



COSTA RICA  
GOBIERNO DEL BICENTENARIO  
2018 - 2022



## Documento de evaluación ambiental D1 Secretaría Técnica Nacional (SETENA), Costa Rica.

<b>Número de expediente</b>	D1-0408-2020
<b>Tipo de trámite</b>	D1
<b>Nombre Proyecto</b>	Módulo de alojamiento en el CAI Liberia
<b>Fecha de recepción</b>	21-07-2020 15:46:30
<b>Documento identidad del desarrollador</b>	2-100-042006
<b>Nombre del desarrollador</b>	ESTADO-MINISTERIO DE JUSTICIA Y PAZ
<b>Instrumento utilizado</b>	Declaración Jurada de Compromisos Ambientales
<b>Código y actividad desarrollada</b>	4520 - Construcción y operación de edificaciones. Zona Urbana. Excepto las viviendas uni-Familiares y edificaciones de 500 metros cuadrados de construcción en dos pisos o menos. (* )



**Ministerio de Ambiente y Energía • Secretaría Técnica Nacional Ambiental**

Av. 21, C. 9 y 11, San Francisco de Goicoechea, 100 m. Norte y 100 m. Oeste de la Iglesia de ladrillo  
Tel. (506) 2234-3420. Fax (506)-2234-3440. Apartado Postal 5298-1000, San José, Costa Rica. [www.setena.go.cr](http://www.setena.go.cr)



ESTADO-MINISTERIO DE  
AMBIENTE ENERGIA Y  
TELECOMUNICACIONES

Cédula Jurídica: 2100042014  
Sucursal: 003-SETENA  
Terminal: 00001  
Dirección: Barrio Gonzalez Lhaman, Aranjuez,  
Carmen, San José, San José  
Teléfono: 22343420  
Email: facturaelectronica@setena.go.cr  
Sitio Web: www.imn.ac.cr

Comprobante Electrónico V. 4.3

**Factura Electrónica:**  
**00300001010000000765**

Fecha y hora de emisión: 16-06-2020 10:26:47 am  
Fecha de vencimiento: 16-06-2020  
Actividad económica: 751102  
Clave:  
50616062000210004201400300001010000000765167092283

**Cliente: PABLO MORALES JIMENEZ**

Número de identificación: 110310460  
Dirección: Sabana oeste, Mata Redonda, San  
José, San José  
Teléfono: 88150356  
E-mail: pmoralesj12@gmail.com

**Contacto: PABLO MORALES  
JIMENEZ**

Teléfono: 88150356  
E-mail: pmoralesj12@gmail.com

**Información financiera**

Condición de Venta: Contado  
Código de Moneda: CRC  
Tipo de Cambio: CRC 1.00  
Medio de pago: Efectivo

No	COD	PRODUCTO	CANT	UNI	PRECIO	DESCUENTO	IMPUESTO	TOTAL DE LÍNEA
1	SET-02	D1+DJCA (DECLARACIÓN JURADA DE COMPROMISOS AMBIENTALES)	1.00	Os	CRC 115,576.00	CRC 0.00	IVA 13.00% CRC 15,024.88	CRC 130,600.88
		TRAMITE DE VIABILIDAD CON DJCA EN SETENA						
2	SET-08	GUÍA DE BUENAS PRACTICAS AMBIENTALES	1.00	Os	CRC 28,894.00	CRC 0.00	IVA 13.00% CRC 3,756.22	CRC 32,650.22
		GUÍA DE BUENAS PRACTICAS AMBIENTALES CON CRITERIO DE PONDERACIÓN APLICADAS EN LA SETENA						

Comentario:

COMPROBANTE NÚMERO 18539361

Servicios gravados:	CRC 144,470.00
Monto Total:	CRC 144,470.00
Descuento:	- CRC 0.00
Subtotal:	CRC 144,470.00
Total IVA:	+ CRC 18,781.10
Otros Impuestos:	+ CRC 0.00
<b>Total:</b>	<b>CRC 163,251.10</b>

El monto total es equivalente a USD 282.50 con un tipo de cambio de CRC 577.88



LA UNIDAD DE GESTIÓN JURÍDICO CONTRACTUAL  
ASESORÍA JURÍDICA  
MINISTERIO DE JUSTICIA Y PAZ  
CERTIFICA

Que de conformidad con el Acuerdo Ejecutivo número 473-P del catorce de febrero del dos mil veinte, la señora Fiorella María Salazar Rojas, mayor, soltera, economista, portadora de la cédula de identidad número uno-novecientos treinta y ocho-seiscientos cuarenta y seis, vecina de San Rafael de Escazú, es la Ministra de Justicia y Paz, órgano jerárquico superior del Ministerio de Justicia y Paz<sup>1</sup>, cédula de persona jurídica número dos-cien-cero cuarenta y dos mil seis, a partir del catorce de febrero del dos mil veinte, a quien corresponde ejecutar las funciones descritas en el artículo veintiocho de la Ley General de la Administración Pública y ejercer la representación extrajudicial de la Institución de acuerdo al numeral ciento tres de la Ley supra citada.

Que la representación legal del Estado corresponde a la Procuraduría General de la República, según lo establecen los artículos uno y tres de la Ley número seis mil ochocientos quince de fecha veintisiete de setiembre de mil novecientos ochenta y dos (Ley Orgánica de la Procuraduría General de la República).\*\*\*\*\*

Es todo. Se extiende la presente a las nueve horas con cuatro minutos del tres de julio del dos mil veinte, a solicitud del señor Arnoldo Mora Sequeira, director ejecutivo del Patronato de Construcciones, Instalaciones y Adquisición de Bienes, para realizar el proceso de cierre del proyecto denominado "*Construcción de Taller de Formación en CAI Vilma Curling*" expediente D1-20512-2017-SETENA ante la Secretaría Técnica Nacional.

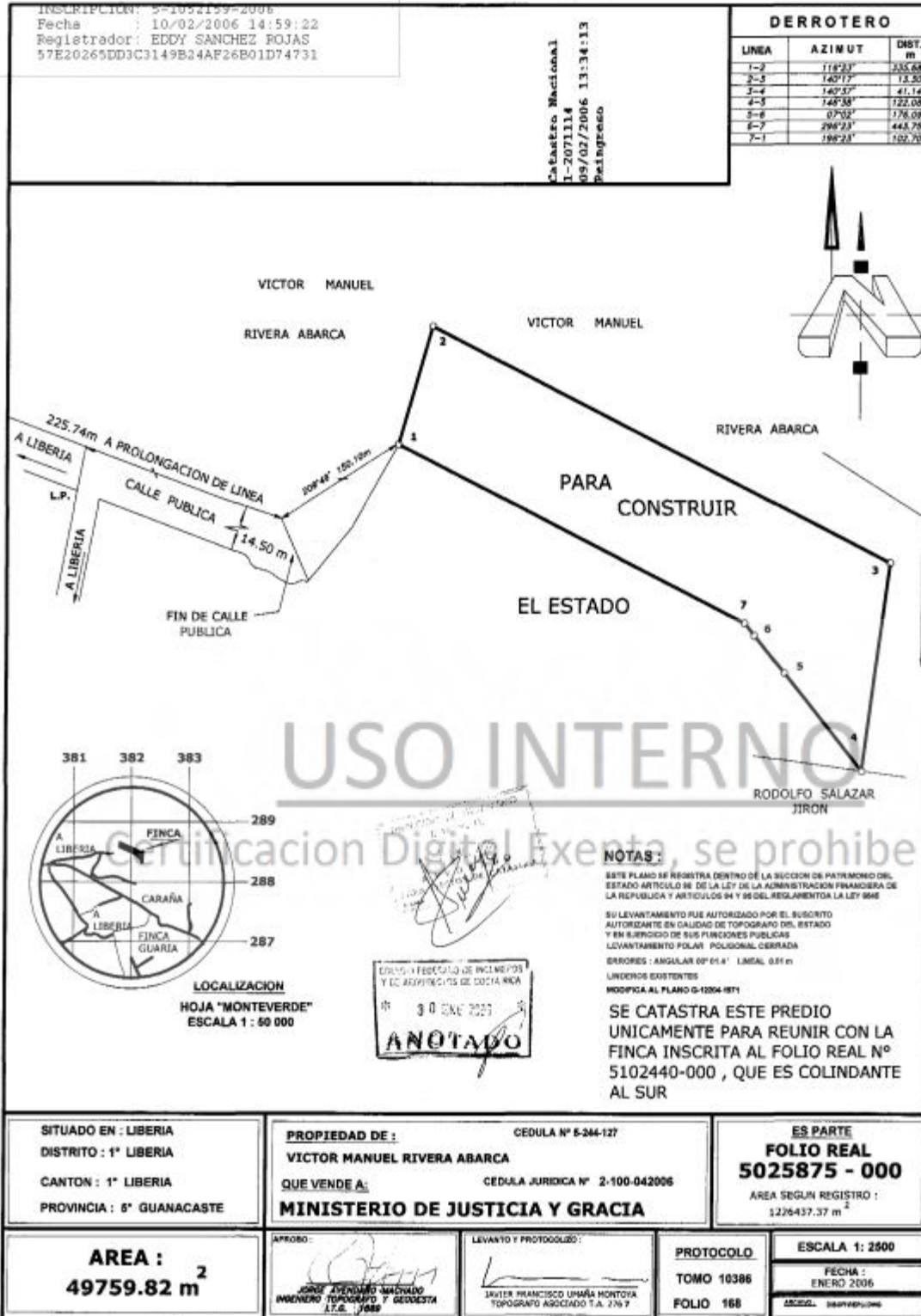
---

<sup>1</sup> Mediante la ley número 8771, del catorce de septiembre de dos mil nueve, se modificó la denominación "Ministerio de Justicia" o "Justicia y Gracia" por Ministerio de Justicia y Paz, mediante una serie de reformas a la ley Nº 6739, de 28 de abril de 1982, Ley Orgánica del Ministerio de Justicia, por lo que el cambio de denominación no afecta el número de cédula de persona jurídica de este Ministerio (2-100-042006).

**REPUBLICA DE COSTA RICA**  
**REGISTRO NACIONAL**  
**NUMERO DE CERTIFICACION: RNPDIGITAL-1028358-2020**

Plano(s) Catastrado(s)

PLANO: 5-1052159-2006



INSCRIPCIÓN: 5-1052159-2006  
Fecha : 10/02/2006 14:59:22  
Registrador: EDDY SANCHEZ ROJAS  
57E20265DD3C3149B34AF26B01D74731

Catastro Nacional  
1-2071114  
09/02/2006 13:34:13  
Reingreso

# USO INTERNO

Certificación Digital Exenta, se prohíbe su venta

**Anotaciones: Inexistente(s) No tiene movimientos en Bienes Inmuebles**

El Registro Nacional advierte que las anotaciones registrales antes del 25 de mayo del 2011 no están disponibles para ser consultadas por este medio.

En caso existir anotaciones anteriores al 30 de Junio del 2003 se encuentran en la imagen del plano.

De acuerdo al artículo 71 del reglamento a la Ley del Catastro Nacional, esta certificación no indica si el plano está caduco.

ESTA CERTIFICACION, CUYOS DERECHOS ARANCELARIOS FUERON DEBIDAMENTE CANCELADOS, CONSTITUYE DOCUMENTO PUBLICO CONFORME LO ESTABLECEN LOS ARTICULOS 45.2 DEL CODIGO PROCESAL CIVIL, 5 INCISO D) DE LA LEY DE

CERTIFICADOS, FIRMAS DIGITALES Y DOCUMENTOS ELECTRONICOS N.8454, Y EL DECRETO EJECUTIVO N. 35488-J, PUBLICADO EN LA GACETA N. 196, DEL 8 DE OCTUBRE DE 2009. EN DICHO MARCO LEGAL SE ESTABLECE LA OBLIGATORIEDAD DE RECIBIR ESTE DOCUMENTO POR PARTE DE LOS ENTES PUBLICOS Y PRIVADOS, ASI COMO PARA LOS PARTICULARES, EN CASO DE QUE SE LE PRESENTEN PROBLEMAS PARA LA RECEPCION DE ESTE DOCUMENTO Y APLICACION DE SUS EFECTOS LEGALES, SIRVASE COMUNICARLO AL CENTRO DE ASISTENCIA AL USUARIO, TELEFONO. 2202-0888.

ESTIMADO USUARIO, EL REGISTRO NACIONAL LE INDICA QUE EL VALOR DE LA PRESENTE CERTIFICACION FUE ESTABLECIDO POR LA JUNTA ADMINISTRATIVA EN LA SUMA DE DOS MIL CUATROCIENTOS OCHENTA Y DOS COLONES CON CINCUENTA CENTIMOS MAS LOS TIMBRES RESPECTIVOS; NINGUNA PERSONA FISICA O JURIDICA PUEDE VARIAR ESE VALOR.

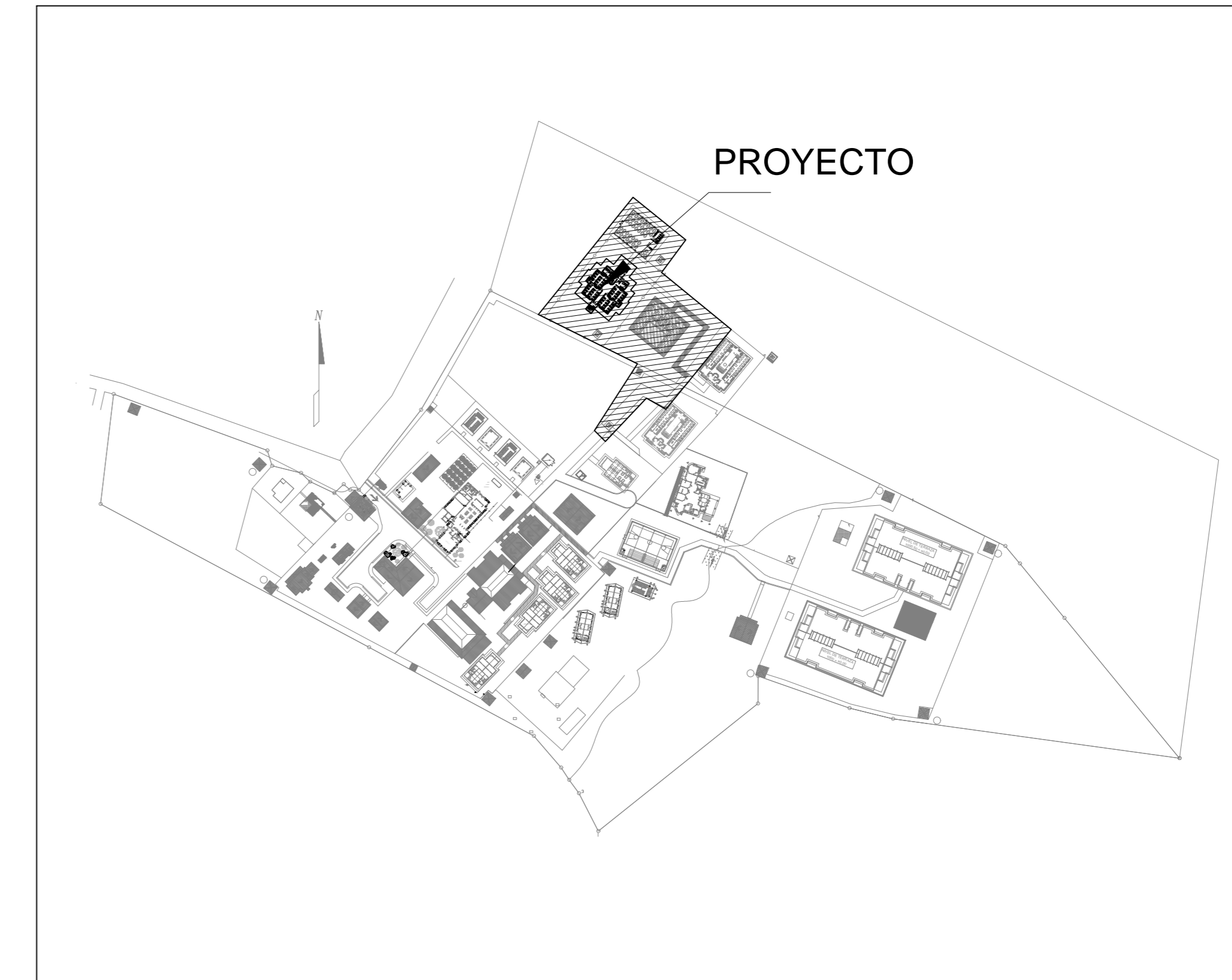
EMITIDA A TRAVES DEL PORTAL DE SERVICIOS DIGITALES Y CON DATOS CONSULTADOS A UNA REPLICA OFICIAL DE LA BASE DE DATOS DEL REGISTRO NACIONAL, A LAS 09 HORAS 10 MINUTOS Y 52 SEGUNDOS, DEL 08 DE JUNIO DE 2020. PODRA SER VERIFICADA EN EL SITIO [www.rnpdigital.com](http://www.rnpdigital.com) DENTRO DE LOS SIGUIENTES 15 DIAS NATURALES. SI LA CERTIFICACION CONTIENE ALGUNA INCONSISTENCIA EN LA INFORMACION, FAVOR DE CONTACTAR A [rnpdigital@rnp.go.cr](mailto:rnpdigital@rnp.go.cr), PARA DETERMINAR EL ORIGEN DE LA INCONSISTENCIA Y COMPETENCIA DE LA RESOLUCION.

# USO INTERNO

Certificacion Digital Exenta, se prohíbe su venta



**CONJUNTO ARQUITECTONICO**  
ESCALA 1:300



**UBICACION GEOGRAFICA**  
SIN ESCALA

NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
①	FORTÍN A CONSTRUIR
②	MALLA A CONSTRUIR
③	FORTÍN A CONSTRUIR POR ARQUITECTURA
④	PASO TECHADO A CONSTRUIR
⑤	AMPLIACIÓN DE CALLE



INFORMACION REGISTRO PUBLICO  
PROPIETARIO MINISTERIO DE JUSTICIA Y PAZ  
N° CATASTRO A-151437-93  
FINCA 7207 FOLIO REAL 46-48-50-52



CONTENIDO  
**CONJUNTO CAI LIBERIA**



ESCALA	FECHA	LAMINA
INDICADA	C	0

**PROTOCOLO PARA ESTUDIO GEOLÓGICO DEL TERRENO  
(INTEGRADO)**

**PROYECTO:** Módulo de alojamiento en el CAI Calle Real Liberia  
**LOCALIZACIÓN:** Provincia: Guanacaste Cantón: Liberia Distrito: Liberia  
**PROFESIONAL QUE ELABORA EL ESTUDIO: Profesional Geología**  
**Nombre del profesional:** Ana Elena Vega Arce  
**Número de cédula:** 1-1106-0648 **Número de colegiado:** CGCR-362  
**Registro SETENA:** CI-0291-2012 Vigencia: 2020

**DOCUMENTO DE RESPONSABILIDAD PROFESIONAL**

El / La suscrito (a) **ANA ELENA VEGA ARCE**, portador(a) de la cédula de identidad número **1-1106-0648**, profesional en **GEOLOGÍA**, manifiesto ser responsable directo de la información técnica científica que se aporta en el presente documento, la cual se elaboró para el proyecto denominado: Proyecto Módulo de alojamiento en el CAI Calle Real Liberia, Plano catastrado 5-1052159-2006.

