



Ingenieros Geotécnicos, S.A.

Ave. Ricardo J. Alfaro
Edison Plaza, Tercer Piso, Ofic.38
Teléfonos: (507)279-0014/0413/0366
Fax: (507)279-0365
Apdo. Postal: 0823-0423, Panamá
www.geo.com.pa

Panamá, 11 de abril de 2025

Señores
ITECPA, S.A.
E.S.D

REF: Investigación en Sitio –*Puente Quebrada La Higuera*

Por este medio tenemos el agrado de presentarle nuestro informe en relación a la investigación de sitio para el proyecto de referencia, el cual estará ubicado en Macaracas, Prov. de Los Santos.

Quedamos a su disposición para aclarar cualquier duda que pueda surgir a raíz de este informe.

Atentamente,
Ingenieros Geotécnicos, S.A.

11 de abril de
2025



INGENIEROS GEOTÉCNICOS, S.A.

Investigación en Sitio

PUENTE QUEBRADA LA HIGUERONA

Preparado para:
ITECPA, S.A.



Ingenieros Geotécnicos, S.A.

Ave. Ricardo J. Alfaro

Edison Plaza, Tercer Piso, Oficina 38

Teléfonos: (507) 279-0014/0413/0366

Fax. (507) 279-0365

Apartado Postal: 3628, zona 7, Panamá

E-mail: info@ingeotec.net

Web Site: www.geo.com.pa

TABLA DE CONTENIDO

1. ALCANCE DEL ESTUDIO
2. RECOMENDACIONES
3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO
 - 3.1 GEOLOGÍA DEL SITIO
4. PLANTA Y UBICACIÓN DE SONDEOS
5. REGISTROS DE PERFORACIÓN
6. RESULTADOS DE LABORATORIO
7. SECCION GEOLÓGICA
8. DESCRIPCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ESTRATOS
9. CONSIDERACIONES SÍSMICAS

1. ALCANCE DEL ESTUDIO

Para este proyecto realizamos dos (2) perforaciones, una para cada futuro estribo, con equipo mecánico. Las perforaciones se extendieron hasta la profundidad necesaria para identificar los materiales geológicos que inciden sobre el diseño de los cimientos del proyecto. A intervalos convenientes se realizaron pruebas de penetración estándar, para cuantificar la consistencia de los suelos en sitio. En el punto 4, se muestra la planta y la ubicación de sondeos.

Además, se realizaron ensayos de laboratorio: contenido de humedad, límites de Atterberg, ensayos de granulometría y compresión simple de roca.

Basándose en el alcance de la exploración que acordamos con ustedes, podemos considerar que las recomendaciones emitidas en este informe son de carácter final. En el resto del informe se brindan mayores detalles al respecto.

2. RECOMENDACIONES

La estructura propuesta consiste en un (1) puente vehicular. El proyecto se encuentra ubicado sobre Qbda. La Higuerona, Macaracas, Prov. de Los Santos. A continuación, se presentan las recomendaciones para los cimientos de cada estribo:

2.1 Cimientos para Estribo en H-01

Se puede cimentar la estructura propuesta sobre zapatas. Las zapatas deben ser desplantadas a una profundidad mínima de 4.00 metros por debajo del lecho del río y se deben dimensionar para una capacidad de soporte admisible de 40,000 kg/m².

El fondo de las excavaciones para las zapatas deberá ser completamente horizontal, encontrarse en un solo material geológico y estar libre de escombros y suelos reblandecidos, antes del vaciado.

2.2 Cimientos para Estribo en H-02

Se puede cimentar la estructura propuesta sobre zapatas. Las zapatas deben ser desplantadas a una profundidad mínima de 4.00 metros por debajo del lecho del río y se deben dimensionar para una capacidad de soporte admisible de 30,000 kg/m².

El fondo de las excavaciones para las zapatas deberá ser completamente horizontal, encontrarse en un solo material geológico y estar libre de escombros y suelos reblandecidos, antes del vaciado.

