

**ESTUDIO GEOTÉCNICO Y  
MICROZONIFICACIÓN TIPO IV**

ESCUELA NACIONAL DE ARTE DRAMÁTICO  
**CARLOS FIGUEROA JUAREZ**

elaborado por

Ingeniero Civil JULIO HÉCTOR MARTÍNEZ LETONA  
Colegiado No. 14,108

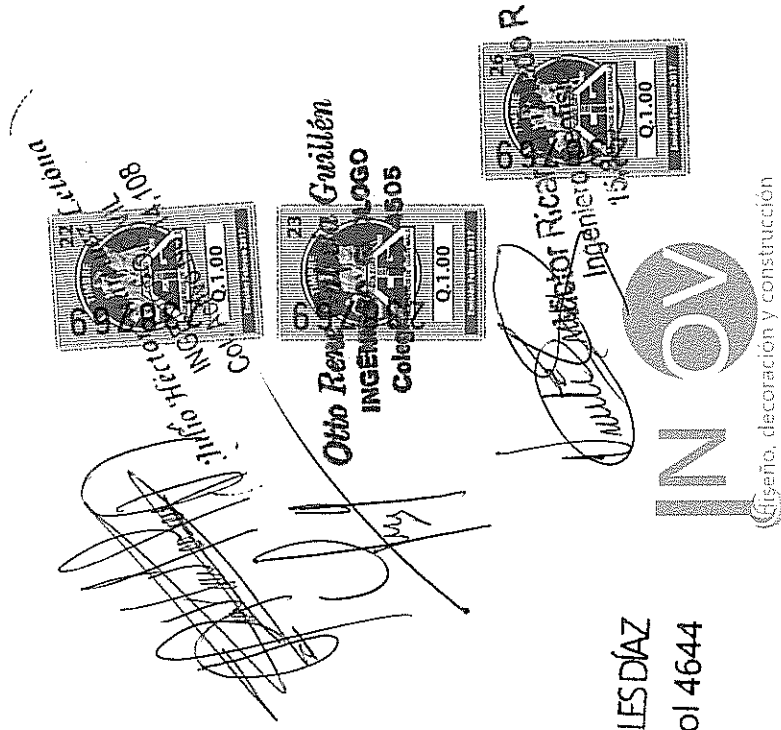
Ingeniero Geólogo OTTO RENÉ GALICIA GUILLEN  
Colegiado No. 4,505

Ingeniero Geofísico VÍCTOR RICARDO TOLEDO REYES  
Colegiado No. 15,843

**FREDDY R. MORALES DÍAZ**  
**arquitecto | col 4644**

presentado por por

Arquitecto **FREDDY ROBERTO MORALES DÍAZ**  
Colegiado No. 4,644



1000  
1000  
1000

## CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. OBJETIVOS.....	3
3. ALCANCE .....	4
4. LOCALIZACIÓN DEL LUGAR.....	4
5. UBICACIÓN DEL ÁREA ESTUDIADA.....	5
6. GEOLOGIA REGIONAL.....	6
7. GEOLOGIA LOCAL.....	11
8. MICROZONIFICACIÓN SISMICIDAD (CALCULO DEL ESPECTRO SISMICO).....	20
9. EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO.....	35
10. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL SUELO.....	37
11. ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE CARGA.....	39
12. CONCLUSIONES ESTUDIO GEOTÉCNICO ESPECIAL TIPO IV.....	40
13. RECOMENDACIONES ESTUDIO GEOTÉCNICO ESPECIAL TIPO IV.....	40
14. RESULTADOS DE LABORATORIO.....	41
15. ANEXOS.....	50



## 1. INTRODUCCIÓN

Este informe presenta los resultados del Estudio Geotécnico especial tipo IV, Geológico / Geofísico realizado como preliminar a actividades de construcción de cualquier índole e intervención antropogénica (humana) en un sector delimitado para el proyecto denominado Escuela Nacional de Arte Dramático CARLOS FIGUEROA JUAREZ, en el interior lado este del Centro Cultural Miguel Angel Asturias, zona 01 de la Ciudad de Guatemala.

El actual informe presenta los resultados concernientes a la exploración del subsuelo original no intervenido por maquinaria, para lo cual se realizaron ensayos de campo y laboratorio, cuyos propósitos son:

- caracterizar los diferentes estratos de suelos en lugar,
- determinar la capacidad de carga última admisible de los suelos que soportaran las estructuras futuras,
- determinar los asentamientos por consolidación del suelo,
- obtener las propiedades físicas y mecánicas de los diferentes estrato.

La exploración se ha planificado a llevar a cabo por medio de cinco Sondeos de Penetración Estándar (SPT) de 8.0 metros de profundidad cada uno, obteniendo de las mismas, muestras semi-inalteradas de suelo, para su posterior análisis en laboratorio de Mecánica de Suelos y dos pozos de exploración de 4.0 metros de profundidad cada uno para extraer muestras no alteradas.

## 2. OBJETIVOS

- La seguridad es primero (**Estudio geotécnico especial tipo IV**).
- Cumplir las normas aplicables por CONRED y AGIES.
- Caracterizar y determinar la **MICROZONIFICACIÓN** del área de interés.
- Caracterizar y determinar la geología local y las unidades geológicas.
- Caracterizar y determinar la sismicidad del área a través de la geofísica.
- Caracterizar y determinar a través de la geotecnia las propiedades físicas, mecánicas e hidráulicas de los suelos y el macizo rocoso.

### 3. ALCANCE

- Realizar ensayos in-situ de Sondeos de Penetración Estándar (SPT), para determinar los parámetros necesarios para la evaluación de la capacidad de carga así como los asentamientos del suelo que servirá como base para la cimentación del proyecto. Y dos pozos de exploración para extraer muestras para aplicarle una serie de ensayos normados que permitan conocer las condiciones del sitio original.
- Explorar el o los estratos de suelos para determinar el perfil estratigráfico y la columna litológica del área a través de pozos de exploración a cielo abierto.
- Presentación de los resultados obtenidos en el estudio, conclusiones y recomendaciones como función de la obra prevista y de las condiciones geotécnicas del sitio investigado.

### 4. LOCALIZACIÓN DEL LUGAR

El estudio se llevó a cabo en el área verde, lado este del Centro Cultural Miguel Angel Asturias, zona 1 de la Ciudad de Guatemala.

### 5. UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo dentro del área delimitada



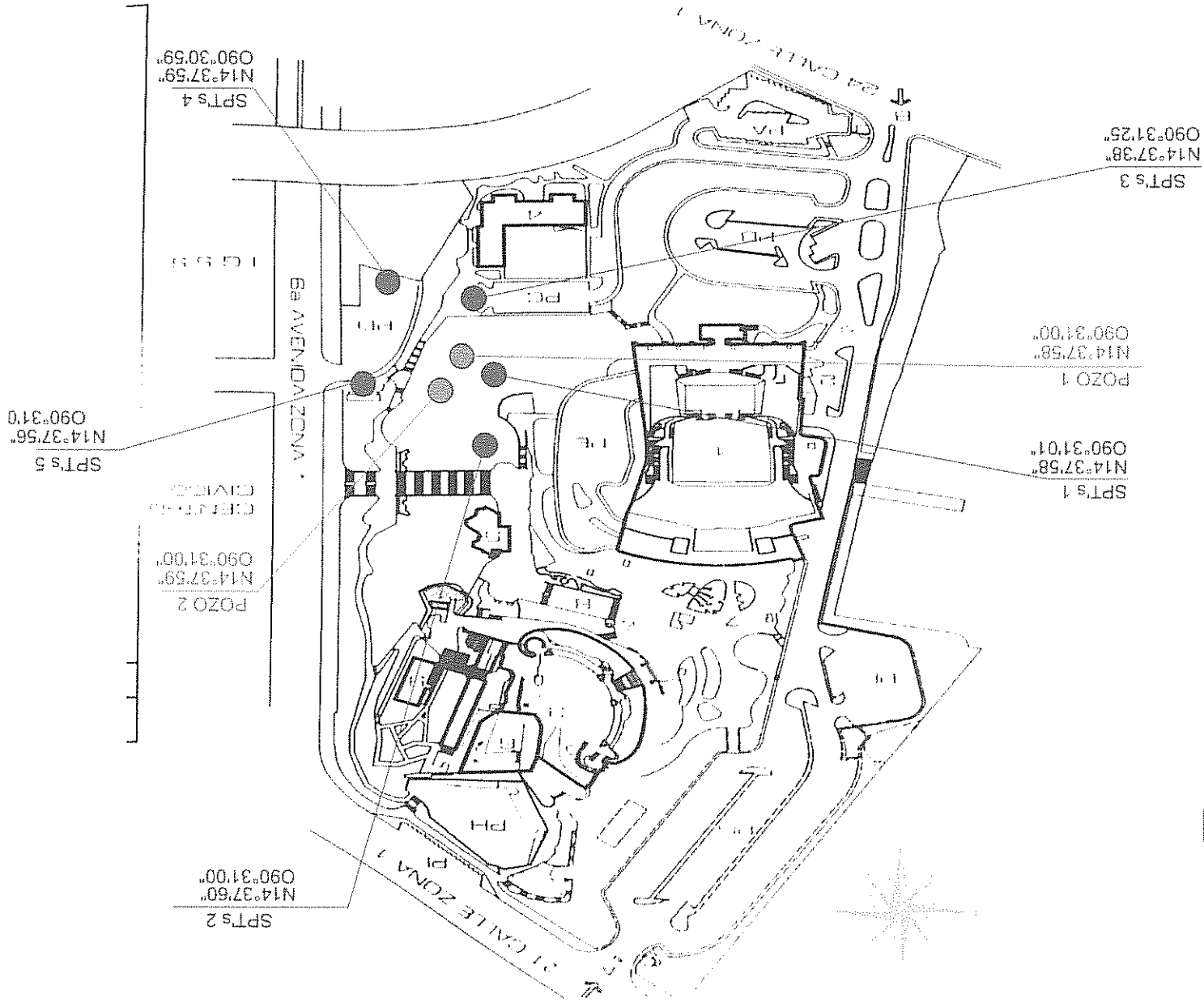
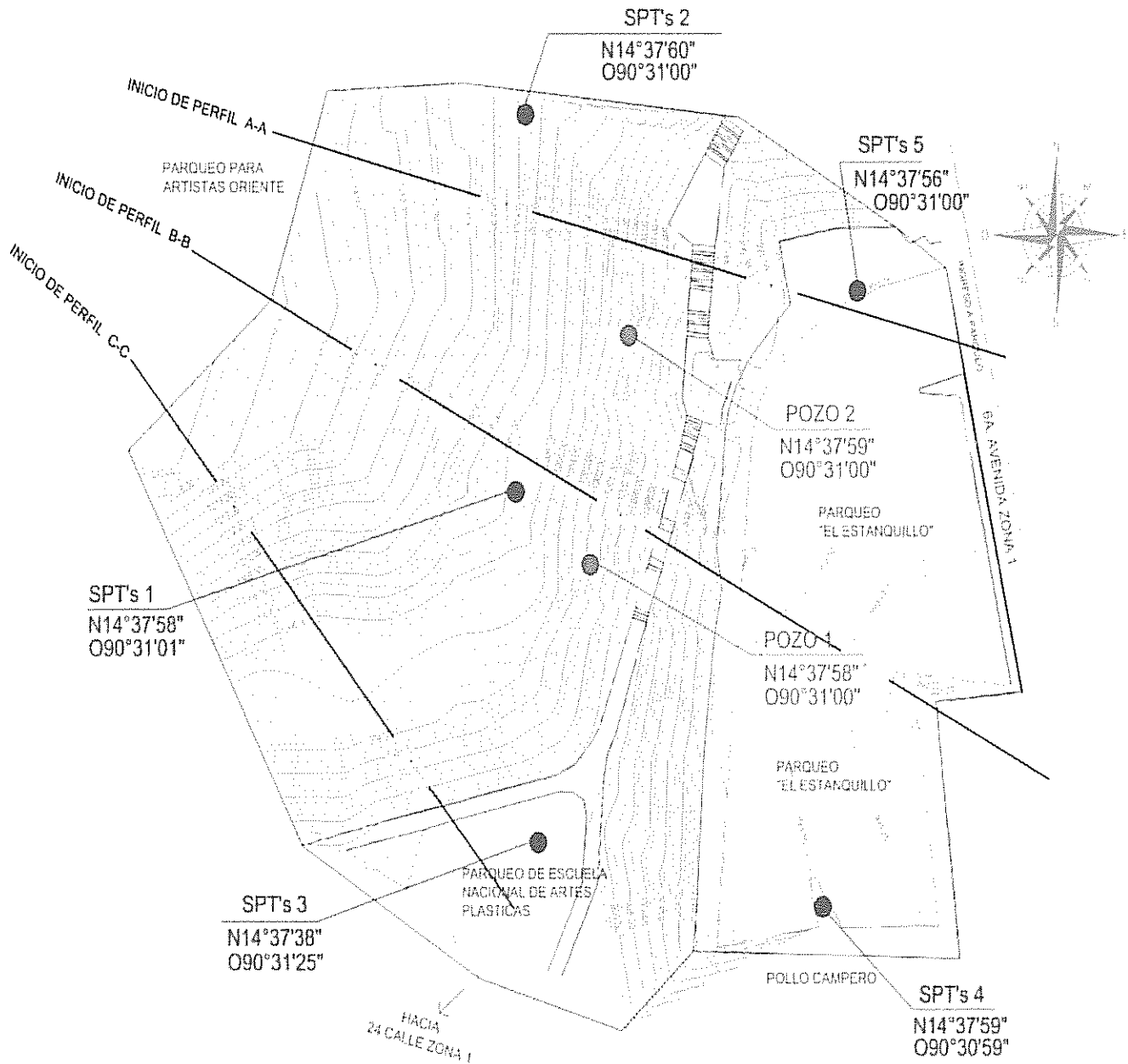


IMAGEN 2. Localización de muestreos.

IMAGEN 3. Ubicación de muestreos en plano topográfico.





## 6. GEOLOGÍA REGIONAL

### ASPECTOS DE LA GEOLOGIA REGIONAL Y DE LA FORMACION DEL VALLE DE LA CIUDAD DE GUATEMALA

La geología global planteada para Centro América, mostrada abajo, se basa fundamentalmente en la presencia de cuatro (4) placas importantes así: La del Caribe constituida por la zona del continente y una gran extensión del mar Caribe pasando al Sur de Cuba y al Nor Este de Venezuela.

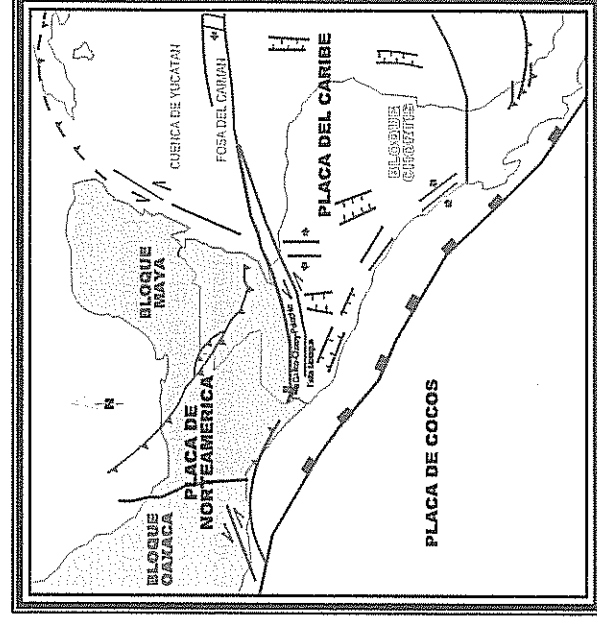
La corteza oceánica en la zona del Pacífico está conformada por dos placas: la de Cocos y la de Nazca que penetran en la zona de subducción; en los límites entre Panamá y Costa Rica está la separación entre la placa de Nazca y la Placa de Cocos.

La Placa de Norte América Norte de Guatemala con la Placa del Caribe por el lineamiento del río Motagua (Falla Transformacional), enfrentado con el Golfo de Honduras.

Concretamente para Guatemala la tectónica global se desarrolla en una zona de triple unión de placas (la de Norte América Norte de Guatemala, la del Caribe hacia el Sur y la de Cocos en el piso oceánico d Pacífico).

En la zona de límite de placas de Norteamérica y el Caribe se presentan grandes fallamientos conocidos como Chixoy – Polochic, Motagua, y Jocotán – Chamelecón y su movimiento predominante es de tipo sinistral ocasionando una zona de gran actividad sísmica.

La parte Sur en donde se ubica la zona de subducción, por interacción entre las placas Caribe y Cocos, ocasiona en el continente una segmentación o escalonamiento de la cadena volcánica (Falla de Jalpatagua de dirección N45W) y



callamientos transversales con direcciones Nor Oeste y Nor Este de tipo sinestral. Todo esto se indica en la figura adjunta de la tectónica regional.

Las rocas volcánicas del Terciario en Guatemala, cubren una franja, que se encuentra entre la sierra de Chuacus y la actual cordillera volcánica del Cuaternario. No existe mucha investigación geológica en esta región, por lo que Sapper, en 1937 (en: Weyl, 1980) expresó que el conocimiento del vulcanismo del Terciario de Guatemala es insuficiente. Por otra parte, Williams (en: Weyl, 1980) expresa que estos materiales han sido producto de erupciones por fisuras, resaltando que este tipo de erupciones también son típicas del Terciario en México y Estados Unidos. Dengo (1978) en la reseña sobre el marco tectónico de la región del Caribe, indica que aún quedan aspectos que resolver con respecto a los fenómenos intraplaca, resaltando dentro de éstos, la formación del **graben de la Ciudad de Guatemala**.

