



Cuernavaca, Morelos a 14 de noviembre de 2017

A QUIEN CORRESPONDA

P R E S E N T E

Le presento a continuación los resultados de los trabajos referentes a "DICTAMEN SOBRE LAS CONDICIONES DEL TERRENO Y ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN DEL CONDOMINIO LAS COLINAS DE SANTA FE" ubicado en el municipio de Xochitepec, Morelos.

Sin más por el momento me despido no sin antes enviarle un cordial saludo.



ATENTAMENTE

ING. JESÚS OCTAVIO DOMÍNGUEZ MIER.

CED. 3000234/DRO CICEM 038



**DICTAMEN SOBRE LAS CONDICIONES DEL
TERRENO Y ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN
DEL CONDOMINIO LAS COLINAS DE SANTA FE
DESPUÉS DEL SISMO DEL 19 DE SEPTIEMBRE
DE 2017.**

(No DE INFORME EG-17-240)

NOVIEMBRE . 2017

INDICE

1.	ANTECEDENTES.....	5
2.	OBJETIVO.....	5
3.	ALCANCES.....	5
4.	UBICACIÓN DE LOS TRABAJOS.....	6
5.	MARCO GEOLÓGICO REGIONAL.....	7
5.1	GEOLOGÍA REGIONAL.....	7
5.1.1	FISIOGRAFÍA.....	7
5.1.2	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	8
5.1.3	ASPECTOS LITOLÓGICOS.....	8
5.1.4	GEOLOGÍA DE LA ZONA DONDE SE LOCALIZARÁ EL PROYECTO.....	11
5.1.5	ASPECTOS SÍSMICOS.....	11
6.	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL CONDOMINIO.....	13
6.1	DESCRIPCIÓN DE INSTALACIONES Y CONDICIONES ACTUALES DEL CONDOMINIO LAS COLINAS DE SANTA FE.....	13
6.2	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DEBIDO AL SISMO DE 19 DE SEPTIEMBRE DE 2017 EN LAS COLINAS DE SANTA FE.....	18
6.2.1	GENERALIDADES.....	18
6.2.2	OBSERVACIONES.....	18
6.3	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	33
6.4	PLANTEAMIENTO DEL ANÁLISIS.....	34
7.	TRABAJOS DE CAMPO.....	35
7.1	DEFINICIÓN DEL PROGRAMA DE EXPLORACIÓN Y MUESTREO.....	35
7.2	EXPLORACIÓN SUPERFICIAL (PCA).....	36
7.3	EXPLORACIÓN PROFUNDA (SME).....	44
7.4	VENTANAS DE EXPLORACIÓN (V).....	55
7.5	TRABAJOS DE LABORATORIO.....	67
8.	TRABAJOS DE GABINETE.....	69
8.1	ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE CARGA.....	69



• CARACTERÍSTICAS DE LA CIMENTACIÓN PROPUESTA	69
• ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE CARGA PARA EL CASO DE RELLENOS GRANULARES.....	69
8.2 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES.	71
8.2.1 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD CRÍTICO EN MANZANA 16	72
8.2.2 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD CRÍTICO EN MANZANA 16	73
9. CONCLUSIONES.....	75
9.1 CONCLUSIONES DE LA PRIMERA ETAPA (DIAGNÓSTICO GENERAL).....	75
9.2 CONCLUSIONES DE LA SEGUNDA ETAPA (DICTAMEN INTEGRAL).....	82
10. RECOMENDACIONES.....	89
TABLA DE ILUSTRACIONES.....	92
TABLAS	94
REPORTES DE LABORATORIO	95
REGISTROS DE PERFORACIÓN.....	96
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98



1. ANTECEDENTES

Debido al sismo del 19 de septiembre se presentaron daños en diferentes estructuras al interior del Condominio Las Colinas de Santa Fe, por lo que solicitó a Servicios de Ingeniería Y Geotecnia Aplicada S.A. de C.V la evaluación emergente de los daños y elaborar un diagnóstico sobre las condiciones de las estructuras y del subsuelo así como las medidas para la mitigación de daños y las alternativas para refuerzo, remediación, rehabilitación y reconstrucción.

En este mismo trabajo se solicitó la definición y clasificación de las zonas de riesgo, por un lado las debidas al sismo y por otro debidas a la posible afectación en caso de ocurrencia de algún colapso o falla de las estructuras que por sus características pueden afectar a las personas, bienes y funcionamiento del condominio.

2. OBJETIVO

Se encargó a la empresa Servicios de Ingeniería y Geotecnia Aplicada, S.A. de C.V. llevar a cabo los trabajos necesarios para obtener el dictamen sobre las condiciones del terreno, de la capacidad de carga y estabilidad del subsuelo, de las estructuras de contención, y las condiciones de los elementos de estabilización de los taludes en el condominio de Las Colinas de Santa Fe. Ubicado en el municipio de Xochitepec, Edo. de Morelos;

3. ALCANCES

En una primera etapa se realizará una evaluación visual por parte de personal técnico especializado para establecer la magnitud de los daños, proponer las medidas emergentes inmediatas y establecer los niveles de riesgo de las diferentes zonas del condominio y se establecerán los trabajos necesarios para definir un dictamen sobre el grado de afectación de los movimientos ocasionados por el sismo y se establecerán los criterios para la mitigación y rehabilitación de las estructuras cualesquiera que se trate.

Para realizar la primera etapa del dictamen, es decir el diagnóstico general, se realizaran recorridos en todo el condominio observando directamente los daños y realizando observaciones de algunos aspectos específicos de las estructuras dañadas.

Con los recorridos se definirá la magnitud de los daños, las medidas emergentes que se puedan realizar y se establecerán los trabajos necesarios para definir físicamente las condiciones reales de las instalaciones, el subsuelo afectado y la posible influencia de estructuras elevadas.

Se expondrá en el presente estudio la interpretación de tipo terreno encontrado en función del marco geológico regional, observaciones directas e indirectas en el sitio, sus características y comportamiento observado y analizado por visitas y recorridos al sitio y trabajos de laboratorio y campo para determinar de manera detallada los parámetros necesarios para el cálculo de la estabilidad de las diversas estructuras, asimismo, el informe incluirá las conclusiones y recomendaciones que permitan establecer las alternativas más eficientes para remediar los problemas generados por el sismo, además del planteamiento de las alternativas en las zonas y estructuras no dañadas por los sismos pero que podrían en un momento dado ocasionar daños y afectaciones serias a la integridad de las personas, sus bienes y el correcto funcionamiento del condominio en general.

4. UBICACIÓN DE LOS TRABAJOS

El municipio de Xochitepec se localiza al poniente del Estado y se ubica geográficamente al norte $18^{\circ}42'$ latitud norte, al oeste $99^{\circ}11'$ longitud oeste a una altura de 1,112 metros sobre el nivel del mar.

Limita al norte con Emiliano Zapata y con Temixco; al sur con Puente de Ixtla; al este colinda con Tlaltizapán, al oeste con Miaatlán. Figura 1.

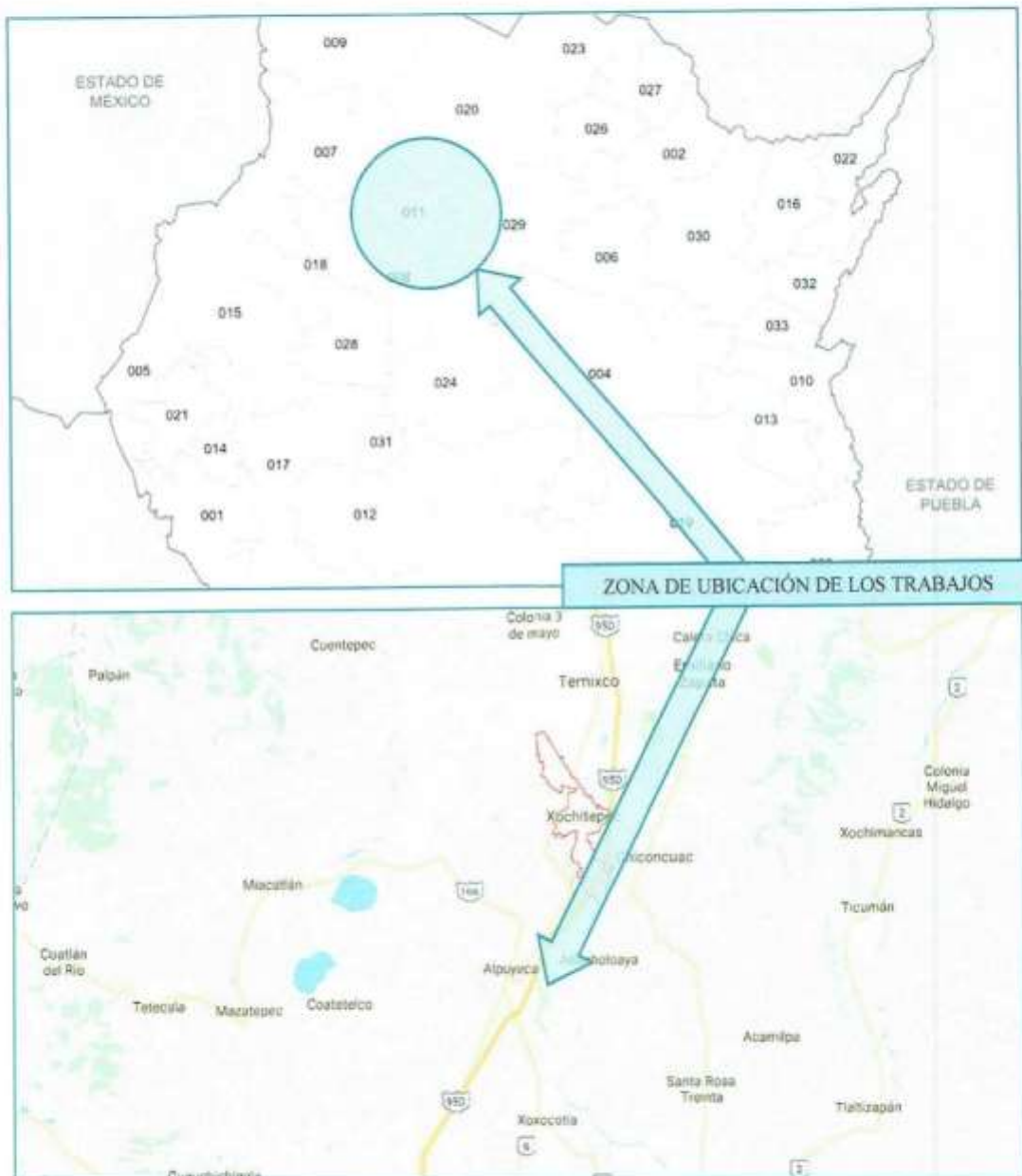


Figura 1 Croquis de localización del sitio



Figura 2 Ubicación del predio.

5. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

Con el objeto de comprender las condiciones geológicas que existen en la zona de estudio, así como las condiciones específicas del sitio estudiado, es necesario conocer la geología que a nivel regional prevalece en el Estado de Morelos, describiendo la geología regional, la fisiografía, estratigrafía y la geología local o del sitio.

5.1 Geología Regional

5.1.1 Fisiografía

El Estado de Morelos está comprendido dentro de las Provincias Fisiográficas de la Sierra Madre del Sur y el Eje Neovolcánico. El territorio Estatal cuenta con más de 4,700 m de desnivel entre la parte más alta (cercañas del volcán Popocatepetl) y la parte más baja (donde el río Amacuzac entra al estado de Guerrero), de aproximadamente 700 msnm.

Provincia de la Sierra Madre del Sur.- Esta Provincia abarca el Estado de Guerrero y partes de los Estados de Jalisco, Colima, Michoacán, México, Morelos, Puebla, Oaxaca y Veracruz, es considerada como la más compleja y menos conocida del País.

Está subdividida en varias Subprovincias; dentro del Estado de Morelos quedan comprendidas áreas que corresponden a la Subprovincia Sierras y Valles Guerrerenses; representa el 43.33% del territorio Estatal, incluye los Municipios de Amacuzac, Coatlán del Río, Emiliano Zapata, Jiutepec, Jojutla, Mazatepec, Miacatlán, Puente de Ixtla, Temixco, Tetecala, Tlaltizapán y Xochitepec, y parte de los Municipios de Ayala, Cuernavaca, Tlaquiltenango y Yautepec, además de una pequeña porción de Tepoztlán.

En esta zona, algunos de los sistemas montañosos de la Subprovincia tienden a orientarse en dirección norte-sur, al contrario de la tendencia general de la Provincia que es este-oeste. Tal es el caso de los lomeríos surcados por cañadas sobre las laderas de la sierra del Ajusco, inmediatamente al norte de Cuernavaca; de

las sierras escarpadas calcáreas del noreste de la Subprovincia; de la llanura aluvial con lomeríos del valle del río Yautepec; de la llanura aluvial que se extiende al sur de Cuernavaca, desde Emiliano Zapata hasta Jojutla; y de la gran meseta calcárea con cañadas que se extienden desde las ruinas de Xochicalco hasta Tehuixtla.

Esta última, presenta escarpes sobre la margen septentrional del río Amacuzac, teniendo la particularidad de presentar algunos destacados rasgos cársticos. Entre ellos se encuentran las lagunas (dolinas) de Coatetelco, el Rodeo y Tequesquitengö. Por último, en el sudoeste del Estado hay una gran meseta con lomeríos que van de 900 a 1,200 m.s.n.m. y que están constituidos por aluviones antiguos erosionados.



Figura 3 Provincias fisiográficas.