2.2 Consideraciones Sísmicas

2.2.1 Carga Sísmica

La caracterización del Riesgo Sísmico en el sitio se obtuvo del Reglamento Estructural de Panamá (REP-2021). Esta carga sísmica se caracteriza por la aceleración máxima del terreno (PGA), la aceleración de respuesta espectral para estructuras de período corto (Ss) y la aceleración de respuesta espectral para estructuras de período largo (S1). Los valores correspondientes al sitio son:

$$PGA = 0.39g; Ss (0.2s) = 0.84; S1 (1.0s) = 0.30$$

2.2.2 Perfil sísmico del sitio

El perfil del sitio se clasifica como tipo C, de acuerdo con la edición 2021 del Reglamento Estructural Panameño (REP-2021). El valor ponderado de penetración se calculó utilizando la siguiente fórmula, de acuerdo con las recomendaciones del Reglamento Estructural Panameño (REP-2021).

$$\bar{N} = \frac{\sum d_i}{\sum (d_i / N_i)}$$

Donde: d_i Espesor de los estratos / N_i Valor de N (golpes por pie), de la prueba de penetración estándar. \bar{N} Valor ponderado de penetración estándar.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El propósito de esta investigación fue determinar las características de los materiales geológicos en el sitio, de manera que se pueda diseñar la estructura propuesta de modo confiable. La estructura propuesta consiste en un (1) puente vehicular. El proyecto se encuentra sobre Qbda. La Higuera, Macaracas, Prov. de Los Santos.




Figura 3-1. Ubicación del Proyecto en el Mapa Satelital de Google Earth

3.1. GEOLOGÍA DEL SITIO

Macaracas (TO – MAC)

Período Terciario. Grupo Macaracas. Tobas y areniscas tobáceas. Estos materiales se encuentran en diversos grados de meteorización. El sitio presenta un perfil de meteorización gradual, típica en áreas de clima tropical: las rocas sanas a cierta profundidad se van convirtiendo en rocas cada vez más meteorizadas hacia la superficie, donde usualmente se presentan como suelos residuales completamente meteorizados.

En la Figura 3-2, se muestra la ubicación del proyecto en el mapa geológico con referencia señalada.

Período	Grupo	Color	Formación	Descripción
TERCIARIO	Macaracas		Macaracas	Tobas y Areniscas Tobáceas

Referencia
 “GEOLOGÍA” . Dirección General de Recursos Minerales (DGRM).
 Mapa Geológico. Escala 1:250,000.
 Mapa Geológico. Escala 1:1,000,000. (Atlas Nacional de Panamá)