En la cartografía geológica existente 1:250 000 (Bonis, 1993), se destacan las estructuras volcánicas del Cuaternario, que incluyen los conos volcánicos, el área de influencia de los productos lávicos y abanicos asociados a las estructura. En contraste, los productos del vulcanismo Terciario se presentan como amplias áreas en las que tanto la estructura como los productos tienen una escasa o ausente delimitación o interpretación geológica

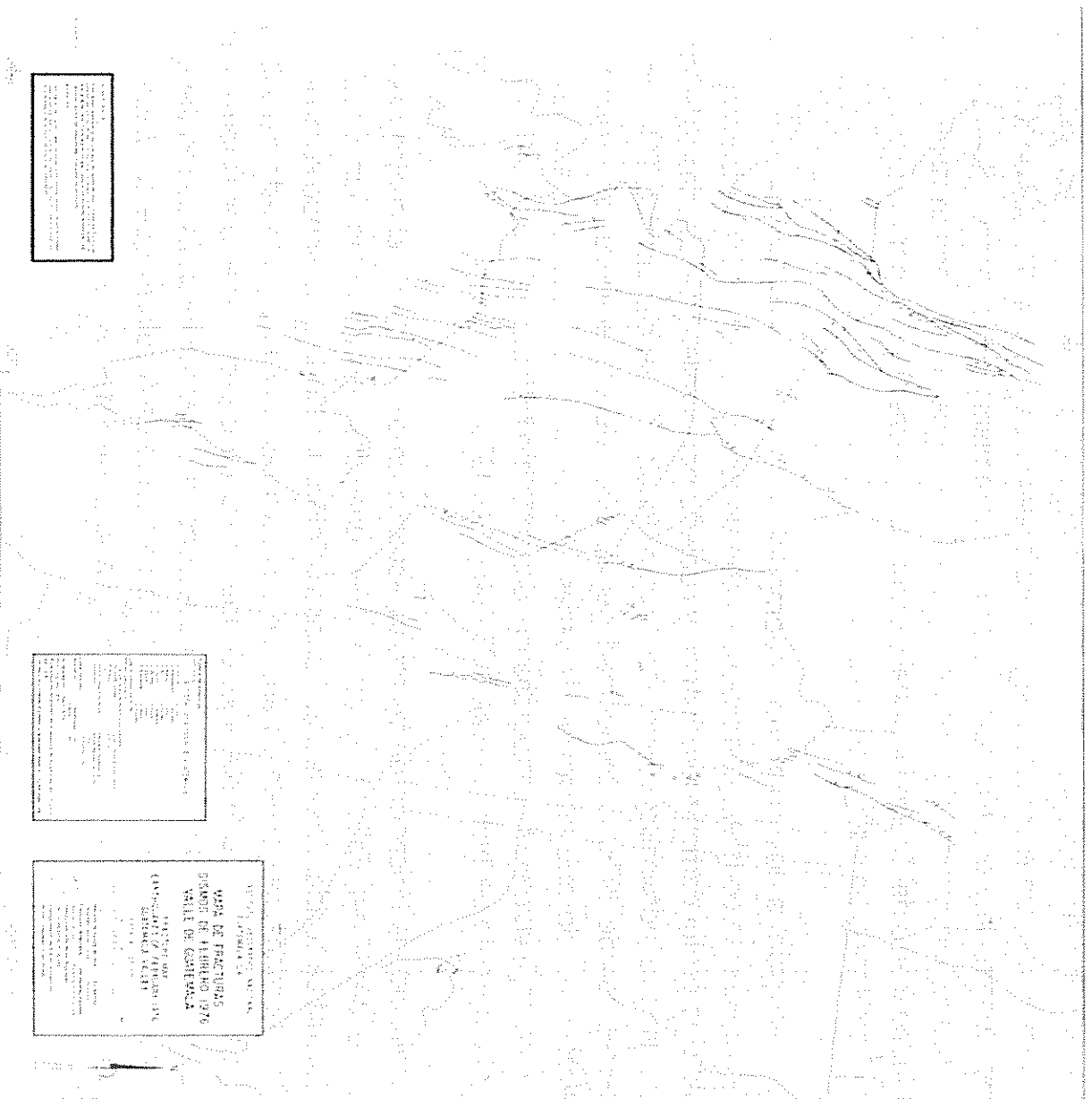
Se ha aceptado por la comunidad geocientífica, que la estructura del valle de la ciudad de Guatemala es una depresión de origen tectónico, tipo graben, delimitada por las fallas de Mixco y Pinula (Weyl 1980; Plafker, 1978; Bonis, 1978; Bonis, 1993); de acuerdo al relieve actual, el desnivel entre los bloques levantados y el graben, donde se encuentra el valle es de 500 m. En la interpretación de la estructura del graben de la Ciudad de Guatemala, las fallas de Mixco y Pinula, son fallas normales de gran ángulo, aproximadamente paralelas de 20 km de largo, con una orientación norte a noreste, que por su actividad han provocado la depresión tectónica que se ha rellenado por materiales procedentes de una serie de eventos de flujos de piroclastos. El graben se encuentra delimitado en el norte por rocas intrusivas y metamórficas del Cretácico, al sur de la falla del Motagua; al sur lo limita la cordillera volcánica del Cuaternario, específicamente por los volcanes de Agua y Pacaya. MODELO PULL APART BASIN Evidencia geológico-geomorfológica Durante recientes investigaciones geológicas (Pérez, 2009), se identificó en la parte sureste del valle de Guatemala la presencia de una unidad de sedimentos finos, que se depositaron como flujos de lodo, llenando cañadas y depresiones existentes.

Al ampliar la interpretación geomorfológica, se reconocen otras formas concéntricas con el área de la laguna, las cuales se adentran en el valle de la ciudad de Guatemala y el límite coincide con el afloramiento de las rocas volcánicas del Terciario, incluyendo algunos altos estructurales que se encuentran dentro de la ciudad (**cerro del Teatro Nacional y Cerrito Del Carmen**) y que por muchos años su interpretación ha sido un enigma.

De acuerdo a los contornos geomorfológicos y su coincidencia con rocas volcánicas, se concluye corresponden con un relicto de un edificio volcánico, que ha sido profundamente erosionado y cubierto por el relleno de piroclastos, el cual ha sido denominado relicto del volcán Pinula. Evidencia Sísmica Durante el terremoto de 1976, la comunidad geocientífica de ese entonces se organizó y aprovechando que las trazas de varias fallas secundarias asociadas a la falla de Mixco eran visibles, se cartografiaron, dando como resultado el Mapa de Fracturas del terremoto de 1976, a escala 1:25 000 (SGG, 1976).

Analizando la ubicación de las trazas, éstas se presentan desde el centro hasta la parte oeste del Valle, en sectores bien definidos como Ciudad San Cristóbal, Colonia La Florida, Colonia San Francisco, Colonia La Florida y teniendo como límite En este mapa, se definen claramente dos sectores, uno es la parte este del valle y el entorno del cerro El Naranjo, donde las fracturas provocadas por el terremoto están ausentes y el otro es en el que se concentran las fracturas. Es de resaltar que las fracturas no son lineales, sino que son sectores circulares que se presentan paralelas a los contornos definidos para la parte este del valle de la ciudad de Guatemala.

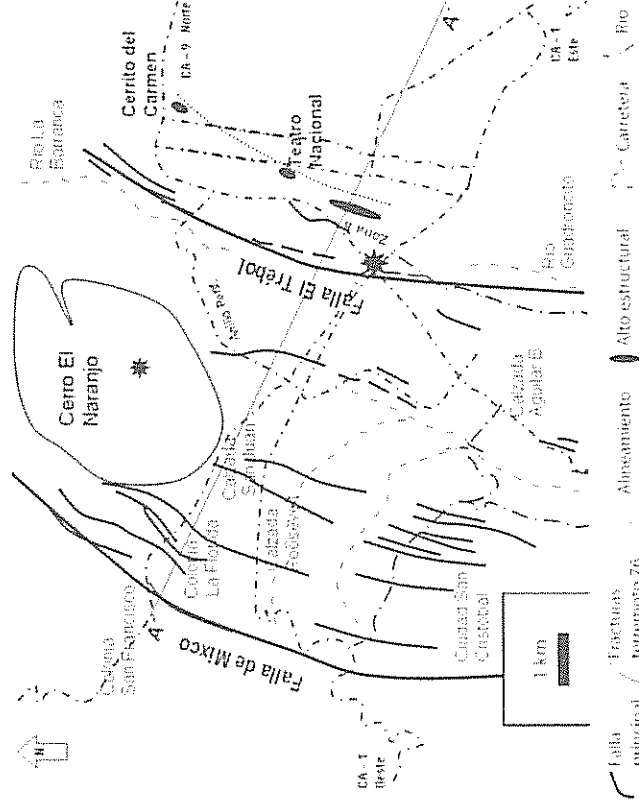
La ESTRUCTURA DEL VALLE DE GUATEMALA de acuerdo a estas evidencias, se concluye que bajo el valle de la ciudad de Guatemala ha sido formado como una estructura de tipo pullapartbasin, delimitado al norte por la falla del Motagua, al sur por la falla de Jalpatagua y en el centro se ha generado una la zona de distensión que formó la depresión en la que se encuentra la ciudad. La zona de distensión primero fue aprovechada por la actividad volcánica representada por los volcanes Pinula y El Naranjo. Al continuar los movimientos tectónicos colapsaron las estructuras volcánicas formando el sistema de fallas de Mixco, cuyas trazas se evidenciaron en superficie durante el terremoto de 1976.



Estas estructuras han sido cubiertas por un potente espesor de materiales piroclásticos que han encubierto y ocultado su origen. De acuerdo a la presente interpretación, el patrón del fracturamiento del valle de Guatemala provocado por el terremoto de 1976 ha evidenciado que la zona de fallamiento coincide únicamente con la falla de Mixco, la cual es un sistema de fallas normales, escalonadas, cuya forma está gobernada por las estructuras volcánicas subyacentes.

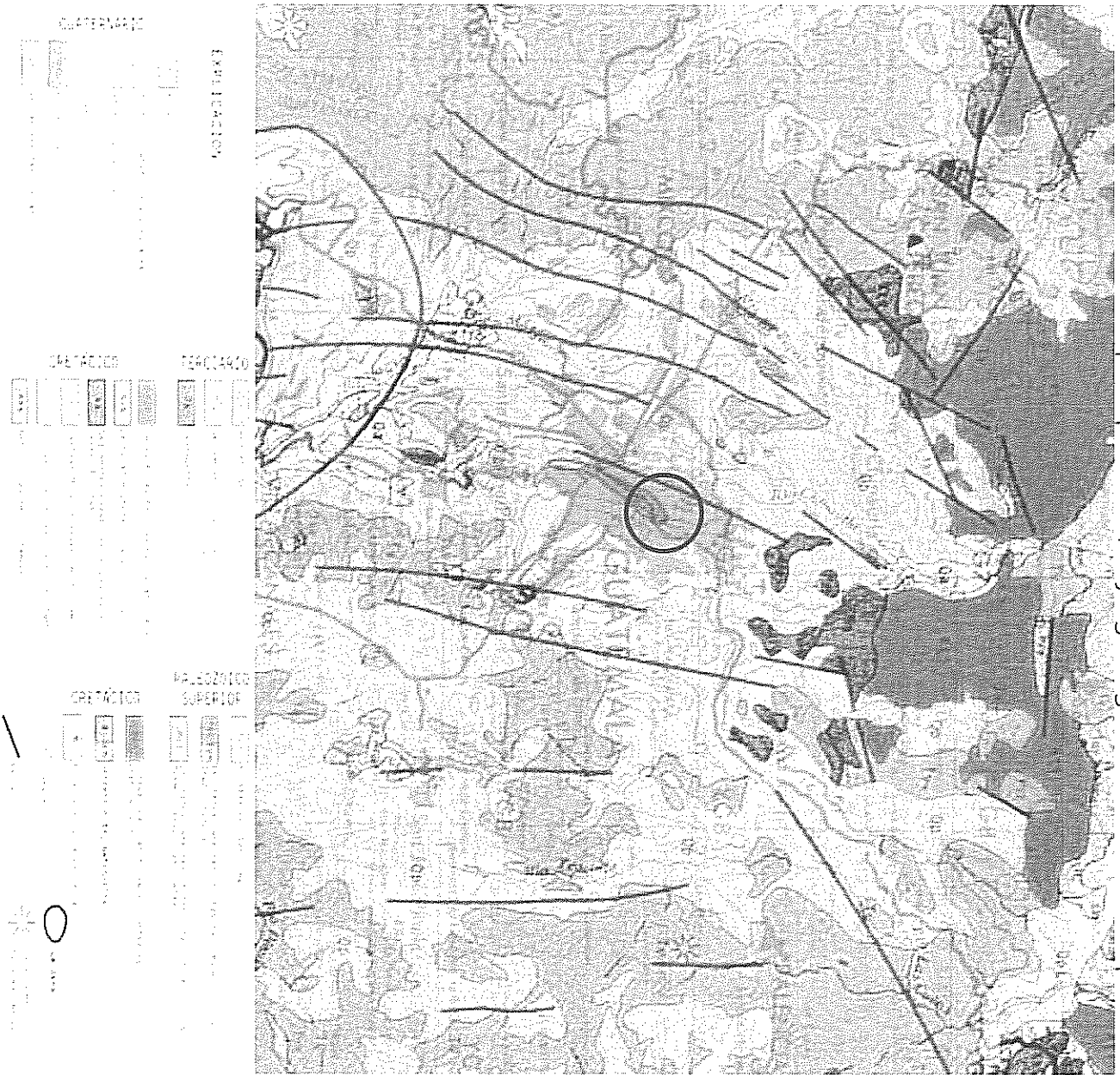
Lo que hasta ahora se conoce como falla Pinula, representa las faldas del relicto de la estructura volcánica. La estructura del relicto volcánico se adentra en el valle de Guatemala hasta el sector de El Trébol, siendo el contorno exterior, el formado por los altos estructurales que se encuentran dentro del valle de Guatemala. Hacia el oeste de este contorno, se inicia la zona de fallamiento activo. La historia geológica del valle de Guatemala y el proceso de formación del valle de la ciudad de Guatemala, está relacionado con las fallas transcurrentes de Motagua y Jalpatagua y zona de distensión que se forma en intersección de éstas. El incremento en la actividad de las fallas Motagua y Pinula en el Mioceno Medio (Weyl, 1980), creó una zona de debilidad que fue aprovechada para el ascenso de magmas que formaron las estructuras volcánicas del volcán Pinula y El Naranjo. En un principio esta zona de distensión sirvió como conducto para el ascenso de los magmas, sin embargo, al continuar los movimientos de estas fallas en la zona de distensión, se originó la falla de Mixco cuya forma sigue el contorno de la estructura del relicto del volcán Pinula y que provoca la subsidencia del valle y de las estructuras volcánicas, mediante desplazamientos verticales continuos. El límite entre la depresión y la estructura volcánica está formado por la Falla El Trébol, dentro del valle de la ciudad de Guatemala. El cerro El Naranjo es otra estructura que se encuentra dentro del valle, se considera una cuenca pullpart.

Lo que hasta ahora se conoce como falla Pinula, representa las faldas del relicto de la estructura volcánica. La estructura del relicto volcánico se adentra en el valle de Guatemala hasta el sector de El Trébol, siendo el contorno exterior, el formado por los altos estructurales que se encuentran dentro del valle de Guatemala (**Cerro del Teatro Nacional y Cerro Del Carmen**). Hacia el oeste de este contorno, se inicia la zona de fallamiento activo.



## 7. GEOLOGÍA LOCAL

El área objeto de estudio se encuentra ubicada estructuralmente al sur de la Zona de Falla del Motagua, en el graben de la ciudad de Guatemala, el cual presenta un relleno de rocas volcánicas principalmente, cuya geología se revela en el mapa :

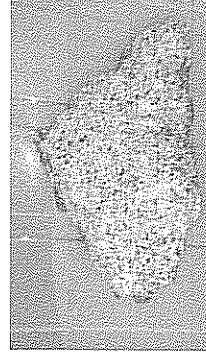


### IMAGEN 7. Mapa Geológico del área de estudio

*El círculo rojo sobre la figura indica la posición del área de estudio. En el área mapeada se identificó una sola unidad litológica y por encima un suelo producto de la meteorización de la misma*

La UNIDAD DE TOBAS POMÁCEAS Y RIOLÍTICAS pertenece a un grupo de rocas producto del vulcanismo que afectó esta parte de Guatemala durante el Terciario y constituye la base de la columna litoestratigráfica local no se puede estimar el espesor pero es visible en el cerro del teatro unos 60 metros y puede llegar al nivel de 100 metros de profundidad

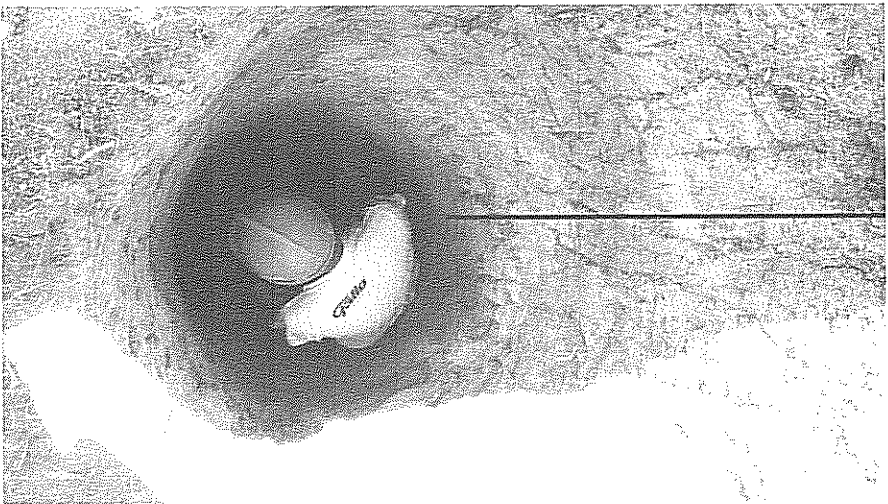
Cuando está sana, esta compuesta de fragmentos grandes de pómez ceniza, poco cuarzo y vidrio volcánico.



**IMÁGENES VARIAS.**  
Afloramiento de rocas de la unidad de tobas pomáceas y riolíticas.

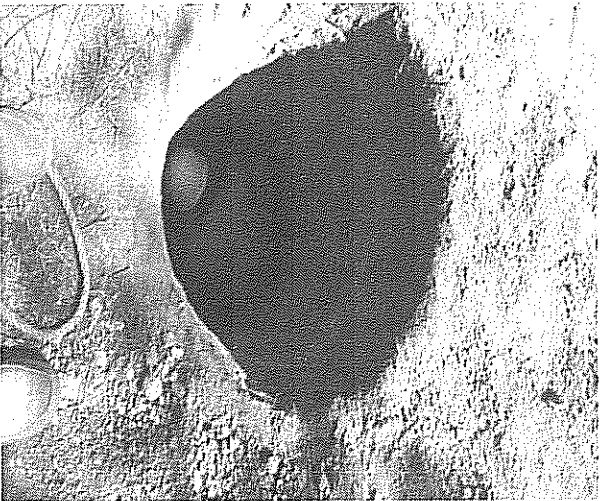


La unidad de SUELO PRODUCTO DE METEORIZACIÓN DE LA TOBA POMÁCEA Y RIOLÍTICA está formada por un suelo arenoso semiconsolidado, producto de la desintegración meteórica de la toba pomácea. Es espesor varía de 1.0 a 1.5 metros. En la parte baja del cerro del Teatro se encuentran sectores de 50 centímetros de relleno y ripio como se observa en la fotografía de uno de los pozos geotécnicos



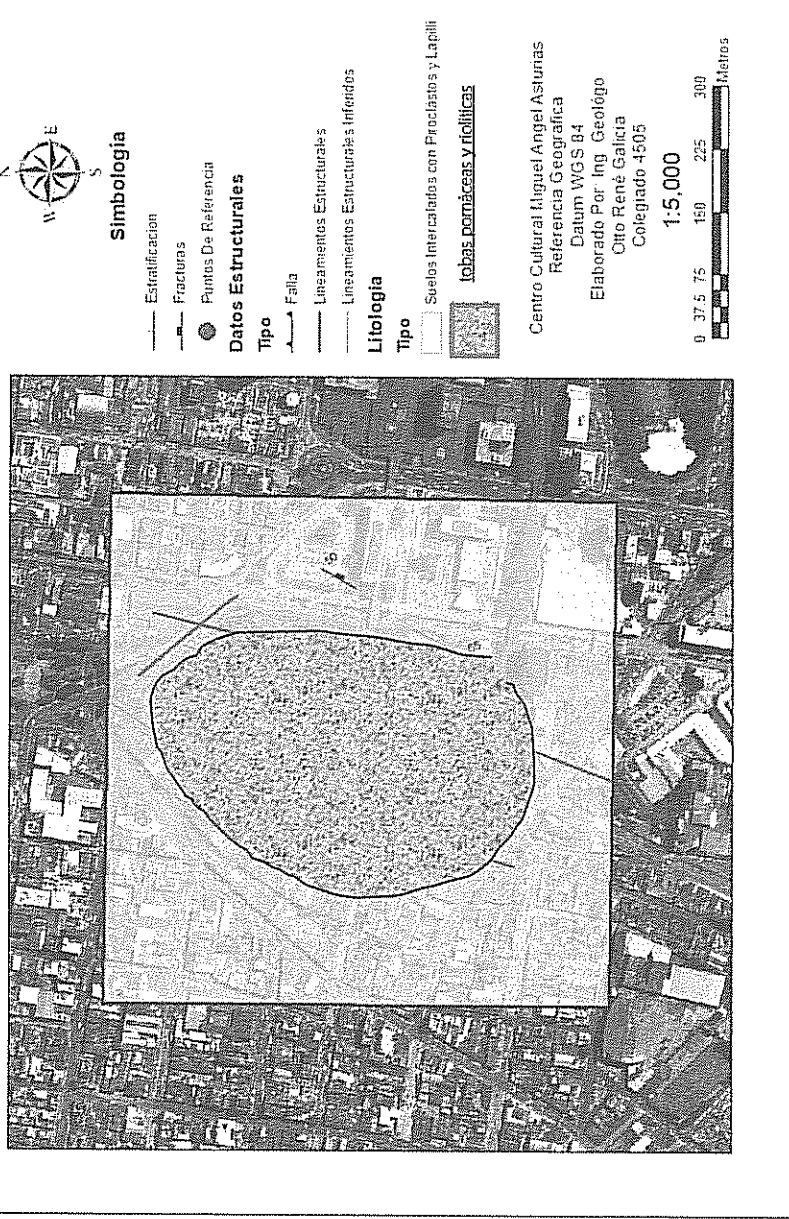
1.5 metros

**IMÁGENES VARIAS.** sustrato por encima de la toba consiste de suelo arenoso semiconsolidado producto de la meteorización de la toba pomácea riolítica

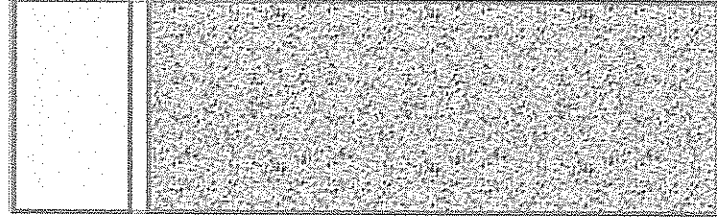




## Mapa Geológico del Teatro Nacional



### (COLUMNA LITOSTRATIGRÁFICA LOCAL)



Suelo producto  
Meteorización

Toba pomácea  
Y riolita.