En virtud de ello, someto el presente Estudio de Geología Básica del Terreno al conocimiento de la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA), como autoridad en materia de Evaluación de Impacto Ambiental del Estado costarricense, con el objetivo que sea analizado y se constate que el mismo ha cumplido con los lineamientos técnicos y normativos establecidos. Tengo presente que en apego al artículo 5 del Decreto Ejecutivo 32712-MINAE, la información contenida en este estudio se presenta bajo el concepto de Declaración Jurada, a conocimiento y conciencia de que dicha información es actual y verdadera y que, en caso contrario, pueden derivarse consecuencias penales del hecho. Por lo cual, manifiesto que, de encontrarse alguna irregularidad en la información, seré responsable no sólo por esta falta, sino también por las consecuencias de decisión que a partir de la información suministrada pudiera incurrir la SETENA y el desarrollador.

**Atentamente.**

**Geól. Ana Elena Vega Arce**  
**CRCG-362**  
**CI-291-2012**

Fecha de emisión: Junio 2020



## 1. TABLA DE CONTENIDO

1. Tabla de contenido.....	2
1. Introducción .....	3
2. Unidades geológicas superficiales y del subsuelo superior, descripción básica de las unidades y sus atributos litopetroficios fundamentales .....	6
2.1 Descripción espacial de las unidades geológicas locales y descripción de parámetros físicos fundamentales, para lo cual debe contener los siguientes elementos de análisis:.....	6
2.2 GEOLOGÍA LOCAL .....	8
2.3 Integración con los datos del estudio geotécnico.....	8
2.4 Datos geomorfológicos relevantes procesos de erosión – sedimentación, datos de geodinámica externa relevantes.....	8
2.5 Procesos geológicos geodinámica externa.....	9
2.6 Síntesis de resultados y conclusiones geológicas.....	9
2.7 Discusión sobre las limitantes de incertidumbre y alcance del estudio .....	10
3.1. Datos hidrogeológicos del entorno inmediato.....	13
3.2. Condiciones hidrogeológicas locales y caracterización básica del acuífero subyacente, así como propiedades básicas del acuífero subyacente.....	15
3.3. Síntesis de resultados y conclusiones hidrogeológicas, análisis de vulnerabilidad a la contaminación basado en el modelo hidrogeológico local.....	15
3.4. Identificación de fuentes potenciales de contaminación del agua subterránea .....	16
3.5. Discusión sobre las limitantes de incertidumbre y alcance del estudio .....	16
Evaluación de la amenaza / riesgo por fallamiento geológico, sismicidad y potencial de licuefacción. .....	19

## 1. INTRODUCCIÓN

El Área del Proyecto (AP) para la construcción del PROYECTO, se ubica en el cantón Liberia, en el distrito Liberia de la provincia de Guanacaste. Geográficamente el AP se localiza entre las coordenadas CRTM-05, 345539 N y 1174084 W, escala 1:50.000, (Figura 1, Mapa de Ubicación).

Las condiciones del sitio del proyecto se observan en la fotografía 1, se presenta las condiciones actuales del AP.



Fotografía 1- las condiciones topográficas del AP.

### **Objetivos**

El siguiente estudio contempla los protocolos de geología básica, hidrogeología ambiental y condición de amenazas y riesgos naturales, el objetivo en cada caso es el siguiente:

#### **Estudio técnico de geología básica**

Caracterizar de manera rápida y directa la conformación geológica estructural del AP y su entorno inmediato. De acuerdo con la sección I del Manual de Evaluación de Impacto Ambiental es importante determinar a geopotencial de AP, que se define como las limitantes técnicas o atributos técnicos positivos respecto del desarrollo de la actividad, obra o proyecto.

### **Estudio técnico de hidrogeología ambiental**

Evaluar las condiciones de geopotencial del terreno tomando en cuenta aspectos de hidrogeología ambiental, determinando su vulnerabilidad intrínseca a la contaminación de las aguas subterráneas.

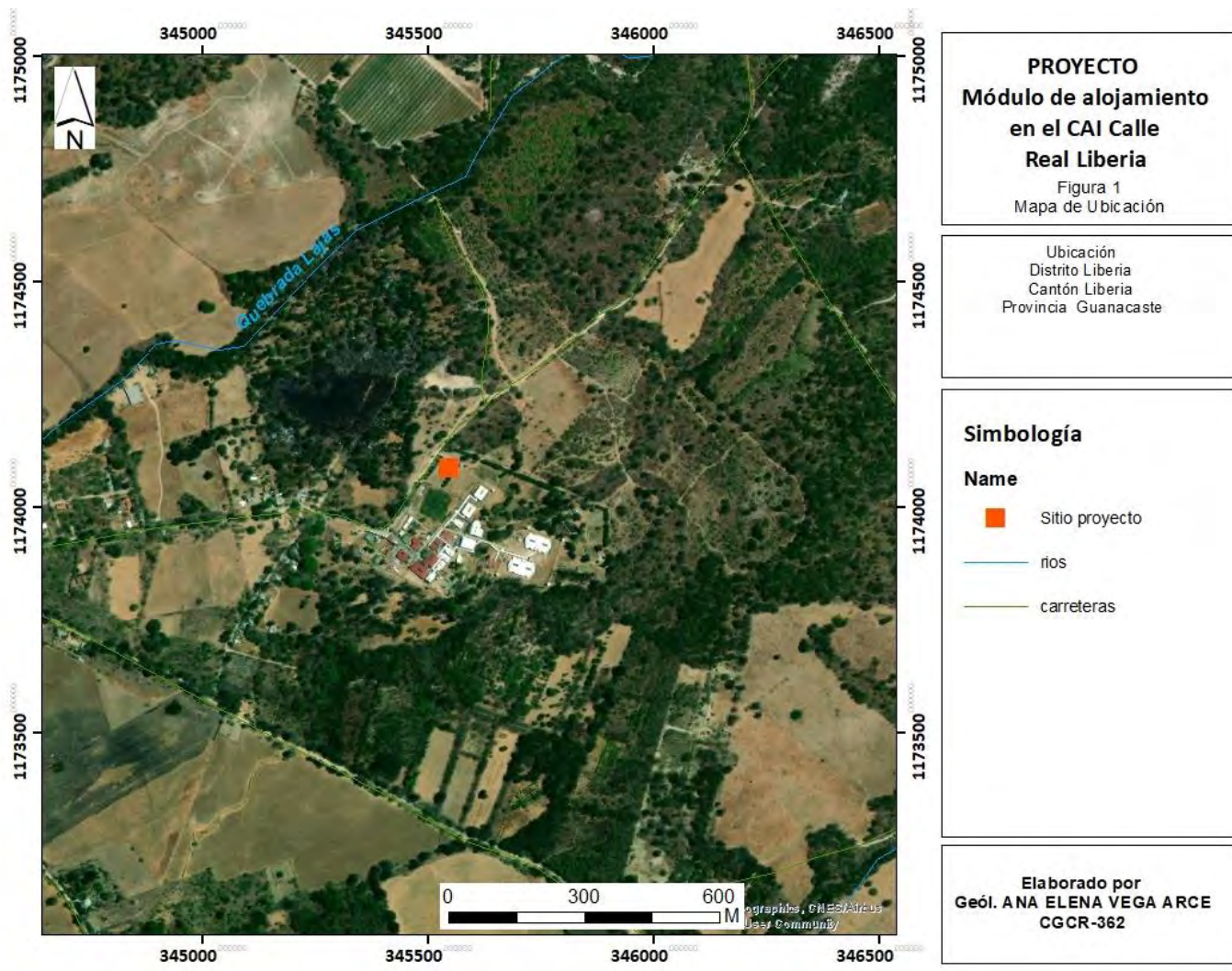
### **Estudio estructural y amenazas / riesgos naturales**

Establecer si el proyecto, actividad u obra a desarrollar, puede ser realizable bajo las condiciones estructurales, geomecánicas y geotécnicas y establecer las medidas necesarias para disminuir la eventual condición de vulnerabilidad que puede presentar el mismo, analizando además el entorno geotectónico en que se ubica.

### **Metodología aplicada para llevarlo a cabo**

El procedimiento de trabajo geológico fue el siguiente:

- Se realizó una visita al sitio para realizar observaciones de campo, hacer un análisis de las condiciones geológicas de las unidades aflorantes de roca, de la topografía, tanto en el AP como en el AID.
- Se recopiló la información obtenida del estudio de suelos con respecto a las características geotécnicas del AP.
- Se realizó un análisis de las amenazas y riesgos naturales geológicos que presentan la zona del proyecto, tomando en cuenta estudios, mapas y literatura de sismicidad y neotectónica que se hayan realizado en la región.
- Se recopiló la información bibliográfica necesaria y se elaboró el presente informe como una parte de la evaluación ambiental D1.



## DATOS DE LA GEOLOGÍA BÁSICA DE LA FINCA

### 2. UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES Y DEL SUBSUELO SUPERIOR, DESCRIPCIÓN BÁSICA DE LAS UNIDADES Y SUS ATRIBUTOS LITOPETROFICIOS FUNDAMENTALES

#### 2.1 Descripción espacial de las unidades geológicas locales y descripción de parámetros físicos fundamentales, para lo cual debe contener los siguientes elementos de análisis:

La zona de estudio se ubica dentro de la cuenta intraarco entre el antearco de Santa Elena-Nicoya que se extiende por la península de Nicoya en dirección noroeste – sureste y el arco interno o Cordillera Volcánica de Guanacaste al noreste. Esta península se compone en su mayoría por rocas volcánicas de fondo oceánico del Complejo Ofiolítico de Nicoya y otras rocas sedimentarias del Cretácico y Terciario Inferior, que han ascendido por procesos tectónicos a lo largo del tiempo geológico. La geología presente en el AP y el AID corresponde principalmente con depósitos volcánicos de caída y de flujo asociados con el vulcanismo de la región norte del país durante el Plio-Pleistoceno, vulcanismo asociado con los volcanes Tenorio, Miravalles y Rincón de la Vieja.

La geología de la hoja Monteverde escala 1:50 000 ha sido poco estudiada y no se cuenta con mapas a detalle de la zona, por lo que se trabaja con los mapas elaborados por Denyer & Alvarado (2007), Arias & Denyer (1992), Civelli et al., 2005 e Instituto Geográfico Nacional (1980). La figura 2 (Mapa Geológico) muestra las áreas del análisis de este estudio, se puede observar en dicho mapa que en la zona de Liberia aflora las unidades de ignimbritas asociadas a la Formación Bagaces y Liberia.

#### Formación Bagaces

Esta formación fue denominada por Dóndoli (1950) como: “Toba Gris”. Posteriormente Dengo (1962a) la definió con el nombre de Formación Bagaces. A la misma se le asigna edad Pleistoceno Temprano (Proyecto Acuasub, 1975). De acuerdo con Gillot et al (1994) esta posee un rango temporal de 8 m.a hasta 1.6 m.a por medio de dataciones K-Ar.

Su definición más básica la describe como tobas de composición dacítica, principalmente del tipo ignimbríta y por sedimentos lacustres asociados. Además para Gillot et al (1994) esta formación corresponde con un 100+/-40 km<sup>3</sup> DRE de magma dacítico. Donde se puede estimar una potencia total del rango entre 300 a 400 m (Proyecto Acuasub, 1975). Esta formación de acuerdo con Bohnenberger (1968) cubre una superficie de 250 km<sup>2</sup>, que forma cerros relictos bajos, constituidos por una capa

subhorizontal de materiales piroclásticos. De forma breve se puede subdividir en 3 miembros: Inferior, Intermedio y Superior.

El Miembro Inferior se describe como productos de procesos lacustres y fluviolacustres. En la escarpada del Río Tempisque y hacia el norte y noreste este miembro se compone de arenas y arcillas cenicientas, las cuales alternan con lapilli, y presentan algunos horizontes de grava y algunos fósiles litorales. Estos sedimentos, en general, contienen mucha ceniza y algo de arcilla, y aunque se encuentran bien compactados, no son duros y el espesor se estima de 100 a 160 m (Proyecto Acuasub, 1975).

El Miembro Intermedio está constituido por ignimbritas, lavas y tobas aglutinadas. Existen tobas columnares, bien expuestas, que afloran al suroeste de la Hacienda El Real Cerca de las Haciendas Palenque y Pelón de la Bajura, aflora una ignimbrita densa y fracturada, que conforma la base de este miembro. Sobre la ignimbrita hay algunas tobas arenosas, y un manto de lava que se interpreta como un manto continuo en una extensa área por el análisis de perforaciones y afloramientos. La lava es un basalto olivínico porfirítico y frecuentemente vesicular. Se presenta desde fracturada y con grietas, hasta laminadas. Cuenta con un espesor total de 40 a 50 m (Proyecto Acuasub, 1975).

Por último, el Miembro Superior está constituido por toba aglomerada, toba soldada y material heterogéneo compuesto por tobas de distinta textura, que se encuentran entre suelos fosicementados por cenizas, a veces simplemente compactadas, y otras conglomeradas. Las grietas son frecuentes, y están rellenas por material residual. Estas tobas están formadas fundamentalmente, por material heterogéneo, detrítico, con fragmentos líticos, escorias residuales, cuarzo y vidrio volcánico, este Miembro Superior tiene un espesor de 25 a 35 m (Proyecto Acuasub, 1975).

F

Formación Río Liberia

Originalmente llamada "toba blanca" por Dóndoli (1950), Formación Liberia por Dengo (1962b) y Río Liberia por Chiesa (1991). Chiesa et al. (1992), subdividen la Formación Liberia (sensu Dengo, 1962b), en Formación Río Liberia y en Formación Guayabo.

Se caracteriza por presentar intercalaciones de depósitos de caída, flujos y oleadas piroclásticas, que presentan una matriz tobácea poco a moderadamente compactada, con abundante vidrio volcánico triturado (shards), pómez y minerales primarios como cuarzo, plagioclasas, biotita y anfíbol.

Alvarado et al. (1992) y Gillot et al. (1994), basados en dataciones K–Ar, le asignan una edad de  $1,6 \pm 0,2$  Ma. Dengo (1962b) plantea que esta formación proviene de las faldas del Rincón de la Vieja evidenciado por la forma y distribución de los depósitos. Chiesa (1991), Funnaioli & Rossi (1991) y Kempter (1997) le asignan un origen relacionado con una caldera ubicada en el área de los domos de Cañas Dulces.

## 2.2 GEOLOGÍA LOCAL

La figura 2 se presenta el mapa geológico de la zona de estudio basado en las observaciones de campo y revisión bibliográfica. Dentro de Ap no se observan afloramientos de roca.

La topografía del AP es plana, no hay evidencia de material en el sitio específicamente, esta se detalla en la fotografía 1.

## 2.3 Integración con los datos del estudio geotécnico.

Dentro del AP se llevó a cabo un estudio geotécnico de suelos por parte de la firma GAVEA , en el informe se indica lo siguiente:

Con base en las perforaciones SPT y los ensayos geofísicos ejecutados, se logró caracterizar geotécnicamente el sitio de estudio. Se identificó una unidad geotécnica:

- UG-1: Suelo rígido / Roca blanda.

En las prospecciones realizadas no se detectó la presencia del nivel freático. Debe aclararse que esta condición puede variar en función de la precipitación acumulada durante la estación lluviosa a lo largo del año.

Los materiales de la UG-1 clasifican con base en los ensayos de laboratorio como arenas bien graduadas con limo de baja plasticidad (SW-ML) y presentan una humedad natural que varía entre 6.9% y 12.4%.

## 2.4 Datos geomorfológicos relevantes procesos de erosión – sedimentación, datos de geodinámica externa relevantes

Geomorfológicamente se ha definido una unidad informal de tipo denudacional de baja a nula pendiente sobre las rocas ignimbríticas de Liberia, la cual se describe a continuación (Mapa Geomorfológico, Figura 3).

El sector de Liberia se encuentra sobre los depósitos ignimbríticos de caldera descritos anteriormente, los cuales originan topografías homogéneas sumamente horizontales con buzamientos inferiores a los 5° inclinados hacia el suroeste, con algunas ondulaciones menores. Los cauces en el sitio son de tipo erosivo de poca profundidad encajando entre la unidad ignimbrítica, con sistemas que pasan de radial a rectangular hacia la base del macizo del Miravalles.

## 2.5 Procesos geológicos geodinámica externa.

En la visita realizada a la finca se no observaron indicios de erosión fluvial. No hay evidencias de deslizamientos o hundimientos, en el estudio de suelos no se reportan suelos con características que presenten potencial de licuefacción.

