



Noviembre, 2013

Señores
Universidad Nacional
**Proyecto Construcción de edificio y dos niveles
Residencias Universitarias y obras deportivas
UNIVERSIDAD NACIONAL**
Oficina

Asunto: Estudio de suelos

Informe número: 13-OTS-0247-2002

Estimados señores:

Sírvanse encontrar a continuación los resultados del estudio de suelos solicitado para el proyecto **Construcción de edificio de dos niveles y obras deportivas**, en el campus de la sede regional de la Universidad Nacional que se encuentra ubicado en Nicoya, Guanacaste.

Cualquier aclaración o ampliación que se requiera del estudio estamos a la orden.

El abajo firmante se hace responsable de los términos técnicos expresados en el presente Estudio de suelos, en el terreno indicado en el diagrama.

Atentamente

VIETO & ASOCIADOS S.A. CC-00211

Ing. Miguel A. Rojas Salas MCE
Gerente General IC-5352
Consultor Ambiental No. CI-030-2006-SETENA

MVJ/Hhs
cc. Archivo



* Ensayo acreditado, ver alcance en www.eca.or.cr ** Ensayo no acreditado.

Página: 1 de 50

Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada
tel.: (506) 2268-8297 • info@vieto.com • www.vieto.com

1. TABLA DE CONTENIDO

	Página	
2.1	Resumen de perforaciones	3
3	Introducción	4
3.1	Datos sobre el terreno estudiado	4
3.2	Coordinación profesional	6
3.3	Objetivo del estudio	6
3.4	Metodología aplicada	6
3.5	Ensayos	6
4	Trabajo realizado	7
4.1	Sondeos	7
4.2	Diagrama de localización de las perforaciones	7
4.3	Condiciones del terreno	8
4.4	Correlación e interacción con datos de geología de la zona	9
5	Resultados geotécnicos obtenidos	10
5.1	Descripción de los estratos y clasificación de los suelos	10
5.2	Resumen de hojas de perforación y fotos	21
6	Evaluación de resultados y conclusiones	40
6.1	Capacidad soportante por perforación	40
7	Análisis de estabilidad del terreno	42
7.1	Metodología de análisis	42
7.2	Alcance	42
7.3	Zona de estudio	43
7.4	Resultados	44
8	Recomendaciones	46
8.1	Observaciones generales	46
8.2	Recomendaciones generales	46
8.3	Recomendaciones para pisos	47
8.4	Tipo de suelo para diseño estructural	48
8.5	Recomendaciones para muros de retención	48
8.6	Recomendaciones para taludes	48
8.7	Recomendaciones para rellenos	49
9	Discusión de los grados de incertidumbre	50
10	Referencias bibliográficas	50

2. RESUMEN DE RESULTADOS

2.1 Resumen de perforaciones

Perforación P-1:

∅	Profundidad total de perforación:	8.4 m	
∅	Profundidad de nivel freático:	6 m.	
∅	Coordenadas nacionales:	235.482. Y	377.653. X

Perforación P-2:

∅	Profundidad total de perforación:	8.4 m	
∅	Profundidad de nivel freático:	Nivel freático hasta 8.4 m no se encontró.	
∅	Coordenadas nacionales:	235.507. Y	377.656. X

Perforación P-3:

∅	Profundidad total de perforación:	8.4 m	
∅	Profundidad de nivel freático:	6.6 m.	
∅	Coordenadas nacionales:	235.515. Y	377.660. X

Perforación P-4:

∅	Profundidad total de perforación:	8.4 m	
∅	Profundidad de nivel freático:	Nivel freático hasta 8.4 m no se encontró.	
∅	Coordenadas nacionales:	235.524. Y	377.678. X

Perforación P-5:

∅	Profundidad total de perforación:	8.4 m	
∅	Profundidad de nivel freático:	6.6 m.	
∅	Coordenadas nacionales:	235.541. Y	377.684. X

Perforación P-6:

∅	Profundidad total de perforación:	6 m	
∅	Profundidad de nivel freático:	Nivel freático hasta 6 m no se encontró.	
∅	Coordenadas nacionales:	235.546. Y	377.667. X

Perforación P-7:

∅	Profundidad total de perforación:	5.4 m	
∅	Profundidad de nivel freático:	Nivel freático hasta 5.4 m no se encontró.	
∅	Coordenadas nacionales:	235.563. Y	377.673. X

3. INTRODUCCIÓN

3.1 Datos sobre el terreno estudiado

El terreno estudiado es parte del campus de la sede de la Universidad Nacional que se encuentra ubicada en Nicoya, Guanacaste.

Según la información suministrada, en la zona estudiada se proyecta la construcción de un edificio de residencias de dos niveles, el cual utilizará como sistema constructivo elementos estructurales de concreto armado y paredes de bloques de concreto. Además, se realizará la construcción de una cancha polideportiva en asfalto y un módulo de vestidores con duchas y sanitarios. Es posible la construcción de muros de retención para confinar el espacio de la cancha.

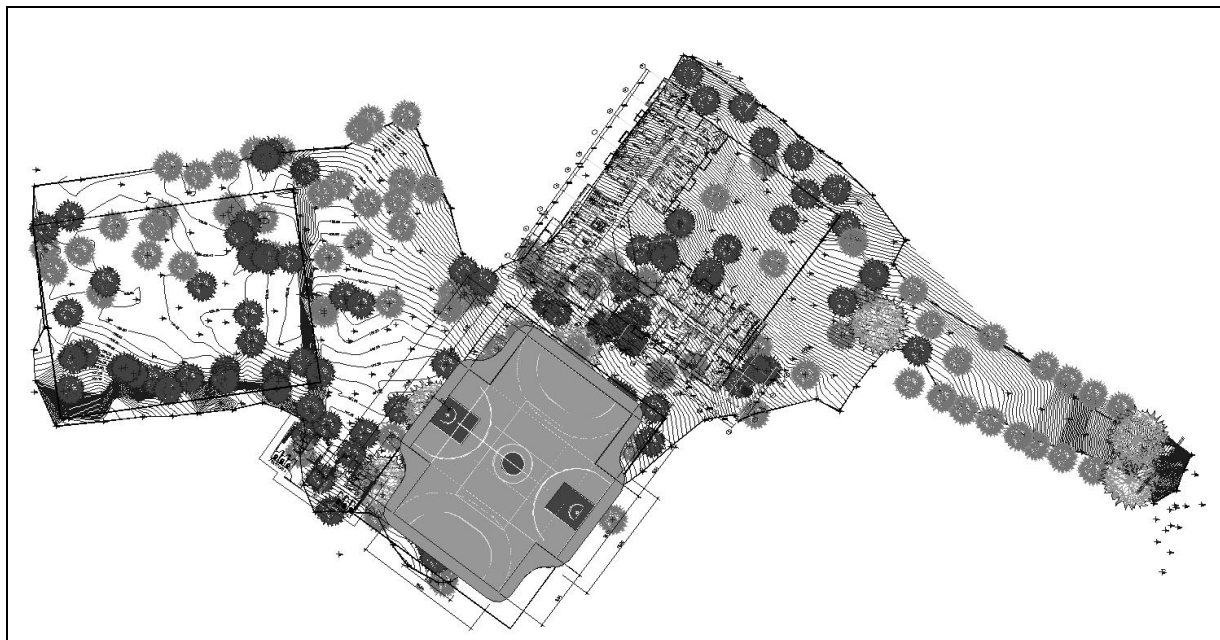


Figura. Planta de distribución sobre curvas de nivel.
Fuente: Solicitante del estudio

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

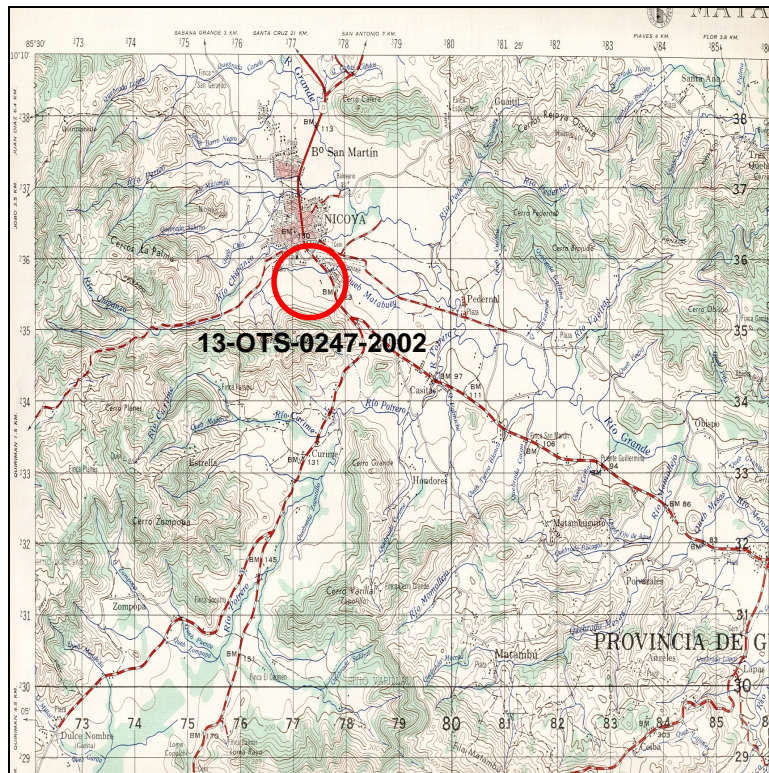


Figura. Mapa geográfico de la zona
Fuente: Instituto Geográfico Nacional

3.2 Coordinación profesional

Se realizó el siguiente estudio de suelos coordinado por el Ing. Mario Villegas Jiménez, IC-20699.

3.3 Objetivo del estudio

Estudiar las características físicas y mecánicas del terreno para estimar las capacidades soportantes, en la zona de estudio, para el diseño de las fundaciones del proyecto.

3.4 Metodología aplicada

La metodología empleada se conoce con el nombre de Prueba de Perforación Estándar SPT (*Standard Penetration Test*) cuya práctica se encuentra normada por ASTM (*American Society of Testing Materials*) bajo el número ASTM D 1586* (INS-L-062).

Esta práctica es universalmente aceptada para la exploración de suelos con el fin de estimar y correlacionar características mecánicas y capacidades soportantes del terreno.

3.5 Ensayos

Las muestras extraídas en el campo fueron transportadas al laboratorio de Vieto & Asociados S.A. y analizadas para determinar características físicas y mecánicas de los diferentes estratos, tales como resistencia a la compresión confinada, humedad natural, límites de consistencia, distribución de tamaños de partículas y clasificación por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

Con base en la información obtenida se elaboró los perfiles de la estratigrafía del suelo en cada zona de estudio los cuales se muestran en las hojas de resumen de la perforación.

Seguidamente se indican los ensayos realizados:

Compresión confinada*:	ASTM D 2166	INS-L-059
Humedad natural*:	ASTM D 2216	INS-L-030
Límites Atterberg*:	ASTM D 4318	INS-L-043
Análisis granulométrico*:	ASTM C 117 / C 136	INS-L-024 / INS-L-022
Peso unitario**:	ASTM C 29M-97	INS-L-075
Gravedad específica*:	ASTM D 854-02	INS-L-080
Clasificación de suelos*:	ASTM D 2487	

* Ensayo acreditado

** Ensayo no acreditado

4. TRABAJO REALIZADO

4.1 Sondeos

Se realizaron siete perforaciones a percusión utilizando muestreador estándar, con el objetivo de evaluar el comportamiento del suelo existente en el sitio de las investigaciones, las cuales fueron señalizadas en campo por el Ing. Francisco Miranda.

Las muestras inalteradas extraídas en el campo fueron transportadas adecuadamente al laboratorio de Vieto & Asociados S.A. para su análisis.