Valor soporte  
**25 Ton/m<sup>2</sup>**

Toba pomácea  
Y riolita.

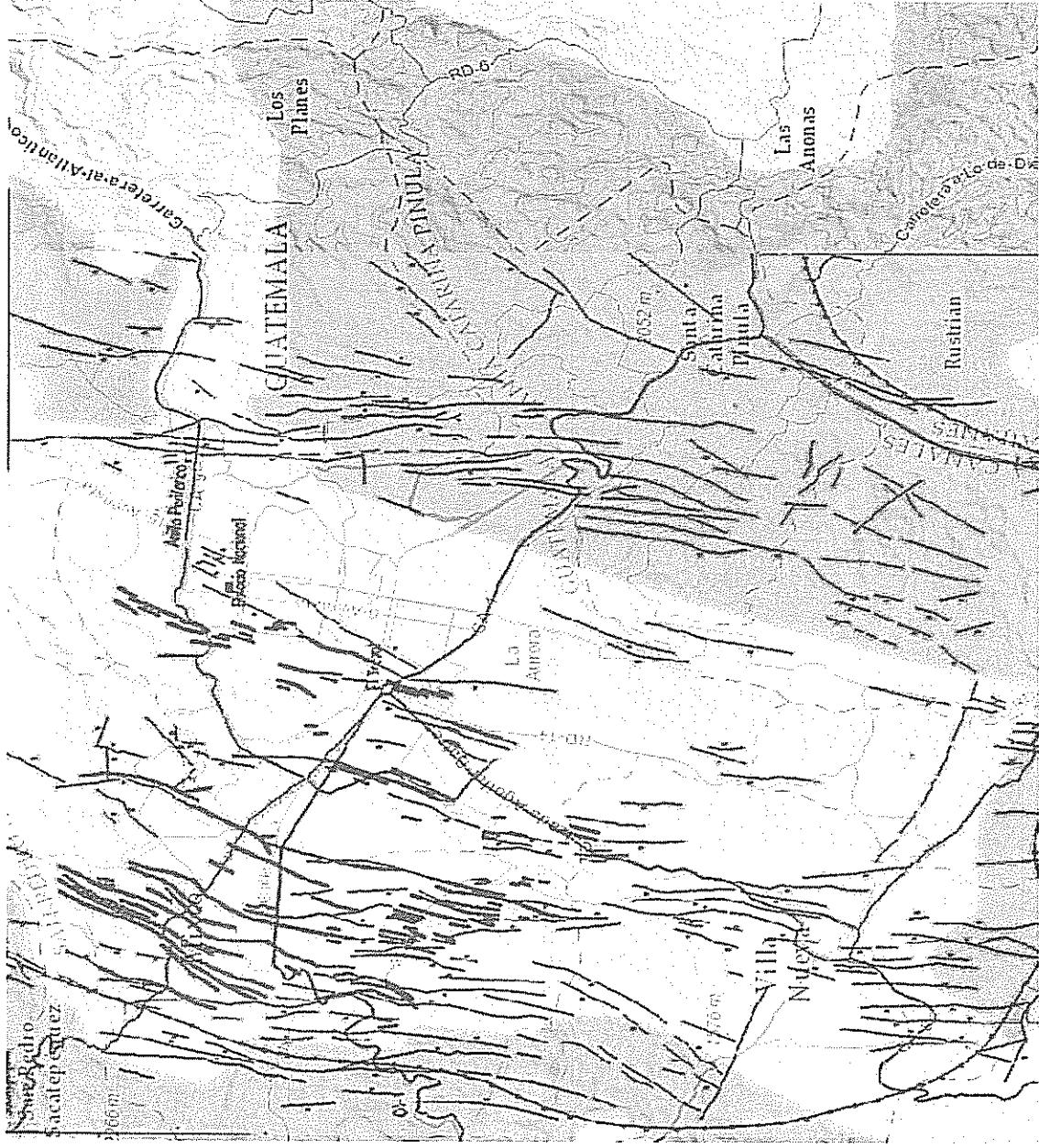
## ANÁLISIS ESTRUCTURAL REGIONAL

Las trazas noreste, noroeste y norte sur observadas en ésta parte del país, han sido explicadas por Malfait y Dinkleman (1972) como resultado de compresión norte-sur y extensión este-oeste. Según estos autores, dicho patrón de tensión fue establecido en el Mioceno tardío cuando subcabalgamiento incrementado a lo largo de la Fosa Meso Americana presionó la Placa Caribeña contra la Placa Norteamericana a lo largo de la Zona de Falla Motagua y compresionó la Placa Caribeña en dirección norte-sur. Un movimiento hacia el este de ésta generó tensión este-oeste.

Como ejemplos regionales de ese tectonismo se tiene los grabens de la ciudad de Guatemala e Ipala. El rasgo estructural más sobresaliente de las diferentes unidades litológicas en el sitio del proyecto es su grado de fracturamiento.

Los principales sistemas de falla que afectan esta zona son: la Falla de Jalpatagua, la cual tiene una orientación hacia N45°W y está asociada a la depresión tectovolcánica de Amatitlán; y los lineamientos de las fallas que forman la depresión tectónica de rumbo Norte – Sur del graben de la ciudad de Guatemala, que se hallan enmascarados por depósitos pomáceos.

Los anteriores lineamientos estructurales pueden ser observados en el mapa y perfil geológico respectivo por medio de fallas y fracturas orientadas según el control que ejercen las trazas regionales antes mencionadas.



### ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

Para ello se inició con el mapeo de fracturas y lineamientos estructurales, apoyándonos en ello el análisis regional que se describió anteriormente.

Se tomó en cuenta el Marco geotectónico regional del valle de Guatemala descrito con amplitud en los textos anteriores se procedió a realizar mediciones de campo determinando discontinuidades (fracturas o diaclasas y trazas de falla).

Las fracturas más evidentes en la toba pomácea riolítica son las que tienen las siguientes orientaciones y buzamientos

Azimuth 10 N

Azimuth 40 30 N

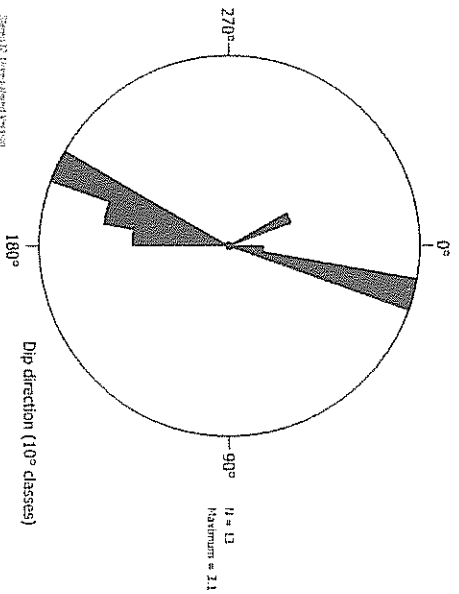
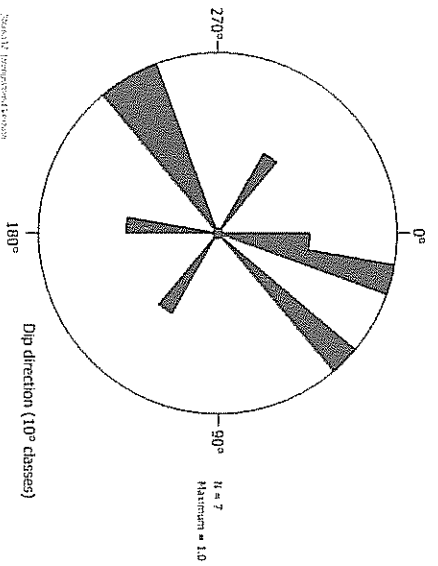
Azimuth 300 vertical

Azimuth 245 45 N

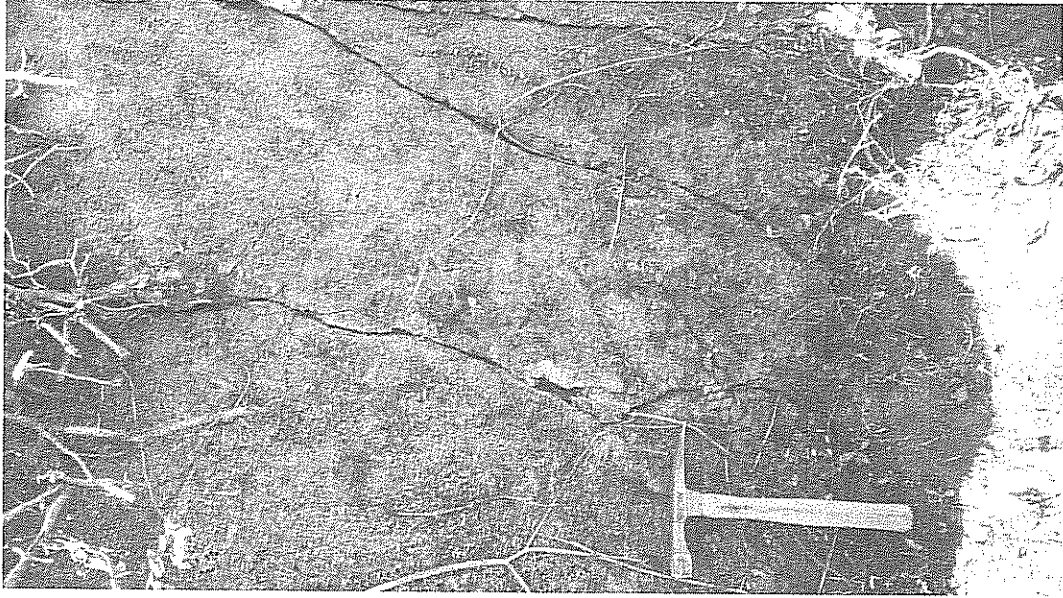
Azimuth 330 vertical

Azimuth 230 70 N

Las cuales se muestran en las rosetas estereográficas elaboradas para esta área en estudio.



Esta roseta muestra la tendencia NE de las fracturas en la unidad de tobas pomáceas riolíticas



Unidad de tobas pomáceas y riolíticas bien consolidadas, con fracturas:

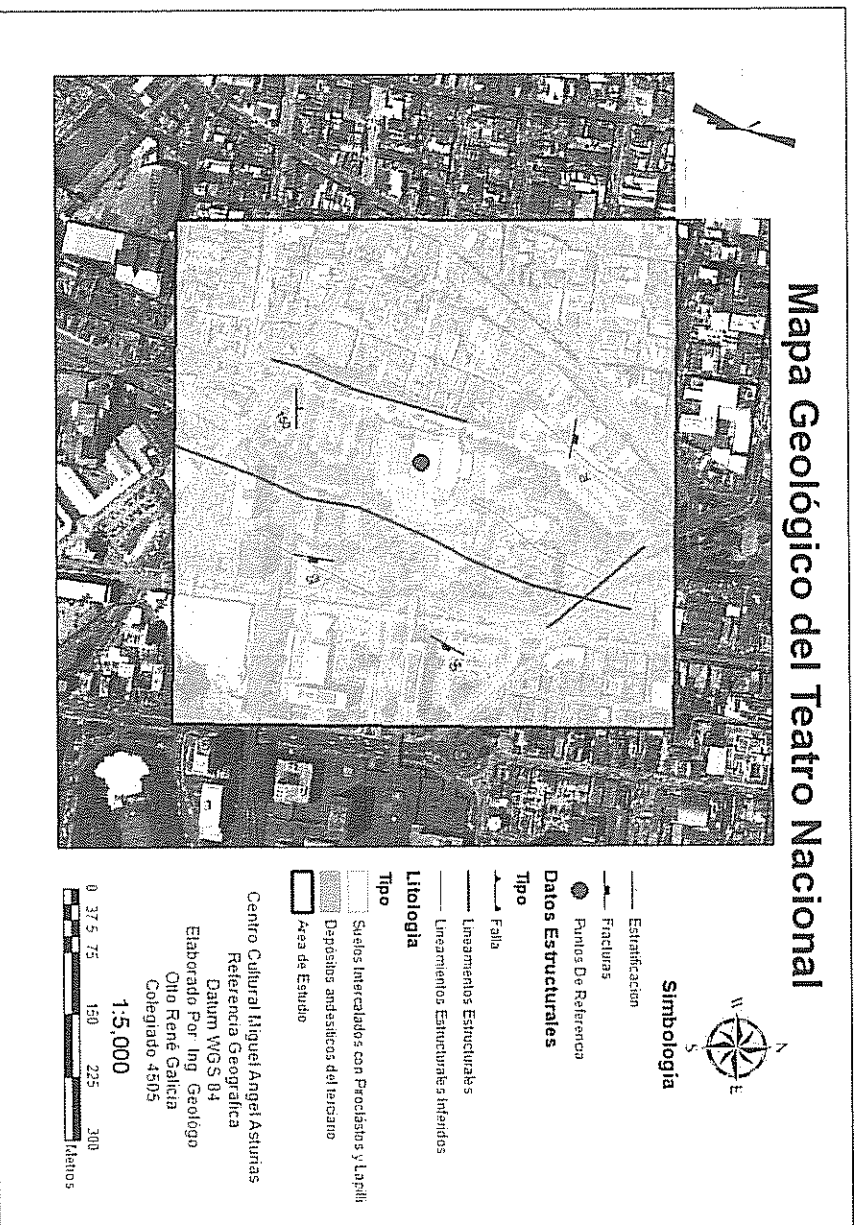
Azimut 10 10N

Azimut 40 30N

Lo anterior es el lineamiento principal de toda la zona estudiada de acuerdo a las roseta estéreo diagramas

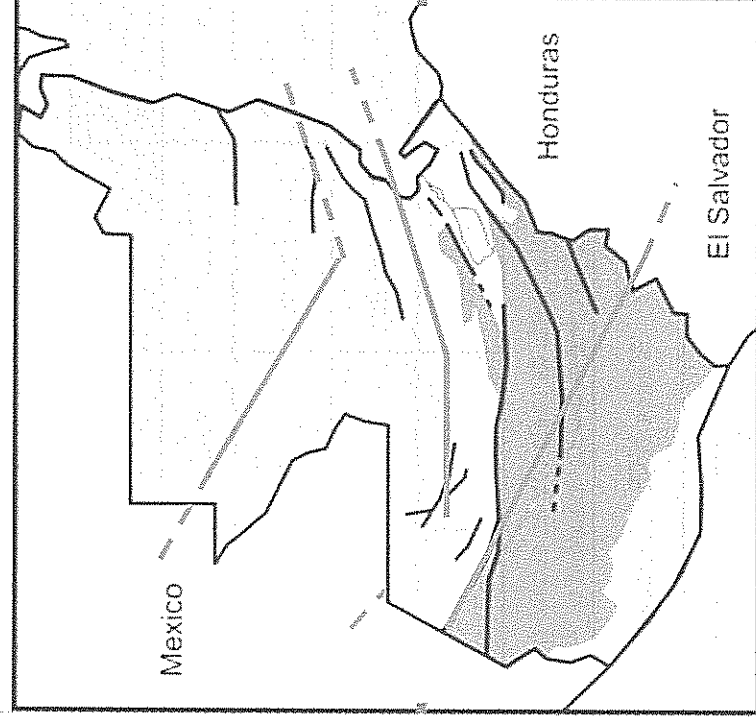


Se puede observar en el mapa geológico estructural para ésta área que existen otros rasgos estructurales como una falla que concuerda con una que de las fracturas que se activaron en el terremoto de 1976 que tienen y que tienen esa tendencia Norte Sur preferencial.



## 8. MICROZONIFICACION SISMICIDAD (CALCULO DEL ESPECTRO SÍSMICO)

La Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica ha establecido un conjunto de normas para la construcción (AGIES, 1999) entre las cuales se consideran los aspectos sísmicos del país y con ello se han dictado algunos requerimientos para la adecuada edificación de obras civiles.



**Mapa de Macrozonificación sísmica AGIES2000**

Tomando en cuenta el índice de sismicidad ( $I_0$ ), AGIES ha dividido el territorio de Guatemala en cuatro macrozonas, tal como puede verse en la figura inferior, que varían de  $I_0 = 2$  a  $I_0 = 4$  dentro de una escala de sismicidad que va de 0 a 4. Se ha introducido la subdivisión 4.1 y 4.2 para distinguir que dentro de ésta zona altamente sísmica, en la subzona 4.2 la amenaza sísmica intermedia es más frecuente.

ZONA	$I_0$	$A_0$	$A_r$	OBSERVACIONES
2	2	0.15 g	0.015 g	Cuando es necesario interpolarlo sobre líneas norte-sur
3	3	0.15 a 0.40 g	0.015 a 0.15 g	
4.1	4	0.40 g	0.15 a 0.20 g	
4.2	4	0.40g	0.20 g	

Municipio: Guatemala.