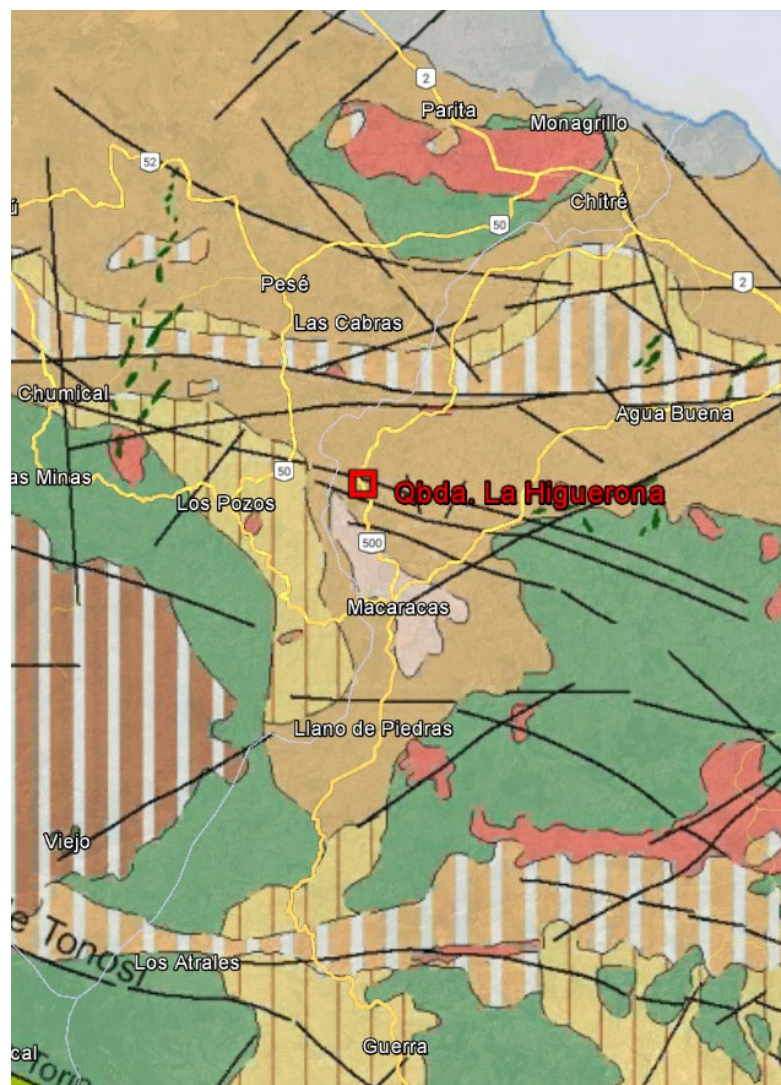


Figura 3-2. Ubicación del Proyecto en el Mapa Geológico



Ingenieros Geotécnicos, S.A.

PROYECTO:
PUENTE QUEBRADA LA HIGUERONA

CLIENTE:
ITECPA, S.A.

TÍTULO:
**4. PLANTA Y UBICACIÓN DE
SONDEOS**

ESCALA:
1:1

HOJA:
1_DE_1

5. Registros de Perforación y Registro de Ensayo SPT y Muestreo

CLIENTE ITECPA

CODIGO DE PROYECTO 2378/2025

PROYECTO PUENTE QBDA. LA HIGUERONA

LOCALIZACION MACARACAS, PROV. DE LOS SANTOS

INICIADA 4/2/25

NORTE 861891

REGISTRADO POR ING. EUSEBIO SOLIS

TERMINADA 4/2/25

ESTE 547437

REVISADO POR ING. GEORGE BERMAN

ESTACION

ELEVACION 0 m

24hrs NIVEL FREATICO 3.70 m / Elev -3.70 m

[illegible]

