidades	Valor	
		Quebrada Sin Nombre (ZI)	Quebrada Sin Nombre (ZII y ZIII)
Factor Forma (R _F)	-	0.15	0.27
Coeficiente de compacidad (K _C)	-	1.69	1.29
Índice de circularidad (I _C)	-	0.34	0.59
Parámetros morfométricos asociados a la red de drenaje	Unidades	Valor	
		Quebrada Sin Nombre (ZI)	Quebrada Sin Nombre (ZII y ZIII)
Longitud del cauce principal (L _{cauce})	Km	0,23	1,17
Elevación mayor del cauce (A _{max})	m.s.n.m.	9	150
Elevación menor del cauce (A _{min})	m.s.n.m.	1	0
Pendiente media del cauce (A _{med})	%	3,48	12,82
Orden de drenaje de la cuenca O _N	-	1	2



V.XI.II. Análisis hipsométrico de la microcuenca (Zona II y Zona III)

A partir de la distribución de elevaciones en la cuenta y su frecuencia, se genera la curva hipsométrica de la cuenca para categorizar esta como una cuenca joven por su perfil nivelado en las elevaciones superiores y la disminuida erosión existente en las elevaciones medias e inferiores. Similarmente, las elevaciones más frecuentes corresponden a las situadas por debajo de los **144,0 m.s.n.m.**

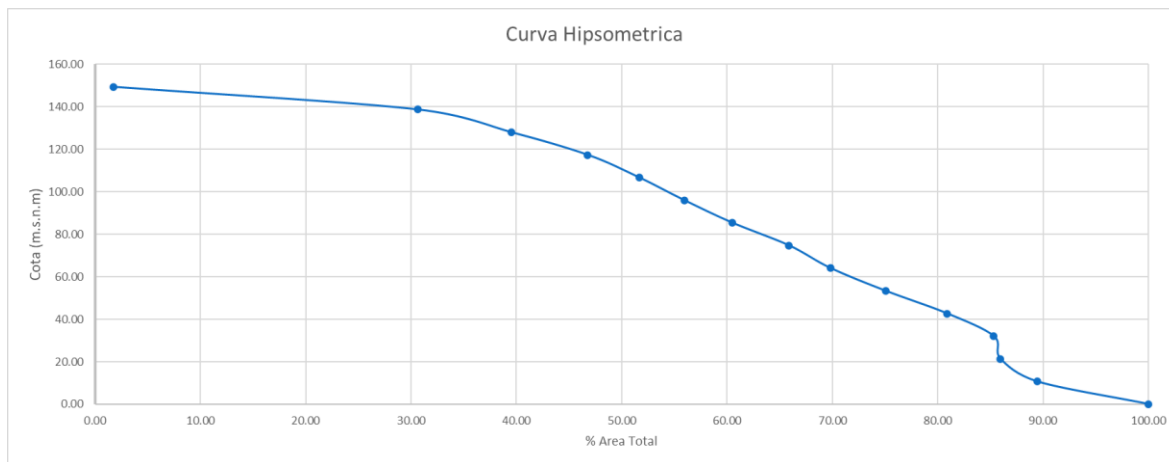


Gráfico 9. Curva hipsométrica de la microcuenca analizada

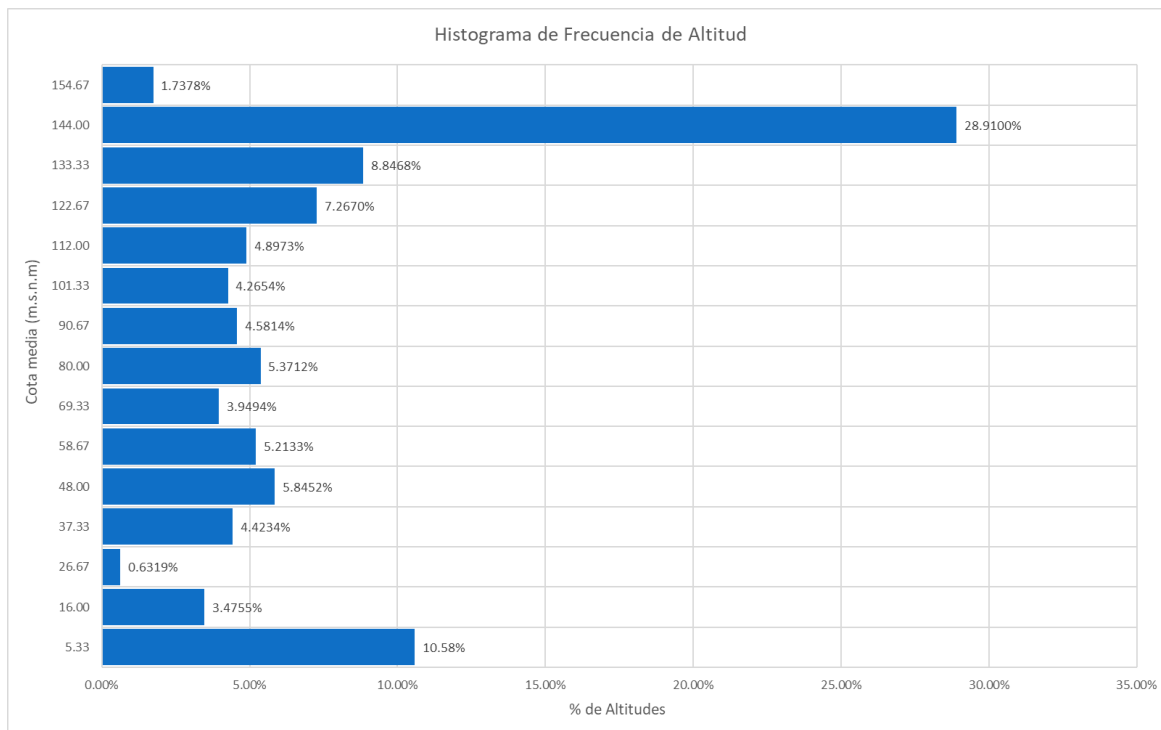


Gráfico 10. Histograma de frecuencia altitudinal de la microcuenca analizada



V.XII. Análisis de vulnerabilidad y amenaza a potenciales inundaciones

Según los proyectos cartográficos de la CNE, se detecta la presencia de zonas de potencial inundación en la cercanía al AP, no obstante, las zonas con este evento hidrometeorológico se encuentran fuera del área del proyecto y por tanto, la afectación será mínima desde un punto de vista regional.

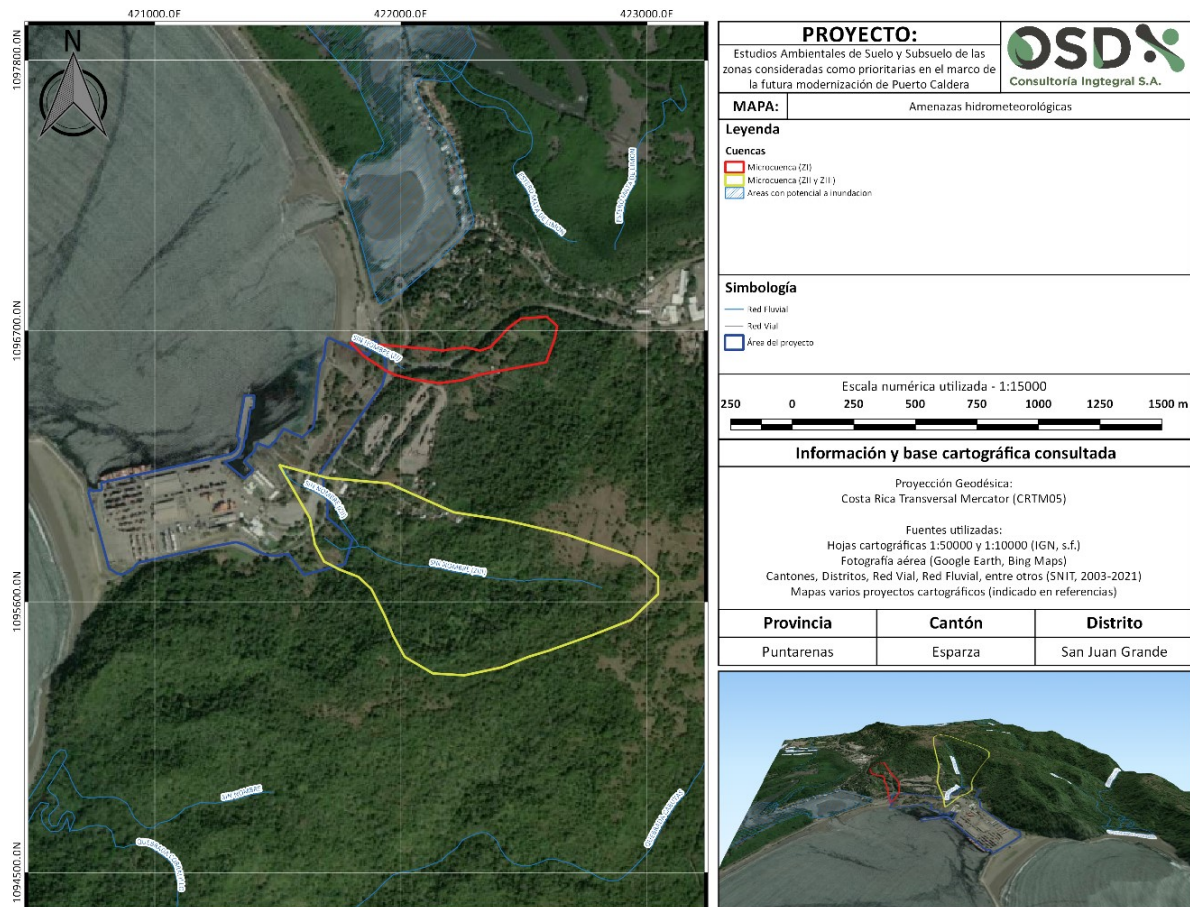


Figura 32. Mapa amenazas hidrometeorológicas en el área de estudio.

Debido a la ausencia de un levantamiento topográfico a detalle, un modelo hidrológico-hidráulico no es realizable. Sin embargo, los parámetros hidráulicos podrán ser implementados como base para el diseño de obras y estructuras como lo son puentes, pasos de alcantarilla y/o canales abiertos dentro de las microcuencas analizadas.



VI. CONTEXTO GEOLÓGICO DEL SITIO DEL PROYECTO

VI.I. Unidades geológicas superficiales y del subsuelo superior

El presente apartado describe las unidades geológicas que conforman el subsuelo superior y la superficie del terreno, de manera que es buscada una definición tanto bibliográfica regional, como local de los materiales percibidos a partir de la visita al área del proyecto.

Con base a los parámetros texturales y composicionales, se aportan propiedades que deben ser integradas a los apartados de ingeniería del terreno y consideradas en el diseño propuesto para el sitio.

VI.I.I. Contexto geológico regional

Los levantamientos montañosos en el Pacífico Central se atribuyen a la acreción de antiguos montes submarinos en dirección al continente de edades Cretácicas, a los cuales regionalmente se les ha asignado el nombre del Promontorio de Herradura.

Específicamente para el área de interés se determina la presencia de la sedimentación litoral y sublitoral en la costa Pacífica y su debida consolidación en roca conocida como el **Miembro Mata de Limón** de la **Formación Punta Carballo**, la cual es nominada formalmente por Dengo (1962), describiéndola como bancos gruesos de areniscas calcáreas con abundantes fósiles de moluscos, intercalados con estratos de conglomerados con guijarros de rocas ígneas y ocasionalmente calizas arenosas.

Madrigal (1970) divide la formación en dos miembros: **Mata de Limón** en la parte inferior y Punta Carballo en la parte superior. Baxter (1976) describe Mata de Limón y Roca Carballo como dos formaciones separadas, donde Roca Carballo, que constituye un depósito de material volcánico transportado por medios aéreos y marino-fluviales, sobreyace a Mata de Limón, depositado en ambiente continental aluvial. Denyer et al. (2003) realiza la cartografía geológica de la Hoja Barranca, y reafirma que el Miembro Mata de Limón es sobreyacido por Roca Carballo.

Además, define formalmente el Miembro Icaco, con sedimentos de origen marino, que se encuentra sobreyacido por Mata de Limón, y el Miembro Paires, que son los depósitos continentales que sobreyacen a Roca Carballo.



Es definido formalmente por Madrigal (1970); su edad ha sido deducida Mioceno Inferior por Denyer et al. (2003). Alán et al. (1998) indican un espesor observado de 160 m, Denyer et al. (2003) estiman un espesor de 300 m, con un contacto inferior neto con el Miembro Icaco, y un contacto transicional superior con el Miembro Roca Carballo.

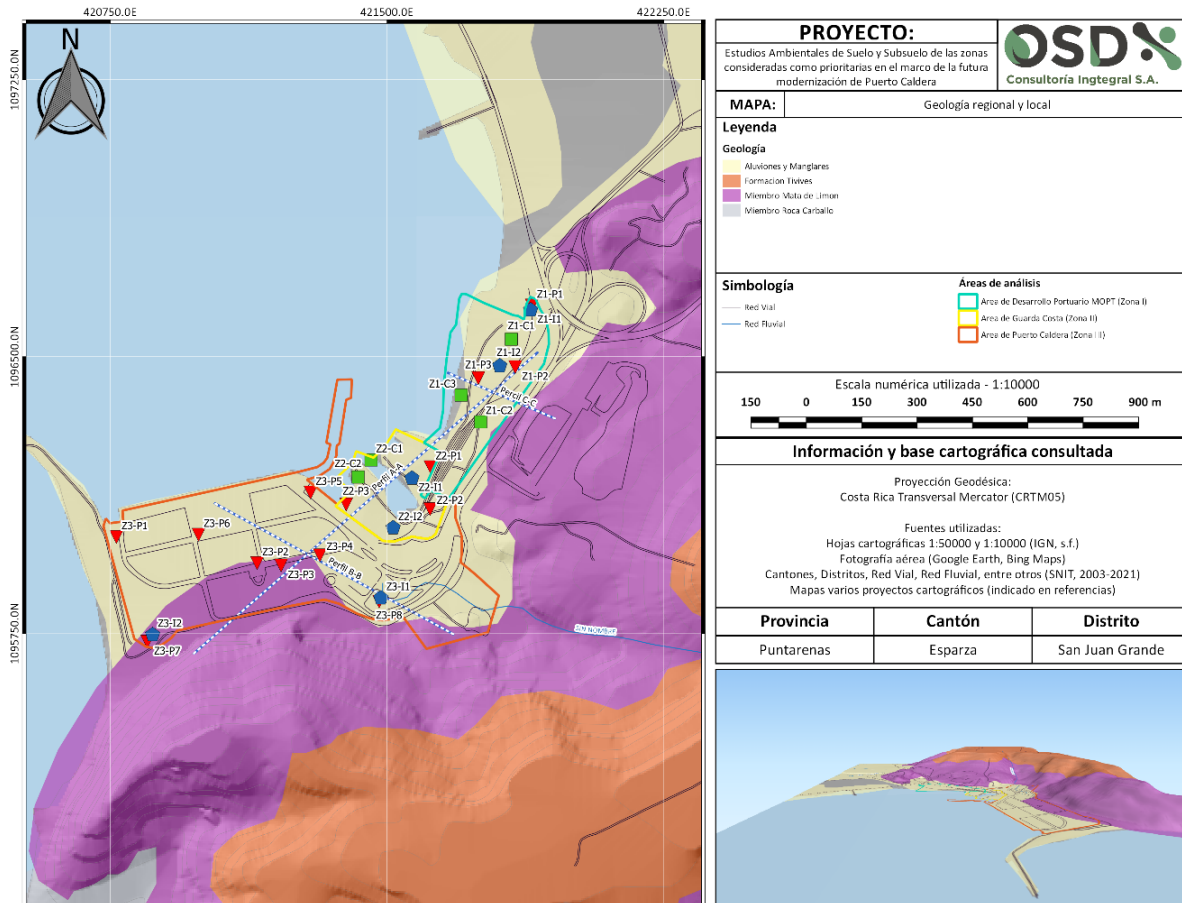


Figura 33. Mapa geológico de la región (Tomado y modificado de Denyer et al, 2003).

Baxter (1976) la describe como la unidad más antigua de la Formación Punta Carballo; se menciona que la secuencia de capas de color pardo rojizo y gris verdoso se repite en la unidad. Posee interestratificaciones centimétricas a decimétricas de areniscas silíceas verdes y moradas, brechas conglomeráticas volcániclasticas, limolitas con tonos rojos, morados o hasta verdes debido al vidrio volcánico pumíceo, con intercalaciones de tobetas blancuzcas y algunos conglomerados verdosos, e ignimbritas muy localizadas (Denyer, et al. 2003).



Las areniscas son de granulometría fina hasta gruesa, con fragmentos milimétricos de pómez, laminación paralela y estratificación cruzada y ondulada; localmente con gradación inversa a una brecha fina verdosa, con clastos de pómez y cristales de plagioclasa, en una matriz de arena silícea, las ignimbritas tienen colores morados grisáceos con pómez, líticos volcánicos y lapilli acrecional; las limolitas rojas contienen plagioclasa, piríboles, andesitas, algunos niveles de lapilli acrecional y estructuras de bioturbación ocasionales (Alán et al., 1998; Denyer, et al., 2003).

Además, Denyer, et al. (2003) menciona la existencia de ciclos, iniciados por brechas conglomeráticas verdosas, con fragmentos decimétricos de andesitas, nódulos ferruginosos, troncos y en menor cantidad basaltos y radiolaritas.

Baxter (1976) concluye que esta unidad se depositó en ambiente continental aluvional. Se considera que este miembro es producto de una progradación de depósitos continentales asociados a inunditas (Arroyo et al., 1997), con una fuerte influencia volcánica cercana pre-Aguacate, contemporánea a la deposición de este miembro (Alán et al. 1998).

VI.I.II. Contexto geológico local

No es posible identificar afloramientos en el área del proyecto debido a los espesores elevados de suelos asociados a la zona de terminación continental-costera. Asociadas a las características de los materiales se alude a la presencia de pendientes bajas ligadas a la sedimentación en la llanura aluvial de los ríos del Pacífico Central. Por tanto, lo detectado en el área del proyecto corresponde a remoción de los cerros compuestos por las rocas del **Miembro Mata Limón** para rellenar la zona investigada y desarrollar el sector de Caldera.

VI.II. Características texturales, composicionales y físico-mecánicas

Se resumen e integran las características texturales y composicionales determinadas en campo. Las mismas siguen las estipulaciones según el La Resolución RES-840-2018 de la Secretaría Técnica Nacional Ambiental, con respecto al mínimo de propiedades que deben mencionarse para los cuerpos rocosos observados. El perfil del subsuelo se encuentra descrito en el apartado IV.I del presente reporte, por lo que esta sección busca integrar desde una perspectiva geológica las unidades identificadas en sitio.



Tabla 31. Descripción textural-composicional de la unidad geológica UG-1

Unidad geológica 1: Espesor aproximado entre 0,5 m hasta 9,0 m (No buzante)	
Unidad de relleno antropogénico gravo-arcilloso (fragmentos de la Fm. Mata Limón y regolito)	
Textura	Arcillo gravosa
Composición	Brechas, lutitas y areniscas sepultadas bajo una losa de concreto
Tipo de alteración	No apreciable
Grado de alteración	Elevado
Grado de meteorización	Elevado
Grado de fracturamiento	No se determinan fracturas debido a su predominancia matricial
Porcentaje de arcillas	35%
Estratificación	Aleatoria. No posee estratificación al ser un depósito antropogénico
Porosidad	Media, materiales gravosos contaminados con arcillas (40%)
Permeabilidad	Alta para las zonas arenosas, baja para las zonas arcillosas

Tabla 32. Descripción textural-composicional de la unidad geológica UG-2

Unidad geológica 1: Espesor aproximado entre 5,0 m hasta 10,0 m (No buzante)	
Unidad depósitos de llanura aluvial (suelos gravo-arcillosos gris violáceos)	
Textura	No determinable
Composición	Sedimentos básicos (plagioclasas, ceolitas y piroxenos)
Tipo de alteración	No apreciable
Grado de alteración	Elevado
Grado de meteorización	Elevado
Grado de fracturamiento	No se determinan fracturas debido a su predominancia matricial
Porcentaje de arcillas	24%
Estratificación	Secuencias cíclicas de limos-arcillas-arenas
Porosidad	Moderada, materiales arenosos contaminados (<60%)
Permeabilidad	Media ($K = 3.20 \times 10^{-6}$ m/s)

Tabla 33. Descripción textural-composicional de la unidad geológica UG-3

Unidad geológica 2: Espesor no determinable en campo (no aflorante dentro del AP)	
Unidad alternancias de lutitas y areniscas volcánicas color gris violáceas	
Textura	Granulometría: grano fino a medio Fábrica: Isotrópica Selección: buena selección
Composición	Principalmente matriz arcillosa (85%), con presencia de clastos brechosos y andesíticos, formas redondeadas, de tamaños métricos hasta centimétricos, litocristales de plagioclasa. Apparentemente madura por el desgaste de los clastos inmersos. Fósiles de bivalvos
Tipo de alteración	Arcillítica y presencia de óxidos de hierro
Grado de alteración	Moderado
Grado de meteorización	Moderado a alto
Grado de fracturamiento	Buzante hacia el noroeste
Porcentaje de arcillas	85%
Estratificación	Centimétrica a métrica en paquetes arenosos
Porosidad	Alta, materiales arcillosos (>60%)
Permeabilidad	Alta ($K = 8.19 \times 10^{-7}$ m/s)





Figura 34. Terminación costera y intercambio hídrico entre marea y efluentes continentales



Figura 35. Zona de rellenos antropogénicos en la Zona I: arcillas, arenas y gravas dispuestas heterogéneamente



PERFIL A-A

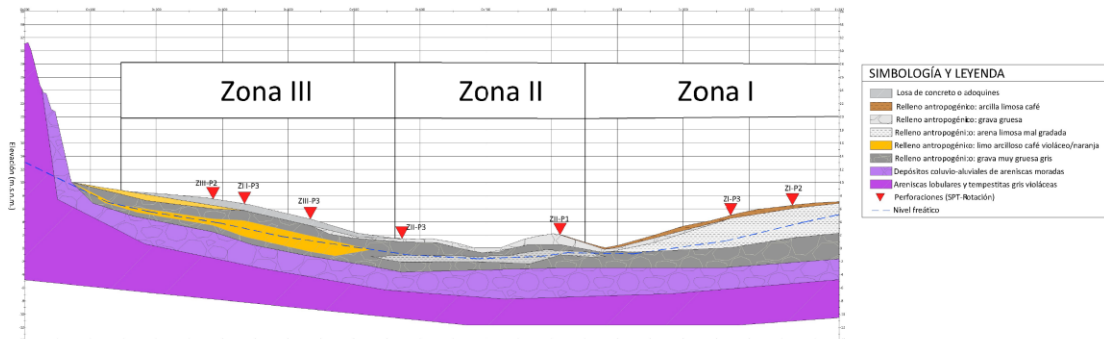


Figura 36. Perfil geológico A-A

PERFIL B-B

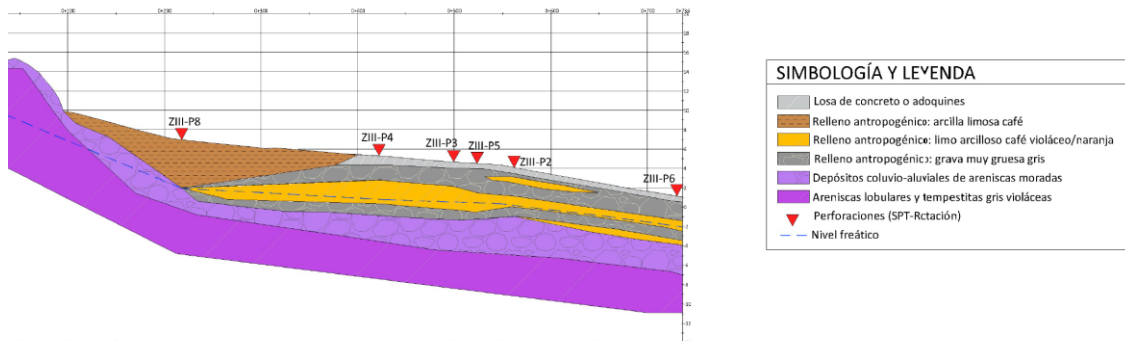


Figura 37. Perfil geológico B-B

PERFIL C-C

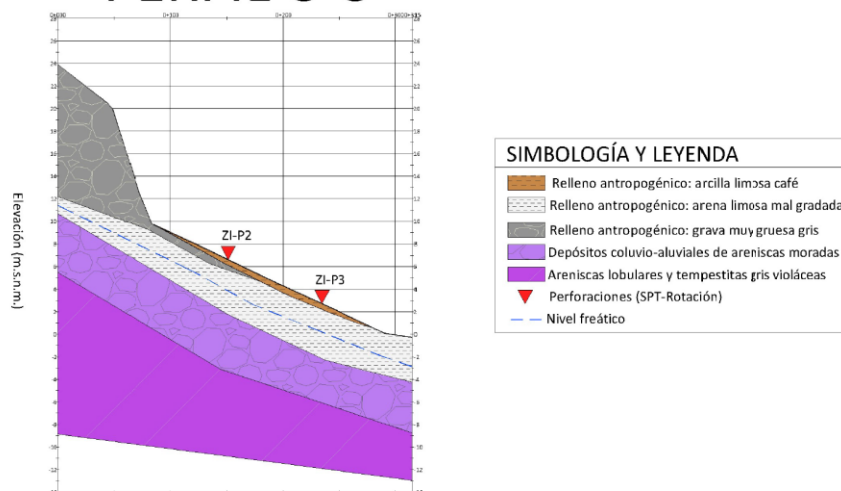


Figura 38. Perfil geológico C-C



VI.III. Geomorfología

Generando un mapa de sombras mediante el software QGIS, es posible delimitar las diferentes morfologías presentes en las cercanías de la zona de estudio. Entre ellas se clasifican formas asociadas a una morfogénesis marina, denudacional y fluvial.

Finalmente se procede a generar un mapa de pendientes para analizar las zonas comprometidas a una escala menor (1:15000), lo cual indicaría posibles zonas en las cuales un deslizamiento pueden activarse, para posteriormente reclasificarlas.

Las pendientes se agrupan en función del uso del Suelo respecto a su porcentaje proporcional a la inclinación, basado en el artículo 59, 71 y 72 de la ley Orgánica del Ambiente y de los votos de la Sala IV N° 3705-93, 4423-93.

VI.III.I. Formas de origen denudacional

Laderas denudacionales de pendiente baja: Las laderas denudacionales de pendiente baja se encuentran delimitadas para el área de interés en el sector noroeste y noreste de la zona de estudio, concentrándose en una dirección preferencial de N-S, disminuyendo conforme se alejan de la zona costera, por lo que se puede intuir junto a la interpretación geológica regional la existencia de una morfogénesis tectónica o estructural, donde los materiales que no poseen pendientes elevadas, no han sido afectados por efectos de fallas geológicas.

Laderas denudacionales de pendiente moderada: La morfogénesis de las laderas denudacionales de pendiente moderada, se debe a los procesos pluviales y fluviales presentes que meteorizan las formaciones sedimentarias e ígneas en el subsuelo ubicadas en áreas a lo largo del sitio de interés, posteriormente los materiales son transportados y desgastados, de manera que la pendiente y topografía de los materiales se verá reflejado en función de la resistencia que ejerza a esfuerzos que actúen como cortante. Los procesos de meteorización serán cíclicos para formaciones rocosas que han sido expuestas durante un largo periodo, así como a aquellas que se vean sometidas a procesos donde el dominio estructural y tectónico tienda a regir.

Laderas denudacionales de pendiente alta: Las laderas denudacionales de pendiente alta corresponden con la geoforma observable en el sector suroeste de la zona de estudio. Poseen una mayor resistencia litológica observable, en función de su grado de disección por aguas superficiales, se asocian a zonas en proceso de desgaste.



VI.III.II. Formas de origen fluvial (F)

Abanico fluvio-aluvial: Corresponde con una superficie en la cual se han depositado todos los sedimentos de granulometrías gruesas, principalmente gravas, acarreadas por un canal o río de dimensiones considerables, principalmente en su ancho. De esta manera, al contar con estas características el río podrá movilizarse lateralmente erosionando considerablemente las laderas que lo bordean y ampliando de tal forma las zonas planas por las cuales pasa el río hasta que se genere una extensa llanura de sedimentos fluviales.

VI.III.III. Formas de origen marino (M)

Planicie deltaica: Corresponde con una superficie en la cual se han depositado todos los sedimentos de granulometrías gruesas, principalmente gravas, acarreadas por un canal o río de dimensiones considerables, principalmente en su ancho. De esta manera, al contar con estas características el río podrá movilizarse lateralmente erosionando considerablemente las laderas que lo bordean y ampliando de tal forma las zonas planas por las cuales pasa el río hasta que se genere una extensa llanura de sedimentos fluviales.

Abanico fan-deltaico: La definición más comúnmente adaptada de delta en abanico es un prisma costero de sedimentos derivados de un sistema de alimentación de abanicos aluviales y depositados principal o totalmente de forma subacuática en la interfaz entre el abanico activo y una masa de agua estancada. La importancia del sistema de alimentación como criterio para el reconocimiento del delta de abanico provocó una discusión significativa entre los estudiantes de deltas de abanico sobre qué es un abanico aluvial y cómo reconocerlo en el registro fósil, una cuestión que aún no está resuelta.

VI.III.IV. Formas de origen antropogénico (A)

Terraza antropogénica: Corresponde con una superficie plana en la cual, a través de registros históricos (fotografías aéreas, testimonios de pobladores o diseños esquemáticos) se ha modificado una superficie hasta dimensiones kilométricas. La terraza identificada se encuentra delimitada por efectos de la heterogeneidad de los materiales dispuestos en las zonas analizadas y es categorizada como antropogénica debido a que, según registros cartográficos, se ha rellenado el nivel hasta 8,0 m como mínimo desde el nivel del mar.



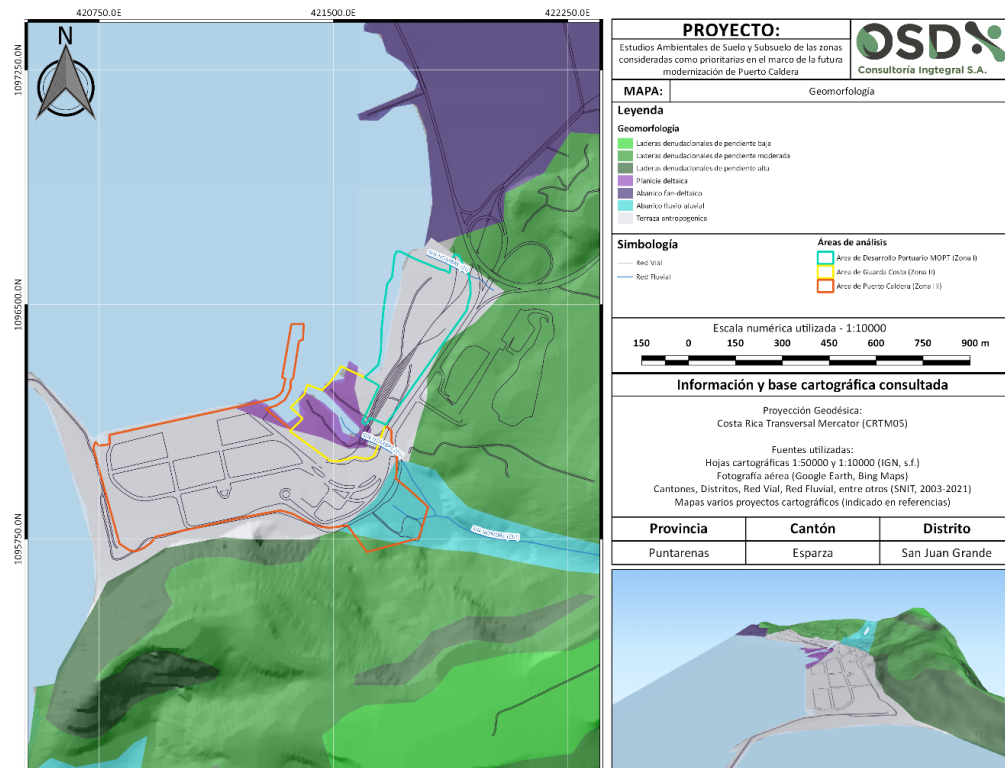
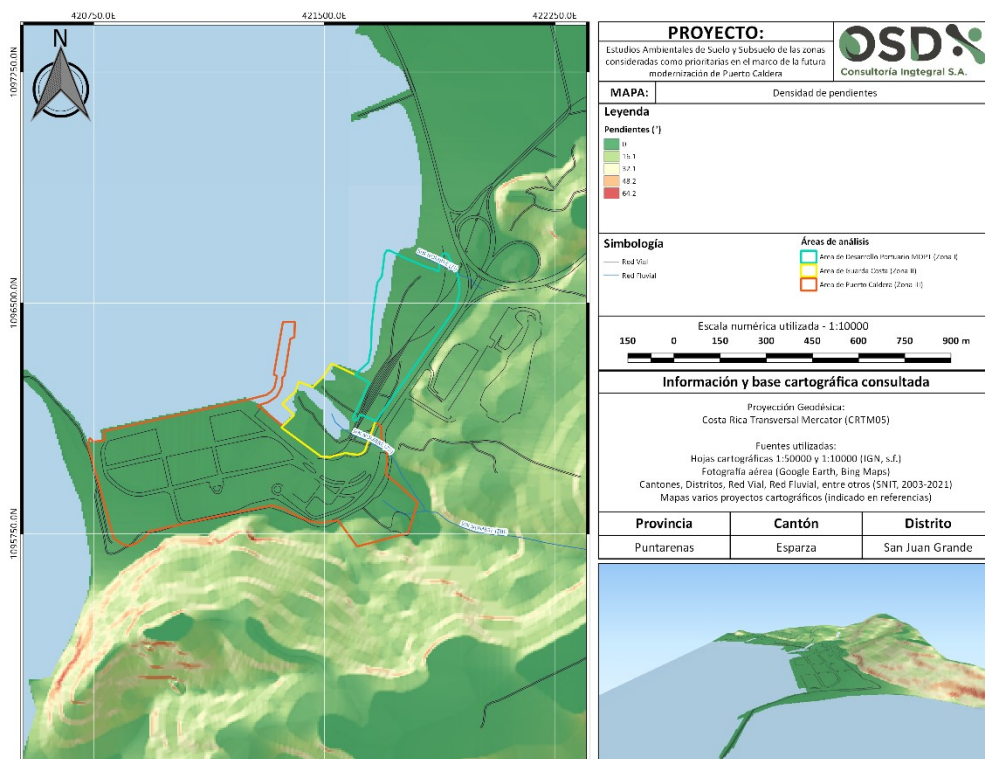


Figura 39. Mapa geomorfológico del área del proyecto.



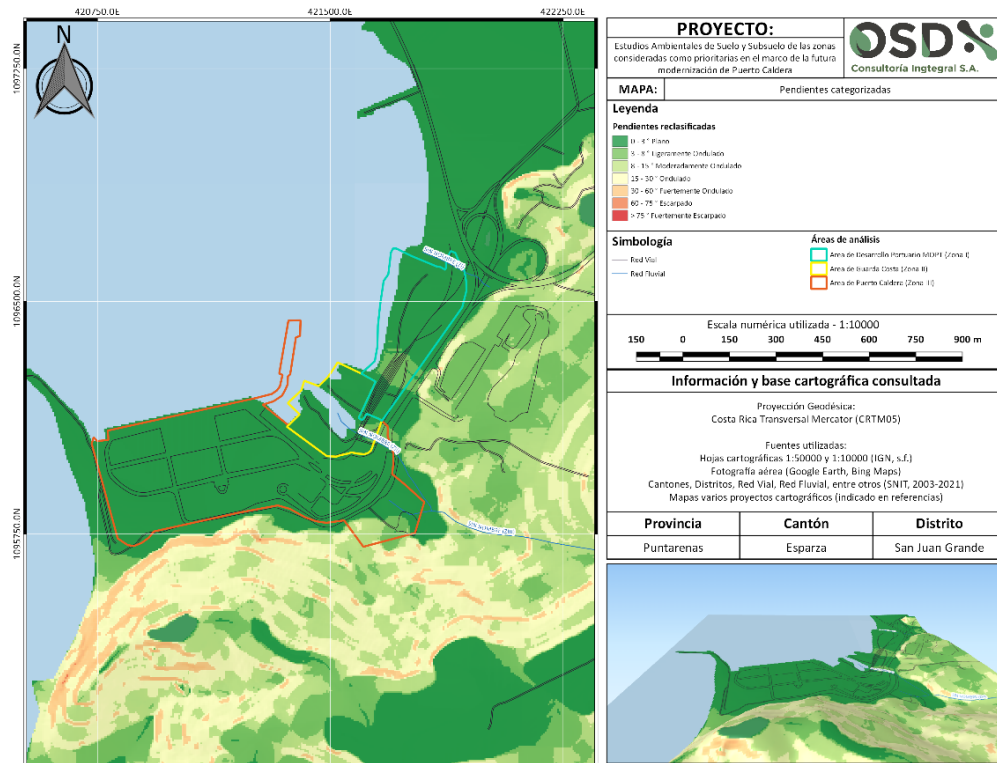


Figura 40. Mapa de pendientes y pendientes reclasificadas del área del proyecto.