5.1.2 Geología Estructural

La geología estructural de la zona en estudio es consecuencia de sucesos geológicos que dieron origen tanto al Valle de México como a los Valles de Cuernavaca y Amilpas. La presencia de fallas y fracturas de dirección NE-SW ocasionaron un conjunto de conos monogenéticos y productos volcánicos asociados, que representan a la unidad volcánica más reciente, ya que pertenece al Cuaternario y se agrupan en la Formación Chichinautzin. El origen de las fallas y fracturas está ligado al cizallamiento que se presenta desde Zihuatanejo-Petatlán en el Océano Pacífico, hasta el Golfo de México pasando por el Valle de México y Valle de Cuernavaca. Como muestra de lo anterior, en la zona de estudio no se presentan accidentes estructurales de importancia o que afecten significativamente el desempeño de la estructura a desplantar

5.1.3 Aspectos Litológicos

Desde el punto de vista estratigráfico, en el Estado de Morelos se tienen las Formaciones, que se ilustran en la siguiente figura:

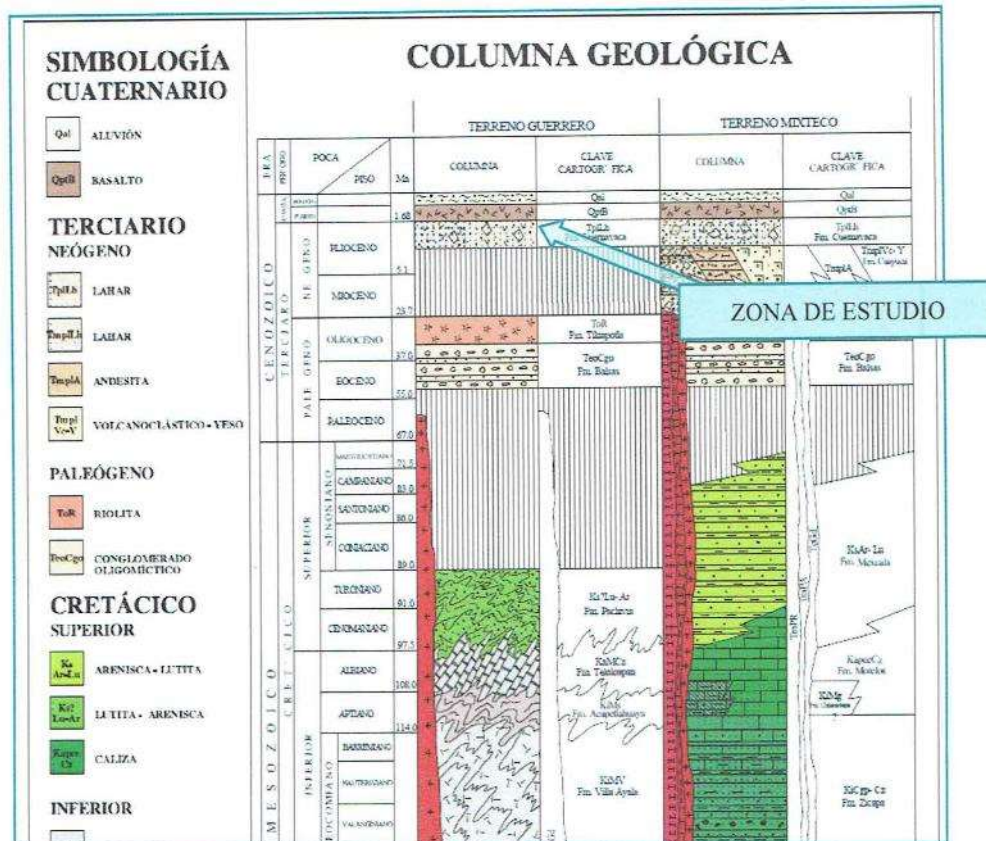
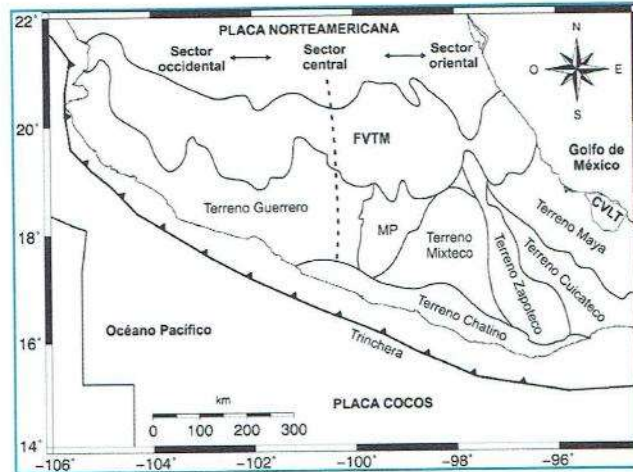


Figura 4 Estratigrafía Edo. de Morelos.

En este sentido, es pertinente mencionar que las Formaciones que tienen una mayor influencia y presencia en el sitio de estudio y por ende constituyen el marco Geológico de la región son:

FORMACIÓN CUERNAVACA (TpLh)

La Formación Cuernavaca, nombre propuesto por Fries (1960), toma su nombre de los depósitos

clásticos transportados por agua, bien expuestos y muy extensos, sobre los que se construyó la ciudad de Cuernavaca. La unidad aflora principalmente en la cuenca hidrológica del río Amacuzac y de sus afluentes. Desde su borde septentrional (unos cuantos kilómetros al norte de Cuernavaca), la formación se extiende en forma de manto interrumpido hacia el sur (límite con el estado de Guerrero) por distancias variables, sepultando rasgos topográficos bajos. La expresión topográfica de la formación es distintiva debido a la fase juvenil que representa en el ciclo de erosión. La unidad forma llanuras ligeramente inclinadas de superficie construccional, surcadas en grado variable por valles y arroyos encajonados o en forma de V. La zona limitada por el río Amacuzac, Puente de Ixtla y la laguna de Tequesquitengo conserva mucha de la superficie construccional de la formación. La laguna ocupa un polje formado después del depósito de la Formación Cuernavaca. Los tajos y barrancas se alargan por la erosión remontante en la superficie construccional. Los alrededores de Cuernavaca están intrincadamente surcados por barrancas angostas y profundas, pero quedan aún los interfluvios planos. Las llanuras construccionales descienden en ángulos variables desde 5°, cerca del pie de los cerros, hasta más o menos 1° en los alrededores de los desagües principales; la pendiente puede estar dirigida al norte o al sur pero en ambos casos es hacia el río Amacuzac (Fries, 1960).

En las zonas más apartadas de los altos topográficos prominentes en la región, son más numerosas las capas conglomeráticas de grano fino, de arena y de limo. Localmente, debieron haberse formado pequeños charcos a juzgar por los depósitos margosos y por la tierra diatomácea de algunos interestratos. En varios lugares se encuentran depósitos de travertino formados por aguas de manantial que fluyeron a través de la caliza. Los depósitos más notables de travertino se hallan en la orilla septentrional de Tlaltizapán y un poco al sureste de Temilpa Vieja. Incluso, se depositó yeso en pequeños charcos en el valle que se dirige al sursureste de Tlaltizapán (Fries, 1960).

DEPÓSITOS CLÁSTICOS CONTINENTALES (Qal)

Los depósitos continentales de edad post-Cuernavaca y no formados por corrientes lávicas o conos cineríticos (Tpdc) se describen aquí junto con el aluvión (Oal). Incluyen generalmente materiales no consolidados que varían desde detritos compuestos por fragmentos angulosos y gruesos hasta limo y arcilla fina, así como cantidades menores de marga, tierra diatomácea, turba, ceniza volcánica, loess y travertino. Los depósitos clásticos compuesto de material volcánico que están señalados con Tpdc en la lámina A, se encuentran principalmente en la mitad oriental del estado, donde cubren superficies erosionadas encima de la Formación Tlayecac. En cambio, depósitos continentales con menos elementos volcánicos, se presentan principalmente en la mitad occidental del estado, donde han sido cartografiados como aluvión (Oal). El área más grande cubierta por la unidad clástica del Pleistoceno y Holoceno es la que ocupa los valles de Yautepec y Cuautla. Parte del material consta de grava gruesa con cantos, pero la mayor parte está compuesta por arena, limo y arcilla, con mucha ceniza mezclada. Con la arcilla está mezclada materia carbonosa en ciertos sitios al poniente y sur de Cuautla hay travertino y marga en menor cantidad al oriente de Tlaltizapan. En esta extensa área el material clástico descansa indiferentemente sobre las formaciones Cuernavaca, Tepoztlán, Balsas y las formaciones sedimentarias cretácicas

Los depósitos continentales se describen aquí junto con el aluvión (Qhoal). Incluyen generalmente materiales no consolidados que varían desde detritos compuestos por fragmentos angulosos y gruesos hasta

limo y arcilla fina, así como cantidades menores de marga, tierra diatomácea, turba, ceniza volcánica, loess y travertino. Los depósitos clásticos compuesto de material volcánico que están señalados con TpdC, En cambio, depósitos de aluvión de la zona (Qhoal, Qhoal-ar) que rellena los valles de México, Toluca y Puebla está conformado por gravas, arenas, cenizas y arcillas, el espesor es de 30 a 300 m. Aspectos geológicos y geotécnicos locales

5.1.4 Geología de la zona donde se localizará el proyecto

La litología que aflora en la zona cercana al el sitio del proyecto, afloran los depósitos de roca masivos con fracturamiento continuo con espaciamiento mediano, mezclado con mezclas de fragmentos de roca chicos en matriz areno limosa poco compacta.



Figura 5 Geología Local.

5.1.5 Aspectos Sísmicos

En las siguientes figuras, se presenta, la intensidad sísmica global en el Estado de Morelos, tomada del ANR, así como la clasificación de peligro sísmico generada por el CENAPRED.



Figura 6 Peligro sísmico en el Estado de México.

El área donde se localiza la zona de estudio corresponde a la zona de riesgo medio. (Atlas Nacional de Riesgos), con los siguientes parámetros sugeridos.

Zona Sísmica	Tipo de Suelo	a_0	c	$T_a(s)$	$T_b(s)$	r
C	I (Terreno Firme)	0.36	0.36	0.0	0.6	1/2
	II (Terreno de Transición)	0.64	0.64	0.0	1.4	2/3
	III (Terreno Compresible)	0.64	0.64	0.0	1.9	1

6. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL CONDOMINIO

6.1 Descripción de instalaciones y condiciones actuales del condominio Las Colinas de Santa Fe

El condominio se ubica dentro de la zona de materiales tobáceos bastante homogéneos que afloran en toda la región de naturaleza inerte y de elevada dureza en términos generales.

Para efectos de esquematización en el presente estudio, el condominio se dividió en dos zonas, Oriente y Poniente, divididos por la calle Paseo de Las Colinas, la cual atraviesa a todo el condominio.

Para aprovechar al máximo el terreno, el proyecto se construyó por el método de terrazas, es decir, plataformas niveladas a diferentes elevaciones entre sí, observándose este tipo de plataformas prácticamente en cada manzana del condominio, siendo esto más evidente del lado poniente.



Figura 7 Distribución de zonas en Colinas de Santa Fe.

El condominio consta de 442 casas en su gran mayoría de un solo nivel divididas en 20 manzanas.

Para mantener los desniveles entre manzanas, se realizaron distintos tipos de técnicas para estabilizar, reforzar y confinar a los distintos tipos de terreno existente, siendo tres los elementos los más usados.

- Estabilización del terreno mediante concreto lanzado armado con malla electrosoldada.
- Muro de contención a base de suelo-cemento compacto
- Muro de tabicón o block de concreto con columnas y cadenas o traveses de concreto reforzado.

Las vialidades son a base de adoquín desplantado sobre el terreno natural.

Los servicios públicos generales como son luz, teléfono y demás, son mediante redes subterráneas sin que existan líneas aéreas.

Por otro lado, se puede apreciar en muchas zonas del condominio la existencia de muros de piedra de color rosa, los cuales son en su mayor parte contramuros que no funcionan como elementos de contención ya que contribuyen muy poco y en ocasiones en nada para el soporte de los taludes en los desniveles.

Cabe mencionar que existen zonas donde hay presencia de dos o más tipos de elementos de contención. Por otro lado, en cuanto a los elementos estructurales de las casas se observó que los desplantes de las casas se realizaron a base de losa de cimentación.



Figura 8 Paseo de las Colinas con calle Olivos, Manzana 16.



Figura 9 Paseo de las Colinas Manzana 16.



Figura 10 Cerrada de Maples Manzana 9.



Figura 11 Cerrada de Fresnos Manzana 11.



Figura 12 Calle de Olivos con Priv. Sauce Manzana 8.



Figura 13 Cerrada Encinos Manzana 6.





Figura 14 Cerrada Laureles Manzana 7.

6.2 Descripción del problema debido al sismo de 19 de septiembre de 2017 en Las Colinas de Santa Fe.

6.2.1 Generalidades.

Debido al sismo de septiembre, se presentaron diversos problemas en el condominio por lo que se avocó a determinar la magnitud de los daños en la infraestructura e inmuebles, el grado de afectación de las estructuras de contención, la evaluación de movimientos post sísmicos, la seguridad de las estructuras afectadas y el alcance del daño experimentado en el terreno para determinar y dar certeza sobre las actividades de remediación, rehabilitación y reestructuración de los elementos que lo requieran y establecer las alternativas más eficientes a llevar a cabo.

6.2.2 Observaciones.

Para determinar de manera inmediata los alcances, magnitud y afectación a la infraestructura, inmuebles y terreno se realizaron visitas de inspección de todo el condominio observándose de manera general lo siguiente:

INMUEBLES

Inmediatamente ocurrido el sismo a petición del comité del condominio se realizaron recorridos de inspección para definir las condiciones de varios inmuebles que resultaron afectados en su estructura y deslindar cualquier posible riesgo para la integridad de las personas.

Durante los recorridos se pudieron observar daños variables en algunas casas del condominio que iban desde fisuras en muros de menos de 1 mm de espesor hasta inmuebles con separaciones de y/o desplazamientos entre elementos estructurales de hasta 3 cm, pasando por el colapso de algunas terrazas, cocheras y bardas de colindancia entre predios en zonas privadas.



Figura 15 Fisuras en muro de casa de Fresnos 1.



Figura 16 Desprendimientos en contactos Losa-Terreno. Cto Palmeras.



Figura 17 Separación de terraza en espacio relleno. Cto Palmeras No 25.



Figura 18 Colapso de techumbres en estacionamiento. Cerrada de Tules.



Figura 19 Afectación en desplante de casa y estructuras aledañas. Cto Palmeras, Manzana 13.



Figura 20 Afectación en desplante de casa y estructuras aledañas. Cto Palmeras.

MUROS PERIMETRALES.

En los muros perimetrales del condominio se observaron diferentes daños en algunos de ellos, siendo los más serios donde ocurrió el colapso de algunos tramos que a continuación se exponen.



Figura 21 Muro de colindancia colapsado en zona de Privada de Fresnos (MP 4).



Figura 22 Muro de colindancia colapsado en zona de cerrada del Castillo. (MP 2).



Figura 23 Muro de colindancia colapsado en zona de Cto Palmeras, área privada (MP 6).