CLIENTE ITECPA

CODIGO DE PROYECTO 2378/2025

PROYECTO PUENTE QBDA. LA HIGUERONA

LOCALIZACION MACARACAS, PROV. DE LOS SANTOS

INICIADA 4/2/25

NORTE 861876

REGISTRADO POR **ING. EUSEBIO SOLIS**

TERMINADA 4/2/25

ESTE 547455

REVISADO POR ING. GEORGE BERMAN

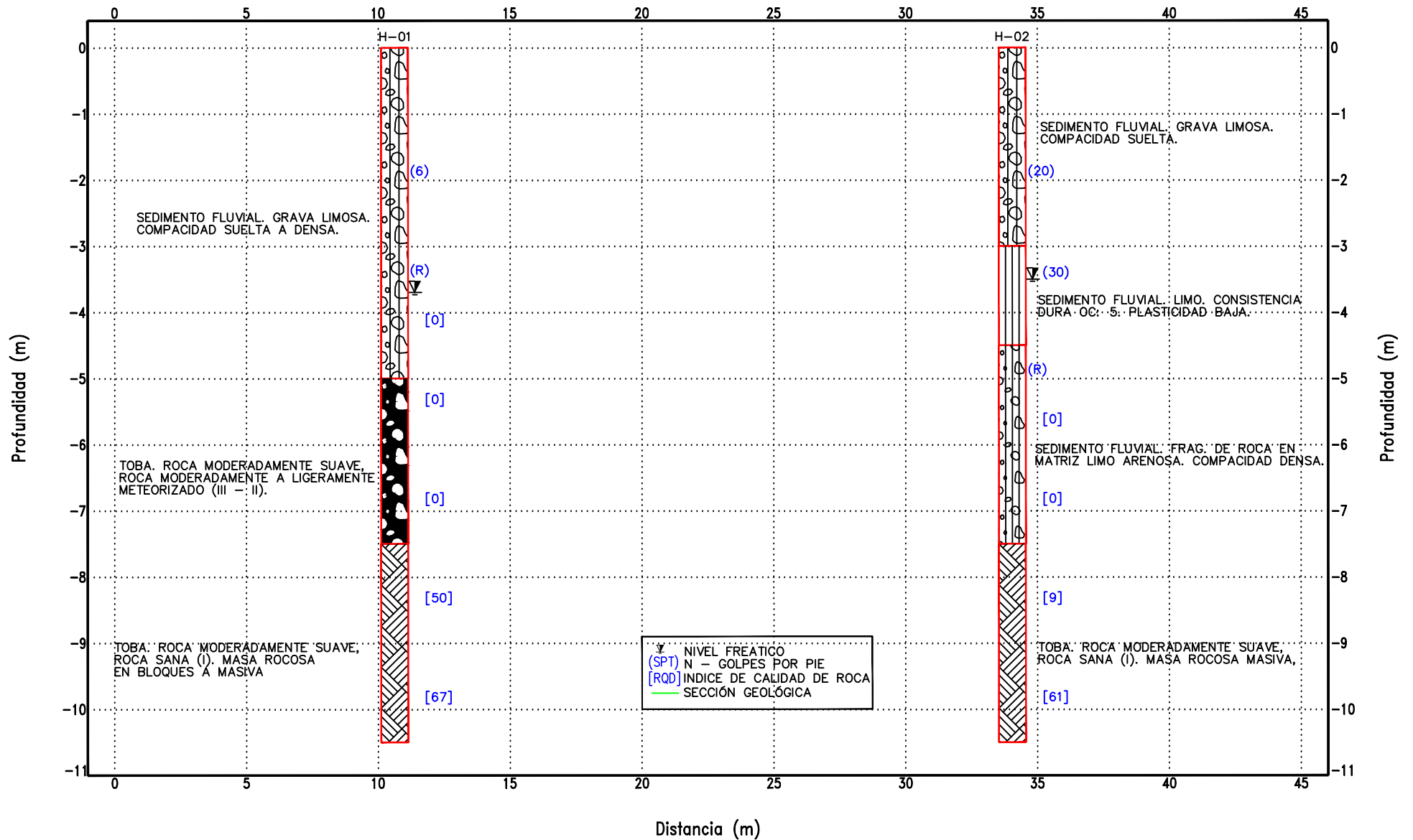
ESTACION

ELEVACION 0 m

24hrs NIVEL FREATICO 3.50 m / Elev -3.50 m

PROFUNDIDAD (m)	GRAFICO DE MATERIAL	DESCRIPCION DE MATERIAL	MUESTRA NUMERO	RECOBRO (%)	RQD (%)	DENSIDAD. (lb/ft ³)	VALOR SPT (N)	▲ NUMERO SPT (N) ▲				
								10	20	30	40	
								□ COMPRESION SIMPLE (MPa) □				
								10	20	30	40	
2		SEDIMENTO FLUVIAL. GRAVA LIMOSA. COMPACIDAD SUELTA. NO PLÁSTICO. AVANCE DE TRICONO MEDIO. COLOR GRIS - CREMA.	GB 1									
			SS 1	37			(20)					
			T 1									
4		3.00 m. SEDIMENTO FLUVIAL. LIMO. CONSISTENCIA DURA. OC: 5. PLASTICIDAD BAJA. RESISTENCIA EN ESTADO SECO DÉBIL. AVANCE DE TRICONO MEDIO. COLOR CREMA.	SS 2	42			(30)					
			T 2									
6		4.50 m. SEDIMENTO FLUVIAL. FRAGMENTOS DE ROCA EN MATRIZ LIMO ARENOSA. COMPACIDAD DENSA. OC: 5. NO PLÁSTICO. AVANCE DE BROCA LENTO. COLOR GRIS - MARRÓN.	SS 3	17			(R)					
			RC 1	17	0							
			RC 2	20	0							
8		7.50 m. TOBA. ROCA MODERADAMENTE SUAVE, RH: 2. ROCA SANA (I). MASA ROCOSA MASIVA, SIN JUNTAS NATURALES OBSERVABLES. SE OBSERVAN INTERCALACIONES DE LIMOLITA. TEXTURA PIROCLÁSTICA. SE OBSERVAN JUNTAS Y VETILLAS SELLADAS POR CALCITA. FORMACIÓN MACARACAS. AVANCE DE BROCA LENTO. COLOR GRIS.	RC 3	49	9							
10			RC 4	100	61							
Fin del sondeo a 10.5 m.												

Distancia (m)



Ingenieros Geotécnicos, S.A.

PROYECTO:
PUENTE QUEBRADA LA HIGUERONA

CLIENTE:
ITECPA, S.A.