4.2 Diagrama de localización de las perforaciones

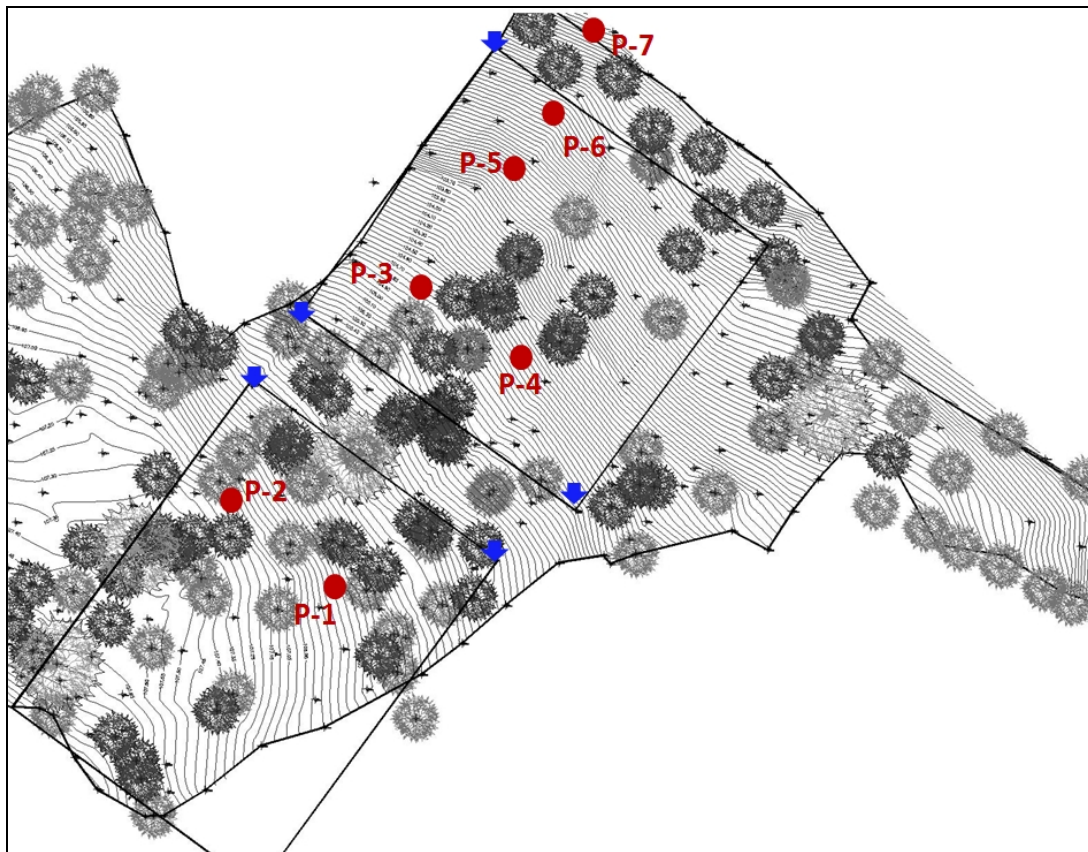


Figura. Diagrama de distribución de las perforaciones.

4.3 Condiciones del terreno

- ∅ El terreno analizado presenta una topografía regular. La superficie del terreno se encuentra cubierta por césped y vegetación. No existen edificaciones construidas dentro de la propiedad. Seguidamente se presentan fotografías del sitio.
- ∅ Se encontró nivel freático en las perforaciones realizadas al momento de ejecutar los trabajos en el sitio.



Fotografías. Vistas del sitio.



Fotografías. Vistas del sitio

4.4 Correlación e interacción con datos de geología de la zona

- ∅ La geología de la zona corresponde con sedimentos continentales y de transición marina-costera del Cuaternario Q y con la formación Complejo de Nicoya β2 (Denyer & Alvarado, 2007).

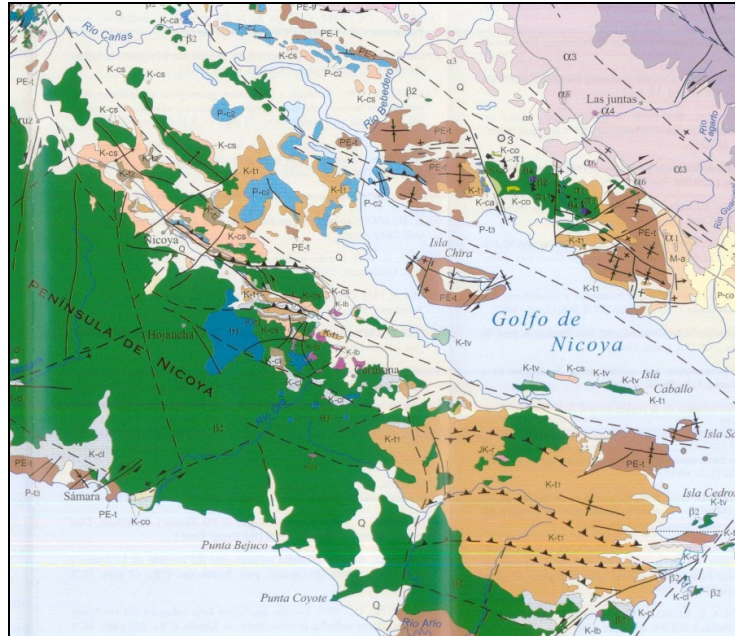


Figura. Mapa geológico de la zona.
Fuente: Denyer & Alvarado, 2007.

5. RESULTADOS GEOTÉCNICOS OBTENIDOS

5.1 Descripción de los estratos y clasificación de los suelos

Seguidamente se da la descripción de los estratos de acuerdo con la profundidad en la zona de cada perforación.

Perforación P-1:

- 0,00 a 0,40 m** Existe una arcilla inorgánica de alta plasticidad de color café oscuro (CH).
LA-1 (LL=77%, LP=30%).
Consistencia variable entre muy blanda y medianamente rígida.
Resistencia seca media.
- 0,40 a 5,40 m** Se encuentra una arcilla inorgánica de alta plasticidad de color café con tramos arenosos (CH).
LA-2 (LL=56%, LP=27%).
Consistencia variable entre medianamente rígida y muy rígida.
Resistencia seca media.
- 5,40 a 8,40 m** Existe una arena arcillosa de color café con grava (SC).
Grad-1 (19% Grava, 62% Arena, 19% Finos).
Densidad variable entre densa y muy densa.
Resistencia seca media.

Perforación P-2:

- 0,00 a 0,40 m** Existe una arcilla inorgánica de alta plasticidad de color café oscuro (CH).
LA-1 (LL=77%, LP=30%).
Consistencia variable entre muy blanda y blanda.
Resistencia seca media.
- 0,40 a 8,40 m** Existe una arcilla inorgánica de alta plasticidad de color café con tramos arenosos (CH).
LA-2 (LL=56%, LP=27%).
Consistencia variable entre blanda y muy dura.
Resistencia seca media.

Perforación P-3:

- 0,00 a 0,40 m** Existe una arcilla inorgánica de alta plasticidad de color café oscuro (CH).
LA-1 (LL=77%, LP=30%).
Consistencia variable entre muy blanda y blanda.
Resistencia seca media.
- 0,40 a 8,40 m** Existe una arcilla inorgánica de alta plasticidad de color café con tramos arenosos (CH).
LA-2 (LL=56%, LP=27%).
Consistencia variable entre blanda y dura.
Resistencia seca media.

Perforación P-4:

- 0,00 a 0,40 m** Existe una arcilla inorgánica de alta plasticidad de color café oscuro (CH).
LA-1 (LL=77%, LP=30%).
Consistencia variable entre muy blanda y blanda.
Resistencia seca media.
- 0,40 a 8,40 m** Existe una arcilla inorgánica de alta plasticidad de color café con tramos arenosos (CH).
LA-2 (LL=56%, LP=27%).
Consistencia variable entre blanda y dura.
Resistencia seca media.

Perforación P-5:

- 0,00 a 0,40 m** Existe una arcilla inorgánica de alta plasticidad de color café oscuro (CH).
LA-1 (LL=77%, LP=30%).
Consistencia variable entre muy blanda y blanda.
Resistencia seca media.
- 0,45 a 1,80 m** Se encuentra una arcilla inorgánica de color gris.
Consistencia variable entre muy blanda y medianamente rígida.
Resistencia seca media.
- 1,80 a 7,20 m** Existe una arcilla inorgánica de alta plasticidad de color café con tramos arenosos (CH).
LA-2 (LL=56%, LP=27%).
Consistencia variable entre medianamente rígida y muy rígida.
Resistencia seca media.
- 7,20 a 8,40 m** Se encuentra una arcilla inorgánica de alta plasticidad de color café (CH).
LA-3 (LL=67%, LP=29%).
Consistencia variable entre muy rígida y dura.
Resistencia seca media.

Perforación P-6:

- 0,00 a 0,45 m** Existe una arcilla inorgánica de alta plasticidad de color café oscuro (CH).
LA-1 (LL=77%, LP=30%).
Consistencia medianamente rígida.
Resistencia seca media.
- 0,45 a 3,00 m** Se encuentra una arcilla inorgánica de alta plasticidad de color café oscuro (CH).
LA-4 (LL=73%, LP=29%).
Consistencia variable entre medianamente rígida y muy rígida.
Resistencia seca media.
- 3,00 a 6,00 m** Existe una arcilla arenosa de baja plasticidad de color café (CL).
LA-5 (LL=36%, LP=18%).
Grad-2 (38% Arena, 62% Finos).
Consistencia variable entre muy rígida y muy dura.
Resistencia seca media.

Perforación P-7:

- 0,00 a 0,45 m** Existe una arcilla inorgánica de alta plasticidad de color café oscuro (CH).
LA-1 (LL=77%, LP=30%).
Consistencia variable entre blanda y medianamente rígida.
Resistencia seca media.
- 0,45 a 4,20 m** Se encuentra una arcilla inorgánica de alta plasticidad de color café con tramos arenosos (CH).
LA-2 (LL=56%, LP=27%).
Consistencia variable entre blanda y dura.
Resistencia seca media.
- 4,20 a 6,00 m** Existe una arcilla arenosa de baja plasticidad de color café (CL).
LA-5 (LL=36%, LP=18%).
Grad-2 (38% Arena, 62% Finos).
Consistencia variable entre dura y muy dura.
Resistencia seca media.

Nota:

LA: Límites de Atterberg (Límites de consistencia)
LL: Límite líquido
LP: Límite plástico
Grad: Graduación (Análisis granulométrico)

ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN SUCS

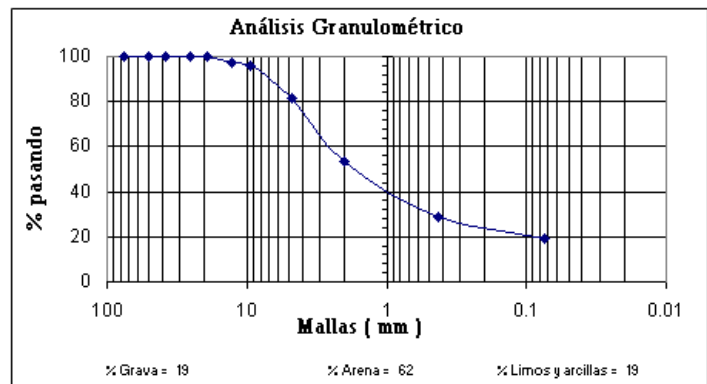
GRADUACIÓN No 1

Resultados de ensayos

Análisis granulométrico de agregados finos y gruesos AASHTO T 11 y T 27, ASTM C-117 Y C-136, INS L-022
Material más fino que el tamiz 200 en agregado por lavado INS - L-024

Descripción del material (objeto de ensayo): Arena arcillosa de color café con grava (SC).

Tamiz No.	%Pasando
76,2 mm	100.0
50,8 mm	100.0
38,1mm	100.0
25,4 mm	100.0
19 mm	100.0
12,7 mm	97.5
9,5 mm	96.0
No. 4	81.3
No. 10	53.6
No. 40	28.5
No. 200	19.1



GRADUACIÓN No 2

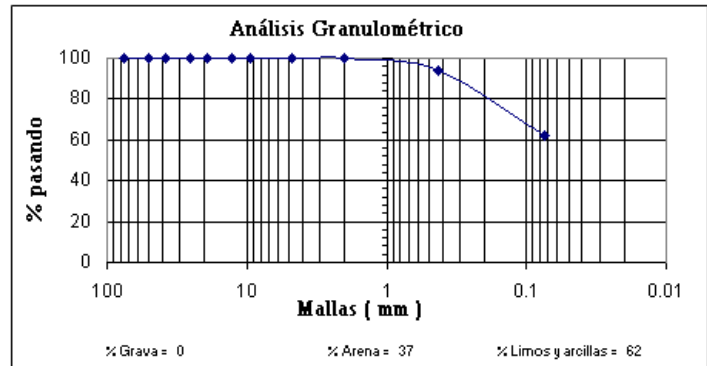
Resultados de ensayos

Análisis granulométrico de agregados finos y gruesos AASHTO T 11 y T 27, ASTM C-117 Y C-136, INS L-022

Material más fino que el tamiz 200 en agregado por lavado INS - L-024

Descripción del material (objeto de ensayo): Arcilla arenosa de baja plasticidad de color café (CL).