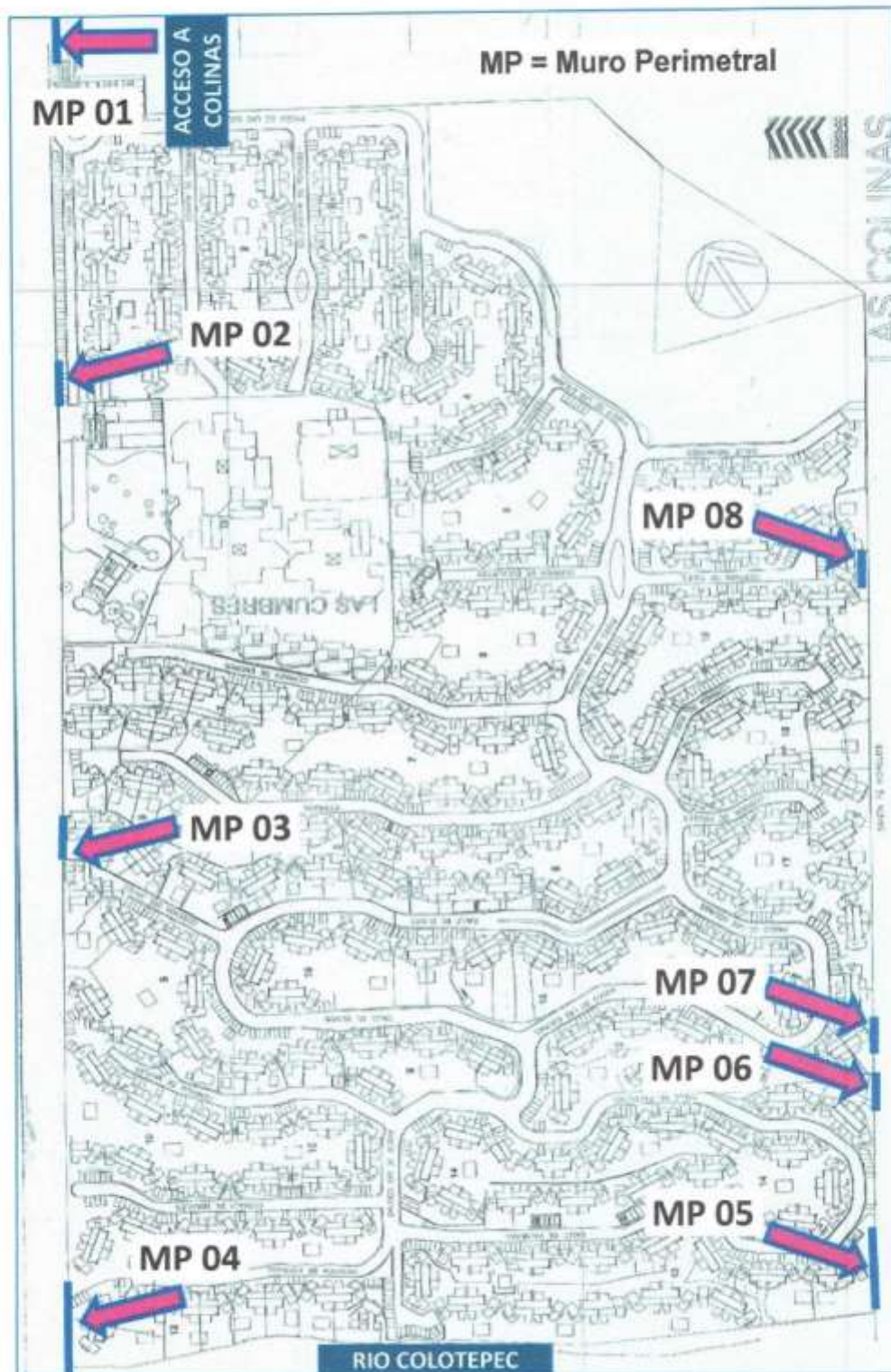


Figura 24 Ubicación de Muros Perimetrales dañados o colapsados.

MUROS DE CONTENCIÓN.

En los muros perimetrales del condominio se observaron diferentes daños en algunos de ellos, siendo los más serios donde ocurrió el colapso de algunos tramos que a continuación se exponen.



Figura 25 Muro de contención colapsado en el fondo de Priv de Fresnos (MC 01).



Figura 26 Muro de contención acceso de Priv de Fresnos (MC 02).



Figura 27 Muro de contención colapsado en Cto. Palmeras (MC 04).



Figura 28 Muro de contención colapsado en Cto. Palmeras (MC 05).



Figura 29 Muro de contención colapsado en Cto. Palmeras 26 (MC 08).



Figura 30 Muro de contención colapsado en Cto. Palmeras 28 (MC 08).

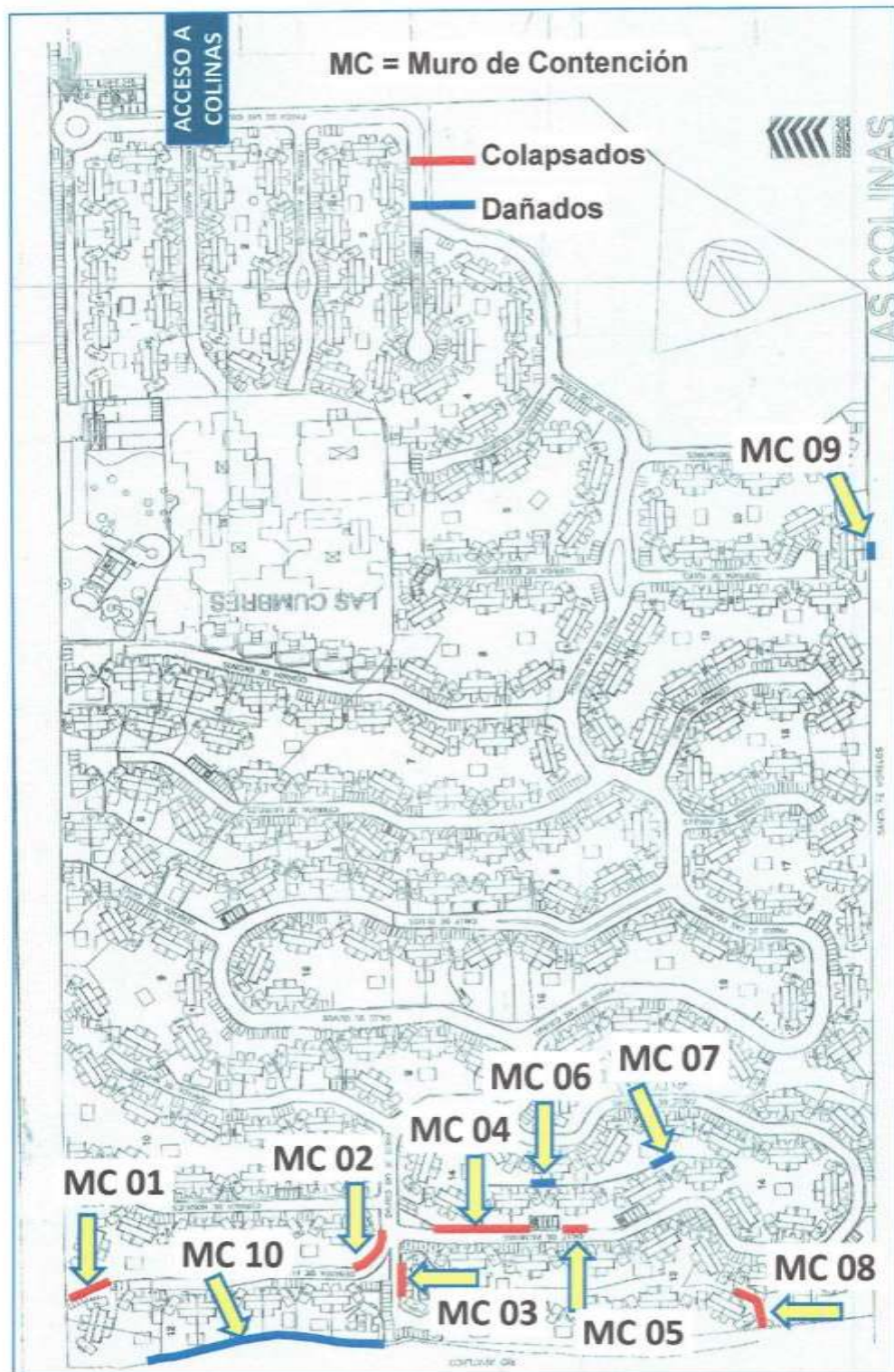


Figura 31 Ubicación de Muros de Contención Dañados o Colapsados.

TERRENO.

Durante los recorridos de inspección en todo el condominio se observaron fracturas en el terreno principalmente en la zona de la calle de circuito palmeras y la Cerrada de Fresnos, sin ubicar dicha situación en alguna otra zona del condominio.



Figura 32 Fracturas en el terreno Palmeras No 38 Manzana 13.



Figura 33 Fracturas en el terreno Palmeras No 42 en Manzana 13.

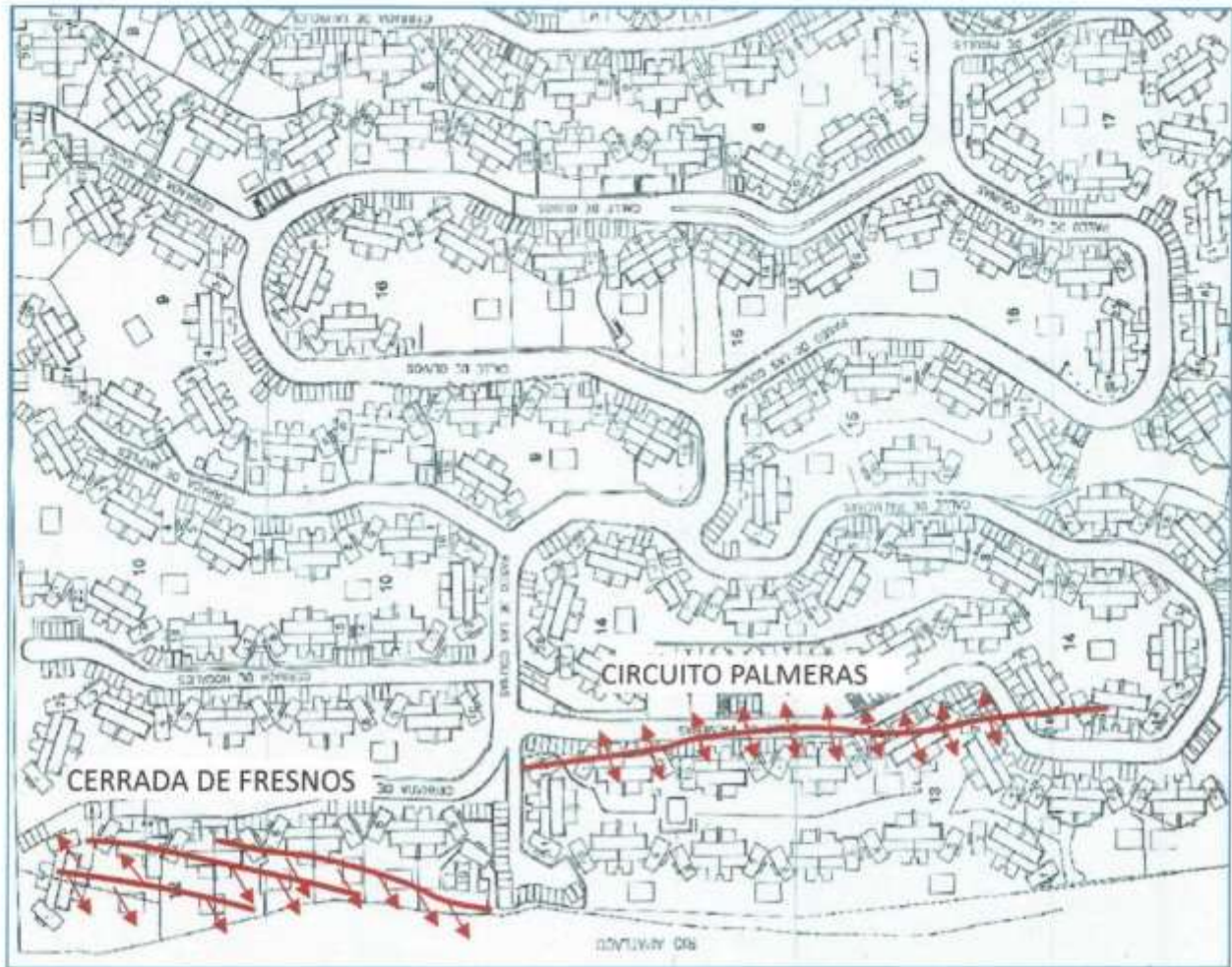


Figura 34 Localización y orientación de fracturas en manzanas 12 y 13.

6.3 Planteamiento del problema.

Después de realizar los recorridos de inspección y evaluar las afectaciones a las estructuras en el condominio se planteó la necesidad de realizar distintas acciones para el control, mitigación y rehabilitación de las estructuras del condominio.

En primer lugar se determinó establecer los niveles de riesgo presentes en el condominio debido al sismo, monitoreando de manera permanente los posibles movimientos que aun pudiesen estarse desarrollando y la recomendación de las obras necesarias y urgentes para el buen funcionamiento del condominio.

Al mismo tiempo se continuó con la realización de un Diagnóstico general e integral para definir acciones a realizar y establecer prioridades sobre las estructuras a rehabilitar y su pertinencia.

Para poder definir el inicio de la reparación de cualquier estructura lo primero que se estableció fue la existencia o no de movimientos del terreno.

Se puede observar que existe una zona del condominio muy delimitada donde los daños a las propiedades y terreno fueron mayores con efectos marcados incluso en el mismo terreno; sin embargo, después de varios recorridos de inspección y monitoreo de las estructuras se observó que los efectos se concentran específicamente en esa zona y que los daños en otras zonas obedecieron a circunstancias adicionales aunadas al sismo.

Debido a la necesidad de resguardo de la seguridad interna del condominio se recomendó poder iniciar la reconstrucción de los muros perimetrales ya que estos no están dentro de la zona condicionante del posible movimiento post sismo del terreno.

En este sentido, en el momento que se desconocen las condiciones de estabilidad y estaticidad del terreno no se recomienda la reconstrucción en estas áreas, pero si se puede proceder en las demás áreas fuera de esta zona.

A la par de las actividades de recorrido e inspección física de las instalaciones se solicitó a la administración la información documental con que se cuente acerca de los planos estructurales, de mecánica de suelos, análisis de estabilidad y capacidad de carga y demás información existente, para lo cual se nos proporcionó una copia de los planos estructurales de las casa tipo, de las instalaciones internas y planos de instalaciones hidráulicas y sanitarias del condominio; sin embargo, la información obtenida no es suficiente y deja incertidumbre sobre las condiciones reales de las estructuras de contención y de estabilidad de los taludes en todo el condominio, no solo de las zonas visiblemente afectadas por lo que las zonas de riesgo se incrementaron, aunque no por indicios de daños ocasionados por el sismo si no por la incertidumbre sobre las condiciones reales y que están puedan no ser las adecuadas.

Con los recorridos e información documental se realizaron mapas de riesgo para definir los trabajos de inspección física y documental para definir los niveles de riesgo real de las diferentes zonas del condominio de manera integral y debidamente sustentada.

Debido a lo anterior se estableció la necesidad de generar la información faltante y real de las condiciones de las estructuras de contención y terreno por lo que se planteó la necesidad de exploración del terreno en condiciones naturales en las zonas de mayor riesgo de estabilidad, la inspección física de los elementos de contención y las condiciones del terreno en la zona con fracturamientos.

6.4 Planteamiento del análisis.

De acuerdo a la información disponible se planteó la realización de una serie de acciones para definir con precisión los grados de riesgo real de las diversas zonas del condominio y generar con esto certidumbre y confianza para los condóminos.

En primer lugar se establecen acciones para determinar la magnitud del daño en el terreno y los elementos de contención en la zona de afectación del sismo; sin embargo, en este mismo sentido se establece la misma metodología para definir sus condiciones reales en las zonas de mayor riesgo potencial (zona de no afectación por el sismo del 19 de sept de 2017).