## 2.6 Síntesis de resultados y conclusiones geológicas

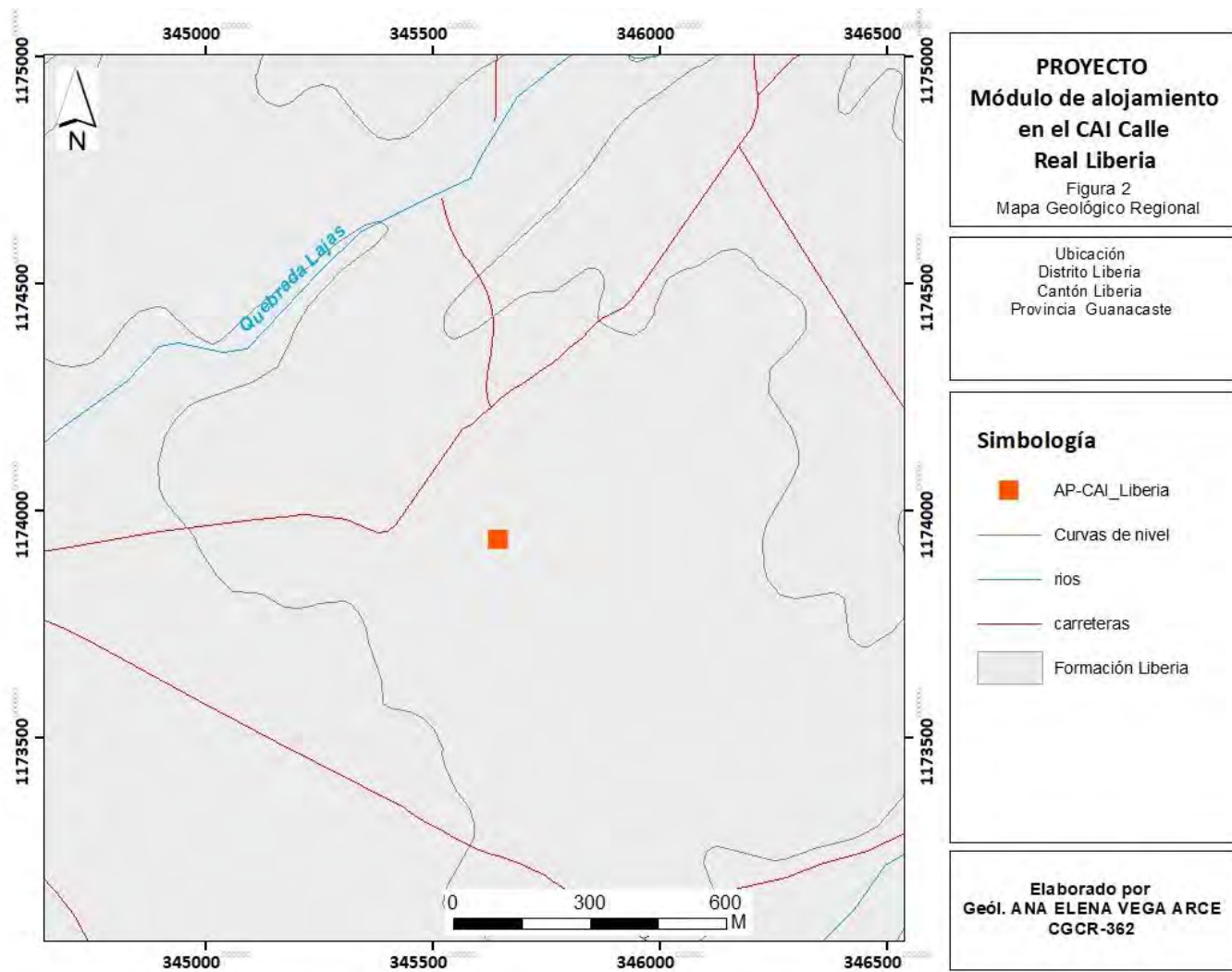
- La zona de estudio se ubica dentro de la cuenta intraarco entre el antearco de Santa Elena-Nicoya que se extiende por la península de Nicoya en dirección noroeste – sureste y el arco interno o Cordillera Volcánica de Guanacaste al noreste.
- La geología presente en el AP y el AID corresponde principalmente con depósitos volcánicos de caída y de flujo asociados con el vulcanismo de la región norte del país durante el Plio-Pleistoceno, vulcanismo asociado con los volcanes Tenorio, Miravalles y Rincón de la Vieja.
- Geomorfológicamente se ha definido una unidad informal de tipo denudacional de baja a nula pendiente sobre las rocas ignimbríticas de Liberia, los cuales originan topografías homogéneas sumamente horizontales con buzamientos inferiores a los 5° inclinados hacia el suroeste, con algunas ondulaciones menores. Los cauces en el sitio son de tipo erosivo de poca profundidad encajando entre la unidad ignimbrítica, con sistemas que pasan de radial a rectangular hacia la base del macizo del Miravalles.
- No existen cauces de ríos ni quebradas permanentes o intermitentes en el AP que representen una amenaza de inundación a las obras del proyecto. Además, no se tienen evidencias de erosión de tipo fluvial.
- Entre los atributos de la finca, está una geología que presenta una alta estabilidad y buen soporte para cimentaciones. Otro atributo del sitio es la el ángulo de pendiente de la topografía.

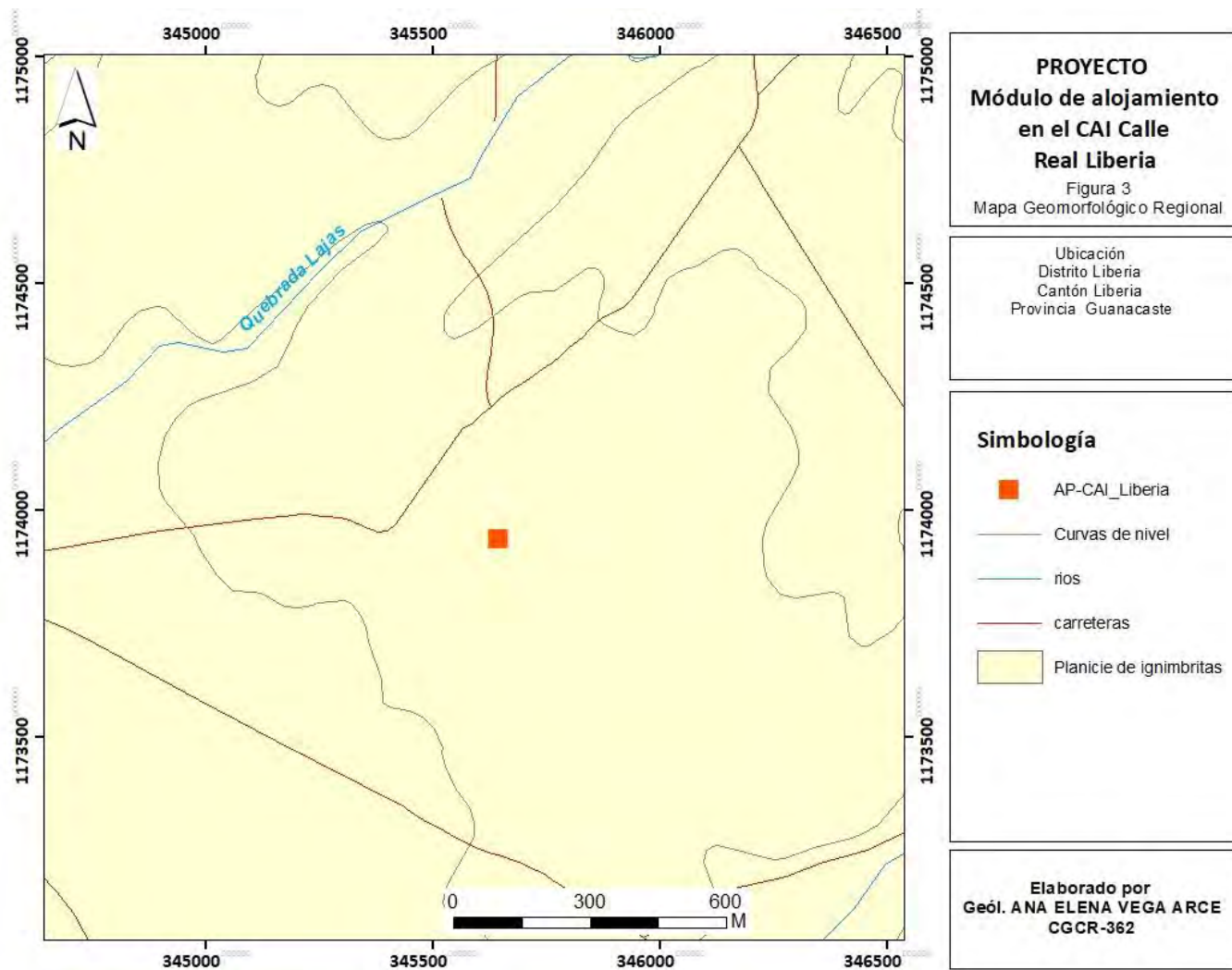


- La geopotencia geológica de la finca en el AP es favorable para el desarrollo del proyecto, entre los principales atributos técnicos positivos están: la poca pendiente de la mayor parte de la finca y que no existe amenaza por inundación.

## 2.7 Discusión sobre las limitantes de incertidumbre y alcance del estudio

El principal alcance de este estudio es la definición de la geología y de las características de las unidades que afloran en el AP, así como de las unidades geomorfológicas, basándose en las observaciones de campo hechas a lo largo de la finca.





## DATOS SOBRE LA HIDROGEOLOGÍA AMBIENTAL

### 3.1. Datos hidrogeológicos del entorno inmediato

A continuación, se detalla el estudio técnico de hidrogeología ambiental del terreno de conformidad con lo establecido en el protocolo de la Sección III, del anexo 6 del Manual de Instrumentos Técnicos para el Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental. Se hace una evaluación de las condiciones hidrogeológicas y de la vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas debido a que el proyecto contempla el sistema de tratamiento de aguas residuales existente.

#### Pozos perforados

El Área de Gestión e Investigación Hídrica del Senara posee una base de datos de pozos perforados y excavados de todo el país, dentro de la cual no se tienen registros de pozos en un radio de 1000 metros con respecto al AP, por lo cual se tabulan a continuación los pozos más cercanos al AP (figura 4, mapa hidrogeológico)

**CUADRO 1.** Lista de pozos registrados en un radio de 1000 m con respecto al AP. Tomado de Senara (2020).

Número de pozo	X	Y	Propietario
ME-418	381261	288005	Guo And Li Mei S.a.
ME-140	382300	288200	DR. VESALIO GUZMAN
ME-225	381450	287500	MIGUEL MARTINEZ
ME-384	381947	288420	Ministerio De Justicia Y Gracia
ME-418	381261	288005	Guo And Li Mei S.a.

Se cuenta con información hidrogeológica para los siguientes pozos en los alrededores del AID, esta se muestra en el siguiente cuadro 2 y en la figura 1 (Mapa elementos de hídricos).

**CUADRO 2. POZOS SELECCIONADOS CON INFORMACION HIDROGEOLÒGICA**

ID	Profundidad	Nivel Estático	Nivel Dinámico	Q
ME140	92.35	19.80		0.50
ME225	90.0	12.0		0.5

Dentro de la finca donde se ubica el CAI de Liberia, se observan dos pozos, el pozo artesanal, que se observa en la fotografía 2 y el pozo ME-384, ambos pozos se ubican a una distancia superior a los 40 metros de la zona del proyecto.



Fotografía 2. Pozo artesanal , se observa su ubicación en al figura 4.



Fotografía 3. Pozo ME-384

3.2. Condiciones hidrogeológicas locales y caracterización básica del acuífero subyacente, así como propiedades básicas del acuífero subyacente.

La geoforma predominante en el sector del AP, está compuesta por una topografía plana a ondulada, estas planicies están constituidas por materiales de origen ígneo principalmente de ignimbritas. Estas secuencias conforman acuíferos porosos en rocas volcánicas, con un potencial acuífero de bajo, el cual se ve reflejado en los pozos; que tiene una capacidad de extracción desde los 0,5 litros por segundo. El acuífero Liberia se conoce por ser de tipo libre cubierto. Las condiciones del nivel estático, se ubican en promedio a los 12 a 20 metros de profundidad.

Por debajo del acuífero Liberia se encuentra el acuífero Bagaces, el cual es confinado y está a más de 50m de profundidad. Ambos están separados por una capa de arcilla o paleosuelo de espesores de menos de 2m.

De acuerdo con Collins (1999) la transmisividad del acuífero Liberia es del orden de 5 hasta 55 m<sup>2</sup>/día y permeabilidades de 10-1 m/d. Con base en la topografía del AID la dirección de flujo regional del agua subterránea es hacia el W-NW con un gradiente hidráulico aproximado de 0,06 esto con base en las curvas isofreáticas y la información de Collins (1999).

3.3. Síntesis de resultados y conclusiones hidrogeológicas, análisis de vulnerabilidad a la contaminación basado en el modelo hidrogeológico local

Para el análisis de la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero conformado en el subsuelo del AP y el AID en la zona del proyecto y alrededores, se usará el Método “G.O.D”. (por sus iniciales en inglés), el cual considera dos factores básicos:

- El grado de inaccesibilidad hidráulica de la zona saturada
- La capacidad de atenuación de los estratos suprayacentes a la zona saturada del acuífero. (Foster, et al, 2002).

El índice de vulnerabilidad G.O.D. caracteriza la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos en función de los parámetros:

- **G**rado de confinamiento hidráulico
- **O**currencia del sustrato suprayacente
- **D**istancia al nivel freático

Se analizará en este el acuífero por ser el que representa el mayor riesgo a ser afectado y para el proyecto los valores asignados los en el Cuadro 3.

**CUADRO 3. APLICACIÓN DEL MÉTODO “G.O.D”. EN EL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL PROYECTO.**

Parámetro	Clasificación	Valor
Grado de confinamiento hidráulico	Libre -Cubierto	0.60
Ocurrencia del sustrato suprayacente	Limos y tobas recientes	0.60
Distancia al nivel del agua subterránea	5- a 20 metros	0.60
Valor del índice de vulnerabilidad	G x O x D	<b>0.216</b>
<b>Vulnerabilidad a la contaminación del acuífero</b>	<b>BAJA</b>	

### 3.4. Identificación de fuentes potenciales de contaminación del agua subterránea

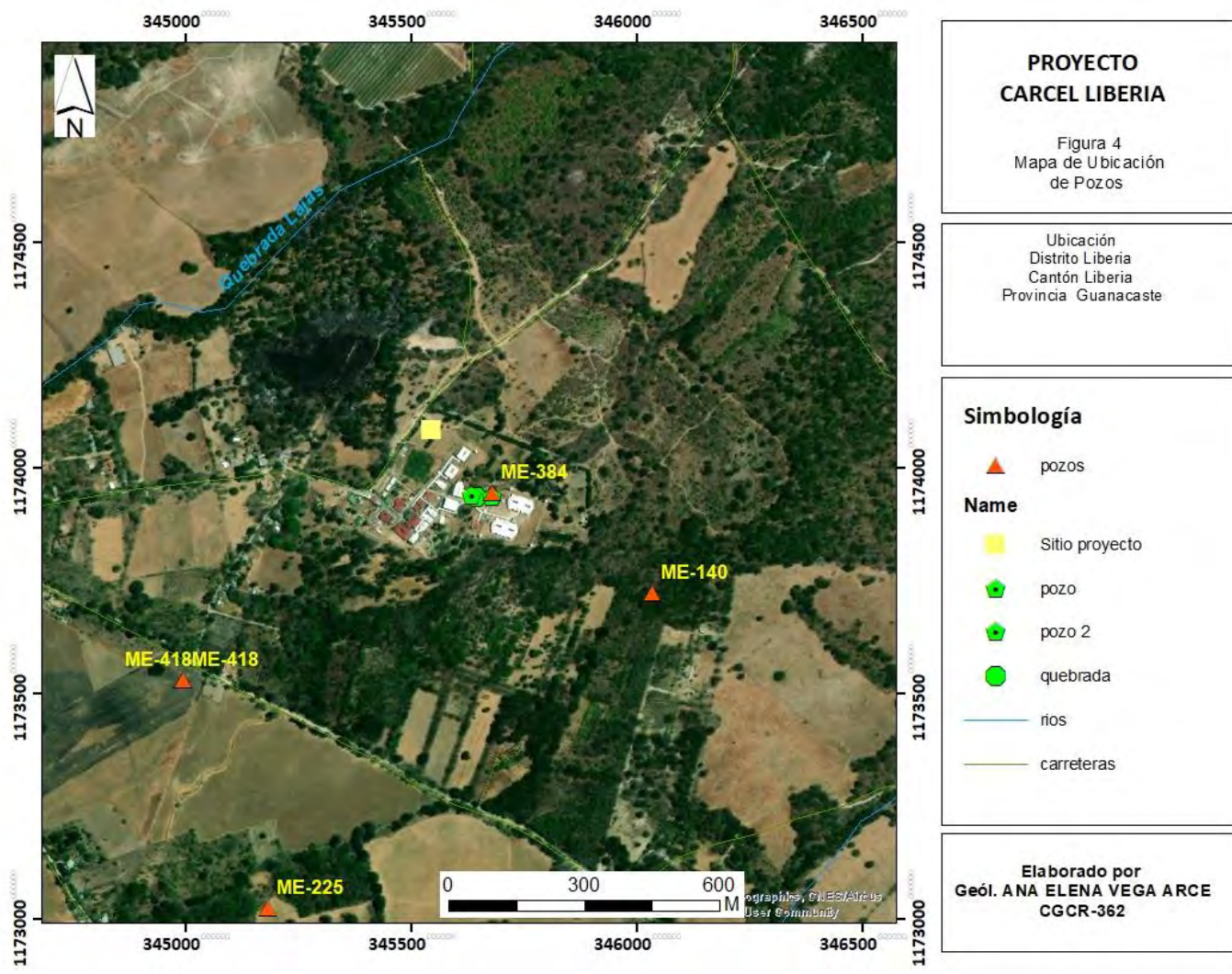
La principal fuente potencial de contaminación de las aguas subterráneas y superficiales son las aguas negras, para ello el proyecto cuenta con el aval de uso de planta de tratamiento, así como aguas residuales y jabonosas. Por lo tanto, se tienen que tomar medidas de prevención; minimizando el riesgo de una contaminación a los recursos hídricos.

### 3.5. Discusión sobre las limitantes de incertidumbre y alcance del estudio

- En el subsuelo del AP potencialmente se pueden conformar acuíferos fracturados en rocas volcánicas; la profundidad del nivel del agua subterránea es de unos 12 metros.

- Un análisis muy preliminar de la vulnerabilidad intrínseca del acuífero a ser contaminado se clasifica como Baja.
- Se concluye que la geoaptitud desde el punto de la hidrogeología ambiental es favorable para el desarrollo del proyecto; siempre y cuando se realice una adecuada disposición y tratamiento de las aguas residuales de las diferentes facilidades y actividades del proyecto.
- .





## DATOS SOBRE LA CONDICIÓN DE AMENAZAS/RIESGOS NATURALES

### EVALUACIÓN DE LA AMENAZA / RIESGO POR FALLAMIENTO GEOLÓGICO, SISMICIDAD Y POTENCIAL DE LICUEFACCIÓN.

#### 4.1 Estructura de geología local y susceptibilidad a las amenazas

La principal amenaza natural para el proyecto es la sismicidad asociada a fallamientos cuaternarias regionales; las cuales podría generar sismos que produzcan fuertes aceleraciones del terreno y afectar las infraestructuras que se construyan dentro del AP y/o el AID.