Tamiz No.	%Pasando
76,2 mm	100.0
50,8 mm	100.0
38,1mm	100.0
25,4 mm	100.0
19 mm	100.0
12,7 mm	100.0
9,5 mm	100.0
No. 4	99.8
No. 10	99.7
No. 40	93.9
No. 200	62.4



LIMITE DE ATTERBERG No 1

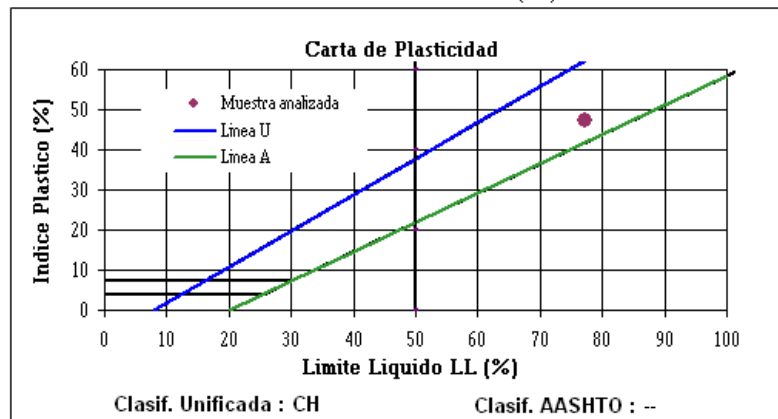
Resultados de ensayos

Método estándar para determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad en suelos según AASHTO T 89 y T 90, ASTM D-4318, INS L-043

Método A

Condición de muestra: Remoldeada

Descripción del material (objeto de ensayo): Arcilla inorgánica de alta plasticidad de color café oscuro (CH).



Límite de Atterberg	
Límite líquido	77
Límite plástico	30
Índice plástico	47

LIMITE DE ATTERBERG No 2

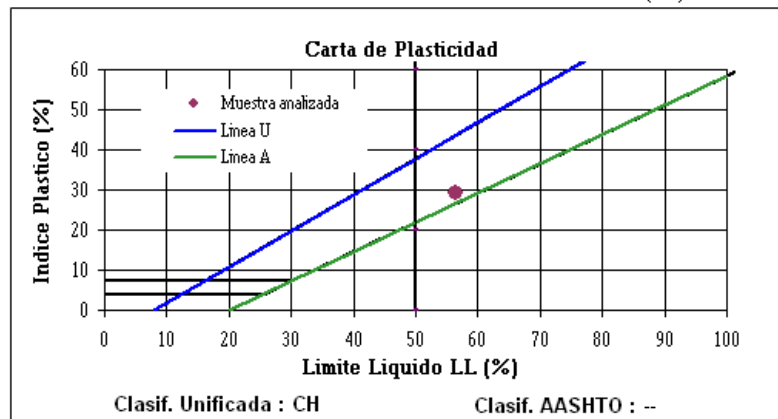
Resultados de ensayos

Método estándar para determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad en suelos según AASHTO T 89 y T 90, ASTM D-4318, INS L-043

Método A

Condición de muestra: Remoldeada

Descripción del material (objeto de ensayo): Arcilla inorgánica de alta plasticidad de color café con tramos arenosos (CH).



Límite de Atterberg	
Límite líquido	56
Límite plástico	27
Indice plástico	29

LIMITE DE ATTERBERG No 3

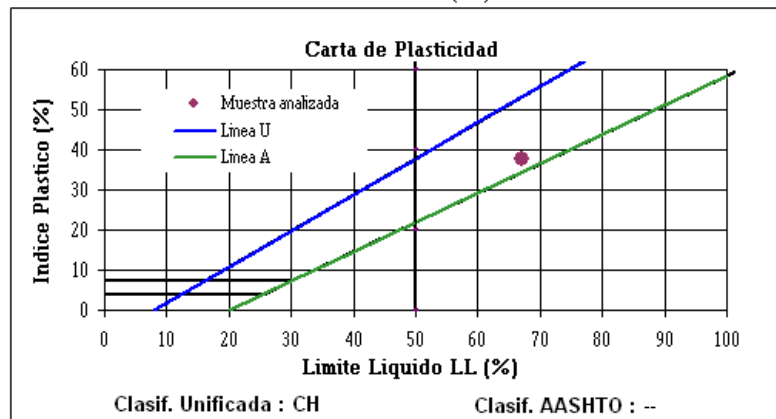
Resultados de ensayos

Método estándar para determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad en suelos según AASHTO T 89 y T 90, ASTM D-4318, INS L-043

Método A

Condición de muestra: Remoldeada

Descripción del material (objeto de ensayo): Arcilla inorgánica de alta plasticidad de color café (CH).



Límite de Atterberg	
Límite líquido	67
Límite plástico	29
Indice plástico	38

LIMITE DE ATTERBERG No 4

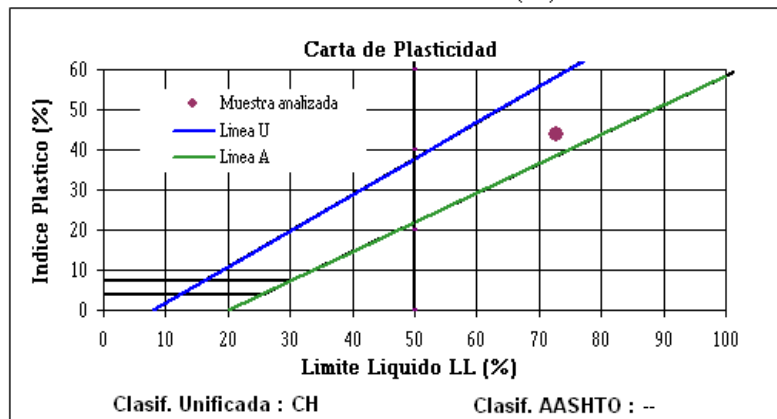
Resultados de ensayos

Método estándar para determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad en suelos según AASHTO T 89 y T 90, ASTM D-4318, INS L-043

Método A

Condición de muestra: Remoldeada

Descripción del material (objeto de ensayo): Arcilla inorgánica de alta plasticidad de color café oscuro (CH).



Límite de Atterberg	
Límite líquido	73
Límite plástico	29
Indice plástico	44

LIMITE DE ATTERBERG No 5

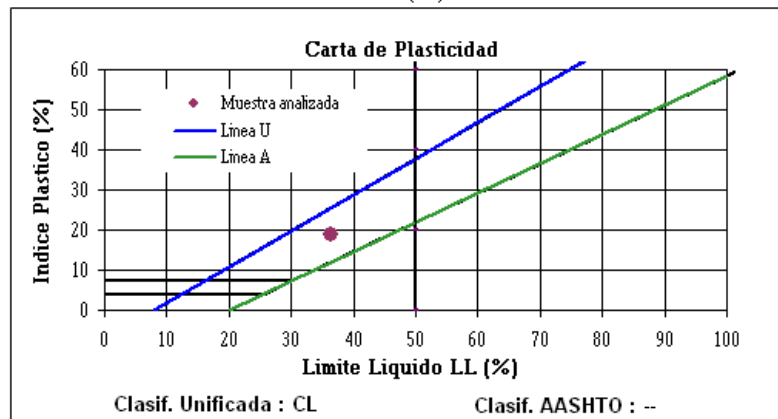
Resultados de ensayos

Método estándar para determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad en suelos según AASHTO T 89 y T 90, ASTM D-4318, INS L-043