TÍTULO:
7. SECCIÓN GEOLÓGICA

ESCALA:
S/E

HOJA:
1_1

8. DESCRIPCION Y CARACTERIZACIÓN DE ESTRATOS

Los principales estratos encontrados en el sitio y caracterizados fueron los siguientes; sedimento firme/suelo residual, roca meteorizada y roca sana.

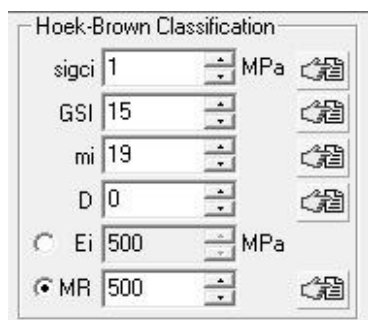
SEDIMENTO FIRME / SUELO RESIDUAL

El estrato de sedimento/suelo residual se caracteriza por presentarse con limo con fragmentos de grava, de consistencia dura y baja plasticidad. Por lo tanto, se considera lo siguiente:

1. Se considera que el modelo matemático que mejor representa el comportamiento mecánico de este material es **SUELO ENDURECIDO (HARDENING SOIL)**.
2. En base a los proyectos con geología similar y/o resultados de laboratorio y/o registros de perforación se puede concluir que este sedimento es de baja plasticidad a no plástico; por lo tanto, se estiman las siguientes propiedades ingenieriles:
 - a. **Parámetros Generales:** Empirical values for γ , of granular soils based on the standard penetration number, (from Bowles, Foundation Analysis); el valor del peso específico saturado, $\gamma_{sat} = 18 \text{ kN/m}^3$ y no saturado $\gamma_{unsat} = 17 \text{ kN/m}^3$.
 - b. **Parámetros de Rigidez:** Según la Vs estimada, del ensayo geofísico las relaciones elásticas que relacionan el módulo de corte, peso específico y la relación de poisson, el módulo de Young, $E_{50} = 275,000 \text{ kN/m}^2$ y la relación de Poisson, $\nu = 0.30$.
 - c. **Parámetros de Resistencia:** Se obtiene los siguientes parámetros iniciales del modelo Hoek-Brown para un tipo de roca "arenisca": el valor de la constante $m_i = 19$; el valor del Índice de Resistencia Geológica mínimo $GSI = 15$; el valor de la compresión simple para un material muy débil $\sigma_{ci} = 1,000 \text{ kPa}$;

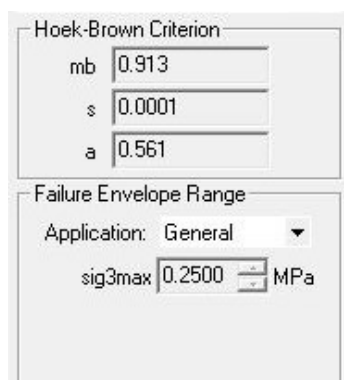
Datos de Entrada

Clasificación Hoek-Brown



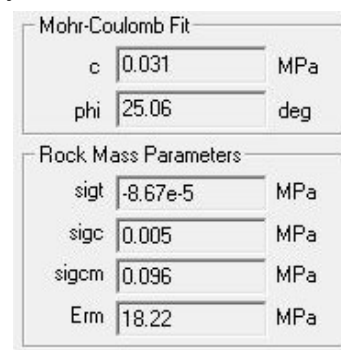
Resultados

Criterio Hoek-Brown



Resultados

Ajuste Mohr-Coulomb



Referencia: RocLab© de 2012-2013 Rocscience por Evert Hoek

Lo que permite, mediante el ajuste Mohr-Coulomb, estimar los parámetros de resistencia de cohesión $C = 31 \text{ kN/m}^2$ y ángulo de fricción $\phi = 25^\circ$.

d. **Parámetros de Permeabilidad:** según la referencia del Departamento de Agricultura de EE.UU., USDA por sus siglas en inglés (*Carsel & Parrish, 1988*) se obtiene el valor de permeabilidad de $k = 0.108$ m/día

3. Con lo anterior, se presenta la lista de parámetros que describen el estrato de manera completa:

Estrato:	SEDIMENTO / SUELO RESIDUAL		Modelo:		HARDENING SOIL		
Índice	General		Rigidez		Resistencia		Permeabilidad
SUCS	γ_{sat} (kN/m ³)	γ_{unsat} (kN/m ³)	E_{50} (kN/m ²)	ν	ϕ (°)	C (kN/m ²)	K (m/día)
-	18	17	275,000	0.30	25	31	0.108