Exploración profunda del terreno

Para determinar las condiciones de estabilidad y capacidad de carga del terreno es necesario conocer sus propiedades mediante pruebas in situ en condiciones naturales por lo que se plantea la ejecución de sondeos profundos para explorar el terreno a profundidades suficientes que nos permitan definir el comportamiento del mismo aún en las zonas de mayor desnivel e influencia de las diferentes sollicitaciones de carga superimpuestas al terreno por las diversas estructuras como terraplenes, muros, e inmuebles en el condominio

Exploración superficial del terreno

Se plantea la necesidad de determinar las condiciones de terreno o material superficial en las zonas de transición de los taludes por lo que se plantea la realización de sondeos someros y definir esto materiales y al mismo tiempo se verifica la parte superficial de los sondeos profundos.

En este sentido, la propuesta de realización de estas investigaciones se propone como uno de los trabajos más importantes en la zona de los agrietamientos del terreno para definir el impacto real del movimiento del terreno y establecer si existió o no desplazamiento del terreno y con esto poder platera la viabilidad de reestructura del terreno en las zonas afectadas, por lo que estos sondeos se realizaran además directamente sobre los agrietamientos para observar la profundidad y demás características de los agrietamientos del terreno.

Exploración de elementos de contención

Se plantea la necesidad de realizar la exploración directa de los elementos de contención para determinar sus condiciones actuales, tanto de sus condiciones físicas como su arreglo estructural y las interfaces entre las contenciones y el terreno natural en la zona de taludes

7. TRABAJOS DE CAMPO

7.1 Definición del programa de Exploración y Muestreo

Una vez definido el panorama geológico se definieron el número de sondeos para determinar los parámetros geotécnicos para el diseño de la cimentación propuesta.

Se estableció realizar SEIS (6) sondeos profundos, DIEZ (10) sondeos superficiales (PCA) y DOCE (12) ventanas en elementos de contención, distribuidos en las diferentes zonas del predio, de tal manera que se pudieran clasificar y definir los diferentes materiales que componen el terreno del condominio así como las condiciones y propiedades de los elementos de contención (Figura 35).

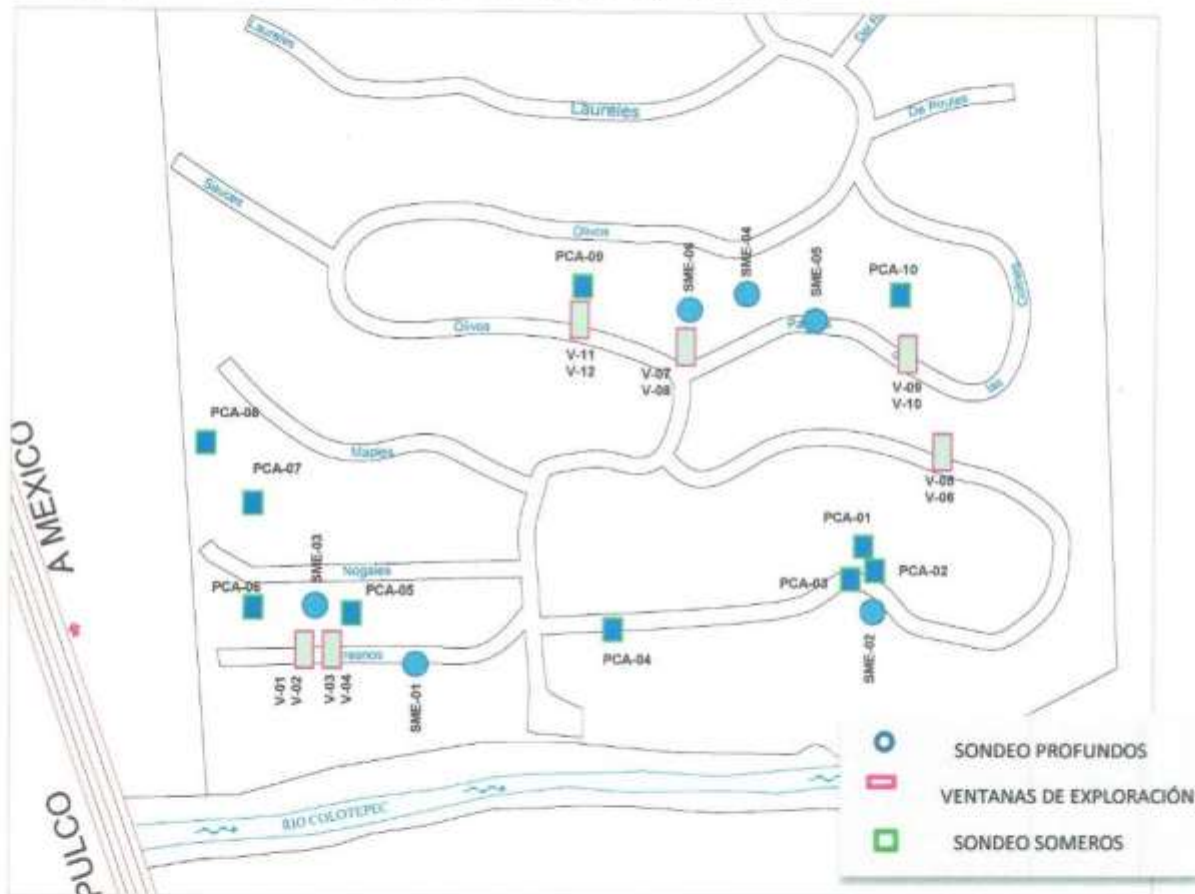


Figura 35 Distribución de los trabajos de campo.

Los trabajos iniciaron el día 21 de septiembre del 2017 acudiendo al sitio a realizar las diferentes actividades.

7.2 Exploración superficial (PCA)

PCA-01

Iniciando con el PCA-01 se excavó en la calle de Palmeras frente al no. 25 se observó un solo estrato de material limoso con presencia de raicillas de 0.90 m de hasta el final del sondeo debido a la presencia de una losa de concreto. No se detectó nivel freático ni oquedades.



Figura 36 Excavación PCA-01.

PCA-02

En este sondeo, PCA-02, en Palmeras 25, se observó un estrato de material limoso en estado semi compacto de 1.50 m de espesor, limitando la excavación del sondeo debido a la presencia de una losa de concreto. El pozo se excavó hasta 1.50 m y no se detectó nivel freático ni oquedades.

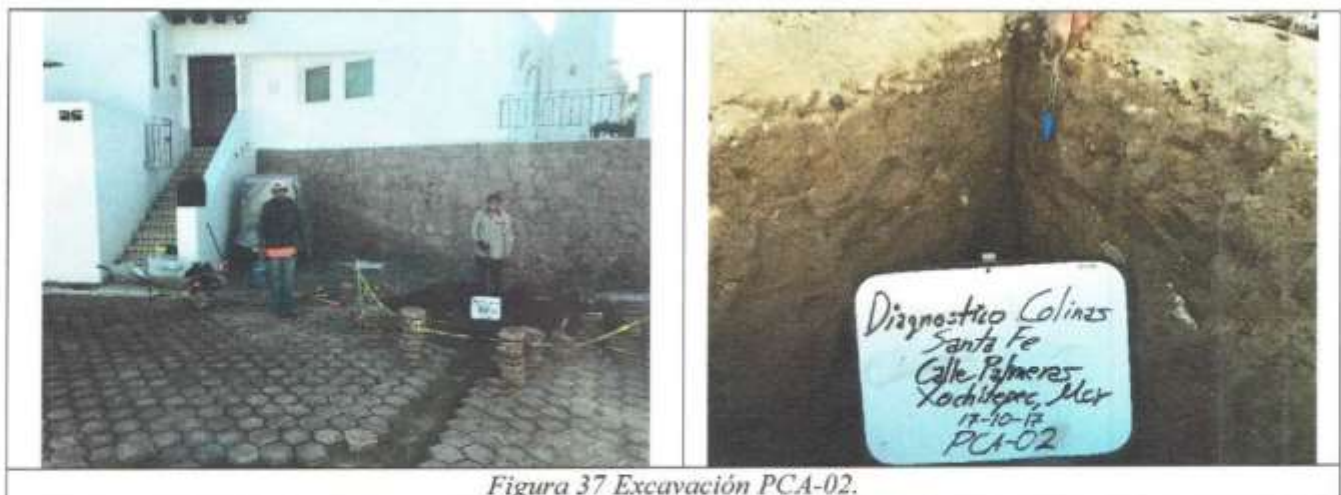


Figura 37 Excavación PCA-02.

PCA-03

En este sondeo, frente a Palmeras No. 30, se observaron las mismas características que el sondeo anterior mostrando un estrato de material limoso en estado semi compacto de 1.50 m de espesor. No se detectó nivel freático ni oquedades.



Figura 38 Excavación PCA-03.

PCA-04

En este sondeo, realizado en cochera de Palmeras no. 42, en la zona de fractura del terreno, se observó un material compuesto por limos plásticos en estado poco compacto de 1.20 m de espesor. No se detectó nivel freático ni oquedades.



Figura 39 Excavación PCA-04.

PCA-05

Sondeo excavado en Mza. 11 No. 6. Se observó en este sondeo un estrato superficial de limos con raicillas de color café oscuro de compacidad media de 0.50 m de espesor, posteriormente se ubicó un estrato de 0.70 m de espesor de arena fina color café claro en estado compacto, les subyace un estrato de arena limosa color gris claro en estado compacto hasta el final del sondeo que alcanzó 1.60 m de prof. No se detectó nivel freático.

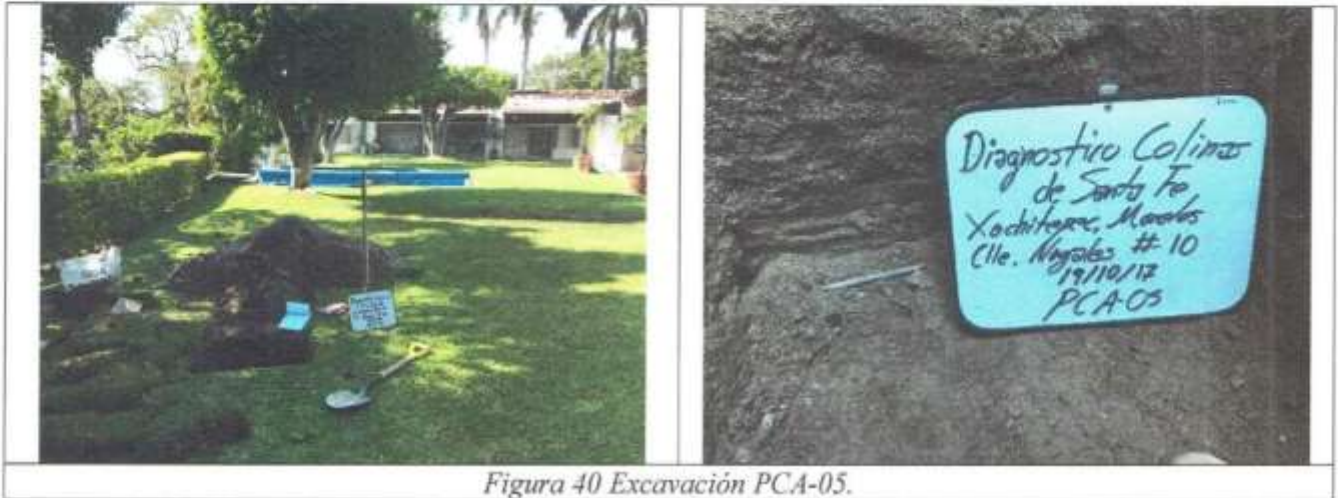


Figura 40 Excavación PCA-05.

PCA-06

Sondeo excavado en Mza. 11 No. 10. Se observó en este sondeo un estrato limo plástico con presencia de raíces y algunas de gravas. Color café oscuro hasta el final del sondeo que alcanzó 1.50 m de prof. No se detectó nivel freático.



Figura 41 Excavación PCA-06.

PCA-07

Sondeo excavado en Mza. 10. Se observó en este sondeo un estrato superficial de limos con raicillas de color café oscuro de compacidad media de 0.60 m de espesor, posteriormente se ubicó un estrato de 1.00 m de espesor de arena fina color café claro en estado compacto, les subyace un estrato de arena limosa color gris claro en estado compacto hasta el final del sondeo que alcanzó 1.60 m de prof. No se detectó nivel freático.



Figura 42 Excavación PCA-07.

PCA-08

Sondeo excavado en Mza. 10. Se observó en este sondeo un estrato superficial de limos con raicillas de color café oscuro de compacidad media de 0.60 m de espesor, posteriormente se ubicó un estrato de 0.90 m de espesor de arcilla color café grisáceo en estado compacto hasta el final del sondeo que alcanzó 1.50 m de prof. No se detectó nivel freático.



Figura 43 Excavación PCA-08.

PCA-09

Sondeo excavado en Manzana 16 entre olivos y paseo de colinas. En este sondeo se observó un estrato superficial de 0.20 m de material vegetal, posteriormente un estrato de relleno constituido por diferentes materiales de 0.30 m, posteriormente en variantes pequeñas se encuentran fragmentos de roca semiangulosos empacados en matriz arenosa con algo de cementación y muy compacto hasta el fondo del pozo que alcanzó 1.50 m de prof, sin detectarse nivel freático ni quequedades.



Figura 44 Excavación PCA-09.