Figura 41. Intercambio geodinámico de morfologías antropogénicas con marino-fluviales.





Figura 42. Frente litoral entre la terraza antropogénica y la línea de costa.

VI.IV. Hidrogeología ambiental local

VI.IV.I. Levantamiento de captaciones y manantiales

En el recorrido del AP no fueron detectados captaciones o manantiales. La base de datos indica la naciente más próxima a 12 km de distancia, desde el punto norte de la zona analizada, por lo que se considera fuera del área de influencia del proyecto (esto corresponde a 100 m de radio, respecto al manantial más cercano).

VI.V. Condiciones hidrogeológicas locales

Con base a la información revisada y los datos de campo reportados, el acuífero que se detectaría en campo es de tipo libre, compuesto por depósitos fluvio-lacustres ocasionados por remoción local de los materiales en la zona. La existencia de un nivel freático somero en la zona corresponde a una anomalía hidrogeológica y el acuífero captado por el pozo dentro de la zona es uno local, por lo que el flujo de aguas se encontrará concentrado de manera superficial para el área subterránea donde se identifican los depósitos aluvio-coluviales.



$$i = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

Ecuación 6. Determinación del gradiente hidráulico para acuíferos confinados y semiconfinados.

Dados los registros de pozos, manantiales y nacientes disponibles en el área de estudio, el gradiente hidráulico crítico es de **0,0377** para el área del proyecto, tomando en cuenta la distancia entre las isofreáticas locales y la diferencia de altura entre ellas. El valor más habitual (media estadística) de gradiente es de **0,014**.

VI.V.I. Propiedades básicas del acuífero subyacente

Se identifican suelos gravosos y areno-arcillosos que corresponden a la deposición de abanicos aluviales, fan-deltas y el intercambio local de sedimentos con los deltas y las barras arenosas de la zona de Caldera. No obstante, no se identifica ningún estudio hidrogeológico a detalle en la zona de análisis, más que la interpretación hidrogeoestratigráfica de las unidades reportadas por Denyer et al. (2003). El potencial de explotación de agua ronda entre los 0,50 l/s para el acuífero aluvial en cercanía para un nivel estático reportado a una profundidad variable entre **10,0 m.s.n.m hasta 0,0 m.s.n.m**.

La hidrogeoestratigrafía que describe el acuífero aprovechable y el acuífero aluvial no captado, se encuentra compuesta a como lo describen los pozos BC-570 perteneciente a TRANSITARIA S.A. y el pozo BC-17 perteneciente a SANTIAGO MORA MATA. No obstante, se aclara que el pozo BC-17, aun habiendo sido reportado dentro del área del proyecto, este mismo no fue identificado en el levantamiento, por lo que es posible que la concesión no exista y que, además, haya sido clausurado.

La descripción del pozo BC-570 alude a la recuperación individual de una alternancia de lutitas y areniscas (0,0 – 35,0 m), dentro del cual, se reporta el nivel freático a 12 m desde el nivel de ejecución. Por otro lado, el pozo BC-17, describe la recuperación individual de materiales gruesos descritos como un Aluvión reciente con grava gruesa y matriz areno limosa (0,0 – 4,30 m), donde el nivel freático no se reporta, sin embargo, se interpreta como recuperado a 4,30 m desde el nivel de ejecución.



VI.VI. Análisis de vulnerabilidad a la contaminación

Para el cálculo de la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero aluvial cubierto, se implementa el método G.O.D, el cual considera el grado de inaccesibilidad a los estratos subyacentes a la zona saturada del acuífero y la capacidad de atenuación de los estratos suprayacentes a la zona saturada del acuífero. Las siglas de la metodología de evaluación a la vulnerabilidad, hace referencia a:

- G: Grado de confinamiento hidráulico
- O: Ocurrencia del sustrato suprayacente
- D: Distancia al nivel piezométrico

Para el índice de vulnerabilidad se utilizó los factores del acuífero explotable y los datos de las perforaciones más cercanas, así como las observaciones de campo y los sondeos exploratorios realizados en el estudio de suelos. La figura adjunta, resume el cálculo de vulnerabilidad del acuífero semiconfinado sedimentario.

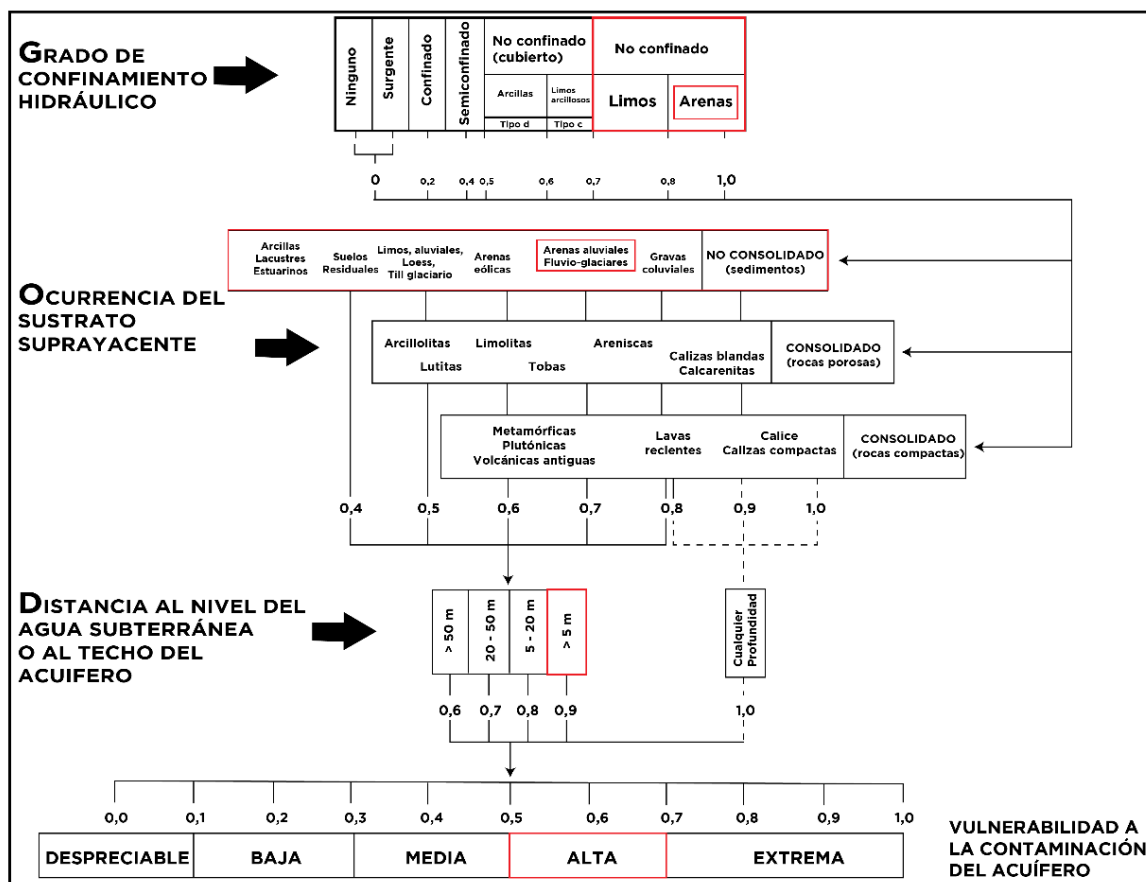


Figura 43. Cálculo de vulnerabilidad a la contaminación del acuífero. GOD: 0.63.

El nivel freático a partir de la interpolación del nivel estático otorga que, para la zona de estudio, el mismo se encuentra a una profundidad variable entre **10,0 m.s.n.m hasta 0,0 m.s.n.m.**, que para el proyecto localizado a una elevación promedio de **10,00 hasta 4,0 m.s.n.m.** otorga una caracterización de **vulnerabilidad alta** ante la contaminación del acuífero subyacente (GOD: 0,60).

Se alude que, en la mayoría de las zonas investigadas con un potencial de contaminación (Zona II por el taller de Guardacostas y Zona III en el sector de Puerto Caldera) existe impermeabilización, medidas de contención antiderrames y diferentes procesos evaluados a través de un comunicado verbal con los encargados del proyecto.

VI.VII. Cálculo del tránsito de contaminantes

Las principales fuentes potenciales de contaminación de las aguas subterráneas y superficiales son los afluentes de aguas residuales sin un tratamiento adecuado tales como tanques sépticos, aguas servidas y lixiviados. La presencia de posibles contaminantes pesados, deberán evaluarse en función de su persistencia y el tiempo de vida media en el medio acuífero sin influencia o remediación.

Conservadoramente, los contaminantes hidrocarburos (TPH) se asumen como advectivos debido a que su flujo será conforme al movimiento en el medio poroso que poseerá el agua de una densidad equivalente.

Por lo que, suponiendo que el viaje será continuo, es posible estimar el tiempo de arribo del contaminante al manto acuífero. las metodologías son complejas ya que estos combustibles tienen compuestos como Benceno, Etilbenceno, Tolueno y Xileno.

Cada uno reacciona diferente a medios oxidantes, reductores y hasta la acción de las bacterias influye en el transporte y en el tiempo de degradación. Además, la densidad, miscibilidad, y retardos varían dependiendo de la geología presente.

$$m = \frac{Tk}{n}$$

$$T = \frac{dn}{ki}$$

Ecuación 7. Cálculo del tiempo de tránsito de contaminantes y el espesor mínimo de tránsito.



Donde:

- d: Distancia de viaje horizontal crítica (m)
- n: Porosidad del material suprayacente
- k: Permeabilidad en campo del material no saturado (m/día)
- i: Gradiente hidráulico unitario
- m: espesor crítico de la zona no saturada

Tabla 34. Resumen de datos hidráulicos utilizados para el cálculo del tránsito de contaminantes.

Propiedad	Valor Zona I	Valor Zona II	Valor Zona III
n (%)	37 – 60	37,0 – 40,0	40,0 – 49,0
k (m/día)	0,0025	0,0024 – 0,0025	0,0010 – 0,0014
m (m)	3,1	3,0	3,1
d (m)	223	20	50 – 213
T _{ZNS} (años)	1,23 – 2,00	1,23 – 1,39	2,45 – 3,44

A partir de los valores de porosidad numéricos de suelos arenosos contaminados con arcillas y las observaciones de campo en función del avance en el frente de infiltración se procede a realizar el cálculo del tiempo de tránsito para cada uno de los espesores críticos.

El tiempo de tránsito calculado es definido como crítico en el punto de convergencia de la zona vadosa con la zona no saturada es de 4,3 m según los reportes de pozos (tomando como referencia el pozo clausurado cercano BC-17). Mientras que, tomando en cuenta las perforaciones realizadas para cada zona, se obtienen los siguientes valores críticos para la determinación del espesor crítico m.

Tabla 35. Valores de espesores críticos promedio por zona analizada.

Propiedad	Valor Zona I	Valor Zona II	Valor Zona III
m _{crítico}	3,1 m	3,0 m	3,1 m

Por efecto de la capa de sello del acuífero fluvio lacustre, el tiempo de tránsito (T) calculado según la ley de Darcy (Ecuación 1), se obtiene un valor crítico de **444 días** (1,23 años) para poder recorrer 3,0 m de espesor de la capa en la Zona I y la Zona II, así como **882 días** (2,45 años).

Por la superficialidad del nivel freático, se procede a evaluar la distancia crítica en función de los pozos situados en la misma dirección de flujo del agua subterránea ante una eventual contaminación.



Para este caso, es importante recalcar el hecho que las aguas subterráneas son explotadas por un acuífero libre, por lo que, según la dirección de flujo, el pozo más cercano corresponde al BC-17 y, por otro lado, el pozo más cercano que capta aguas subterráneas y es actualmente aprovechado es el BC-570, situado a **323 m de distancia**.

No obstante, se aclara qué, a pesar de situarse en distancias próximas, los pozos como receptores sensibles se encuentran en un punto de no retorno para las aguas subterráneas que podrían ser contaminadas a futuro, es decir, aguas arriba.

Se aclara que aun considerando los espesores de la losa de concreto y el pavimento rígido de las áreas vulnerables en la Zona III (Puerto Caldera), es necesario evaluar el caso en que exista alguna fuga para los focos contaminantes (estación de combustible, talleres, puntos de carga de vehículos). Por tanto, la distancia crítica a comparar será la de los focos de contaminación, respecto a la línea litoral ante una posible afectación a las aguas marinas.

Debido a que el tiempo de vida media de los compuestos hidrocarburos es de 1000 días promedio, para todas las zonas, el espesor (m) de **3,0 m** crítico y la distancia horizontal (d) de **0,10 m** (tomado como el punto crítico en Zona II) **es suficiente** para que el agente contaminante no pueda residir en el cuerpo acuífero más cercano o al menos, no perjudicar negativamente el ecosistema en un tiempo prudencial. Por tanto, se determina que **no existe amenaza de contaminación** al acuífero por tránsito de contaminantes de toxicidad media, con persistencia y movilidad alta en el medio analizado.

Para la Zona I, el tiempo de tránsito para que el contaminante persista en la zona saturada es de **444 días** y en la zona saturada es de **2.357.428 días** valor superior al tiempo de vida media de los hidrocarburos perjudiciales (gasolina, diésel y aceites) en el medio poroso (1000 días).

Para la Zona II, el tiempo de tránsito para que el contaminante persista en la zona saturada es de **882 días** y en la zona saturada es de **22.023 días** valor superior al tiempo de vida media de los hidrocarburos perjudiciales (gasolina, diésel y aceites) en el medio poroso (1000 días).

Para la Zona III, el tiempo de tránsito para que el contaminante persista en la zona saturada es de **444 días** y en la zona saturada es de **142.857 días** valor superior al tiempo de vida media de los hidrocarburos perjudiciales (gasolina, diésel y aceites) en el medio poroso (1000 días).



VII. RESULTADOS ANALÍTICOS Y MODELO DE CONTAMINACIÓN SUPERFICIAL

VII.I. Análisis químico de contaminantes en suelos

VII.I.I. BTEX

Parámetro	Unidades	Resultados analíticos													
		Z1-P1	Z1-P2	Z1-P3	Z2-P1	Z2-P2	Z2-C1	Z2-P3	Z3-P2	Z3-P3	Z3-P1	Z3-P4	Z3-P5	Z3-P8	Z3-P7
Benceno	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Etilbenceno	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
m,p-Xileno	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
o-xileno	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Tolueno	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01

VII.I.II. PCBs

Parámetro	Unidades	Resultados analíticos													
		Z1-P1	Z1-P2	Z1-P3	Z2-P1	Z2-P2	Z2-C1	Z2-P3	Z3-P2	Z3-P3	Z3-P1	Z3-P4	Z3-P5	Z3-P8	Z3-P7
PCB Nº 101	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB Nº 118	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB Nº 138	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB Nº 153	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB Nº 180	mg/kg PS	0.012	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB Nº 28	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB Nº 52	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01



☎ (506) 2201-6867 (506) 2201-6869 info@crsostenible.com · Costa Rica · Panamá

 www.osdconsultores.com

VII.I.IV. THMs

Parámetro	Unidades	Resultados analíticos													
		Z1-P1	Z1-P2	Z1-P3	Z2-P1	Z2-P2	Z2-C1	Z2-P3	Z3-P2	Z3-P3	Z3-P1	Z3-P4	Z3-P5	Z3-P8	Z3-P7
Bromodichlorometano	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Bromoformo	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Clorodibromometano	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Cloroformo	mg/kg PS	< 0,01	0.02	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0.01	< 0,01

VII.I.V. HAPs

Parámetro	Unidades	Resultados analíticos													
		Z1-P1	Z1-P2	Z1-P3	Z2-P1	Z2-P2	Z2-C1	Z2-P3	Z3-P2	Z3-P3	Z3-P1	Z3-P4	Z3-P5	Z3-P8	Z3-P7
Acenafteno	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Acenaftileno	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Antraceno	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo (a) antraceno	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo (a) pireno	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo (b) fluoranteno	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo (g,h,i) perileno	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo (k) fluoranteno	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Criseno	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Dibenzo (a,h) antraceno	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Fenantreno	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Fluoranteno	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Fluoreno	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
HAPs (Suma)	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Indeno (1,2,3-cd) pireno	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Pireno	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05



VII.I.VI. Hidrocarburos Totales (TPH)

Parámetro	Unidades	Resultados analíticos													
		Z1-P1	Z1-P2	Z1-P3	Z2-P1	Z2-P2	Z2-C1	Z2-P3	Z3-P2	Z3-P3	Z3-P1	Z3-P4	Z3-P5	Z3-P8	Z3-P7
Hidrocarburos Alifáticos >C10-C12	mg/kg PS	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Hidrocarburos Alifáticos >C12-C16	mg/kg PS	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Hidrocarburos Alifáticos >C16-C21	mg/kg PS	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Hidrocarburos Alifáticos >C21-C35	mg/kg PS	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Hidrocarburos Alifáticos >C6-C8	mg/kg PS	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Hidrocarburos Alifáticos >C8-C10	mg/kg PS	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Hidrocarburos Alifáticos C5-C6	mg/kg PS	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Hidrocarburos Aromáticos >C10-C12	mg/kg PS	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Hidrocarburos Aromáticos >C12-C16	mg/kg PS	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Hidrocarburos Aromáticos >C16-C21	mg/kg PS	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Hidrocarburos Aromáticos >C21-C35	mg/kg PS	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Hidrocarburos Aromáticos >C7-C8	mg/kg PS	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Hidrocarburos Aromáticos >C8-C10	mg/kg PS	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5



VII.II. Análisis químico de contaminantes en agua

VII.II.I. BTEX

Parámetro	Unidades	Resultados analíticos									
		Z3-P5	Z1-P1	Z1-P2	Z1-P3	Z2-P1	Z2-P2	Z2-P3	Z3-P3	Z3-P2	Z3-P4
Benceno	µg/L	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Etilbenceno	µg/L	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
m,p-Xileno	µg/L	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
o-xileno	µg/L	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Tolueno	µg/L	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Xilenos	µg/L	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1

VII.II.II. PCBs

Parámetro	Unidades	Resultados analíticos									
		Z3-P5	Z1-P1	Z1-P2	Z1-P3	Z2-P1	Z2-P2	Z2-P3	Z3-P3	Z3-P2	Z3-P4
PCB N° 101	µg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB N° 118	µg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB N° 138	µg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB N° 153	µg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB N° 180	µg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB N° 28	µg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB N° 52	µg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01



VII.II.III. COVs

Parámetro	Unidades	Resultados analíticos									
		Z3-P5	Z1-P1	Z1-P2	Z1-P3	Z2-P1	Z2-P2	Z2-P3	Z3-P3	Z3-P2	Z3-P4
1,1,1,2-tetracloroetano	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,1,1-Tricloroetano	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,1,2,2-Tetracloroetano	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,1,2-Tricloroetano	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,1,2-Tricloroeteno	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,1-Dicloroetano	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,1-Dicloroeteno	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,1-Dicloropropeno	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,2,3-Triclorobenceno	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,2,3-Tricloropropano	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,2,4-Triclorobenceno	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,2,4-Trimetilbenceno	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,2-Dibromo-3-cloropropano	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,2-Dibromoetano	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,2-Diclorobenceno	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,2-Dicloroetano	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,2-Dicloropropano	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,3,5-Trimetilbenceno	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,3-Cis-Dicloropropeno	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,3-Diclorobenceno	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,3-Dicloropropano	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,3-Trans-Dicloropropeno	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,4-Diclorobenceno	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2,2-Dicloropropano	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2-Clorotolueno	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
4-Clorotolueno	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Bromobenceno	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Cis-1,2-Dicloroeteno	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Clorobenceno	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Dibromometano	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Diclorometano	µg/L	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Estireno	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Hexaclorobutadieno	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Isopropilbenceno	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Metil-t-Butileter (MTBE)	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Naftaleno	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
n-Butilbenceno	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
n-Propilbenceno	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
p-Isopropiltolueno	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Sec-Butilbenceno	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Terc-Butilbenceno	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Tetracloroeteno	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Tetracloruro de Carbono	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Trans-1,2-Dicloroeteno	µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1



VII.II.IV. HAPs

Parámetro	Unidades	Resultados analíticos									
		Z3-P5	Z1-P1	Z1-P2	Z1-P3	Z2-P1	Z2-P2	Z2-P3	Z3-P3	Z3-P2	Z3-P4
Acenafteno	µg/L	< 0,01	< 0,01	0.018	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Acenaftileno	µg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Antraceno	µg/L	< 0,01	< 0,01	0.016	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo (a) antraceno	µg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0.023	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo (a) pireno	µg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0.032	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo (b) fluoranteno	µg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo (g,h,i) perileno	µg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0.024	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Benzo (k) fluoranteno	µg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0.03	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Criseno	µg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Dibenzo (a,h) antraceno	µg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0.023	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Fenantreno	µg/L	< 0,01	< 0,01	0.073	0.018	0.014	0.071	0.013	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Fluoranteno	µg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0.025	0.011	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Fluoreno	µg/L	< 0,01	< 0,01	0.076	< 0,01	< 0,01	0.037	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Indeno (1,2,3-cd) pireno	µg/L	< 0,01	< 0,01	0.012	< 0,01	0.062	0.011	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Pireno	µg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0.176	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01



VII.II.V. Hidrocarburos totales (TPH)

Parámetro	Unidades	Resultados analíticos									
		Z3-P5	Z1-P1	Z1-P2	Z1-P3	Z2-P1	Z2-P2	Z2-P3	Z3-P3	Z3-P2	Z3-P4
Hidrocarburos Alifáticos >C10-C12	mg/L	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Hidrocarburos Alifáticos >C12-C16	mg/L	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Hidrocarburos Alifáticos >C16-C21	mg/L	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Hidrocarburos Alifáticos >C21-C35	mg/L	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Hidrocarburos Alifáticos >C6-C8	mg/L	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Hidrocarburos Alifáticos >C8-C10	mg/L	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Hidrocarburos Alifáticos C5-C6	mg/L	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Hidrocarburos Aromáticos >C10-C12	mg/L	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Hidrocarburos Aromáticos >C12-C16	mg/L	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Hidrocarburos Aromáticos >C16-C21	mg/L	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Hidrocarburos Aromáticos >C21-C35	mg/L	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Hidrocarburos Aromáticos >C7-C8	mg/L	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Hidrocarburos Aromáticos >C8-C10	mg/L	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5



VIII. MODELO CONCEPTUAL DEL SITIO (MCS)

El Modelo conceptual se desarrolla a partir de la guía estándar ASTM E1689-95, para el modelo de sitios contaminados. Este modelo es un mapa o representación gráfica del sistema ambiental y de los procesos físicos, químicos y biológicos que determinan el transporte de contaminantes desde la fuente, a través de los medios que componen el sistema, hasta los potenciales receptores que forman parte de él.

VIII.I. Fuentes de contaminación

Las fuentes son los sitios donde el contaminante ha salido y generado una afectación al medio. Las Fuentes se dividen entre primarias y secundarias.

VIII.I.I. Fuentes primarias

Las fuentes primarias identificadas que tendrían un mayor potencial a generar un impacto en el subsuelo son:

- Trampas de grasa oleaginosas: estas para las instalaciones que requieran contener derrames eventuales de compuestos químicos para la operación del proyecto.
- Tanques de almacenamiento de combustible inactivos: identificados en la sección donde se dispensaba combustible en la cercanía de las locomotoras pertenecientes a Zona I. Asimismo, según lo discutido, asociado a la existencia de un antiguo tanque de consumo subterráneo en donde se localiza la actual estación de servicio dentro de Puerto Caldera.
- Tanques de almacenamiento de combustible activos: para dispensar combustible en la actualidad a los equipos de carga en Zona III.
- Tuberías de conducción de combustible y surtidores: no identificadas pero interpretadas como subyacentes a la zona de dispensadora actualmente utilizada en Zona III.



- Plantas de tratamiento de aguas residuales activas que puedan contaminar mediante un mal funcionamiento los acuíferos superficiales permitiendo la residencia de bacterias según su vida media.

VIII.I.II. Fuentes secundarias y externas

Las fuentes Secundarias identificadas que podrían tener un potencial un impacto sobre las aguas subterráneas son:

- Automóviles, maquinaria u otros vehículos que puedan generar derrames sobre la losa de concreto o bien a través de las canalizaciones de aguas de escorrentía hasta el punto de desfogue dentro de Puerto Caldera.
- Maquinaria para transportar embarcaderos en la cercanía de los talleres de guardacostas (Zona II) que puedan generar un derrame al material de relleno colocado y subsecuentemente a las quebradas aledañas o bien a las aguas marinas localizadas en cercanía.
- La carretera colindando con toda el área del proyecto, utilizada como parqueo para los contenedores y camiones de distribución de mercadería durante las 24 horas y los 7 días de la semana.
- Transporte de químicos dentro de las zonas de acopio (Zona II)

Tabla 36. Fuentes de contaminación identificadas en sitio y posibles compuestos asociados

Nombre	Coordenada X (CRTM05)	Coordenada Y (CRTM05)	Zona	Contaminación potencial
Parque de camiones	421892.48	1096289.05	Zona I	THC, PCB, HAPs
Planta de tratamiento	421895.81	1096654.85	Zona I	Coliformes fecales, THMS
Tanque de combustible (inactivo)	421843.01	1096472.66	Zona I	THC, PCB, HAPs
Taller guardacostas	421610.88	1096100.69	Zona II	THC, PCB, HAPs
Barcos en desuso	421549.52	1096100.21	Zona II	THC, PCB, HAPs
Zona de acopio con químicos	421372.57	1096095.45	Zona II	THC, PCB, HAPs
Estación de combustible	421145.2	1095892.34	Zona III	THC, PCB, HAPs
Tuberías de conducción de combustible	421142.34	1095912.32	Zona III	THC, PCB, HAPs
Planta de Tratamiento	421185.63	1095931.35	Zona III	Coliformes fecales, THMS
Taller	421295.51	1095943.71	Zona III	THC, PCB, HAPs
Instalaciones INCOP	421387.31	1095911.84	Zona III	THC, PCB, HAPs



Se aclara qué, debido a que ninguno de los puntos se encuentra cercanos a captaciones o acuíferos explotables debido a su ubicación aguas debajo de los pozos identificados, no obstante, se realiza la evaluación para definir una línea base para futura modernización del sitio del proyecto.

VIII.II. Descripción de la amenaza contaminante

Para realizar un adecuado Modelo conceptual de sitio, es importante tener claro cuál es la amenaza. Es por ello por lo que se deben tener claro al es el tipo de contaminante y sus efectos en el entorno.

Tipo de Contaminante

Como principal fuente de contaminación se determinó que se tratan de cadenas medias de hidrocarburos, las cuales son Mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contengan entre diez y veintiocho átomos de carbono (C10 a C28). Por ejemplo: mezcla de productos desconocidos derivados del petróleo, petróleo crudo, gasóleo, Diésel, queroseno, solventes, gasolinas, entre otros.

Liberación del Contaminante

Debido a la disminuida concentración observada en los compuestos analizados, no se conoce con exactitud el mecanismo de liberación de estos desde las fuentes de contaminación. Debido a que son reportados valores anómalos y todos los análisis puntuales permiten determinar una diversa cadena de compuestos, estos son tomados como posibles fugas o inadecuado manejo a la hora de disponer de los mismos. Asimismo, para las zonas donde existen materiales arcillosos, se asocia a un evento histórico de derrame, ya que el elevado tiempo de tránsito permitirá albergar dentro de los poros compuestos perjudiciales (Ej: cloroformo de 0.2 mg/kg PS en el punto ZI-P2).

Transporte Ambiental

El mecanismo de transporte se da por medio de la infiltración en los suelos ya que se trata de un líquido.



Rutas de Exposición

Se considera como rutas para este caso el subsuelo, las aguas subterráneas y las aguas superficiales (continentales y marinas).

Vías de Exposición

Se considera como vía de exposición el desfogue natural de las aguas subterráneas a la línea de costa y por ende a las aguas marinas.

VIII.III. Identificación de los receptores sensibles

Los receptores sensibles los cuales se pueden ver afectados por la contaminación son:

Las aguas subterráneas que se encuentran a 3,0 metros de profundidad y reflejada en los pozos vecinos, sin embargo, no hay reportes o denuncias ambientales o indicatrices en los registros de pozo sobre incumplimiento respecto a la regulación nacional por lo que es poco probable que haya un impacto al agua subterránea por infiltración.

Las aguas superficiales de tipo marina y continental. Se detectan dos efluentes o quebradas sin nombre dentro del área del proyecto que no identifican contaminantes perjudiciales, únicamente se identifican aguas en estado de estancamiento debido a la disminuida pendiente de la zona. Por otro lado, dentro de las aguas marinas es importante indicar que, con base en el evento histórico del derrame cercano al punto ZIII-P5 no se identifica ningún remanente químico que aluda a una permanencia a largo plazo en las aguas marinas.

VIII.IV. Evaluación del riesgo

VIII.IV.I. Identificación del peligro

El presente trabajo se desarrolla utilizando el concepto general de **Hidrocarburos Totales de Petróleo**; no obstante, las sustancias de mayor interés para la presente evaluación de riesgos corresponden a la gasolina y al Diésel ya que normalmente son los hidrocarburos que se expenden en las estaciones de servicio de combustibles. Ambos hidrocarburos pueden presentar un peligro tanto para la salud como para el medio ambiente cuando no se almacenan o contienen en las condiciones apropiadas. La gasolina y el Diésel presentan



efectos adversos a la salud y el medio ambiente; entender el impacto de ambos hidrocarburos es fundamental para un buen control de estos, a continuación, se presente un resumen de estas condiciones provocadas por ambos.

Por otro lado, los **PCB pueden degradarse** o descomponerse en el medio ambiente, pero el proceso depende en gran medida de la composición química de los PCB. El proceso de degradación también depende de dónde se encuentran los PCB en el medio ambiente. Normalmente, los PCB se descomponen en el medio ambiente por la luz solar o por microorganismos.

En el organismo, los **HAPs** son transformados en compuestos químicos que pueden unirse a sustancias dentro del organismo. Hay exámenes especiales que pueden detectar HAPs unidos a estas sustancias en tejidos corporales o en la sangre. Sin embargo, estos exámenes no pueden indicar si sufrirá efectos nocivos o a cuanto se expuso o la fuente de la exposición. Estos exámenes generalmente no están disponibles en el consultorio de su doctor ya que requieren equipo especial para llevarse a cabo. La Administración de Seguridad y Salud Ocupacional de EE. UU. (OSHA, por sus siglas en inglés) ha establecido un límite de 0.2 miligramos de HAPs por metro cúbico de aire (**0.2 mg/m³**).

Los compuestos **BTEX** se respiran a través del aire contaminado, incluido el humo del cigarrillo y los gases de escape de los vehículos, se puede ingerir al beber agua subterránea, principalmente si los pozos de agua potable residenciales están cerca de vertederos, sitios de derrames o tanques subterráneos de almacenamiento de combustible. Los compuestos BTEX ingresan a su cuerpo a través de la piel cuando entra en contacto con productos que los contienen.

Respecto a los **BTEX**, la Agencia de Protección Ambiental (EPA) limita el benceno, el tolueno, el etilbenceno y los xilenos en el agua potable pública a **5 partes por mil millones, 1 parte por millón, 0,7 partes por millón y 10 partes por millón**, respectivamente. Los propietarios de pozos privados deben analizar su agua para asegurarse de que sus sistemas cumplan con las regulaciones de la EPA.

Los trihalometanos (**THM**) son un grupo de compuestos que a veces se pueden encontrar en agua clorada extraída de una fuente con altos niveles de materiales orgánicos. Se producen cuando el cloro reacciona con los compuestos orgánicos que se encuentran naturalmente en la fuente de agua. Son incoloros, insípidos e inodoros. Es legalmente requerido que el agua de consumo sea clorada. Los riesgos para la salud derivados del agua



potable que no ha sido desinfectada son mucho mayores que los riesgos percibidos por los subproductos de la desinfección (THMs). Según las Directrices internacionales, la concentración máxima aceptable de THM es un **promedio anual de 100 µg/L**.

Los **metales pesados** identificados en aguas y suelos se asocian a diversas características de uso según el tipo de proyecto identificado. Los nuevos niveles máximos de plomo están regulados en el Reglamento de la UE 2021/1317, y los niveles de cadmio se regulan en el Reglamento de la UE 2021/1323.

VIII.IV.II. Evaluación al grado de exposición

Concentraciones químicas de todas las sustancias tóxicas en el punto de exposición: La tabla resumen adjunta muestra las máximas concentraciones identificadas por parte de las cadenas orgánicas identificadas como perjudiciales. Asimismo, los modelos de distribución en superficie resumen las condiciones encontradas para las 20 cadenas identificadas en el Apartado VII del presente reporte.

Análisis químicos en suelos				Análisis químicos en aguas			
COVs	0.038	PCBs	0.012	Benceno	<1	HAPs	0.409
Benceno	<0.01	Bromodiclorometano	<0.1	Etilbenceno	<1	COVs	<1
Etilbenceno	<0.01	Bromoformo	<0.1	m,p-Xileno	<1	PCBs	<0.01
m,p-Xileno	<0.01	Clorodibromometano	<0.1	o-xileno	<1	Hidrocarburos totales	<5
o-xileno	<0.01	Cloroformo	<0.1	Tolueno	<1		
Tolueno	<0.01	Hidrocarburos totales	<5				
HAPs	<0.05						

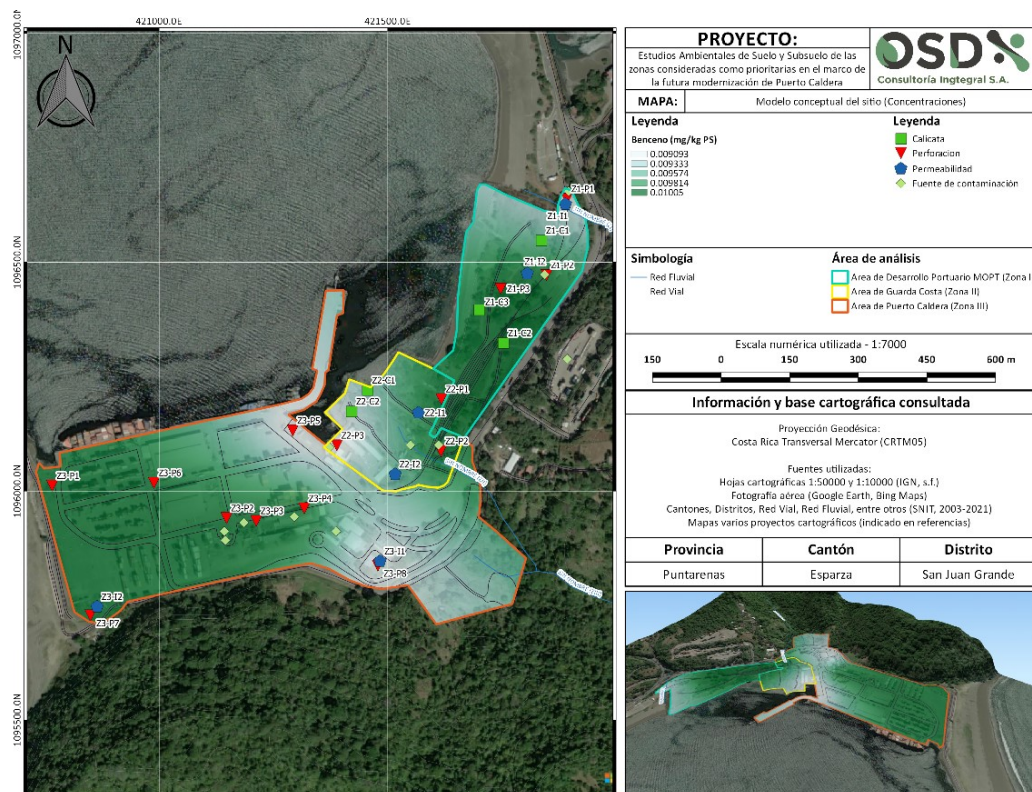
Es importante aclarar que, según los lineamientos nacionales e internacionales, los compuestos analizados según su rango de identificación se encuentran muy por debajo para ser determinado el incumplimiento del uso en las distintas zonas analizadas.