Método A

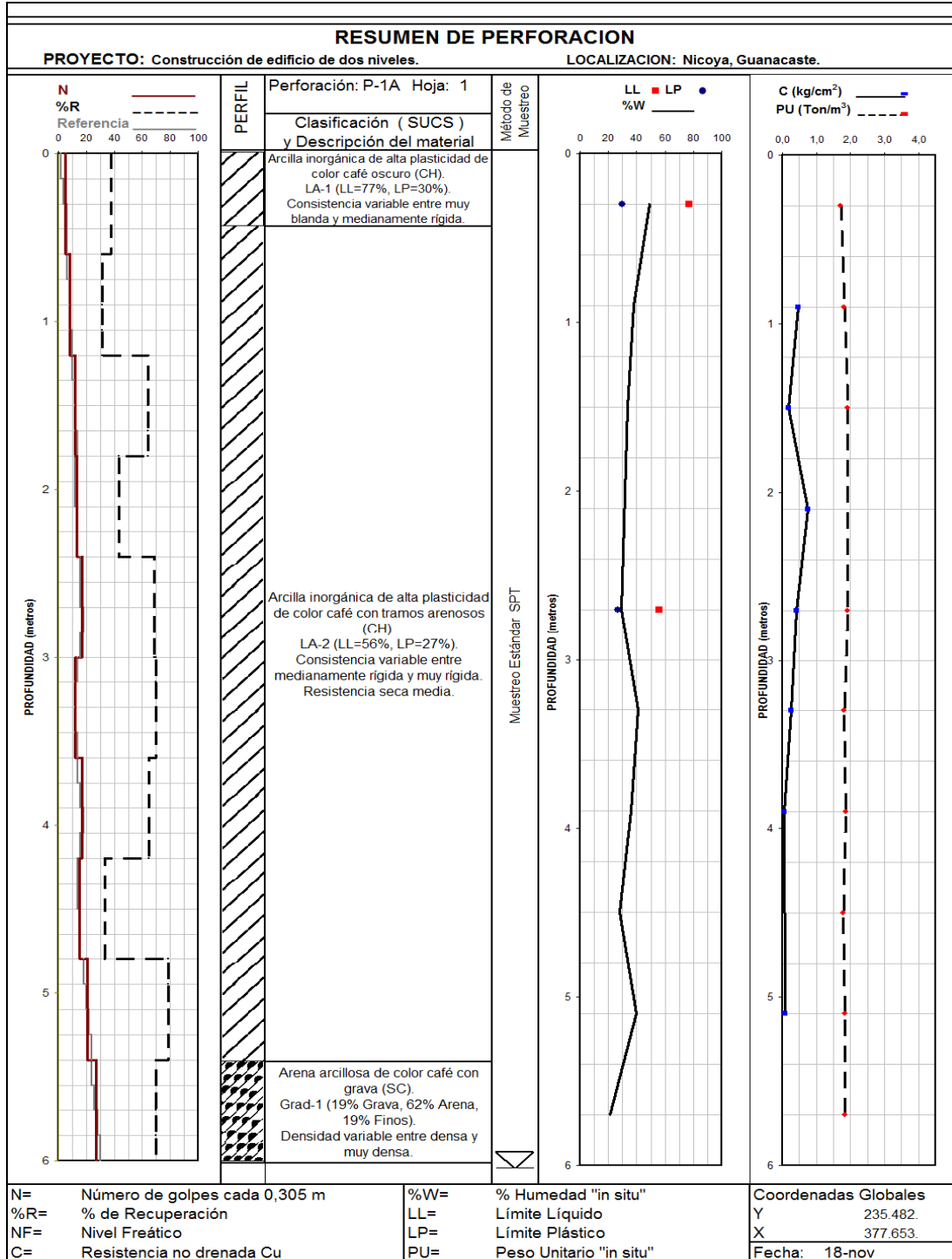
Condición de muestra: Remoldeada

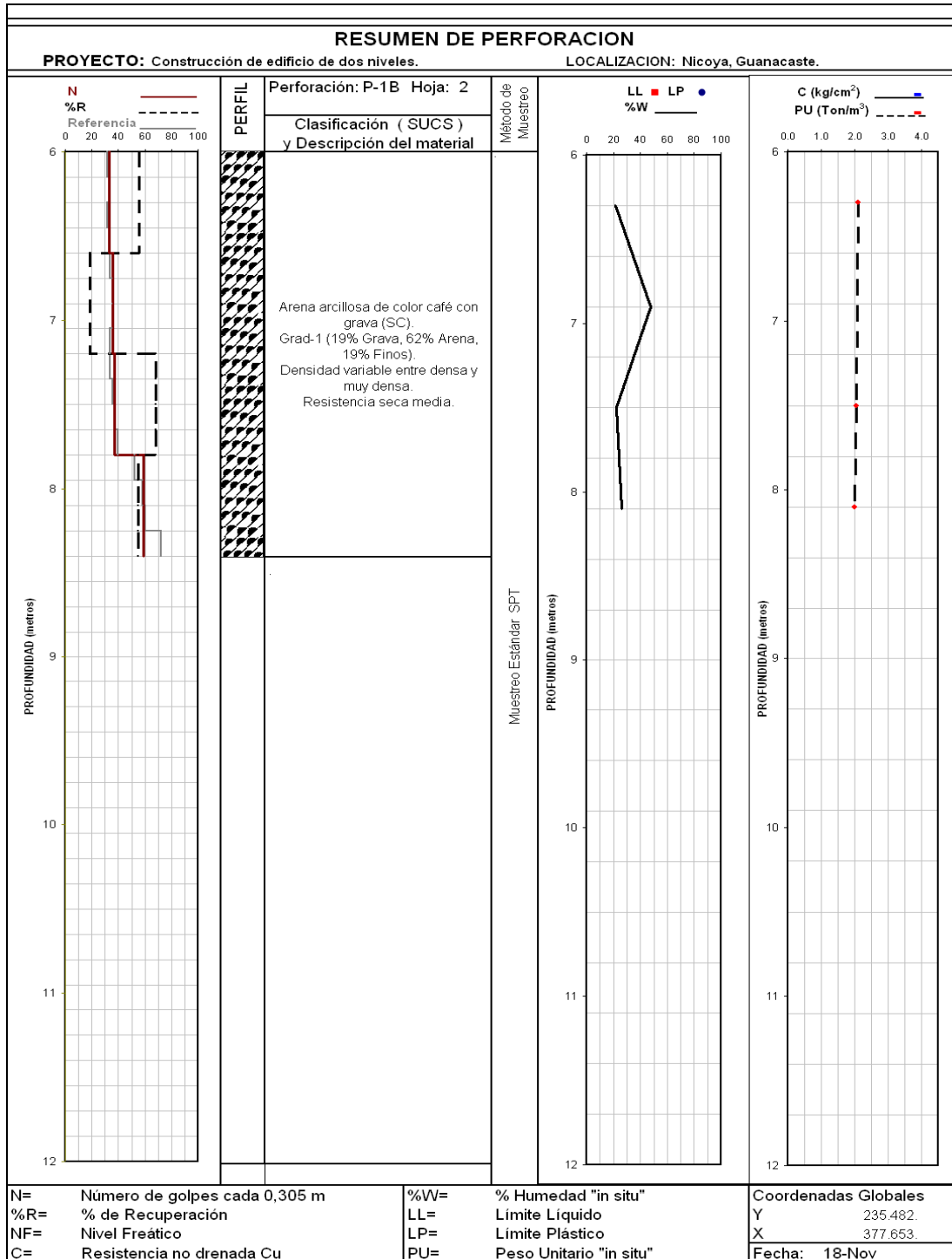
Descripción del material (objeto de ensayo): Arcilla arenosa de baja plasticidad de color café (CL).



Límite de Atterberg	
Límite líquido	36
Límite plástico	18
Índice plástico	19

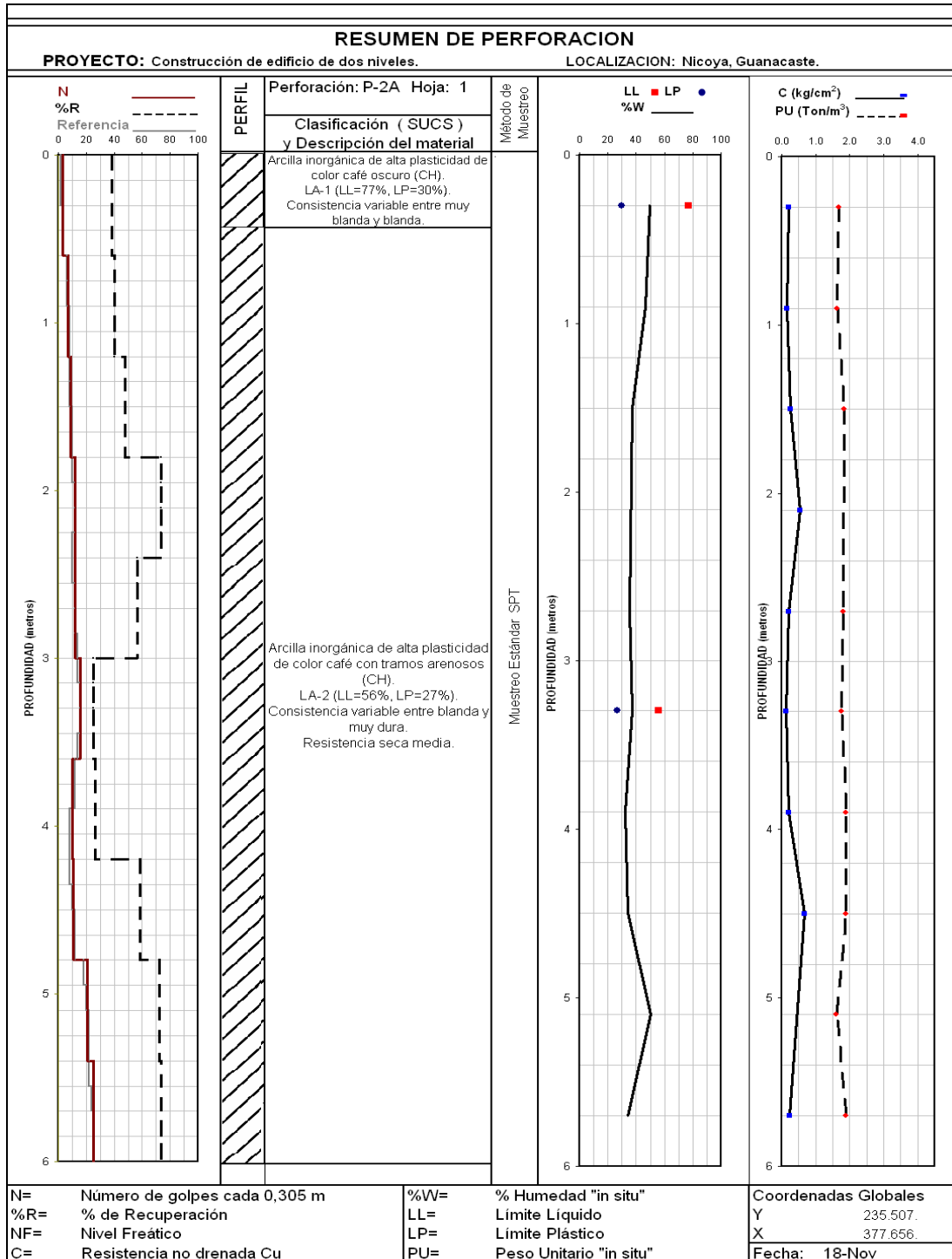
5.2 Resumen de hojas de perforación y fotos

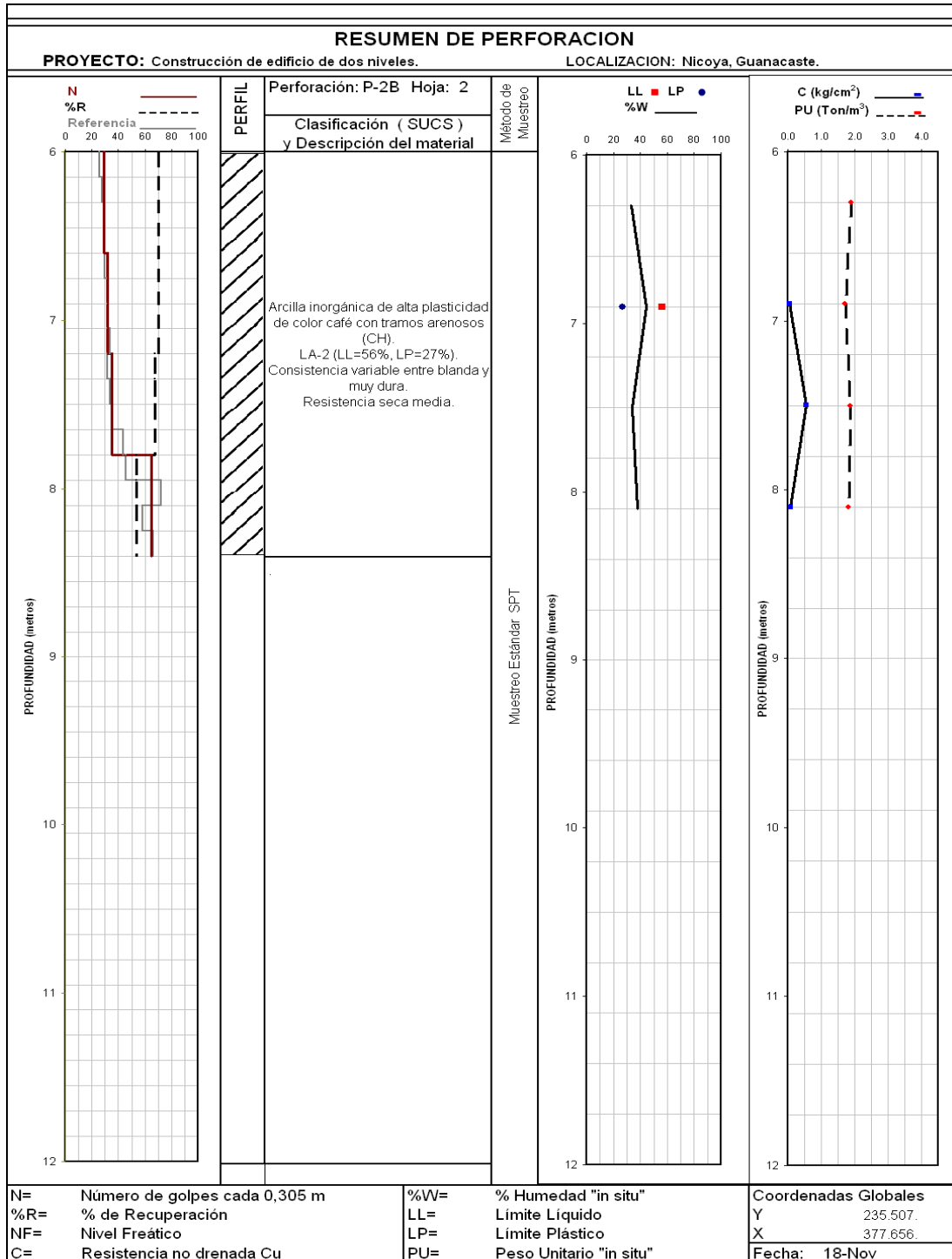




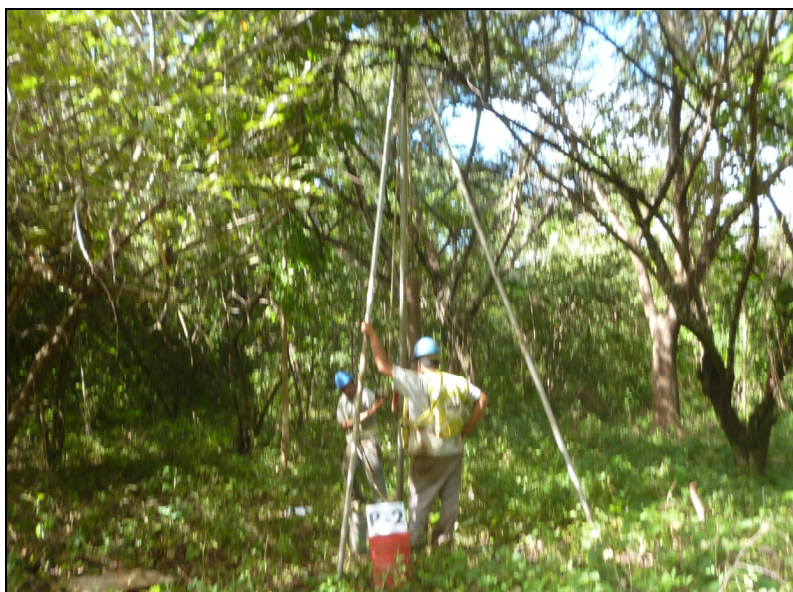
PERFORACIÓN P-1 (OTS-0247)