Departamento: Guatemala

Tipo de Edificación: POPULAR (Categoría IV, OBRAS ESENCIALES)

Tipo de Suelo: "C" Suelo muy denso o roca suave con alta pendiente.

Capacidad soporte en promedio del suelo según estudio de suelos: 25 Ton/ m2

## Guía para clasificación de sitio

Clase de Sitio	$V_p$ más al perfil	No total al perfil	No según profundidad	No según cobertura	
AB	Roca	750 m/s	No aplica	No aplica	
C	Suelo muy denso o roca suave	750 a 360 m/s	$\geq 30$	$\geq 30$	$\geq 200$ kPa
D	Suelo firme y rígido	360 a 180 m/s	30 a 5	30 a 5	200 a 50 kPa
E	Suelo suave	$< 180$ m/s	$\leq 5$	$\leq 5$	$< 50$ kPa
F	Suelo con problemas especiales	Cualquier perfil de suelo con un espesor de 3.0 m o más con índice de plasticidad $IP \geq 20$ ; humedad $w \geq 40\%$ y $5uc < 25$ kPa			
Véase NISE 2.1 Capítulo 5					

## HISTORIA SÍSMICA RECIENTE:

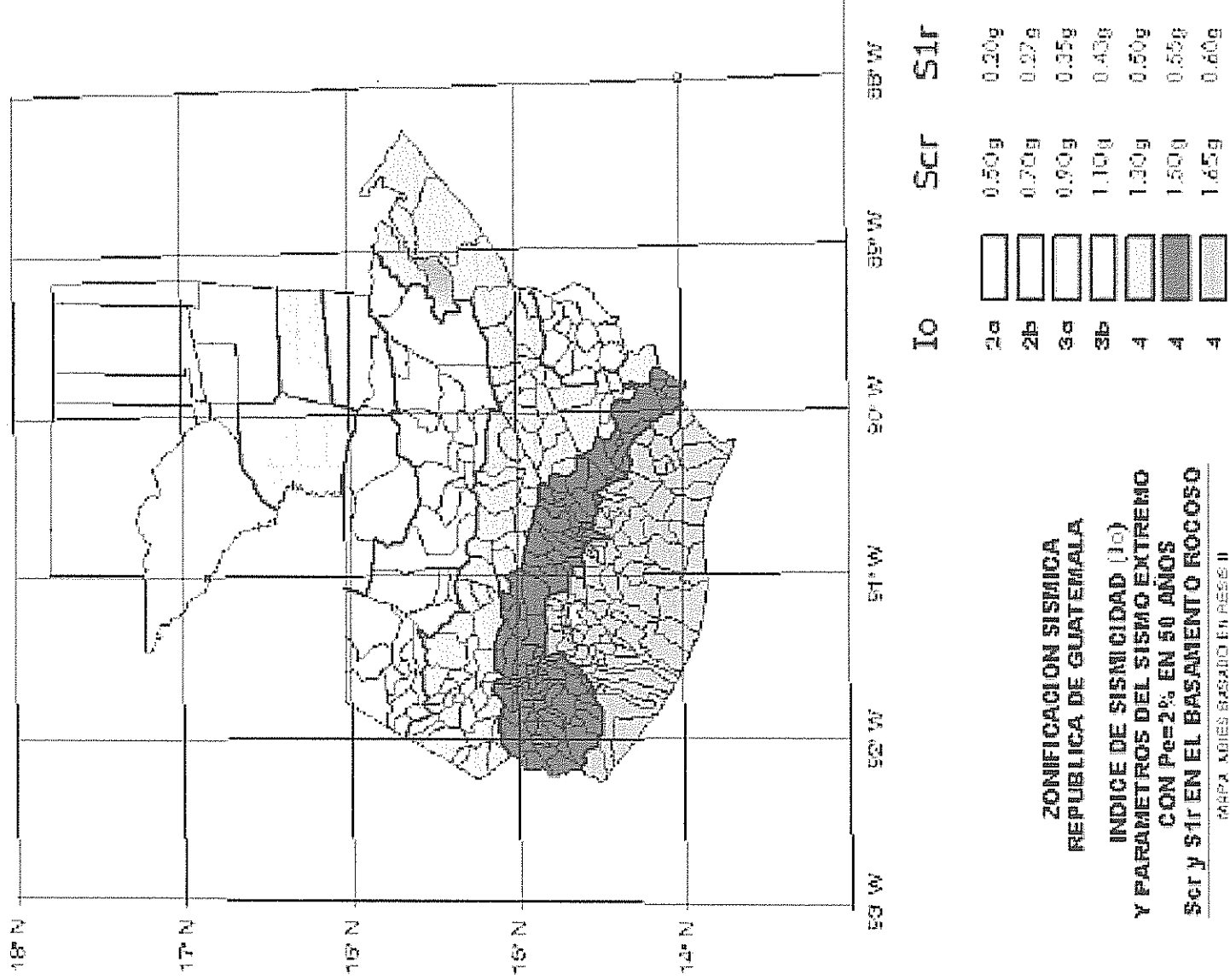
El Terremoto de Guatemala de 1976 ocurrió el miércoles 4 de febrero de 1976 a las 03:01:43 hora local (09:01:43 UTC). El sismo tuvo una magnitud de 7.5 grados en la escala de Richter y se produjo a una profundidad de 5 kilómetros, sobre la falla del río Motagua; en solo unos segundos un tercio de la Ciudad de Guatemala quedó reducido a escombros y miles de edificios colapsaron; el terremoto se sintió también en Belice, El Salvador, Honduras y México, hasta donde se sintieron sus ondas telúricas en la Ciudad de México. También se registró un gran número de réplicas. Los efectos del terremoto fueron devastadores: aproximadamente veintitrés mil personas fallecieron, setenta y seis mil resultaron heridos y hubo más de un millón de damnificados.

El terremoto se produjo durante la noche cuando la mayoría de la población se encontraba durmiendo dentro de sus casas.

Esto ha contribuido al elevado número de víctimas y sucedió en plena guerra civil que abatió al país entre 1960 y 1996. El sismo también ocasionó daños al patrimonio cultural de la nación.



## Zonificación sísmica para la República de Guatemala



DE ANEXO "A" AGIES: Listado amenaza sísmica para Zona 4, Ciudad Capital de Guatemala, # 77

Io=4

Scr=1.50g

S1r= 0.55g

No.	Municipio	Departamento	L <sub>s</sub>	S <sub>s</sub>	S <sub>r1</sub>
40	Comapa	Jutiapa	4	1.50 g	0.55 g
41	Comitanillo	San Marcos	4	1.50 g	0.55 g
42	Concepción	Atitlán	4	1.65 g	0.60 g
43	Concepción Chiquirichapa	Quezaltenango	4	1.50 g	0.55 g
44	Concepción Huista	Huehuetenango	3b	1.10 g	0.43 g
45	Concepción Las Minas	Chiquimula	3b	1.10 g	0.43 g
46	Concepción Tutuapa	San Marcos	4	1.30 g	0.50 g
47	Conguaco	Jutiapa	4	1.65 g	0.60 g
48	Cubulco	Baja Verapaz	4	1.30 g	0.50 g
49	Cuilapa	Santa Rosa	4	1.65 g	0.60 g
50	Quico	Huehuetenango	4	1.30 g	0.50 g
51	Cunén	Quiché	3b	1.10 g	0.43 g
52	Cuyotenango	Suchitepéquez	4	1.65 g	0.60 g
53	Dolores	Petén	2a	0.50 g	0.20 g
54	El Adelanto	Jutiapa	4	1.50 g	0.55 g
55	El Asintal	Retalhuleu	4	1.50 g	0.55 g
56	El Estor	Izabal	3b	1.10 g	0.43 g
57	El Jicaro	El Progreso	4	1.30 g	0.50 g
58	El Palmar	Quezaltenango	4	1.50 g	0.55 g
59	El Progreso	Jutiapa	4	1.30 g	0.50 g
60	El Quezjal	San Marcos	4	1.50 g	0.55 g
61	El Rodeo	San Marcos	4	1.50 g	0.55 g
62	El Tejar	Chimaltenango	4	1.50 g	0.55 g
63	El Tumbador	San Marcos	4	1.50 g	0.55 g
64	Escuintla	Escuintla	4	1.65 g	0.60 g
65	Esquipulas	Chiquimula	3b	1.10 g	0.43 g
66	Esquipulas Palo Gordo	San Marcos	4	1.50 g	0.55 g
67	Estanzuela	Zacapa	4	1.30 g	0.50 g
68	Flores	Petén	2a	0.50 g	0.20 g
69	Flores Costa Cuca	Quezaltenango	4	1.50 g	0.55 g
70	Fraijanes	Guatemala	4	1.65 g	0.60 g
71	Fray Bartolomé de las Casas	Alta Verapaz	3a	0.90 g	0.35 g
72	Genova	Quezaltenango	4	1.50 g	0.55 g
73	Granados	Baja Verapaz	4	1.30 g	0.50 g
74	Gualán	Zacapa	4	1.30 g	0.50 g
75	Guanagazapa	Escuintla	4	1.65 g	0.60 g
76	Guatatoya	El Progreso	4	1.30 g	0.50 g
77	Guatemala	Guatemala	4	1.50 g	0.55 g
78	Guazacapán	Santa Rosa	4	1.65 g	0.60 g
79	Huehuetenango	Huehuetenango	4	1.30 g	0.50 g

## NIVEL DE PROTECCION SISMICA:

Tabla 4-1  
Nivel mínimo de protección sísmica y probabilidad del sismo de diseño

Índice de Sismicidad	Clase de obra		
	Esencial	Importante	Utilitaria
Io = 5	E	E	C
Io = 4	E	D	C
Io = 3	D	C	B
Io = 2	C	B	A
Probabilidad de exceder un sismo de diseño	5% en 50 años	5% en 50 años	10% en 50 años
a) ver clasificación de obra en Capítulo 3, norma NSE 1 b) ver índice de sismicidad en Sección 4.2.1 c) ver Sección 4.3.4, para selección de espectro sísmico de diseño según probabilidad de excederle d) para ciertas obras que hayan sido calificadas como "críticas" el ente estatal correspondiente puede considerar probabilidad de excedencia de 2% en 50 años ( $K_d = 1.00$ en sección 4.3.4) e) "esencial" e "importante" tienen la misma probabilidad de excedencia – se diferencian en el Nivel de Protección y en las deformaciones laterales permitidas			

Según T4-1 DEL AGIES

Io=4, clase de obra esencial ("E")

Probabilidad de exceder un sismo de diseño 5% en 50 años.

**SISMO SEVERO** según sección 4.3.2 NSE 2, Se define como "sismo severo" al que tiene un 5 por ciento de probabilidad de ser excedido en un período de 50 años. Se utilizará para diseño estructural de Obra Importante y de Obra Esencial o donde así lo indiquen las disposiciones en las normas NSE 3, NSE 5 y NSE 7 u otras normas NSE. Es electivo utilizarlo en lugar del Sismo Básico si el desarrollador del proyecto lo prefiere.

### COEFICIENTE DE SITIO:

Con  $I_0=4$  y suelo tipo 'C'

4.3.3.5 Coeficiente de Sitio  $F_s$

Tabla 4-2

Clase de sitio	Índice de sismicidad				
	2a	2b	3a	3b	4
AB	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0
D	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
E	1.7	1.2	1.0	0.9	0.9
F	se requiere evaluación específica -- ver sección 4.4.1				

4.3.3.6 Coeficiente de Sitio  $F_v$

Tabla 4-3

Clase de sitio	Índice de sismicidad				
	2a	2b	3a	3b	4
AB	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5
E	3.2	2.8	2.6	2.4	2.4
F	se requiere evaluación específica -- ver sección 4.4.1				

Fa= 1.0 Según tabla 4-2

Fv=1.5 Según tabla 4-3

### ORDENADA ESPECTRAL DE SUPERFICIE CENTRO CULTURAL MIGUEN ANGEL ASTURIAS, ZONA 1

#### Ajuste por clase de sitio

El valor de  $S_{crys}$  deberá ser ajustado a las condiciones en la superficie, según el perfil del suelo que cubra al basamento en el sitio. Esto podrá hacerse en forma específica, según se indica en la sección 4.4 o en la forma genérica siguiente:

Para el caso específico de teatro nacional vamos a aplicar las condiciones de en la superficie debido a que ya se cuenta con datos geotécnicos y geológicos, por lo que aplicaremos un factor de seguridad por la ladera este del teatro y esto eleva las condiciones de sismicidad del área estudiada.

$$S_{cr}=1.50g \text{ (FS)} = 1.65$$
$$S_{1r}= 0.55g \text{ (FS)} = 0.60$$

$$S_{cs} = S_{cr} * F_a \text{ (periodo corto)}$$
$$S_{1s} = S_{1r} * F_v \text{ (periodo 1 Segundo)}$$

$$S_{cs}=1.65 * 1$$
$$S_{cs}= 1.65g$$

$$S_{1s}= 0.60 * 1.5$$
$$S_{1s}= 0.90g$$

#### PERIODO DE TRANSICIÓN:

El período  $T_s$  (en s) que separa los períodos cortos de los largos es:

$$T_s = S_{1s} / S_{cs}$$

$$T_s= 0.90/1.65$$

$$T_s= 0.5454 \text{ segundos}$$

#### ESPECTRO DE DISEÑO SÍSMICO:

##### Factores de escala

Los siguientes factores determinan los niveles de diseño:

Sismo ordinario -- 10% probabilidad de ser excedido en 50 años  $K_d=0.66$

**Sismo severo -- 5% probabilidad de ser excedido en 50 años  $K_d=0.80$**

Sismo extremo -- 2% probabilidad de ser excedido en 50 años  $K_d=1.00$

Sismo mínimo -- condición de excepción  $K_d=0.55$

$$K_d = 0.80$$

Espectro calibrado al nivel de diseño requerido

$$S_{cd} = K_d S_c$$

$$S_{1d} = K_d S_{1s}$$

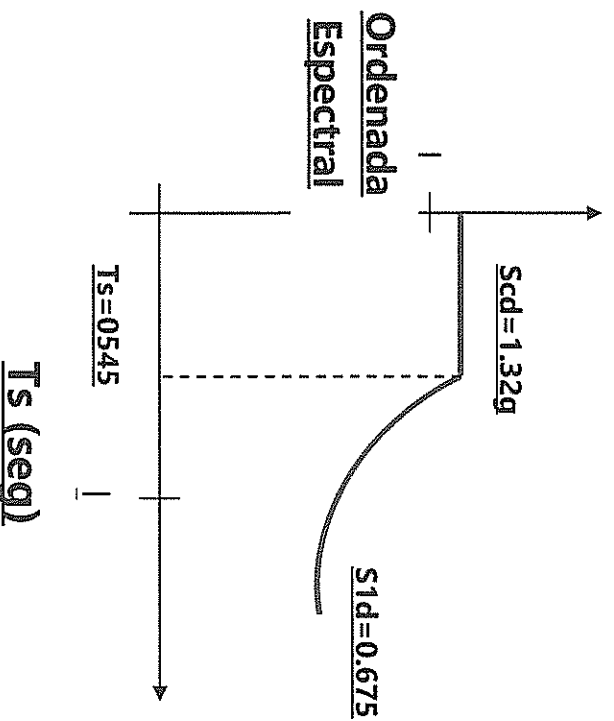
$$S_{cd} = 0.80 * 1.65$$

$$S_{cd} = 1.32g$$

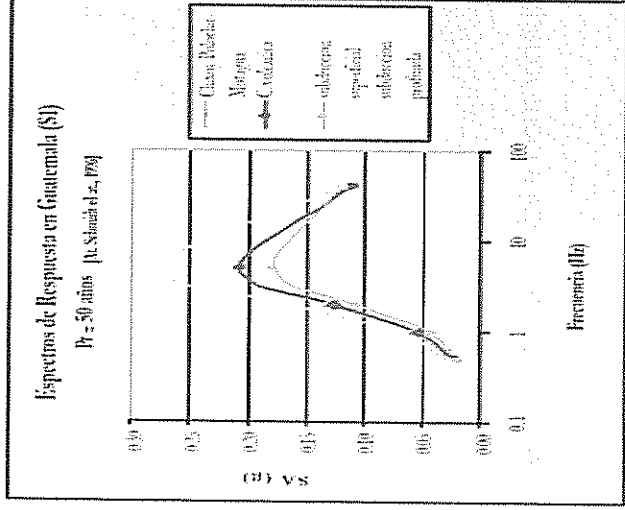
$$S_{1d} = 0.75 * 0.90$$

$$S_{1d} = 0.675g$$

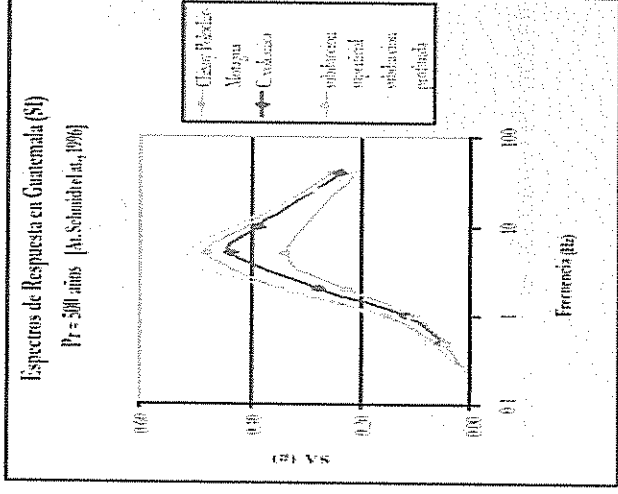
ESPECTRO DE DISEÑO (GRAFICA):



Los espectros de respuesta resultantes, correspondientes a los distintos escenarios se han representado para periodos de retorno de 50 y 500 años, con el fin de facilitar la comparación posterior con los establecidos en el borrador del código de Guatemala (AGIES NR-1, 1999) para los sismos frecuente y básico de diseño, asociados a esos periodos. Se muestran en las figuras a, y b, respectivamente.



a) Período de retorno 50 años



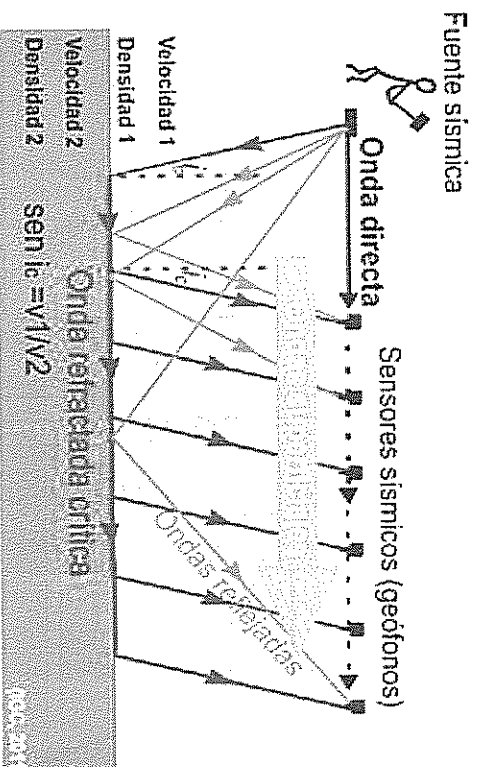
b) Período de retorno 300 años

## REFRACCIÓN SÍSMICA CENTRO CULTURAL MIGUEN ANGUEL ASTURIAS, ZONA 1

Se mide el tiempo de propagación de las ondas elásticas, transcurrido entre un sitio donde se generan ondas sísmicas y la llegada de éstas a diferentes puntos de observación. Para esto se disponen una serie de sensores en línea recta a distancias conocidas, formando lo que se conoce como tendido sísmico o línea de refracción.