#### 4.2 Fallas Geológicas

Existen numerosas fallas neotectónicas en el sector norte del país que podrían afectar el proyecto por su relativa cercanía y están claramente identificadas en el Atlas Tectónico de Costa Rica (Denyer, Montero & Alvarado, 2009), hoja Liberia, escala 1:200 000. La falla de mayor riesgo para el proyecto es la falla Liberia esta su ubica a una distancia superior a los 200 metros del lindero oeste del AP, además de algunas otras debilidades corticales indicadas en el Atlas Tectónico (Mapa Tectónico Regional, Figura 6). En la sección este se delimita el eje de basculamiento, el cual corresponde con una estructura geológica, producto de esfuerzo compresivo.

#### 4.3 Sismicidad

Montero (2000) menciona que la sismicidad y el fallamiento en la cordillera volcánica de Guanacaste ha tenido en tiempos recientes e históricos, una actividad relativamente baja en su sector noroeste (conjunto volcán Orosí, complejo Rincón de la Vieja), intermedia en su sector central (volcán Miravalles) y mayor en su sector sureste (volcán Tenorio y volcán Arenal).

Este mismo autor indica que gracias a que en los últimos años el ICE realiza proyectos geotérmicos en la zona del volcán Miravalles y en la caldera de Guayabo los estudios sobre sismicidad y fallamiento se ha visto enriquecido. Se tienen registros de microtemblores (temblores con magnitud < 3.0) dentro de la caldera de Guayabo y en el volcán Miravalles, además de algunos temblores de mayor magnitud localizados esporádicamente.

Históricamente, dos sismos destructivos ocurrieron cerca de esta zona, los cuales afectaron la ciudad de Bagaces y pueblos aledaños. Estos fueron los temblores del 1 de agosto de 1935 (M 5,5) y el del 6 de diciembre de 1941, de magnitud 6,0 ambos relacionados con fallas rumbo NNE a NS, como por ejemplo la falla Bagaces.

De acuerdo con el Código Sísmico de Costa Rica 2002 el proyecto se ubica en la zona sísmica III y los suelos son de tipo S2 a S3.

En el mapa de distribución de zonas sísmicas en Costa Rica (Fernández & Rojas, 2000) el AP se ubica en la zona 8 llamada Bagaces, donde el número anual de sismos de magnitud M mayor a 4,5 es de 0,3758 con un valor medio probable de máxima magnitud M que podría generar la fuente de 6,0 a una profundidad entre 0 y 20km.

Los sismos que más han afectado la zona se han producido en fallas corticales como las descritas anteriormente, esos ocurren a profundidades relativamente someras menores a 20 km y de ahí que su potencial de destrucción sea alto, sin embargo en este sector del país los sismos intraplaca juegan un papel muy importante en la formación de sismo.

#### 4.4 Potencial de Licuefacción

Según el estudio de suelos realizado en el sitio del proyecto se indica que *“no se encontró en el sitio evidencias de la presencia de arenas licuables, limos colapsables o arcillas con potencial expansivo”*.

#### 4.5 Discusión sobre las limitantes de incertidumbre y alcance de estudio.

- La topografía del AP consiste de baja pendiente. A nivel local no se tienen registros u evidencias de fallas activas que atraviesen el AP, sin embargo a nivel regional existen numerosas fallas neotectónicas en el sector norte del país que podrían afectar el proyecto. La falla de mayor riesgo para el proyecto es la falla Liberia por encontrarse en la sección oeste del AP, además de algunas otras debilidades corticales indicadas en el Atlas Tectónico.
- La amenaza volcánica se considera como latente ya que el coloso del Miravalles sigue activo al igual que algunos otros volcanes de la cordillera de Guanacaste como el Rincón de la Vieja. Sin embargo para el Miravalles no existen reportes históricos de su actividad ni tampoco del Rincón de la Vieja que hayan afectado a la ciudad de Liberia.
- Se concluye que el terreno tiene una geopotitud favorable desde el punto de vista de las amenazas naturales de índole geológico. Las obras a construir tienen que estar diseñadas de acuerdo a lo que se establece en el Código Sísmico y Código de Cimentaciones vigentes en Costa Rica y a los parámetros determinados en los estudios de suelos correspondientes para la prevención de cualquier afectación de las obras por un evento sísmico de magnitud considerable.

- También es recomendable diseñar y construir de acuerdo a los parámetros determinados en los estudios de suelos correspondientes para la prevención de afectación de las obras por una aceleración importante de los suelos en un evento sísmico de magnitud considerable.

### Referencias bibliográficas.

COLEGIO FEDERADO DE INGENIEROS Y ARQUITECTOS, 2002: Código Sísmico de Costa Rica. 3 ra ed. Editorial Tecnológica. Cartago.

DENYER, P., MONTERO, W. & ALVARADO, G.E., 2003: Atlas tectónico de Costa Rica. –1 ed. – Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José, C.R. –79 págs

DENYER, P., & ALVARADO, G.E., 2007: Mapa geológico de Costa Rica. – Editado por la Librería Francesa. Escala 1:400.000.

FERNÁNDEZ, M. & ROJAS W., 2000: Amenaza Sísmica y por Tsunamis. -En: DENYER,P. & KUSSMAUL, S. (comp): Geología de Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago. – págs 287-301.

FOSTER, S., HIRATA, R., GÓMEZ, D., D’ELIA, M. & PARIS, M., 2002: Protección de la calidad del agua subterránea. -1 ed. -112 págs. Banco Mundial, Washington, D.C.

MONTERO, W., 1993: Sismicidad y neotectónica. - En Denyer, P & Kusssmaul, S., (1994) - (comp): Atlas Geológico Gran Área Metropolitana. Editorial Tecnológica. I ed. Cartago. 147-160.

MONTERO, W., 2000 Sismicidad y neotectónica. - En: DENYER, P. & KUSSMAUL, S. (comp): Geología de Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago. –págs 219-239.

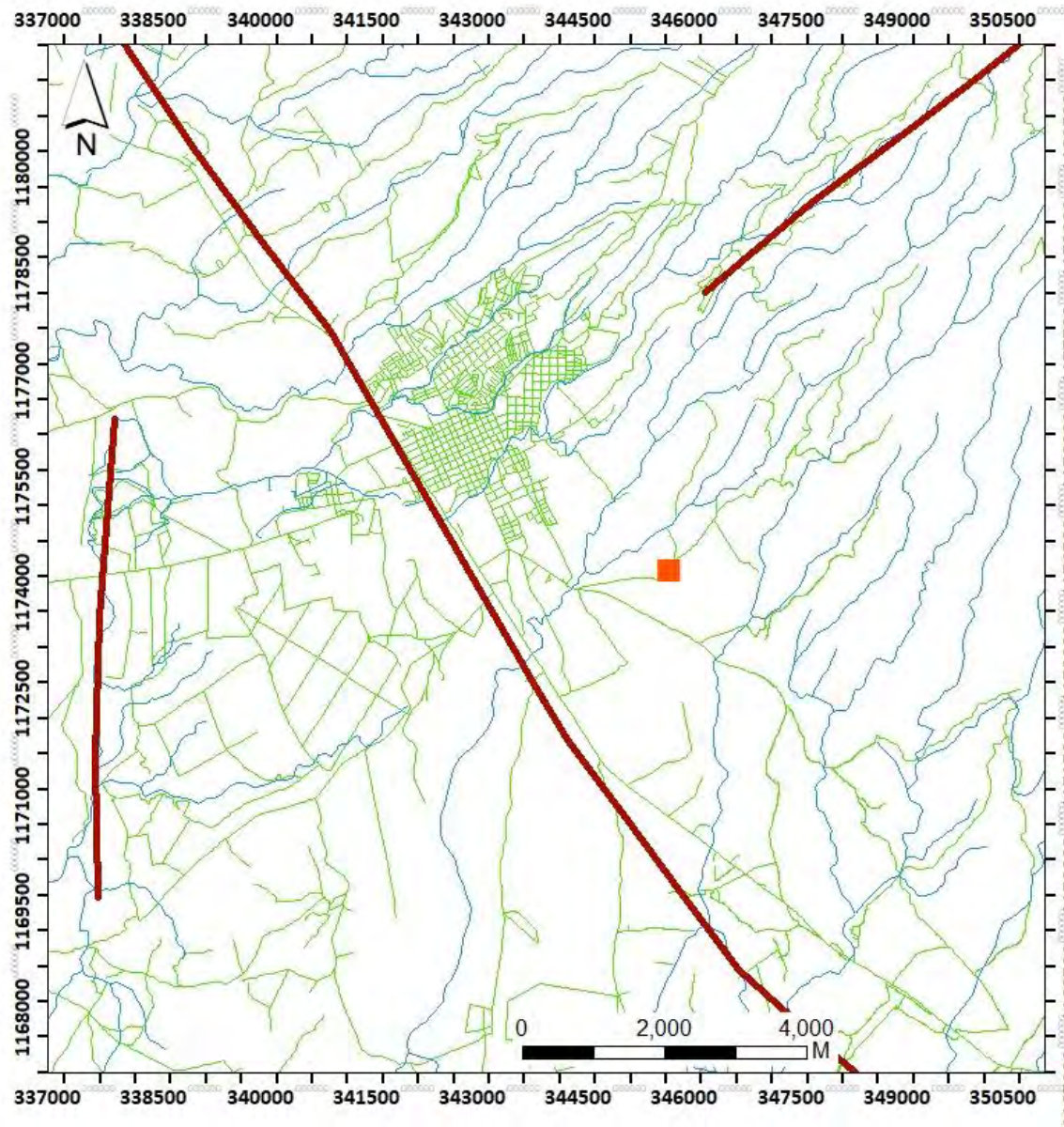
MORALES, L. D. & AGUILAR, A., 1993: Amenaza sísmica. - En Denyer, P & Kusssmaul, S., (1994) - (comp): Atlas Geológico Gran Área Metropolitana. Editorial Tecnológica. I ed. Cartago. 233 - 243.

PANIAGUA, S., 1993: Amenaza volcánica. - En Denyer, P & Kusssmaul, S., (1994) (comp): Atlas Geológico Gran Área Metropolitana. Editorial Tecnológica. I ed. Cartago. 221 -231.

SALAZAR, L. G., 2000: Geomorfología. - En Denyer, P & Kusssmaul, S- (comp): Geología de Costa Rica. Editorial Tecnológica. I ed. Cartago. 43-62.

TOURNON, J. & ALVARADO, G.E., 1995: Mapa Geológico de Costa Rica.- Escala 1:500.000, Coop. Cient. Technol. De Francia – ICE, París.

SENARA, 2020 : BASE DE DATOS



**PROYECTO**  
**Módulo de alojamiento**  
**en el CAI Calle**  
**Real Liberia**

Figura 5  
 Mapa de Condición  
 de Amenaza

Ubicación  
 Distrito Liberia  
 Cantón Liberia  
 Provincia Guanacaste

**Simbología**

**Name**

- Sitio proyecto
- Fallas
- rios
- carreteras

Elaborado por  
 Geól. ANA ELENA VEGA ARCE  
 CGCR-362

## **DATOS GEOTÉCNICOS DE CAPACIDAD SOPORTANTE O DE CIMENTACION PARA LA OBRA CIVIL**

**PROYECTO: Módulo de alojamiento en el CAI Calle Real Liberia**

**LOCALIZACIÓN:** Provincia: 05 Guanacaste Cantón: 01 Liberia Distrito: 01 Liberia

**DESARROLLADOR:** MINISTERIO DE JUSTICIA

**PROFESIONAL QUE ELABORA EL ESTUDIO: Profesional en Ingeniería Civil o de  
Geología con especialidad en Geotecnia**

**Nombre del profesional:** Danilo Andrés Jiménez Ugalde

**Número de cédula:** 1-1196-0672 **Número de colegiado:** IC-19214

**Registro SETENA:** CI-297-17 Vigencia: 22/12/2021

### **DOCUMENTO DE RESPONSABILIDAD PROFESIONAL**

El suscrito Danilo Andrés Jiménez Ugalde, portador(a) de la cédula de identidad número 1-1196-0672, profesional en Ingeniería Civil (IC-19214), manifiesto ser responsable directo de la información técnica científica que se aporta en el presente documento, la cual se elaboró para el proyecto denominado: Módulo de alojamiento en el CAI Calle Real Liberia, que se desarrollará en el plano catastrado número: 5-1052159-2006.

En virtud de ello, someto los Datos Geotécnicos de Capacidad de Soporte o de Cimentación para la Obra Civil, al conocimiento de la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA), como autoridad en materia de Evaluación de Impacto Ambiental del Estado costarricense, con el objetivo que sean analizados y se constate que los mismos han cumplido con los lineamientos técnicos y normativos establecidos. Tengo presente que en apego al artículo 5 del Decreto Ejecutivo 32712-MINAE, la información contenida de estos datos, se presenta bajo el concepto de Declaración Jurada y a conocimiento y conciencia de que dicha información es actual y verdadera y que en caso contrario pueden derivarse consecuencias penales del hecho. Por lo cual, manifiesto que, de encontrarse alguna irregularidad en la información, seré responsable no sólo por esta falta, sino también por las consecuencias de decisión que a partir de la información suministrada pudiera incurrir la SETENA y el desarrollador.

Atentamente,

Ing. Danilo A. Jiménez Ugalde, M.Sc.  
IC-19214  
CI-297-17

Fecha de emisión: 07/05/2020

## Contenido

1.	Resumen.....	3
2.	Introducción.....	4
3.	Trabajo realizado .....	6
4.	Resultados geotécnicos obtenidos .....	8
5.	Evaluación de resultados y conclusiones geotécnicas .....	9
6.	Discusión sobre los grados de incertidumbre y alcance del estudio .....	12
7.	Referencias Bibliográficas .....	13
8.	Anexos .....	14

## 1. Resumen

### 1.1. Resumen de resultados

Con base en las perforaciones SPT y los ensayos geofísicos ejecutados, se logró caracterizar geotécnicamente el sitio de estudio. Se identificó una unidad geotécnica:

- UG-1: Suelo rígido / Roca blanda.

En las prospecciones realizadas no se detectó la presencia del nivel freático. Debe aclararse que esta condición puede variar en función de la precipitación acumulada durante la estación lluviosa a lo largo del año.

Los materiales de la UG-1 clasifican con base en los ensayos de laboratorio como arenas bien graduadas con limo de baja plasticidad (SW-ML) y presentan una humedad natural que varía entre 6.9% y 12.4%.

### 1.2. Resumen de conclusiones técnicas

Con base en los análisis realizados, se determinó lo siguiente:

- La capacidad de soporte admisible es superior de 135 kPa.
- No se identificó la presencia de nivel freático.
- No se identificó la presencia de materiales blandos, presencia de arcillas expansivas, limos colapsables o arenas con potencia de licuación.
- Para efectos del cálculo de la sollicitación sísmica el sitio se clásica como  $S_2$ , zona III.
- No se identificaron problemas asociados a estabilidad de taludes.



## 2. Introducción

### 2.1. Datos sobre la finca estudiada

El terreno se encuentra en ubicado en el distrito 01 Liberia, cantón 01 Liberia, provincia 05 Guanacaste; con plano catastrado inscrito bajo el número 5-1052159-2006; la Figura 1 muestra la localización geográfica. El terreno es plano de fácil acceso, con presencia de algunos árboles, cubierto con vegetación de baja altura.

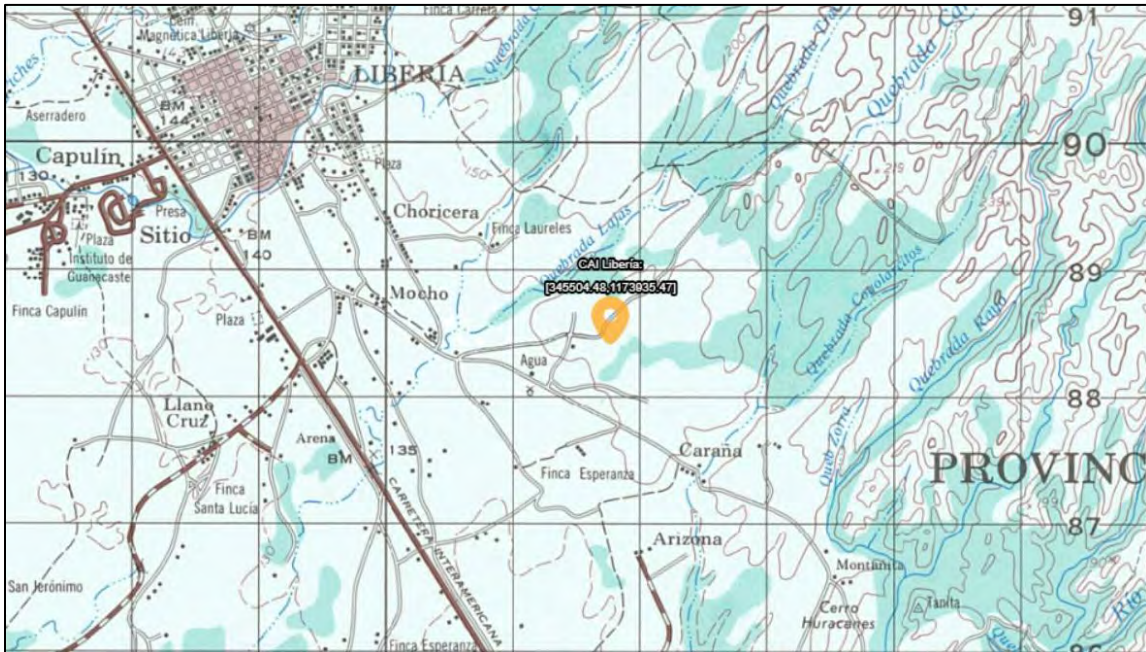


Figura 1. Localización geográfica. Fuente: Hoja 1:50.000 Monteverde.

### 2.2. Coordinación profesional realizada

La coordinación de los trabajos presentados en este informe estuvo a cargo del Ing. Danilo Andrés Jiménez Ugalde, inscrito en el Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (IC-19214) y el registro de consultores de Setena (CI-297-17).