Frecuencia y duración de las exposiciones: La frecuencia de exposición es la periodicidad con la cual el individuo está expuesto al contaminante. La frecuencia y la duración de la



exposición son las variables se utilizan para calcular el tiempo total de exposición. Los valores que pueden tomar dependen del sitio, sin embargo, es muy difícil que existan estadísticas sobre un sitio en particular. Para este caso de estudio, tomando como referencia las concentraciones obtenidas para el muestreo, los resultados del modelo conceptual, observando la frecuencia y exposición de los seres humanos durante la realización del proyecto y las condiciones actuales de operación, la misma es despreciable. A la fecha de elaboración del reporte (diciembre, 2023) no se identifica interacción entre los agentes contaminantes y el medio de uso que perjudique a la salud humana.

Clasificaciones de las exposiciones observadas de acuerdo con el período de exposición y la vía de exposición: Al evaluar el uso futuro de suelo se consideran escenarios de uso industrial, comercial y estatal. Las concentraciones actuales de los contaminantes son empleadas para evaluar la exposición futura, representando esta una situación de exposición mínima que sirve para definir los potenciales riesgos a la salud humana para el uso de suelo previsto.



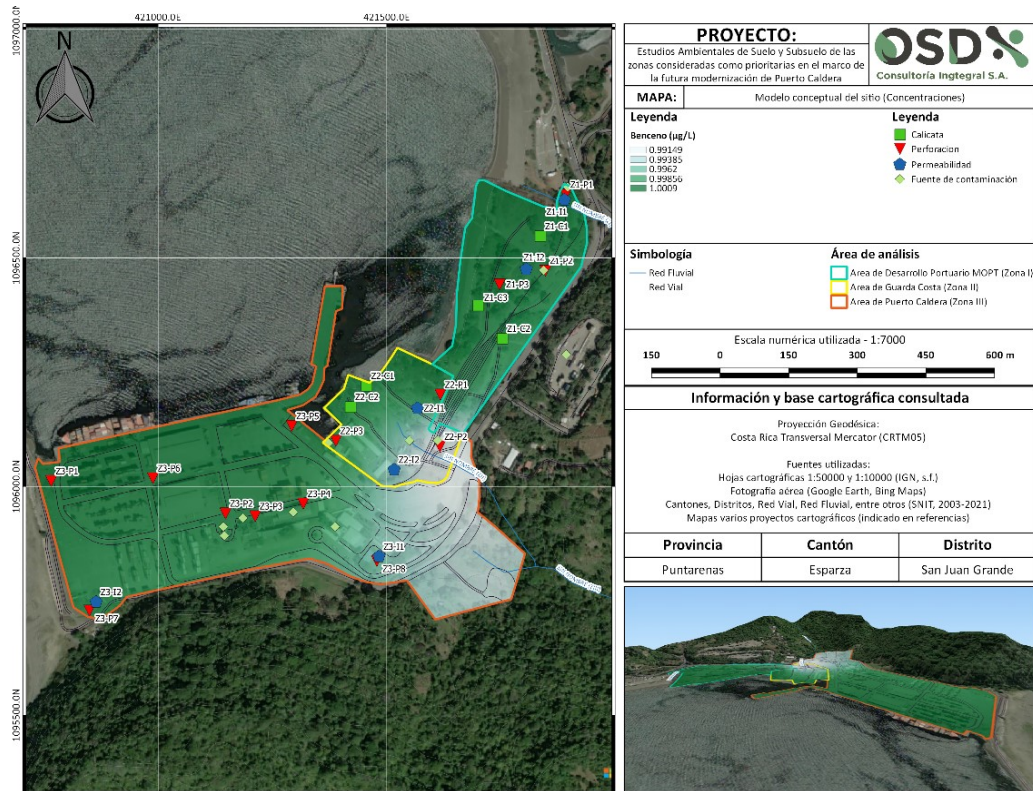
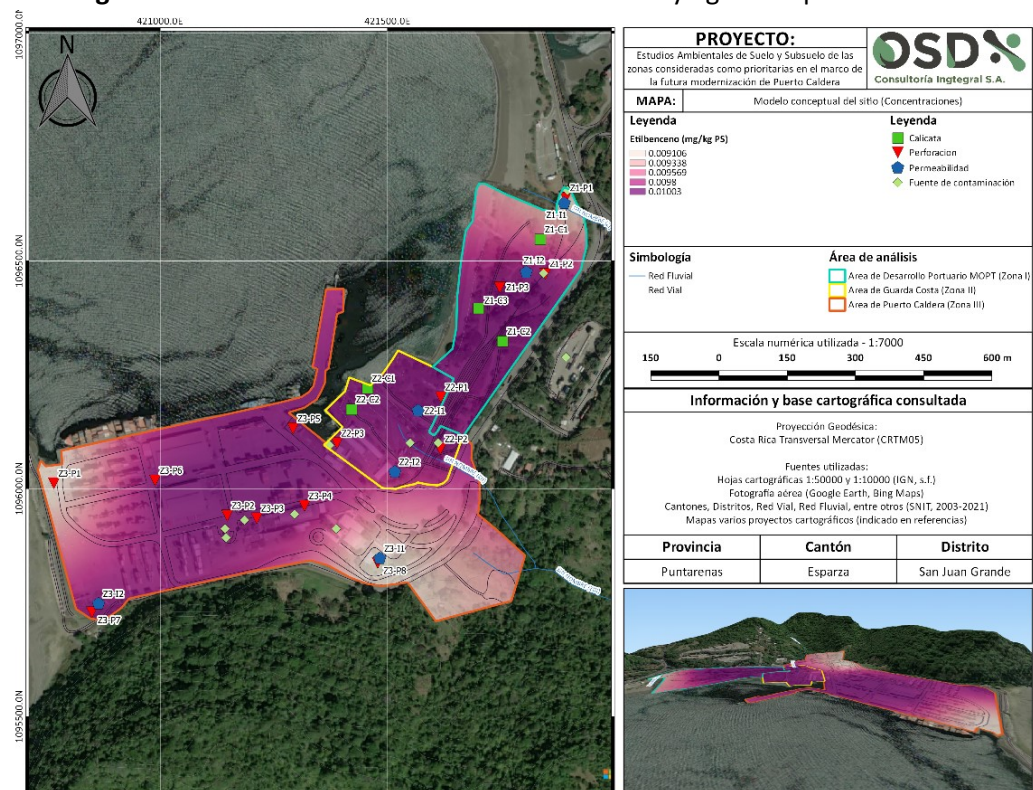


Figura 44. Concentraciones de benceno en suelos y aguas respectivamente.



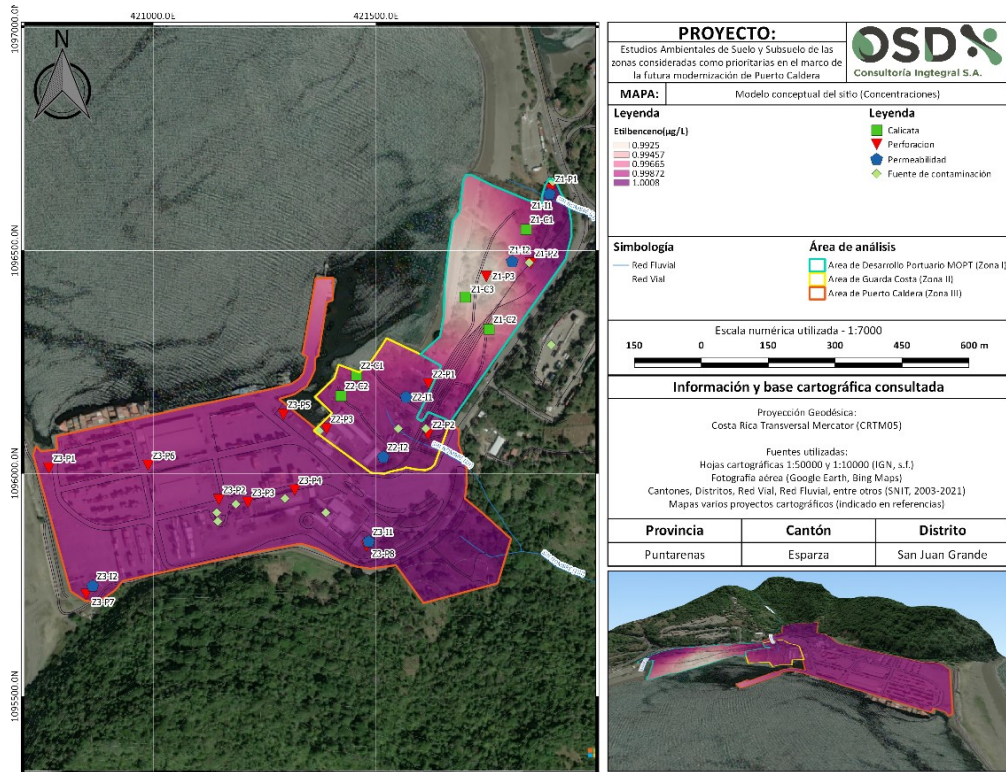
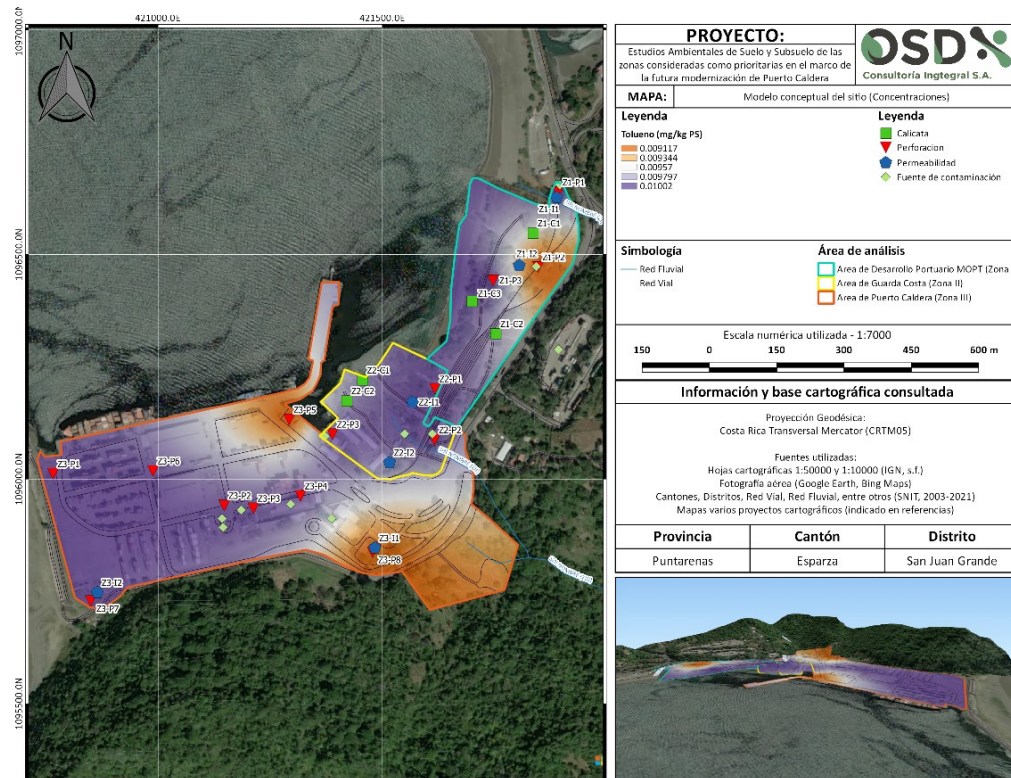


Figura 45. Concentraciones de etilbenceno en suelos y aguas respectivamente.



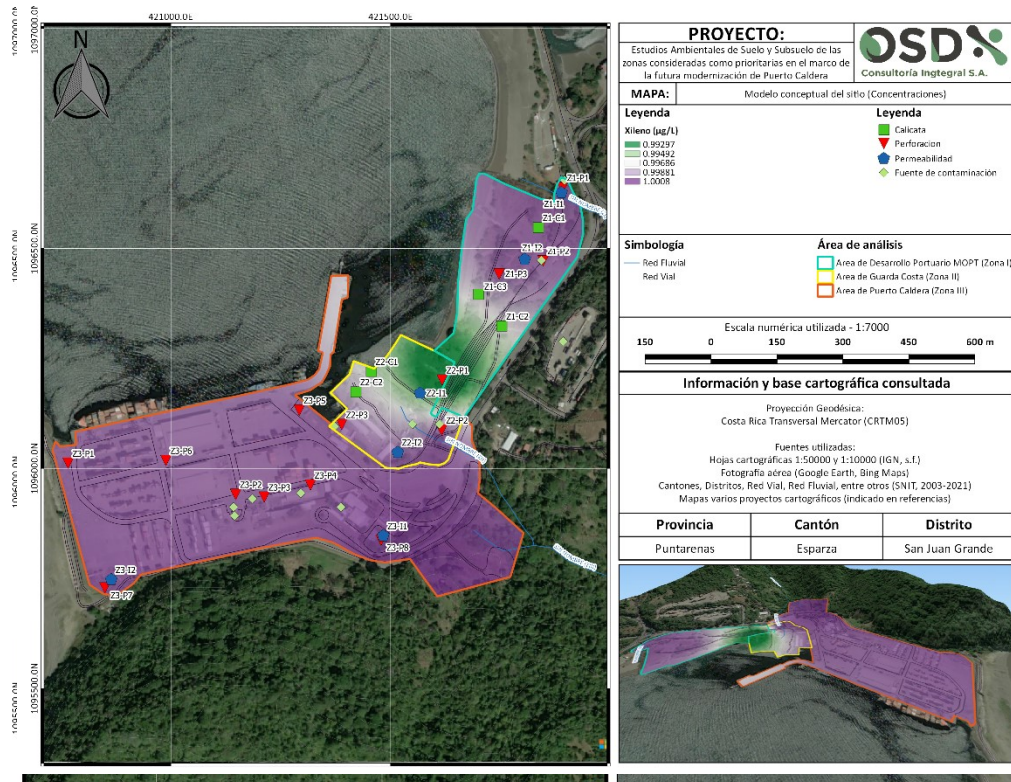
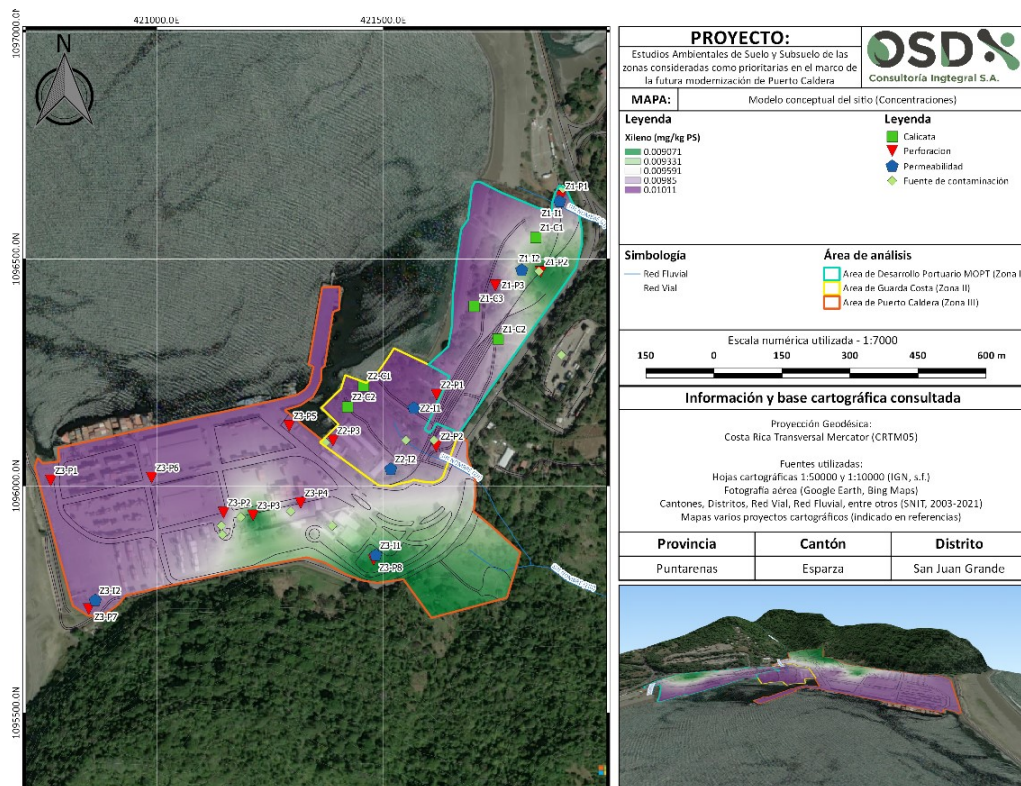


Figura 46. Concentraciones de tolueno en suelos y aguas respectivamente.



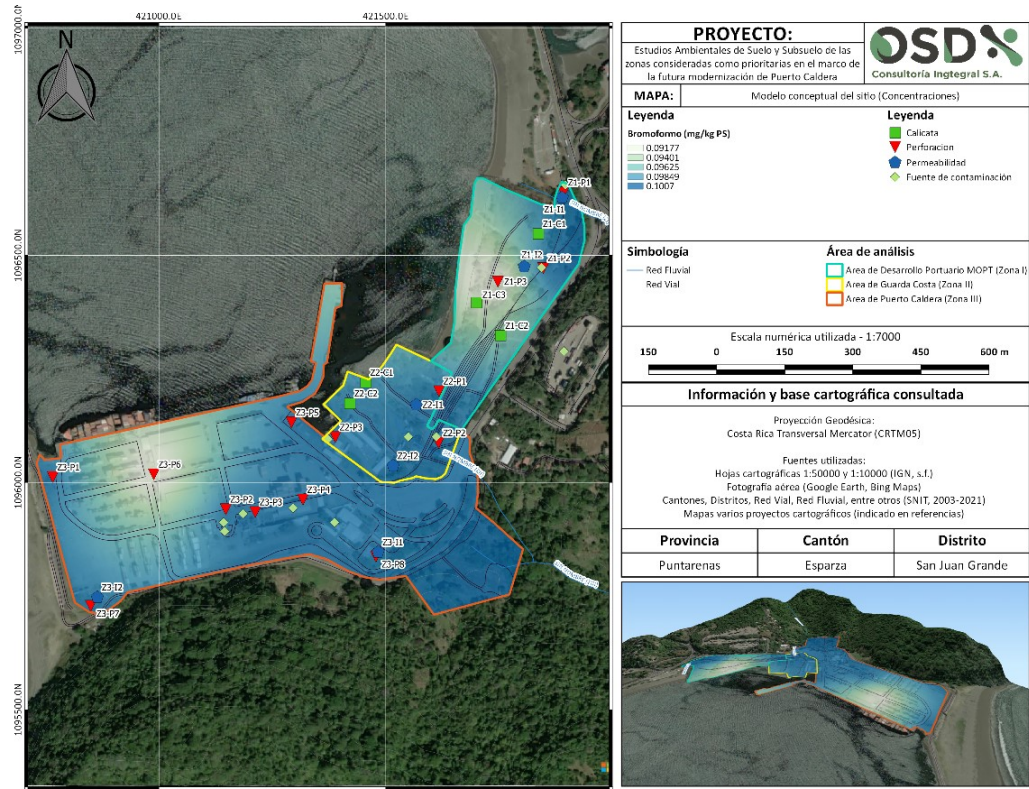
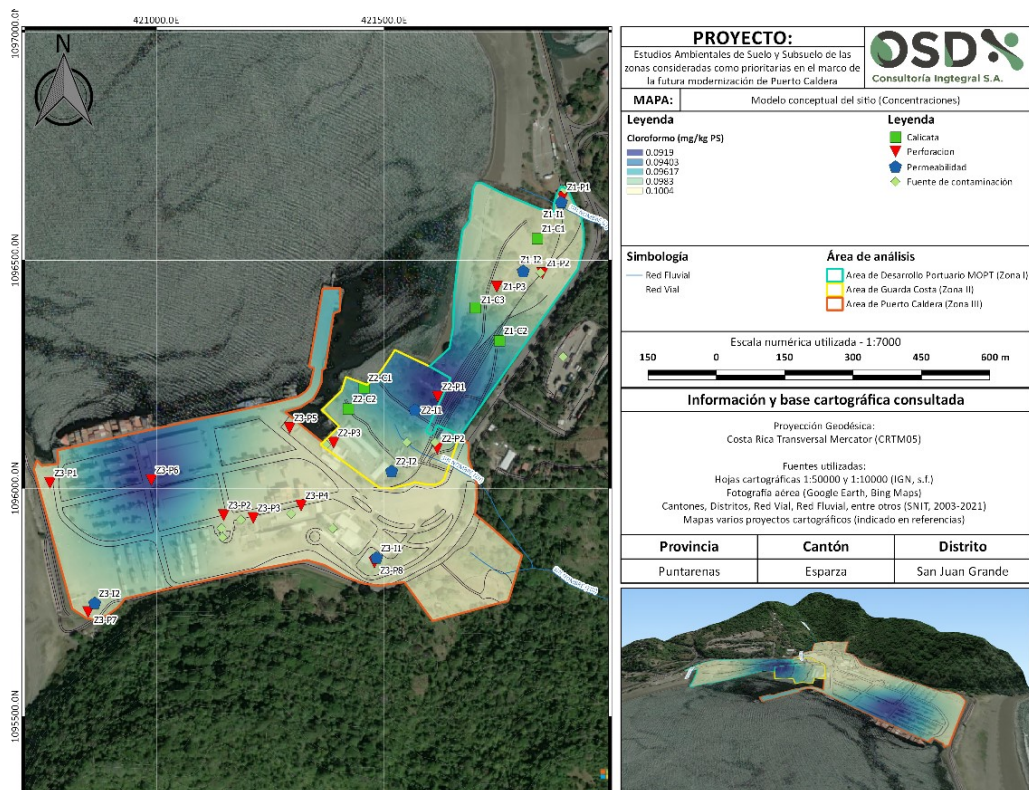


Figura 47. Concentraciones de xileno en suelos y aguas respectivamente.



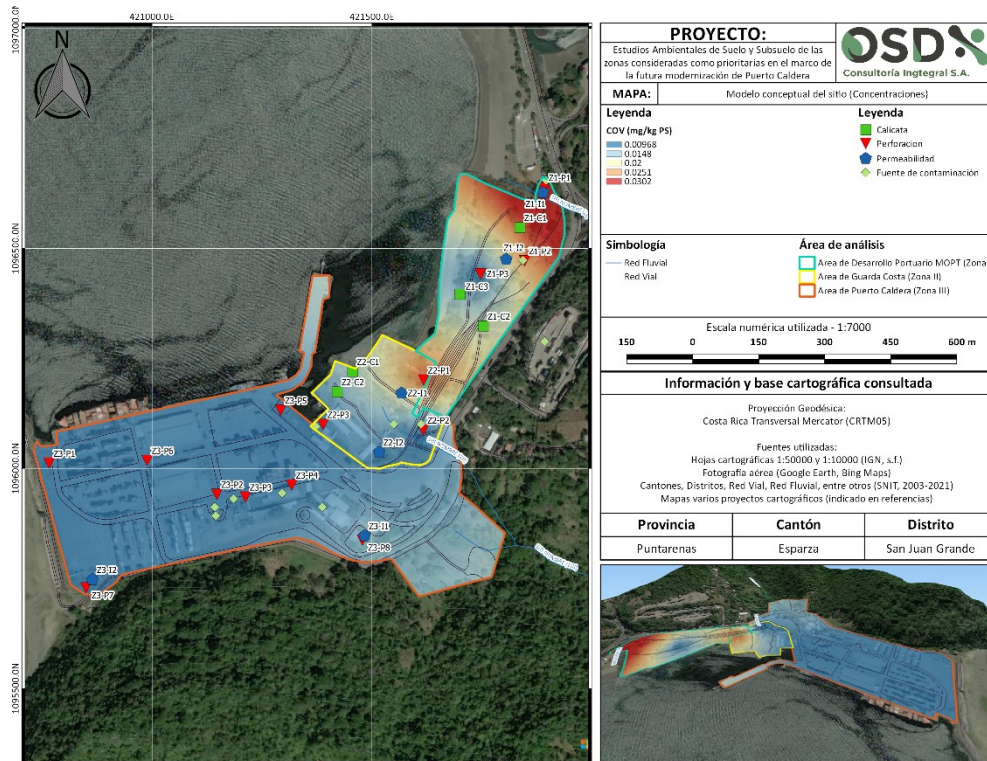


Figura 48. Concentraciones de bromoformo y cloroformo en suelos respectivamente.

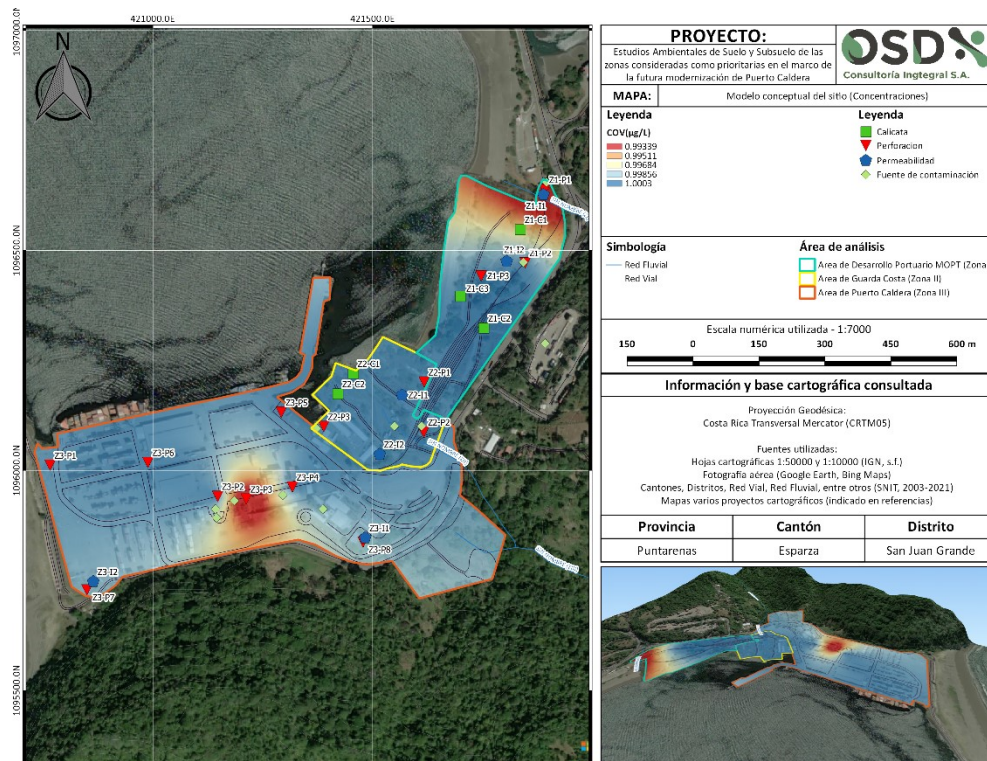


Figura 49. Concentraciones de COVs en suelos y aguas respectivamente.



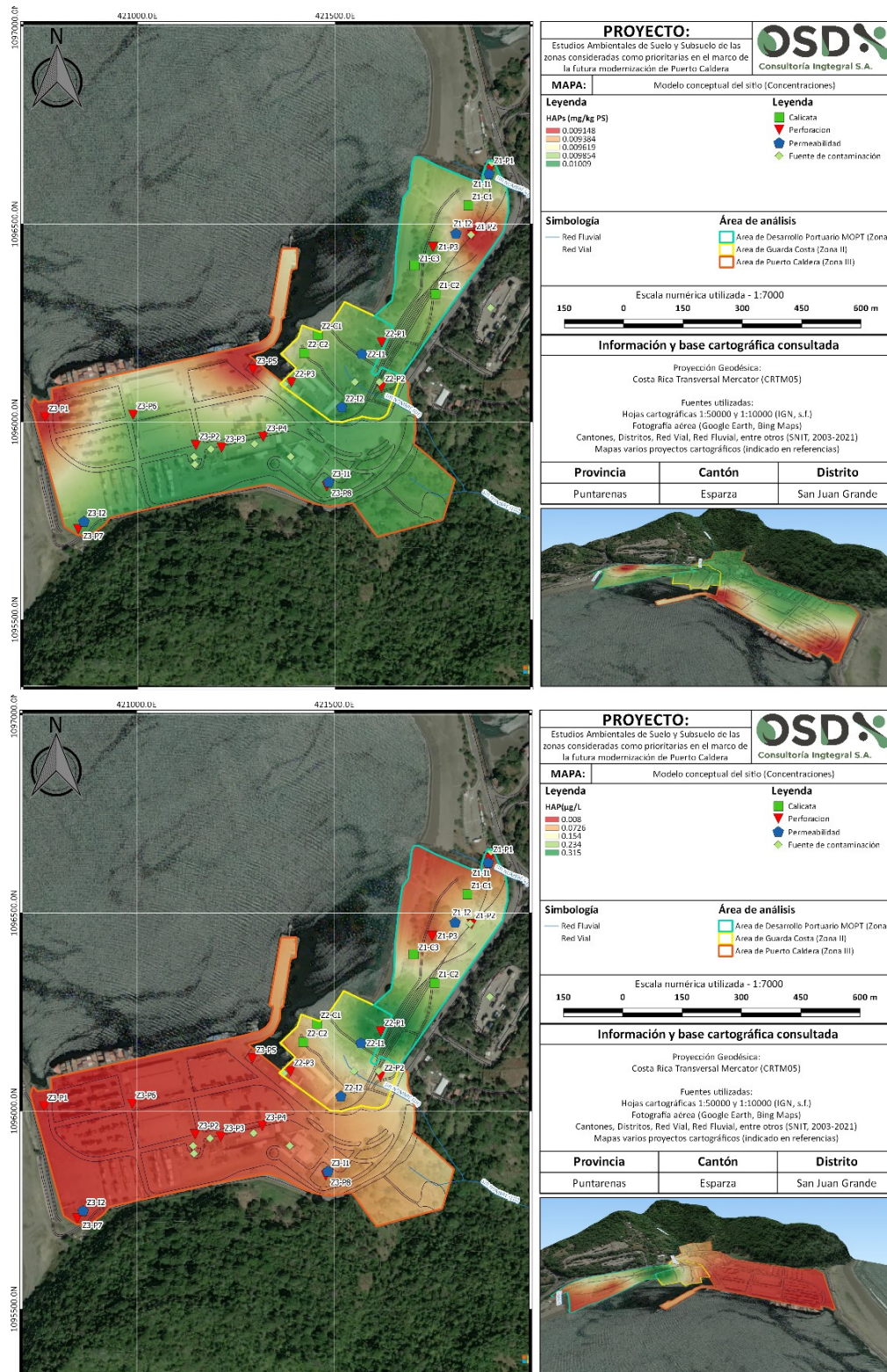


Figura 50. Concentraciones de HAPs en suelos y aguas respectivamente.



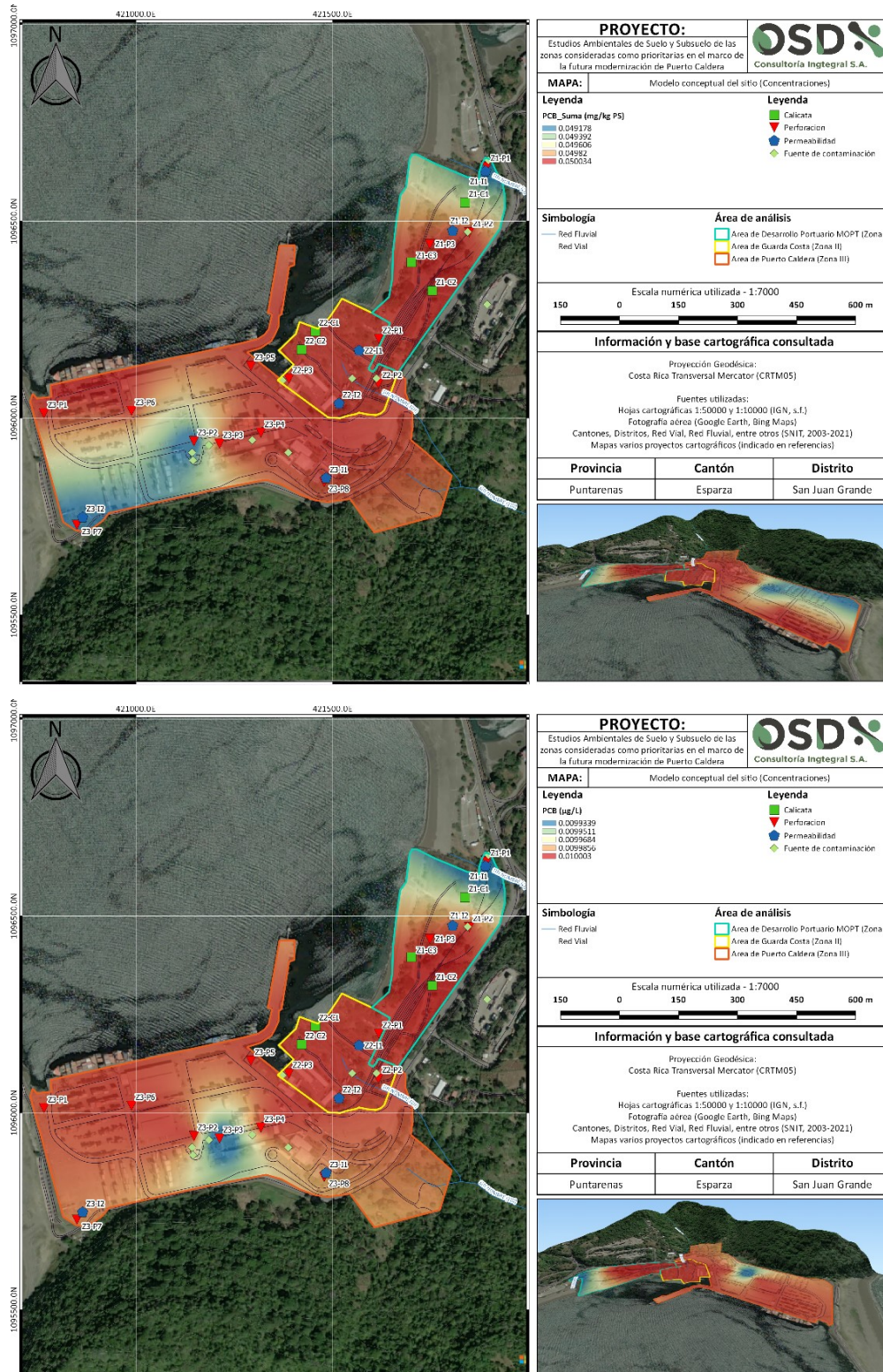


Figura 51. Concentraciones de PCBs en suelos y aguas respectivamente.