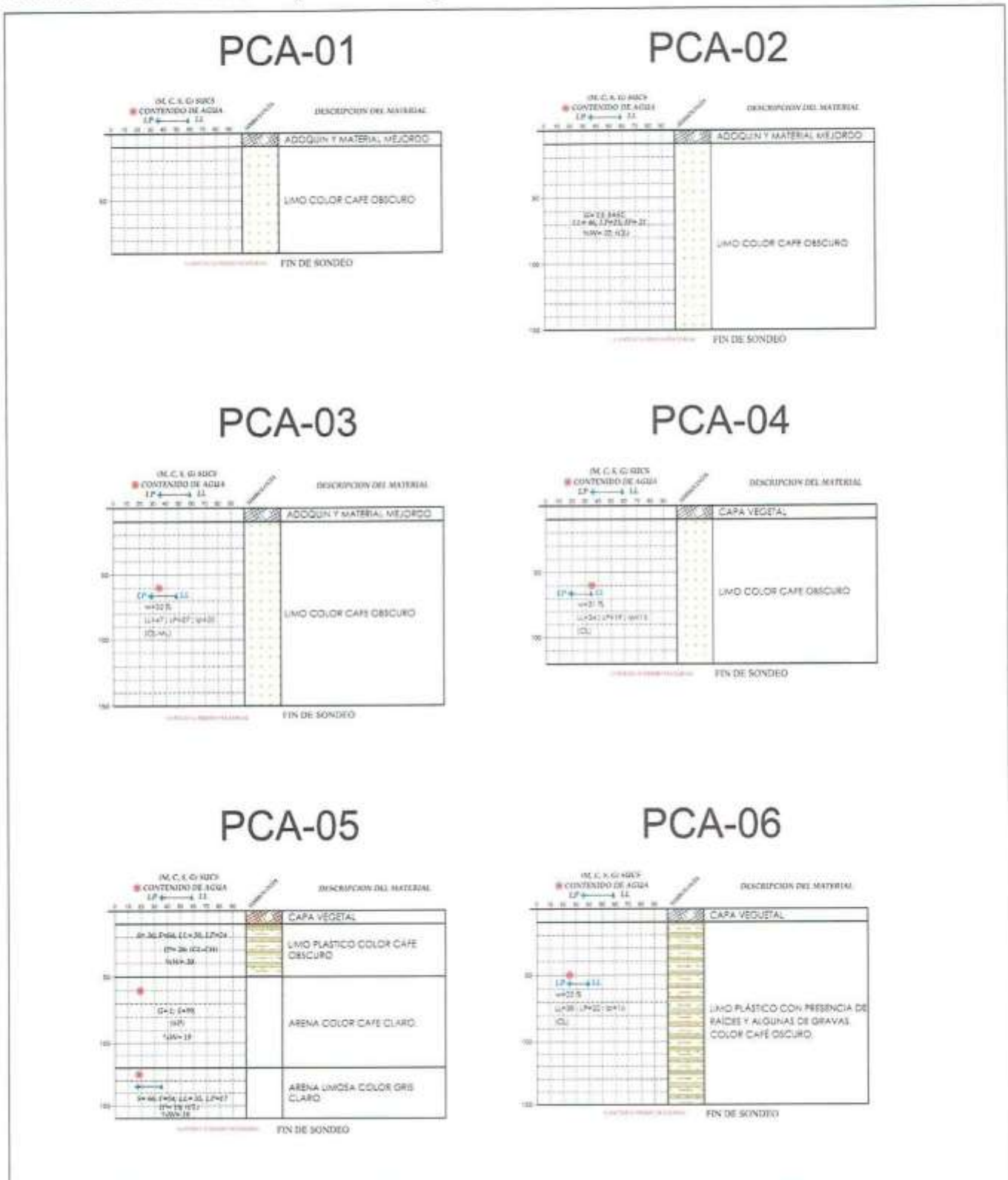
PCA-10

Sondeo excavado en Manzana 16 entre olivos y paseo de colinas. En este sondeo se observó un estrato superficial de 0.10 m de material vegetal, posteriormente un estrato de relleno constituido por diferentes materiales de 0.20 m, posteriormente en variantes pequeñas se encuentran fragmentos de roca semiangulosos empacados en matriz arenosa con algo de cementación y muy compacto hasta el fondo del pozo que alcanzó 0.80 m de prof., debido a que la alta dureza del material no permitió profundizar mas, sin detectarse nivel freático ni oquedades.



Figura 45 Excavación PCA-10.

Se muestran a continuación los perfiles estratigráficos.



PCA-07



PCA-08



PCA-09



PCA-10



Figura 46 Perfiles estratigráficos en PCA.

7.3 Exploración profunda (SME)

SME-01

Se realizó el primer sondeo mixto exploratorio (SME-01) en la cerrada fresnos observándose una secuencia de estrato delgados de alternancia de materiales de travertinos, limos y arenas compactas de 0.00 a 3.80 m de espesor, posteriormente se observó una costra dura de travertino de aprox. 0.60 m de espesor, debajo se ubicó un limo con arena color café claro en estado compacto hasta 6.70 m, posteriormente de 6.70 a 9.10 se observó un material de arcilla limosa poco compacto café oscuro, le subyace una arena fina de color gris oscuro hasta una profundidad de 10.30, profundidad hasta donde llegó el sondeo. No se detectó nivel freático ni oquedades.



Figura 47 Perforación de SME-01.

SME-02

El segundo sondeo (SME-02) se realizó sobre la calle Palmeras en el No. 20. En este sondeo se observó en la parte superficial un estrato de rellenos compactos compuesto por arenas con gravas de 0.60 m de espesor de resistencia muy baja, posteriormente se observa una secuencia de estratos delgados de travertinos, limos y arenas con un espesor de 2.40 m, continua la presencia de un limo con arena color café claro en estado de compacidad de baja a media hasta una profundidad de 11.40 m. Le subyace un estrato de arcilla limosa de compacidad baja hasta una profundidad de 14.40 m, descansando sobre un estrato de arena fina compacta de 0.60 m de espesor continuando a mayor profundidad, el sondeo se realizó hasta los 15.00 m y no se detectó nivel freático y algunas pequeñas oquedades propias de los travertinos.



Figura 48 Perforación de SME-02.

SME-03

En el tercer sondeo, que se realizó en la manzana 11, en la zona de jardines. Se observó un estrato de 0.60 m de espesor de material de relleno compuesto por arenas y gravas en estado poco compacto, posteriormente se ubica un estrato de arena limosa de compacidad media a baja hasta los 2.40 m, continua una secuencia de estratos delgados de travertinos, arenas y limos bien compactos hasta una profundidad de 6.00, posteriormente se ubica un estrato con predominancia de material arcilloso color café claro en estado compacto con presencia de lentes delgados de limos y carbonatos hasta los 7.80m, le sigue un estrato de 2.40 m de arena fina compacta color café oscuro y por último hasta el fondo de la exploración subyace un estrato de limos con arenas color café claro de consistencia media a baja hasta el fondo del sondeo que alcanzó los 11.40 m de prof. No se detectó nivel freático ni quequedades.



Figura 49 Perforación de SME-03.

SME-04

El cuarto sondeo se realizó en la zona de jardines de la manzana 16 en donde se ubica la mayor elevación de la calle paseo de las colinas. Debido a las limitantes de espacio para la introducción de equipo de exploración se realizó con un equipo pequeño llegando la exploración hasta 5.75 m. El primer estrato corresponde a una arena limosa de 2.40 m de espesor de compactidad media color gris claro, le sigue un estrato de arena con gravas compacto de 1.20 m de espesor, le subyace un material compuesto por fragmentos de roca andesítica subangulosos de diferentes tamaños empacados en una matriz arenosa muy compacto y con algo de cementación hasta el fin del sondeo. No se detectó nivel freático ni oquedades.



Figura 50 Perforación de SME-04.

SME-05

Este sondeo se realizó en la calle paseo de las colinas directamente debajo de la manzana 16. Se inició la exploración con avance lento para deslindar cualquier tipo de instalación subterránea hasta 1.40 m. Posteriormente se ubicó un material compuesto por fragmentos de roca medianos y chicos empacados en matriz areno limosa medianamente cementados muy compactos color gris claro hasta los 10.0 m de profundidad. No se detectó nivel freático ni oquedades.



Figura 51 Perforación de SME-05.

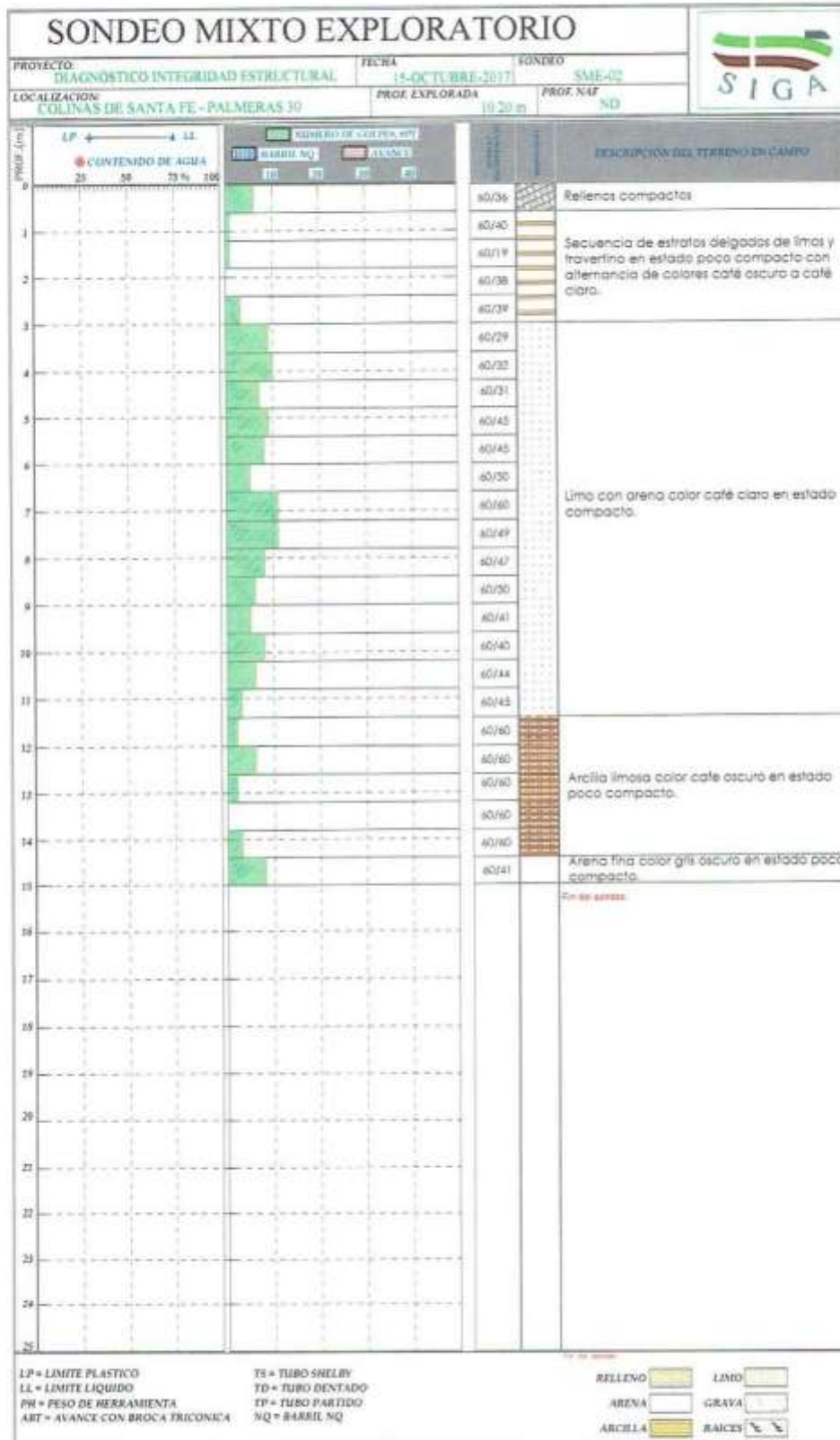
SME-06

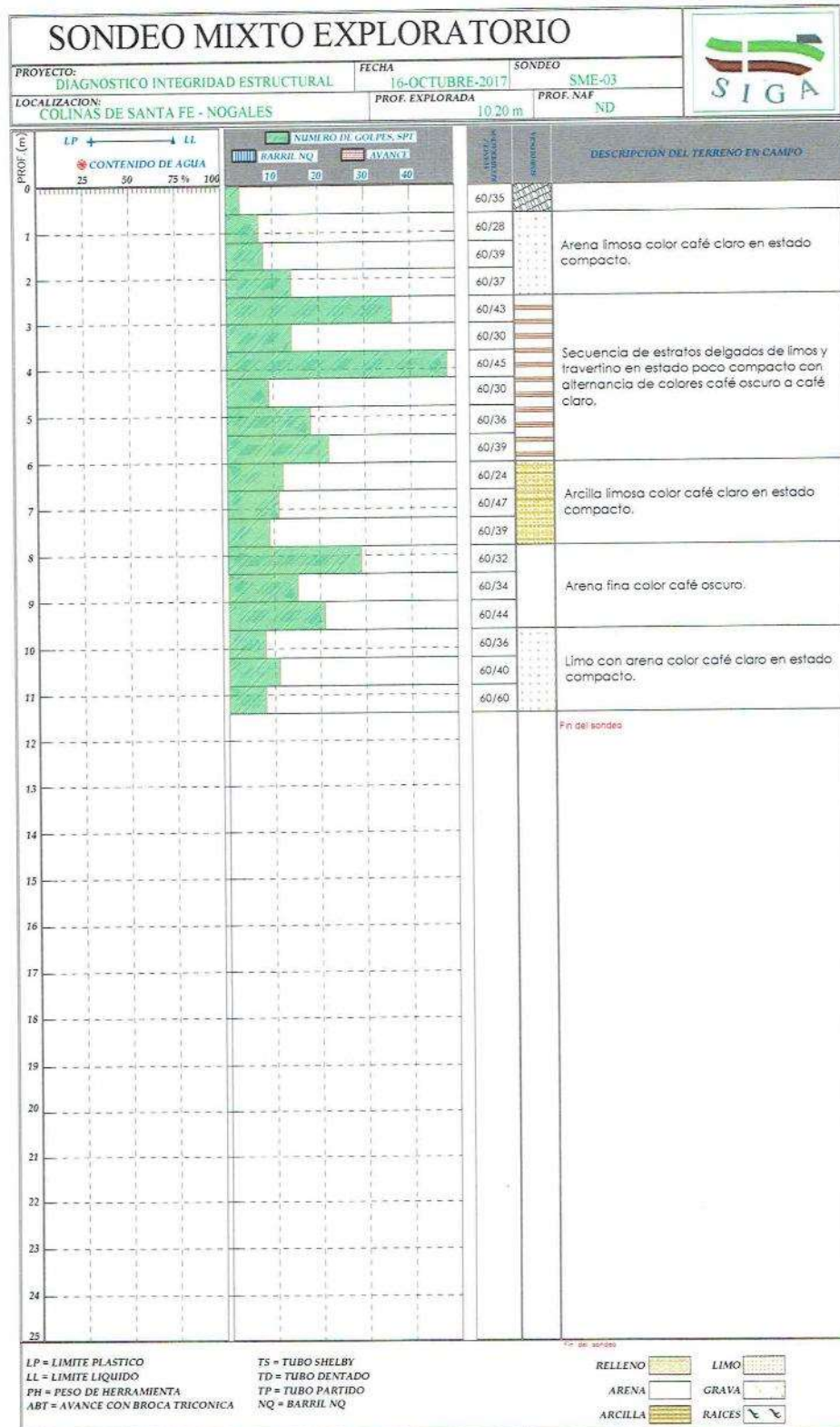
El sondeo 6 se realizó en la zona de jardín de la casa XX de la manzana 16. En este sondeo se observó un estrato superficial compuesto por arena limosa en estado poco compacto de 1.20 m de espesor, posteriormente se observó la presencia de material compuesto por arenas y gravas en estado compacto de 3.00 m de espesor. debajo un estrato delgado de 0.60 m de espesor de material limoso compacto, subyaciendo un estrato compuesto por fragmentos de roca medianos y chicos empacados en matriz areno limosa medianamente cementados muy compactos color gris claro. No se detectó nivel freático ni oquedades.



Figura 52 Perforación de SME-06.