### 2.3. Objetivos del estudio

- Proporcionar un conocimiento de las características geotécnicas del subsuelo de acuerdo con la construcción prevista.
- Conocer y evaluar las posibles problemáticas geotécnicas de la zona, que puedan incidir sobre la futura construcción.
- Definir y analizar el tipo de cimentación más recomendable para el tipo de construcción prevista de acuerdo a los condicionantes geotécnicos.

#### 2.4. Metodología aplicada para llevarlo a cabo

Los trabajos de campo y laboratorio, así como todos los análisis geotécnicos fueron ejecutados siguiendo los lineamientos y metodologías presentados en el Manual de Instrumentos Técnicos para el Proceso de Evaluación del Impacto Ambiental, el Código de Cimentaciones de Costa Rica (ACG, 2009) y el Código Geotécnico de Taludes y Laderas de Costa Rica (ACG, 2015).

La exploración del subsuelo se realizó por medio de cinco perforaciones utilizando el método de ensayo SPT (ASTM D1586), dos perfiles de refracción sísmica (ASTM D5777) y dos ensayos MASW. Los ensayos de caracterización de laboratorio fueron ejecutados por medio de las normas AASHTO T265, AASHTO T90 y T89, ASTM C117 y ASTM C136

### 3. Trabajo realizado

#### 3.1. Trabajo de campo

En el sitio de estudio se realizaron cinco sondeos exploratorios utilizando el método SPT (ASTM D1586), con una profundidad máxima de prospección de 1.45 m, dos perfiles geofísicos (ASTM D5777 y MASW) (ver Tabla 1, Tabla 2 y Figura 2).

Conviene mencionar que inicialmente se tenía proyectado que todas las perforaciones alcanzaran una profundidad mínima de 5.00 m, sin embargo, no fue posible alcanzar esta profundidad en la totalidad de los sondeos debido a la presencia de bloques de consistencia rígida.

Tabla 1. Ubicación de las perforaciones SPT.

Identificación	Profundidad (m)	Nivel freático (m)	Coordenadas	
			Latitud	Longitud
P-1	1.45	-	1174056	345550
P-2	1.45	-	1174067	345543
P-3	1.45	-	1174076	345558
P-4	1.45	-	1174087	345567
P-5	1.00	-	1174094	345566

Tabla 2. Ubicación de ensayos geofísicos.

Identificación	Longitud (m)	Coordenada inicio		Azimut
		Latitud	Longitud	
S-1	55.00	1174095	345571	218
S-2	55.00	1174080	345537	121



Figura 2. Ubicación de las prospecciones.

### 3.2. Ensayos de laboratorio

En la Tabla 3 se presentan los ensayos realizados en el laboratorio a las muestras alteradas extraídas durante la campaña de exploración.

Tabla 3. Ensayos de laboratorio.

Ensayo	Norma
Humedad natural	AASHTO T265
Límites de Atterberg	AASHTO T90 y T89
Análisis granulométrico	ASTM C117 y C136

### 3.3. Correlación e interacción con datos de geología del terreno.

Con base en el mapa geológico de Costa Rica, escala 1:400.000 (Denyer & Alvarado, 2007), el sitio donde se ubica el terreno corresponde con materiales a la Fm. Liberia (ver Figura 3). Dicha formación está compuesta por ignimbritas y tobas del Pleistoceno ( $\alpha_8$ ).

Del mapa geológico no se observa que la finca estudiada este afectada por fallas. La estructura geológica más cercana que se reporta en el mapa geológico corresponde con una falla inferida localizada al norte del área de estudio.

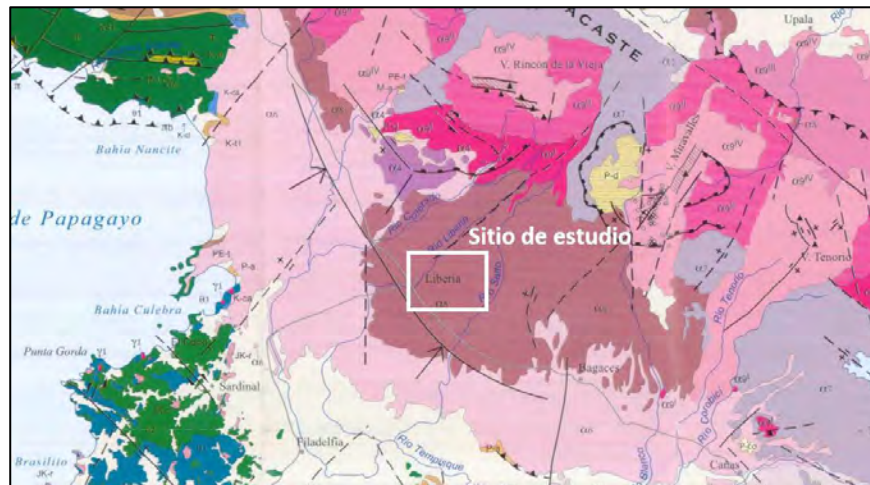


Figura 3. Geología del área de estudio. Fuente: Denyer y Alvarado (2007).

Desde el punto de vista sísmico, en CFIA (2014) se cataloga el sitio como Zona III, por lo que se pueden esperar aceleraciones pico efectivas entre 0.30g y 0.36g, según el tipo de suelo presente en la cimentación de la obra.

#### 4. Resultados geotécnicos obtenidos

Con base en la información de las prospecciones de campo y resultados de laboratorio ejecutados, se puede concluir que el perfil estratigráfico típico del terreno está conformado por una unidad geotécnica (UG), la cual se describe en la Tabla 4.

Tabla 4. Perfil estratigráfico del terreno.

<b>Unidad geotécnica</b>	<b>Descripción</b>
UG-1	Suelo rígido / Roca blanda. Valores típicos de $N_{SPT}$ sobre 25. Tobas alteradas a sanas, clásicas según SUCS como SW-ML, profundidad máxima desconocida, $V_p = 1000$ m/s y $V_s = 400$ m/s. El material presente se puede clasificar según el sistema CRIEPI como CM-CL.

Con base en los resultados de las prospecciones y las observaciones de campo, no fue identificada la presencia de nivel freático en el sitio estudiado.

## 5. Evaluación de resultados y conclusiones geotécnicas

### 5.1. Capacidad soportante y de cimentación

En la Tabla 5 se presentan la variación de la capacidad soportante admisible calculada con base en el valor  $N_{SPT}$  en cada una de las perforaciones. Por otra parte, en la T 6 se presenta la variación de la capacidad de soporte calculada a partir de los ensayos MASW.

Tabla 5. Variación de la capacidad de soporte admisible neta (kPa) con la profundidad (FS=3).

Profundidad (m)	Capacidad de soporte admisible (kPa)				
	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05
0.50	390	150	200	200	285
1.35	285	370	265	140	530
En rojo: capacidad de soporte menor a 100 kPa (10 ton/m <sup>2</sup> ) (R): Rebote SPT					

Tabla 6. Variación de la capacidad de soporte admisible neta (kPa) con la profundidad (FS=3).

Profundidad (m)	Capacidad de soporte admisible (kPa)	
	MASW-01	MASW-02
0 - 5	135	150
5 - 10	240	255
10 - 15	270	285
15 - 20	300	285
20 - 30	345	330

Considerando la estratigrafía en los sondeos, se recomienda a los encargados del diseño estructural de la cimentación lo siguiente:

- Se sugiere utilizar un nivel de desplante mínimo de 1.0 m.
- Se recomienda utilizar un sistema cimentación convencional, constituido por placas aisladas o cimientos corridos. Se sugiere rigidizar el sistema de cimentación utilizando vigas de amarre en el caso de usar placas aisladas.
- El diseño estructural de cualquier solución de cimentación debe garantizar una capacidad de soporte admisible (FS=3) de 150 kPa.

### 5.2. Asentamientos

Con base en la calidad de los materiales presentes en el sitio de proyecto y siguiendo las recomendaciones asociadas a la cimentación de las obras dadas en este informe, se considera que los asentamientos esperados en las estructuras que se pretenden construir (edificaciones de hasta 3 niveles) serán despreciables (menores de 2.5 cm).

### 5.3. Licuación, limos colapsables y arcillas expansivas

No se encontró en el sitio evidencias de la presencia de arenas licuables, limos colapsables o arcillas con potencial expansivo.

### 5.4. Coeficiente sísmico según el Código Sísmico de Costa Rica.

El proyecto se ubica en Zona Sísmica III, según establece la sección 2.1 del Código Sísmico de Costa Rica 2010 (CFIA, 2014). Por otro lado, la caracterización geofísica dio como resultado un  $V_{s,30}=410$  m/s, por lo que le sitio clasifican como tipo  $S_2$  y la aceleración pico efectiva de diseño ( $a_{ef}$ ) para un período de retorno de 475 años, tendrá un valor de 0.33.

### 5.5. Conclusiones sobre cimentaciones para las obras.

Con base en los resultados de la investigación geotécnica, se concluye lo siguiente:

- El perfil geotécnico típico del sitio está constituido por una única unidad geotécnica: UG-1: Suelo rígido / Roca blanda, con valores de  $N_{SPT}$  sobre 25 golpes,  $V_p = 1000$  m/s,  $V_s = 400$  m/s. Se desconoce su profundidad total.
- Se sugiere utilizar un nivel de desplante mínimo de 1.0 m.
- Se recomienda utilizar un sistema cimentación convencional, constituido por placas aisladas o cimientos corridos. En caso de utilizar placas aisladas se sugiere rigidizar el sistema utilizando vigas de amarre.
- El diseño estructural de cualquier solución de cimentación debe garantizar una capacidad de soporte admisible ( $FS=3$ ) de 150 kPa.
- Se debe indicar que las consideraciones expuestas han sido deducidas de ensayos puntuales, constituyendo una extrapolación al conjunto del terreno de estudio en las condiciones actuales del subsuelo; por ello, se recomienda la inspección en obra durante la excavación y la construcción de los cimientos, con el fin de verificar las características aparentes del terreno se corresponden con las que han servido de base a estas recomendaciones.
- Siguiendo las recomendaciones dadas en este informe, se considera que los asentamientos esperados en las estructuras que se pretenden construir (edificaciones de hasta 3 niveles) serán despreciables (menores de 2.5 cm).
- Para la profundidad y el área cubiertas por este estudio, no se ha detectado la presencia de limos colapsables, arcillas expansivas o arenas licuables.
- La estructura se deberá diseñar y construir siguiendo las normas y especificaciones indicadas en el "Código de Cimentaciones de Costa Rica" y el "Código Sísmico de Costa Rica", considerando el terreno como tipo  $S_2$  en zona III por lo que el coeficiente de aceleración  $a_{ef}$  debe ser tomado como 0.33.
- Durante el proceso constructivo deberá darse una inspección adecuada para verificar la capacidad de soporte de diseño.

## 5.6. Evaluación de estabilidad de taludes

El terreno en el que se ubica el AP presenta una topografía plana, con una pendiente menor del 15%, por lo que no se considera necesario realizar un estudio de estabilidad de taludes para el proyecto.

## 5.7. Parámetros para obras de retención y estructuras enterradas

Se recomienda utilizar los parámetros presentados en la Tabla 7 para el diseño de obras de retención y estructuras enterradas; para el cálculo de dichos coeficientes se utilizó la teoría desarrollada por Rankine.

Tabla 7. Estimación de parámetros de empuje.

Parámetro	UG-1	Relleno de lastre
Peso unitario, $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	18.5	20.0
Ángulo de fricción efectivo, $\phi$	35.0	35.0
Coeficiente de presión activa, $K_a$	0.27	0.27
Coeficiente de presión pasiva, $K_p$	3.69	3.69
Cohesión efectiva, $c'$ (kPa)	0.0	0.0

Se señala también la necesidad de construir drenajes en la parte posterior de estructuras de retención, con el fin de evitar que las mismas puedan ser cargadas por presiones hidrostáticas generadas por aguas provenientes desde los terrenos adyacentes.

Para el diseño de la cimentación de estructuras de retención se deberá verificar que la carga transmitida al terreno no sobrepase la capacidad de soporte admisible de 150 kPa.



## 6. Discusión sobre los grados de incertidumbre y alcance del estudio

### 6.1. Aplicabilidad de los resultados.

Los resultados presentados en el presente informe pueden utilizarse en las etapas de factibilidad, diseño básico y diseño final de la cimentación de la obra civil que se proyecta construir en el área de proyecto.

### 6.2. Tareas pendientes para fases posteriores del proyecto.

Tanto la elección de la cota de cimentación como la verificación de la tensión admisible considerada e idoneidad del tipo de cimentación deberán ser aprobadas en último término por el diseñador de la obra.

El nivel de apoyo de la cimentación deberá ser supervisado por un profesional especialista en geotecnia. Se debe verificar durante la construcción que la cimentación se apoye en condiciones homogéneas, alcanzando como mínimo en el nivel geotécnico considerado. Se recomienda realizar una verificación con ensayos mediante penetrómetros manuales ejecutados directamente sobre el fondo de las excavaciones para las cimentaciones.

### 6.3. Incertidumbres no resueltas.

Las perforaciones obtienen información puntual sobre la profundidad de las distintas capas de materiales, por lo que no se puede descartar que los espesores de los materiales encontrados puedan variar en otros puntos del terreno. Debido a lo anterior, se recomienda ejecutar una inspección en obra durante la construcción de la cimentación, con el fin de verificar que las características aparentes del terreno se corresponden con las que han servido de base a este informe.

### 6.4. Conclusión general sobre la viabilidad geotécnica del terreno en virtud de la obra a desarrollar.

Con base en los resultados de las prospecciones, ensayos de campo y laboratorio, así como los análisis realizados, se concluye que es viable desde el punto de vista geotécnico desarrollar la obra en el sitio estudiado, siempre y cuando se cumplan con las recomendaciones presentadas en este informe técnico.

## 7. Referencias Bibliográficas

- Asociación Costarricense de Geotecnia (ACG). 2009. Código de cimentaciones de Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago.
- ACG. 2015. Código geotécnico de taludes y laderas de Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago.
- Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (CFIA). 2014. Código sísmico de Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago.
- CFIA. 2017. Código de instalaciones hidráulicas y sanitarias Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago.
- Denyer, P. Alvarado, G.E. 2007. Mapa Geológico de Costa Rica – Escala 1:400.000. Librería Francesa, San José, Costa Rica.
- The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan (OCDI). 1991. Technical Standards for Port and Harbour Facilities in Japan. Japan: Ports and Harbours Bureau, Ministry of Transport.

## 8. Anexos

### 8.1. Registro fotográfico

P-01



P-02



P-03



P-04



P-05



S-01



S-02



## 8.2. Registros Laboratorio

### a. Sondeo 1

Numero de muestra	Profundidad (m)	Humedad (%)	Pasando la malla 200 (%)	Límite Líquido	Límite Plástico	IP
1	0,55	11,6%	33,6%	23	8	15
2	1,00	9,9%	33,6%	23	8	15
3	1,45	10,1%	33,6%	23	8	15

### b. Sondeo 2

Numero de muestra	Profundidad (m)	Humedad (%)	Pasando la malla 200 (%)	Límite Líquido	Límite Plástico	IP
1	0,55	12,4%	25,6%	38	28	10
2	1,00	11,2%	27,6%	38	28	10
3	1,45	12,3%	29,7%	38	28	10

### c. Sondeo 3

Numero de muestra	Profundidad (m)	Humedad (%)	Pasando la malla 200 (%)	Límite Líquido	Límite Plástico	IP
1	0,55	11,9%	28,2%	23	12	11
2	1,00	10,8%	28,2%	23	12	11
3	1,45	8,6%	28,2%	23	12	11

### d. Sondeo 4

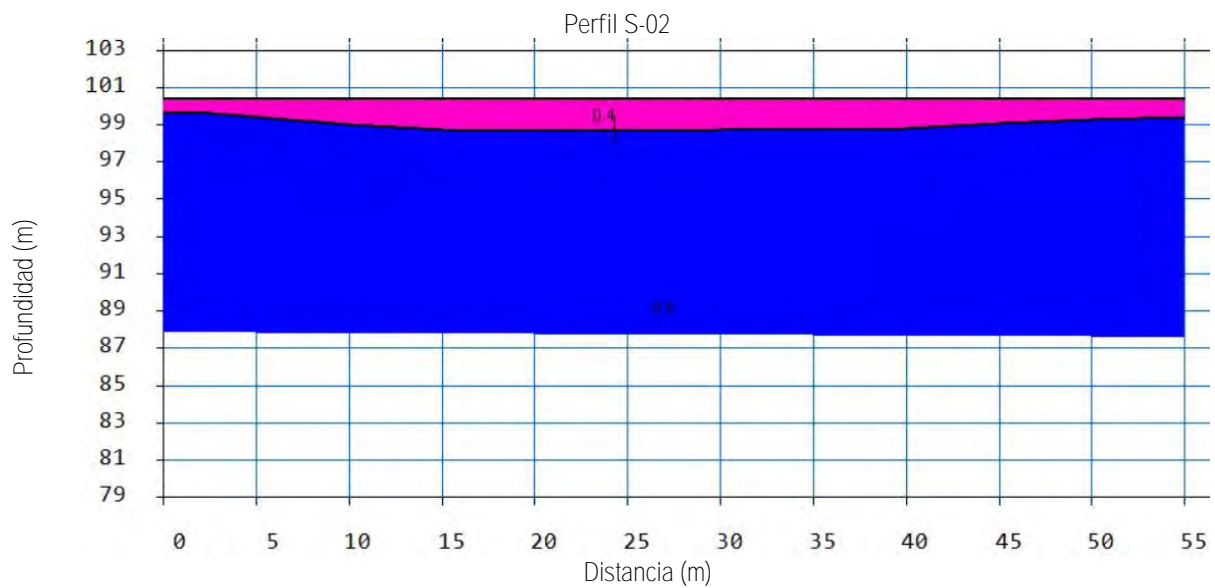
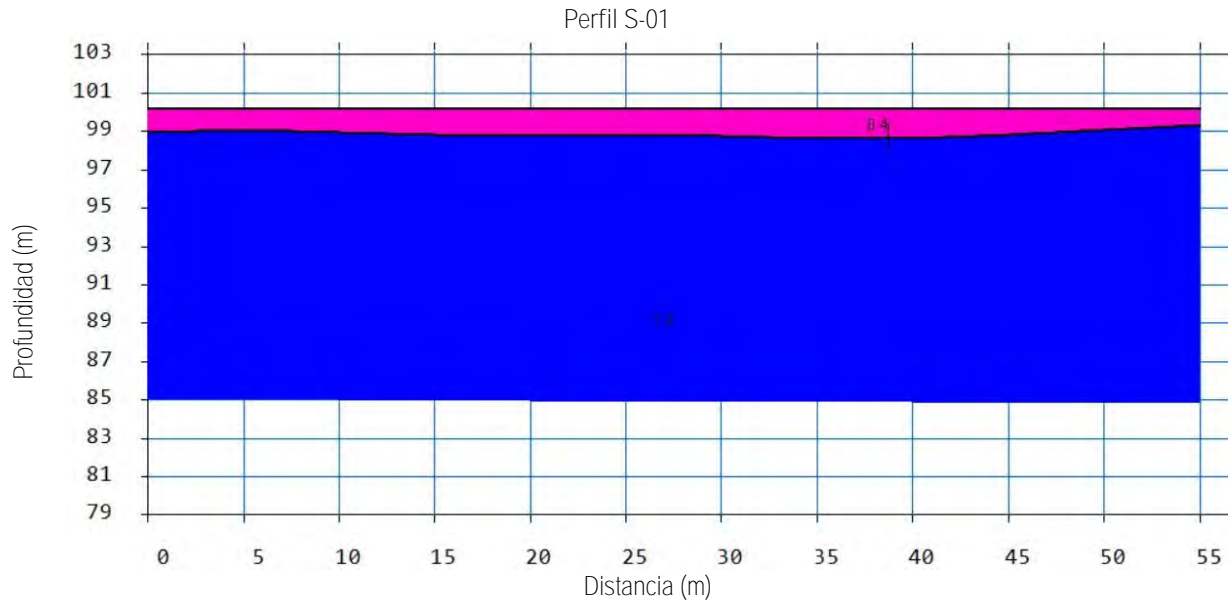
Numero de muestra	Profundidad (m)	Humedad (%)	Pasando la malla 200 (%)	Límite Líquido	Límite Plástico	IP
1	0,55	10,3%	28,3%	41	13	28
2	1,00	8,6%	28,3%	41	13	28
3	1,45	6,9%	28,3%	41	13	28