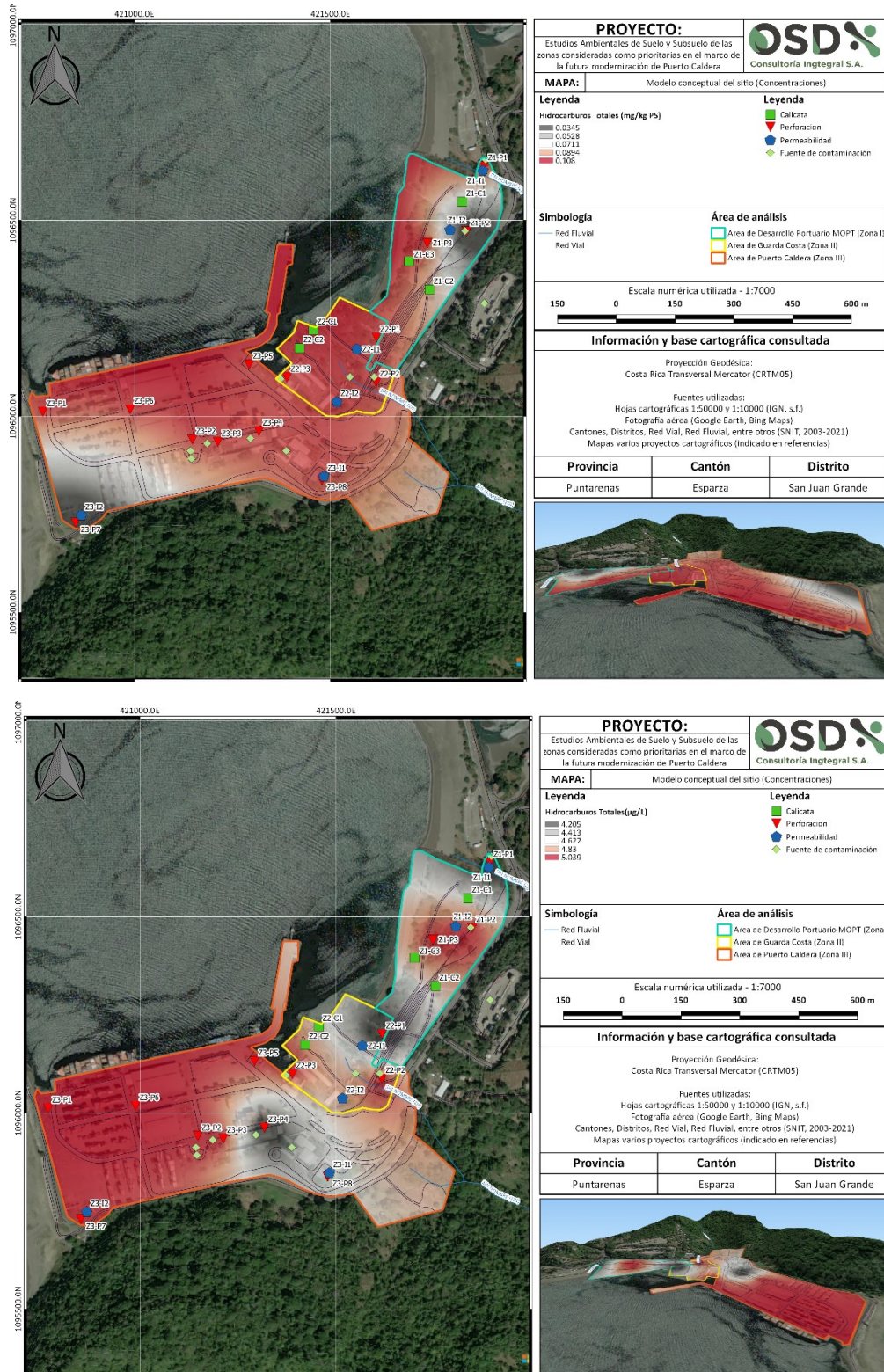


Figura 52. Concentraciones de hidrocarburos totales en suelos y aguas respectivamente.





Figura 53. Límites actuales de las zonas en estudio (ZI, ZII y ZIII).

A raíz del estudio y la identificación de riesgos asociados a la contaminación y daño ambiental, se asume, sin un diseño previsto en sitio, que la modernización y/o ampliación de las áreas pertenecientes al INCOP, Fuerza Pública de Costa Rica, Sociedad Portuaria de Caldera e INCOFER (MOPT) será mediante una ampliación en dirección hacia la línea de costa o para las zonas que se encuentran en desuso y sin cobertura. Para la condición actual, los colaboradores no se encuentran expuestos a medios contaminados (suelos, sedimentos, lodos, aguas subterráneas, continentales o marinas). Esta condición puede asociarse a que ha existido un crecimiento sostenible entre el frente ecológico y la vida humana, ya que, de no ser así, la percepción de invertebrados o flora autóctona del sitio sería difícilmente perceptible.



Figura 54. Estado de crecimiento de vegetación y ausencia de contaminantes desde una ortofoto



Para el presente caso las vías de exposición evaluadas incluyen la ingestión accidental, inhalación, contacto dérmico y la ingestión de organismos vertebrados de la zona. Estas se resumen en la de guía para el escenario evaluado y su exposición posible.

Tabla 37. Exposición a suelos contaminados según el escenario de uso del suelo

Vías de exposición	USO DEL SUELO			
	RESIDENCIAL	INDUSTRIAL	RECREACIONAL	AGRÍCOLA
Ingestión accidental	Si	Si	Si	Si
Inhalación	Si	Si	Si	Si
Contacto dérmico	Si	Si	Si	Si
Ingestión de vegetales	No	No	No	Si
Ingestión de carne	No	No	No	Si
Ingestión de leche	No	No	No	Si

Aun existiendo medios de exposición según el tipo de suelo se aclara qué, no es de esperar algún tipo de contaminación o perjuicio a la salud humana debido a que las concentraciones de las cadenas orgánicas y los metales pesados es despreciable en comparación, no obstante, el modelo conceptual busca evaluar todas las posibilidades para qué, a futuro, se contemplen **mecanismos de control y remediación en caso que se determine alguna variación respecto a los resultados evaluados en el presente reporte**. Se insta a seguir las prácticas en términos de seguridad ocupacional, ambiental y el manejo de control de calidad de los productos distribuidos en la zona.



Figura 55. Vista aérea a la zona de concentración de posibles rutas de exposición futura.



Receptores ecológicos: La exposición ecológica representa el contacto entre un Contaminante de Interés Potencia y un receptor ecológico e incluye consideraciones relativas a su magnitud, frecuencia y duración.

Para el caso de estudio, se consideran estos parámetros en su punto crítico, así como la biodisponibilidad de cada contaminante (vida media). Se ha asumido también que todos los receptores (suelo) están constantemente expuestos durante la etapa actual de operación, a la concentración máxima reportada de la sustancia química. Además, junto con suponer que la biodisponibilidad del contaminante es igual a un 100%. La condición anterior no es del todo cierta para el sector de la Zona III donde se observa una cobertura de hasta un 80% en materiales impermeables (losa de concreta), no obstante, se asume que los receptores serán dispuestos para el 20% restante no impermeabilizado (zonas verdes) y las secciones no pertenecientes al proyecto (línea de costa y aguas marinas).

Para biota que se alimenta de más de un tipo de alimento, se considera que la dieta consiste en el alimento que está más contaminado, y que la totalidad (100%) de la dosis del contaminante es asimilada por los tejidos del receptor y está disponible de para ser transferida al siguiente nivel trófico (eficiencia de asimilación). La estimación para este proyecto de exposición es más simple para la biota que habita en aguas marinas (tales como invertebrados), y para la vegetación terrestre. Para estos receptores se considera que la exposición ocurre mediante contacto directo (absorción a través de Superficies corporales y/o ingestión) con un medio contaminado.



Figura 56. Zona de acumulación de biota (receptores ecológicos principales)



Al realizar una evaluación de riesgos en sitio del proyecto se considera que no existe una relación observable de la biota (flora) con el contaminante. Igualmente, no se encuentra evidencia de contacto directo para organismos Superiores (fauna) tales como aves, peces y mamíferos terrestres, cuya principal ruta de exposición generalmente considerada es la ingestión de alimentos o medios contaminados (aguas continentales de las quebradas). No existe exposición directa al medio y como parte de la línea base, se dictamina la no contaminación en los receptores ecológicos debido a su desarrollo sostenible identificado en diversos puntos de las zonas donde la biota sigue su curso de vida (Zona I y Zona II predominantemente).

Descripción de las rutas de exposición significativas: La identificación de las rutas de exposición potenciales se basa en la evaluación del transporte y de la distribución de los contaminantes en los distintos compartimentos ambientales, junto con la identificación de las posibles rutas de exposición desde los medios ambientales hasta la biota y receptores humanos. Las rutas de exposición se mencionan a continuación:

- Suelo por debajo de la losa de concreto en la Zona III para las zonas de tránsito de maquinaria o uso de solventes.
- Material de relleno antropogénico cercano a la zona de acopio y el taller de guardacostas en la Zona II
- Subsuelo cercano a las plantas de tratamiento en la Zona I y la Zona III
- Suelo superficial (relleno antropogénico arcilloso) cercano a la estación de combustible.
- Aguas subterráneas asociadas al intercambio mareal-continental a lo largo de toda el área del proyecto.

Cada ruta de exposición se evalúa según lo siguiente:

- **Aceptabilidad del riesgo**, considerando no aplicar acciones correctivas.
- **Inaceptabilidad del riesgo**, considerando una evaluación a mayor detalle
- **Inaceptabilidad del riesgo**, considerando la aplicación de medidas correctivas



VIII.IV.III. Evaluación de la toxicidad

Los efectos de un contaminante sobre un organismo se pueden dividir en efectos con umbral (efectos no cancerígenos) y en aquellos sin umbral (efectos cancerígenos), dependiendo de si se produce un efecto adverso sólo a dosis mayores o a cualquier dosis. Se cree que los compuestos que tienen un nivel umbral son inocuos en dosis bajas (es decir, pueden metabolizarse o excretarse satisfactoriamente), existiendo un rango de valores de exposición, desde cero hasta un valor finito determinado, en el que el organismo puede tolerar la exposición sin manifestar ningún efecto tóxico no cancerígeno. A continuación, se presentan las Tablas 14 y 15, que normalmente se utilizan para evaluar los índices de toxicidad de distintas sustancias hacia las personas. Los criterios de cada una de estas Tablas se indica a continuación:

- Clase I: Sustancias sumamente tóxicas
- Clase II: Sustancias muy tóxicas
- Clase III: Sustancias moderadamente tóxicas
- Clase IV: Sustancias ligeramente tóxicas

Esta clasificación se establece tomando básicamente en consideración cuatro índices toxicométricos fundamentales, que son los siguientes:

- La concentración máxima admisible en el aire (CMA en el aire)
- La dosis letal media oral (DL50 oral)
- La dosis letal media cutánea (DL50 cutánea)
- La concentración letal media en el aire (CL50 en el aire)

Los **HAPs** pueden recibirse al ser expuesto aire contaminado por los mismos si se trabaja en plantas que producen coque, alquitrán y asfalto; plantas donde se ahúman productos; y facilidades que queman basuras municipales. A través de contacto con aire, agua o tierra cerca de sitios de residuos peligrosos o respirando aire con **HAPs** del humo de cigarrillos, humo de madera, emisiones del tubo de escape de automóviles, caminos de asfalto.



Los compuestos **BTEX** son tóxicos, particularmente con una exposición alta y prolongada. Pueden dañar la médula ósea (sangre), el sistema nervioso central y el sistema inmunológico. Los efectos sobre la salud incluyen mareos, dolor de cabeza, náuseas y vómitos, fatiga, visión borrosa, pérdida de coordinación muscular y frecuencia cardíaca irregular. La exposición a corto plazo a niveles altos de BTEX puede irritar la piel, los ojos, la nariz y la garganta. Las personas con asma y otras enfermedades respiratorias pueden experimentar tos, sibilancias y dificultad para respirar con la exposición. Puede causar daño hepático y renal, coma o muerte. El benceno es un carcinógeno humano conocido (puede causar leucemia) y el etilbenceno es un posible carcinógeno humano.

En particular, la contaminación del ambiente ocupacional por sustancias químicas se produce en los procesos de trabajo como consecuencia directa o indirecta de la manipulación, empleo, transportación y(o) almacenamiento de materiales y productos que generan o dispersan gases, vapores y(o) partículas sólidas o líquidas en el aire. El contacto del hombre con estas sustancias químicas posibilita su entrada al organismo por diferentes vías, provocándole o no, de acuerdo con la dosis absorbida, enfermedades u otras alteraciones en su estado de salud. La magnitud y tipo de los efectos adversos producidos dependen de la duración de la exposición.

Para el proyecto, se realiza un análisis de toxicidad que toma la base de mínimo el contacto actual (exposición) de personas con ambas sustancias químicas, esto debido a que el contaminante no se encuentra expuesto directamente al ambiente y que se han identificado diversos puntos en los que puede movilizarse el compuesto nocivo.

Tabla 38. Clasificación de las sustancias nocivas atendiendo al grado de acción tóxica que producen en el organismo humano

Vías de exposición	CLASE			
	I	II	III	IV
CMA en el aire (mg/m ³)	<0,1	0,1 – 1,0	1,1 – 10,0	>10,0
DL ₅₀ oral (mg/kg)	<15	15 – 150	151 – 5000	>5000,0
DL ₅₀ cutánea (mg/kg)	<100	100 – 500	501 – 2500	>2500,0
DL ₅₀ en el aire (mg/m ³)	<500	500 - 5000	5001 - 50000	>50000,0

Índice toxicométrico	Sumamente tóxica	Muy tóxica	Moderadamente tóxica	Ligeramente inofensiva	Casi atóxica
DL ₅₀ oral (mg/kg)	<1	50	500	5000	15000
CL ₅₀ (mg/m ³)	<10	100	1000	10000	100000
DL ₅₀ cutánea (mg/kg)	<5	43	340	2810	22590



Se realiza un análisis teórico de las características de los contaminantes utilizando su SDS (Safety Data Sheet), utilizando como punto de comparación a todas las sustancias como moderadamente tóxica a muy tóxica. **Comparando los resultados obtenidos de las concentraciones en suelo seco y agua, se determina que los valores identificados en las muestras son despreciables en función de su toxicidad.**

Con respecto al impacto toxicológico al medio ambiente, el punto de partida habitual para tales investigaciones de toxicidad es el estudio del impacto de una sustancia en la biota. En este sentido, es muy importante el análisis de toxicidad en función de la exposición (contacto) entre el contaminante (cadenas orgánicas) de interés potencial y los receptores ecológicos.

VIII.IV.IV. Caracterización del riesgo

Si la evaluación de riesgos de un sitio determinado caracteriza los riesgos existentes como no tolerables, entonces dicho sitio debe ser intervenido (**restaurado o remediado**) para reducir los niveles de las sustancias tóxicas hasta concentraciones que signifiquen un riesgo aceptable para la salud pública o el medio ambiente. La determinación de lo que es un riesgo aceptable es una decisión que depende de la sociedad en general.

Al iniciar esta etapa del proceso de evaluación preliminar, se debe haber reunido toda la información disponible del sitio, confeccionado la listado de Contaminantes de Interés Potencial que deben ser evaluados, identificada la toxicidad de los mismos, identificado los receptores, desarrollado un modelo conceptual del sitio, identificadas las rutas de exposición completas (Subsuelo y aguas subterráneas) entre la contaminación del sitio y los receptores, y estimado la exposición de dichos receptores directamente de las concentraciones ambientales en el suelo y aguas subterráneas correspondientes según corresponda.

Con base a un análisis de los apartados mencionados anteriormente, se pueden concluir los siguientes aspectos con respecto a la evaluación de riesgo del sitio:

No existe un riesgo inherente a la salud de las personas en esta etapa del proyecto debido a que los efectos que potencialmente se pueden producir por un contacto con el agente contaminante y las personas se ven reducidos al máximo al existir la presencia de una barrera impermeable (losa de concreto) y las personas en el ambiente circundante. La



exposición de las personas por contacto directo ante los contaminantes identificados en sitio y ensayados en laboratorio es mínima.

En esta etapa, no existen espacios cerrados (espacios confinados) donde pueda existir acumulación y donde se puedan medir los niveles de presencia de ciertos gases (NOx, CO2, CO, H2S, etc) para analizar sus niveles máximos de exposición y contacto. No obstante, se aclara que pueden existir derrames debido a que el uso del proyecto, específicamente para el identificado en Zona III, carga consigo una elevada vulnerabilidad al verse influenciado por diversas prácticas de los barcos cargueros en función de la zona a la cual su regulación los limita a actuar.

A nivel Superficial no existe un riesgo de contaminación hacia el entorno debido al punto mencionado anteriormente. Asimismo, debido a que las concentraciones de todas las cadenas orgánicas analizadas, así como los metales pesados son bajas, no deberá existir un efecto adverso a menos que los umbrales permisivos, para los contaminantes cuya regulación exista a nivel local e internacional, sean sobrepasados y puedan ser comparables según lo indicado en el medio de exposición a través de la toxicidad del contaminante. Una característica importante de mencionar corresponde a la posibilidad de que los materiales arcillosos bajo la losa impermeable permitan un tránsito tan lento de los contaminantes que puedan ser removidos en el momento de su detección. No obstante, esta última práctica va a ser regulada según los mecanismos de control y procedimientos en caso de que se detecte contaminación al medio subterráneo.

En términos de posible afectación a los seres humanos, según el desarrollo actual y sin tener previsto un diseño de sitio, se establece que la afectación no será considerable debido a que el consumo de aguas y/o alimentos no será abastecida mediante pozos ya que el área del proyecto se sitúa aguas debajo de donde se extraen las fuentes de consumo. El análisis de tránsito de contaminantes es fundamental para entender este apartado de riesgo.

Se considera indispensable para este análisis tomar en cuenta que los piezómetros instalados cumplirán la función prevista durante el plan de muestreo el cual fue, qué, en caso de detectarse alguna fuente contaminante, se permitiera realizar la propuesta de biorremediación del sitio contaminado. Sin embargo, debido a que no se identificó ninguna fuente contaminante en el sitio, se considera que la propuesta para remediación no tendría función al no eliminar cargas perjudiciales en el medio poroso subterráneo.



IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se presentan las conclusiones del proyecto “Estudios Ambientales de Suelo y Subsuelo de las zonas consideradas como prioritarias en el marco de la futura modernización de Puerto Caldera” de acuerdo con las especificaciones indicadas en el pliego de condiciones de la Licitación Reducida N° 2023LD-000079-0019200001 realizado para la Unidad Técnica de Supervisión y Control del Instituto Costarricense de Puertos del Pacífico en para su implementación en una condición futura, ubicado en el distrito 02° San Juan Grande, Cantón 02° Esparza, en la provincia 06° Puntarenas. Del presente estudio se determinó lo siguiente:

El trabajo realizado consiste en una visita de reconocimiento al sitio de interés. Mediante una investigación bibliográfica a detalle, se generó la interpretación del contexto geológico regional. La evaluación anterior ha seguido los pasos de la guía estándar ASTM E1689-95, para el modelo de sitios contaminados y ha sido 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 son extraídas a partir de perforaciones puntuales y/o extracción mediante calicatas.

Se ejecutan un total de catorce (14) perforaciones, de las cuales se realiza una intercalación entre el método combinado de SPT (ASTM D-1586) y rotación con broca de punta de diamante (ASTM D-2113) en diámetro NQ. Las muestras recuperadas mediante esta metodología han sido extraídas y ensayadas en el laboratorio para analizar químicamente las propiedades referentes a la fracción de su carga contaminante. Las perforaciones se han avanzado hasta alcanzar profundidades máximas 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. A partir del encamisado de los agujeros perforados, se instalan piezómetros exploratorios para el monitoreo y la recuperación de muestras de aguas que posean parámetros evaluables en el laboratorio. Se realizan seis (6) pruebas de infiltración en el terreno. La ejecución de estos ensayos se realiza según el procedimiento que establece el Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones (CFIA, 2017), en el artículo 10.2-7.



Para la evaluación ambiental de las aguas subterráneas, superficiales y los suelos en su estado seco, se ha realizado la extracción de una muestra compuesta por punto de perforación en el caso de los suelos y una muestra a la profundidad de detección del nivel freático para el caso de las aguas continentales. Las muestras de agua y suelo se custodian según el estándar ASTM D4220-14 para custodia y transporte de muestras a un laboratorio.

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

Las diferentes zonas han sido caracterizadas geomecánicamente en función de su textura para estimar, a partir de su distribución granulométrica y su porcentaje de humedad, el valor gravimétrico de los poros existentes en la fracción de suelo. El Anexo C muestra los resultados de las pruebas de laboratorio de manera individual y detallada. De acuerdo con las observaciones efectuadas en los sondeos exploratorios realizados, se ha detectado el nivel freático en todos los puntos investigados. Esta observación es válida en la fecha de ejecución de los trabajos de campo (noviembre, 2023).

Para cada una de las zonas investigadas, ha sido ejecutada como mínimo una prueba de infiltración. Según lo obtenido, para todas pruebas de infiltración se obtienen resultados característicos de un material muy alta permeabilidad, sin embargo, incumple desde la normativa legal para la ubicación de sistemas de infiltración al subsuelo mediante drenajes. Esto según los parámetros establecidos en el Decreto N° 42075-S-MINAE que dispone una tasa de infiltración permitida entre los 2min/cm y 24 min/cm.

Hidrológicamente hablando, dos cauces pertenecientes a quebradas sin nombre cursan el área del proyecto. Por su tamaño y perímetro se consideran como cuencas pequeñas. Poseen un desnivel topográfico muy bajo, no se identifica la presencia de sinuosidades en el recorrido del cauce y específicamente para el área del proyecto, se asocia con una cuenca de rápido flujo debido a que las aguas encausadas pertenecen en gran parte a las obras civiles que han dado raíz a las diversas zonas analizadas dentro del presente reporte. El cauce de ambos ríos se encuentra cubierto una abundante cobertura forestal característica de la zona como decidua, es decir, con la capacidad de perder sus hojas en épocas de extremas temperaturas. El área forestal se extiende más allá de la zona analizada, siendo para el área del proyecto, la principal cobertura de tipo no forestal. Sin embargo, se menciona la posibilidad que para la Zona II y la Zona III, la microcuenca alberga una zona



forestal de bosque maduro, tal cual observación no fue determinada en campo para los linderos suroeste de la propiedad analizada en las instalaciones del INCOP y el sector de Puerto Caldera.

La mayoría de la cuenca se encuentra cubierta por bosque, pastos, cultivos y zonas urbanas. Lo que indica que la cuenca posee alta permeabilidad, disminuyendo la considerablemente el coeficiente de escorrentía superficial del agua y con ello el caudal de diseño.

No se reporta la presencia de cobertura forestal (bosque secundario, deciduo, maduro o plantaciones forestales) en el área del proyecto, característica interpretada como un cambio en el uso debido a la instauración y expansión del Puerto Caldera. Desde un punto de visto de los ecosistemas en las aguas marinas, se identifican organismos vertebrados y vegetación litoral (mangle, palmas, escasas algas) en el sector de Guardacosta y el sector de INCOFER, lo cual implica un desarrollo sostenible de las instalaciones y un cambio del uso del suelo leve, por lo que, comparativamente, la zona aún tiene capacidad de uso de tierra. Los resultados hidráulicos se pueden observar detalladamente en el capítulo V.XI del presente reporte. Según los proyectos cartográficos de la CNE, se detecta la presencia de zonas de potencial inundación en la cercanía al AP, no obstante, las zonas con este evento hidrometeorológico se encuentran fuera del área del proyecto y por tanto, la afectación será mínima desde un punto de vista regional. Debido a la ausencia de un levantamiento topográfico a detalle, un modelo hidrológico-hidráulico no es realizable. Sin embargo, los parámetros hidráulicos podrán ser implementados como base para el diseño de obras y estructuras como lo son puentes, pasos de alcantarilla y/o canales abiertos dentro de las microcuencas analizadas.

No es posible identificar afloramientos en el área del proyecto debido a los espesores elevados de suelos asociados a la zona de terminación continental-costera. Asociadas a las características de los materiales se alude a la presencia de pendientes bajas ligadas a la sedimentación en la llanura aluvial de los ríos del Pacífico Central. Por tanto, lo detectado en el área del proyecto corresponde a remoción de los cerros compuestos por las rocas del Miembro Mata Limón para rellenar la zona investigada y desarrollar el sector de Caldera

En el recorrido del AP no fueron detectados captaciones o manantiales. La base de datos indica la naciente más próxima a 12 km de distancia, desde el punto norte de la zona analizada, por lo que se considera fuera del área de influencia del proyecto (esto corresponde a 100 m de radio, respecto al manantial más cercano).



Dados los registros de pozos, manantiales y nacientes disponibles en el área de estudio, el gradiente hidráulico crítico es de 0,0377 para el área del proyecto, tomando en cuenta la distancia entre las isofreáticas locales y la diferencia de altura entre ellas. El valor más habitual (media estadística) de gradiente es de 0,014.

Se identifican suelos gravosos y areno-arcillosos que corresponden a la deposición de abanicos aluviales, fan-deltas y el intercambio local de sedimentos con los deltas y las barras arenosas de la zona de Caldera. No obstante, no se identifica ningún estudio hidrogeológico a detalle en la zona de análisis, más que la interpretación hidrogeoestratigráfica de las unidades reportadas por Denyer et al. (2003). El potencial de explotación de agua ronda entre los 0,50 l/s para el acuífero aluvial en cercanía para un nivel estático reportado a una profundidad variable entre 10,0 m.s.n.m hasta 0,0 m.s.n.m.

Para el cálculo de la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero aluvial cubierto, se implementa el método G.O.D, el cual considera el grado de inaccesibilidad a los estratos subyacentes a la zona saturada del acuífero y la capacidad de atenuación de los estratos suprayacentes a la zona saturada del acuífero. El nivel freático a partir de la interpolación del nivel estático otorga que, para la zona de estudio, el mismo se encuentra a una profundidad variable entre 10,0 m.s.n.m hasta 0,0 m.s.n.m., que para el proyecto localizado a una elevación promedio de 10,00 hasta 4,0 m.s.n.m. otorga una caracterización de vulnerabilidad alta ante la contaminación del acuífero subyacente (GOD: 0,60).

Desde un punto de vista de amenaza, se realiza un análisis de tránsito de contaminantes con la estratigrafía obtenida a partir del perfil del subsuelo identificado. Debido a que el tiempo de vida media de los compuestos hidrocarburos es de 1000 días promedio, para todas las zonas, el espesor (m) de 3,0 m crítico y la distancia horizontal (d) de 0,10 m (tomado como el punto crítico en Zona II) es suficiente para que el agente contaminante no pueda residir en el cuerpo acuífero más cercano o al menos, no perjudicar negativamente el ecosistema en un tiempo prudencial. Por tanto, se determina que no existe amenaza de contaminación al acuífero por tránsito de contaminantes de toxicidad media, con persistencia y movilidad alta en el medio analizado.

Debido a la baja concentración detectada en los compuestos analizados tanto para las muestras sólidas y líquidas en hidrocarburos totales TPH y otros contaminantes (HAPs, BTEX, COV, PCB), no se conoce con exactitud ningún mecanismo de liberación de estos desde las fuentes de contaminación. Los resultados mostrados en la sección VII.



RESULTADOS ANALÍTICOS Y MODELO DE CONTAMINACIÓN SUPERFICIAL, claramente indican que no hay contaminación el área de estudio del proyecto.

Las aguas subterráneas que se encuentran a 3,0 metros de profundidad y reflejada en las perforaciones exploratorias, no arrojan ningún resultado de contaminación por HAPs, BTEX, COV, PCB), se puede concluir a partir de los análisis de calidad del laboratorio que no hay incumplimiento respecto a la regulación nacional y que no hay ningún impacto al agua subterránea por infiltración en el área de influencia del proyecto.

Los modelos geoestadísticos presentes para evaluar la concentración de las diferentes propiedades químicas, físicas o mecánicas a lo largo de cada una de las zonas investigadas arrojan como resultado, la no presencia de contaminantes fuera de la normativa aplicable para sitios contaminados, los valores se encuentran muy por debajo de los valores de intervención.

Para este caso de estudio, tomando como referencia los resultados del modelo conceptual, observando la frecuencia y exposición de los seres humanos durante la realización del proyecto y las condiciones actuales de operación, no existe evidencia cuantitativa de contaminación en el área de estudio. A la fecha de elaboración del reporte (diciembre, 2023) no se identifica interacción entre los agentes contaminantes y el medio de uso que perjudique a la salud humana.

Se producen 18 modelos de distribución de concentraciones para los 118 parámetros ensayados, donde se incorporan los valores totales como puntos de comparación y las cadenas orgánicas más relevantes para la evaluación de sitio.

Aun existiendo medios de exposición según el tipo de suelo se aclara qué, no hay evidencia cuantitativa y cualitativa de algún tipo de contaminación o perjuicio a la salud humana debido a que las concentraciones de las cadenas orgánicas y los metales pesados es despreciable-

El modelo conceptual evalúa y propone que se contemplen mecanismos de control y remediación en caso que se determine alguna variación respecto a los resultados evaluados en el presente reporte. Se recomienda seguir el monitoreo ambiental y control estricto de las condiciones de operación del puerto.

El análisis teórico de las características de los contaminantes utilizando su SDS (Safety Data Sheet), utilizando como punto de comparación a todas las sustancias como



moderadamente tóxica a muy tóxica, determina que los valores identificados en las muestras son despreciables en función de su toxicidad.

Con base a un análisis de los apartados mencionados anteriormente, se pueden concluir los siguientes aspectos con respecto a la evaluación de riesgo del sitio:

- No existe un riesgo inherente a la salud de las personas en esta etapa del proyecto debido a que las concentraciones son muy bajas y los efectos que potencialmente se pueden producir por un contacto con el agente contaminante y las personas se ven reducidos al máximo al existir la presencia de una barrera impermeable (losa de concreto).
- La exposición de las personas por contacto directo ante los contaminantes identificados en sitio y ensayados en laboratorio es mínima (en el límite de detección de los equipos de laboratorio)

IX.I. RECOMENDACIÓN PARA LA REMEDIACIÓN DEL SITIO

Debido a que no se identifica ninguna carga contaminante en aguas continentales, aguas marinas, aguas subterráneas, suelo seco o lodo, no se considera necesario brindar recomendaciones para la remediación del sitio analizado. Se recomienda continuar monitoreando los piezómetros instalados periódicamente para darle seguimiento a los parámetros comparativos reportados en el presente informe.

X. DISCUSIÓN SOBRE LOS GRADOS DE INCERTIDUMBRE Y ALCANCE DEL PROYECTO

Respecto a todos los resultados aportados, se hace referencia a las condiciones de geaptitud del terreno, sin embargo, este análisis corresponde a un estudio regional, por lo cual la fragilidad propia del terreno depende de las condiciones actuales en las que fue realizada la visita al sitio. El alcance del estudio geológico básico llega hasta la definición de unidades litológicas y geomorfológicas.

Como principal grado de incertidumbre para el estudio hidrogeológico, se presenta la variante de la cantidad de información respecto a los registros de pozos utilizados y las



bases de datos consultadas, por lo que, para variables relacionadas a las propiedades de conductividad, capacidad de almacenamiento y transmisividad de los acuíferos, se requiere la realización de pruebas puntuales.

Los modelos de concentración y las curvas isofreáticas producidas en base al krigging ordinario variará en función de las condiciones identificadas y el número de datos procesados, por ello, para los sectores insuficientemente prospectados, la incertidumbre de estos sectores debe de ser contemplada. El alcance del estudio hidrogeológico corresponde a la elaboración del mapa hidrogeológico y la definición de zonas para definir la viabilidad ambiental del proyecto

La precipitación de lluvia para una zona constituye una de las principales fuentes de incertidumbre en un estudio hidrológico, especialmente cuando se desarrollan para una gran zona. Los cálculos hidrológicos se basan en estimaciones obtenidas a partir del análisis estadístico de la información recolectada por diversos medios, mecánicos y automáticos, por lo que el grado de incertidumbre asociado con estos elementos se puede ver reflejado en los resultados aquí presentados.

Asimismo, los valores de coeficientes y otros similares utilizados en el desarrollo del análisis hidrológico del proyecto conllevan un grado de incertidumbre asociado debido a que los mismos son obtenidos a partir del estudio teórico y experimental en situaciones controladas, por lo que no se adaptan completamente a la situación presentada en el proyecto constructivo.

Los coeficientes de escorrentía varían con base en el tipo de superficie encontrada en sitio o propuesta para el proyecto, pues pueden verse afectados por factores como la capacidad de permeabilización del suelo y el tipo de vegetación encontrada, entre otros factores, por lo que el valor escogido representa un promedio que puede verse afectado por la desviación estándar asociada a la incertidumbre de los coeficientes teóricos y experimentales utilizados.

Los parámetros hidráulicos podrán ser implementados como base para el diseño de obras y estructuras como lo son puentes, pasos de alcantarilla y/o canales abiertos dentro de las microcuencas analizadas.

El grado de incertidumbre en los resultados de este informe está sujeto a las incertidumbres y alcances de los métodos de análisis utilizados.



X.I. Garantía de calidad/control de calidad adoptado

En el desarrollo de esta investigación, es de crucial importancia, mantener el control de la calidad, por ello se capacita al equipo supervisor, en la toma de las muestras de suelos y aguas, de la manera más óptima y correcta, manteniendo en todo momento la higiene de los instrumentos, herramientas utilizadas y temperaturas para conservar las mismas, de acuerdo a los lineamientos establecidos por el laboratorio, y estándares de las normas ASTM mencionadas anteriormente.

Se cuenta con el respaldo de un laboratorio acreditado, lo que brinda la certeza de un análisis de cada una de las muestras de suelos y agua más calificado.

A pesar de ciertas desviaciones del plan de trabajo, que se detallan en el siguiente apartado, la investigación en sitio se llevó a cabo cumpliendo con lo establecido en el cartel de licitación, y con las cantidades definidas en el plan de muestreo aprobado, lo que permitió realizar el análisis estadístico y geoestadístico.

X.II. Desviaciones del plan de trabajo

En el primer entregable se define el plan de actividades seccionado en tres etapas, para la primera etapa, entre otras cosas, se define el plan de muestreo, que es el insumo para la ejecución y recolección de información para la siguiente etapa.

Sin embargo, una vez iniciado las actividades de muestreo, se presentan circunstancias que conllevan a realizar pequeños ajustes al plan de muestreo, a continuación, se detallan los realizados:

- Con respecto a la metodología de muestreo de suelos, en general, que se plantea principalmente por medio de perforación a rotación con punta de broca de diamante, en sitio se toma la decisión de combinarlo, con SPT, debido al nivel freático de las zonas, y la necesidad de recuperar la muestra de suelo seca.
- Para la zona I, durante la perforación n°3 se detecta a 3 metros de profundidad suelo de relleno muy grueso, y no se alcanza a recuperar el material suficiente para la muestra de laboratorio, por dicha razón, se toma la decisión de reubicar el punto, de forma paralela al originalmente propuesto para mantener la línea de flujo en caso de que se encontrará contaminación por el parqueo de los camiones pesados.



- Para la zona 2, con la primera perforación planteada, la máquina perforadora rebota, a escasos 1.5 metros, y no se alcanza a recuperar material. Por lo tanto, se procede a cambiar de ubicación las perforaciones n°1 y n°2, con el fin de poseer mayor cobertura, que permita también la buena recuperación de suelos para análisis de laboratorio.
- Para la zona 3, se replantea la ubicación de la perforación n°2, que se encuentra cercana a la zona de recarga de combustible, con el fin de no interrumpir la operación del área, y a la imposibilidad de barricar el sector durante la permanencia en el sitio.
- Referente a la muestra del punto Z3-P6, no se realiza la toma de material debido a que el proceso de recuperación un material lodoso que no cumple con los parámetros de comparación según la normativa vigente en el país.

A pesar de esos cambios que surgen al momento de la ejecución, se finaliza el plan de muestreo a cabalidad, con la cantidad de muestras deseadas, para llevar a cabo la serie de análisis de laboratorio. Cabe mencionar que las decisiones tomadas, son realizada en consenso por parte del equipo técnico y profesional, con el único fin de cumplir los objetivos del proyecto de la mejor manera posible.