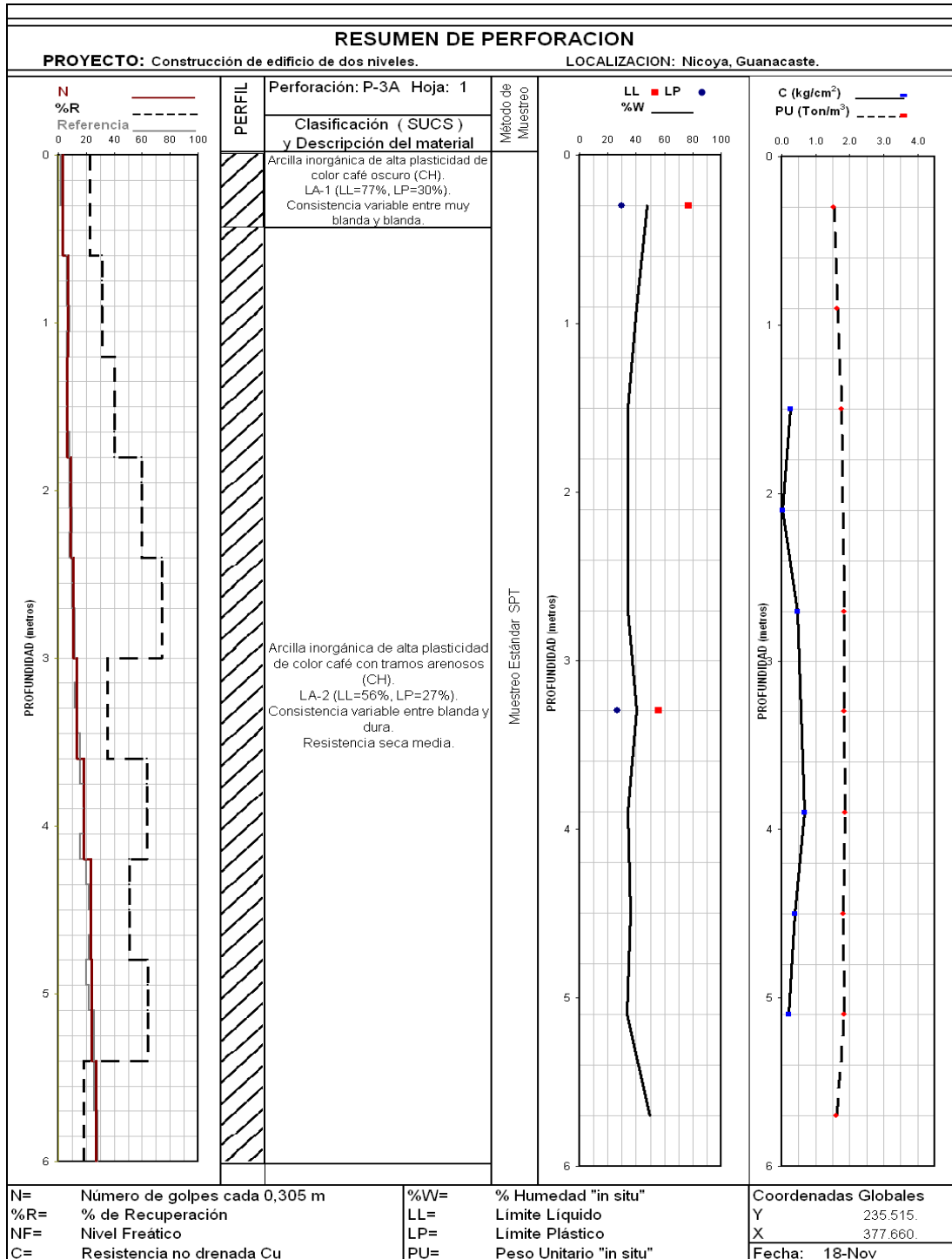


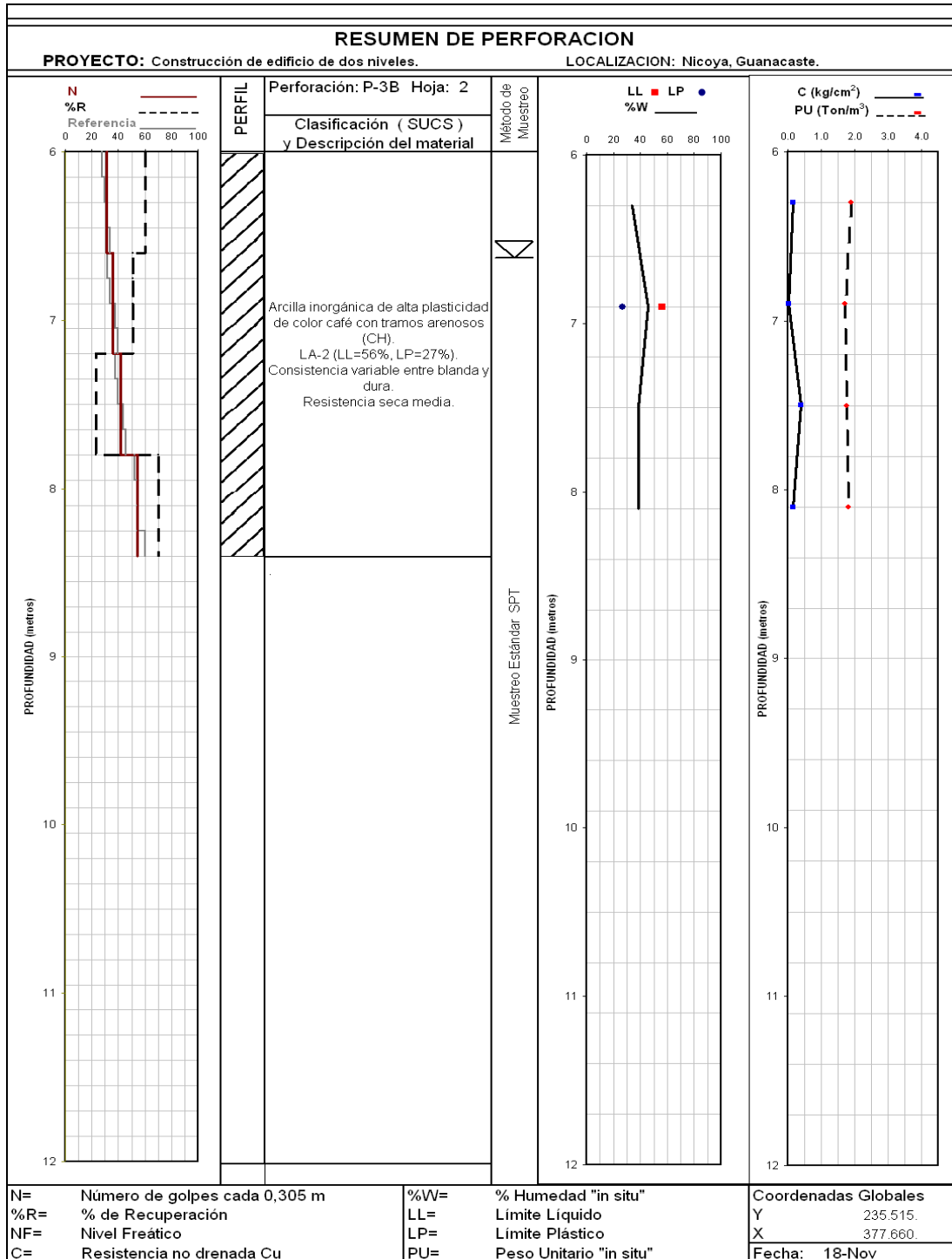




PERFORACIÓN P-2 (OTS-0247)

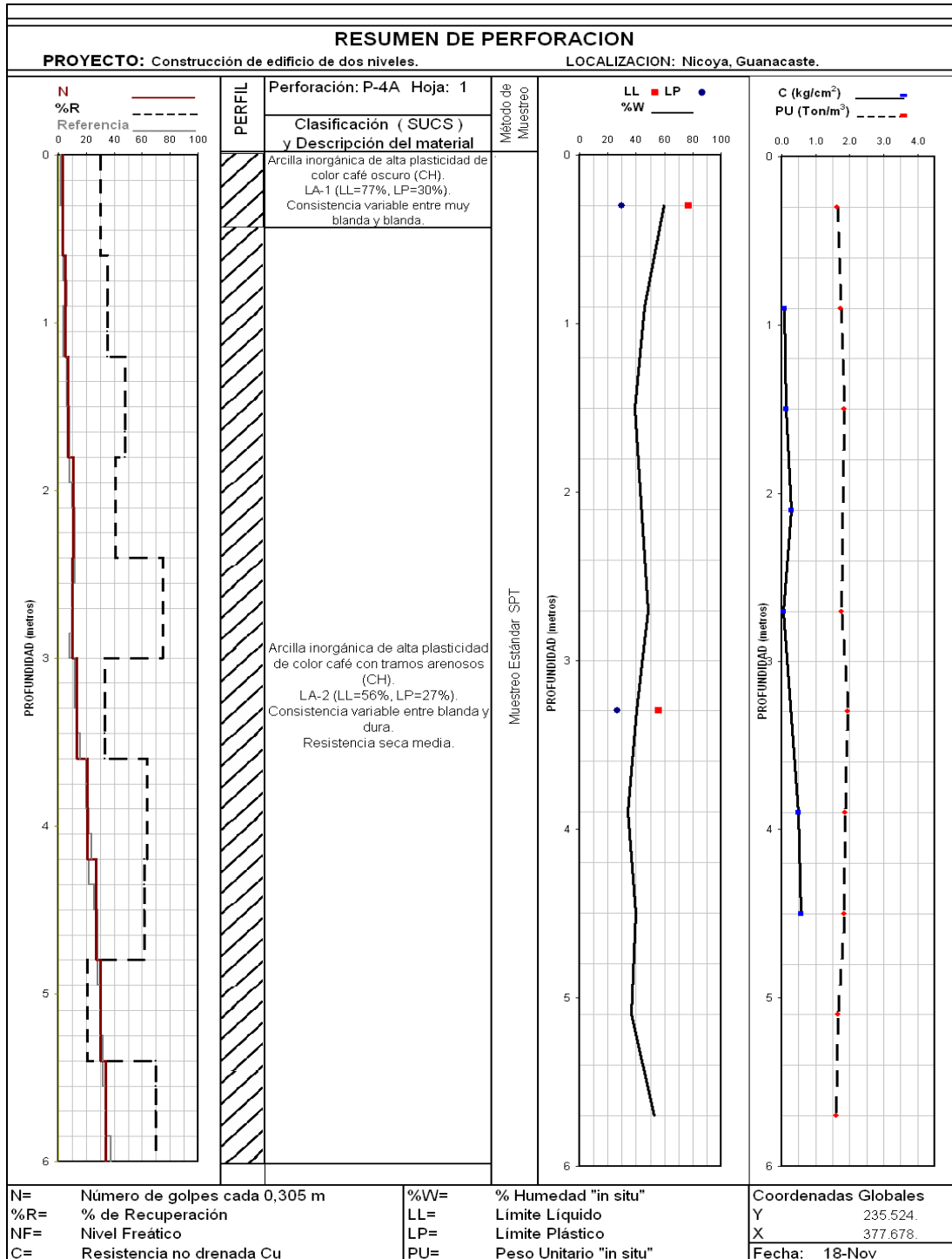


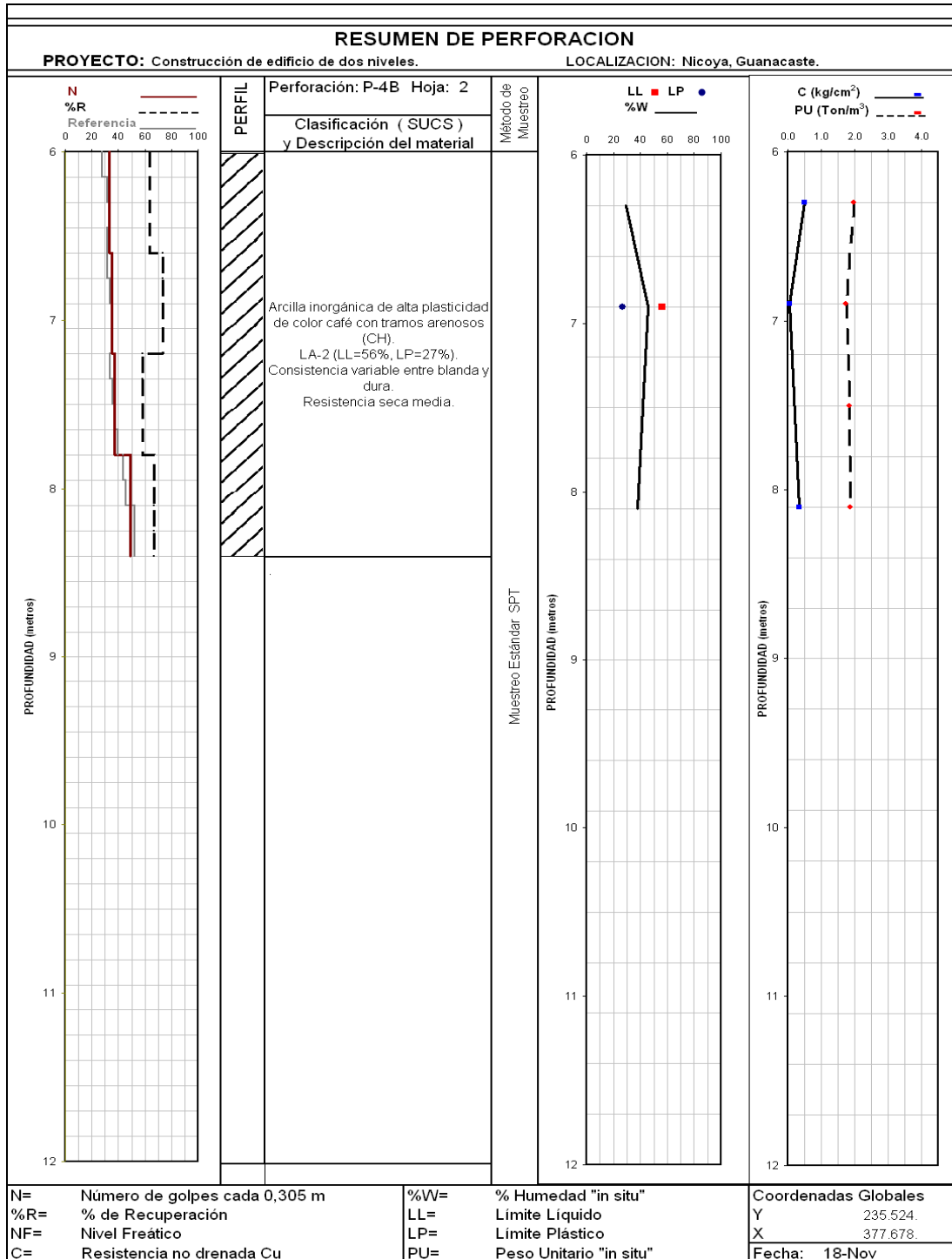




PERFORACIÓN P-3 (OTS-0247)