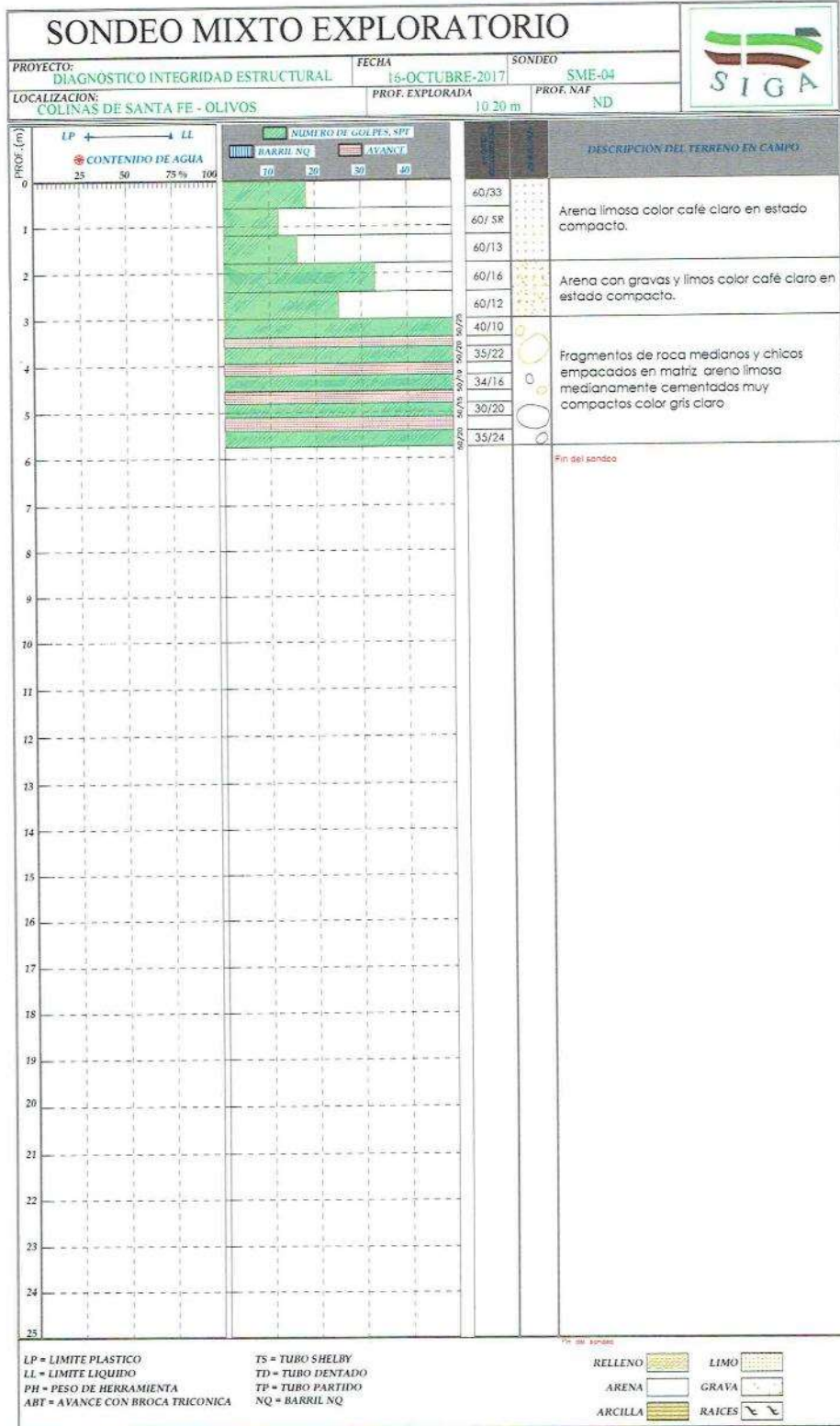
Se muestran a continuación los perfiles estratigráficos.

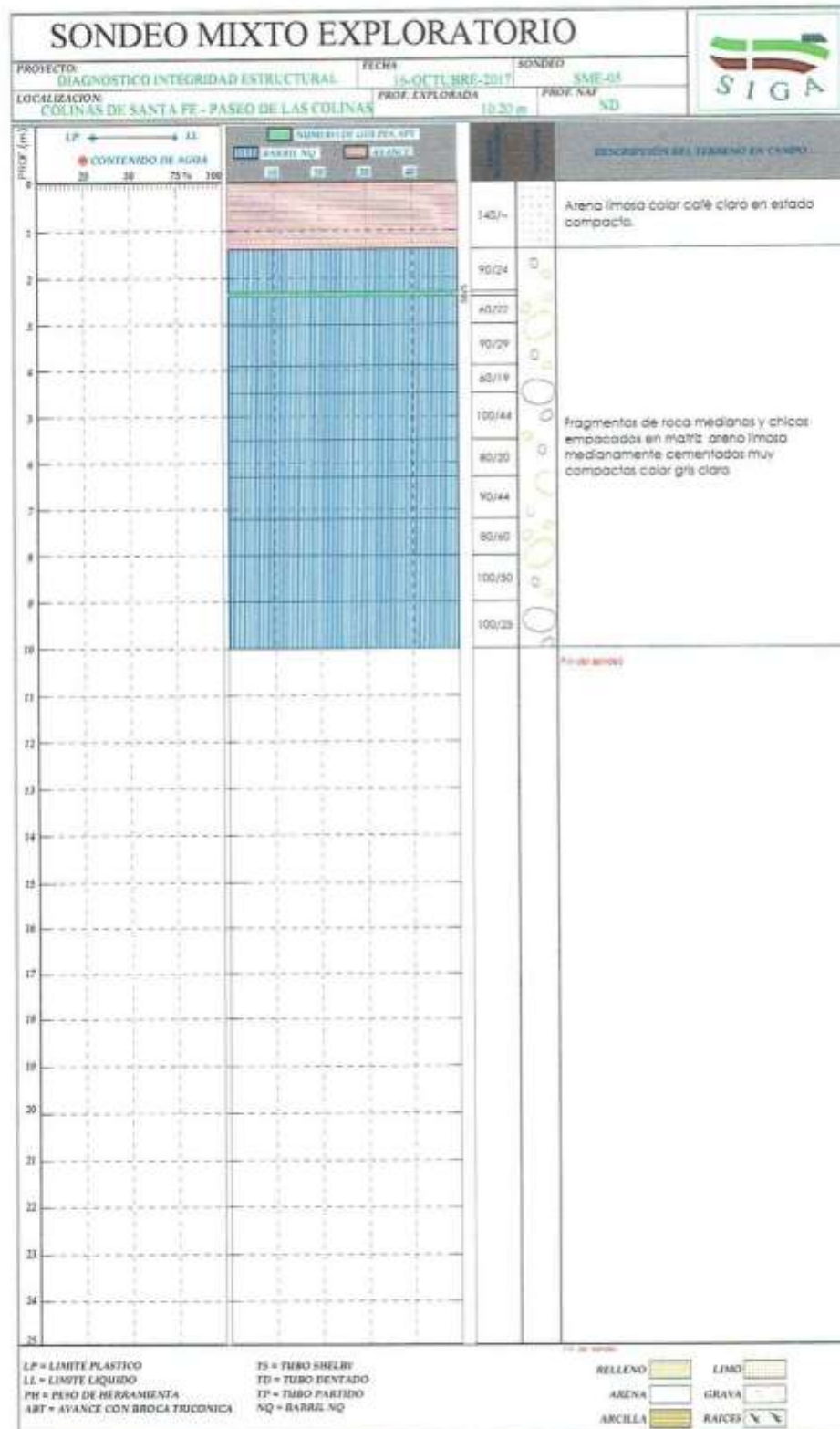


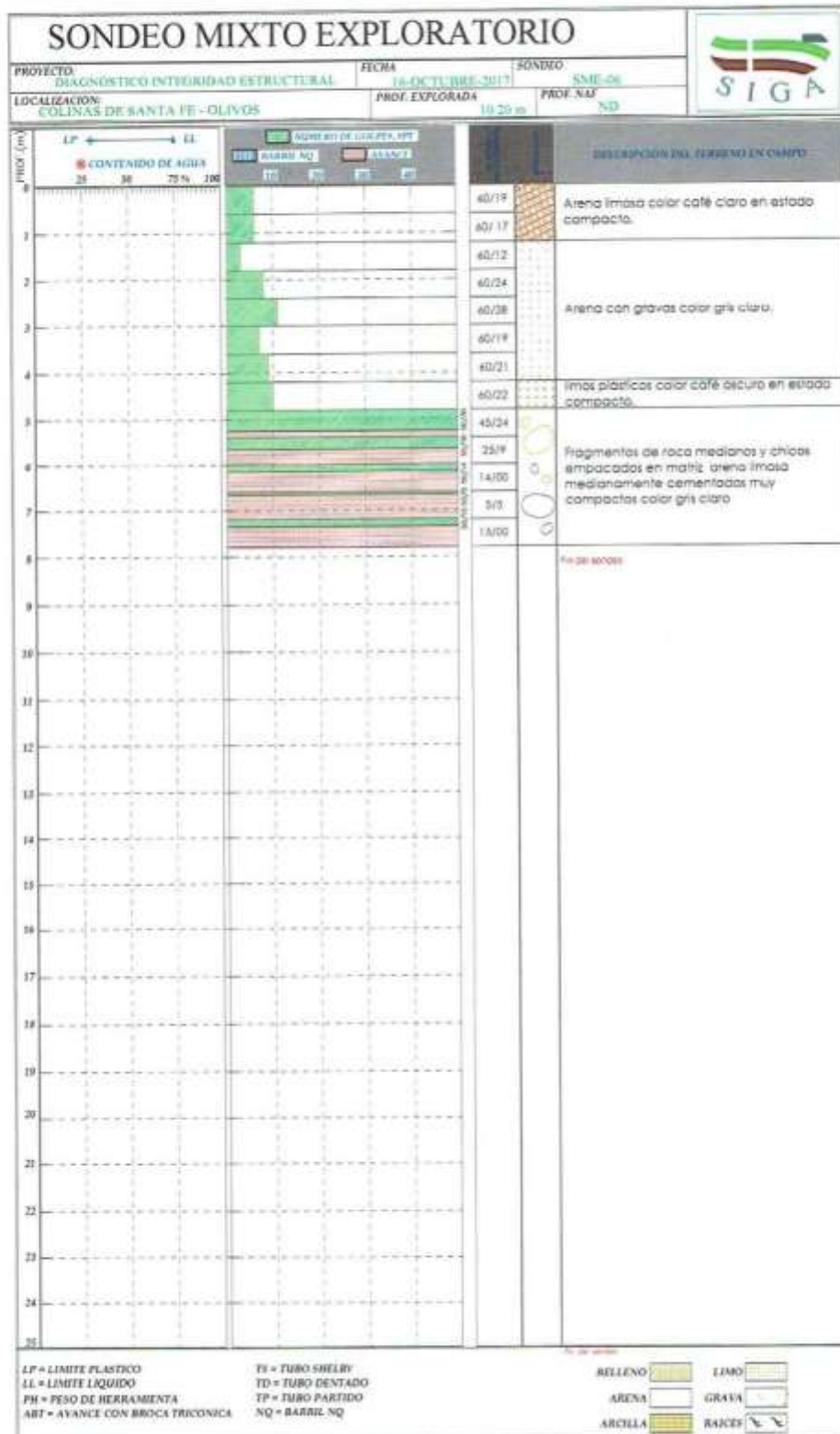




SERVICIOS DE INGENIERÍA Y GEOTECNIA APLICADA S.A. DE C.V.



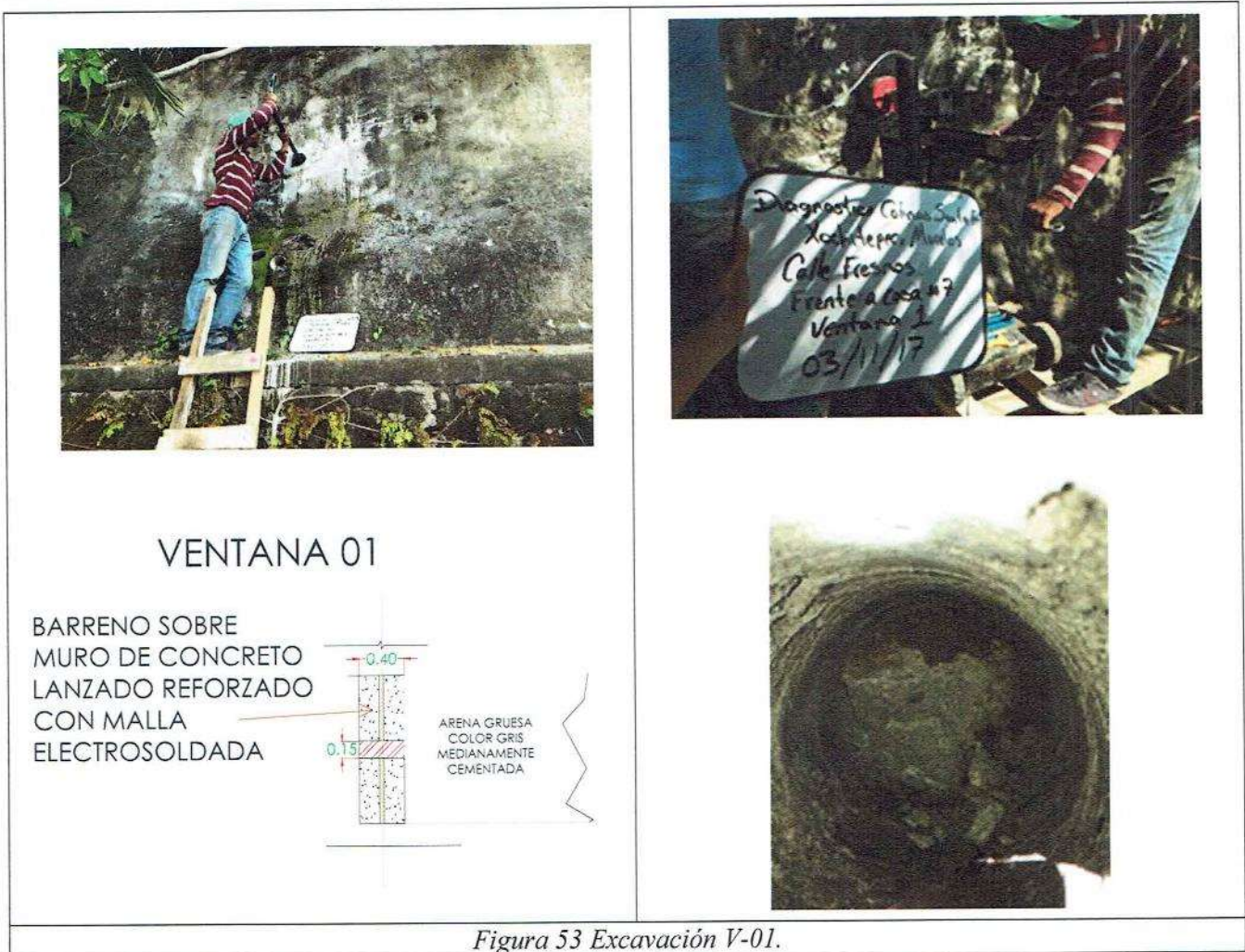




7.4 Ventanas de Exploración (V)

Ventana 01 (V-01)

La perforación de la "Ventana 1" se realizó a una altura de 4.30m y a una profundidad de 40cm, el muro perforado se componía de concreto lanzado y reforzado con malla electro soldada. Durante la extracción, el material perteneciente al muro se dividió en fragmentos de tamaño medio de entre 4" y 5". El material adyacente al muro se encontraba a 40 cm de profundidad y consistía en dos estratos, el superior de material Arcillo Arenoso color café oscuro y el inferior de Arena gruesa color gris medianamente cementada.