Aspecto importante para resaltar, son los tiempos de ejecución cortos para el desarrollo del proyecto, se realiza la solicitud de reducir los tiempos de respuesta a 30 días naturales, dado la época de fin de año se debe realizar el cierre de presupuesto anual 2023. Se logra realizar una optimización de los tiempos gracias al trabajo en conjunto y compromiso del equipo de trabajo, reduciendo en un 20% el tiempo planificado para el proceso de muestreo en sitio. Lo que permite entregar todas las muestras al laboratorio 2 días antes del previsto.

Para la tercera y última etapa, no se realizan desviaciones al plan de trabajo, parte del presente entregable, es el modelo conceptual del sitio, y posterior a la validación de este por parte de la Unidad Técnica de Supervisión y Control de INCOP, si lo consideran necesario, se realiza la propuesta técnica y financiera para las futuras investigaciones y/o remediaciones.

XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (ATSDR). 1995. Reseña Toxicológica de los Hidrocarburos aromáticos policíclicos (en inglés). Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública.



ALÁN, A., ARIAS, M., CARRILLO, M., GARITA, E., MURILLO, J., RAMÍREZ, N., RAMOS, V., RODRÍGUEZ, A., 1998: Estratigrafía de las formaciones plioleistocénicas de la hoja Barranca, Puntarenas, Costa Rica.- 39 pp. Univ. Costa Rica, San José [Informe del curso Geología de Campo II].

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.



SPRECHMANN, P.-. 1984: Manual de Geología de Costa Rica, vol. 1, Estratigrafía.- San José: Editorial UCR, 320 p.

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



XII. ANEXOS DEL ESTUDIO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL SITIO

ANEXO A: RESULTADOS EMITIDOS POR EL LABORATORIO ANALÍTICO



Tipo Muestra:	SUELOS	Registrada en:	AGQ Lambda	Cliente (^):	OSD Consultoría Integral S.A.
Estudio	AMM-CR02-23-00058	Centro Análisis:	AGQ Lambda	Domicilio (^):	Cartago, El Guarco, Tejar Tejar del Guarco, Cartago 0
PNT Muestreo				Cod Cliente:	CR02-00001756
Cliente 3º(^):	---			Contrato:	QSP-LA231000002

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los resultados reflejados en el presente informe se refieren únicamente a la muestra tal como es recibida en el laboratorio y sometida a ensayo. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, tanto la asociada a la toma de muestras realizada por él como a otros datos descriptivos, marcados con (^) y que se encuentran fuera de nuestro alcance de Acreditación.



Pamela Badilla Escalante

Química N.I. 2997



Anthony Crisanto Ramirez Mendez

Químico N.I. 3101



Liliana Dedios Alegria

CQP-824

FECHA EMISIÓN: 14/12/2023

OBSERVACIONES (*):

Atención: Karol Flores.

AGQ Lambda S.A. reporta sus resultados a partir del Límite de cuantificación LC (Lim Cuantif/). PSF vigente No.988 vence 05/04/24. Los parámetros acreditados por IAS están homologados por ECA-RECA-020-2023, vence el 01/02/24. AGQ Lambda S.A. report results based on the LC quantification limit

AGQ LAMBDA, S.A.

San Francisco de Dos Ríos San José. Costa Rica

T: +506 2286 1168

atencionalcliente.cr@agqlabs.com

www.agqlabs.cr

1/14

Estudio			AMM-CR02-23-00058			Tipo Muestra: SUELOS				
RESULTADOS ANALITICOS										
Nº de Referencia Descripción(*)			S-23/078104 Z1-P1 mezcla compuesta	S-23/078105 Z1-P2 mezcla compuesta	S-23/078106 Z1-P3 mezcla compuesta	S-23/078417 Z2-P1, No se detectan hidrocarburos	S-23/078418 Z2-P2, No se detectan hidrocarburos	S-23/078419 Z2-C1, No se detectan hidrocarburos. Recuperacion por calicata	S-23/078449 Z2-P3 No se detectan hidrocarburos. Mu mala recuperacion por rotacion	S-23/078450 Z3-P2 No se detectan hidrocarburos. Recuperacion por rotacion
Parámetro	Incert	Unidades								
THMs										
*26 Bromodiclorometano	±20%	mg/kg PS	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
*26 Bromoformo	-	mg/kg PS	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
*26 Clorodibromometano	±20%	mg/kg PS	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
*26 Cloroformo	±20%	mg/kg PS	< 0,01	0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Metales Totales										
*26 Aluminio	±5.337	mg/kg PS	20.189	22.270	18.710	24.514	26.173	20.649	22.249	26.685
*26 Antimonio	-	mg/kg PS	0,097	0,215	0,103	0,129	< 0,040	0,053	0,066	< 0,040
*26 Arsénico	±2,0	mg/kg PS	2,96	5,49	5,22	5,92	5,56	4,68	5,90	17,0
*26 Bario	±24	mg/kg PS	64	107	54	224	290	80	121	124
*26 Berilio	-	mg/kg PS	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
*26 Boro	-	mg/kg PS	< 2,0	3,3	2,4	6,2	< 2,0	8,2	3,2	< 2,0
*26 Cadmio	±0,007 3	mg/kg PS	< 0,040	0,137	0,041	0,095	0,106	0,670	0,070	0,073
*26 Calcio	±1.740	mg/kg PS	9.454	10.780	11.409	10.135	11.132	26.124	12.332	7.249
*26 Cobalto	±4,3	mg/kg PS	31	26	33	21	15	16	15	19
*26 Cobre	±9,9	mg/kg PS	52,7	75,4	42,8	93,2	62,1	51,1	90,5	99,0
*26 Cromo	±1,8	mg/kg PS	64,9	49,5	86,3	12,1	5,19	8,33	13,6	8,37
*26 Estaño	±0,36	mg/kg PS	0,913	1,06	0,856	1,02	< 0,040	< 0,040	0,788	1,81
*26 Estroncio	±23	mg/kg PS	78,1	101	102	97,9	171	300	140	87,5
* Fósforo	±84	mg/kg PS	564	566	603	377	365	822	897	420
*26 Hierro	±10.04 9	mg/kg PS	87.703	78.433	90.427	62.663	34.582	37.358	37.313	50.245
*26 Litio	±2,1	mg/kg PS	8,4	6,8	7,5	5,4	7,3	9,6	8,9	9,5
*26 Magnesio	±2.017	mg/kg PS	8.217	8.318	9.909	9.525	9.038	9.940	8.104	11.206
*26 Manganeso	±273	mg/kg PS	869	846	790	1.141	1.277	951	914	1.608
*26 Mercurio	±0,021	mg/kg PS	< 0,04	0,09	0,05	< 0,04	0,06	< 0,04	0,05	0,08
*26 Molibdeno	±7,1	mg/kg PS	0,556	2,39	0,627	0,711	0,106	0,338	0,839	44,1
*26 Níquel	±3,7	mg/kg PS	27,8	28,7	42,9	9,88	4,73	9,22	15,2	23,3
*26 Plata	-	mg/kg PS	< 0,40	11	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	12	< 0,40
*26 Plomo	±0,61	mg/kg PS	2,43	9,46	2,16	3,36	1,94	26,6	2,50	3,05
*26 Potasio	±252	mg/kg PS	890	1.241	798	2.068	1.006	3.064	1.415	1.401
*26 Selenio	±1,0	mg/kg PS	3,7	3,6	3,2	4,6	4,6	4,8	4,2	4,5
* Silicio	±276	mg/kg PS	2.388	4.208	2.323	2.594	2.045	1.311	2.770	3.069
*26 Sodio	±322	mg/kg PS	1.418	1.052	1.225	1.201	1.298	4.839	1.683	1.532
*26 Talio	-	mg/kg PS	< 0,040	< 0,040	< 0,040	< 0,040	< 0,040	< 0,040	< 0,040	< 0,040
*26 Titanio	±204	mg/kg PS	5.314	3.886	6.290	1.694	295	1.431	1.646	1.021
*26 Vanadio	±30	mg/kg PS	421	326	472	183	82,3	98,1	114	141
*26 Zinc	±21	mg/kg PS	118	109	112	85	79	84	74	100
Hidrocarburos										

AGQ Lambda S.A. reporta sus resultados a partir del Límite de cuantificación LC (Lim Cuantif.). PSF vigente No.988 vence 05/04/24. Los parámetros acreditados por IAS están homologados por ECA-RECA-020-2023, vence el 01/02/24. AGQ Lambda S.A. report results based on the LC quantification limit

AGQ LAMBDA, S.A.

San Francisco de Dos Ríos San José, Costa Rica

T: +506 2286 1168

atencionalcliente.cr@agqlabs.com

www.agqlabs.cr

2/14

Estudio			AMM-CR02-23-00058		Tipo Muestra: SUELOS					
RESULTADOS ANALITICOS										
Nº de Referencia Descripción(s)			S-23/078104 Z1-P1 mezcla compuesta	S-23/078105 Z1-P2 mezcla compuesta	S-23/078106 Z1-P3 mezcla compuesta	S-23/078417 Z2-P1, No se detectan hidrocarburos	S-23/078418 Z2-P2, No se detectan hidrocarburos	S-23/078419 Z2-C1, No se detectan hidrocarburos. Recuperación por calicata	S-23/078449 Z2-P3 No se detectan hidrocarburos. Mu mala recuperación por rotación	S-23/078450 Z3-P2 No se detectan hidrocarburos. Recuperación por rotación
Parámetro	Incert	Unidades								
Hidrocarburos										
*13 Hidrocarburos Alifáticos >C10-C12	-	mg/kg PS	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00
*13 Hidrocarburos Alifáticos >C12-C16	-	mg/kg PS	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00
*13 Hidrocarburos Alifáticos >C16-C21	-	mg/kg PS	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00
*13 Hidrocarburos Alifáticos >C21-C35	-	mg/kg PS	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	45,0	83,0	< 5,00
*13 Hidrocarburos Alifáticos >C6-C8	-	mg/kg PS	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00
*13 Hidrocarburos Alifáticos >C8-C10	-	mg/kg PS	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00
* Hidrocarburos Alifáticos C5-C6	-	mg/kg PS	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	45,0	83,0	< 5,0
*13 Hidrocarburos Aromáticos >C10-C12	-	mg/kg PS	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00
*13 Hidrocarburos Aromáticos >C12-C16	-	mg/kg PS	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00
*13 Hidrocarburos Aromáticos >C16-C21	-	mg/kg PS	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00
*13 Hidrocarburos Aromáticos >C21-C35	-	mg/kg PS	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	41,0	113	< 5,00
*13 Hidrocarburos Aromáticos >C7-C8	-	mg/kg PS	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00
*13 Hidrocarburos Aromáticos >C8-C10	-	mg/kg PS	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00
HAPs										
Acenafteno	-	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Acenaftileno	-	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Antraceno	-	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo (a) antraceno	-	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo (a) pireno	-	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo (b) fluoranteno	-	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo (g,h,i) perileno	-	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo (k) fluoranteno	-	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Criseno	-	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Dibenzo (a,h) antraceno	-	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Fenantreno	-	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Fluoranteno	-	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Fluoreno	-	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
HAPs (Suma)	-	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Indeno (1,2,3-cd) pireno	-	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Pireno	-	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
COVs										

AGQ Lambda S.A. reporta sus resultados a partir del Límite de cuantificación LC (Lim Cuantif/). PSF vigente No.988 vence 05/04/24. Los parámetros acreditados por IAS están homologados por ECA-RECA-020-2023, vence el 01/02/24. AGQ Lambda S.A. report results based on the LC quantification limit

AGQ LAMBDA, S.A.

San Francisco de Dos Ríos San José, Costa Rica

T: +506 2286 1168

atencionalcliente.cr@agqlabs.com

www.agqlabs.cr

3/14

Estudio	AMM-CR02-23-00058	Tipo Muestra: SUELOS
---------	-------------------	----------------------

RESULTADOS ANALITICOS

Nº de Referencia Descripción(*)			S-23/078104 Z1-P1: mezcla compuesta	S-23/078105 Z1-P2: mezcla compuesta	S-23/078106 Z1-P3: mezcla compuesta	S-23/078417 Z2-P1, No se detectan hidrocarburos	S-23/078418 Z2-P2, No se detectan hidrocarburos	S-23/078419 Z2-C1, No se detectan hidrocarburos. Recuperación por calicata	S-23/078449 Z2-P3 No se detectan hidrocarburos. Mu mala recuperación por rotación	S-23/078450 Z3-P2 No se detectan hidrocarburos. Recuperación por rotación
Parámetro	Incert	Unidades								
COVs										
*26 1,1,1,2-Tetracloroetano	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
*26 1,1,1-Tricloroetano	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
*26 1,1,2,2-Tetracloroetano	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
*26 1,1,2-Tricloroetano	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
*26 1,1-Dicloroetano	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
*26 1,1-Dicloroeteno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
*26 1,1-Dicloropropeno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
*26 1,2,3-Triclorobenceno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
*26 1,2,3-Tricloropropano	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
*26 1,2,4-Triclorobenceno	-	mg/kg PS	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
*26 1,2,4-Trimetilbenceno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
*26 1,2-Dibromo-3-cloropropano	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
*26 1,2-Dibromoetano	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
*26 1,2-Diclorobenceno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
*26 1,2-Dicloroetano	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
*26 1,2-Dicloropropano	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
*26 1,3,5-Trimetilbenceno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
*26 1,3-Cis-Dicloropropeno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
*26 1,3-Diclorobenceno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
*26 1,3-Dicloropropano	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
*26 1,3-Trans-Dicloropropeno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
*26 1,4-Diclorobenceno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
*26 2,2-Dicloropropano	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
*26 2-Clorotolueno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
*26 Bromobenceno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
*26 Cis-1,2-Dicloroetano	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
*26 Clorobenceno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
*26 Dibromometano	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
*26 Estireno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
*26 Hexaclorobutadieno	-	mg/kg PS	0,01	< 0,01	< 0,01	0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
*26 Isopropilbenceno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
*26 Naftaleno	-	mg/kg PS	0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
*26 n-Butilbenceno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
*26 n-Propilbenceno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
*26 p-Isopropiltolueno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
*26 Sec-Butilbenceno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
*26 Terc-Butilbenceno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
*26 Tetracloroetano	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01

AGQ Lambda S.A. reporta sus resultados a partir del Límite de cuantificación LC (Lim Cuantif.). PSF vigente No.988 vence 05/04/24. Los parámetros acreditados por IAS están homologados por ECA-RECA-020-2023, vence el 01/02/24. AGQ Lambda S.A. report results based on the LC quantification limit

AGQ LAMBDA, S.A.

San Francisco de Dos Ríos San José, Costa Rica

T: +506 2286 1168

atencionalcliente.cr@agqlabs.com

www.agqlabs.cr

4/14

Estudio			AMM-CR02-23-00058		Tipo Muestra: SUELOS					
RESULTADOS ANALITICOS										
Nº de Referencia Descripción(*)			S-23/078104 Z1-P1 mezcla compuesta	S-23/078105 Z1-P2 mezcla compuesta	S-23/078106 Z1-P3 mezcla compuesta	S-23/078417 Z2-P1, No se detectan hidrocarburos	S-23/078418 Z2-P2, No se detectan hidrocarburos	S-23/078419 Z2-C1, No se detectan hidrocarburos. Recuperacion por calicata	S-23/078449 Z2-P3 No se detectan hidrocarburos. Mu mala recuperacion por rotacion	S-23/078450 Z3-P2 No se detectan hidrocarburos. Recuperacion por rotacion
Parámetro	Incert	Unidades								
COVs										
*26 Tetracloruro de Carbono	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
*26 Trans-1,2-Dicloroeteno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
*26 VOC's	-	mg/kg PS	0,038	0,025	< 0,010	0,028	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
BTEX										
*26 Benceno	±20%	mg/kg PS	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
*26 Etilbenceno	±20%	mg/kg PS	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
*26 m,p-Xileno	±20%	mg/kg PS	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
*26 o-xileno	±20%	mg/kg PS	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
*26 Tolueno	±20%	mg/kg PS	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
PCBs										
*26 PCB Nº 101	-	mg/kg PS	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100
*26 PCB Nº 118	-	mg/kg PS	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100
*26 PCB Nº 138	-	mg/kg PS	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100
*26 PCB Nº 153	-	mg/kg PS	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100
*26 PCB Nº 180	-	mg/kg PS	0,0120	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100
*26 PCB Nº 28	-	mg/kg PS	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100
*26 PCB Nº 52	-	mg/kg PS	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100
*26 PCBs (Suma)	-	mg/kg PS	0,0120	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100

AGQ Lambda S.A. reporta sus resultados a partir del Límite de cuantificación LC (Lim Cuantif/). PSF vigente No.988 vence 05/04/24. Los parámetros acreditados por IAS están homologados por ECA-RECA-020-2023, vence el 01/02/24. AGQ Lambda S.A. report results based on the LC quantification limit

AGQ LAMBDA, S.A.

San Francisco de Dos Ríos San José, Costa Rica

T: +506 2286 1168

atencionalcliente.cr@agqlabs.com

www.agqlabs.cr

5/14

Estudio			AMM-CR02-23-00058				Tipo Muestra: SUELOS				
RESULTADOS ANALITICOS											
Nº de Referencia Descripción(*)			S-23/078451 Z3-P3 No se detectan hidrocarburos. Recuperacion por rotacion	S-23/079057 Z3-P1	S-23/079058 Muestra Compuesta Z3-P4	S-23/079059 Muestra Compuesta Z3-P5	S-23/079060 Muestra Compuesta Z3-P8	S-23/079238 Z3-P7 muestra compuesta			
Parámetro	Incert	Unidades									
THMs											
*26 Bromodichlorometano	±20%	mg/kg PS	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010			
*26 Bromoformo	-	mg/kg PS	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010			
*26 Clorodibromometano	±20%	mg/kg PS	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010			
*26 Cloroformo	±20%	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	< 0,01			
Metales Totales											
*26 Aluminio	±6.186	mg/kg PS	35.372	35.329	23.604	33.311	35.064	30.928			
*26 Antimonio	±0,037	mg/kg PS	< 0,040	0,119	0,091	0,278	0,100	0,184			
*26 Arsénico	±1,0	mg/kg PS	1,42	6,48	6,04	16,4	4,92	8,70			
*26 Bario	±17	mg/kg PS	536	429	304	283	217	88			
*26 Berilio	±0,015	mg/kg PS	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,21	< 0,10	0,17			
*26 Boro	±0,84	mg/kg PS	12	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	2,9			
*26 Cadmio	±0,004 3	mg/kg PS	< 0,040	0,103	0,049	0,161	0,041	0,043			
*26 Calcio	±2.513	mg/kg PS	9.339	17.774	12.609	13.805	10.124	10.469			
*26 Cobalto	±4,8	mg/kg PS	23	13	9,9	14	14	21			
*26 Cobre	±6,2	mg/kg PS	74,7	47,4	46,0	65,3	46,0	62,4			
*26 Cromo	±5,4	mg/kg PS	42,9	8,00	13,2	83,1	8,66	24,6			
*26 Estaño	±0,14	mg/kg PS	0,533	0,874	0,621	0,827	0,829	0,716			
*26 Estroncio	±29	mg/kg PS	131	338	243	188	122	111			
* Fósforo	±121	mg/kg PS	261	583	497	571	114	606			
*26 Hierro	±8.923	mg/kg PS	42.546	43.940	34.915	51.697	42.103	44.614			
*26 Litio	±3,9	mg/kg PS	4,0	10	6,6	10	10	18			
*26 Magnesio	±1.949	mg/kg PS	8.642	12.225	7.716	7.314	9.019	10.829			
*26 Manganeso	±114	mg/kg PS	839	1.678	818	976	697	672			
*26 Mercurio	-	mg/kg PS	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,07	0,11	< 0,04			
*26 Molibdeno	±0,41	mg/kg PS	0,423	0,865	1,73	0,996	0,347	2,58			
*26 Níquel	±3,8	mg/kg PS	20,0	5,93	10,9	12,8	4,90	23,8			
*26 Plata	±0,41	mg/kg PS	< 0,40	< 0,40	3,4	4,3	< 0,40	3,1			
*26 Plomo	±0,95	mg/kg PS	1,16	2,90	1,95	8,53	2,55	4,74			
*26 Potasio	±274	mg/kg PS	4.579	1.498	1.266	1.363	1.160	1.523			
*26 Selenio	±0,92	mg/kg PS	3,9	5,5	4,0	4,9	3,4	4,0			
* Silicio	±161	mg/kg PS	4.021	2.042	1.459	1.832	2.092	1.792			
*26 Sodio	±220	mg/kg PS	2.608	8.236	2.500	1.576	1.401	1.050			
*26 Talio	-	mg/kg PS	< 0,040	< 0,040	< 0,040	< 0,040	< 0,040	< 0,040			
*26 Titanio	±345	mg/kg PS	628	618	1.380	1.266	355	1.723			
*26 Vanadio	±26	mg/kg PS	145	86,1	87,9	139	101	125			
*26 Zinc	±18	mg/kg PS	76	86	64	96	72	84			
Hidrocarburos											

AGQ Lambda S.A. reporta sus resultados a partir del Límite de cuantificación LC (Lim Cuantif/). PSF vigente No.988 vence 05/04/24. Los parámetros acreditados por IAS están homologados por ECA-RECA-020-2023, vence el 01/02/24. AGQ Lambda S.A. report results based on the LC quantification limit

AGQ LAMBDA, S.A.

San Francisco de Dos Ríos San José, Costa Rica

T: +506 2286 1168

atencionalcliente.cr@agqlabs.com

www.agqlabs.cr

6/14

Estudio			AMM-CR02-23-00058							Tipo Muestra: SUELOS	
RESULTADOS ANALITICOS											
Nº de Referencia Descripción(*)			S-23/078451 Z3-P3 No se detectan hidrocarburos. Recuperación por rotación	S-23/079057 Z3-P1	S-23/079058 Muestra Compuesta Z3-P4	S-23/079059 Muestra Compuesta Z3-P5	S-23/079060 Muestra Compuesta Z3-P8	S-23/079238 Z3-P7 muestra compuesta			
Parámetro	Incert	Unidades									
Hidrocarburos											
*13 Hidrocarburos Alifáticos >C10-C12	-	mg/kg PS	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00			
*13 Hidrocarburos Alifáticos >C12-C16	-	mg/kg PS	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00			
*13 Hidrocarburos Alifáticos >C16-C21	-	mg/kg PS	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00			
*13 Hidrocarburos Alifáticos >C21-C35	-	mg/kg PS	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00			
*13 Hidrocarburos Alifáticos >C6-C8	-	mg/kg PS	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00			
*13 Hidrocarburos Alifáticos >C8-C10	-	mg/kg PS	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00			
* Hidrocarburos Alifáticos C5-C6	-	mg/kg PS	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0			
*13 Hidrocarburos Aromáticos >C10-C12	-	mg/kg PS	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00			
*13 Hidrocarburos Aromáticos >C12-C16	-	mg/kg PS	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00			
*13 Hidrocarburos Aromáticos >C16-C21	-	mg/kg PS	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00			
*13 Hidrocarburos Aromáticos >C21-C35	-	mg/kg PS	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00			
*13 Hidrocarburos Aromáticos >C7-C8	-	mg/kg PS	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00			
*13 Hidrocarburos Aromáticos >C8-C10	-	mg/kg PS	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00			
HAPs											
Acenafteno	-	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05			
Acenaftileno	-	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05			
Antraceno	-	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05			
Benzo (a) antraceno	-	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05			
Benzo (a) pireno	-	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05			
Benzo (b) fluoranteno	-	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05			
Benzo (g,h,i) perileno	-	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05			
Benzo (k) fluoranteno	-	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05			
Criseno	-	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05			
Dibenzo (a,h) antraceno	-	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05			
Fenantreno	-	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05			
Fluoranteno	-	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05			
Fluoreno	-	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05			
HAPs (Suma)	-	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05			
Indeno (1,2,3-cd) pireno	-	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05			
Pireno	-	mg/kg PS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05			
COVs											
*26 1,1,1,2-Tetracloroetano	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01			

AGQ Lambda S.A. reporta sus resultados a partir del Límite de cuantificación LC (Lim Cuantif/). PSF vigente No.988 vence 05/04/24. Los parámetros acreditados por IAS están homologados por ECA-RECA-020-2023, vence el 01/02/24. AGQ Lambda S.A. report results based on the LC quantification limit

AGQ LAMBDA, S.A.

San Francisco de Dos Ríos San José, Costa Rica

T: +506 2286 1168

atencionalcliente.cr@agqlabs.com

www.agqlabs.cr

7/14

Estudio	AMM-CR02-23-00058	Tipo Muestra:	SUELOS
---------	-------------------	---------------	--------

RESULTADOS ANALITICOS

N° de Referencia Descripción(*)	S-23/078451 Z3-P3 No se detectan hidrocarburos. Recuperación por rotación	S-23/079057 Z3-P1	S-23/079058 Muestra Compuesta Z3-P4	S-23/079059 Muestra Compuesta Z3-P5	S-23/079060 Muestra Compuesta Z3-P8	S-23/079238 Z3-P7 muestra compuesta
------------------------------------	--	----------------------	---	---	---	---

Parámetro	Incert	Unidades								
COVs										
*26 1,1,1-Tricloroetano	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
*26 1,1,2,2-Tetracloroetano	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
*26 1,1,2-Tricloroetano	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
*26 1,1-Dicloroetano	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
*26 1,1-Dicloroeteno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
*26 1,1-Dicloropropeno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
*26 1,2,3-Triclorobenceno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
*26 1,2,3-Tricloropropano	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
*26 1,2,4-Triclorobenceno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
*26 1,2,4-Trimetilbenceno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
*26 1,2-Dibromo-3-cloropropano	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
*26 1,2-Dibromoetano	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
*26 1,2-Diclorobenceno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
*26 1,2-Dicloroetano	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
*26 1,2-Dicloropropano	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
*26 1,3,5-Trimetilbenceno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
*26 1,3-Cis-Dicloropropeno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
*26 1,3-Diclorobenceno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
*26 1,3-Dicloropropano	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
*26 1,3-Trans-Dicloropropeno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
*26 1,4-Diclorobenceno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
*26 2,2-Dicloropropano	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
*26 2-Clorotolueno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
*26 Bromobenceno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
*26 Cis-1,2-Dicloroeteno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
*26 Clorobenceno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
*26 Dibromometano	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
*26 Estireno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
*26 Hexaclorobutadieno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
*26 Isopropilbenceno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
*26 Naftaleno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
*26 n-Butilbenceno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
*26 n-Propilbenceno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
*26 p-Isopropiltolueno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
*26 Sec-Butilbenceno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
*26 Terc-Butilbenceno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
*26 Tetracloroeteno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
*26 Tetracloruro de Carbono	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
*26 Trans-1,2-Dicloroeteno	-	mg/kg PS	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	

AGQ Lambda S.A. reporta sus resultados a partir del Límite de cuantificación LC (Lim Cuantif/). PSF vigente No.988 vence 05/04/24. Los parámetros acreditados por IAS están homologados por ECA-RECA-020-2023, vence el 01/02/24. AGQ Lambda S.A. report results based on the LC quantification limit

AGQ LAMBDA, S.A.

San Francisco de Dos Ríos San José, Costa Rica

T: +506 2286 1168

atencionalcliente.cr@agqlabs.com

www.agqlabs.cr

8/14

Estudio				AMM-CR02-23-00058					Tipo Muestra: SUELOS			
RESULTADOS ANALITICOS												
Nº de Referencia Descripción(*)			S-23/078451 Z3-P3 No se detectan hidrocarburos. Recuperacion por rotacion		S-23/079057 Z3-P1	S-23/079058 Muestra Compuesta Z3-P4	S-23/079059 Muestra Compuesta Z3-P5	S-23/079060 Muestra Compuesta Z3-P8	S-23/079238 Z3-P7 muestra compuesta			
Parámetro		Incert	Unidades									
COVs												
*26 VOC's		-	mg/kg PS	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,014	< 0,010			
BTEX												
*26 Benceno		±20%	mg/kg PS	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010			
*26 Etilbenceno		±20%	mg/kg PS	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010			
*26 m,p-Xileno		±20%	mg/kg PS	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010			
*26 o-xileno		±20%	mg/kg PS	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010			
*26 Tolueno		±20%	mg/kg PS	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010			
PCBs												
*26 PCB Nº 101		-	mg/kg PS	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100			
*26 PCB Nº 118		-	mg/kg PS	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100			
*26 PCB Nº 138		-	mg/kg PS	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100			
*26 PCB Nº 153		-	mg/kg PS	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100			
*26 PCB Nº 180		-	mg/kg PS	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100			
*26 PCB Nº 28		-	mg/kg PS	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100			
*26 PCB Nº 52		-	mg/kg PS	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100			
*26 PCBs (Suma)		-	mg/kg PS	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100	< 0,0100			

Nota. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Los resultados emitidos, no han sido corregidos con valores de recuperación. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC). La Incert Exp (U) ha sido reportada con un Factor de Cobertura k= 2, para un nivel de confianza aprox del 95%.

(*) Parámetro no Acreditado por ECA n° LE-002

(13) Ensayo cubierto por la Acreditación n° TL-502 emitida por IAS.

(26) Parametro Acreditado por IAS n° TL-1036 y reconocido por ECA n° ECA-RECA-020-2023

AGQ Lambda S.A. reporta sus resultados a partir del Límite de cuantificación LC (Lim Cuantif/). PSF vigente No.988 vence 05/04/24. Los parámetros acreditados por IAS están homologados por ECA-RECA-020-2023, vence el 01/02/24. AGQ Lambda S.A. report results based on the LC quantification limit

AGQ LAMBDA, S.A.

San Francisco de Dos Ríos San José, Costa Rica

T: +506 2286 1168

atencionalcliente.cr@agqlabs.com

www.agqlabs.com

9/14

Estudio		AMM-CR02-23-00058		Tipo Muestra: SUELOS	
ANEXO TECNICO					
Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (#)	
THMs					
*26 Bromodichlorometano	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,010 mg/kg PS	
*26 Bromoformo	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,010 mg/kg PS	
*26 Clorodibromometano	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,010 mg/kg PS	
*26 Cloroformo	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,01 mg/kg PS	
Metales Totales					
*26 Aluminio	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		1,0 mg/kg PS	
*26 Antimonio	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,040 mg/kg PS	
*26 Arsénico	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,040 mg/kg PS	
*26 Bario	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,10 mg/kg PS	
*26 Berilio	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,10 mg/kg PS	
*26 Boro	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		2,0 mg/kg PS	
*26 Cadmio	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,040 mg/kg PS	
*26 Calcio	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		200 mg/kg PS	
*26 Cobalto	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,04 mg/kg PS	
*26 Cobre	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,040 mg/kg PS	
*26 Cromo	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,040 mg/kg PS	
*26 Estaño	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,040 mg/kg PS	
*26 Estroncio	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,040 mg/kg PS	
* Fósforo	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		5,00 mg/kg PS	
*26 Hierro	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,40 mg/kg PS	
*26 Litio	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		2,0 mg/kg PS	
*26 Magnesio	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		200 mg/kg PS	
*26 Manganeso	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,040 mg/kg PS	
*26 Mercurio	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,04 mg/kg PS	
*26 Molibdeno	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,040 mg/kg PS	
*26 Níquel	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,040 mg/kg PS	
*26 Plata	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,40 mg/kg PS	
*26 Plomo	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,040 mg/kg PS	
*26 Potasio	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		200 mg/kg PS	
*26 Selenio	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,40 mg/kg PS	

AGQ Lambda S.A. reporta sus resultados a partir del Límite de cuantificación LC (Lim Cuantif/). PSF vigente No.988 vence 05/04/24. Los parámetros acreditados por IAS están homologados por ECA-RECA-020-2023, vence el 01/02/24. AGQ Lambda S.A. report results based on the LC quantification limit

AGQ LAMBDA, S.A.

San Francisco de Dos Ríos San José, Costa Rica

T: +506 2286 1168

atencionalcliente.cr@agqlabs.com

www.agqlabs.cr

10/14

Estudio		Tipo Muestra: SUELOS		
AMM-CR02-23-00058				
Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (#)
* Silicio	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		125 mg/kg PS
*26 Sodio	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		200 mg/kg PS
*26 Talio	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,040 mg/kg PS
*26 Titanio	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,20 mg/kg PS
*26 Vanadio	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,040 mg/kg PS
*26 Zinc	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,40 mg/kg PS
Hidrocarburos				
*13 Hidrocarburos Alifáticos >C10-C12	TNRCC 1005 / TNRCC 1006	Cromat CG FID		5,00 mg/kg PS
*13 Hidrocarburos Alifáticos >C12-C16	TNRCC 1005 / TNRCC 1006	Cromat CG FID		5,00 mg/kg PS
*13 Hidrocarburos Alifáticos >C16-C21	TNRCC 1005 / TNRCC 1006	Cromat CG FID		5,00 mg/kg PS
*13 Hidrocarburos Alifáticos >C21-C35	TNRCC 1005 / TNRCC 1006	Cromat CG FID		5,00 mg/kg PS
*13 Hidrocarburos Alifáticos >C6-C8	TNRCC 1005 / TNRCC 1006	Cromat CG FID		5,00 mg/kg PS
*13 Hidrocarburos Alifáticos >C8-C10	TNRCC 1005 / TNRCC 1006	Cromat CG FID		5,00 mg/kg PS
* Hidrocarburos Alifáticos C5-C6	TNRCC 1005 / TNRCC 1006	Cromat CG FID		5,0 mg/kg PS
*13 Hidrocarburos Aromáticos >C10-C12	TNRCC 1005 / TNRCC 1006	Cromat CG FID		5,00 mg/kg PS
*13 Hidrocarburos Aromáticos >C12-C16	TNRCC 1005 / TNRCC 1006	Cromat CG FID		5,00 mg/kg PS
*13 Hidrocarburos Aromáticos >C16-C21	TNRCC 1005 / TNRCC 1006	Cromat CG FID		5,00 mg/kg PS
*13 Hidrocarburos Aromáticos >C21-C35	TNRCC 1005 / TNRCC 1006	Cromat CG FID		5,00 mg/kg PS
*13 Hidrocarburos Aromáticos >C7-C8	TNRCC 1005 / TNRCC 1006	Cromat CG FID		5,00 mg/kg PS
*13 Hidrocarburos Aromáticos >C8-C10	TNRCC 1005 / TNRCC 1006	Cromat CG FID		5,00 mg/kg PS
HAPs				
Acenafteno	IT-382 / EPA 8270 E	Cromatog CG/MS-MS		0,05 mg/kg PS
Acenaftileno	IT-382 / EPA 8270 E	Cromatog CG/MS-MS		0,05 mg/kg PS
Antraceno	IT-382 / EPA 8270 E	Cromatog CG/MS-MS		0,05 mg/kg PS
Benzo (a) antraceno	IT-382 / EPA 8270 E	Cromatog CG/MS-MS		0,05 mg/kg PS
Benzo (a) pireno	IT-382 / EPA 8270 E	Cromatog CG/MS-MS		0,05 mg/kg PS
Benzo (b) fluoranteno	IT-382 / EPA 8270 E	Cromatog CG/MS-MS		0,05 mg/kg PS
Benzo (g,h,i) perileno	IT-382 / EPA 8270 E	Cromatog CG/MS-MS		0,05 mg/kg PS
Benzo (k) fluoranteno	IT-382 / EPA 8270 E	Cromatog CG/MS-MS		0,05 mg/kg PS
Criseno	IT-382 / EPA 8270 E	Cromatog CG/MS-MS		0,05 mg/kg PS
Dibenzo (a,h) antraceno	IT-382 / EPA 8270 E	Cromatog CG/MS-MS		0,05 mg/kg PS
Fenantreno	IT-382 / EPA 8270 E	Cromatog CG/MS-MS		0,05 mg/kg PS
Fluoranteno	IT-382 / EPA 8270 E	Cromatog CG/MS-MS		0,05 mg/kg PS
Fluoreno	IT-382 / EPA 8270 E	Cromatog CG/MS-MS		0,05 mg/kg PS
HAPs (Suma)	IT-382 / EPA 8270 E	Cromatog CG/MS-MS		0,05 mg/kg PS
Indeno (1,2,3-cd) pireno	IT-382 / EPA 8270 E	Cromatog CG/MS-MS		0,05 mg/kg PS

AGQ Lambda S.A. reporta sus resultados a partir del Límite de cuantificación LC (Lim Cuantif/). PSF vigente No.988 vence 05/04/24. Los parámetros acreditados por IAS están homologados por ECA-RECA-020-2023, vence el 01/02/24. AGQ Lambda S.A. report results based on the LC quantification limit

AGQ LAMBDA, S.A.