Los registros de cada sensor (geófonos) tienen información de los movimientos del terreno en función del tiempo y son conocidos como sismogramas. Estos son analizados en la refracción sísmica para obtener el tiempo de llegada de las primeras ondas que son refractadas en las diferentes interfaces de suelo.

El conjunto de datos son interpretados en términos de la profundidad a interfaces entre capas del terreno y de las velocidades de propagación de la onda P ( $V_p$ ) en cada capa. Estas velocidades están controladas por los parámetros elásticos que describen el material y pueden correlacionarse con numerosas propiedades geomecánicas.



Representación de refracción en dos estratos ( superior suelo e inferior manto rocoso)

La refracción sísmica permite reconstruir un perfil de  $V_p$ -dimensional, a lo largo de la línea de geófonos y en función de la profundidad. Actualmente, la técnica de tratamiento más utilizada es la tomografía sísmica de refracción que consiste en invertir los datos y así obtener un modelo de velocidad del subsuelo.

El modelo de velocidad resultante se puede relacionar con la litología, la profundidad y/o el estado mecánico de los materiales del subsuelo (grado de compactación, ripabilidad del terreno). Una de las aplicaciones del método de refracción sísmica en la ingeniería civil es la determinación de la profundidad al basamento.

### ANÁLISIS MULTICANAL ACTIVA (MASW):

La técnica del análisis multi-canales de ondas superficiales (MASW) es uno de los métodos de investigación geofísica no invasiva que permiten inferir las propiedades dinámicas de los suelos de un sitio a muy bajo costo y sin la necesidad de realizar exploraciones directas.

El perfil de velocidades de ondas de corte o de cizalla ( $V_s$ ) es fundamental para la caracterización de un sitio y la evaluación de su respuesta dinámica (Tokimatsu,1,997).



Más de dos tercios de la energía que se registran en estudios sísmicos corresponden a ondas de Rayleigh (Richard et al., 1970), que a su vez corresponden a la principal componente de la vibración vertical en la superficie del suelo. En un medio estratificado, la velocidad de propagación (velocidad de fase) de las ondas de Rayleigh depende de la frecuencia. Esta propiedad se conoce como dispersión (Park et al., 1999). El gráfico que muestra la dependencia de la velocidad de fase con la frecuencia se conoce como curva de dispersión.

En este trabajo se emplea (denominado caso activo o MASW) requiere de una fuente que genere ondas superficiales, como el golpe de un martillo, la caída libre de un peso.

Para obtener la curva de dispersión experimental se usó el método  $f_k$ , y para su inversión se utilizó un algoritmo de optimización global.

Luego, a través de un proceso de inversión no lineal, se busca un perfil teórico que se ajuste a la curva de dispersión experimental. Una de las ventajas de estos métodos frente a otras técnicas geofísicas tradicionales, es que estos métodos permiten detectar estratos de suelos más blandos, bajo otros más rígidos.

La velocidad de la onda de corte ( $V_s$ ) es una de las constantes elásticas y estrechamente relacionadas con el módulo de Young. Bajo la mayoría de circunstancias,  $V_s$  es un indicador directo de la fuerza de tierra (rigidez) y por lo tanto, utilizado comúnmente para derivar la capacidad de soporte de carga.

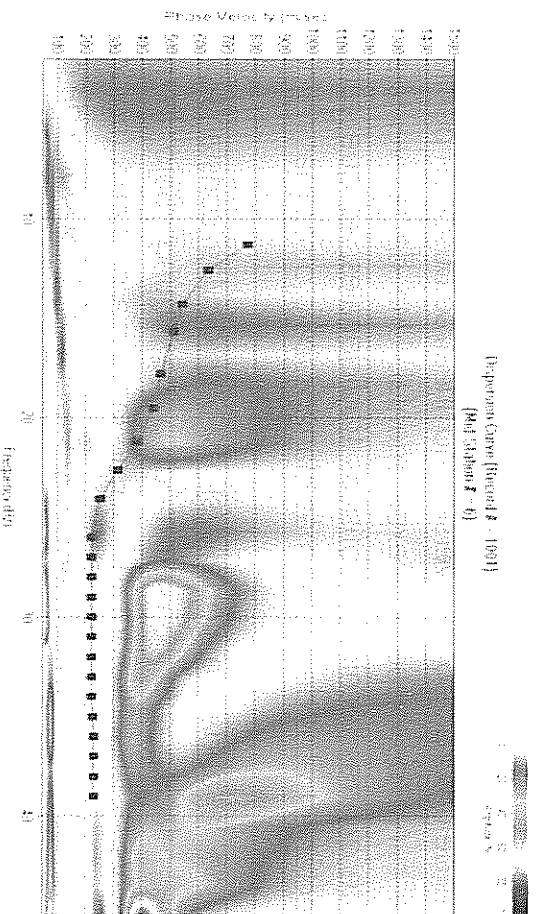
El ensayo MASW permite reconstruir un perfil de  $V_s$  1- dimensional en función de la profundidad y centrado a la mitad de la línea de geófonos. La investigación MASW tienen las siguientes aplicaciones:

- Definición y mapeo de estratificación sísmica
- Identificación elementos antrópicos y geológicos en el subsuelo (rellenos, fracturas, etc.).
- Definición de la velocidad es de la onda de corte o de cizalla ( $V_s$ ) en función de la profundidad y de los diferentes materiales geotécnicos

- Definición de la ondea de corte en los primeros 30 metros ( $V_s30$ ), parámetro que sirve para la clasificación sísmica del sitio (normas IBC, NEHRP, etc.).
- Clasificación de sitio: Método de Draft 1999, Método según el código europeo EC8.
- Comprobación del potencial de licuefacción Método de Iwasaki et al. (1978) modificado (1984).

Y cálculo empírico de parámetros geotécnicos Modulo de corte dinámico máximo, rigidez, Modulo de deformación dinámico-Young, Modulo de compresibilidad volumétrica-Bulk, Modulo de compresibilidad edométrica, capacidad de carga ( $q_u$ ) y calidad rocas (RMR-Rock Mass Rating), ROD y Q (Método de Barton), y UCS (UniaxialCompressiveStrength).

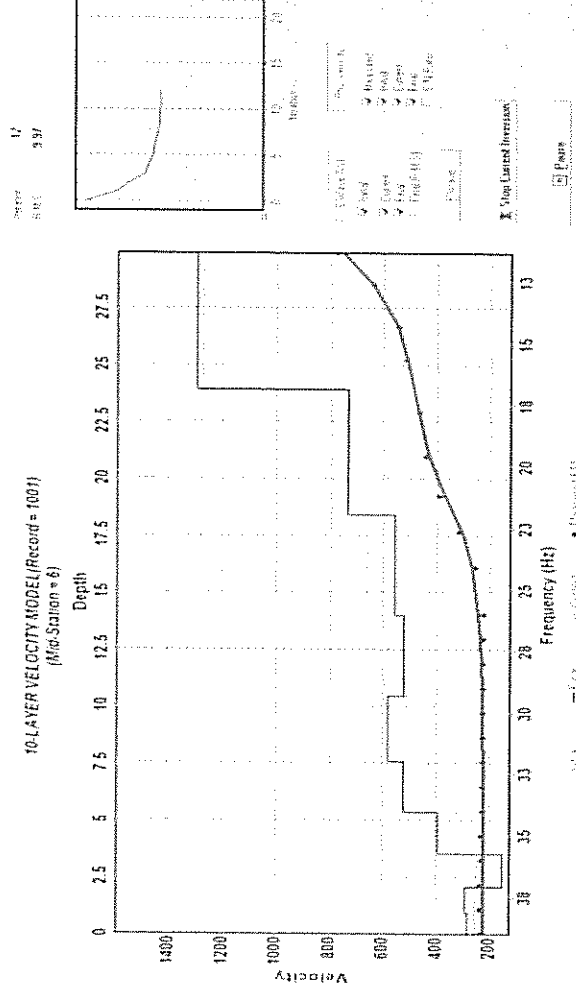
FIGURA SUPERIOR: MASW



El modelo de inversión de las  $V_s$  en función de la profundidad determino 2 estratos considerando la curva de dispersión obtenida por medio del análisis frecuencia-número de onda o espectro  $f_k$ . Se puede observar las diferentes propiedades físico-mecánicas de los estratos que se encuentran presentes en teatro nacional (El primer estrato es suelo denso, rígido y consolidado y el segundo es roca). Los pozos a cielo abierto geotécnicamente lo confirman.

## FIGURA INFERIOR: MASW

Velocities: Plot and Density  
Inversion Finished After 17 Iterations



El modelo de inversión muestra como los primeros 3 metros son constituidos por suelos consolidados con Vs altas (400 m/s) que corresponden a suelos proclásticos, luego hay unos 20 metros de material mejor consolidado ( $v_s > 650$  m/s) hasta llegar a la profundidad máxima confiable para el tipo de prueba. Estos datos son de acuerdo a la estratigrafía evidenciada en los sondeos de penetración estándar (5 SPT). Aumenta la capacidad portante al profundizarse la onda hasta llegar al basamento rocoso (cristal)

## 9. EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

### PLAN DE EXPLORACIÓN

#### Qué se hizo?

Se llevo a cabo un proceso de intervención geotécnica-geológica y geofísica a un área específica del Teatro Nacional, zona 4, de la ciudad capital, con el fin de conocer y caracterizar las condiciones de sitio naturales de esa área que se pretende intervenir y emplazar ciertas estructuras, artísticas, recreativas y académicas.

#### Cómo se hizo?

Se ingresó al área con personal calificado, en la ingeniería geológica, ingeniería geotécnica, ingeniería geofísica e ingeniería civil a la vez ingreso personal calificado en perforaciones con SPT y personal calificado en apertura de pozos a cielo abierto o calicatas. Se trazó y se repartió el área por cuadrículas para poder obtener ejes concordantes para trazar perfiles y cortes que permitieran tener una imagen tridimensional del subsuelo. Se perforaron 5 sondeos dinámicos de penetración estándar( con los spí's se aprovecharon los impactos para la refracción sísmica) y se abrieron 2 pozos de exploración a cielo abierto con sus respectivos entibados para asegurar al personal de la empresa.

En todo momento se supervisó las operaciones, para asegurar la seguridad y condiciones laborales y ocupacionales del personal, y aun mas la validación de los ensayos.

#### Para qué se hizo?

Toda esta operación y proceso es para determinar las condiciones y características de sitio de un sector específico del Teatro Nacional con su respectiva microzonificación, el objetivo fue determinar los parámetros que servirán a los futuros profesionales y empresarios a tomar las medidas pertinentes en la ejecución de un proyecto de infraestructura.

Con el propósito de definir la secuencia, espesor, extensión e identidad de los diferentes estratos del subsuelo, y para obtener muestras representativas de los

mismos, de tamaño, condición adecuada para la identificación positiva de los materiales, cuantificación de sus propiedades físicas y mecánicas; se llevo un programa de exploración subterránea, que incluyó:

- 5 Sondeos de Penetración Estándar (SPT), ubicados en los puntos de mayor importancia del terreno, obteniendo con ello un perfil estratigráfico del suelo del proyecto.
- 2 pozos de exploración, ubicados en los puntos de mayor importancia de exploración, obteniendo las muestras inalteradas o no alteradas que permitan conocer las propiedades ingenieriles, capacidades hidráulicas de los suelos y rocas presentes.

A las muestras de suelo obtenidas en campo, se les efectuaron los siguientes ensayos:

Ensayos en Laboratorio

*Muestras*

- Análisis Granulométrico
- Límites de Atterberg
- Gravedad específica
- Proctor modificado
- Corte directo
- Relación de vacíos

*Ensayos en Campo*

- Ensayo de Penetración Estándar (T-206)

## **10. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL SUELO**

**Análisis granulométrico (AASHTO T-88)**

Un análisis granulométrico por tamices se efectúa tomando una cantidad medida de suelo seco, bien pulverizado y pasándolo a través de una serie de tamices cada vez más pequeñas y con una charola en el fondo. La cantidad de suelo retenido en cada tamiz se mide y se calcula el porcentaje de suelo que pasa a través de cada tamiz. Este porcentaje es generalmente denominado el "porcentaje que pasa".

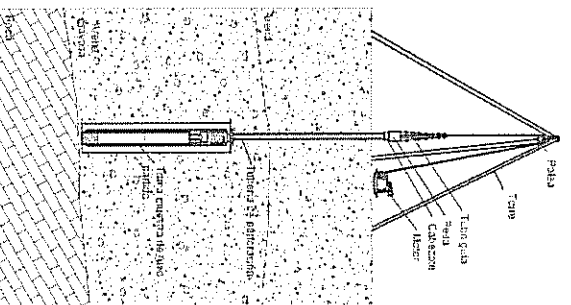
## 11. ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE CARGA

### Ensayo de Penetración Estándar (AASHTO T-206)

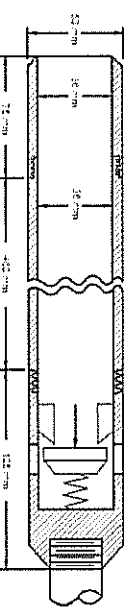
Los trabajos de perforación se efectuaron con una máquina portátil provista de un motor Briggs&Stratton de 6.5 HP, con todos sus aditamentos para la exploración de suelos por el método de percusión. Durante la ejecución de los sondeos se realizó para cada etapa de perforación el Ensayo de Penetración Estándar (SPT) de acuerdo al método AASHTO T-206, extrayéndose de manera continua muestras semi-alteradas del sub-suelo por medio de la cuchara partida o penetrómetro normal (split spoon).

La Prueba Normal de Penetración consiste en introducir inicialmente 0.5 pie (15 cm) el penetrómetro partido de 2 pulgadas (5.0 cm) de diámetro, a golpes dados por un martinete de 140 libras que cae libremente desde 30 pulgadas (76 cm) de altura. Seguidamente se efectúa la prueba propiamente dicha, contando el número de golpes necesario para lograr una penetración en el sub-suelo de 30 cm (1.0 pie). En esta penetración de 30 cm de la prueba, el conteo total se realiza en dos sub-conteos de golpes de 15 cm de penetración cada uno. Una vez realizada la prueba, el penetrómetro se extrae y de su interior se extraen las muestras de suelo.

Los resultados o Número de Golpes de esta prueba se correlacionan con la teoría de capacidad de carga del suelo, obteniéndose así los resultados finales para efecto del diseño de las fundaciones.



Sistema de percusión SPT



Muestreador de tubo partido

- **Sondeo de Penetración Estándar**

Los valores de la capacidad de carga están dados en  $\text{Ton}/\text{m}^2$  y están calculados a cada metro de profundidad, por medio de la fórmula de Terzaghi para suelos granulares con un factor de seguridad de 3.

## 10. ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE CARGA:

"Análisis de la capacidad portante o de carga a 3 metros de profundidad."

SONDEO 1: Carga ultima (qu) en estrato 1 con capacidad de carga= 35 Ton/M2

SONDEO 2: Carga ultima (qu) en estrato 1 con capacidad de carga= 37Ton/M2

SONDEO 3: Carga ultima (qu) en estrato 1 con capacidad de carga= 16  
Ton/M2

SONDEO 4: Carga ultima (qu) en estrato 1 con capacidad de carga= 20 Ton/M2

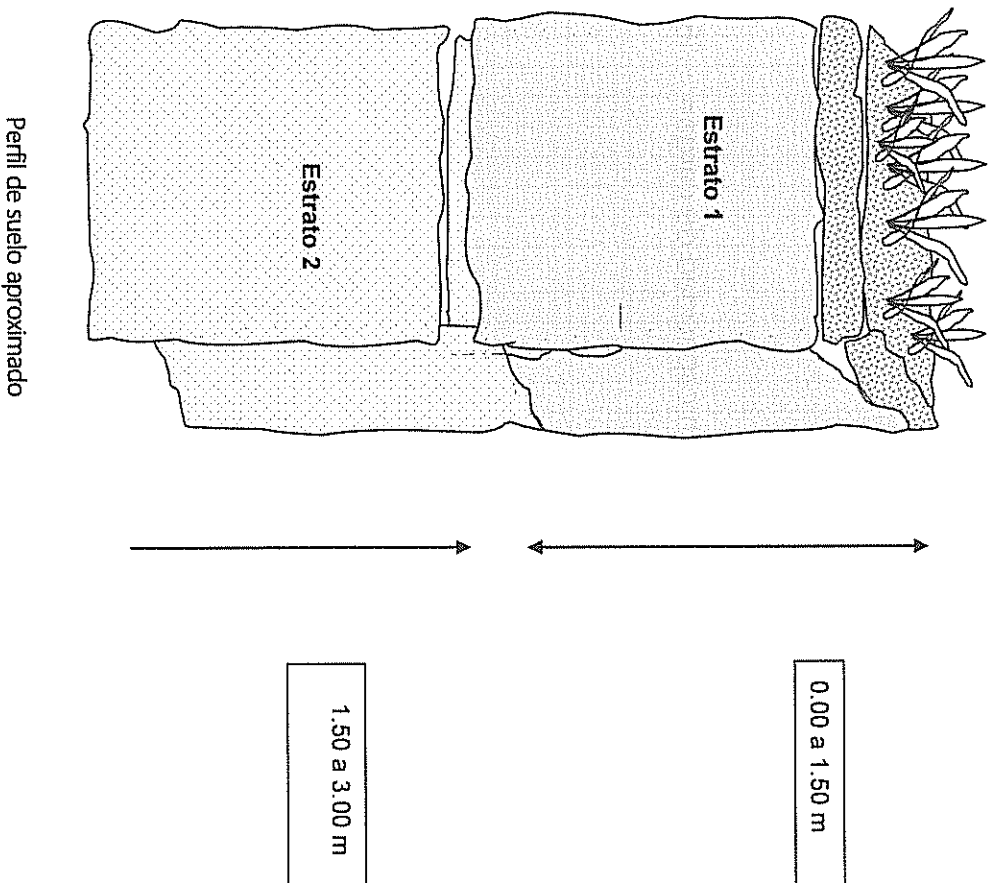
SONDEO 5: Carga ultima (qu) NO SE PUDO DETERMINAR DEBIDO QUE DESPUES DE LOS PRIMEROS 90 CENTIMETROS DE PENETRACIÓN DEL SUELO CON EL SPT SE IMPACTÓ SOBRE UNA PLANCHA DE CONCRETO.

EL SPT 5 SE HIZO SOBRE EL PARQUE A UN LADO DE LA COLINDANCIA CON POLLO CAMPERO, SIN EMBARGO RESULTÓ ÚTIL PARA LA SISMICIDAD.

## 12. CONCLUSIONES

- LITOLIGIA:

Mediante la realización de los 2 pozos de exploración, se logro observar y analizar que el perfil del suelo no varia significativamente de un punto a otro, por lo que se realizo el siguiente perfil de suelo que representa las condiciones del lugar.