Ventana 02 (V-02)

La perforación de la “Ventana 2” se realizó a una altura de 1.60m y a una profundidad de 42 cm, el muro perforado se componía de mampostería de piedra rosa con un espesor de 42 cm. Durante la extracción, el material perteneciente al muro se dividió en fragmentos de tamaño grande de entre 7” y 8”. El material adyacente al muro se encontraba a 42 cm de profundidad y estaba constituido por 4 secciones; la parte superior e inferior se conformaban por material Arcillo Arenoso color café oscuro, la parte intermedia superior se conformaba por Arcilloso color café medianamente compactado y la parte intermedia inferior por material Arcilloso color café claro.



Figura 54 Excavación V-02.

Ventana 03 (V-03)

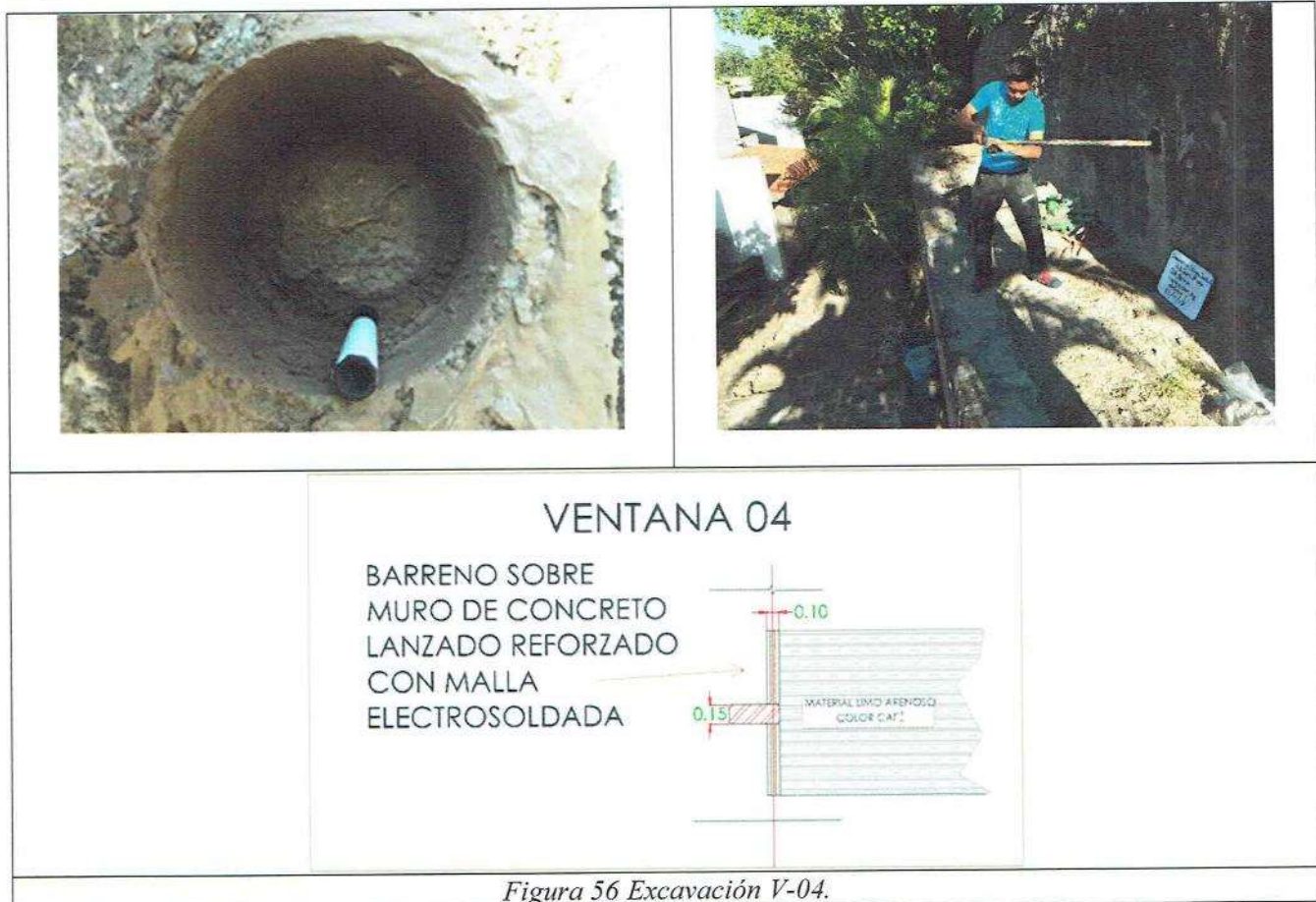
Las ventanas 3 y 4 se ubicaron en una sección de muro en la Calle “Fresnos” frente al domicilio con numero exterior #6. Posteriormente se procedió a la instalación de andamios tipo torre y el equipo de perforación, con todo lo necesario para su correcta ejecución.

La perforación de la “Ventana 3” se realizó a una altura de 2.80m y a una profundidad de 38 cm, el muro perforado se componía de mampostería de piedra rosa con un espesor de 38 cm. Durante la extracción, el material perteneciente al muro se dividió en dos fragmentos de tamaño grande de entre 12” y 14”. El material adyacente al muro se encontraba a 38 cm de profundidad y consistía en material Areno Limoso color café con presencia de gravas y cementado.



Ventana 04 (V-04)

La perforación de la “Ventana 4” se realizó a una altura de 4.80m y a una profundidad de 10 cm, el muro perforado se componía de concreto lanzado y reforzado con malla electro soldada. Durante la extracción, el material perteneciente al muro se dividió en fragmentos de tamaño medio de entre 3” y 8”. El material adyacente al muro se encontraba a 10 cm de profundidad y consistía en material Limo Arenoso color café



Ventana 05 (V-05)

Las ventanas 5 y 6 se ubicaron en una sección de muro en la Calle "Palmeras" frente a los domicilios con numero exterior #6 y #10 y. Posteriormente se procedió a la instalación de andamios tipo torre y el equipo de perforación, con todo lo necesario para su correcta ejecución

La perforación de la "Ventana 5" se realizó a una altura de 2.90m y a una profundidad de 45 cm, el muro perforado se componía de tabicón de 17 cm de ancho. Tras la extracción, el material perteneciente al muro permaneció íntegro. El material adyacente al muro se encontraba separado del muro 28 cm y posteriormente se encontraba material Arena Limoso color café oscuro cementado con presencia de gravas.

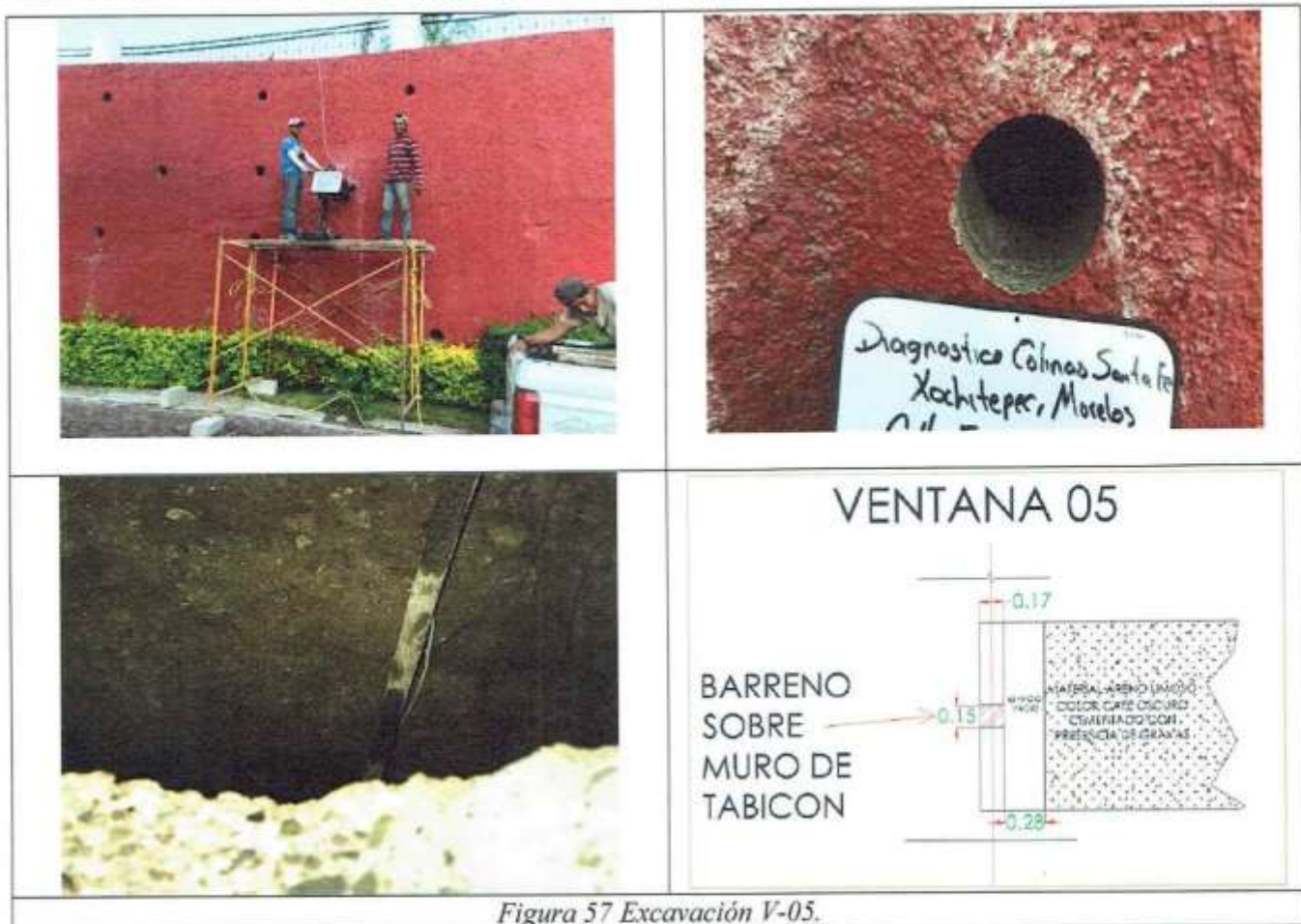


Figura 57 Excavación V-05.

Ventana 06 (V-06)

La perforación de la "Ventana 6" se realizó a una altura de 4.10m y a una profundidad de 45 cm, el muro perforado se componía de tabicón de 17 cm de ancho. Tras la extracción, el material perteneciente al muro permaneció íntegro. El material adyacente al muro se encontraba separado del muro 28 cm por un vacío, posteriormente se encontraba material Arena Limoso color café oscuro cementado con presencia de gravas entre 1" y 2".

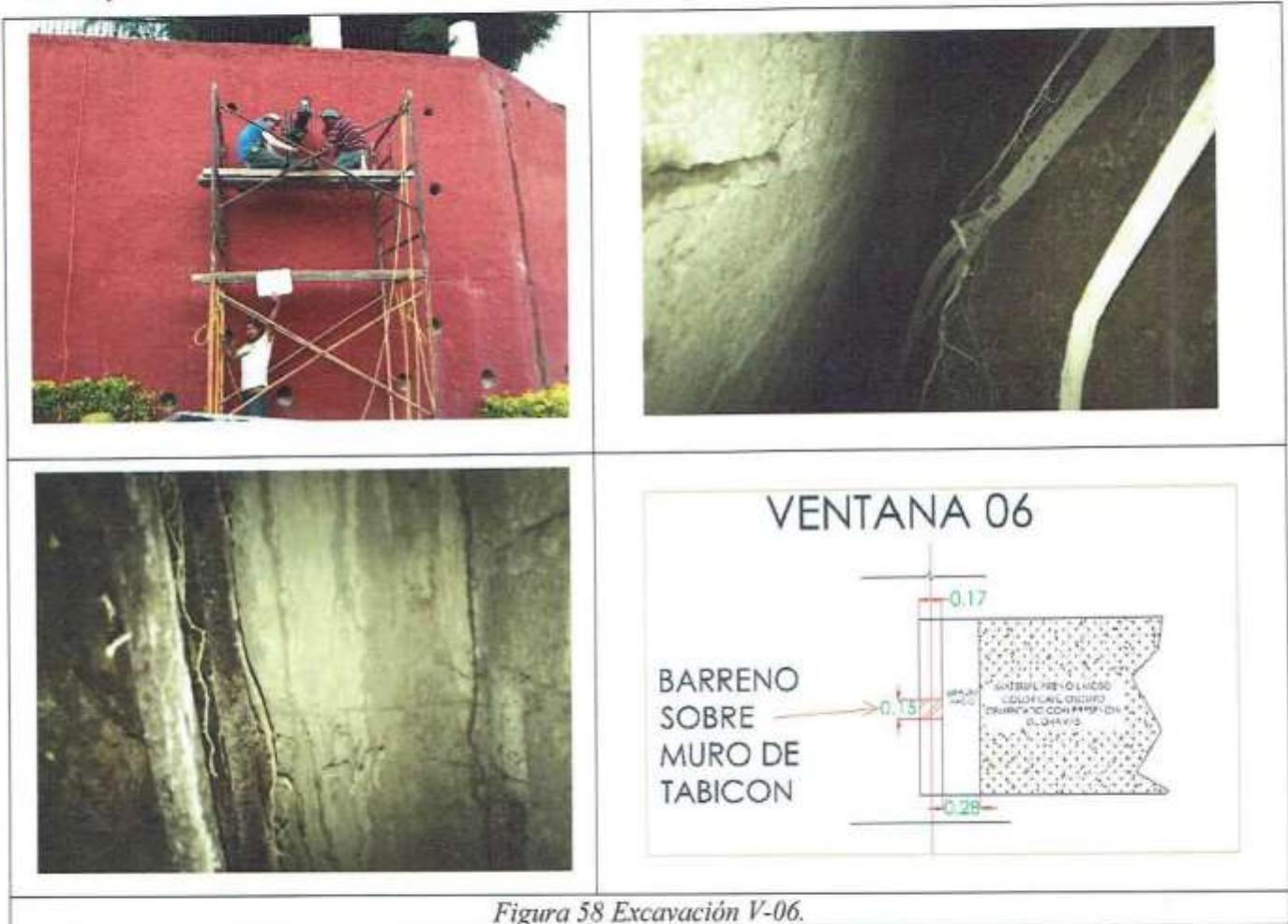


Figura 58 Excavación V-06.

Ventana 07 (V-07)

Las ventanas 7 y 8 se ubicaron en una sección de muro en la Calle "Paseo de las colinas" frente al domicilio con numero exterior #64. Posteriormente se procedió a la instalación de andamios tipo torre y el equipo de perforación, con todo lo necesario para su correcta ejecución.