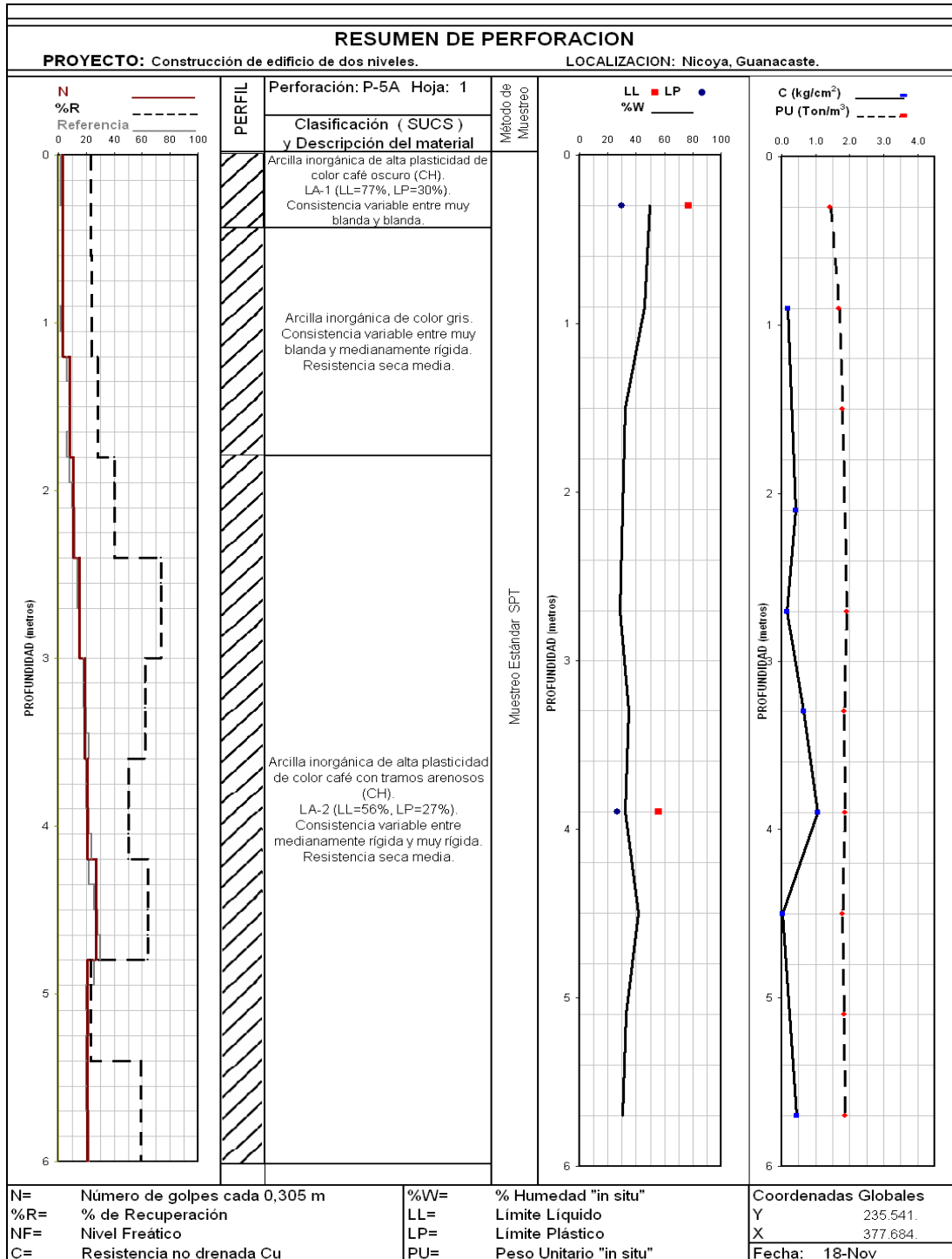


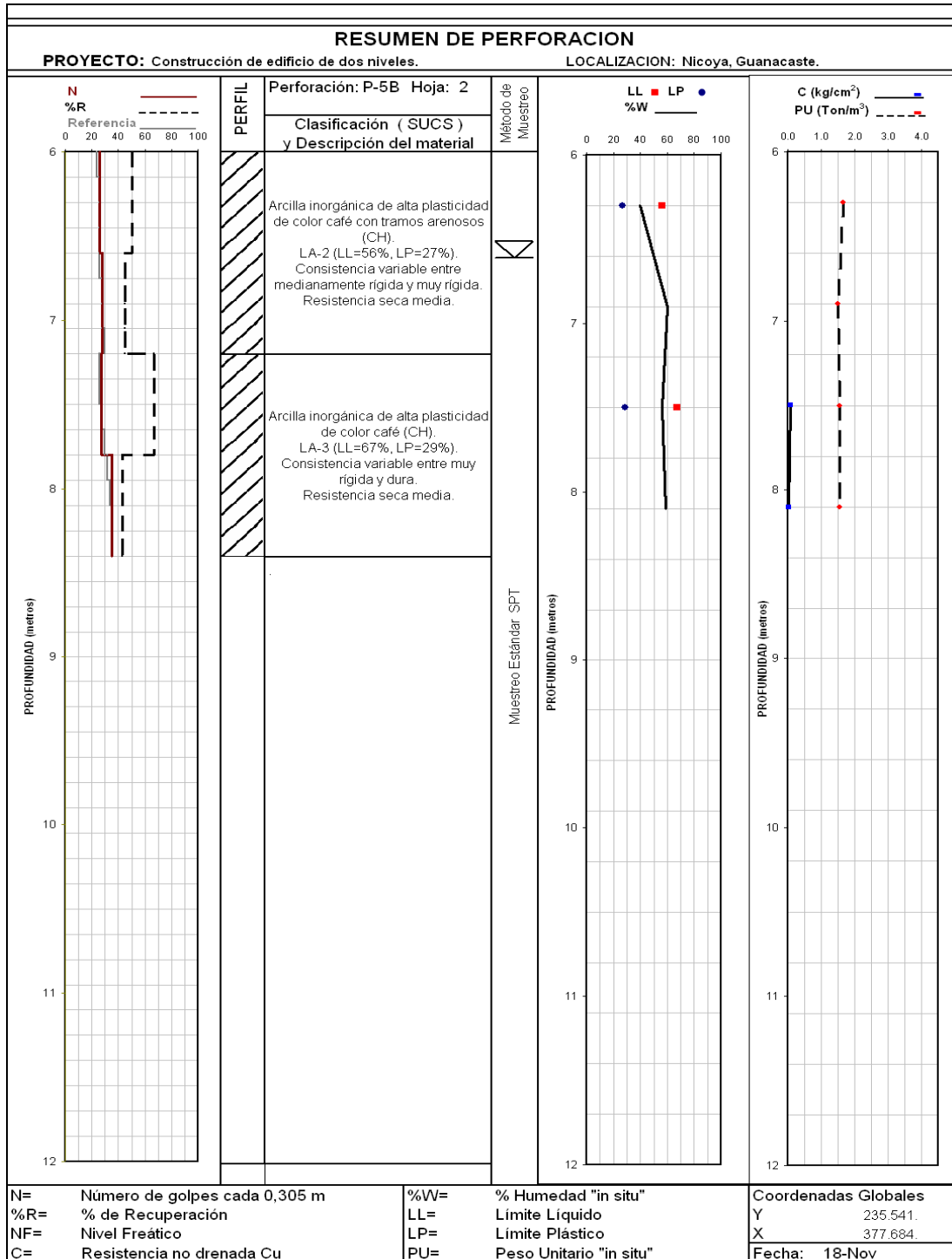




PERFORACIÓN P-4 (OTS-0247)