ROCA METEORIZADA

La meteorización de la roca corresponde a la toba de la Formación Macaracas. Por lo tanto, se considera lo siguiente:

- Se considera que el modelo matemático que mejor representa el comportamiento mecánico de este material es **SUELO ENDURECIDO (HARDENING SOIL)**.
- En base a los proyectos con geología similar y/o resultados de laboratorio y/o registros de perforación se estiman las siguientes propiedades ingenieriles:
 - Parámetros Generales:** Empirical values for γ , of granular soils based on the standard penetration number, (from Bowles, Foundation Analysis).; el valor del peso específico saturado, $\gamma_{sat} = 21$ kN/m³ y no saturado $\gamma_{unsat} = 20$ kN/m³.
 - Parámetros de Rigidez:** Según las relaciones elásticas que relacionan el módulo de corte, peso específico y la relación de poisson, el módulo de Young, $E_{50} = 495,000$ kN/m² y la relación de Poisson, $\nu = 0.25$.
 - Parámetros de Resistencia:** Se obtiene los siguientes parámetros iniciales del modelo Hoek-Brown para un tipo de roca "toba": el valor de la constante $m_i = 13$; el valor del Índice de Resistencia Geológico $GSI = 20$; el valor de la compresión simple para un material altamente meteorizado, $\sigma_{ci} = 3,000$ kPa;

Datos de Entrada

Clasificación Hoek-Brown

Hoek-Brown Classification

σ_{ci} 3 MPa

GSI 20

m_i 13

D 0

☐ Ei 900 MPa

☒ MR 300 MPa

Resultados

Criterio Hoek-Brown

Hoek-Brown Criterion

mb 0.747

s 0.0001

a 0.544

Failure Envelope Range

Application: General

σ_{3max} 0.7500 MPa

Resultados

Ajuste Mohr-Coulomb

Mohr-Coulomb Fit

c 0.092 MPa

ϕ 23.58 deg

Rock Mass Parameters

σ_{gt} -0.001 MPa

σ_{gc} 0.024 MPa

σ_{gcm} 0.281 MPa

E_{rm} 41.10 MPa

Lo que permite, mediante el ajuste Mohr-Coulomb, estimar los parámetros de resistencia de cohesión $C = 92 \text{ kN/m}^2$ y ángulo de fricción $\phi = 24^\circ$.

- d. **Parámetros de Permeabilidad:** según la referencia del Departamento de Agricultura de EE.UU., USDA por sus siglas en inglés (*Carsel & Parrish, 1988*) para un material tipo “limo”, se obtiene el valor de permeabilidad de $k = 0.108 \text{ m/día}$

3. Con lo anterior, se presenta la lista de parámetros que describen el estrato de manera completa:

Estrato:	ROCA METEORIZADA		Modelo:		HARDENING SOIL		
Descripción	General		Rigidez		Resistencia		Permeabilidad
Visual de Testigo	$\gamma_{\text{sat}} (\text{kN/m}^3)$	$\gamma_{\text{unsat}} (\text{kN/m}^3)$	$E_{50} (\text{kN/m}^2)$	ν	$\phi (^\circ)$	$C (\text{kN/m}^2)$	$K (\text{m/día})$
Toba (RH:1)	21	20	495,000	0.25	24	92	0.108

ROCA SANA

La roca sana del área corresponde a una toba de la Formación Macaracas. Por lo tanto, se considera lo siguiente:

- Se considera que el modelo matemático que mejor representa el comportamiento mecánico de este material es **HOEK BROWN**.
- En base a los proyectos con geología similar y/o resultados de laboratorio y/o registros de perforación se estiman las siguientes propiedades ingenieriles:
 - Parámetros Generales:** En base a resultados de laboratorio proyectos cercanos de geología similar, se obtienen los valores de: peso específico no saturado, el $\gamma_{\text{unsat}} = 21 \text{ kN/m}^3 = \text{saturado}$.
 - Parámetros de Clasificación Hoek-Brown:** En base a proyectos de geología similar, y los resultados de laboratorios se obtiene el valor de la resistencia de la roca, $s_c = 18,000 \text{ kN/m}^2$.
La siguiente referencia técnica, (Practical Rock Engineering, 2007), describe el resto de los parámetros Hoek-Brown:
 - Tabla 3: Valores de la constante m_i para Rocas Intactas, por grupo de rocas; para una toba, el $m_i = 13$
 - Tabla 5: Caracterización de la Masa Rocosa basado en las Condiciones y Espaciamiento de las Juntas; un $\text{GSI} = 50$.
 - Tabla 7: Guía para estimar el Factor de Perturbación D_i ; para un material con perturbación mínima $D = 0$.
 - Parámetros de la Masa de Roca:** se estima la relación de Poisson según el tipo de material, $\nu = 0.2$. Según el tipo de roca, se obtiene el Módulo Ratio de 300, y el módulo de $E_m = 1,659,000 \text{ kN/m}^2$.

d. Parámetros de Permeabilidad: según la referencia del Departamento de Agricultura de EE.UU., USDA por sus siglas en inglés (*Carsel & Parrish, 1988*), se obtiene el valor de permeabilidad de $k = 0.108$ m/día.

3. Con lo anterior, se presenta la lista de parámetros que describen el estrato de manera completa:

Estrato:			ROCA SANA			Modelo:		HOEK-BROWN		
Descripción	General		Clasificación Hoek-Brown					Masa de Roca		Permeabilidad
Visual del Testigo	γ_{sat} (kN/m³)	γ_{unsat} (kN/m³)	σ (kN/m²)	GSI	mi	D	Ei (kN/m²)	E _{rm} (kN/m²)	ν	K (m/día)
Toba (RH:2)	21	21	18,000	50	13	0	5,400,000	1,659,000	0.2	0.108



Ingenieros Geotécnicos, S.A.

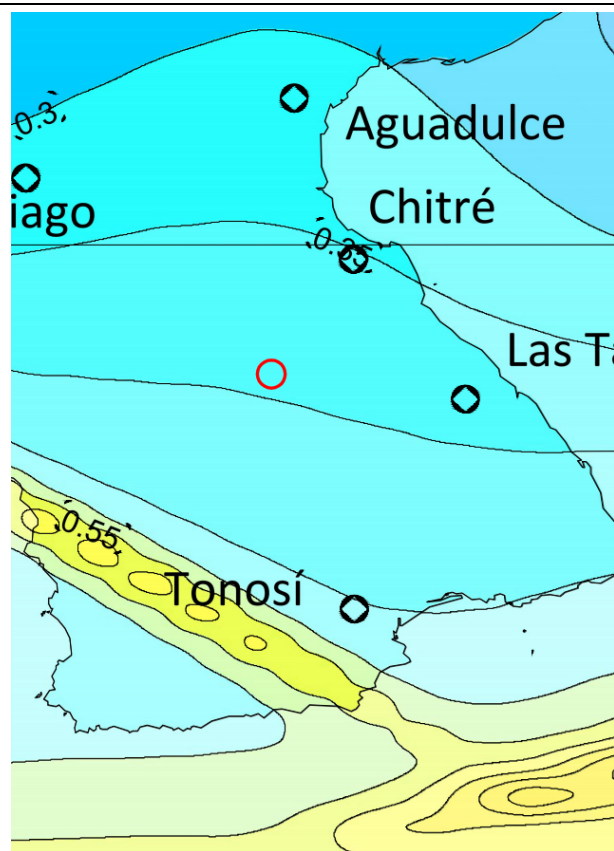
PROYECTO:
PUENTE QBDA. LA HIGUERONA

CLIENTE:
ITECPA, S.A.