- El área de estudio forma parte de uno de los altos estructurales del valle de la ciudad de Guatemala,, conformado por rocas del periodo terciario, conocido como el cerro del Teatro Nacional que en adición con el Cerro del Carmen fueron formadas por rocas tobas soldadas y tobas pomáceas de características riolíticas.



- En las partes bajas del Teatro se encuentran pequeñas zonas de relleno y ripio que fueron depositados durante los trabajos de movimiento de tierras para la construcción del edificio actual.
- La unidad de roca tobacea es una roca bastante y presenta buenas propiedades geotécnicas y pueden ser un buen basamento
- Estructuralmente el cerro del Teatro Nacional es considerada con poco fracturamiento y el que se ha mencionado en presente informe no son fracturas abiertas y por lo tanto no se consideran activas.
- Entre los rasgos estructurales más importantes esta la presencia de un alineamiento estructural que concuerda con una que de las fracturas que se activaron en el terremoto de 1976
- La presencia de vegetación arbórea de grandes raíces, disminuye el riesgo de deslizamiento o movimientos de ladera.
- La capacidad de transmisividad de agua subterránea como de escorrentía es alta en la unidad de tobas pomáceas riolíticas.
- No se observó nivel freático existente.
- Geotécnicamente la zona no presenta inestabilidad bajo fuerzas gravitatorias, sin embargo el o los estratos al ser usados como basamento para emplazar una estructura serán modificados levemente debido a su alta capacidad soporte, alto ángulo de fricción interna, un alto peso unitario y regular cohesión.

### **13. RECOMENDACIONES**

- Geotécnicamente los estratos son sensitivos a flujos superficiales y sub superficiales, por lo que se debe considerar el manejo de cunetas y contracunetas ( deben diseñarse para tal efecto)
- La cimentación debe diseñarse bajo la metodología de esfuerzos ultimos y no bajo esfuerzos de trabajo, debido que se determinón que la zona geofísicamente es de alta sismicidad y no deben escatimarse esfuerzos.
- Profundidad sugerida de la cota de desplante en la cimentación es de tres metros en la parte plana ( baja); cimiento corrido y zapatas integradas( 2.50m x 2.50m ) y en la parte de ladera se sugiere un sistema de enrocamiento o un soilnailing con penetración de 5 metros concatenado a un cimiento corrido con zapatas integradas

- Tomando en cuenta las irregularidades geotécnicas en cada una de las unidades geológicas observadas, es importante tomar en cuenta las fracturas y la poca cohesión de las lavas para cualquier cálculo de diseño estructural en edificaciones.
- Es importante hacer notar que es la vegetación arbórea que mantiene sin riesgo a deslizamiento y movimientos de ladera a la zona sur del área, por lo tanto no es recomendable eliminarla en sectores de ladera.
- En caso se emprenda un proyecto habitacional debe de tomarse en cuenta que existen diferencias geotécnicas entre las diferentes unidades geológicas y que el mejor estrato para una buena cimentación es la de los piroclásticos.
- La capacidad de transmisividad de agua subterránea como de escorrentía es alta en la unidad de andesitas sin cohesión y tomando en cuenta que existe una capa arcillosa en la unidad de paleosuelos este puede inducir probablemente a una licuefacción si se excede el límite de humedad, y un detonante de riesgo puede ser lluvias extremas o por actividad sísmica.
- Sera necesario eliminar toda la capa vegetal existente en el área del proyecto, y de predominar residuos de material orgánico en el estrato inferior a esta, tratar de eliminar una capa extra suelo hasta encontrar uno que se encuentre exento de residuos orgánicos perjudiciales a propiedades del suelo.
- De encontrarse durante el proceso de construcción con suelos diferentes a los descritos en este informe, contactarse a para determinar los procedimientos pertinentes y soluciones a seguir, ya que los sondeos y ensayos realizados son puntuales y los suelos no son homogéneos por lo cual a veces cambian sus propiedades físicas y mecánicas.
- Es importante tomar en cuenta las fracturas para cualquier cálculo de diseño estructural en edificaciones.
- Es importante hacer notar que es la vegetación arbórea la que mantiene sin riesgo a deslizamiento y movimientos de ladera, por lo tanto no es recomendable eliminarla en sectores de ladera.
- La capacidad de transmisividad de agua subterránea se da preferentemente en las fracturas en la dirección preferente N10E durante el invierno.
- El área es apta para desarrollar una estructura no mayor de 20 metros de alto.
- Es obligación del ingeniero civil o ingeniero estructural diseñar la cimentación mas adecuada y de igual manera la estructura.

# 14. RESULTADOS DE LABORATORIO

Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN.

Proyecto: TEATRO NACIONAL

Ubicación: ZONA 4

Fecha: 22/11/2017

Descripción del suelo:

Proctor Modificado: Norma: A.A.S.T.H.O. T-180

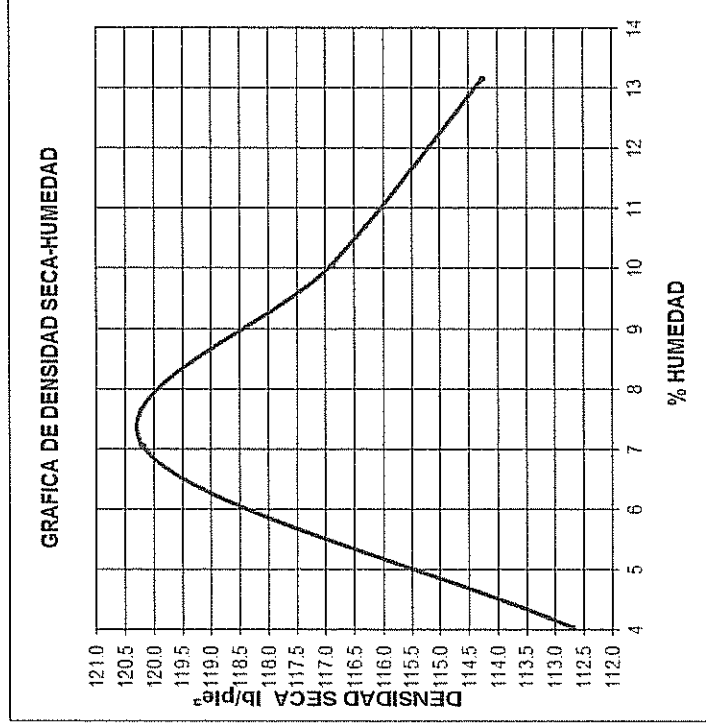
Muestra: M1

Arena limosa beige

Resultados:

Densidad	1925.604	kg/m <sup>3</sup>
Seca	120.2	lb/ft <sup>3</sup>
Maxima	18.8709192	kN/m <sup>3</sup>
Humedad	7.4	%
Optima		

% Hum. Prom.	4.03	7.05	10.06	13.16
P.U.S. (lb/ft <sup>3</sup> )	112.7	120.2	116.9	114.26

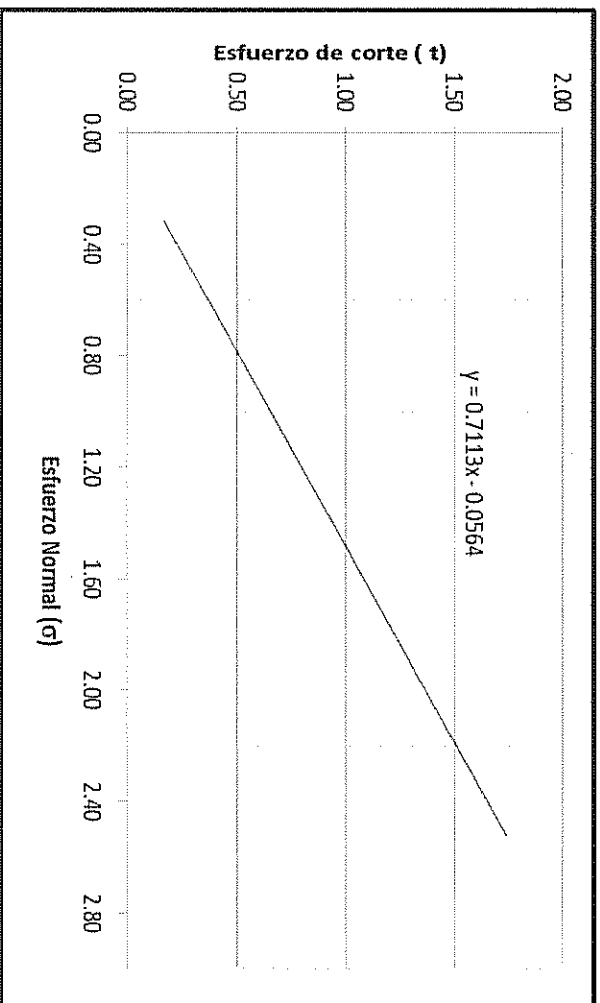


Asunto: ENSAYO DE CORTE DIRECTO  
NORMA ASTM 3080/79

Proyecto: Estudio de Suelos  
Ubicación: Teatro Nacional

Muestra: 1

Fecha: 23 Noviembre 2017



**PARAMETROS DE CORTE:**

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA :  $\phi = 35.3^\circ$       COHESIÓN:  $C_u = 0.1 \text{ T/m}^2$

DESCRIPCION DEL SUELO: Arena limosa color beige  
DIMENSION Y TIPO DE LA PROBETA: 2.5" X 1.0"

OBSERVACIONES: Muestra por laboratorio.

PROBETA No.	1	2	3	4
ESFUERZO NORMAL ( $\text{kg/cm}^2$ )	0.32	0.63	1.26	2.53
ESFUERZO DE CORTE ( $\text{kg/cm}^2$ )	0.05	0.55	0.81	1.73
DENSIDAD HUMEDA ( $\text{T/m}^3$ )	1.70	1.70	1.70	1.70
HUMEDAD (%H)	8.5	8.5	8.5	8.5

Proyecto: TEATRO NACIONAL

Ubicación: ZONA 4

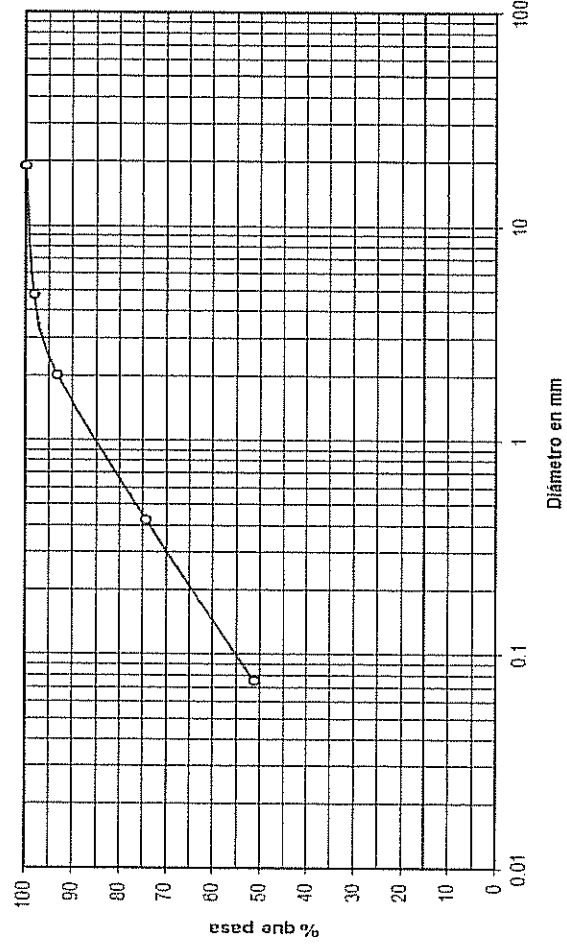
Muestra: 1 Profundidad: 2.5 metros

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
2"	50.8	
1 1/2"	38.1	
1"	25.40	100.00
3/4"	19	100.00
4	4.75	98.22
10	2	93.16
40	0.425	74.43
200	0.075	51.34

% de Grava: 1.78

% de Arena: 46.88

% de finos: 51.34



Descripción del suelo:

Limo arenoso plástico color café

Clasificación S.C.U.:

ML

P.R.A.:

A-4

Índice Plástico (AASHTO T-89, T-90): LL: 32.2

IP: 9.4

Observaciones:

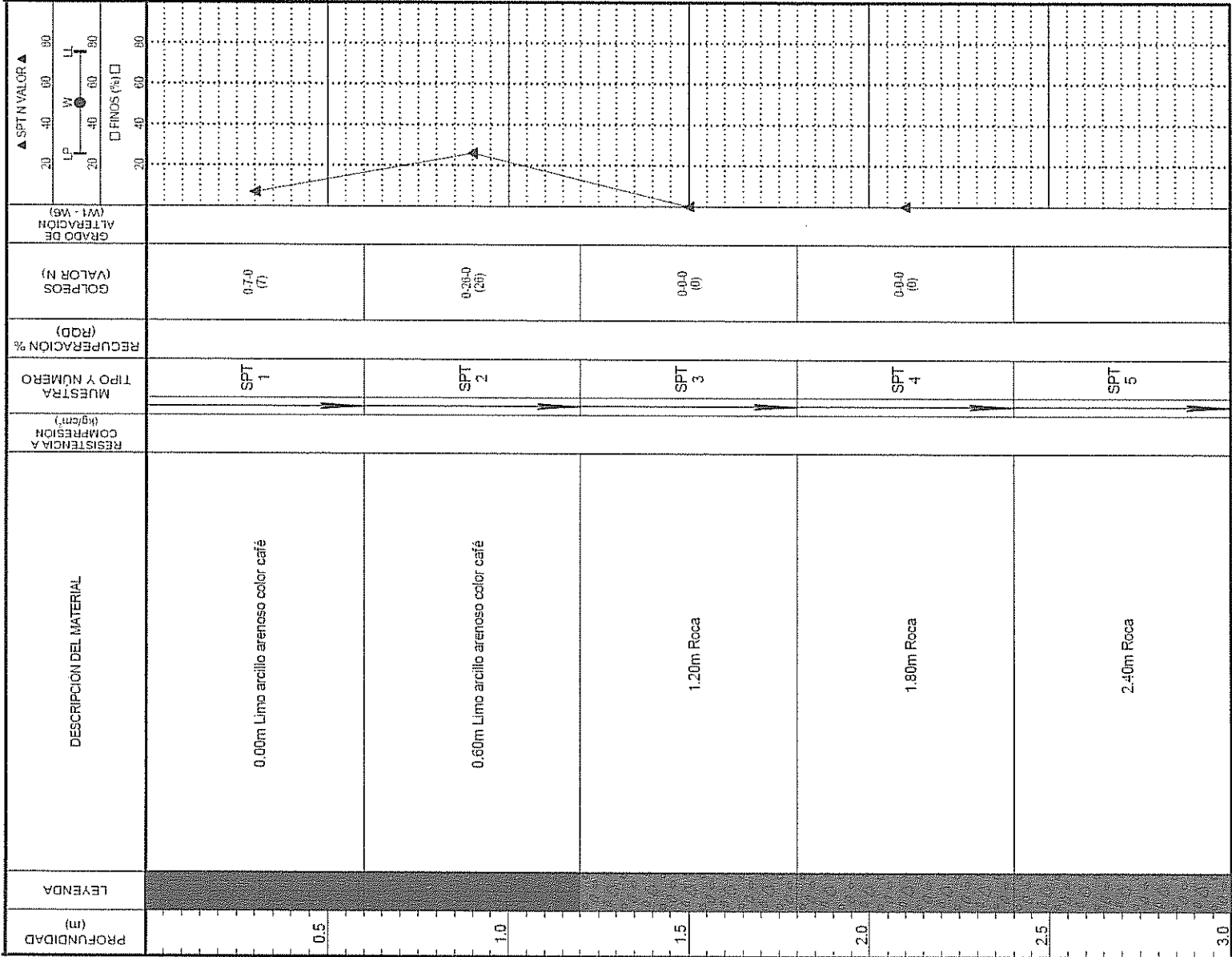
Muestra extraída por personal de laboratorio.

SPT's 1 Y 2 (RESULTADOS NUMERICOS)

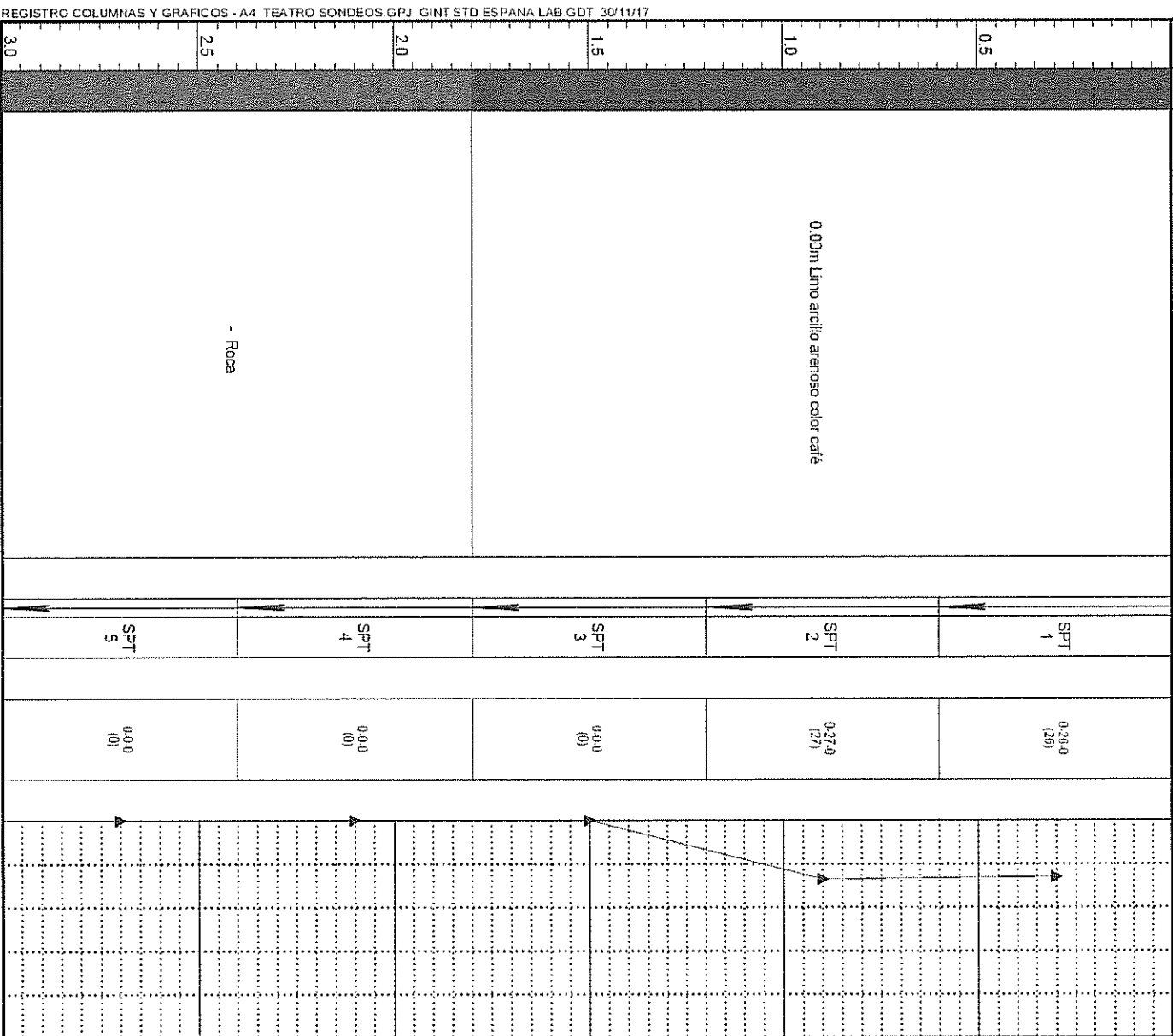
Sondeo	Profundidad (m)	N	Q adm			Descripcion	
			kN/m <sup>2</sup>	Ton/m <sup>2</sup>			
1	0.00-0.80	27	249.1	27.3	Limo arcillo arenoso color café	consistencia media a rígida	
	0.80-1.20	28	279.9	30.6			
	1.20-1.80	19	175.3	19.2			
	1.80-2.40	17	183.0	20.0			
	2.40-3.00	17	183.0	20.0			
	3.00-3.60	12	147.6	16.1			
	3.60-4.20	11	137.0	15.0			
	4.20-4.80	15	189.1	20.7			
	4.80-5.40	22	319.8	35.0			
	5.40-6.0	24	321	35.8			
				Arena pomez de mediana a gruesa color beige			
				Limo arcillo arenosos color café	consistencia media		