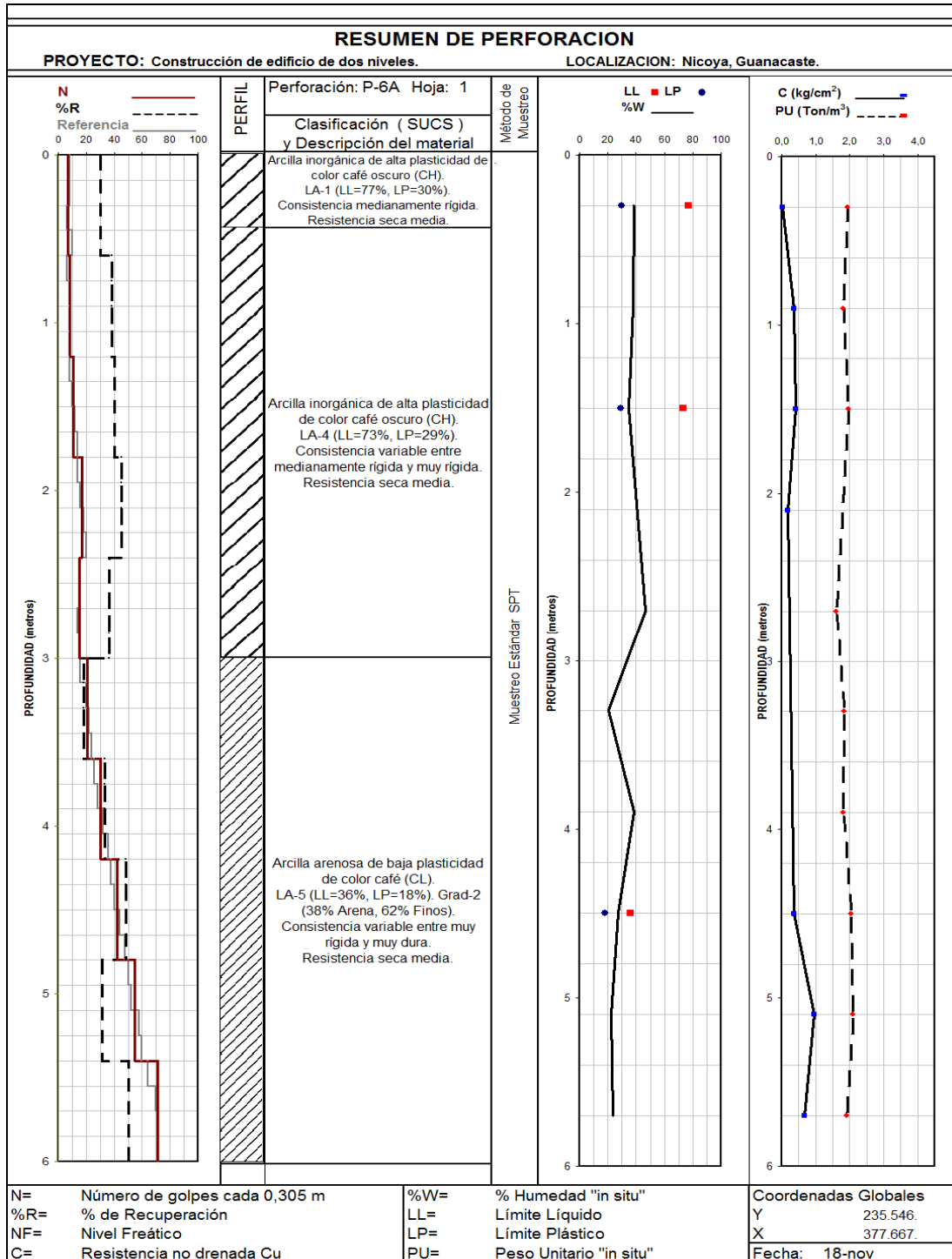






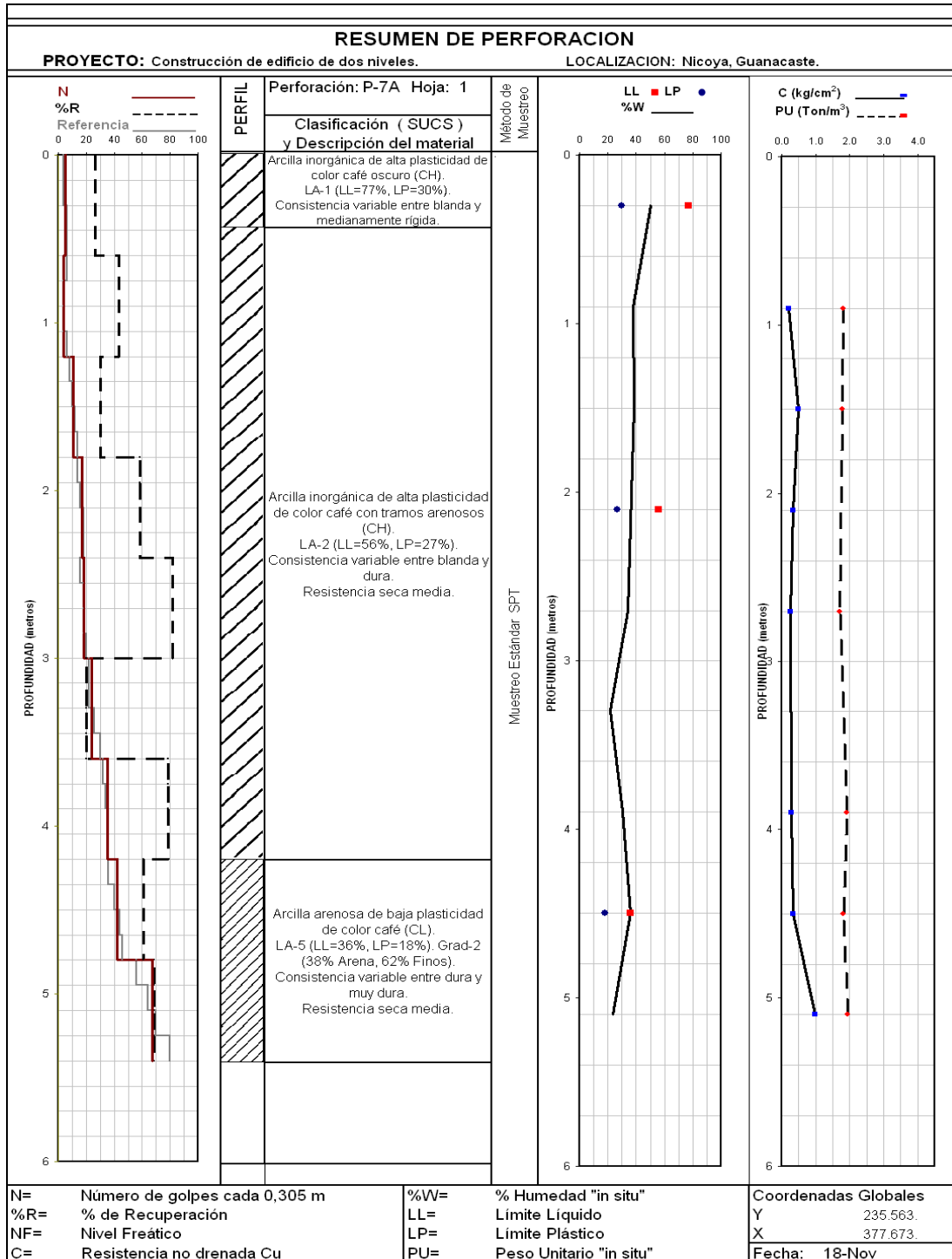
PERFORACIÓN P-5 (OTS-0247)





PERFORACIÓN P-6 (OTS-0247)





PERFORACIÓN P-7 (OTS-0247)



6. EVALUACIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES GEOTÉCNICAS

6.1 Capacidad soportante por perforación

Perforación No	Profundidad desde el nivel actual del terreno (m)	Capacidad soportante admisible (ton/m ²)
P-1	0,00 – 0,60	4*
	0,60 – 1,20	5
	1,20 – 1,80	8
	1,80 – 4,80	10
	4,80 – 5,40	12
	5,40 – 6,00	14
	6,00 – 7,80	18
	7,80 – 8,40	20
P-2	0,00 – 0,60	2*
	0,60 – 1,20	4*
	1,20 – 4,80	8
	4,80 – 5,40	12
	5,40 – 6,00	14
	6,00 – 6,60	16
	6,60 – 7,80	18
	7,80 – 8,40	20
P-3	0,00 – 0,60	2*
	0,60 – 1,80	5
	1,80 – 2,40	6
	2,40 – 3,60	8
	3,60 – 4,20	12
	4,20 – 6,00	15
	6,00 – 6,60	18
	6,60 – 7,80	20
	7,80 – 8,40	25

* Suelos de consistencia blanda no adecuados para cimentar estructuras de manera convencional.

Perforación No	Profundidad desde el nivel actual del terreno (m)	Capacidad soportante admisible (ton/m ²)
P-4	0,00 – 0,60	2*
	0,60 – 1,20	4*
	1,20 – 1,80	5
	1,80 – 3,00	8
	3,00 – 3,60	10
	3,60 – 4,20	14
	4,20 – 4,80	16
	4,80 – 7,80	20
	7,80 – 8,40	25
P-5	0,00 – 1,20	2*
	1,20 – 1,80	5
	1,80 – 2,40	8
	2,40 – 3,00	10
	3,00 – 7,80	15
	7,80 – 8,40	20
P-6	0,00 – 1,20	5
	1,20 – 1,80	8
	1,80 – 3,00	10
	3,00 – 3,60	14
	3,60 – 4,20	18
	4,20 – 5,40	20
	5,40 – 6,00	25
P-7	0,00 – 1,20	4*
	1,20 – 1,80	8
	1,80 – 3,00	10
	3,00 – 3,60	15
	3,60 – 4,20	18
	4,20 – 4,80	20
	4,80 – 5,40	25

* Suelos de consistencia blanda no adecuados para cimentar estructuras de manera convencional.

7. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL TERRENO

7.1 Metodología de análisis

El análisis se realizó con ayuda del programa *Slide v 4.0*, el cual calcula mediante iteraciones diferentes posibles planos de falla por el método de equilibrio límite y encuentra el plano con el menor factor de seguridad. Este programa contempla las metodologías de análisis universalmente aceptadas para este tipo de estudio como son los métodos de Bishop, Janbu, Spencer, el cuerpo de ingenieros de los Estados Unidos y otros, las cuales han dado resultados similares en este análisis.

Para modelar el perfil analizado, se utilizó parámetros geotécnicos basados en los resultados de características físicas y mecánicas de los materiales obtenidos en el presente estudio de suelos y el levantamiento topográfico suministrado por el solicitante del estudio.

En la evaluación de la estabilidad del perfil estudiado, se desarrolló un análisis tanto en condición estática como en condición pseudoestática. El coeficiente sísmico utilizado para el análisis en condición dinámica tiene valores de $c_x=0,20$ y $c_y=0,05$, los cuales corresponden a un sismo con un período de retorno de 500 años como lo solicita el Código Sísmico de Costa Rica.

7.2 Alcance

- Ø Se considera como parámetros de referencia del suelo los obtenidos en las perforaciones realizadas en el marco del presente estudio de suelos.
- Ø Se encuentra fuera del alcance del estudio determinación de existencia y comportamiento de fallas geológicas en la zona de interés.
- Ø Los resultados emitidos dependen de que la topografía suministrada represente las características reales del terreno.
- Ø En este estudio se realiza la evaluación del comportamiento del terreno con base en las condiciones actuales.

7.3 Zona de estudio

Para fines del análisis de estabilidad, se considera como zona de interés los sectores donde se proyecta la construcción de infraestructura, en los cuales se ubicaron perforaciones.

A continuación se presenta la ubicación de la zona de interés para el presente estudio.

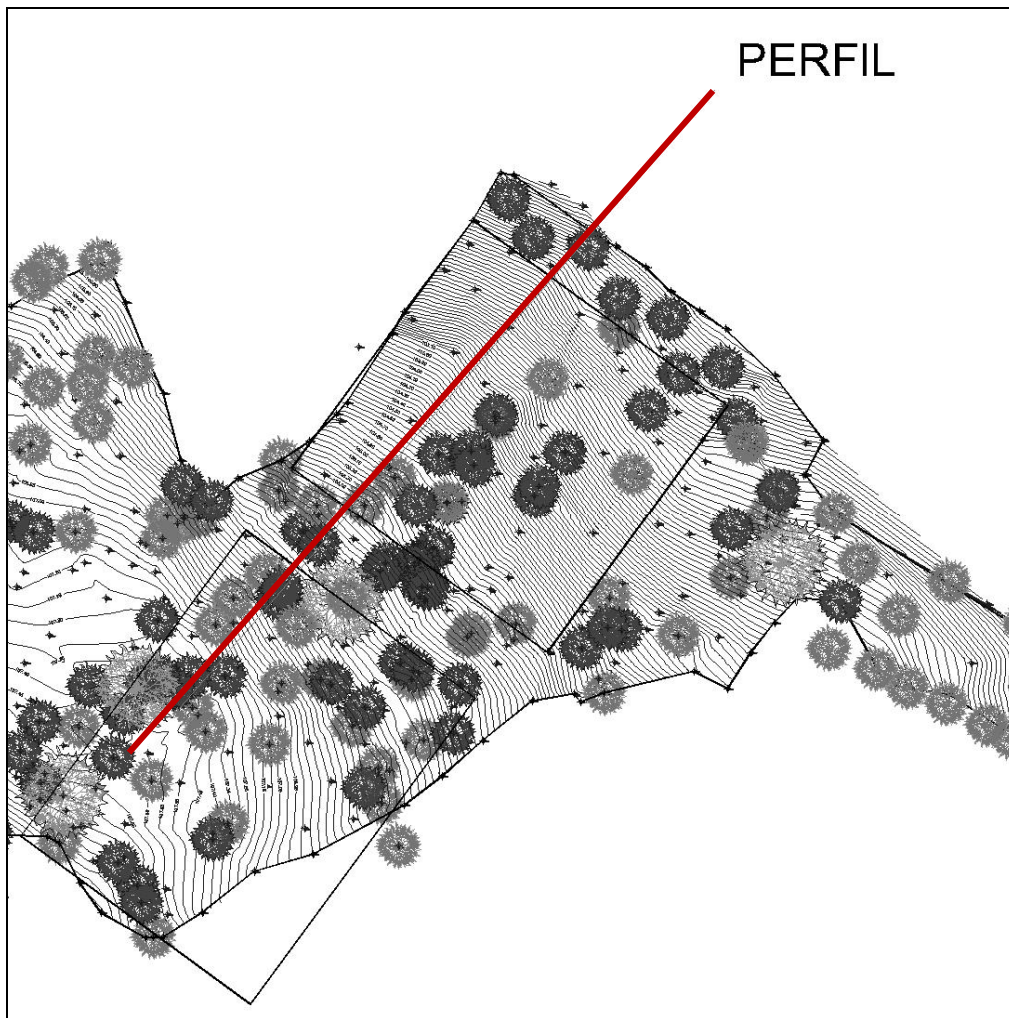


Figura. Zona de estudio.
Fuente: Topografía suministrada

7.4 Resultados

A continuación se presenta de manera gráfica los resultados obtenidos para los diferentes escenarios modelados. Para cada perfil de estudio, los escenarios modelados para el análisis son los siguientes:

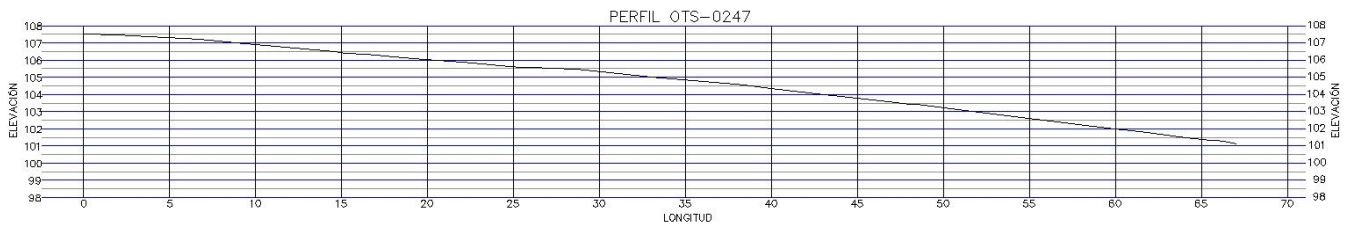


Figura. Perfil modelado.
Fuente: Topografía suministrada.