San Francisco de Dos Ríos San José, Costa Rica

T: +506 2286 1168

atencionalcliente.cr@agqlabs.com

www.agqlabs.cr

11/14

Estudio		Tipo Muestra: SUELOS		
AMM-CR02-23-00058				
Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (#)
Pireno	IT-382 / EPA 8270 E	Cromatog CG/MS-MS		0,05 mg/kg PS
COVs				
*26 1,1,1,2-Tetracloroetano	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,01 mg/kg PS
*26 1,1,1-Tricloroetano	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,01 mg/kg PS
*26 1,1,2,2-Tetracloroetano	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,01 mg/kg PS
*26 1,1,2-Tricloroetano	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,01 mg/kg PS
*26 1,1-Dicloroetano	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,01 mg/kg PS
*26 1,1-Dicloroetano	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,01 mg/kg PS
*26 1,1-Dicloropropeno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,01 mg/kg PS
*26 1,2,3-Triclorobenceno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,01 mg/kg PS
*26 1,2,3-Tricloropropano	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,01 mg/kg PS
*26 1,2,4-Triclorobenceno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,01 mg/kg PS
*26 1,2,4-Trimetilbenceno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,01 mg/kg PS
*26 1,2-Dibromo-3-cloropropano	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,01 mg/kg PS
*26 1,2-Dibromoetano	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,01 mg/kg PS
*26 1,2-Diclorobenceno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,01 mg/kg PS
*26 1,2-Dicloroetano	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,01 mg/kg PS
*26 1,2-Dicloropropano	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,01 mg/kg PS
*26 1,3,5-Trimetilbenceno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,01 mg/kg PS
*26 1,3-Cis-Dicloropropeno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,01 mg/kg PS
*26 1,3-Diclorobenceno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,01 mg/kg PS
*26 1,3-Dicloropropano	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,01 mg/kg PS
*26 1,3-Trans-Dicloropropeno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,01 mg/kg PS
*26 1,4-Diclorobenceno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,01 mg/kg PS
*26 2,2-Dicloropropano	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,01 mg/kg PS
*26 2-Clorotolueno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,01 mg/kg PS
*26 Bromobenceno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,01 mg/kg PS
*26 Cis-1,2-Dicloroetano	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,01 mg/kg PS
*26 Clorobenceno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,01 mg/kg PS
*26 Dibromometano	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,01 mg/kg PS
*26 Estireno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,01 mg/kg PS
*26 Hexaclorobutadieno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,01 mg/kg PS
*26 Isopropilbenceno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,01 mg/kg PS
*26 Naftaleno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,01 mg/kg PS
*26 n-Butilbenceno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,01 mg/kg PS
*26 n-Propilbenceno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,01 mg/kg PS
*26 p-Isopropiltolueno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,01 mg/kg PS
*26 Sec-Butilbenceno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,01 mg/kg PS
*26 Terc-Butilbenceno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,01 mg/kg PS
*26 Tetracloroetano	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,01 mg/kg PS
*26 Tetracloruro de Carbono	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,01 mg/kg PS
*26 Trans-1,2-Dicloroetano	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,01 mg/kg PS
*26 VOC's	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,010 mg/kg PS
BTEX				
*26 Benceno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,010 mg/kg PS

AGQ Lambda S.A. reporta sus resultados a partir del Límite de cuantificación LC (Lim Cuantif/). PSF vigente No.988 vence 05/04/24. Los parámetros acreditados por IAS están homologados por ECA-RECA-020-2023, vence el 01/02/24. AGQ Lambda S.A. report results based on the LC quantification limit

AGQ LAMBDA, S.A.

San Francisco de Dos Ríos San José, Costa Rica

T: +506 2286 1168

atencionalcliente.cr@agqlabs.com

www.agqlabs.com

12/14

Estudio		Tipo Muestra: SUELOS		
AMM-CR02-23-00058				
Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (#)
*26 Etilbenceno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,010 mg/kg PS
*26 m,p-Xileno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,010 mg/kg PS
*26 o-xileno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,010 mg/kg PS
*26 Tolueno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS		0,010 mg/kg PS
PCBs				
*26 PCB N° 101	IT-446 / EPA 8270 E	Cromatog CG/MS		0,0100 mg/kg PS
*26 PCB N° 118	IT-446 / EPA 8270 E	Cromatog CG/MS		0,0100 mg/kg PS
*26 PCB N° 138	IT-446 / EPA 8270 E	Cromatog CG/MS		0,0100 mg/kg PS
*26 PCB N° 153	IT-446 / EPA 8270 E	Cromatog CG/MS		0,0100 mg/kg PS
*26 PCB N° 180	IT-446 / EPA 8270 E	Cromatog CG/MS		0,0100 mg/kg PS
*26 PCB N° 28	IT-446 / EPA 8270 E	Cromatog CG/MS		0,0100 mg/kg PS
*26 PCB N° 52	IT-446 / EPA 8270 E	Cromatog CG/MS		0,0100 mg/kg PS
*26 PCBs (Suma)	IT-446 / EPA 8270 E	Cromatog CG/MS		0,0100 mg/kg PS

AGQ Lambda S.A. reporta sus resultados a partir del Límite de cuantificación LC (Lim Cuantif/). PSF vigente No.988 vence 05/04/24. Los parámetros acreditados por IAS están homologados por ECA-RECA-020-2023, vence el 01/02/24. AGQ Lambda S.A. report results based on the LC quantification limit

AGQ LAMBDA, S.A.

San Francisco de Dos Ríos San José, Costa Rica

T: +506 2286 1168

atencionalcliente.cr@agqlabs.com

www.agqlabs.cr

13/14

Estudio					Tipo Muestra: SUELOS			
MUESTRAS								
	Punto de Muestreo	Fecha/Hora Muestreo	Lugar de Muestreo	Coordenadas x,y	Fecha Inicio	Fecha Recepción	Análisis	Muestreado por
S-23/078104		22/11/2023			24/11/2023	24/11/2023	CR02-00001756-14	* Cliente (A)
S-23/078105		22/11/2023			24/11/2023	24/11/2023	CR02-00001756-14	* Cliente (A)
S-23/078106		22/11/2023			24/11/2023	24/11/2023	CR02-00001756-14	* Cliente (A)
S-23/078417		24/11/2023			27/11/2023	24/11/2023	CR02-00001756-14	* Cliente (A)
S-23/078418		24/11/2023			27/11/2023	24/11/2023	CR02-00001756-14	* Cliente (A)
S-23/078419		24/11/2023			27/11/2023	24/11/2023	CR02-00001756-14	* Cliente (A)
S-23/078449		25/11/2023			27/11/2023	27/11/2023	CR02-00001756-14	* Cliente (A)
S-23/078450		26/11/2023			27/11/2023	27/11/2023	CR02-00001756-14	* Cliente (A)
S-23/078451		26/11/2023			27/11/2023	27/11/2023	CR02-00001756-14	* Cliente (A)
S-23/079057		27/11/2023			29/11/2023	29/11/2023	CR02-00001756-14	* Cliente (A)
S-23/079058		27/11/2023			29/11/2023	29/11/2023	CR02-00001756-14	* Cliente (A)
S-23/079059		28/11/2023			29/11/2023	29/11/2023	CR02-00001756-14	* Cliente (A)
S-23/079060		28/11/2023			29/11/2023	29/11/2023	CR02-00001756-14	* Cliente (A)
S-23/079238		29/11/2023			29/11/2023	29/11/2023	CR02-00001756-14	* Cliente (A)

AGQ Lambda S.A. reporta sus resultados a partir del Límite de cuantificación LC (Lim Cuantif/). PSF vigente No.988 vence 05/04/24. Los parámetros acreditados por IAS están homologados por ECA-RECA-020-2023, vence el 01/02/24. AGQ Lambda S.A. report results based on the LC quantification limit

AGQ LAMBDA, S.A.

San Francisco de Dos Ríos San José, Costa Rica

T: +506 2286 1168

atencionalcliente.cr@agqlabs.com

www.agqlabs.cr

14/14

Tipo Muestra:	AGUA SUBTERRANEA	Registrada en:	AGQ Lambda	Cliente (^):	OSD Consultoría Integral S.A.
Estudio	AMM-CR02-23-00058	Centro Análisis:	AGQ Lambda	Domicilio (^):	Cartago, El Guarco, Tejar Tejar del Guarco, Cartago 0
PNT Muestreo				Cod Cliente:	CR02-00001756
Cliente 3º(^):	----			Contrato:	QSP-LA231000002

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los resultados reflejados en el presente informe se refieren únicamente a la muestra tal como es recibida en el laboratorio y sometida a ensayo. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, tanto la asociada a la toma de muestras realizada por él como a otros datos descriptivos, marcados con (^) y que se encuentran fuera de nuestro alcance de Acreditación.



Pamela Badilla Escalante

Química N.I. 2997



Anthony Crisanto Ramirez Mendez

Químico N.I. 3101



Liliana Dedios Alegria

CQP-824

FECHA EMISIÓN: 14/12/2023

OBSERVACIONES (*):
Atención: Karol Flores.

AGQ Lambda S.A. reporta sus resultados a partir del Límite de cuantificación LC (Lim Cuantif/). PSF vigente No.988 vence 05/04/24. Los parámetros acreditados por IAS están homologados por ECA-RECA-020-2023, vence el 01/02/24. AGQ Lambda S.A. report results based on the LC quantification limit

AGQ LAMBDA, S.A.

San Francisco de Dos Ríos San José, Costa Rica

T: +506 2286 1168

atencionalcliente.cr@agqlabs.com

www.agqlabs.cr

1/14

Estudio			AMM-CR02-23-00058				Tipo Muestra: AGUA SUBTERRANEA			
RESULTADOS ANALITICOS										
Nº de Referencia Descripción(*)			A-23/155473 Z3-P5 Agua clara	A-23/155477 Z1-P1 Piezómetro. Agua clara	A-23/155478 Z1-P2 Piezómetro. Agua clara	A-23/155480 Z1-P3 Piezómetro. Agua turbia	A-23/155483 Z2-P1 Piezómetro.	A-23/155484 Z2-P2 Piezómetro.	A-23/155486 Z2-P3 Piezómetro. Agua clara	A-23/155488 Z3-P3 Piezómetro. Agua turbia
Parámetro	Incert	Unidades								
Metales Totales										
Aluminio	±8,8	mg/L	2,1713	2,6211	5,2034	59,753	5,1903	7,0796	0,99651	31,592
Antimonio	±0,0049	mg/L	0,00950	0,05824	0,03145	0,01738	0,01734	0,02365	0,10858	0,03083
Arsénico	±0,00041	mg/L	0,00272	0,00125	0,00127	0,02672	0,00855	0,00336	0,00168	0,00272
Bario	±0,022	mg/L	0,070178	0,016592	0,033415	0,246466	0,033584	0,046880	0,094906	0,274601
* Berilio	-	mg/L	< 0,00025	< 0,00025	< 0,00025	< 0,00025	< 0,00025	< 0,00025	< 0,00025	< 0,00025
Boro	±0,058	mg/L	2,520	0,1786	0,2599	0,0772	0,0532	0,0420	2,468	0,2885
Cadmio	-	mg/L	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	0,00015	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
Calcio	±0,99	mg/L	280	6,8	55	51	29	48	323	33
* Cobalto	±0,00054	mg/L	0,00100	0,00153	0,00288	0,03515	0,00211	0,00331	0,00053	0,01088
Cobre	±0,0069	mg/L	0,00692	0,01534	0,02419	0,17473	0,01988	0,01641	0,04755	0,07639
Cromo	±0,0012	mg/L	0,00095	0,00256	0,00325	0,03820	0,00243	0,00735	0,00094	0,00512
Estaño	±0,00062	mg/L	0,00094	0,00164	0,00114	0,00242	0,00254	0,00145	0,00611	0,00069
* Fósforo	±0,02	mg/L	0,092	0,165	0,146	1,17	0,187	0,152	0,072	0,401
Hierro	±1,0	mg/L	1,791	3,013	5,172	67,22	4,496	6,929	1,008	20,35
* Litio	±0,00067	mg/L	0,0742	0,0050	< 0,0050	0,0417	0,0063	0,0067	0,0762	0,0095
Magnesio	±0,57	mg/L	836	3,3	21	36	20	27	967	11
Manganeso	±0,082	mg/L	0,05619	0,07901	0,12997	1,5644	0,27382	0,63389	0,03858	0,48192
Mercurio	-	mg/L	0,00022	< 0,00010	< 0,00010	0,00015	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
* Molibdeno	±0,0049	mg/L	0,01480	0,00231	0,03321	0,01451	0,01283	0,00704	0,01411	0,04435
Níquel	±0,0018	mg/L	0,00152	0,00351	0,00731	0,05268	0,00360	0,00437	0,00183	0,00903
Plata	-	mg/L	< 0,0010	0,0020	< 0,0010	0,0105	< 0,0010	0,0012	< 0,0010	< 0,0010
Plomo	±0,00028	mg/L	0,00075	0,00032	0,00191	0,01212	0,00120	0,00147	0,00111	0,00154
Potasio	±0,099	mg/L	272	2,9	10	7,3	7,8	5,6	304	5,0
Selenio	-	mg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
* Silicio	±7,0	mg/L	6,7	30	32	80	23	28	3,1	77
Sodio	±18	mg/L	7.857	183,21	71,499	14,664	82,624	17,155	8.995	175,94
* Talio	-	mg/L	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	0,00011	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010	< 0,00010
* Titanio	±0,092	mg/L	0,05247	0,12059	0,20630	2,6827	0,15684	0,23175	0,04544	0,35353
* Vanadio	±0,0028	mg/L	0,00774	0,01710	0,02583	0,13719	0,01818	0,01787	0,00569	0,05577
Zinc	±0,009	mg/L	0,0264	0,0416	0,0533	0,3679	0,0508	0,0546	0,0393	0,1124
Hidrocarburos										
* Hidrocarburos Alifáticos >C10-C12	-	mg/L	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
* Hidrocarburos Alifáticos >C12-C16	-	mg/L	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5

AGQ Lambda S.A. reporta sus resultados a partir del Límite de cuantificación LC (Lim Cuantif/). PSF vigente No.988 vence 05/04/24. Los parámetros acreditados por IAS están homologados por ECA-RECA-020-2023, vence el 01/02/24. AGQ Lambda S.A. report results based on the LC quantification limit

AGQ LAMBDA, S.A.

San Francisco de Dos Ríos San José, Costa Rica

T: +506 2286 1168

atencionalcliente.cr@agqlabs.com

www.agqlabs.cr

2/14

Estudio	AMM-CR02-23-00058	Tipo Muestra:	AGUA SUBTERRANEA
---------	-------------------	---------------	------------------

RESULTADOS ANALITICOS

Nº de Referencia Descripción(*)			A-23/155473 Z3-P5 Agua clara	A-23/155477 Z1-P1 Piezómetro. Agua clara	A-23/155478 Z1-P2 Piezómetro. Agua clara	A-23/155480 Z1-P3 Piezómetro. Agua turbia	A-23/155483 Z2-P1 Piezómetro.	A-23/155484 Z2-P2 Piezómetro.	A-23/155486 Z2-P3 Piezómetro. Agua clara	A-23/155488 Z3-P3 Piezómetro. Agua turbia
Parámetro	Incert	Unidades								
Hidrocarburos										
* Hidrocarburos Alifáticos >C16-C21	-	mg/L	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
* Hidrocarburos Alifáticos >C21-C35	-	mg/L	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
* Hidrocarburos Alifáticos >C6-C8	-	mg/L	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
* Hidrocarburos Alifáticos >C8-C10	-	mg/L	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
* Hidrocarburos Alifáticos C5-C6	-	mg/L	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
* Hidrocarburos Aromáticos >C10-C12	-	mg/L	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
* Hidrocarburos Aromáticos >C12-C16	-	mg/L	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
* Hidrocarburos Aromáticos >C16-C21	-	mg/L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
* Hidrocarburos Aromáticos >C21-C35	-	mg/L	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
* Hidrocarburos Aromáticos >C7-C8	-	mg/L	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
* Hidrocarburos Aromáticos >C8-C10	-	mg/L	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
PCBs										
*26 PCB Nº 101	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
*26 PCB Nº 118	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
*26 PCB Nº 138	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
*26 PCB Nº 153	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
*26 PCB Nº 180	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
*26 PCB Nº 28	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
*26 PCB Nº 52	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
*26 PCBs (Suma)	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
HAPs										
*26 Acenafteno	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	0,019	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
*26 Acenaftileno	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
*26 Antraceno	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	0,016	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
*26 Benzo (a) antraceno	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,023	< 0,010	< 0,010	< 0,010
*26 Benzo (a) pireno	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,032	< 0,010	< 0,010	< 0,010
*26 Benzo (b) fluoranteno	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
*26 Benzo (g,h,i) perileno	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,024	< 0,010	< 0,010	< 0,010
*26 Benzo (k) fluoranteno	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,030	< 0,010	< 0,010	< 0,010
*26 Criseno	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
*26 Dibenzo (a,h) antraceno	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,023	< 0,010	< 0,010	< 0,010
*26 Fenantreno	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	0,073	0,018	0,014	0,071	0,013	< 0,010
*26 Fluoranteno	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,025	0,011	< 0,010	< 0,010
Fluoreno	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	0,076	< 0,010	< 0,010	0,037	< 0,010	< 0,010

AGQ Lambda S.A. reporta sus resultados a partir del Límite de cuantificación LC (Lim Cuantif/). PSF vigente No.988 vence 05/04/24. Los parámetros acreditados por IAS están homologados por ECA-RECA-020-2023, vence el 01/02/24. AGQ Lambda S.A. report results based on the LC quantification limit

AGQ LAMBDA, S.A.

San Francisco de Dos Ríos San José, Costa Rica

T: +506 2286 1168

atencionalcliente.cr@agqlabs.com

www.agqlabs.cr

3/14

Estudio	AMM-CR02-23-00058	Tipo Muestra:	AGUA SUBTERRANEA
---------	-------------------	---------------	------------------

RESULTADOS ANALITICOS

Nº de Referencia Descripción(*)			A-23/155473 Z3-P5 Agua clara	A-23/155477 Z1-P1 Piezómetro. Agua clara	A-23/155478 Z1-P2 Piezómetro. Agua clara	A-23/155480 Z1-P3 Piezómetro. Agua turbia	A-23/155483 Z2-P1 Piezómetro.	A-23/155484 Z2-P2 Piezómetro.	A-23/155486 Z2-P3 Piezómetro. Agua clara	A-23/155488 Z3-P3 Piezómetro. Agua turbia
Parámetro	Incert	Unidades								
HAPs										
*26 HAPs (Suma)	-	ug/L	< 0,010	< 0,010	0,195	0,018	0,409	0,130	0,013	< 0,010
*26 Indeno (1,2,3-cd) pireno	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	0,012	< 0,010	0,062	0,011	< 0,010	< 0,010
*26 Pireno	-	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,176	< 0,010	< 0,010	< 0,010
BTEX										
Benceno	±20%	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Etilbenceno	±20%	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
m,p-Xileno	±20%	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
o-xileno	±20%	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
*26 Tolueno	±20%	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
*8 Xilenos	±20%	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
COVs										
1,1,1,2-tetracloroetano	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
1,1,1-Tricloroetano	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
1,1,2,2-Tetracloroetano	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
1,1,2-Tricloroetano	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
1,1,2-Tricloroeteno	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
1,1-Dicloroetano	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
1,1-Dicloroeteno	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
1,1-Dicloropropeno	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
1,2,3-Triclorobenceno	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
1,2,3-Tricloropropano	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
1,2,4-Triclorobenceno	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
1,2,4-Trimetilbenceno	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
1,2-Dibromo-3-cloropropano	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
1,2-Dibromoetano	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
1,2-Diclorobenceno	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
1,2-Dicloroetano	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
1,2-Dicloropropano	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
1,3,5-Trimetilbenceno	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
1,3-Cis-Dicloropropeno	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
1,3-Diclorobenceno	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
1,3-Dicloropropano	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
1,3-Trans-Dicloropropeno	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
1,4-Diclorobenceno	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
2,2-Dicloropropano	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
2-Clorotolueno	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
4-Clorotolueno	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Bromobenceno	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00

AGQ Lambda S.A. reporta sus resultados a partir del Límite de cuantificación LC (Lim Cuantif/). PSF vigente No.988 vence 05/04/24. Los parámetros acreditados por IAS están homologados por ECA-RECA-020-2023, vence el 01/02/24. AGQ Lambda S.A. report results based on the LC quantification limit

AGQ LAMBDA, S.A.

San Francisco de Dos Ríos San José, Costa Rica

T: +506 2286 1168

atencionalcliente.cr@agqlabs.com

www.agqlabs.cr

4/14

Estudio			AMM-CR02-23-00058				Tipo Muestra: AGUA SUBTERRANEA			
RESULTADOS ANALITICOS										
Nº de Referencia Descripción(*)			A-23/155473 Z3-P5 Agua clara	A-23/155477 Z1-P1 Piezómetro. Agua clara	A-23/155478 Z1-P2 Piezómetro. Agua clara	A-23/155480 Z1-P3 Piezómetro. Agua turbia	A-23/155483 Z2-P1 Piezómetro.	A-23/155484 Z2-P2 Piezómetro.	A-23/155486 Z2-P3 Piezómetro. Agua clara	A-23/155488 Z3-P3 Piezómetro. Agua turbia
Parámetro	Incert	Unidades								
COVs										
Cis-1,2-Dicloroeteno	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Clorobenceno	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Dibromometano	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Diclorometano	-	µg/L	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00	< 5,00
Estireno	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Hexaclorobutadieno	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Isopropilbenceno	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
*26 Metil-t-Butileter (MTBE)	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Naftaleno	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
n-Butilbenceno	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
n-Propilbenceno	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
p-Isopropiltolueno	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Sec-Butilbenceno	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Terc-Butilbenceno	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Tetracloroeteno	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Tetracloruro de Carbono	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Trans-1,2-Dicloroeteno	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
VOC's	-	µg/L	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00

AGQ Lambda S.A. reporta sus resultados a partir del Límite de cuantificación LC (Lim Cuantif/). PSF vigente No.988 vence 05/04/24. Los parámetros acreditados por IAS están homologados por ECA-RECA-020-2023, vence el 01/02/24. AGQ Lambda S.A. report results based on the LC quantification limit

AGQ LAMBDA, S.A.

San Francisco de Dos Ríos San José, Costa Rica

T: +506 2286 1168

atencionalcliente.cr@agqlabs.com

www.agqlabs.cr

5/14

Estudio	AMM-CR02-23-00058	Tipo Muestra:	AGUA SUBTERRANEA
---------	-------------------	---------------	------------------

RESULTADOS ANALITICOS

N° de Referencia
Descripción(*)

A-23/155489
Z3-P2
Piezómetro.
Agua clara

A-23/155491
Z3-P4
Piezómetro.
Agua clara

Parámetro Incert Unidades

Metales Totales

Aluminio	±4,1	mg/L	1,8631	14,726															
Antimonio	±0,009 9	mg/L	0,28252	0,06201															
Arsénico	±0,000 63	mg/L	0,00151	0,00421															
Bario	±0,012	mg/L	0,017765	0,147566															
* Berilio	-	mg/L	< 0,00025	< 0,00025															
Boro	±0,003 7	mg/L	0,0410	0,0186															
Cadmio	-	mg/L	< 0,00010	< 0,00010															
Calcio	±0,96	mg/L	16	32															
* Cobalto	±0,000 22	mg/L	0,00067	0,00432															
Cobre	±0,004 5	mg/L	0,00901	0,05002															
Cromo	±0,000 7	mg/L	0,00082	0,00303															
Estaño	±0,000 15	mg/L	0,00069	0,00167															
* Fósforo	±0,009 5	mg/L	0,117	0,190															
Hierro	±0,55	mg/L	1,587	11,03															
* Litio	±0,000 36	mg/L	< 0,0050	0,0051															
Magnesio	±0,5	mg/L	5,5	10,0															
Manganeso	±0,07	mg/L	0,16114	0,41284															
Mercurio	-	mg/L	< 0,00010	< 0,00010															
* Molibdeno	±0,004	mg/L	0,00368	0,03655															
Níquel	±0,001 1	mg/L	0,00102	0,00555															
Plata	-	mg/L	< 0,0010	< 0,0010															
Plomo	±0,000 29	mg/L	0,00041	0,00161															
Potasio	±0,044	mg/L	2,0	2,2															
Selenio	-	mg/L	< 0,010	< 0,010															
* Silicio	±5,1	mg/L	33	56															
Sodio	±2,3	mg/L	43,602	23,412															
* Talio	-	mg/L	< 0,00010	< 0,00010															
* Titanio	±0,046	mg/L	0,02424	0,17748															
* Vanadio	±0,001 2	mg/L	0,01632	0,02312															
Zinc	±0,007 9	mg/L	0,0279	0,0983															

Hidrocarburos

* Hidrocarburos Alifáticos >C10-C12	-	mg/L	< 5	< 5															
* Hidrocarburos Alifáticos >C12-C16	-	mg/L	< 5	< 5															

AGQ Lambda S.A. reporta sus resultados a partir del Límite de cuantificación LC (Lim Cuantif/). PSF vigente No.988 vence 05/04/24. Los parámetros acreditados por IAS están homologados por ECA-RECA-020-2023, vence el 01/02/24. AGQ Lambda S.A. report results based on the LC quantification limit

AGQ LAMBDA, S.A.

San Francisco de Dos Ríos San José, Costa Rica

T: +506 2286 1168

atencionalcliente.cr@agqlabs.com

www.agqlabs.cr

6/14

Estudio		AMM-CR02-23-00058		Tipo Muestra: AGUA SUBTERRANEA	
ANEXO TECNICO					
Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (#)	
Metales Totales					
Aluminio	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,00250 mg/L	
Antimonio	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,00010 mg/L	
Arsénico	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,00010 mg/L	
Bario	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,000250 mg/L	
* Berilio	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,00025 mg/L	
Boro	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,0050 mg/L	
Cadmio	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,00010 mg/L	
Calcio	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,50 mg/L	
* Cobalto	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,00010 mg/L	
Cobre	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,00010 mg/L	
Cromo	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,00010 mg/L	
Estaño	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,00010 mg/L	
* Fósforo	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,050 mg/L	
Hierro	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,0010 mg/L	
* Litio	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,0050 mg/L	
Magnesio	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,50 mg/L	
Manganeso	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,00010 mg/L	
Mercurio	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,00010 mg/L	
* Molibdeno	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,00010 mg/L	
Níquel	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,00010 mg/L	
Plata	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,0010 mg/L	
Plomo	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,00010 mg/L	
Potasio	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,50 mg/L	
Selenio	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,010 mg/L	
* Silicio	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		1,0 mg/L	
Sodio	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,50000 mg/L	
* Talio	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,00010 mg/L	
* Titanio	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,00050 mg/L	
* Vanadio	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,00010 mg/L	

AGQ Lambda S.A. reporta sus resultados a partir del Límite de cuantificación LC (Lim Cuantif/). PSF vigente No.988 vence 05/04/24. Los parámetros acreditados por IAS están homologados por ECA-RECA-020-2023, vence el 01/02/24. AGQ Lambda S.A. report results based on the LC quantification limit

AGQ LAMBDA, S.A.

San Francisco de Dos Ríos San José, Costa Rica

T: +506 2286 1168

atencionalcliente.cr@agqlabs.com

www.agqlabs.cr

10/14

Estudio		Tipo Muestra: AGUA SUBTERRANEA		
AMM-CR02-23-00058				
Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (#)
Zinc	IT-399 SM 3125 Ed 23/ EPA200.8/ EPA 6020 B	ICP-MS		0,0010 mg/L
Hidrocarburos				
* Hidrocarburos Alifáticos >C10-C12	TNRCC 1005 / TNRCC 1006	Cromat CG FID		5 mg/L
* Hidrocarburos Alifáticos >C12-C16	TNRCC 1005 / TNRCC 1006	Cromat CG FID		5 mg/L
* Hidrocarburos Alifáticos >C16-C21	TNRCC 1005 / TNRCC 1006	Cromat CG FID		5 mg/L
* Hidrocarburos Alifáticos >C21-C35	TNRCC 1005 / TNRCC 1006	Cromat CG FID		5 mg/L
* Hidrocarburos Alifáticos >C6-C8	TNRCC 1005 / TNRCC 1006	Cromat CG FID		5 mg/L
* Hidrocarburos Alifáticos >C8-C10	TNRCC 1005 / TNRCC 1006	Cromat CG FID		5 mg/L
* Hidrocarburos Alifáticos C5-C6	TNRCC 1005 / TNRCC 1006	Cromat CG FID		5 mg/L
* Hidrocarburos Aromáticos >C10-C12	TNRCC 1005 / TNRCC 1006	Cromat CG FID		5 mg/L
* Hidrocarburos Aromáticos >C12-C16	TNRCC 1005 / TNRCC 1006	Cromat CG FID		5 mg/L
* Hidrocarburos Aromáticos >C16-C21	TNRCC 1005 / TNRCC 1006	Cromat CG FID		0,0 mg/L
* Hidrocarburos Aromáticos >C21-C35	TNRCC 1005 / TNRCC 1006	Cromat CG FID		5 mg/L
* Hidrocarburos Aromáticos >C7-C8	TNRCC 1005 / TNRCC 1006	Cromat CG FID		5 mg/L
* Hidrocarburos Aromáticos >C8-C10	TNRCC 1005 / TNRCC 1006	Cromat CG FID		5 mg/L
PCBs				
*26 PCB N° 101	IT-446 / EPA 8270E	Cromatog CG/MS-MS		0,010 µg/L
*26 PCB N° 118	IT-446 / EPA 8270E	Cromatog CG/MS-MS		0,010 µg/L
*26 PCB N° 138	IT-446 / EPA 8270E	Cromatog CG/MS-MS		0,010 µg/L
*26 PCB N° 153	IT-446 / EPA 8270E	Cromatog CG/MS-MS		0,010 µg/L
*26 PCB N° 180	IT-446 / EPA 8270E	Cromatog CG/MS-MS		0,010 µg/L
*26 PCB N° 28	IT-446 / EPA 8270E	Cromatog CG/MS-MS		0,010 µg/L
*26 PCB N° 52	IT-446 / EPA 8270E	Cromatog CG/MS-MS		0,010 µg/L
*26 PCBs (Suma)	IT-446 / EPA 8270E	Cromatog CG/MS-MS		0,010 µg/L
HAPs				
*26 Acenafteno	IT-382 / EPA-8270E	Cromatog CG/MS-MS		0,010 µg/L
*26 Acenaftileno	IT-382 / EPA-8270E	Cromatog CG/MS-MS		0,010 µg/L
*26 Antraceno	IT-382 / EPA-8270E	Cromatog CG/MS-MS		0,010 µg/L
*26 Benzo (a) antraceno	IT-382 / EPA-8270E	Cromatog CG/MS-MS		0,010 µg/L
*26 Benzo (a) pireno	IT-382 / EPA-8270E	Cromatog CG/MS-MS		0,010 µg/L
*26 Benzo (b) fluoranteno	IT-382 / EPA-8270E	Cromatog CG/MS-MS		0,010 µg/L
*26 Benzo (g,h,i) perileno	IT-382 / EPA-8270E	Cromatog CG/MS-MS		0,010 µg/L
*26 Benzo (k) fluoranteno	IT-382 / EPA-8270E	Cromatog CG/MS-MS		0,010 µg/L
*26 Criseno	IT-382 / EPA-8270E	Cromatog CG/MS-MS		0,010 µg/L
*26 Dibenzo (a,h) antraceno	IT-382 / EPA-8270E	Cromatog CG/MS-MS		0,010 µg/L
*26 Fenantreno	IT-382 / EPA-8270E	Cromatog CG/MS-MS		0,010 µg/L
*26 Fluoranteno	IT-382 / EPA-8270E	Cromatog CG/MS-MS		0,010 µg/L
Fluoreno	IT-382 / EPA-8270E	Cromatog CG/MS-MS		0,010 µg/L

AGQ Lambda S.A. reporta sus resultados a partir del Límite de cuantificación LC (Lim Cuantif/). PSF vigente No.988 vence 05/04/24. Los parámetros acreditados por IAS están homologados por ECA-RECA-020-2023, vence el 01/02/24. AGQ Lambda S.A. report results based on the LC quantification limit

AGQ LAMBDA, S.A.

San Francisco de Dos Ríos San José, Costa Rica

T: +506 2286 1168

atencionalcliente.cr@agqlabs.com

www.agqlabs.cr

11/14

Estudio	AMM-CR02-23-00058	Tipo Muestra:	AGUA SUBTERRANEA
---------	-------------------	---------------	------------------

Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (#)
*26 HAPs (Suma)	IT-382 / EPA-8270E	Cromatog CG/MS-MS		0,010 µg/L
*26 Indeno (1,2,3-cd) pireno	IT-382 / EPA-8270E	Cromatog CG/MS-MS		0,010 µg/L
*26 Pireno	IT-382 / EPA-8270E	Cromatog CG/MS-MS		0,010 µg/L

BTEX

Benceno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
Etilbenceno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
m,p-Xileno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
o-xileno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
*26 Tolueno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
*8 Xilenos	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L

COVs

1,1,1,2-tetracloroetano	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
1,1,1-Tricloroetano	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
1,1,2,2-Tetracloroetano	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
1,1,2-Tricloroetano	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
1,1,2-Tricloroeteno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
1,1-Dicloroetano	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
1,1-Dicloroeteno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
1,1-Dicloropropeno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
1,2,3-Triclorobenceno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
1,2,3-Tricloropropano	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
1,2,4-Triclorobenceno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
1,2,4-Trimetilbenceno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
1,2-Dibromo-3-cloropropano	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
1,2-Dibromoetano	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
1,2-Diclorobenceno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
1,2-Dicloroetano	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
1,2-Dicloropropano	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
1,3,5-Trimetilbenceno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
1,3-Cis-Dicloropropeno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
1,3-Diclorobenceno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
1,3-Dicloropropano	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
1,3-Trans-Dicloropropeno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
1,4-Diclorobenceno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
2,2-Dicloropropano	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
2-Clorotolueno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
4-Clorotolueno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
Bromobenceno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
Cis-1,2-Dicloroeteno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
Clorobenceno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
Dibromometano	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
Diclorometano	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		5,00 µg/L
Estireno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
Hexaclorobutadieno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
Isopropilbenceno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L

AGQ Lambda S.A. reporta sus resultados a partir del Límite de cuantificación LC (Lim Cuantif/). PSF vigente No.988 vence 05/04/24. Los parámetros acreditados por IAS están homologados por ECA-RECA-020-2023, vence el 01/02/24. AGQ Lambda S.A. report results based on the LC quantification limit

AGQ LAMBDA, S.A.

San Francisco de Dos Ríos San José, Costa Rica

T: +506 2286 1168

atencionalcliente.cr@agqlabs.com

www.agqlabs.cr

12/14

Estudio		Tipo Muestra: AGUA SUBTERRANEA		
AMM-CR02-23-00058				
Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (#)
*26 Metil-t-Butileter (MTBE)	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
Naftaleno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
n-Butilbenceno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
n-Propilbenceno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
p-Isopropiltolueno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
Sec-Butilbenceno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
Terc-Butilbenceno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
Tetracloroeteno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
Tetracloruro de Carbono	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
Trans-1,2-Dicloroeteno	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L
VOC's	IT-383 / EPA 8260 D	Cromatog CG/MS-MS		1,00 µg/L

AGQ Lambda S.A. reporta sus resultados a partir del Límite de cuantificación LC (Lim Cuantif/). PSF vigente No.988 vence 05/04/24. Los parámetros acreditados por IAS están homologados por ECA-RECA-020-2023, vence el 01/02/24. AGQ Lambda S.A. report results based on the LC quantification limit

AGQ LAMBDA, S.A.