Sondeo	Profundidad (m)	N	kN/m <sup>2</sup>	Ton/m <sup>2</sup>	Descripcion	
2	0.00-0.80	7	94.4	10.3	Limo arcillo arenoso color café	consistencia media a rígida
	0.80-1.20	28	330.7	38.4		
	1.20-1.80	R	120	1200.0		
	1.80-2.40					
	2.40-3.00					
					ROCA	

SPT 1 PERFIL



SPT 2 PERFIL





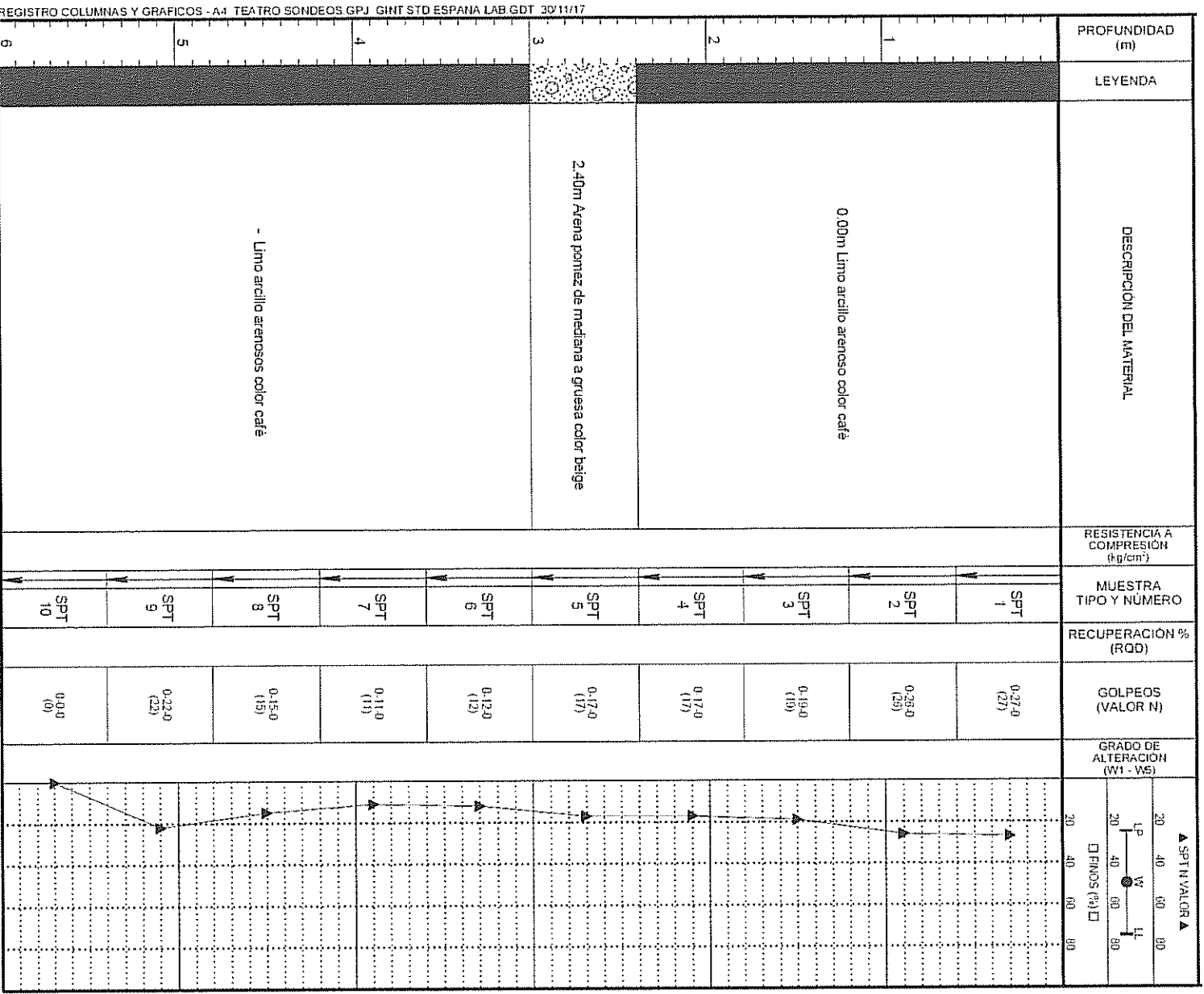
SPT's 3 Y 4 (RESULTADOS NUMERICOS)

Sondeo	Profundidad (m)	N	kN/m <sup>2</sup>	Ton/m <sup>2</sup>	Descripcion
3	0.0-0.60	26	350.7	38.4	Limo arcillo arenoso color café  ROCA
	0.60-1.20	27	364.2	39.8	
	1.20-1.80	26	147.6	25.0	
	1.80-2.40	27	137.0	16.0	
	2.40-3.00	29	169.1	14.0	
	3.00-3.60	21	147.6	16.1	
	3.60-4.20	18	137.0	15.0	
	4.20-4.80	21	189.1	20.7	
	4.80-5.40	22	319.8	35.0	
	5.40-6.00	23	321	35.8	

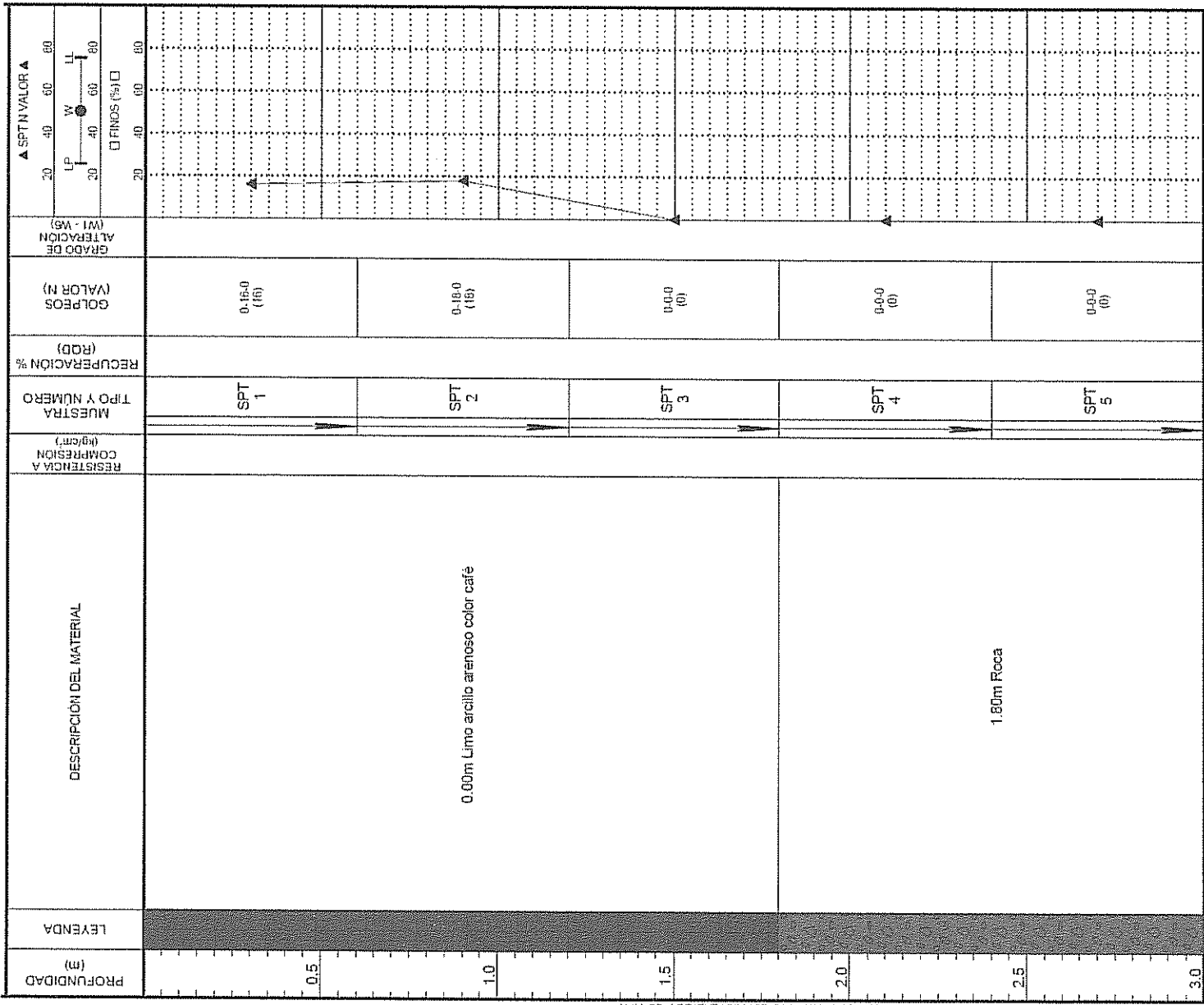
consistencia media a rigida

Sondeo	Profundidad (m)	N	kN/m <sup>2</sup>	Ton/m <sup>2</sup>	Descripcion
4	0.0-0.60	16	147.6	16.1	Limo arcillo arenoso color café  ROCA
	0.60-1.20	18	193.7	21.2	
	1.20-1.80	R	170	1200.0	
	1.80-2.40				
	2.40-3.00				

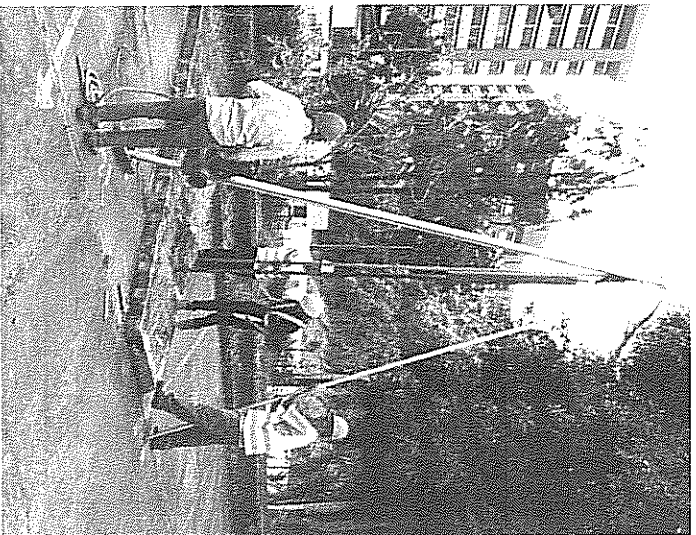
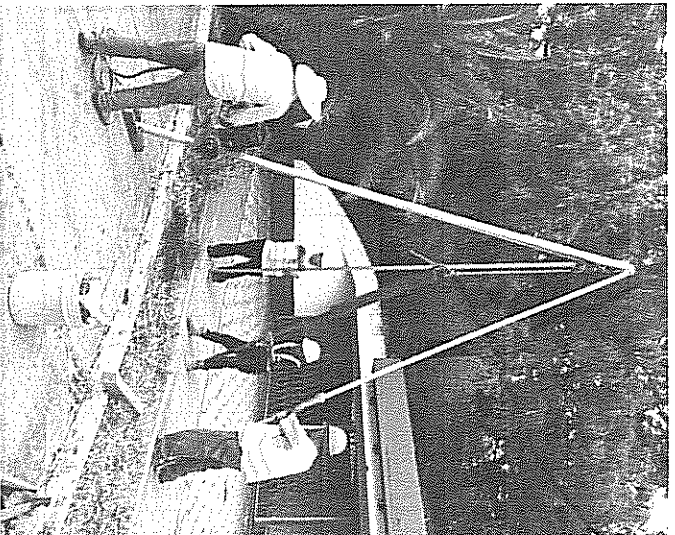
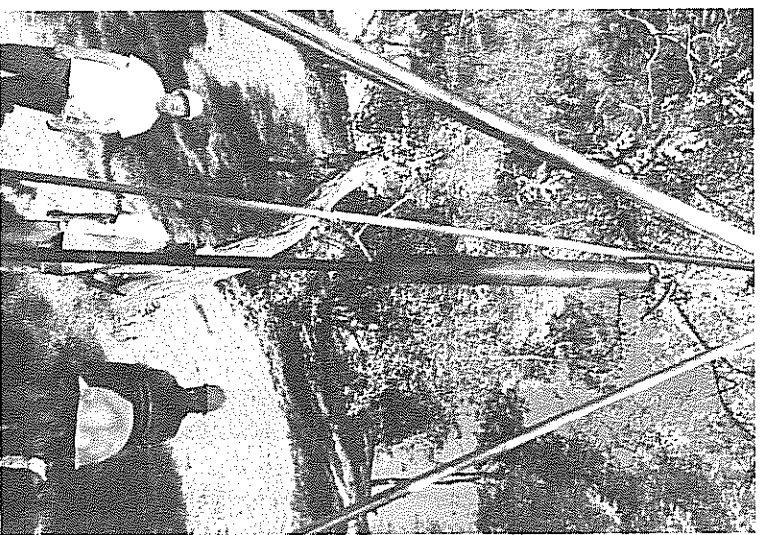
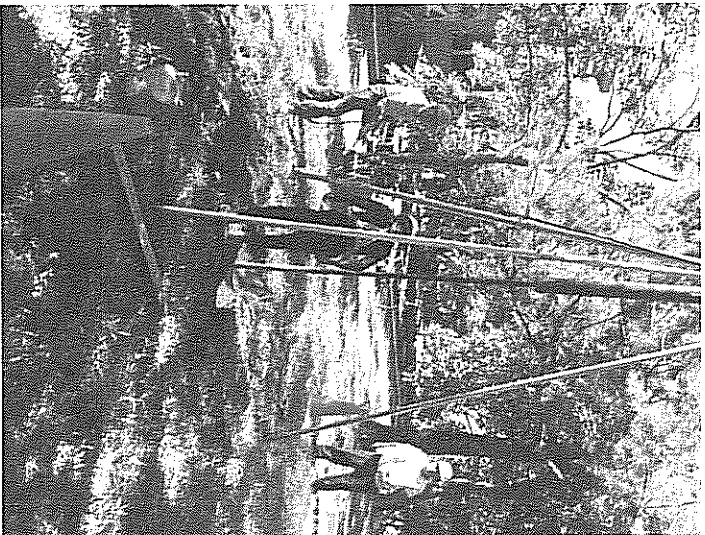
### SPT 3 PERFIL