### e. Sondeo 5

Numero de muestra	Profundidad (m)	Humedad (%)	Pasando la malla 200 (%)	Límite Líquido	Límite Plástico	IP
1	0,55	9,2%	30,4%	45	10	35
2	1,00	9,7%	30,4%	45	10	35

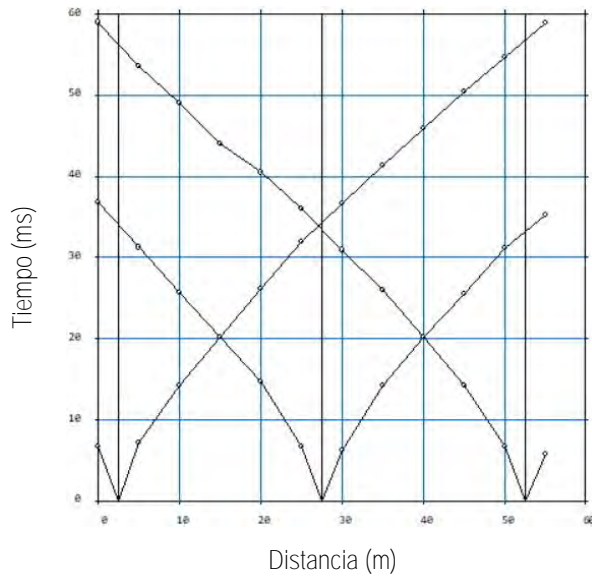
### 8.3. Resultados de las prospecciones geofísicas

#### Refracción sísmica

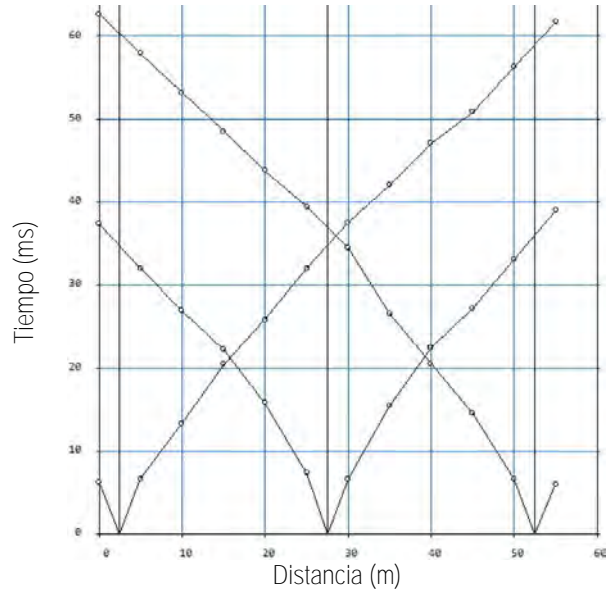


Refracción sísmica - Dromocrónicas

Perfil S-01

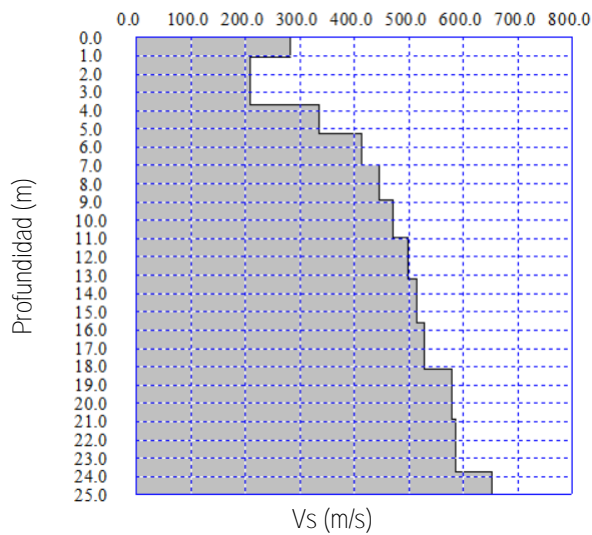


Perfil S-02

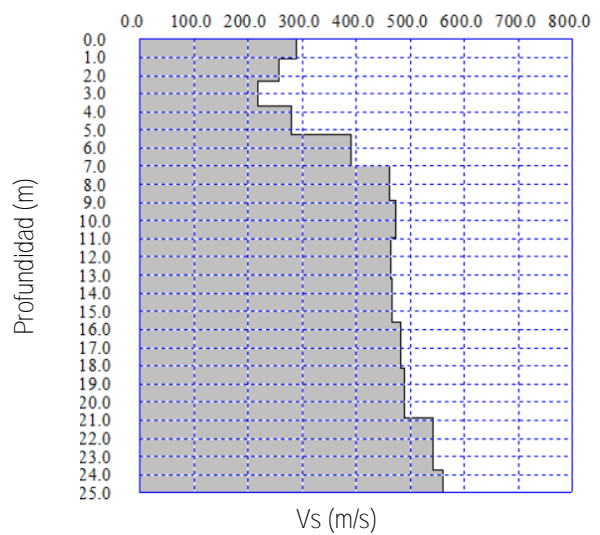


Ensayos MASW

MASW-01



MASW-02



Correlación MASW - N<sub>SPT</sub>

MASW-01

Profundidad (m)	Vs (m/s)	N <sub>SPT</sub>
0,0	282	30
1,1	209	12
2,3	209	12
3,7	336	52
5,3	414	102
7,0	445	128
8,9	471	153
11,0	499	184
13,2	515	203
15,6	528	220
18,1	578	295
20,9	586	308
23,7	653	433
26,8	756	693

MASW-02

Profundidad (m)	Vs (m/s)	N <sub>SPT</sub>
0,0	291	33
1,1	258	23
2,3	219	13
3,7	280	29
5,3	390	84
7,0	460	142
8,9	474	156
11,0	464	146
13,2	466	148
15,6	483	166
18,1	490	173
20,9	542	240
23,7	560	266
26,8	690	518





Estudio de Hidrología Básica  
Infraestructura Penitenciaria en Costa Rica  
Centro de Atención Institucional Calle Real de Liberia

Junio, 2020

## ESTUDIO DE HIDROLOGÍA BÁSICA DEL CAUCE DE AGUA DE LA MICROCUENCA EN QUE SE LOCALIZA EL AP

### PROYECTO: **Infraestructura penitenciaria en Costa Rica: CAI Calle Real (Liberia)**

**LOCALIZACIÓN:** Provincia: **Guanacaste** Cantón: **Liberia** Distrito: **Liberia**

**DESARROLLADOR:** **Ministerio de Justicia y Paz**

**PROFESIONAL QUE ELABORA EL ESTUDIO:** **Profesional en Ingeniería Civil con experiencia y conocimientos en el campo de la Hidrología**

**Nombre del profesional:** **Jorge Arturo Rodríguez Castillo**

**Número de cédula:** 2-0368-0863 **Número de colegiado:** IC-3606

**Registro SETENA:** CI-015-14 Vigencia: octubre 2021

### DOCUMENTO DE RESPONSABILIDAD PROFESIONAL

El suscrito Jorge Arturo Rodríguez Castillo, portador de la cédula de identidad número 2-0368-0863, profesional en ingeniería civil, manifiesto ser responsable directo de la información técnica científica que se aporta en el presente documento, la cual se elaboró para el proyecto denominado: Infraestructura penitenciaria en Costa Rica: CAI Calle Real (Liberia), el cual se desarrollará en el plano catastrado número: **5-1052159-2006**, finca número: **G-150604-000**.

En virtud de ello, someto el presente Estudio de Hidrología Básica del Cauce de Agua de la Microcuenca en que se localiza el AP, al conocimiento de la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA), como autoridad en materia de Evaluación de Impacto Ambiental del Estado costarricense, con el objetivo que sea analizado y se constate que el mismo ha cumplido con los lineamientos técnicos y normativos establecidos. Tengo presente que en apego al artículo 5 del Decreto Ejecutivo 32712-MINAE, la información contenida en este estudio se presenta bajo el concepto de Declaración Jurada, a conocimiento y conciencia de que dicha información es actual y verdadera y que, en caso contrario, pueden derivarse consecuencias penales del hecho. Por lo cual, manifiesto que, de encontrarse alguna irregularidad en la información, seré responsable no sólo por esta falta, sino también por las consecuencias de decisión que a partir de la información suministrada pudiera incurrir la SETENA y el desarrollador.

**Atentamente.**

**Arturo Rodríguez Castillo**

Fecha de emisión: 26 de junio de 2020

## Contenido

1.	Resumen .....	3
2.	Introducción .....	4
2.1	Datos sobre la finca estudiada .....	4
2.2	Coordinación profesional realizada .....	5
2.3	Objetivos del estudio .....	6
2.4	Metodología aplicada para llevarlo a cabo .....	6
3.	Trabajo realizado .....	7
3.1	Aspectos hidrológicos básicos del Área del Proyecto .....	7
3.2	Memoria de cálculo y parámetros utilizados .....	8
4.	Resultados hidrológicos obtenidos .....	13
4.1	Caudal de escorrentía para la condición actual y futura. ....	13
4.2	Verificación de capacidad hidráulica en la infraestructura actual .....	14
4.3	Punto de desfogue recomendado .....	16
4.4	Análisis de riesgo por inundación en el terreno .....	18
5	Evaluación de resultados y conclusiones hidrológicas .....	18
5.1	Alcance del estudio .....	19
5.2	Grado de incertidumbre .....	19

## 1. Resumen

### 1.1. Resumen de resultados

Desde el punto de vista de manejo de aguas pluviales, el proyecto se considera viable.

A partir de análisis de los mapas oficiales y visita de campo, se concluye que no existe amenaza de inundación en la propiedad.

No obstante, se recomienda dar mantenimiento a la infraestructura pluvial actual y propuesta, con el fin de evitar obstrucciones que puedan ocasionar disminuciones en la capacidad de transporte de caudal, y por lo tanto desbordamientos durante eventos de precipitación alta.

En el terreno en estudio se localizan 2 cauces de aguas no permanentes. Se delimitó una microcuenca para el cauce principal, con punto de control en dos alcantarillas que se localizan debajo de un paso peatonal. El área de la microcuenca es de aproximadamente 70.5 Ha.

Se realizó el análisis de caudales para esta microcuenca, con distintos períodos de retorno, y se encontró que el punto crítico (el paso de las alcantarillas) tiene capacidad para trasladar el agua pluvial en la condición futura (con la construcción de las estructuras propuestas) hasta para un período de retorno de 50 años.

### 1.2. Resumen de conclusiones técnicas

El desfogue pluvial para la zona donde se va a construir la nueva infraestructura se propone a través de un canal existente. Es necesario conformarlo adecuadamente y revestirlo de un material protector.

Se propone un canal de geometría cuadrada, con dimensiones de 50 cm de ancho por 50cm de profundidad y revestido en concreto. Para esta condición habría capacidad para el traslado del caudal generado por la impermeabilización propuesta.

Se recomienda verificar nuevamente la capacidad del canal una vez se tengan definidas las cotas de los edificios. Así como los valores de pendiente y verificar la velocidad y fuerza tractiva según normativa nacional.



Figura 1. Ubicación del área de estudio

Actualmente en el terreno existen obras de infraestructura del Centro de Atención Integral de Calle Real de Liberia, donde se alberga población privada de libertad, se tienen áreas verdes, un cuerpo de agua no permanente que atraviesa parte de la zona, un bosque pequeño asociado, árboles dispersos, entre otros.



Figura 2. Instalaciones actuales del CAI Calle Real

## 2.2 Coordinación profesional realizada

Para la realización del análisis hidrológico de la zona fue necesaria una visita al sitio para caracterizar el terreno y sus áreas aledañas, conocer condiciones de pendientes, uso del suelo, presencia de infraestructura pluvial actual, potenciales sitios de desfogue y caracterización del cuerpo receptor.

Para esta visita se coordinó con personal del Ministerio de Justicia y Paz, de manera tal que se pudo visualizar en campo las propuestas de desarrollo.

Además, se contó con el insumo del levantamiento topográfico del área de estudio, a partir del cual se hicieron los análisis respectivos y se propuso la solución de manejo de aguas.

### 2.3 Objetivos del estudio

Elaborar un análisis hidrológicos e hidráulicos en los terrenos propuestos para las nuevas obras del Centro de Atención Integral de Calle Real en Liberia, tomando en cuenta los cambios en el uso del suelo de los terrenos y la topografía y condiciones existentes.

### 2.4 Metodología aplicada para llevarlo a cabo.

El análisis realizado se hizo a partir de información bibliográfica que incluye normativa nacional, publicaciones científicas, libros, entre otros. Además, se contó con los insumos facilitados por el Ministerio de Justicia y Paz referentes al diseño de sitio propuesto. Por otra parte, se tiene la visita de campo para verificar las condiciones en sitio.

A partir de lo anterior se realizan los cálculos y caracterizaciones hidrológicas del área tributaria, con ayuda de Sistemas de Información Geográfica.

En la Figura 3 se plantea la metodología seguida para elaborar la memoria de cálculo de la estimación del exceso de escorrentía, generado por la construcción de las nuevas obras, y el comportamiento hidráulico del cauce o infraestructura presente ante el desfogue de la escorrentía pluvial.

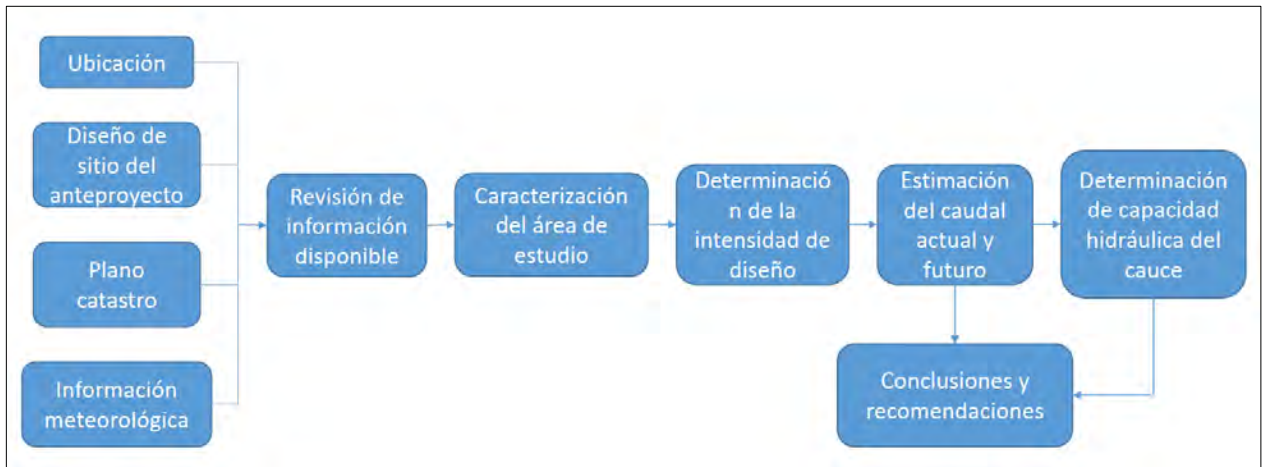


Figura 3. Metodología

### 3. Trabajo realizado

#### 3.1 Aspectos hidrológicos básicos del Área del Proyecto

Para el análisis hidrológico, se procedió a delimitar el área tributaria de la cuenca a donde desfogarían las aguas pluviales que escurrirán desde las zonas impermeabilizadas nuevas. Para esto, se estableció como punto de control la zona del paso peatonal que une los módulos del Centro de Atención Integral.

En este punto, se localizan 2 alcantarillas que permiten el paso del agua que se traslada a través del cauce de agua no permanente, así como los desfogues pluviales existentes de los edificios actuales.