San Francisco de Dos Ríos San José, Costa Rica

T: +506 2286 1168

atencionalcliente.cr@agqlabs.com

www.agqlabs.cr

13/14

INFORME DE ENSAYO



Estudio					AMM-CR02-23-00058				Tipo Muestra: AGUA SUBTERRANEA			
MUESTRAS												
Punto de Muestreo		Fecha/Hora Muestreo	Lugar de Muestreo		Coordenadas x,y		Fecha Inicio	Fecha Recepción	Análisis	Muestreado por		
A-23/155473		29/11/2023					30/11/2023	29/11/2023	CR02-00001756-12	* Cliente (A)		
A-23/155477		28/11/2023					30/11/2023	30/11/2023	CR02-00001756-12	* Cliente (A)		
A-23/155478		28/11/2023					30/11/2023	30/11/2023	CR02-00001756-12	* Cliente (A)		
A-23/155480		28/11/2023					30/11/2023	30/11/2023	CR02-00001756-12	* Cliente (A)		
A-23/155483		28/11/2023					30/11/2023	30/11/2023	CR02-00001756-12	* Cliente (A)		
A-23/155484		28/11/2023					30/11/2023	30/11/2023	CR02-00001756-12	* Cliente (A)		
A-23/155486		28/11/2023					30/11/2023	30/11/2023	CR02-00001756-12	* Cliente (A)		
A-23/155488		28/11/2023					30/11/2023	30/11/2023	CR02-00001756-12	* Cliente (A)		
A-23/155489		28/11/2023					30/11/2023	30/11/2023	CR02-00001756-12	* Cliente (A)		
A-23/155491		28/11/2023					30/11/2023	30/11/2023	CR02-00001756-12	* Cliente (A)		

AGQ Lambda S.A. reporta sus resultados a partir del Límite de cuantificación LC (Lim Cuantif/). PSF vigente No.988 vence 05/04/24. Los parámetros acreditados por IAS están homologados por ECA-RECA-020-2023, vence el 01/02/24. AGQ Lambda S.A. report results based on the LC quantification limit

AGQ LAMBDA, S.A.

San Francisco de Dos Ríos San José, Costa Rica

T: +506 2286 1168

atencionalcliente.cr@agqlabs.com

www.agqlabs.cr

14/14

ANEXO B: FOTOGRAFÍAS DE LOS SONDEOS DE PERFORACIÓN A ROTACIÓN-SPT Y ENSAYOS DE PERMEABILIDAD REALIZADOS

















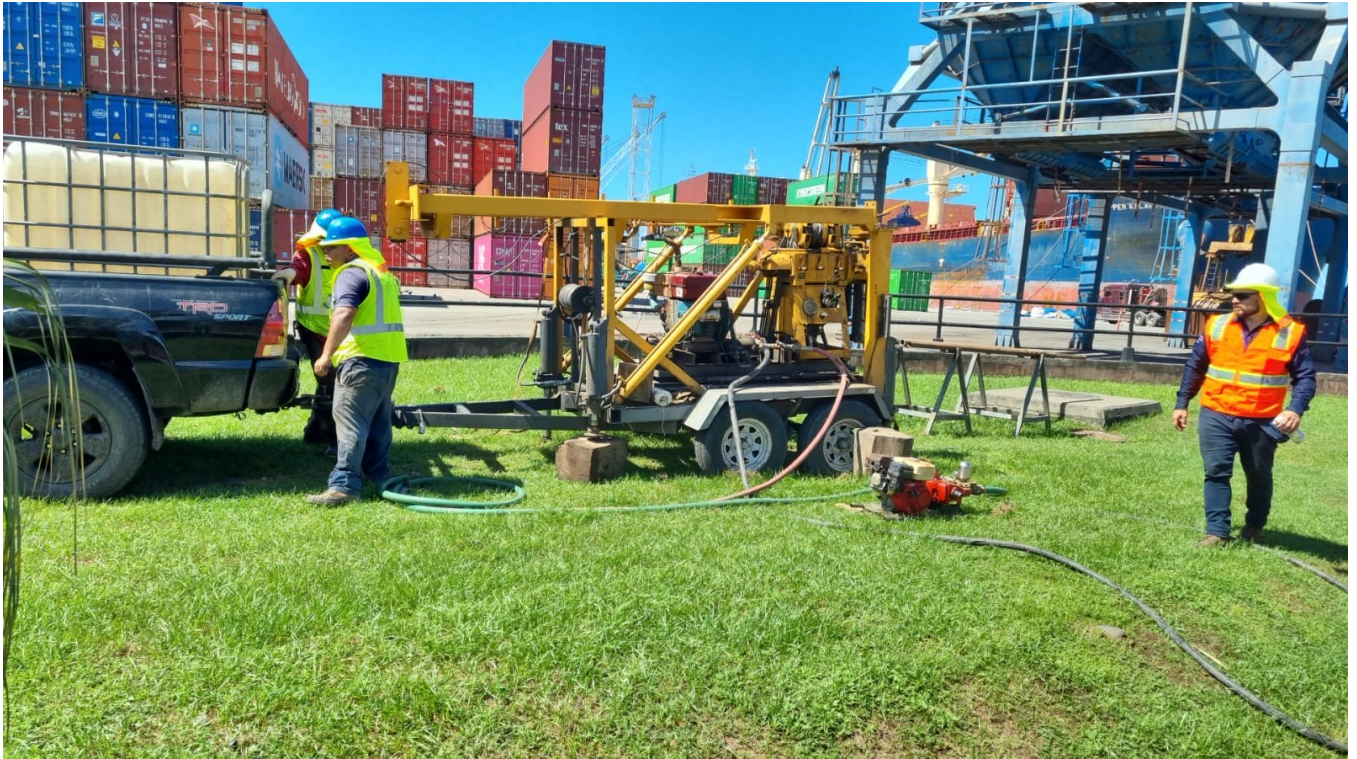


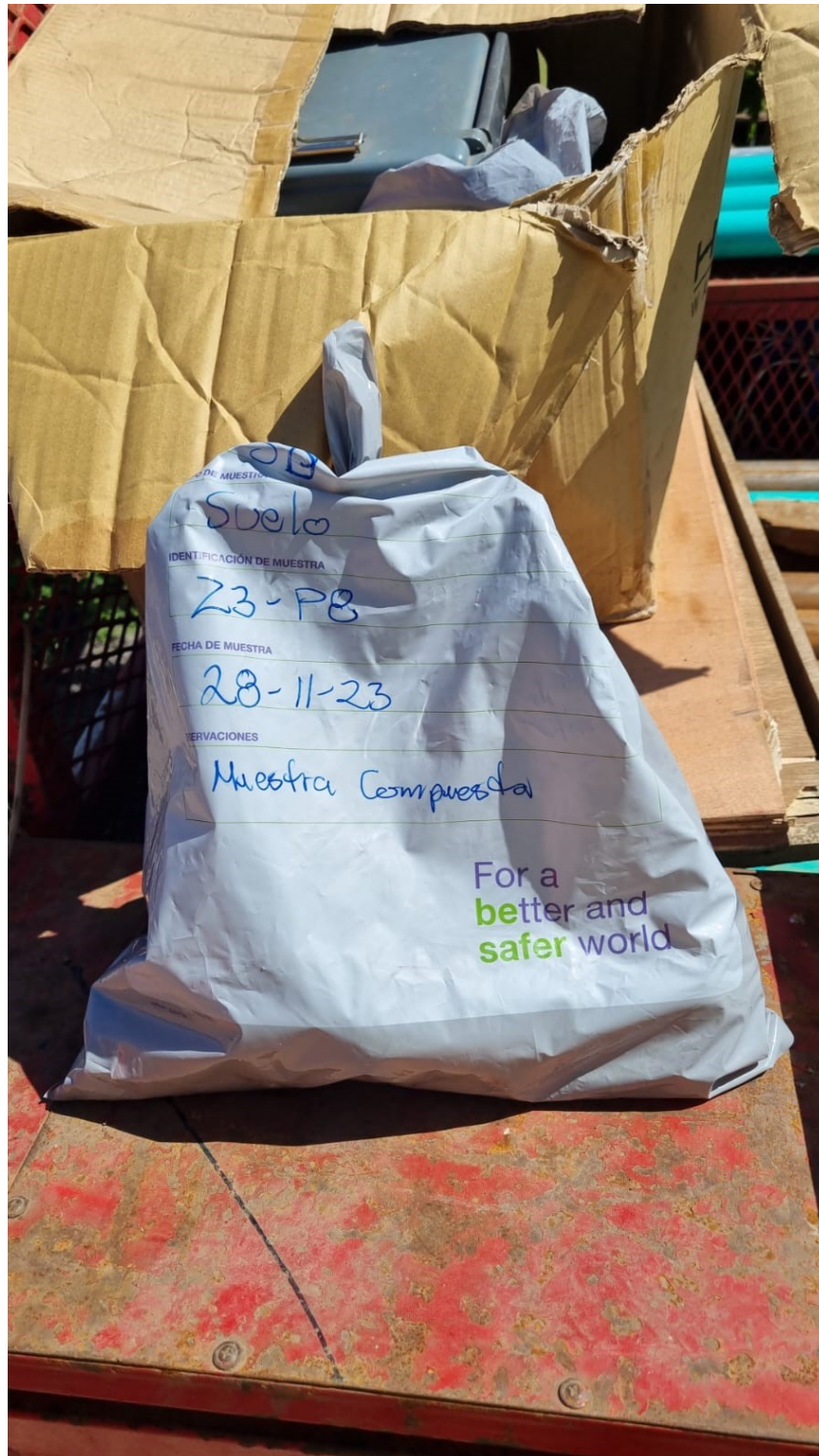




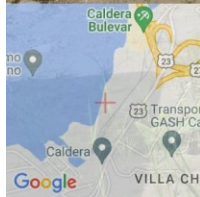








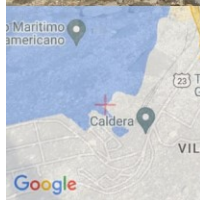
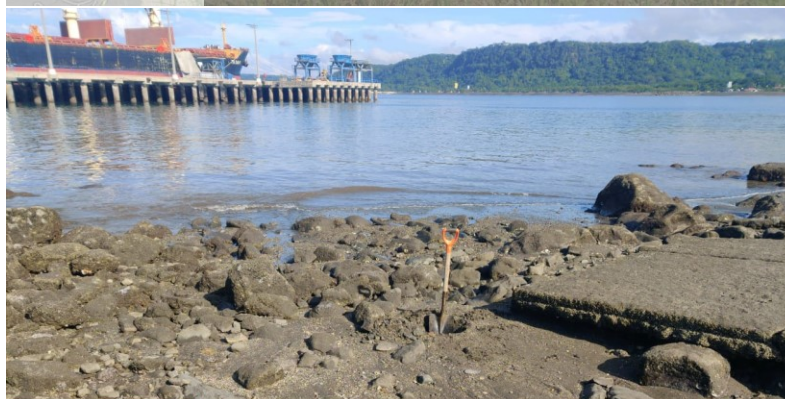




50 m Sur del Pasaje Marítimo, Puerto Caldera, 'inside port', Provincia de Puntarenas, Esparza, Costa Rica

TS-173-23-calicata #3
Provincia de Puntarenas
Costa Rica

29°C
84°F

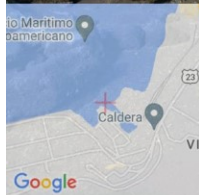


W76M+RFC, Provincia de Puntarenas, SAAM, Caldera, Costa Rica

TS-173-23- calicata #4
Provincia de Puntarenas
Costa Rica

27°C
81°F



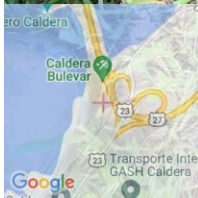


W76M+RFC, Provincia de Puntarenas, SAAM, Caldera, Costa Rica

TS-173-23- calicata #5
Provincia de Puntarenas
Costa Rica



29°C
84°F

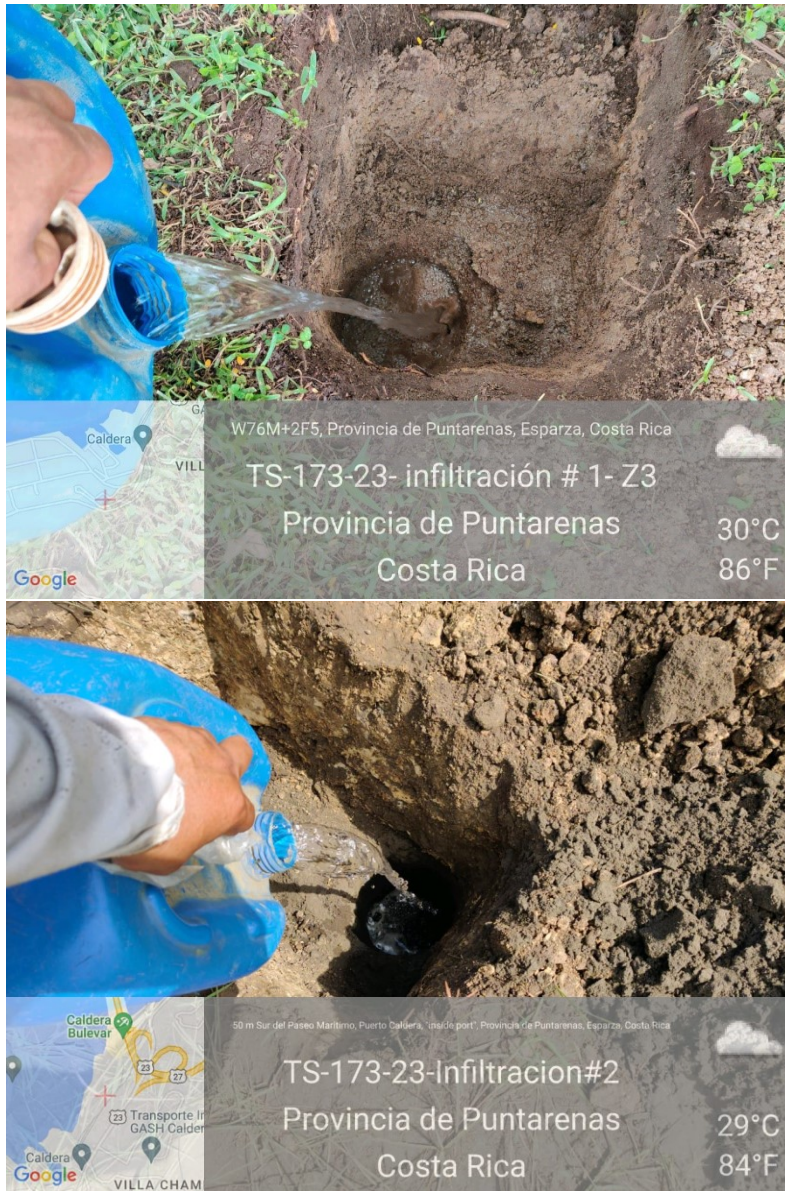


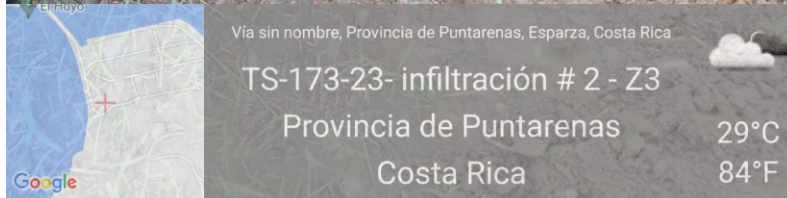
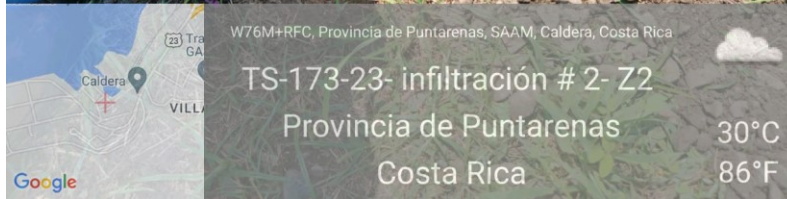
W78Q+W2P, Provincia de Puntarenas, Caldera, 60206, Costa Rica

TS-173-23-Infiltracion#1
Provincia de Puntarenas
Costa Rica

29°C
84°F









ANEXO C: RESULTADOS DEL LABORATORIO GEOTÉCNICO Y HOJAS DE PERFORACIÓN





TS.07.03.02.01 INFORME DE RESULTADOS:
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS
POR TAMIZADO

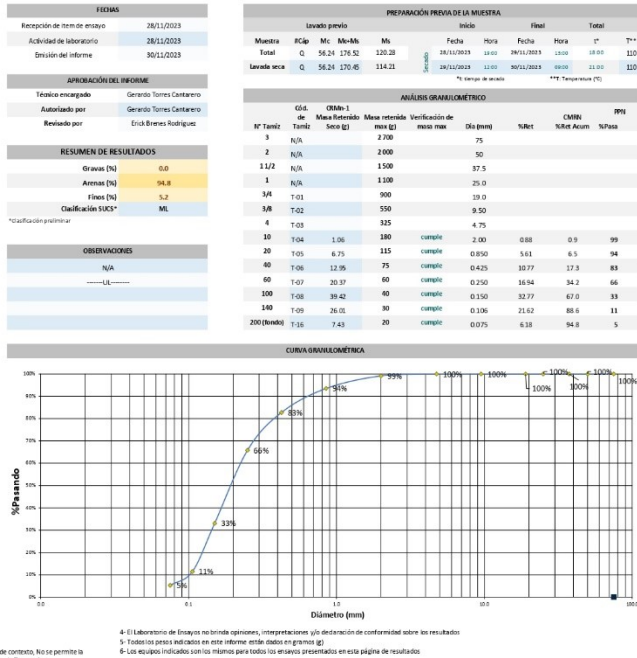
SEGÚN PROCEDIMIENTO DE ENSAYO TS.07.03.02

DATOS DE REFERENCIA		
Consecutivo:	TS-175-23	
Cliente:	TecnoSolum Ingeniería	
ID de muestra:	G 1	
ID Portador:	# 1	
Rango de Profundidad:	0.00 m a 0.30 m	
ORIGEN DE ENSAYO		
Proceder (interno/externo):	Interno	
Ensayo acreditado (SI/No):	NO**	
Desviación* (SI/No):	NO**	
** En caso de que SI, se especifica en observaciones		
ENSAYO		
Procesamiento de muestra:	HÚMEDO	
Tamiz de separación designado:	No. 4	
Método:	A	
Tipo de Tamizado:	Un set de tamices	
EQUIPOS		
Tipo:	Código:	Observación:
Balanza:	B1	N/A
Horno:	H1	N/A
Set tamices:	N/A	Según se indica
Cápsulas:	N/A	Según se indica
Comprobación funcional de equipos:	SI	
CONDICIONES AMBIENTALES		
Temperatura (°C):	20	
Humedad relativa (%):	89	

NOTAS:

- 1- El laboratorio de Ensayos no es responsable del muestreo
- 2- No hay desviaciones al método de ensayo de referencia
- 3- Con el fin de proporcionar seguridad de que partes del informe no se saquen de contexto, No se permite la reproducción parcial de este informe, sin la aprobación del Laboratorio de Ensayos de TecnoSolum

TecnoSolum Laboratorio
Cartago, Cartago, Guadalupe



Página 1 de 2

F.2.09/08/21, F.R.11/11/22 Versión 1.2



TS.07.03.02.01 INFORME DE RESULTADOS:
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS
POR TAMIZADO

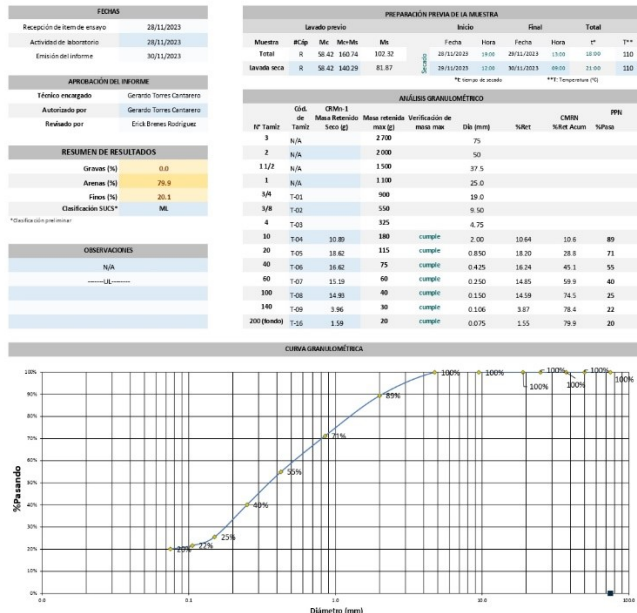
SEGÚN PROCEDIMIENTO DE ENSAYO TS.07.03.02

DATOS DE REFERENCIA		
Consecutivo	TS-175-23	
Cliente	TecnoSolum Ingeniería	
ID de muestra	G 2	
ID Portador	# 5	
Rango de Profundidad	0.00 m a 0.30 m	
ORIGEN DE ENSAYO		
Proceder (interno/externo)	Interno	
Ensayo acreditado (SI/No)	NO**	
Desviación* (SI/No)	NO**	
*En caso de que SI, se especifica en observaciones respecto al ensayo		
** En caso de que SI, se especifica en observaciones respecto al ensayo		
ENSAYO		
Procesamiento de muestra	HÚMEDO	
Tamiz de separación designado	No. 4	
Método	A	
Tipo de Tamizado	Un set de tamices	
EQUIPOS		
Tipo	Código	Observación
Balanza	B1	N/A
Horno	H1	N/A
Set tamices	N/A	Según se indica
Cápsulas	N/A	Según se indica
Comprobación funcional de equipos	SI	
CONDICIONES AMBIENTALES		
Temperatura (°C)	20	
Humedad relativa (%)	89	

NOTAS:

- 1- El laboratorio de Ensayos no es responsable del muestreo
- 2- No hay desviaciones al método de ensayo de referencia
- 3- Con el fin de proporcionar seguridad de que partes del informe no se saquen de contexto, No se permite la reproducción parcial de este informe, sin la aprobación del Laboratorio de Ensayos de TecnoSolum

TecnoSolum Laboratorio
Cartago, Cartago, Guadalupe



Página 2 de 2

F.2.09/08/21, F.R.11/11/22 Versión 1.2



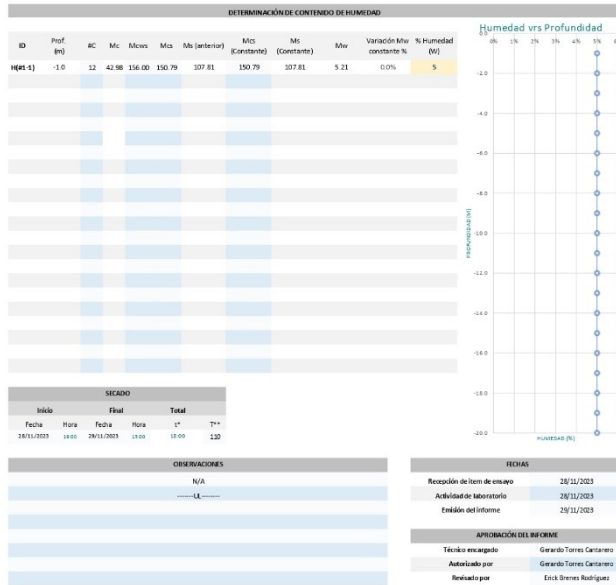
TS.07.03.01.01 INFORME DE RESULTADOS:
CONTENIDO DE HUMEDAD DE SUELOS

SEGÚN PROCEDIMIENTO DE ENSAYO TS.07.03.01

DATOS DE REFERENCIA		
Consecutivo:	TS-175-23	
Cliente:	Tecnosolum Ingeniería	
ID de muestra:	Según se indica	
ID Perforación:	#1	
Rango de Profundidad:	Según se indica	
ORIGEN DE ENSAYO		
Proceder (interno/externo):	Interno	
Ensayo acreditado (S/No):	NO**	
Desviaciones* (S/No):	NO**	
*Usar como adiciones, desviaciones o exclusiones respecto al ensayo		
** En caso de que si, se especifica en observaciones		
SOBRE EL ENSAYO		
Descripción de la muestra:	Arenosa limosa	
Método:	A	
EQUIPOS		
Tipo	Código	Observación
Balanza	B1	N/A
Horno	H1	N/A
Cápsula	N/A	Según se indica
Comprobación funcional de equipos:		S
CONDICIONES AMBIENTALES		
Temperatura (°C)	19	
Humedad relativa (%)	88	

NOTAS:
1- El laboratorio de Ensayos no es responsable del muestreo.
2- No hay desviaciones al método de ensayo de referencia.
3- Con el fin de proporcionar seguridad de que partes del informe no se sequen de contexto, No se permite la reproducción parcial de este informe, sin la aprobación del laboratorio de Ensayos de Tecnosolum.

4- El laboratorio de Ensayos no brinda opiniones, interpretaciones y/o declaración de conformidad sobre los resultados.
5- Todos los pesos indicados en este informe están dados en gramos (g).
6- Los equipos indicados son los mismos para todos los ensayos presentados en esta página de resultados.



Tecnosolum Laboratorio
Cartago, Cartago, Guadalupe

Página 1 de 5

F.03/09/2023, F.03/11/22 Versión 1.2



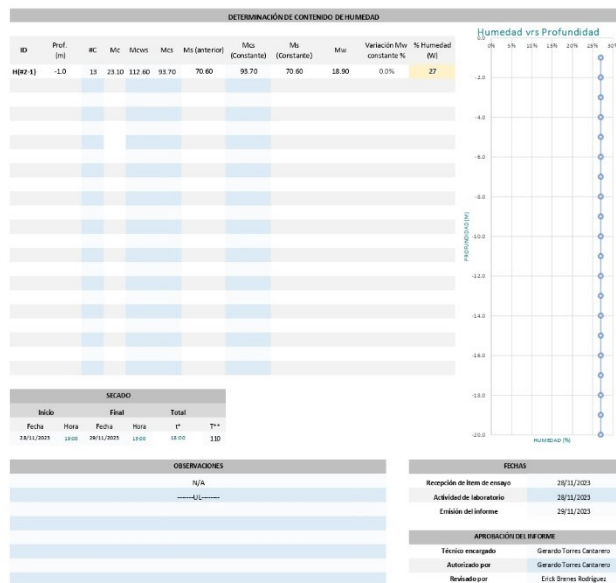
TS.07.03.01.01 INFORME DE RESULTADOS:
CONTENIDO DE HUMEDAD DE SUELOS

SEGÚN PROCEDIMIENTO DE ENSAYO TS.07.03.01

DATOS DE REFERENCIA		
Consecutivo:	TS-175-23	
Cliente:	Tecnosolum Ingeniería	
ID de muestra:	Según se indica	
ID Perforación:	#2	
Rango de Profundidad:	Según se indica	
ORIGEN DE ENSAYO		
Proceder (Interno/externo):	Interno	
Ensayo acreditado (S/No):	NO**	
Desviaciones* (S/No):	NO**	
*Usar como adiciones, desviaciones o exclusiones respecto al ensayo		
** En caso de que si, se especifica en observaciones		
SOBRE EL ENSAYO		
Descripción de la muestra:	Arenosa limosa	
Método:	A	
EQUIPOS		
Tipo:	Código:	Observación
Balanza:	B1	N/A
Horno:	H1	N/A
Cápsula:	N/A	Según se indica
Comprobación funcional de equipos:	S	
CONDICIONES AMBIENTALES		
Temperatura (°C):	19	
Humedad relativa (%):	88	

NOTAS:
1- El laboratorio de Ensayos no es responsable del muestreo.
2- No hay desviaciones al método de ensayo de referencia.
3- Con el fin de proporcionar seguridad de que partes del informe no se sequen de contexto, No se permite la reproducción parcial de este informe, sin la aprobación del laboratorio de Ensayos de Tecnosolum.

4- El laboratorio de Ensayos no brinda opiniones, interpretaciones y/o declaración de conformidad sobre los resultados.
5- Todos los pesos indicados en este informe están dados en gramos (g).
6- Los equipos indicados son los mismos para todos los ensayos presentados en esta página de resultados.



Tecnosolum Laboratorio
Cartago, Cartago, Guadalupe

Página 2 de 5

F.03/09/2023, F.03/11/22 Versión 1.2





TS.07.03.01.01 INFORME DE RESULTADOS:
CONTENIDO DE HUMEDAD DE SUELOS

SEGÚN PROCEDIMIENTO DE ENSAYO TS.07.03.01

DATOS DE REFERENCIA	
Consecutivo:	TS-175-23
Cliente:	Tecnosolum Ingeniería
ID de muestra:	Según se indica
ID Perforación:	#3
Rango de Profundidad:	Según se indica
ORIGEN DE ENSAYO	
Proveedor (interno/externo):	Interno
Ensayo acreditado (S/No):	NO**
Desviaciones* (S/No):	NO**
*Usar como adiciones, desviaciones o exclusiones respecto al ensayo	
** En caso de que si, se especifica en observaciones	
SOBRE EL ENSAYO	
Descripción de la muestra:	Arenosa limosa
Método:	A
EQUIPOS	
Tipo:	Código Observación
Balanza:	B1 N/A
Horno:	H1 N/A
Cápsula:	N/A Según se indica
Comprobación funcional de equipos:	S
CONDICIONES AMBIENTALES	
Temperatura (°C):	19
Humedad relativa (%):	88

NOTAS:
1- El laboratorio de Ensayos no es responsable del muestreo
2- No hay desviaciones al método de ensayo de referencia
3- Con el fin de proporcionar seguridad de que partes del informe no se sequen de contexto, No se permite la reproducción parcial de este informe, sin la aprobación del laboratorio de Ensayos de Tecnosolum

4- El laboratorio de Ensayos no brinda opiniones, interpretaciones y/o declaración de conformidad sobre los resultados
5- Todos los pesos indicados en este informe están dados en gramos (g)
6- Los equipos indicados son los mismos para todos los ensayos presentados en esta página de resultados

DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD											
ID	Prof. (m)	MC	M _c	M _{lucos}	M _{ca}	M _a (anterior)	M _{to} (Constante)	M _o (Constante)	M _w	Variación Mw constante %	% Humedad (W)
H(04-1)	-1.0	14	23.26	80.54	70.63	47.87	70.63	47.87	9.91	0.0%	21

Tecnosolum Laboratorio
Cartago, Cartago, Guadalupe

Página 3 de 5

F.03/09/21, F.03/11/22 Versión 1.2



TS.07.03.01.01 INFORME DE RESULTADOS:
CONTENIDO DE HUMEDAD DE SUELOS

SEGÚN PROCEDIMIENTO DE ENSAYO TS.07.03.01

DATOS DE REFERENCIA	
Consecutivo:	TS-175-23
Cliente:	Tecnosolum Ingeniería
ID de muestra:	Según se indica
ID Perforación:	#8
Rango de Profundidad:	Según se indica
ORIGEN DE ENSAYO	
Proveedor (interno/externo):	Interno
Ensayo acreditado (S/No):	NO**
Desviaciones* (S/No):	NO**
*Usar como adiciones, desviaciones o exclusiones respecto al ensayo	
** En caso de que si, se especifica en observaciones	
SOBRE EL ENSAYO	
Descripción de la muestra:	Arenosa limosa
Método:	A
EQUIPOS	
Tipo:	Código Observación
Balanza:	B1 N/A
Horno:	H1 N/A
Cápsula:	N/A Según se indica
Comprobación funcional de equipos:	S
CONDICIONES AMBIENTALES	
Temperatura (°C):	19
Humedad relativa (%):	88

NOTAS:
1- El laboratorio de Ensayos no es responsable del muestreo
2- No hay desviaciones al método de ensayo de referencia
3- Con el fin de proporcionar seguridad de que partes del informe no se sequen de contexto, No se permite la reproducción parcial de este informe, sin la aprobación del laboratorio de Ensayos de Tecnosolum

4- El laboratorio de Ensayos no brinda opiniones, interpretaciones y/o declaración de conformidad sobre los resultados
5- Todos los pesos indicados en este informe están dados en gramos (g)
6- Los equipos indicados son los mismos para todos los ensayos presentados en esta página de resultados

DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD											
ID	Prof. (m)	MC	M _c	M _{lucos}	M _{ca}	M _a (anterior)	M _{to} (Constante)	M _o (Constante)	M _{lv}	Variación Mw constante %	% Humedad (W)
H(04-1)	-1.0	15	23.54	301.41	88.33	64.79	88.33	64.79	13.08	0.0%	20

Tecnosolum Laboratorio
Cartago, Cartago, Guadalupe

Página 4 de 5

F.03/09/21, F.03/11/22 Versión 1.2





TS.07.03.01.01 INFORME DE RESULTADOS:
CONTENIDO DE HUMEDAD DE SUELOS

SEGÚN PROCEDIMIENTO DE ENSAYO TS.07.03.01

DATOS DE REFERENCIA	
Consecutivo:	TS-175-23
Cliente:	Tecnosolum Ingeniería
ID de muestra:	Según se indica
ID Perforación:	15
Rango de Profundidad:	Según se indica

ORIGEN DE ENSAYO	
Proveedor (interno/externo):	Interno
Ensayo acreditado (S/No):	NO**
Desviación* (S/No):	NO**

* Las desviaciones, desviaciones o excentricidades respecto al ensayo
** En caso de que sí, se especifica en observaciones

SOBRE EL ENSAYO	
Descripción de la muestra:	Arma a mano
Método:	A

EQUIPOS	
Tipo:	Código:
Balanza:	81
Horno:	111
Cápsula:	N/A
Comprobación funcional de equipos:	3

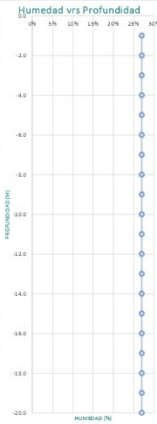
CONDICIONES AMBIENTALES	
Temperatura (°C):	19
Humedad relativa (%):	88

NOTAS:

- 1- El laboratorio de Ensayos no es responsable de los resultados.
- 2- No hay desviaciones al método de ensayo de referencia.
- 3- Con el fin de proporcionar seguridad de que partes del informe no se saquen de contexto, No se permite la reproducción parcial de este informe, sin la aprobación del Laboratorio de Ensayos de Tecnosolum.

- 4- El laboratorio de Ensayos no brinda opiniones, interpretaciones y/o declaración de conformidad sobre los resultados.
- 5- Todos los pesos indicados en este informe están dados en gramos (g).
- 6- Los equipos indicados son los mínimos para todos los ensayos presentados en esta página de resultados.

DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD										
ID	Prof. (m)	MC	M _c	M _{cv}	M _{cs}	M _s (anterior)	M _{cs} (Constante)	M _s (Constante)	M _{ui}	Verificación M _{ui} constante %
H(95-1)	-1.0	15	23.09	303.49	96.57	63.48	86.57	63.48	16.92	0.0%
N Humedad (W)										
27										



Tecnosolum Laboratorio
Cartago, Cartago, Guadalupe

Página 5 de 5

F.0309/06/21, F.0311/11/22 Versión 1.2



Proyecto:				Futura modernización Puerto Caldera		Localización				Esparza, Puntarenas		
Profundidad (m)		Número de Golpes (NSPT)		Tipología	Perforación: Z1-P1		LL	LP	Rec	RQD	% de Humedad	Peso Unitario (g) (Ton/m³) y Cohesión (Kg/cm²)
De:	Hasta:				CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL							
0.0	0.5		5		Relleno antropogénico: arcilla limosa gris violácea					80.00		
0.5	1.0		6							80.00		
1.0	1.5		7							80.00		
1.5	2.0		8							75.00		
2.0	2.5		10		Arena mal gradada con presencia de limos gris violáceos de plasticidad baja.					80.00		
2.5	3.0		5							75.00		
3.0	3.5		7							80.00		
3.5	4.0		6							60.00		
4.0	4.5		8							60.00		
4.5	5.0		12							60.00		
5.0	5.5											
5.5	6.0											
6.0	6.5											
6.5	7.0											
7.0	7.5											
7.5	8.0											
8.0	8.5											
8.5	9.0											
9.0	9.5											
9.5	10.0											
10.0	10.5											
10.5	11.0											
11.0	11.5											
11.5	12.0											
12.0	12.5											
12.5	13.0											
13.0	13.5											
13.5	14.0											
14.0	14.5											
14.5	15.0											
N= No de golpes por pie %R= % de recuperación N o NF= Nivel Freático Top = Inicio de Fugas de Agua IC = Índice de Contracción e= razón de vacíos SUCS= Sistema Unificado de Clasificación de Suelos					Tcl = Cesación de Fugas de Agua MB= Muestreador estándar CP= Cola de pescado BQ, NQ o HQ (Tipo de broca) BTG o BTH = Broca de Tungsteno Cu= cohesión (Kg/cm²) SPT= Ensayo de Penetración Estándar					%W= % de Humedad insitu LL = Límite Líquido LP= Límite Plástico %S =% de Saturación IL = Índice de Liquidez g = Peso Unitario (Ton/m³) insitu E = Trepano		
NIVEL FREÁTICO PROMEDIO 2.5 m					COORDENADAS: N 1096638.58 O 421891.60					FECHA Diciembre, 2022		



Proyecto:				Futura modernización Puerto Caldera		Localización				Esparza, Puntarenas		
Profundidad (m)		Número de Golpes (NSPT)		Tipología	Perforación: Z1-P2		LL	LP	Rec	RQD	% de Humedad	Peso Unitario (g) (Ton/m³) y Cohesión (Kg/cm²)
De:	Hasta:				CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL							
0.0	0.5		12		Relleno antropogénico: arcilla limosa gris violácea					60.00		
0.5	1.0		16							66.00		
1.0	1.5		8							70.00		
1.5	2.0		9							66.00		
2.0	2.5		12							80.00		
2.5	3.0		11		Arena mal gradada con presencia de limos gris violáceos de plasticidad baja.					85.00		
3.0	3.5		5							80.00		
3.5	4.0		8							75.00		
4.0	4.5		7							75.00		
4.5	5.0		10							75.00		
5.0	5.5											
5.5	6.0											
6.0	6.5											
6.5	7.0											
7.0	7.5											
7.5	8.0											
8.0	8.5											
8.5	9.0											
9.0	9.5											
9.5	10.0											
10.0	10.5											
10.5	11.0											
11.0	11.5											
11.5	12.0											
12.0	12.5											
12.5	13.0											
13.0	13.5											
13.5	14.0											
14.0	14.5											
14.5	15.0											

N= No de golpes por pie
% R= % de recuperación
N o NF= Nivel Freático
Top = Inicio de Fugas de Agua
IC = Índice de Contracción
e= razón de vacíos
SUCS= Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

NIVEL FREÁTICO PROMEDIO
3 m

¶cl = Cesación de Fugas de Agua
MB= Muestreador estandar
CP= Cola de pescado
BQ, NQ o HQ (Tipo de broca)
BTG o BTH = Broca de Tungsteno
Cu= cohesión (Kg/cm²)
SPT= Ensayo de Penetración Estándar

COORDENADAS:
N 1096471.80
O 421846.91

%W= % de Humedad insitu
LL = Límite Líquido
LP= Límite Plástico
%S =% de Saturación
IL = Índice de Liquidez
g = Peso Unitario (Ton/m³) insitu
E = Trepano

FECHA
Diciembre, 2022



Proyecto:				Futura modernización Puerto Caldera		Localización				Esparza, Puntarenas		
Profundidad (m)		Número de Golpes (NSPT)		Tipología	Perforación: Z1-P3		LL	LP	Rec	RQD	% de Humedad	Peso Unitario (g) (Ton/m³) y Cohesión (Kg/cm²)
De:	Hasta:				CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL							
0.0	0.5	<div></div>	12		Relleno antropogénico: arcilla limosa gris violácea					60.00		
0.5	1.0	<div></div>	16		Arena mal gradada con presencia de limos gris violáceos de plasticidad baja.					66.00		
1.0	1.5	<div></div>	20							70.00		
1.5	2.0	<div></div>	10							66.00		
2.0	2.5	<div></div>	12							70.00		
2.5	3.0	<div></div>	13							70.00		
3.0	3.5	<div></div>	5							70.00		
3.5	4.0	<div></div>	4							70.00		
4.0	4.5	<div></div>	8							66.00		
4.5	5.0	<div></div>	15							66.00		
5.0	5.5											
5.5	6.0											
6.0	6.5											
6.5	7.0											
7.0	7.5											
7.5	8.0											
8.0	8.5											
8.5	9.0											
9.0	9.5											
9.5	10.0											
10.0	10.5											
10.5	11.0											
11.0	11.5											
11.5	12.0											
12.0	12.5											
12.5	13.0											
13.0	13.5											
13.5	14.0											
14.0	14.5											
14.5	15.0											

N= No de golpes por pie

% R= % de recuperación

N o NF= Nivel Freático

Top = Inicio de Fugas de Agua

IC = Índice de Contracción

e= razón de vacíos

SUCS= Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

NIVEL FREÁTICO PROMEDIO

3.5 m

TCI = Cesación de Fugas de Agua

MB= Muestreador estándar

CP= Cola de pescado

BQ, NQ o HQ (Tipo de broca)

BTG o BTH = Broca de Tungsteno

Cu= cohesión (Kg/cm²)

SPT= Ensayo de Penetración Estándar

COORDENADAS:

N 1096441.83

O 421746.84

%W= % de Humedad insitu

LL = Límite Líquido

LP= Límite Plástico

%S =% de Saturación

IL = Índice de Liquidez

g = Peso Unitario (Ton/m³) insitu

E = Trepano

FECHA



Diciembre, 2023



Proyecto:				Futura modernización Puerto Caldera		Localización				Esparza, Puntarenas	
Profundidad (m)	Número de Golpes (NSPT)			Tipología	Perforación: Z2-P1	LL	LP	Rec	RQD	% de Humedad	Peso Unitario (g) (Ton/m³) y Cohesión (Kg/cm²)
De:	Hasta:				CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL						
0.0	0.5			23					60.00		
0.5	1.0			17	Relleno antropogénico: arcilla limosa gris violácea con presencia de grava media				66.00		
1.0	1.5			RM					70.00		
1.5	2.0			Rot					66.00		
2.0	2.5			Rot	Relleno antropogénico: Arena mal gradada con grava y presencia de limos gris violáceos de plasticidad baja.				70.00		
2.5	3.0			Rot					70.00		
3.0	3.5			Rot					70.00		
3.5	4.0			Rot					70.00		
4.0	4.5			Rot					66.00		
4.5	5.0			Rot					66.00		
5.0	5.5										
5.5	6.0										
6.0	6.5										
6.5	7.0										
7.0	7.5										
7.5	8.0										
8.0	8.5										
8.5	9.0										
9.0	9.5										
9.5	10.0										
10.0	10.5										
10.5	11.0										
11.0	11.5										
11.5	12.0										
12.0	12.5										
12.5	13.0										
13.0	13.5										
13.5	14.0										
14.0	14.5										
14.5	15.0										

N= No de golpes por pie %R= % de recuperación N o NF= Nivel Freático Top = Inicio de Fugas de Agua IC = Índice de Contracción e= razón de vacíos SUCS= Sistema Unificado de Clasificación de Suelos	TCl = Cesación de Fugas de Agua MB= Muestreador estándar CP= Cola de pescado BQ, NQ o HQ (Tipo de broca) BTG o BTH = Broca de Tungsteno Cu= cohesión (Kg/cm²) SPT= Ensayo de Penetración Estándar	%W= % de Humedad insitu LL = Límite Líquido LP= Límite Plástico %S = % de Saturación IL = Índice de Liquidez g = Peso Unitario (Ton/m³) insitu E = Trepano
NIVEL FREÁTICO PROMEDIO 2.5 m	COORDENADAS: N 1096201.01 O 421617.36	FECHA Diciembre, 2023



Proyecto:				Futura modernización Puerto Caldera		Localización				Esparza, Puntarenas	
Profundidad (m)	Número de Golpes (NSPT)			Tipología	Perforación: ZZ-P2	LL	LP	Rec	RQD	% de Humedad	Peso Unitario (g) (Ton/m³) y Cohesión (Kg/cm²)
De: Hasta:					CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL						
0.0 0.5				23	Relleno antropogénico: arcilla limosa gris violácea con presencia de grava media			###			
0.5 1.0				17				###			
1.0 1.5				28				###			
1.5 2.0				RM	Relleno antropogénico: Arena mal gradada con grava y presencia de limos gris violáceos de plasticidad baja.			15.00			
2.0 2.5				Rot				15.00			
2.5 3.0				Rot				15.00			
3.0 3.5	(NF = 3 m)			Rot	Relleno antropogénico: Grava gruesa mal gradada (clastos métricos y decimétricos de lavas, areniscas y brechas)			15.00			
3.5 4.0				Rot				15.00			
4.0 4.5				Rot				15.00			
4.5 5.0				Rot				15.00			
5.0 5.5								15.00			
5.5 6.0											
6.0 6.5											
6.5 7.0											
7.0 7.5											
7.5 8.0											
8.0 8.5											
8.5 9.0											
9.0 9.5											
9.5 10.0											
10.0 10.5											
10.5 11.0											
11.0 11.5											
11.5 12.0											
12.0 12.5											
12.5 13.0											
13.0 13.5											
13.5 14.0											
14.0 14.5											
14.5 15.0											

N= No de golpes por pie
 %R= % de recuperación
 N o NF= Nivel Freático
 Top = Inicio de Fugas de Agua
 IC = Índice de Contracción
 e= razón de vacíos
 SUCS= Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

NIVEL FREÁTICO PROMEDIO
3 m

Tcl = Cesación de Fugas de Agua
 MB= Muestreador estándar
 CP= Cola de pescado
 BQ, NQ o HQ (Tipo de broca)
 BTG o BTH = Broca de Tungsteno
 Cu= cohesión (Kg/cm²)
 SPT= Ensayo de Penetración Estándar

COORDENADAS: N 1096087.39
O 421616.11

%W= % de Humedad insitu
 LL = Límite Líquido
 LP= Límite Plástico
 %S = % de Saturación
 IL = Índice de Liquidez
 g = Peso Unitario (Ton/m³) insitu
 E = Trepano

FECHA
Diciembre, 2023



Proyecto:				Futura modernización Puerto Caldera		Localización				Esparza, Puntarenas	
Profundidad (m)	Número de Golpes (NSPT)			Tipología	Perforación: Z2-P3	LL	LP	Rec	RQD	% de Humedad	Peso Unitario (g) (Ton/m³) y Cohesión (Kg/cm²)
De:	Hasta:				CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL						
0.0	0.5			RM	Relleno antropogénico: limo gris violáceo con presencia de grava media			15.00			
0.5	1.0			Rot				15.00			
1.0	1.5			Rot				30.00			
1.5	2.0			Rot	Relleno antropogénico: Grava gruesa mal gradada (clastos métricos y decimétricos de lavas, areniscas y brechas)			20.00			
2.0	2.5			Rot				30.00			
2.5	3.0			Rot	Relleno antropogénico: Arena limosa mal gradada con presencia de grava media			33.00			
3.0	3.5			Rot				33.00			
3.5	4.0			Rot				33.00			
4.0	4.5			Rot	Relleno antropogénico: Grava gruesa mal gradada (clastos métricos y decimétricos de lavas, areniscas y brechas)			25.00			
4.5	5.0			Rot				30.00			
5.0	5.5										
5.5	6.0										
6.0	6.5										
6.5	7.0										
7.0	7.5										
7.5	8.0										
8.0	8.5										
8.5	9.0										
9.0	9.5										
9.5	10.0										
10.0	10.5										
10.5	11.0										
11.0	11.5										
11.5	12.0										
12.0	12.5										
12.5	13.0										
13.0	13.5										
13.5	14.0										
14.0	14.5										
14.5	15.0										

N= No de golpes por pie
%R= % de recuperación
N o NF= Nivel Freático
Top = Inicio de Fugas de Agua
IC = Índice de Contracción
e= razón de vacíos
SUCS= Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

NIVEL FREÁTICO PROMEDIO
2.5 m

TVL = Cesación de Fugas de Agua
MB= Muestreador estándar
CP= Cola de pescado
BQ, NQ o HQ (Tipo de broca)
BTG o BTH = Broca de Tungsteno
Cu= cohesión (Kg/cm²)
SPT= Ensayo de Penetración Estándar

COORDENADAS: N 1096099.87
O 421388.71

%W= % de Humedad insitu
LL = Límite Líquido
LP= Límite Plástico
%S = % de Saturación
IL = Índice de Liquidez
g = Peso Unitario (Ton/m³) insitu
E = Trepano

FECHA
Diciembre, 2023



Proyecto:				Futura modernización Puerto Caldera		Localización				Esparza, Puntarenas	
Profundidad (m)	Número de Golpes (NSPT)			Tipología	Perforación: Z3-P1	LL	LP	Rec	RQD	% de Humedad	Peso Unitario (g) (Ton/m³) y Cohesión (Kg/cm²)
De:	Hasta:				CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL						
0.0	0.5			Rot	Relleno antropogénico: Grava gruesa mal gradada.				30.00		
0.5	1.0			Rot					30.00		
1.0	1.5			Rot					30.00		
1.5	2.0			Rot					20.00		
2.0	2.5			Rot					30.00		
2.5	3.0			Rot	Relleno antropogénico: Grava gruesa mal gradada (clastos métricos y decimétricos de lavas, areniscas y brechas)				25.00		
3.0	3.5			Rot					35.00		
3.5	4.0			Rot					30.00		
4.0	4.5			Rot	Relleno antropogénico: Arcilla arenosa color gris violáceo con presencia de grava.				25.00		
4.5	5.0			Rot					30.00		
5.0	5.5										
5.5	6.0										
6.0	6.5										
6.5	7.0										
7.0	7.5										
7.5	8.0										
8.0	8.5										
8.5	9.0										
9.0	9.5										
9.5	10.0										
10.0	10.5										
10.5	11.0										
11.0	11.5										
11.5	12.0										
12.0	12.5										
12.5	13.0										
13.0	13.5										
13.5	14.0										
14.0	14.5										
14.5	15.0										

N= No de golpes por pie
% R= % de recuperación
N o NF= Nivel Freático
Top = Inicio de Fugas de Agua
IC = Índice de Contracción
e= razón de vacíos
SUCS= Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

NIVEL FREÁTICO PROMEDIO
3 m

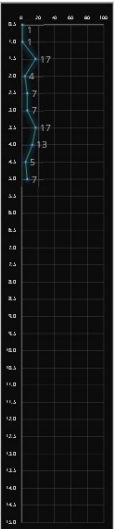

TCI = Cesación de Fugas de Agua
MB= Muestreador estándar
CP= Cola de pescado
BQ, NQ o HQ (Tipo de broca)
BTG o BTH = Broca de Tungsteno
Cu= cohesión (Kg/cm²)
SPT= Ensayo de Penetración Estándar

COORDENADAS: N 1096011.66
O 420766.11

%W= % de Humedad insitu
LL = Límite Líquido
LP= Límite Plástico
%S = % de Saturación
IL = Índice de Liquidez
g = Peso Unitario (Ton/m³) insitu
E = Trepano

FECHA
Diciembre, 2023



Proyecto:				Futura modernización Puerto Caldera		Localización				Esparza, Puntarenas	
Profundidad (m)		Número de Golpes (NSPT)		Tipología	Perforación: Z3-P2	LL	LP	Rec	RQD	% de Humedad	Peso Unitario (g) (Ton/m³) y Cohesión (Kg/cm²)
De:	Hasta:				CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL						
0.0	0.5		Rot		Relleno antropogénico: Grava gruesa mal gradada.				30.00		
0.5	1.0		Rot						30.00		
1.0	1.5		Rot						30.00		
1.5	2.0		Rot						20.00		
2.0	2.5		Rot						30.00		
2.5	3.0		Rot		Relleno antropogénico: Grava gruesa mal gradada (clastos métricos y decimétricos de lavas, areniscas y brechas) con tramos compuestos por limo arenoso de plasticidad baja color naranja.				33.00		
3.0	3.5		Rot						40.00		
3.5	4.0		Rot						35.00		
4.0	4.5		Rot						30.00		
4.5	5.0		Rot						20.00		
5.0	5.5										
5.5	6.0										
6.0	6.5										
6.5	7.0										
7.0	7.5										
7.5	8.0										
8.0	8.5										
8.5	9.0										
9.0	9.5										
9.5	10.0										
10.0	10.5										
10.5	11.0										
11.0	11.5										
11.5	12.0										
12.0	12.5										
12.5	13.0										
13.0	13.5										
13.5	14.0										
14.0	14.5										
14.5	15.0										
N= No de golpes por pie %R= % de recuperación N o NF= Nivel Freático Top = Inicio de Fugas de Agua IC = Índice de Contracción e= razón de vacíos SUCS= Sistema Unificado de Clasificación de Suelos					TCl = Cesación de Fugas de Agua MB= Muestreador estandar CP= Cola de pescado BQ, NQ o HQ (Tipo de broca) BTG o BTH = Broca de Tungsteno Cu= cohesión (Kg/cm²) SPT= Ensayo de Penetración Estándar					%W= % de Humedad insitu LL = Límite Líquido LP= Límite Plástico %S =% de Saturación IL = Índice de Liquidez g = Peso Unitario (Ton/m³) insitu E = Trepano	
NIVEL FREÁTICO PROMEDIO 3.5 m					COORDENADAS: N 1095940.98 O 421147.39					FECHA Diciembre, 2023	



Proyecto:				Futura modernización Puerto Caldera		Localización				Esparza, Puntarenas				
Profundidad (m)		Número de Golpes (NSPT)		Tipología	Perforación: Z3-P3		LL	LP	Rec	RQD	% de Humedad	Peso Unitario (g) (Ton/m³) y Cohesión (Kg/cm²)		
De:	Hasta:				CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL									
0.0	0.5		Rot		Relleno antropogénico: Losa de concreto y grava gruesa mal gradada.					30.00				
0.5	1.0		Rot							30.00				
1.0	1.5		Rot							30.00				
1.5	2.0		Rot							20.00				
2.0	2.5		Rot				Relleno antropogénico: Grava gruesa mal gradada (clastos métricos y decimétricos de lavas, areniscas y brechas) con tramos compuestos por limo arenoso de plasticidad baja color naranja.						30.00	
2.5	3.0		Rot										33.00	
3.0	3.5		NF = 3.5 m)		Rot					40.00				
3.5	4.0				Rot					35.00				
4.0	4.5				Rot					30.00				
4.5	5.0				Rot					20.00				
5.0	5.5													
5.5	6.0													
6.0	6.5													
6.5	7.0													
7.0	7.5													
7.5	8.0													
8.0	8.5													
8.5	9.0													
9.0	9.5													
9.5	10.0													
10.0	10.5													
10.5	11.0													
11.0	11.5													
11.5	12.0													
12.0	12.5													
12.5	13.0													
13.0	13.5													
13.5	14.0													
14.0	14.5													
14.5	15.0													
N= No de golpes por pie % R= % de recuperación N o NF= Nivel Freático Top = Inicio de Fugas de Agua IC = Índice de Contracción e= razón de vacíos SUCS= Sistema Unificado de Clasificación de Suelos					Tcl = Cesación de Fugas de Agua MB= Muestreador estándar CP= Cola de pescado BQ, NQ o HQ (Tipo de broca) BTG o BTH = Broca de Tungsteno Cu= cohesión (Kg/cm²) SPT= Ensayo de Penetración Estándar					%W= % de Humedad insitu LL = Límite Líquido LP= Límite Plástico %S =% de Saturación IL = Índice de Liquidez g = Peso Unitario (Ton/m³) insitu E = Trepano				
NIVEL FREÁTICO PROMEDIO 3.5 m					COORDENADAS: N 1095934.90 O 421212.39					FECHA Diciembre, 2023				



Proyecto:				Futura modernización Puerto Caldera		Localización				Esparza, Puntarenas	
Profundidad (m)	Número de Golpes (NSPT)			Tipología	Perforación: Z3-P4	LL	LP	Rec	RQD	% de Humedad	Peso Unitario (g) (Ton/m³) y Cohesión (Kg/cm²)
De:	Hasta:				CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL						
0.0	0.5			Rot	Re lleno antropogénico: Losa de concreto y grava gruesa mal gradada.				80.00		
0.5	1.0			Rot					80.00		
1.0	1.5			Rot					20.00		
1.5	2.0			Rot					20.00		
2.0	2.5			Rot					15.00		
2.5	3.0			Rot					55.00		
3.0	3.5			Rot	Re lleno antropogénico: Grava gruesa mal gradada (clastos métricos y decimétricos de lavas, areniscas y brechas) con tramos compuestos por limo arenoso de plasticidad baja color naranja.				40.00		
3.5	4.0			Rot					45.00		
4.0	4.5			Rot					33.00		
4.5	5.0			Rot					47.00		
5.0	5.5										
5.5	6.0										
6.0	6.5										
6.5	7.0										
7.0	7.5										
7.5	8.0										
8.0	8.5										
8.5	9.0										
9.0	9.5										
9.5	10.0										
10.0	10.5										
10.5	11.0										
11.0	11.5										
11.5	12.0										
12.0	12.5										
12.5	13.0										
13.0	13.5										
13.5	14.0										
14.0	14.5										
14.5	15.0										

N= No de golpes por pie
% R= % de recuperación
N o NF= Nivel Freático
Top = Inicio de Fugas de Agua
IC = Índice de Contracción
e= razón de vacíos
SUCS= Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

NIVEL FREÁTICO PROMEDIO
3.5 m

Vcl = Cesación de Fugas de Agua
MB= Muestreador estándar
CP= Cola de pescado
BQ, NQ o HQ (Tipo de broca)
BTG o BTH = Broca de Tungsteno
Cu= cohesión (Kg/cm²)
SPT= Ensayo de Penetración Estándar

COORDENADAS: N 1095962.36
O 421317.34

%W= % de Humedad insitu
LL = Limite Líquido
LP= Limite Plástico
%S =% de Saturación
IL = Índice de Liquidez
g = Peso Unitario (Ton/m³) insitu
E = Trepano

FECHA
Diciembre, 2023



Proyecto:				Futura modernización Puerto Caldera		Localización				Esparza, Puntarenas	
Profundidad (m)	Número de Golpes (NSPT)			Tipología	Perforación: Z3-P5	LL	LP	Rec	RQD	% de Humedad	Peso Unitario (g) (Ton/m³) y Cohesión (Kg/cm²)
De:	Hasta:				CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL						
0.0	0.5			Rot	Relleno antropogénico: Grava gruesa mal gradada. (clastos métricos y decimétricos de lavas, areniscas y brechas) con tramos compuestos por limo arenoso de plasticidad baja color naranja.				80.00		
0.5	1.0			Rot					15.00		
1.0	1.5			Rot					20.00		
1.5	2.0			Rot					20.00		
2.0	2.5			Rot					15.00		
2.5	3.0			Rot					33.00		
3.0	3.5			Rot					33.00		
3.5	4.0			Rot					33.00		
4.0	4.5			Rot					39.00		
4.5	5.0			Rot					40.00		
5.0	5.5										
5.5	6.0										
6.0	6.5										
6.5	7.0										
7.0	7.5										
7.5	8.0										
8.0	8.5										
8.5	9.0										
9.0	9.5										
9.5	10.0										
10.0	10.5										
10.5	11.0										
11.0	11.5										
11.5	12.0										
12.0	12.5										
12.5	13.0										
13.0	13.5										
13.5	14.0										
14.0	14.5										
14.5	15.0										

N= No de golpes por pie
%R= % de recuperación
N o NF= Nivel Freático
Top = Inicio de Fugas de Agua
IC = Índice de Contracción
e= razón de vacíos
SUCS= Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

NIVEL FREÁTICO PROMEDIO
2.5 m

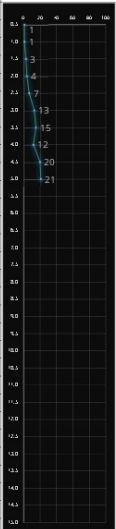

TVL = Cesación de Fugas de Agua
MB= Muestreador estándar
CP= Cola de pescado
BQ, NQ o HQ (Tipo de broca)
BTG o BTH = Broca de Tungsteno
Cu= cohesión (Kg/cm²)
SPT= Ensayo de Penetración Estándar

COORDENADAS: N 1096132.11
O 421292.23

%W= % de Humedad insitu
LL = Límite Líquido
LP= Límite Plástico
%S = % de Saturación
IL = Índice de Liquidez
g = Peso Unitario (Ton/m³) insitu
E = Trepano

FECHA
Diciembre, 2023



Proyecto:				Futura modernización Puerto Caldera		Localización				Esparza, Puntarenas	
Profundidad (m)		Número de Golpes (NSPT)		Tipología	Perforación: Z3-P6	LL	LP	Rec	RQD	% de Humedad	Peso Unitario (g) (Ton/m³) y Cohesión (Kg/cm²)
De:	Hasta:				CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL						
0.0	0.5		Rot		Relleno antropogénico: Adoquines y gruesa mal gradada.				80.00		
0.5	1.0		Rot						15.00		
1.0	1.5		Rot						20.00		
1.5	2.0		Rot						20.00		
2.0	2.5		Rot						15.00		
2.5	3.0		Rot		Relleno antropogénico: Grava gruesa mal gradada (clastos métricos y decimétricos de lavas, areniscas y brechas) con tramos compuestos por limo arenoso de plasticidad baja color naranja.				55.00		
3.0	3.5		Rot						40.00		
3.5	4.0		Rot						45.00		
4.0	4.5		Rot						33.00		
4.5	5.0		Rot						47.00		
5.0	5.5										
5.5	6.0										
6.0	6.5										
6.5	7.0										
7.0	7.5										
7.5	8.0										
8.0	8.5										
8.5	9.0										
9.0	9.5										
9.5	10.0										
10.0	10.5										
10.5	11.0										
11.0	11.5										
11.5	12.0										
12.0	12.5										
12.5	13.0										
13.0	13.5										
13.5	14.0										
14.0	14.5										
14.5	15.0										

N= No de golpes por pie
% R= % de recuperación
N o NF= Nivel Freático
Top = Inicio de Fugas de Agua
IC = Índice de Contracción
e= razón de vacíos
SUCS= Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

Tcl = Cesación de Fugas de Agua
MB= Muestreador estándar
CP= Cola de pescado
BQ, NQ o HQ (Tipo de broca)
BTG o BTH = Broca de Tungsteno
Cu= cohesión (Kg/cm²)
SPT= Ensayo de Penetración Estándar

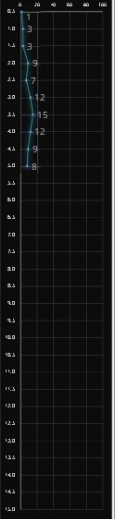

%W= % de Humedad insitu
LL = Límite Líquido
LP= Límite Plástico
%S =% de Saturación
IL = Índice de Liquidez
g = Peso Unitario (Ton/m³) insitu
E = Trepano

NIVEL FREÁTICO PROMEDIO
3 m

COORDENADAS:
N 1096018.05
O 420988.69

FECHA
Diciembre, 2023



Proyecto:				Futura modernización Puerto Caldera		Localización				Esparza, Puntarenas	
Profundidad (m)	Número de Golpes (NSPT)			Tipología	Perforación: Z3-P7	LL	LP	Rec	RQD	% de Humedad	Peso Unitario (g) (Ton/m³) y Cohesión (Kg/cm²)
De: Hasta:					CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL						
0.0 0.5				Rot	Refracto antropogénico: Limo arcilloso-arenoso de plasticidad baja color morado con presencia de tramos gravosos.				45.00		
0.5 1.0				Rot					33.00		
1.0 1.5				Rot					55.00		
1.5 2.0				Rot					45.00		
2.0 2.5				Rot					60.00		
2.5 3.0				Rot					60.00		
3.0 3.5	(NF = 3 m)			Rot					60.00		
3.5 4.0				Rot					45.00		
4.0 4.5				Rot					20.00		
4.5 5.0				Rot					33.00		
5.0 5.5											
5.5 6.0											
6.0 6.5											
6.5 7.0											
7.0 7.5											
7.5 8.0											
8.0 8.5											
8.5 9.0											
9.0 9.5											
9.5 10.0											
10.0 10.5											
10.5 11.0											
11.0 11.5											
11.5 12.0											
12.0 12.5											
12.5 13.0											
13.0 13.5											
13.5 14.0											
14.0 14.5											
14.5 15.0											

N= No de golpes por pie
%R= % de recuperación
N o NF= Nivel Freático
Top = Inicio de Fugas de Agua
IC = Índice de Contracción
e= razón de vacíos
SUCS= Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

NIVEL FREÁTICO PROMEDIO
3 m

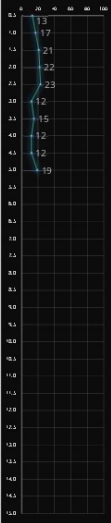

Vcl = Cesación de Fugas de Agua
MB= Muestreador estándar
CP= Cola de pescado
BQ, NQ o HQ (Tipo de broca)
BTG o BTH = Broca de Tungsteno
Cu= cohesión (Kg/cm²)
SPT= Ensayo de Penetración Estándar

COORDENADAS: N 1095728.38
O 420849.87

%W= % de Humedad insitu
LL = Límite Líquido
LP= Límite Plástico
%S = % de Saturación
IL = Índice de Liquidez
g = Peso Unitario (Ton/m³) insitu
E = Trepano

FECHA
Diciembre, 2023



Proyecto:				Futura modernización Puerto Caldera		Localización				Esparza, Puntarenas	
Profundidad (m)		Número de Golpes (NSPT)	Tipología	Perforación: Z3-P8		LL	LP	Rec	RQD	% de Humedad	Peso Unitario (g) (Ton/m³) y Cohesión (Kg/cm²)
De:	Hasta:			CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL							
0.0	0.5	4	Relleno antropogénico: Limo arcilloso de plasticidad media color morado.					60.00			
0.5	1.0	6						55.00			
1.0	1.5	8						55.00			
1.5	2.0	10						45.00			
2.0	2.5	12						60.00			
2.5	3.0	7						60.00			
3.0	3.5	6						60.00			
3.5	4.0	8						45.00			
4.0	4.5	5						20.00			
4.5	5.0	7						33.00			
5.0	5.5										
5.5	6.0										
6.0	6.5										
6.5	7.0										
7.0	7.5										
7.5	8.0										
8.0	8.5										
8.5	9.0										
9.0	9.5										
9.5	10.0										
10.0	10.5										
10.5	11.0										
11.0	11.5										
11.5	12.0										
12.0	12.5										
12.5	13.0										
13.0	13.5										
13.5	14.0										
14.0	14.5										
14.5	15.0										

N= No de golpes por pie

% R= % de recuperación

N o NF= Nivel Freático

Top = Inicio de Fugas de Agua

IC = Índice de Contracción

e= razón de vacíos

SUCS= Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

Tcl = Cesación de Fugas de Agua

MB= Muestreador estandar

CP= Cola de pescado

BQ, NQ o HQ (Tipo de broca)

BTG o BTH = Broca de Tungsteno

Cu= cohesión (Kg/cm²)

SPT= Ensayo de Penetración Estándar

%W= % de Humedad insitu

LL = Límite Líquido

LP= Límite Plástico

%S =% de Saturación

IL = Índice de Liquidez

g = Peso Unitario (Ton/m³) insitu

E = Trepano

NIVEL FREÁTICO PROMEDIO

2 m

COORDENADAS:

N 1095836.99

O 421478.17

FECHA

Diciembre, 2023



ANEXO D: HOJA DE CUSTODIA DE MUESTRAS



PROYECTO: 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”

HOJA DE CUSTODIA

UBICACIÓN: San Juan Grande, Esparza, Puntarenas, Costa Rica.

MUESTREO POR:

PUNTO DE MUESTREO	CODIGO DE MUESTRA	PROFUNDIDAD DE MUESTRA	COORDENADAS (CRTM05)		FECHA DE MUESTREO	TIPO DE MUESTREO	TIPO DE ANÁLISIS	LABORATORIO	COMENTARIOS
			Coordenada X	Coordenada Y					
Z1-P1	Z1-P1	Mezcla compuesta	421891.60	1096638.58	22/11/2023	Perforación SPT + Rotación	Suelo	AGQ	No se detectan hidrocarburos.
Z1-P2	Z1-P2	Mezcla compuesta	421846.91	1096471.80	22/11/2023	Perforación SPT + Rotación	Suelo	AGQ	No se detectan hidrocarburos.
Z1-P3	Z1-P3	Mezcla compuesta	421746.84	1096441.83	23/11/2023	Perforación SPT + Rotación	Suelo	AGQ	No se detectan hidrocarburos.
Z2-P1	Z2-P1	Mezcla compuesta	421617.36	1096201.01	24/11/2023	Perforación SPT + Rotación	Suelo	AGQ	No se detectan hidrocarburos.
Z2-P2	Z2-P2	Mezcla compuesta	421616.11	1096087.39	24/11/2023	Perforación SPT + Rotación	Suelo	AGQ	No se detectan hidrocarburos.
Z2-P3	Z2-P3	Mezcla compuesta	421388.71	1096099.87	25/11/2023	Perforación SPT + Rotación	Suelo	AGQ	No se detectan hidrocarburos.
Z2-C1	Z2-C1	Mezcla compuesta	421836.2	1096547	24/11/2023	Calicata	Suelo	AGQ	No se detectan hidrocarburos.
Z3-P1	Z3-P1	Mezcla compuesta	420766.11	1096011.66	27/11/2023	Perforación SPT + Rotación	Suelo	AGQ	No se detectan hidrocarburos.
Z3-P2	Z3-P2	Mezcla compuesta	421147.39	1095940.98	26/11/2023	Perforación SPT + Rotación	Suelo	AGQ	No se detectan hidrocarburos.
Z3-P3	Z3-P3	Mezcla compuesta	421212.39	1095934.90	26/11/2023	Perforación SPT + Rotación	Suelo	AGQ	No se detectan hidrocarburos.
Z3-P4	Z3-P4	Mezcla compuesta	421317.34	1095962.36	27/11/2023	Perforación SPT + Rotación	Suelo	AGQ	No se detectan hidrocarburos.
Z3-P5	Z3-P5	Mezcla compuesta	421292.23	1096132.11	28/11/2023	Perforación SPT + Rotación	Suelo	AGQ	No se detectan hidrocarburos.
Z3-P7	Z3-P7	Mezcla compuesta	420849.9	1095728	29/11/2023	Perforación SPT + Rotación	Suelo	AGQ	No se detectan hidrocarburos.
Z3-P8	Z3-P8	Mezcla compuesta	421487.2	1095827	28/11/2023	Perforación SPT + Rotación	Suelo	AGQ	No se detectan hidrocarburos.
Z1-P1	Z1-P1	Mezcla compuesta	421891.60	1096638.58	28/11/2023	Piezómetro	Agua	AGQ	Agua clara. Sin olor.
Z1-P2	Z1-P2	Mezcla compuesta	421846.91	1096471.80	28/11/2023	Piezómetro	Agua	AGQ	Agua clara. Sin olor.
Z1-P3	Z1-P3	Mezcla compuesta	421746.84	1096441.83	28/11/2023	Piezómetro	Agua	AGQ	Agua turbia. Con olor.
Z2-P1	Z2-P1	Mezcla compuesta	421617.36	1096201.01	28/11/2023	Piezómetro	Agua	AGQ	Agua clara. Sin olor.
Z2-P2	Z2-P2	Mezcla compuesta	421616.11	1096087.39	28/11/2023	Piezómetro	Agua	AGQ	Agua clara. Sin olor.
Z2-P3	Z2-P3	Mezcla compuesta	421388.71	1096099.87	28/11/2023	Piezómetro	Agua	AGQ	Agua turbia. Sin olor.
Z3-P2	Z3-P2	Mezcla compuesta	421147.39	1095940.98	28/11/2023	Piezómetro	Agua	AGQ	Agua clara. Sin olor.
Z3-P3	Z3-P3	Mezcla compuesta	421212.39	1095934.90	28/11/2023	Piezómetro	Agua	AGQ	Agua clara. Sin olor.
Z3-P4	Z3-P4	Mezcla compuesta	421317.34	1095962.36	28/11/2023	Piezómetro	Agua	AGQ	Agua clara. Sin olor.
Z3-P5	Z3-P5	Mezcla compuesta	421292.23	1096132.11	29/11/2023	Piezómetro	Agua	AGQ	Agua clara. Sin olor.