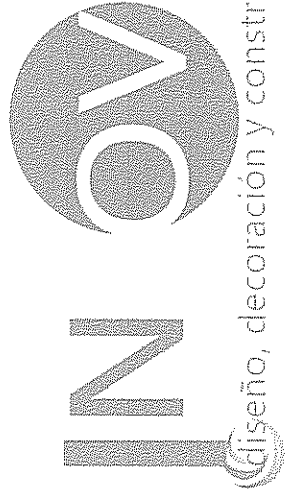


SPT 4 PERFIL



**15. ANEXOS (FOTOS) SEMANA DE TRABAJO DEL 15 AL 24/11/2017**





Freddy R. Morales Díaz | A R Q U I T E C T O COL4644

arfredi@gmail.com

cel+502 4217676

CONSULTOR DIGARN-MARN 1250



Nombre	Y	X	Z	Descripción	Nombre	Y	X	Z	Descripción	Nombre	Y	X	Z	Descripción
1	1000	1000	1000	E-1	70	1063.362	981.566	1072.404	PDCURVA					
2	984.162	986.566	999.815	PARQUEO	79	1063.726	986.681	1070.432	PDCURVA					
3	987.118	986.143	999.782	PARQUEO	80	1063.492	989.682	1070.223	PDCURVA					
4	990.803	984.94	999.817	PARQUEO	81	1062.382	995.385	1068.146	PDCURVA					
5	995.278	986.162	999.809	PARQUEO	82	1061.496	1000.146	1005.92	PDCURVA					
6	997.421	982.563	999.81	PARQUEO	83	1060.253	1004.327	1005.38	PDCURVA					
7	992.033	980.732	999.787	PARQUEO	84	1052.121	1003.191	1003.7	PDCURVA					
8	996.771	979.454	999.747	PARQUEO	85	1042.638	1001.032	1004.055	PDCURVA					
9	995.532	973.058	999.714	PARQUEO	86	1060.716	1017.299	999.716	E-3					
10	995.984	969.057	999.935	PARQUEO	87	1060.719	1015.586	999.635	CAMINO					
11	998.036	977.915	999.954	CAMINO	88	1039.456	1017.728	999.627	CAMINO					
12	998.016	986.205	999.917	CAMINO	89	1057.402	1013.478	997.598	CAMINO					
13	998.365	986.495	999.923	CAMINO	90	1056.175	1015.603	997.619	CAMINO					
14	1000.765	997.357	999.91	CAMINO	91	1051.198	1009.467	997.606	CAMINO					
15	1002.22	997.064	999.893	CAMINO	92	1049.239	1014.572	997.635	CAMINO					
16	1000.748	998.897	999.951	CAMINO	93	1049.416	1012.121	997.621	CAMINO					
17	1003.169	999.177	999.901	CAMINO	94	1045.505	1011.83	995.603	CAMINO					
18	1005.55	1001.19	999.816	CAMINO	95	1043.566	1011.592	995.61	CAMINO					
19	1006.771	1003.887	999.724	CAMINO	96	1043.379	1013.934	995.621	CAMINO					
19.1	1005.87	1003.55	999.72	CAMINO	97	1045.228	1014.196	995.608	CAMINO					
20	1016.239	1005.419	999.072	CAMINO	98	1041.267	1011.583	994.381	CAMINO					
21	1017.482	1005.68	990.222	CAMINO	99	1041.068	1013.747	994.357	CAMINO					
22	1020.709	1007.04	998.168	CAMINO	100	1035.701	1010.931	994.332	CAMINO					
23	1021.666	1007.364	997.518	CAMINO	101	1034.242	1011.427	994.298	CAMINO					
24	1024.283	1008.323	997.455	CAMINO	102	1033.691	1013.128	994.277	CAMINO					
25	1025.209	1008.62	996.785	CAMINO	103	1036.612	1014.191	994.3	E-4					
26	1028.741	1009.84	996.733	CAMINO	104	1033.079	1015.078	994.27	BANQUETA					
27	1029.689	1010.155	996.053	CAMINO	105	1034.943	1015.437	994.276	BANQUETA					
28	1031.31	1010.77	996.044	CAMINO	106	1037.177	1016.289	994.277	BANQUETA					
29	1030.785	1012.134	996.031	CAMINO	107	1039.116	1017.445	994.284	BANQUETA					
30	1029.141	1011.587	996.05	CAMINO	108	1032.497	1015.661	993.828	BANQUETA					
31	1028.23	1011.274	996.732	CAMINO	111	1021.023	1016.995	993.771	E-5					
32	1024.711	1010.089	996.782	CAMINO	115	1038.899	1018.109	994.3	VENGIADA					
33	1023.799	1009.784	997.449	CAMINO	116	1032.483	1015.65	993.793	VENGIADA					
34	1021.099	1008.805	997.523	CAMINO	117	1044.156	1022.926	993.883	SANITARIO					
35	1020.208	1008.482	998.163	CAMINO	118	1046.786	1022.24	993.918	SANITARIO					
36	1016.945	1007.297	998.208	CAMINO	119	1049.619	1021.708	993.94	SANITARIO					
37	1015.797	1006.889	999.067	CAMINO	120	1050.767	1027.885	993.951	SANITARIO					
38	1004.321	1002.648	999.864	CAMINO	121	1050.947	1034.481	993.925	SANITARIO					
39	1002.134	1002.188	999.894	CAMINO	122	1049.443	1036.031	993.914	SANITARIO					
40	992.501	1001.503	999.94	CAMINO	123	1050.909	1037.654	993.975	GARITA					
41	984.309	997.551	999.963	CAMINO	124	1049.991	1038.212	993.939	GARITA					
42	984.846	996.062	999.977	CAMINO	125	1049.65	1039.619	993.953	GARITA					
43	992.662	999.852	999.953	CAMINO	126	1047.256	1040.079	993.873	GARITA					
44	998.406	1000.297	999.957	CAMINO	127	1037.948	1042.005	993.643	GARITA					
45	979.523	1004.308	999.97	VERTICE REJA	128	1036.402	1037.015	993.545	PARQUEO					
46	1005.014	964.851	1004.275	ARBOL GRANDE	129	1035.858	1041.523	993.501	PARQUEO					
47	1006.161	974.013	1004.753	PDCURVA	130	1009.564	1048.349	993.007	VERTICE REJA					
48	1007.246	986.896	1003.765	PDCURVA	131	1010.238	1047.095	993.675	VERTICE REJA					
49	1011.784	992.574	1004.408	PDCURVA	132	1008.738	1038.698	993.942	VERTICE REJA					
50	1019.327	995.429	1005.171	PDCURVA	133	1011.489	1034.237	993.06	PARQUEO					
51	1020.996	991.701	1005.747	PDCURVA	134	1007.965	1033.339	993.109	PARQUEO					
52	1024.568	993.611	1006.41	PDCURVA	135	1006.254	1035.806	993.062	PARQUEO					
53	1027.972	985.453	1008.456	PDCURVA	136	1006.938	1036.841	993.514	PARQUEO VER					
54	1023.116	977.431	1009.581	PDCURVA	137	988.932	1038.993	993.217	PARQUEO VER					
55	1024.268	969.931	1010.126	PDCURVA	138	985.972	1041.453	993.721	PARQUEO VER					
56	1021.811	964.804	1009.655	PDCURVA	139	988.716	1028.525	993.445	PARQUEO VER					
57	1018.779	958.225	1009.957	PDCURVA	140	993.149	1025.543	993.485	PARQUEO VER					
58	1018.894	959.41	1006.72	PDCURVA	141	992.978	1024.701	993.509	PARQUEO VER					
					141	992.978	1024.701	993.487	PARQUEO VER					

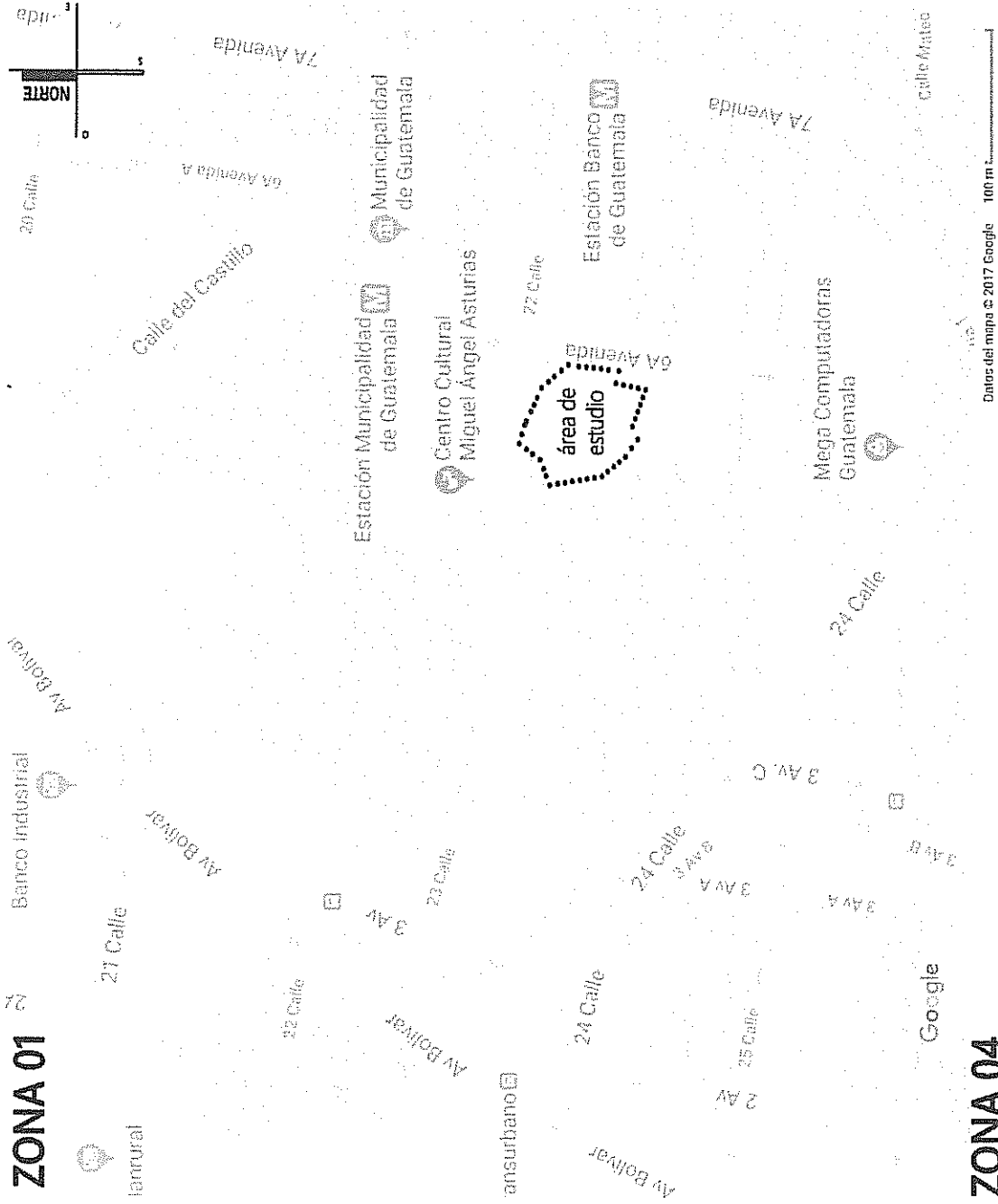
LIBRETA  
TOPOGRÁFICA





REGISTRO GENERAL DE LA  
REPÚBLICA DE GUATEMALA

ZONA 01



ZONA 04

CIUDAD DE  
GUATEMALA

UBICACIÓN:  
24B CALLE 3-81 ZONA 01, MUNICIPIO DE GUATEMALA.  
DEPARTAMENTO DE GUATEMALA.

PLANO DE LOCALIZACIÓN

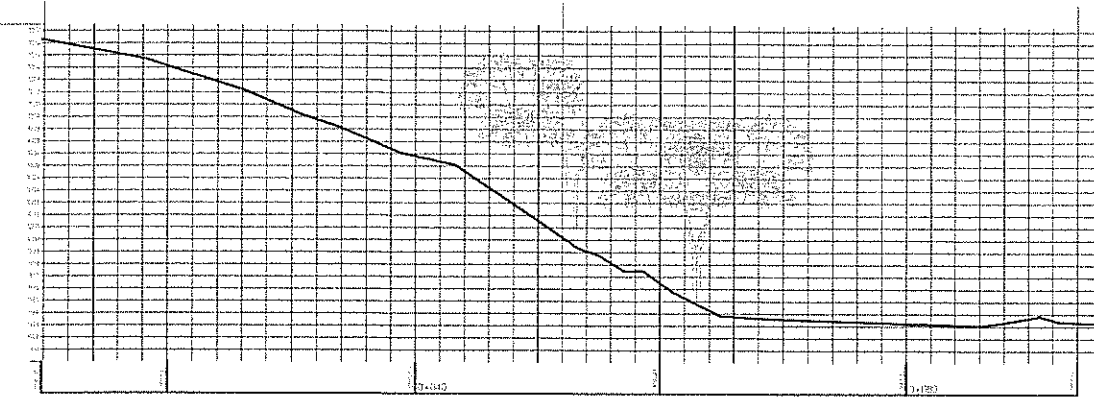
PROYECTANTE:  
DIRECCIÓN GENERAL DE LAS ARTES | MINISTERIO DE CULTURA Y DEPORTES

ÁREA DE LEVANTAMIENTO REGISTRADO:  
5,902.88 m<sup>2</sup>

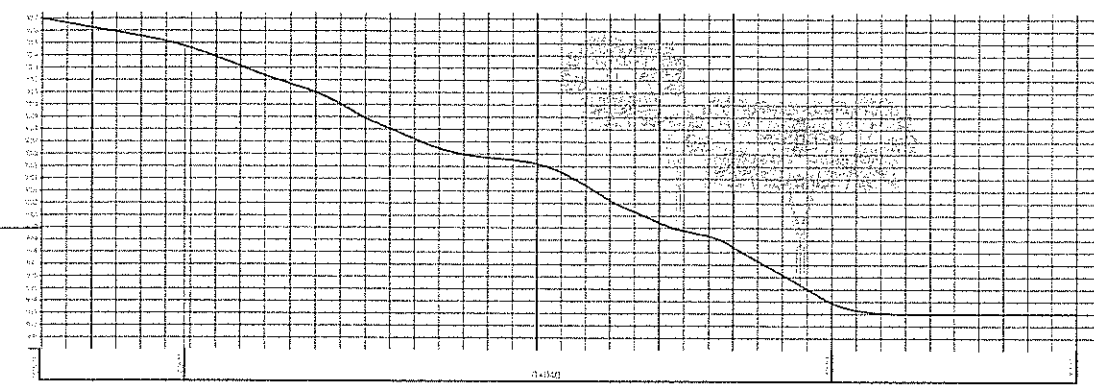
FECHA: NOVIEMBRE / 2017 ESCALA: 1 : 5000  
NOS. PLANO ARCHIVO

FREDDY R. MORALES DÍAZ  
arquitecto | col 4644

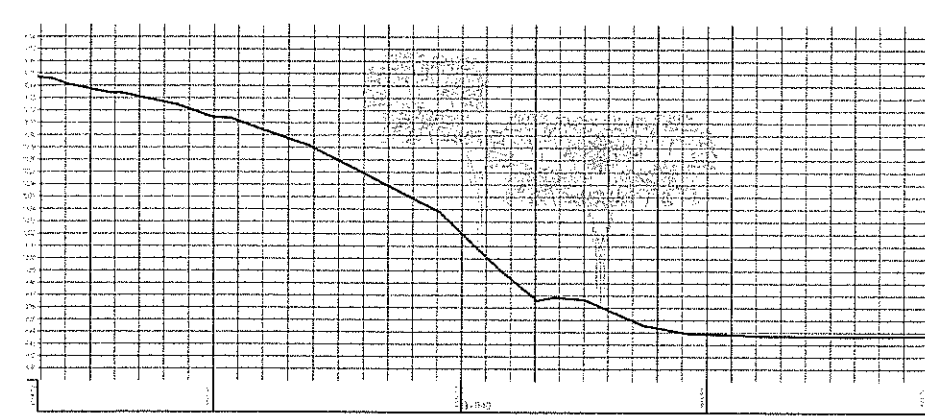




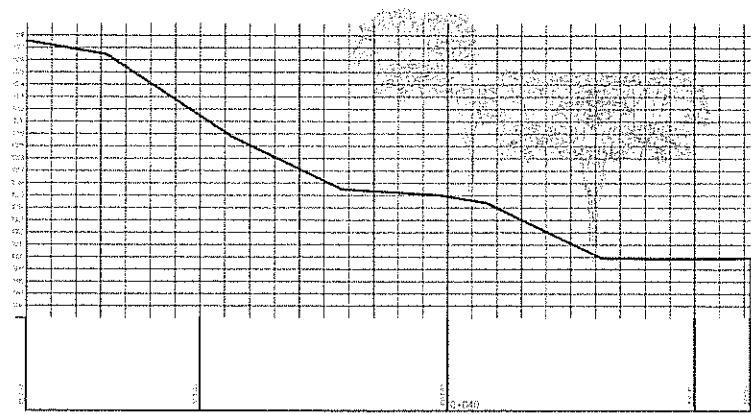
perfil B-B'



perfil C-C'



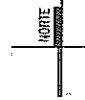
perfil A-A'



perfil D-D'

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA Y ESPACIO  
 CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL ESPACIO  
 INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN ARTES ESCENICAS  
 ESCUELA NACIONAL DE ARTE DRAMÁTICO  
 FOMENTO ACADÉMICO  
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA Y ESPACIO  
 INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN ARTES ESCENICAS





topografía de area general

**TOPOGRAFIA ESCUELA NACIONAL DE ARTE DRAMATICO**

CIUDAD DE GUATEMALA



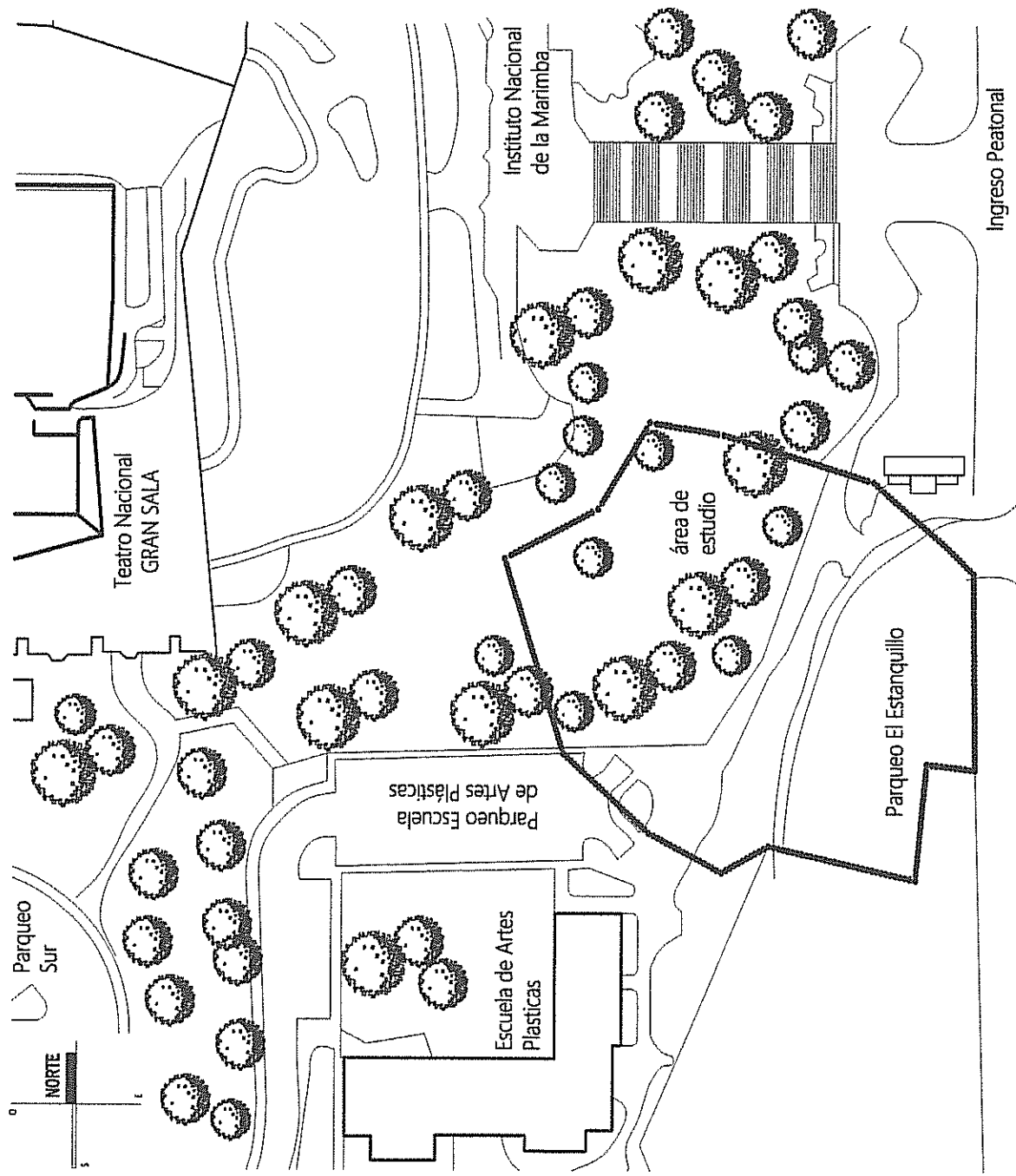
PROFESOR RESPONSABLE: **CARLOS FIGUEROA JUAREZ**

INSTITUCION DE EDUCACION SUPERIOR TECNICA Y PROFESIONAL  
 MINISTERIO DE EDUCACION Y CIENTIFICAS  
**INTOVA**  
 INSTITUTO NACIONAL DE TOPOGRAFIA Y CARTOGRAFIA  
 INSTITUTO NACIONAL DE TOPOGRAFIA Y CARTOGRAFIA  
 INSTITUTO NACIONAL DE TOPOGRAFIA Y CARTOGRAFIA  
 INSTITUTO NACIONAL DE TOPOGRAFIA Y CARTOGRAFIA  
 INSTITUTO NACIONAL DE TOPOGRAFIA Y CARTOGRAFIA

CIUDAD DE GUATEMALA

PROFESOR RESPONSABLE  
CARLOS FIGUEROA JUAREZ





6a. AVENIDA ZONA 1

UBICACIÓN:  
24B CALLE 3-81 ZONA 01, MUNICIPIO DE GUATEMALA,  
DEPARTAMENTO DE GUATEMALA.

## PLANO DE UBICACIÓN

PROYECTANTE:  
DIRECCIÓN GENERAL DE LAS ARTES | MINISTERIO DE CULTURA Y DEPORTES

ÁREA DE LEVANTAMIENTO REGISTRADO:  
5,902.88 m<sup>2</sup>

FECHA: NOVIEMBRE / 2017      ESCALA: 1 : 1,250

NOS. PLANO ARCHIVO