A partir de fotografía aérea y verificación de campo, se procedió a delimitar esta microcuenca, y clasificar su área según el tipo de uso de suelo presente. Los resultados se muestran a continuación:

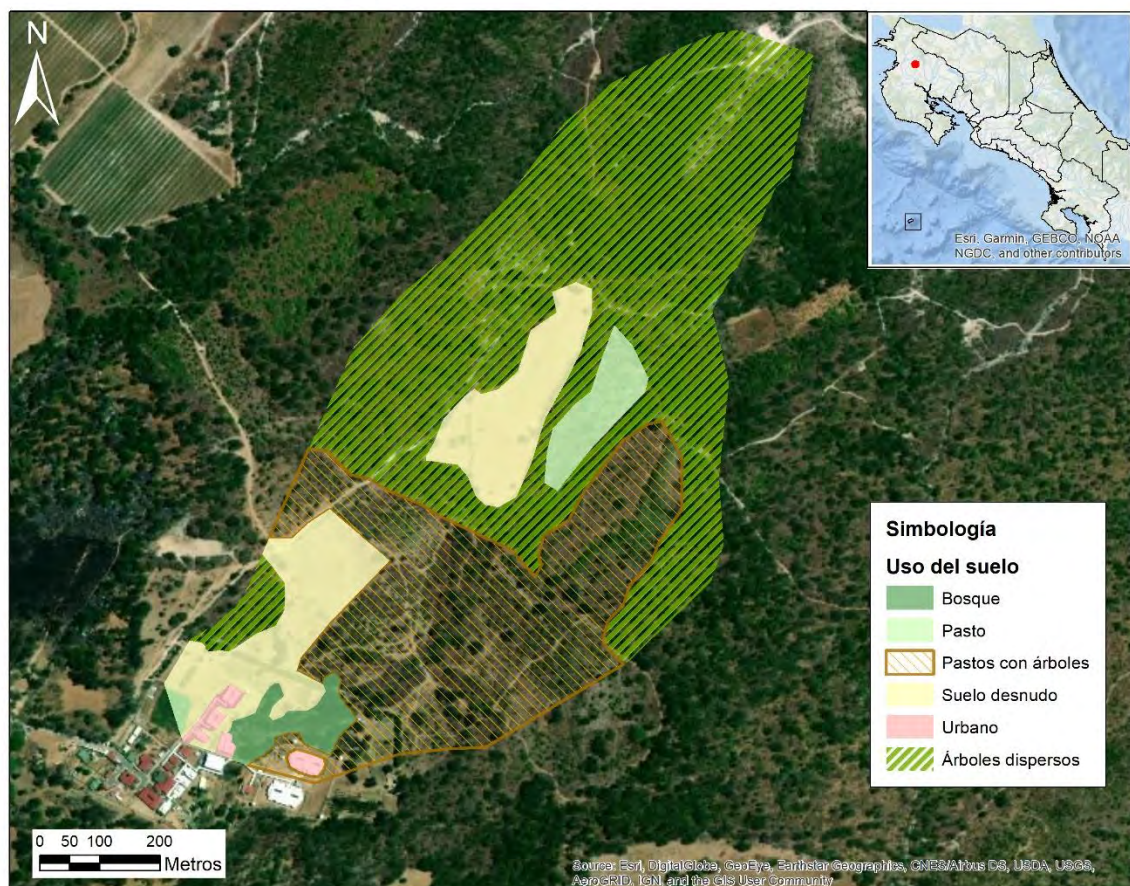


Figura 4. Uso del suelo presente en la microcuenca de estudio.



En el siguiente cuadro se muestra el área que abarca cada una de las categorías de uso del suelo encontradas en la microcuenca.

Uso del suelo	Áreas de drenaje (m <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)
Árboles dispersos	365 295,22	51,79
Bosque	14 252,95	2,02
Pasto	20 154,88	2,86
Pastos con árboles	206 042,14	29,21
Suelo desnudo	92 959,74	13,18
Urbano	6 664,15	0,94
<b>Total general</b>	<b>705 369,08</b>	

En total, se tiene un área aproximada de 70.54 hectáreas. El uso predominante es de árboles dispersos, asociados a la parte alta de la microcuenca, con poco más de la mitad del área; seguido del uso de pastos con árboles. Es importante destacar que las condiciones de cobertura del suelo varían mucho entre épocas seca y lluviosa, en particular para las zonas con presencia de pastos.

El área que abarca la infraestructura urbana representa apenas un 0.94% del total del área.

Con base en las curvas de nivel en escala 1:5000, así como el levantamiento topográfico, se determinó que, en términos de relieve, la microcuenca se clasifica como de topografía suave, con pendientes menores al 5%.

### 3.2 Memoria de cálculo y parámetros utilizados

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, supuesto válido en este caso según lo visto en la sección anterior. “El método racional supone que la máxima escorrentía ocasionada por una lluvia se produce cuando la duración de ésta es igual al tiempo de concentración”. (Villón, 2004)

El caudal que escurre por un área conocida puede determinarse a partir de la siguiente ecuación.

$$Q = \frac{C * I * A}{360} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde,

Q= caudal de diseño (m<sup>3</sup>/s)

I=intensidad de la lluvia (mm/h)

C=coeficiente de escorrentía (adimensional)

A=Área de drenaje (Ha)

Para el caso en estudio, se procedió al cálculo del caudal producido para la condición actual debido a la escorrentía del terreno y los edificios, y posteriormente para el escenario en el que se impermeabilice el área propuesta según diseño de sitio.

### 3.2.1 Áreas de drenaje

En la sección 3.1 se muestra la distribución del área de drenaje para la microcuenca en la condición actual.

Para el caso del escenario a futuro, se procedió a incorporar el diseño de sitio facilitado por el Ministerio de Justicia y Paz, este se muestra en la figura a continuación:

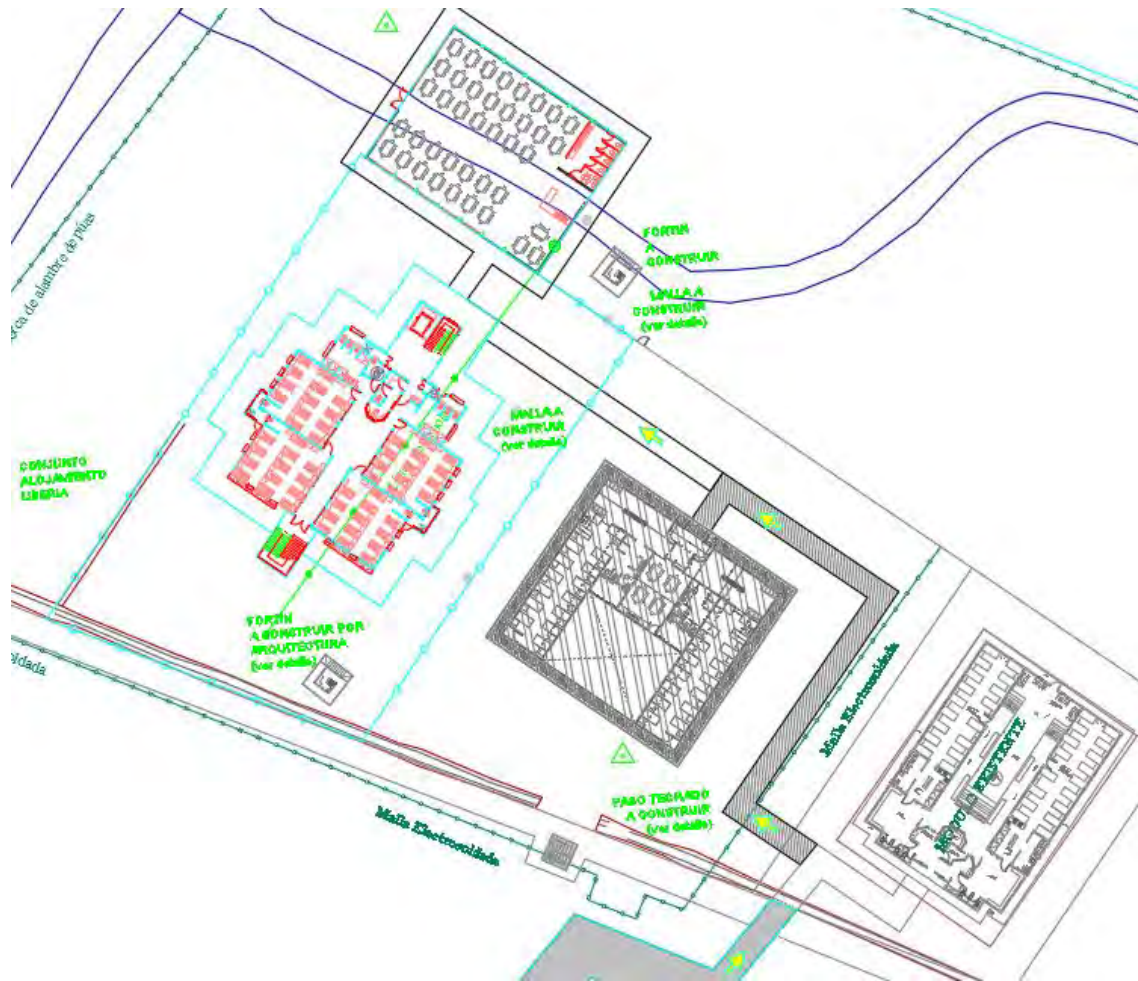


Figura 5. Diseño de sitio de infraestructura propuesta

La infraestructura propuesta corresponde a 3 edificios principales, un fortín, aceras y un paso peatonal techado. En total, se tiene un área aproximada de 2293.63 m<sup>2</sup> de construcción. En este escenario a futuro, las áreas de drenaje serían las siguientes:

Uso del suelo	Áreas de drenaje en condición futura (m <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)
Árboles dispersos	365 295,22	51,79
Bosque	14 252,95	2,02
Pasto	20 154,88	2,86
Pastos con árboles	206 042,14	29,21
Suelo desnudo	90 666,11	12,85
Urbano	8 957,78	1,27
<b>Total general</b>	<b>705 369,08</b>	

Según los datos mostrados, la impermeabilización producto de la construcción de la infraestructura propuesta, constituye apenas un aumento de un 0.33%, representado en un aumento en el área bajo la categoría de urbano, y una disminución equivalente en la categoría de suelo desnudo.

### 3.2.2 Tiempo de concentración

Este corresponde a la duración que transcurre para que el flujo de agua recorra el punto más alejado del área de drenaje hasta la salida de esta.

Siguiendo lo estipulado en la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial, se utiliza el mínimo indicado de 10 minutos, haciendo la salvedad que para una cuenca plana como la de estudio, corresponde a un valor conservador.

### 3.2.3 Intensidad de la lluvia

Se estima a partir de curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) que se hayan hecho a partir de datos meteorológicos que sean representativos de la zona.

Para el caso en estudio, se utilizaron las curvas desarrolladas por el Instituto Meteorológico Nacional en su publicación “Curvas de Intensidad Duración Frecuencia de algunas estaciones meteorológicas automáticas”. En esta, se incluyen los resultados para el caso de la estación número 74-51, localizada en el Aeropuerto de Liberia y que posee registros de datos para un período de 13 años.

Las intensidades para distintas duraciones y períodos de retorno se muestran a continuación:

Intensidades de precipitación para distintos períodos de retorno (mm/hr)							
Duración (min)	Período de retorno (años)						
	5	10	25	50	100	250	500
5	171,67	199,84	235,42	261,82	288,03	322,53	348,59
10	153,96	180,71	214,51	239,58	264,46	297,23	321,97
15	141,01	167,18	200,26	224,8	249,15	281,22	305,43
30	112,16	135,79	165,66	187,82	209,81	238,77	260,64

Fuente: Instituto Meteorológico Nacional, 2011.

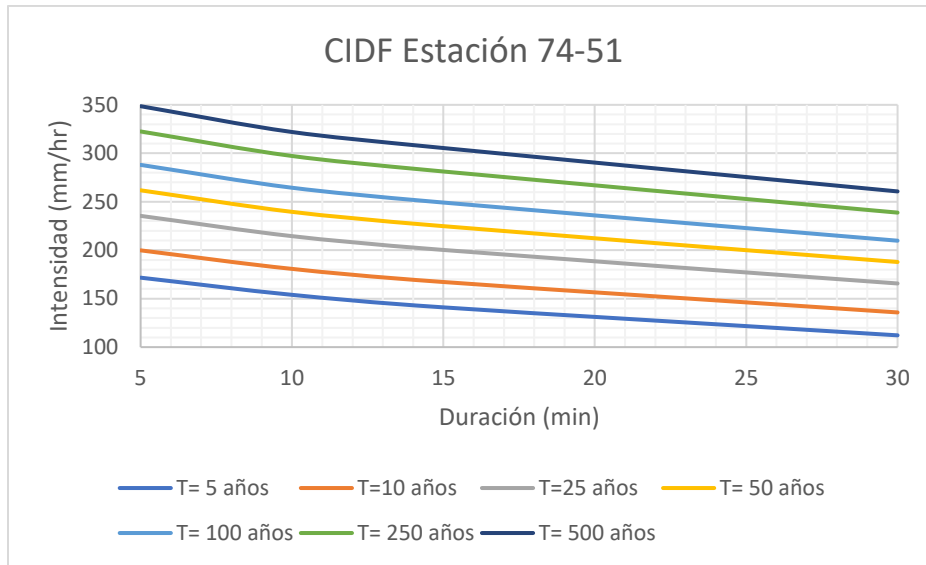


Figura 6. Curvas IDF para la estación meteorológica ubicada en el aeropuerto de Liberia.

Fuente: elaboración propia con base en los datos de IMN, 2011.

Por condiciones de cercanía y características climáticas similares, los datos mostrados anteriormente se consideran representativos para el área de estudio.

### 3.2.4 Coeficiente de escorrentía (C)

Corresponde a la fracción de la precipitación total que efectivamente llega hasta el punto de control. Es adimensional y depende de las condiciones físicas y de cobertura que existan en el terreno.

En caso de cuencas con superficies de características heterogéneas, se calcula el valor del coeficiente a través de una media ponderada en función del área, según la fórmula:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad \text{Ecuación (2)}$$

Donde:

C= Coeficiente de escorrentía ponderado

C<sub>i</sub>= coeficiente de escorrentía para el área A<sub>i</sub>

A<sub>i</sub>= área parcial i

n= número de áreas parciales

Los valores C se obtienen a partir de las recomendaciones dadas en la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial del AyA (2017) y en el Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias de Costa Rica.

Los coeficientes de escorrentía asignados a los distintos usos del suelo, y el valor ponderado para las condiciones actual y futura se muestran a continuación.

Uso del suelo	Áreas de drenaje en condición actual (m <sup>2</sup> )	Áreas de drenaje en condición futura (m <sup>2</sup> )	Coficiente de escorrentía C
Árboles dispersos	365 295,22	365 295,22	0,15
Bosque	14 252,95	14 252,95	0,10
Pasto	20 154,88	20 154,88	0,20
Pastos con árboles	206 042,14	206 042,14	0,15
Suelo desnudo	92 959,74	90 666,11	0,35
Urbano	6 664,15	8 957,78	0,90
<b>Total general</b>	<b>705 369,08</b>	<b>705 369,08</b>	
<b>C Ponderada</b>	<b>0,184</b>	<b>0,186</b>	

#### 4. Resultados hidrológicos obtenidos

##### 4.1 Caudal de escorrentía para la condición actual y futura.

A partir de la aplicación de la ecuación (1), se procede a estimar el caudal de escorrentía que llega hasta el punto de control determinado tanto para la condición actual como la futura.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para distintos períodos de retorno.

Período de retorno (años)	10	25	50	100
Caudal actual (L/s)	5546,431	6510,104	7727,754	8630,904
Caudal con desarrollo (L/s)	5600,381	6573,427	7802,921	8714,857

Según la “Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial”, se recomienda utilizar como mínimo un período de retorno de 10 años en sistemas de alcantarillado pluvial convencionales.

Para esa condición, se tiene que la construcción de la infraestructura representaría un aumento en el caudal de 53.95 litros por segundo, lo que corresponde a un incremento de menos de 1 punto porcentual (0.97%) en el caudal que existe en el punto de control.

#### 4.2 Verificación de capacidad hidráulica en la infraestructura actual.

En el punto de control para la microcuenca en estudio, se localizan actualmente 2 alcantarillas de concreto, con diámetro interno de 1.1 m, que sirven como paso de agua por un tramo pequeño debajo del paso peatonal.



Figura 7. Alcantarillas en punto de control

Se procede a verificar la capacidad hidráulica de esta infraestructura, con el fin de garantizar su buen comportamiento aún en el escenario con la construcción de la nueva infraestructura. Para encontrar el caudal que podría pasar por la alcantarilla se parte de la relación:

$$Q = \frac{1000}{n} A_M (R_H)^{2/3} S^{1/2} \quad \text{Ecuación (3)}$$

En donde:

Q= caudal de diseño del colector

N= coeficiente de rugosidad de Manning, en el caso de estudio correspondiente a alcantarillas de concreto, por lo tanto, se usa valor de 0.013

AM= área mojada (m<sup>2</sup>) calculada como  $\frac{d^2}{2} \left( \frac{\pi}{3} + \frac{\sqrt{3}}{8} \right)$  para sistemas donde la descarga alcanza  $\frac{3}{4}$  partes del diámetro del tubo.

RH= radio hidráulico, dado por  $\frac{d}{4} \left( 1 + \frac{3\sqrt{3}}{8\pi} \right)$  para sistemas donde la descarga alcanza  $\frac{3}{4}$  partes del diámetro del tubo.

S= pendiente del conducto (m/m), estimada en 2% a partir de la visita de campo.

Se encontró que la capacidad de cada alcantarilla corresponde a 3986.62 l/s; por lo que, en total, el tramo tendría una capacidad de trasladar 7973.25 l/s.

Al verificar versus los caudales esperados, se tiene que el sistema de 2 alcantarillas tiene capacidad suficiente para trasladar las aguas pluviales para períodos de retorno de hasta 50 años.

Es importante destacar que esta verificación se da para el caso en el que el agua ocupe hasta  $\frac{3}{4}$  del diámetro de las alcantarillas, y que esta capacidad se puede ver disminuida por obstrucciones, las cuales son comunes en eventos de precipitaciones extremas con poder de arrastre de ramas, hojas, piedras, basura, entre otros.

Incluso actualmente se encuentran tapadas las alcantarillas en casi toda su área transversal para evitar el paso entre las zonas aguas arriba y abajo de este punto.



### 4.3 Punto de desfogue recomendado

Actualmente en el terreno existe un canal que sirve para canalizar las aguas pluviales desde la zona sur de donde se plantea la construcción de infraestructura, hasta un cauce menor que llega hasta el punto de control en el cruce de las alcantarillas.



Figura 8. Canal para desfogue de aguas pluviales.

Se recomienda el desfogue directamente a este canal, para lo cual se debe conformar la geometría de manera regular, revestirlo de algún material como concreto, y darle mantenimiento para evitar la presencia de basura y vegetación en él. Además, valorar la colocación de rejillas.