9 CONSIDERACIONES SÍSMICAS

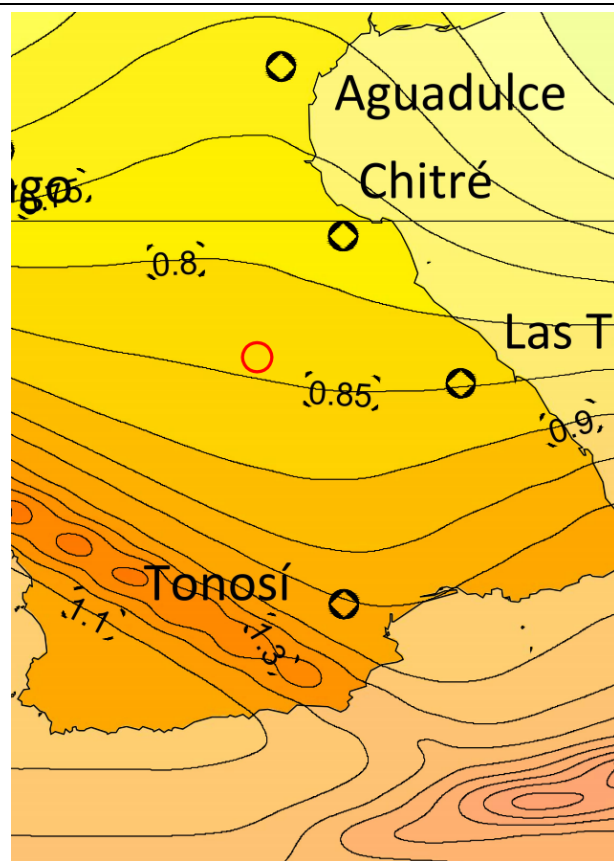
9.1 Carga Sísmica

Mapa PGA-2500yr



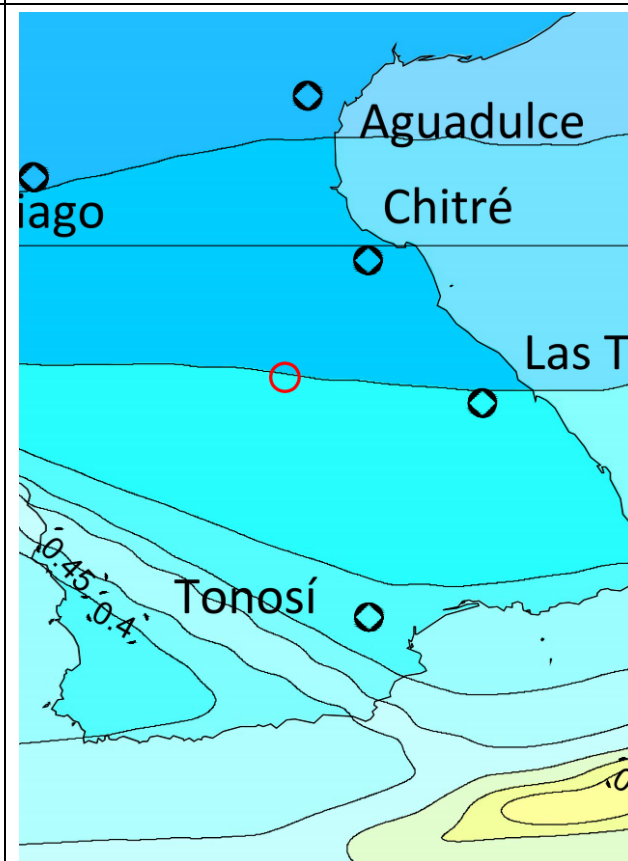
Aceleración Pico del Suelo (PGA)

Mapa Ss-2500yr



Aceleración Espectral de 0.2 seg. (Ss)

Mapa S1-2500yr



Aceleración Espectral de 1.0 seg. (S1)



Ingenieros Geotécnicos, S.A.

PROYECTO:
PUENTE QBDA. LA HIGUERONA

CLIENTE:
ITECPA, S.A.

9.2 Amplificación Sísmica del Sitio

Clasificación de Sitios (NEHRP) sobre base de las provisiones del REP-2021

Proyecto: Puente Qbda. La Higuera
Ubicación: Macaracas, Prov. de Los Santos
Perfil: Promedio

$$\bar{N} = \frac{\sum d_i}{\sum (d_i / N_i)}$$

H-01			H-02		
Espesor d (m)	N	d/N	Espesor d (m)	N	d/N
2.1	6	0.350	2.1	20	0.105
1.5	50	0.030	1.5	30	0.050
26.4	100	0.264	1.5	50	0.030
			24.9	100	0.249

Resultados por hoyo	30	50%	0.644	30	50%	0.434
			47			70
	Perfil		D	Perfil		C

Resultado promedio del lote	100%	59
	C	