- Ø Perfil natural. Condición estática (sin sismo).
- Ø Perfil natural. Condición pseudoestática (con sismo).

Para la adecuada interpretación de los siguientes diagramas que se presentan, se debe tener en cuenta que el cuadro superior representa los puntos de centro donde se pueden generar potenciales radios de superficies de falla en los que se realizó el análisis. El color indica el factor de seguridad obtenido en ese punto.

Los colores azules representan factores de seguridad mayores a 4,0 y los colores rojos representan valores de factor de seguridad menores a 1,0. La tabla de colores se encuentra al lado izquierdo de cada diagrama.

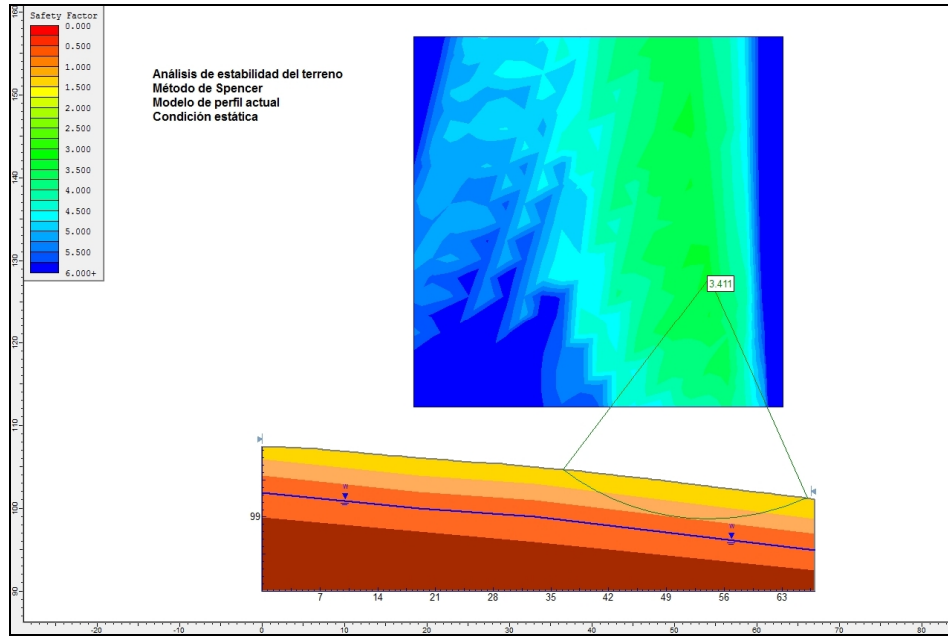


Figura. Modelo con perfil actual. Condición estática.

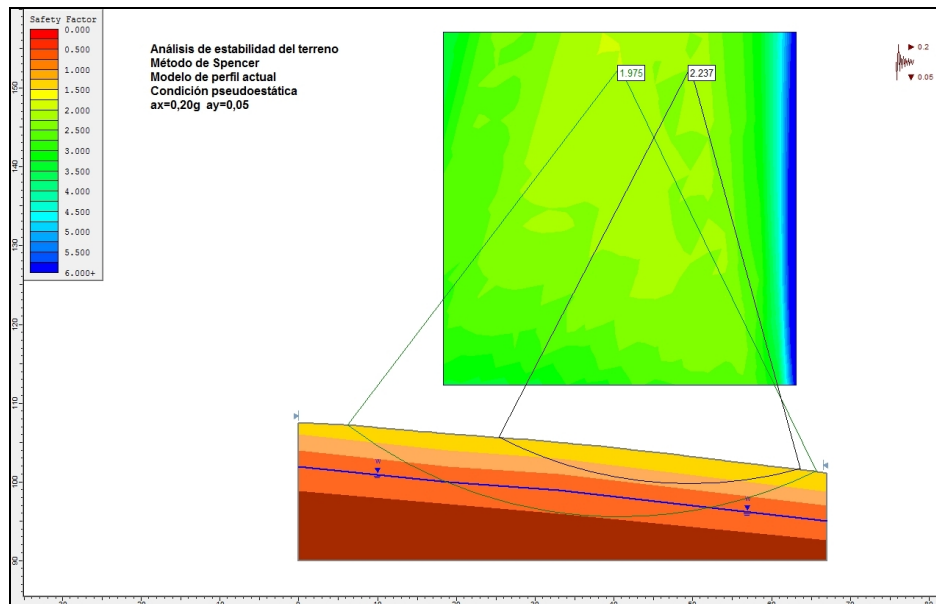


Figura. Modelo con perfil actual. Condición pseudoestática.

8. RECOMENDACIONES

8.1 Observaciones generales

En la zona estudiada se encuentra de manera predominante capas de suelos arcillosos de alta plasticidad que presentan una consistencia variable. En algunas de las perforaciones realizadas, se encontró evidencia de la presencia de un nivel freático o de un nivel de saturación importante a partir de una profundidad variable entre aproximadamente 6 m y 6,6 m.

Los suelos arcillosos del sitio pueden ser susceptibles a experimentar variaciones volumétricas con los cambios de humedad, por lo que pueden expandirse en la temporada lluviosa y contraerse en la temporada seca.

En el apartado 5 de este informe se presentan las características de los materiales encontrados en los sitios de las investigaciones. En el apartado 6, se presentan las capacidades soportantes admisibles del terreno de acuerdo con la profundidad.

8.2 Recomendaciones generales

De acuerdo con los resultados obtenidos en las perforaciones realizadas en el sitio, se presenta a continuación las recomendaciones generales para la cimentación de las obras.

8.2.1 Obras deportivas

En la zona de las perforaciones **P-1** y **P-2**, ubicadas en el sector tributario a las **Obras Deportivas**, se encuentran capas de suelos arcillosos de alta plasticidad. Para el edificio de baño y unidades sanitarias, se recomienda construir un relleno de sustitución de un espesor mínimo de 0,60 m de material de subbase mejorado con un saco de cemento por metro cúbico de material y compactar a una densidad mínima del 95% de acuerdo con el ensayo proctor modificado. Este relleno debe cubrir el área de la edificación más un ancho adicional mínimo de 0,50 m de cada lado, es decir, la dimensión del relleno en cada eje debe ser 1 m mayor al lado respectivo del edificio. Sobre el relleno de sustitución, se puede utilizar una losa de cimentación considerando una capacidad soportante admisible de 4 ton/m² con un factor de seguridad igual a 3,0.

Para la zona de la cancha deportiva con superficie en asfalto, se recomienda que la estructura de base y subbase cuente con espesores adecuados para evitar agrietamientos superficiales debido al comportamiento de los suelos arcillosos del sitio. Se recomienda realizar determinaciones del parámetro CBR del material de Subrasante.

8.2.2 Residencias universitarias

En la zona de las perforaciones **P-3, P-4 y P-5**, donde se proyecta la construcción de un **edificio de dos niveles para residencias universitarias**, se observa que existe una capa superior de suelos de consistencia blanda de aproximadamente 1,2 m.

Se recomienda cimentar el edificio en zona de corte a una profundidad de desplante de 1,1 m y apoyar las placas sobre un relleno de sustitución de toba cemento plástica de un espesor mínimo de 0,30 m, es decir, se debe alcanzar una profundidad total de unos 1,4 m con respecto al nivel actual del terreno. Sobre el relleno de sustitución se puede considerar una capacidad soportante admisible de 5 ton/m² con un factor de seguridad igual a 3,0. En este caso, se debe realizar un mejoramiento generalizado en la zona de la estructura de pisos, de acuerdo con las recomendaciones indicadas en el apartado 7.2.

Alternativamente, se puede realizar un mejoramiento que consista en la construcción de un relleno de sustitución de un espesor mínimo de 0,70 m de material de subbase mejorado con un saco de cemento por metro cúbico de material y compactar a una densidad mínima del 95% de acuerdo con el ensayo proctor modificado. Este relleno debe cubrir el área de la edificación más un ancho adicional mínimo de 0,50 m de cada lado, es decir, la dimensión del relleno en cada eje debe ser 1 m mayor al lado respectivo del edificio. Sobre el relleno de sustitución, se puede utilizar una losa de cimentación considerando una capacidad soportante admisible de 4 ton/m² con un factor de seguridad igual a 3,0.

Es de suma importancia canalizar y orientar adecuadamente todas las aguas superficiales para evitar que eventuales infiltraciones alteren las características de los suelos.

8.3 Recomendaciones para pisos

Para pisos, se recomienda colocar una capa de un espesor mínimo de 0,70 m de material de subbase compactada a una densidad mínima del 95% de acuerdo con el ensayo proctor modificado.

En el caso de la alternativa, los pisos se colocan directamente sobre la losa de cimentación.

8.4 Tipo de suelo para diseño estructural

Para diseño estructural se puede utilizar un tipo de suelo S3.

8.5 Recomendaciones para muros de retención

Se recomienda que toda estructura de retención se apoye en una capa de una capacidad soportante admisible mínima de 10 ton/m^2 , la cual debe verificarse en el fondo de las excavaciones mediante pruebas con penetrómetro dinámico.

Para el diseño de muros de retención se pueden utilizar los siguientes parámetros promedio del suelo:

- Ø Peso unitario húmedo: 1750 kg/m^3
- Ø Coeficiente de presión pasiva: 1,53
- Ø Coeficiente de presión activa: 0,65

Para disipar eventuales presiones hidrostáticas, se recomienda construir una pared de material granular en el paramento interno del muro o utilizar un geodrén. En cualquiera de los dos casos se debe colocar un tubo de drenaje en la parte baja con una adecuada salida de aguas.

8.6 Recomendaciones para taludes

- Para los casos en que se modifiquen pendientes, se recomienda manejar una relación de 2H:1V. En el caso de que por limitaciones de espacio no sea posible, se recomienda construir sistemas de retención (ver apartado 7.4).
- Los taludes deben mantenerse cubiertos por vegetación para que no estén expuestos a problemas de erosión.
- Se debe canalizar y orientar adecuadamente las aguas superficiales.
- De ninguna manera se debe descargar las aguas directamente sobre taludes.

8.7 Recomendaciones para rellenos

- El material arcilloso del sitio puede generar problemas de trabajabilidad para aplicar una adecuada compactación, por lo que no se recomienda el uso del material arcilloso del sitio para la construcción de rellenos estructurales.
- Los rellenos se deben construir sobre una superficie adecuadamente preparada en la que se haya removido todo espesor con contenido vegetal o de suelo meteorizado.
- Los rellenos se deben construir en capas de un espesor no mayor a 0,30 m y deben compactarse adecuadamente de acuerdo con la especificación correspondiente.
- En zonas de ladera, se debe realizar un banqueo del terreno para ofrecer un mejor engrape y no propiciar una condición inestable.

9. DISCUSIÓN DE LOS GRADOS DE INCERTIDUMBRE Y ALCANCE DEL ESTUDIO

Los resultados de los ensayos de las perforaciones son puntuales y pueden variar ligeramente en cualquier otro punto, sin embargo no es de esperarse mayores cambios dado que los resultados en las perforaciones son similares. En todo caso, si al momento de realizar excavaciones se encuentran materiales distintos a los reportados en este estudio se recomienda realizar pruebas adicionales para determinar sus características.

En cuanto al nivel freático, hay que resaltar que no es un dato constante en el tiempo sino que depende de la estación en que se realice su medición.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ø American Society of Testing Material, 2005, Annual Book of ASTM Standard. West Conshokoken, PA, Vol. 04,08
- Ø Asociación costarricense de Geotecnia, 2009, Código de Cimentaciones. Cartago, Editorial Tecnológica de Costa Rica, Vol. 1
- Ø Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, 2009, Código Sísmico de Costa Rica 2002. Cartago, Editorial Tecnológica de Costa Rica, Vol. 1
- Ø Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica, 1989, 1:50 000, 3 ed. San José, Editorial Instituto Nacional de Costa Rica