La localización de este canal de desfogue se muestra en la siguiente figura:



Figura 9. Desfogue propuesto

Por último, se procede a verificar la geometría de la sección propuesta, de manera tal que pueda albergar el caudal de escorrentía y cumpla con los requisitos dados en normativa.

El caudal generado por la construcción de la nueva infraestructura se calcula a partir de la ecuación (1), con el área de la huella de los edificios, aceras y pasos peatonales propuestos, y la intensidad para una tormenta de 10 minutos y 10 años de período de retorno. Con estos valores se encuentra un valor de caudal de 88,2 l/s.

Se propone una sección cuadrada de 0.5 x 0.5 de ancho, con la pendiente similar a la condición actual, medida a partir del levantamiento topográfico, con un valor de 0.7%. La capacidad se calcula a partir de la ecuación (3). Suponiendo la condición en la que la altura del agua alcance el 60% de la altura del canal (30 centímetros), se tiene que habría una capacidad de trasladar

261.18 l/s por lo que podría trasladar el caudal generado. Un esquema de la geometría propuesta se muestra a continuación.

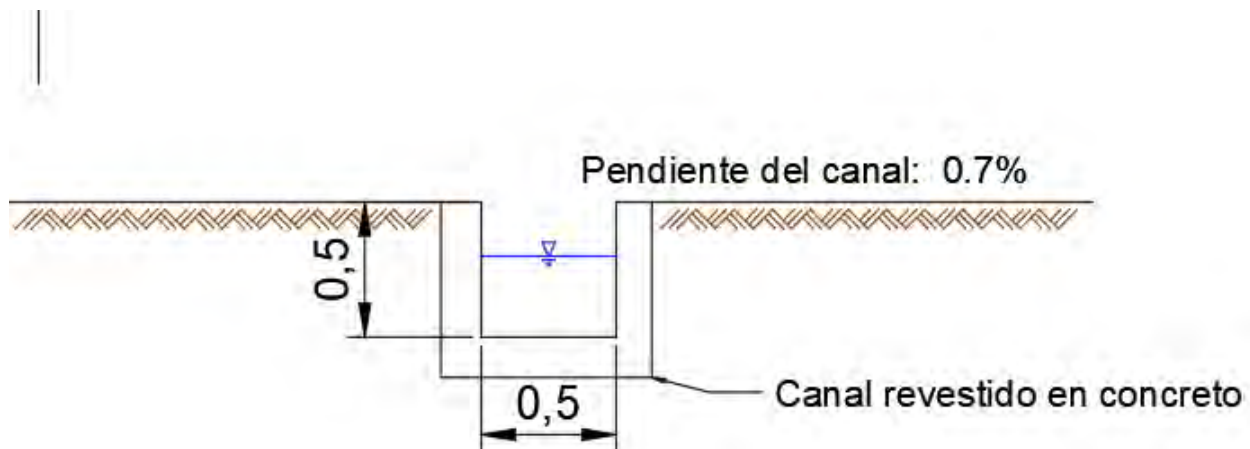


Figura 10. Geometría del canal propuesto

#### 4.4 Análisis de riesgo por inundación en el terreno

Según el mapa oficial de amenazas para el cantón de Liberia, publicado por la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE), el terreno en estudio no se encuentra cercano a zonas de riesgo aparentes. Los cuerpos de agua cercanos no presentan zonas de inundación asociadas.

Según condiciones vistas durante la visita de campo, no existe un cuerpo de agua cercano que pueda afectar directamente el terreno en un evento de desbordamiento, el cauce que atraviesa la propiedad es de carácter no permanente.

No obstante, se debe dar limpieza y mantenimiento al sistema de alcantarillado pluvial para evitar problemas de desbordamiento por obstrucciones.

## 5 Evaluación de resultados y conclusiones hidrológicas

Se realizó el análisis hidrológico del terreno donde se propone la construcción de nueva infraestructura en el Centro de Atención Integral Calle Real en Liberia.

Se determinó y caracterizó el área tributaria que aporta aguas de escorrentía hasta un punto de interés, situado en el lote propiedad del Ministerio de Justicia y Paz.

Se tiene que el aporte en la condición a futuro producto de la impermeabilización por la nueva infraestructura planteada, representa apenas un 0.97% de aumento en el caudal con respecto a la situación actual.

Se verificó la capacidad de las alcantarillas colocadas en sitio, y se encontró que poseen capacidad para trasladar las aguas pluviales provocadas por tormentas de hasta 50 años de período de retorno.

Se propuso un canal para el traslado de las aguas pluviales generadas por la nueva infraestructura hasta un cauce no permanente que atraviesa la propiedad. Se verificó que la geometría propuesta cumple con la capacidad para traslado del caudal a futuro.

### 5.1 Alcance del estudio

El alcance del presente estudio abarca el análisis hidrológico necesario para recomendar un correcto punto de desfogue para aguas pluviales, tomando en cuenta las características del terreno y su entorno (a nivel de microcuenca). Además de verificar los caudales por lluvia generados en la condición actual del terreno y bajo el escenario de la construcción de la infraestructura propuesta.

Se debe verificar los resultados en caso de que se plantee un cambio significativo en el área de impermeabilización propuesta. De igual manera si ocurriera un cambio en el uso del suelo en terrenos dentro del área tributaria y que pudieran ocasionar un aporte importante en el caudal que llega hasta el terreno en estudio.

En caso de que se propongan movimientos de tierra (excavaciones o rellenos) que cambien considerablemente los niveles existentes, se recomienda revisar los valores de pendientes para el manejo de las aguas.

### 5.2 Grado de incertidumbre

La principal incertidumbre en el análisis efectuado corresponde a la asociada a los datos meteorológicos, específicamente en el cálculo de la intensidad de la lluvia. Esta se realizó mediante las curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia características de la estación meteorológica localizada en el aeropuerto de Liberia. A pesar de esto, se considera que el cálculo empleado es representativo para la zona por cercanía y condiciones climáticas similares.

Los valores de caudal también podrían variar en un rango dependiendo del valor empleado de coeficiente de escorrentía, según valores recomendados en distinta bibliografía.

### Referencias Bibliográficas

Chow, V. et al. (1994). *Hidrología Aplicada*. Bogotá, Colombia: McGraw-Hill Interamericana.

Chow, V. et al. (1994). *Hidráulica de canales abiertos*. Bogotá, Colombia: McGraw-Hill Interamericana.

Murillo, R. (1994). *Estudio de intensidades de lluvia en la cuenca del río Virilla*. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, UCR: Informe final de proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciado en Ingeniería Civil.

Varhson, W., Romero, M., Arauz, I., Sánchez, S., & Chacón, R. (1992). Análisis probabilístico de lluvias intensas en Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, 45-58.

Villón, M. (2004). *Hidrología*. Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.

14 de junio de 2020

Lcda. Cynthia Barzuna  
Secretaria General  
Secretaría Técnica Nacional Ambiental  
Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones

Estimado Señora:

Por medio de la presente, conforme a los requerimientos del Decreto Ejecutivo N° 32712-MINAE, le remito la nota de certificación sobre la consideración del riesgo antrópico para el proyecto **Módulo de alojamiento CAI Liberia**, ubicado en la propiedad con plano catastro G-1052159-2006 y que tiene como desarrollador al Ministerio de Gobernación y Policía.

Una vez aplicados los criterios establecidos en el inciso 3) de la sección I del Anexo 5 del decreto ejecutivo mencionado, se concluye que no existen fuentes de riesgo antrópico para este proyecto.

Sin otro particular se despide

Atentamente

Diana Hidalgo Avila  
CI- 80 - 2002

## **ESTUDIO ARQUEOLÓGICO RÁPIDO**

### **PROYECTO**

Módulo de alojamiento en el CAI Liberia

### **LOCALIZACIÓN**

**Provincia:** Guanacaste


**Cantón:** Liberia

**Distrito:** Liberia

### **DATOS DEL DESARROLLADOR**

Ministerio de Justicia y Paz

### **DATOS DEL O LOS PROFESIONAL (ES) QUE ELABORAN LOS ESTUDIOS**



**Nombre del profesional:** Emma Tomasita Durán Mora

**Número de cédula:** 3-0253-0556

**Número de colegiado:** N/A

**Número de Consultor Individual SETENA:** CI-312-16-SETENA

**Mayo,2020.**

## **Documento de responsabilidad profesional**

El suscrito **Emma Tomasita Durán Mora**, portador de la cédula de identidad número: **3-0253-0556** , profesional en Arqueología, incorporado al colegio profesional: **N/A**, número de colegiado: **N/A**, consultor inscrito en la Secretaría Técnica Nacional Ambiental, según registro: **CI-312-16-SETENA**, cuya vigencia se encuentra al día hasta el **16 de diciembre del 2020**. Manifiesto ser responsable directo de la información técnica científica que se aporta en el presente documento, elaborado para el proyecto denominado: **Módulo de alojamiento en el CAI Liberia** el cual se desarrollará en el plano catastro número: **G-1052159-2006**

En virtud de ello, someto el presente Estudio Arqueológico al conocimiento de la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA), como autoridad en materia de Evaluación de Impacto Ambiental del Estado costarricense, con el objetivo que sea analizado y se constate que el mismo ha cumplido con los lineamientos técnicos y normativos establecidos. Tengo presente que en apego al artículo 5 del Decreto Ejecutivo 32712-MINAE, la información contenida en este estudio se presenta bajo el concepto de Declaración Jurada, a conocimiento y conciencia de que dicha información es actual y verdadera y que, en caso contrario, pueden derivarse consecuencias penales del hecho. Por lo cual, manifiesto que, de encontrarse alguna irregularidad en la información, seré responsable no sólo por esta falta, sino también por las consecuencias de decisión que a partir de la información suministrada pudiera incurrir la SETENA y el desarrollador.

**Atentamente.**

---

**Emm Tomasita Durán Mora**

**Cédula: 3-0253-0566**

**CI-312-16-SETENA**



**FORMULARIO DE INSPECCIÓN ARQUEOLÓGICA RÁPIDA**  
**SECRETARÍA TÉCNICA NACIONAL AMBIENTAL**  
**INFORME DE INSPECCIÓN**

N° Expediente SETENA

Fecha de Inspección: Mayo, 2020

**A. Información del desarrollador (la persona física o jurídica, pública o privada) que realizará la actividad, obra o proyecto.**

1. Nombre del encargado de la actividad: **Ministerio de Justicia y Paz**

2. Nombre del desarrollador: **Ministerio de Justicia y Paz**

3. Teléfono: **8815-0356**

**B. Información sobre la actividad, obra o proyecto.**

4. Tipo de actividad, obra o proyecto. **Construcción de módulo de alojamiento penitenciario**

5. Nombre de la actividad, obra o proyecto: **Módulo de alojamiento en el CAI Liberia**

**B.1. Ubicación geográfica del área del proyecto**

6. Provincia, Cantón, Distrito: **Guanacaste, Liberia, Liberia**

7. Coordenadas Lamber: **coordenadas CRTM05 X:345529 – Y:1174065**

8. Hoja (s) cartográficas): **Monteverde**

**B.2. Área de Proyecto (AP)**

9. Área de proyecto (Ha o m2): **49759 m2**

10. Área de impacto directo (Ha o m2): **2000 m2**

11. N° de plano(s) catastrado(s): **plano G-1052159-2006**

12. Se han realizado movimientos de tierra: ( ) Si (X) No m<sup>2</sup>. % del AP: %

13. Magnitud de los movimientos de tierra: **N/A**

14. Topografía: (X) Plana < 15% ( ) Ondulada 15 - 30% ( ) Quebrada 30 - 50% ( ) Muy quebrada > 50%

15. Cobertura vegetal actual: (X) Limpio ( ) Pasto ( ) Bosque primario ( ) Charral ( ) Tacotal ( )  
( ) Bosque secundario ( ) Otra

16. Fuentes fluviales más cercanas (ríos, quebradas): ( ) Si: (X) No

17. Infraestructura actual existente en el AP: **Ninguna**

18. Uso actual del AP: **Ninguno**

19. Etapa/actividad en la que se encuentra la actividad, obra o proyecto a desarrollar: **Trámite de viabilidad ambiental**

20. Infraestructura a desarrollar en el AP: **Construcción de módulo de alojamiento penitenciario**

**C. Información sobre la inspección:**

21. (X) Prim. Inspección ( ) Revisita

22. Metodología: (X) Asistemática ( ) Sistemática ( ) Recorrido Total (X) Recorrido Parcial ( ) Cateos  
( ) Limpieza selectiva de la capa vegetal ( ) Observación de cortes y perfiles ( ) Transectos ( ) Otro

23. Explique el patrón de recorrido del terreno: **Asistemático**

24. Observación de la superficie por densidad de cobertura vegetal: ( ) Total (X) Parcial ( ) Nula	
<b>C1. Recursos Arqueológicos</b>	
25. Existen materiales o rasgos culturales: ( ) Sí (X) No	
26. Tipo de material: ( ) Cerámica ( ) Lítica ( ) Otro (X) N/A	
27. Tipo de rasgo: ( ) Tumba ( ) Calzada ( ) Montículo ( ) Basamento ( ) Conchero ( ) Otro (X) N/A	
28. Se observa material cultural en terrenos colindantes: ( ) Sí (X) No	
29. Explique el tipo de evidencia observada: <b>N/A</b>	
30. Densidad del material por m <sup>2</sup> : ( ) Baja < 5 fragmentos ( ) Media de 5 a 20 fragmentos ( ) Alta > 20 fragmentos <b>N/A</b>	
31. Se registró sitio arqueológico: ( ) Sí (X) No <i>Adjuntar hoja de registro y plano de ubicación</i>	
32. Nombre del Sitio (s) y Clave (s): <b>N/A</b>	
33. Extensión aproximada del sitio arqueológico en m <sup>2</sup> : <b>N/A</b>	
<b>C2. Información Gráfica</b>	
34. Mapa o croquis: ( ) Sí ( ) No Fotografías: (X) Sí ( ) No ( ) Color ( ) Diapositiva ( ) Blanco y Negro	
35. Observaciones: <b>El área de proyecto no presenta potencial arqueológico</b>	
36. Nombre y cédula del inspector: <b>Emma Tomasita Durán Mora / Cédula: 3-0253-0556</b>	
37. No. Consultor ambiental de SETENA: <b>CI-312-16-SETENA</b>	
38. Nombre y cédula del desarrollador o representante: <b>Ministerio de Justicia y Paz</b>	
	<b>39. Recomendación técnica</b>
	Con base en los puntos antes señalados y específicamente en los puntos <b>C1</b> se concluye que:
	<b>( X ) No requiere más estudios arqueológicos</b>
	( ) Revisar el AP
	( ) Evaluación Arqueológica
	( ) Supervisión de Movimientos de Tierra
( ) Otra	
<b>40. Otras recomendaciones:</b> No requiere más estudios arqueológicos, sin embargo, si durante los movimientos de tierra se registran de manera fortuita rasgos o materiales precolombinos, se debe de detener la obra y dar aviso al Museo Nacional de Costa Rica (Tel: 2253-0679), correo: <a href="mailto:antropología@museocostarica.go.cr">antropología@museocostarica.go.cr</a> , esto con base en la <b>Ley 6703 *- Artículo 13.</b>	

**Evidencia fotográfica:**



Panorámica del terreno



## Registro fotográfico

Fotografías tomadas el día fotografía del 18 de abril de 2020



Vista general de la propiedad desde la esquina este



Vista del AP visto desde la colindancia sur



Colindancia del AP con la cancha de futbol del CAI

San José, 30 de junio de 2020

Lcda. Cynthia Barzuna  
Secretaria General  
Secretaría Técnica Nacional Ambiental  
Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones

**ASUNTO: JUSTIFICACION DE NO PRESENTACION DE ESTUDIO BIOLÓGICO**

**Proyecto: Módulo de alojamiento en el CAI Liberia**

El suscrito Pablo Morales Jiménez, portador de la cédula de identidad número 1-1031-0460, profesional en Biología Incorporado al colegio de Biólogos con el número 1333, consultor inscrito en la Secretaría Técnica Nacional Ambiental, según registro CI-245-05, cuya vigencia se encuentra al día hasta marzo de 2022, manifiesto por este medio que para el caso del proyecto **Módulo de alojamiento en el CAI Liberia**, ubicado en la propiedad con plano catastro G-1052159-2006, localizado en distrito: Liberia, cantón Liberia, provincia Guanacaste, el terreno presenta una cobertura de pasto, ubicado dentro de un centro de atención a privados de libertad, por lo que la actividad constructiva o la operación del proyecto no generará un impacto directo significativo sobre el ambiente biológico en el AP ni su área de influencia.

Por tanto, se justifica la no presentación del estudio biológico rápido, ya que las condiciones del sitio no reúnen las características para considerarlo como una zona frágil o que requiera de un estudio biológico detallado

Atentamente,

---

Biol. Pablo Morales Jiménez  
CI 245-05-SETENA  
Colegio de Biólogos N° 1333

16 de junio de 2020

Lcda. Cynthia Barzuna  
Secretaria General  
Secretaría Técnica Nacional Ambiental  
Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones

Estimado Señora:

Por este medio, la suscrita, Diana Hidalgo Avila, mayor de edad, ingeniera civil, portadora de la cédula de identidad número 1-0972-0490, para efectos de completar la información técnica asociada el Formulario D1 de SETENA, en concordancia con el Inciso F, Numeral 1.4, Artículo 9 del Decreto 34375-MINAE, Modificaciones al Manual de Instrumentos Técnicos para el Proceso de EIA; en mi calidad de miembro activo del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica, declaro bajo fe de juramento la presente Certificación de Costos de Inversión Global del proyecto **Módulo de alojamiento en el CAI Liberia**, ubicado en la propiedad con plano catastro G-1052159-2006, el cual tiene un valor de \$ 3 400 000 (tres millones cuatrocientos sesenta mil dólares), desglosado de la siguiente forma:

Rubro	Costo (dólares)
Terreno	\$ 60 000
Obras de infraestructura y edificación	\$ 3 400 000
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 3 460 000</b>

Además, certifico que:

- Las obras de electrificación están contempladas en el presupuesto indicado.
- El costo del personal calificado y no calificado, además del costo de los equipos necesarios, ya están incluidos en el presupuesto indicado.
- La vida útil del proyecto puede estimarse en 50 años.
- El valor de rescate puede estimarse en un 10% del monto total de inversión del proyecto.

Agradeciendo su atención a la presente, se suscribe,

Atentamente,

\_\_\_\_\_  
Diana Hidalgo Ávila  
CI-80-2002