La perforación de la "Ventana 7" se realizó a una altura de 3.60m y a una profundidad de 12 cm, el muro perforado se componía de block de 12 cm de ancho. Tras la extracción, el material perteneciente al muro permaneció íntegro. El material adyacente al muro se encontraba a 12 cm de profundidad y consistía en arcilla arenosa color café con alta presencia de fragmentos de roca mayores a 10" ..



Figura 59 Excavación V-07.

Ventana 08 (V-08)

La perforación de la "Ventana 8" se realizó a una altura de 1.60m y a una profundidad de 40 cm, el muro perforado se componía de block de 12 cm de ancho. Tras la extracción, el material perteneciente al muro permaneció íntegro. El material adyacente al muro se encontraba a 12 cm de profundidad y consistía en suelo cemento con presencia de gravas.

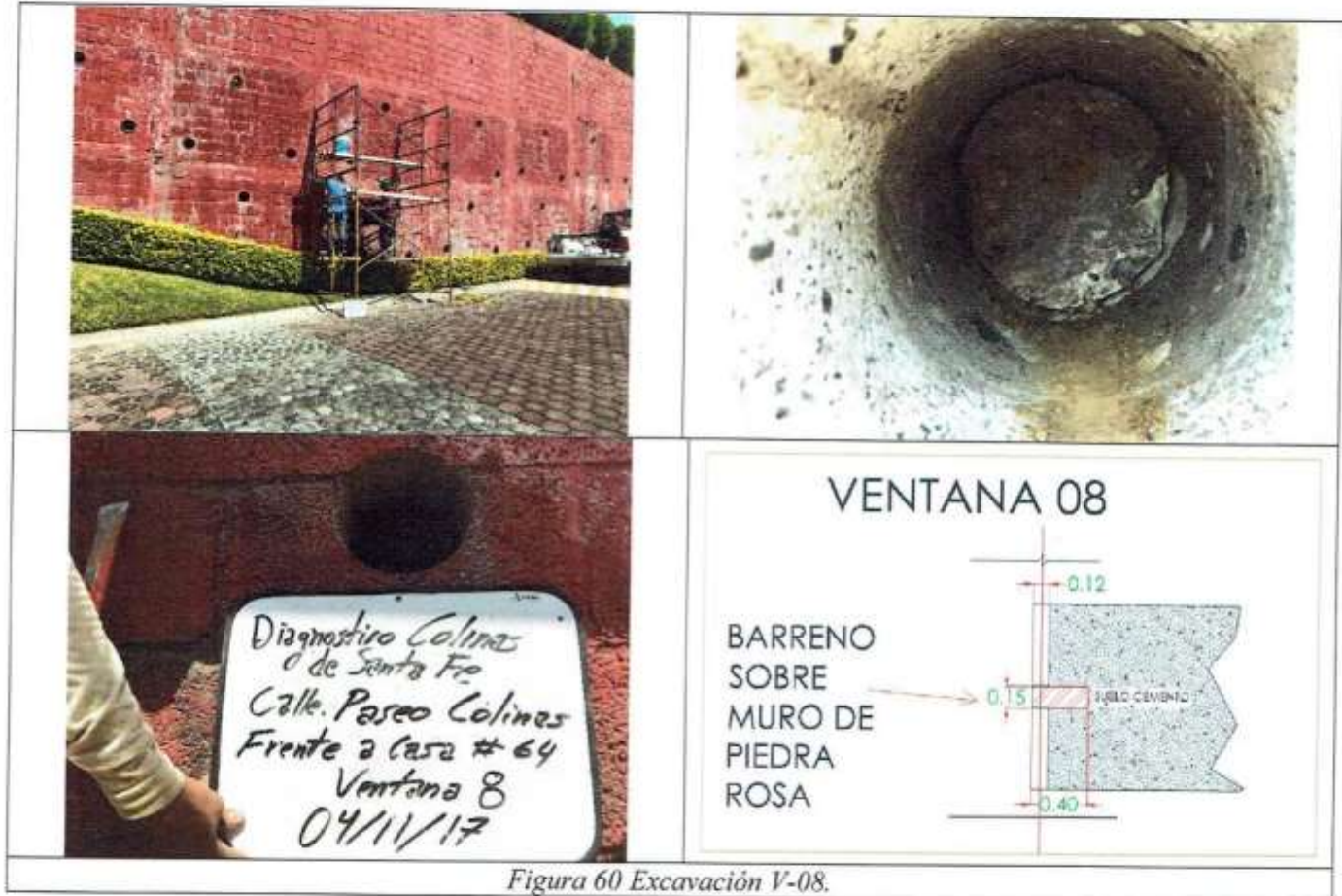


Figura 60 Excavación V-08.

Ventana 09 (V-09)

Las ventanas 9 y 10 se ubicaron en una sección de muro en la Calle "Paseo de las colinas" frente al domicilio con numero exterior #60. Posteriormente se procedió a la instalación de andamios tipo torre y el equipo de perforación, con todo lo necesario para su correcta ejecución

La perforación de la "Ventana 9" se realizó a una altura de 3.90m y a una profundidad de 48 cm, el muro perforado se componía de mampostería de piedra rosa con un espesor de 30 cm. Durante la extracción, el material perteneciente al muro se dividió en varios fragmentos de tamaño mediano de entre 5" y 6". El material adyacente al muro se encontraba a 48 cm de profundidad y consistía en material Areno Limoso color café claro con presencia de gravas y cementado.



VENTANA 09

BARRENO
SOBRE
MURO DE
PIEDRA
ROSA



Figura 61 Excavación V-09.

Ventana 10 (V-10)

La perforación de la "Ventana 10" se realizó a una altura de 2.20m y a una profundidad de 48 cm, el muro perforado se componía de mampostería de piedra rosa con un espesor de 30 cm. Durante la extracción, el material perteneciente al muro se dividió en varios fragmentos de tamaño mediano de entre 5" y 6". El material adyacente al muro se encontraba a 48 cm de profundidad y consistía en material Areno Limoso color café claro, cementado.



VENTANA 10

BARRENO
 SOBRE
 MURO DE
 PIEDRA
 ROSA



Figura 62 Excavación V-10.

Ventana 11 (V-11)

Las ventanas 11 y 12 se ubicaron en una sección de muro en la Calle “Olivos” frente al domicilio con numero exterior #43. Posteriormente se procedió a la instalación de andamios tipo torre y el equipo de perforación, con todo lo necesario para su correcta ejecución

La perforación de la “Ventana 11” se realizó a una altura de 4.40m y a una profundidad de 30 cm, el muro perforado se componía de mampostería de piedra rosa con un espesor de 30 cm. Durante la extracción, el material perteneciente al muro se dividió en varios fragmentos de tamaño mediano de entre 8” y 10”.

El material adyacente al muro se encontraba separado del muro 60 cm por un vacío, posteriormente se encontraba material Cementado (Suelo Cemento) color café claro. (No se pudo extraer material de referencia).



Figura 63 Excavación V-11.

Ventana 12 (V-12)

La perforación de la “Ventana 12” se realizó a una altura de 2.20m y a una profundidad de 38 cm, el muro perforado se componía de mampostería de piedra rosa con un espesor de 38 cm. Durante la extracción, el material perteneciente al muro se dividió en varios fragmentos de tamaño mediano de entre 10” y 11”. El material adyacente al muro de encontraba a 38 cm de profundidad y consistía en material Areno Arcilloso cementado, (Suelo Cemento).



Figura 64 Excavación V-12.

7.5 Trabajos de laboratorio.

Con el conjunto de muestras tomadas en campo se decidió caracterizar todas las muestras de los PCA's y la más representativas del sondeo profundo.

De acuerdo con lo solicitado en el proyecto, a las muestras se les realizaron las pruebas para obtener sus propiedades índice y clasificación SUCS, para lo cual se realizaron las siguientes pruebas:

- Contenido de agua natural
- Peso volumétrico natural
- Límites de consistencia
 - Líquido
 - Plástico
- Clasificación reconstituida.

Con base en la información obtenida de las pruebas se realizó la clasificación según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

A continuación se presenta un resumen con los resultados de laboratorio. El detalle de estas pruebas se presenta en el Anexo A de este mismo informe.

Tabla 1. Propiedades índice

REPORTE No. LACE-17-131		PROFUNDIDAD		ENSAYE	w _{nat}	G	A	F	LL	LP	Ip	CL	Clasificación SUCS
SONDEO	MUESTRA	DESDE	HASTA										
PCA-02	M-01	0.10-0.50	1-17-100	37.41	-	34%	66%	46	25	21	10%	LIMO ARCILLOSO DE PLASTICIDAD MEDIA COLOR GRIS Y DUREZA MEDIA EN ESTADO SECO. (CL)	
PCA-03	M-01	0.0-1.50	1-17-118	31.71	-	39%	61%	47	27	20	7%	LIMO ARCILLOSO DE PLASTICIDAD MEDIA COLOR GRIS Y DUREZA MEDIA EN ESTADO SECO. (CL-ML)	
PCA-04	M-01	0.10-1.30	1-17-119	30.50	-	40%	60%	34	19	15	2%	LIMO ARCILLOSO DE PLASTICIDAD MEDIA COLOR GRIS Y DUREZA MEDIA EN ESTADO SECO. (CL)	
PCA-05	M-01	0-10 - 0.50	1-17-101	30.07	-	36.35	63.66	50	24	26	10%	LIMO ARCILLOSO DE PLASTICIDAD MEDIA COLOR GRIS Y DUREZA MEDIA EN ESTADO SECO. (CL-CH)	
PCA-05	M-02	0-50 - 1.20	1-17-102	19.45	0.98	98.65	0.35	NP	NP	NP	-	ARENA MAL GRADUADA CON POCOS FINOS NO PLASTICOS (SP)	
PCA-05	M-03	1.20 - 1.60	1-17-103	17.50	-	65.88	34.12	35	17	19	4%	ARENA LIMOSA LIMO DE PLASTICIDAD MEDIA COLOR GRIS CLARO DE RESISTENCIA MEDIA EN ESTADO SECO. (CL)	
PCA-06	M-01	0.10-1.50	1-17-120	22.79	-	47%	53%	38	22	16	2%	LIMO ARCILLOSO DE PLASTICIDAD MEDIA COLOR GRIS Y DUREZA MEDIA EN ESTADO SECO. (CL)	
PCA-07	M-01	0.10 - 0.60	1-17-104	30.04	-	13.60	86.41	63	19	44	10%	ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD DE COLOR GRIS CLARO DE DUREZA ALTA EN ESTADO SECO. (CH)	
PCA-07	M-02	0.60 - 1.60	1-17-105	25.24	-	51.72	48.29	34	21	12	10%	ARENA LIMOSA DE PLASTICIDAD MEDIA Y DUREZA MEDIA EN ESTADO SECO. (CL)	
PCA-08	M-01	0.10 - 0.60	1-17-116	36.20	-	14.32	85.69	67	23	43	10%	ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD DE COLOR GRIS CLARO DE DUREZA ALTA EN ESTADO SECO. (CH)	
PCA-08	M-02	0.60 - 1.50	1-17-117	36.49	-	4.79	95.22	75	27	49	10%	ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD COLOR CAFÉ GRISÁCEO DE DUREZA ALTA EN ESTADO SECO. (CH)	
PCA-09	M-01	0.20 - 0.50	1-17-106	19.90	31.60	68.16	0.15	35	18	17	6%	ARENA CON GRAVAS MAL GRADUADA CON POCOS FINOS DE PLASTICIDAD MEDIA. (SP)	
PCA-09	M-02	0-50 - 0.60	1-17-107	13.12	23.78	75.55	0.40	NP	NP	NP	-	ARENA CON GRAVAS MAL GRADUADA CON POCOS FINOS NO PLASTICOS. (SP)	
PCA-09	M-03	0.60 - 1.30	1-17-108	15.37	33.69	65.73	0.37	NP	NP	NP	-	ARENA CON GRAVAS MAL GRADUADA CON POCOS FINOS NO PLASTICOS. (SP)	
PCA-09	M-04	1.30 - 1.50	1-17-109	13.67	25.15	73.97	0.62	NP	NP	NP	-	ARENA CON GRAVAS MAL GRADUADA CON POCOS FINOS NO PLASTICOS. (SP)	
PCA-10	M-01	0.15 - 0.30	1-17-110	8.62	35.61	62.46	1.47	NP	NP	NP	-	ARENA CON GRAVAS MAL GRADUADA CON POCOS FINOS NO PLASTICOS. (SP)	
PCA-10	M-02	0.30 - 0.35	1-17-111	15.16	37.03	61.84	0.99	29	19	10	7%	ARENA CON GRAVAS BIEN GRADUADA CON POCA CANTIDAD DE FINOS DE PLASTICIDAD MEDIA. (SW)	
PCA-10	M-03	0.35 - 0.55	1-17-112	16.85	30.69	68.59	0.65	NP	NP	NP	-	ARENA CON GRAVAS MAL GRADUADA CON POCOS FINOS NO PLASTICOS. (SP)	
PCA-10	M-04	0.55 - 0.85	1-17-113	16.28	54.83	44.81	0.26	35	23	11	4%	GRAVA BIEN GRADUADA CON POCA CANTIDAD DE FINOS DE BAJA PLASTICIDAD. (GW)	
V-02	M-01	-	1-17-114	42.98	-	37.57	62.43	64	33	31	9%	LIMO ARCILLOSO DE ALTA PLASTICIDAD COLOR GRIS CLARO Y RESISTENCIA MEDIA EN ESTADO SECO. (MH)	
V-04	M-01	-	1-17-115	25.37	-	40.43	59.57	38	22	16	5%	LIMO ARCILLOSO COLOR GRIS CLARO DE MEDIANA PLASTICIDAD EN ESTADO SECO. (CL)	

8. TRABAJOS DE GABINETE.

El terreno estudiado presenta estratos con características completamente diferentes siendo el material superficial de calidad deleznable, el estrato intermedio de limo arcilloso también de propiedades no recomendables y el estrato inferior correspondiente a una toba de matriz areno limosa de compacta y algo cementada.

Los parámetros mecánicos del material sobre el cual se pretende desplantar la estructura, en este caso el limo arcilloso, serán obtenidos mediante pruebas de laboratorio de campo y ensayos del laboratorio.

Para fines de este trabajo, se realizó el análisis de la capacidad de carga para una cimentación tipo, losa de cimentación.

8.1 Análisis de Capacidad de Carga.

La revisión de la capacidad de carga de la cimentación propuesta para la obra en cuestión se hizo de acuerdo con la teoría corregida de Meyerhof. A continuación se presenta el detalle del análisis.

Para el cálculo de la capacidad de carga se requieren obtener los parámetros mecánicos (*Cohesión aparente "c" y Ángulo de fricción interna "φ"*) del material a utilizar. De los resultados de campo, pruebas de laboratorio y observaciones adicionales se obtuvieron los siguientes parámetros y cuya descripción se incluye en el anexo de ensayos de Laboratorio.

- **Características de la cimentación propuesta**

A continuación se presenta el análisis para determinar la capacidad de carga de la cimentación inicial propuesta.

Ancho de losa, $B = 6.0$ m

Largo de Losa $L = 5.0$ m

Profundidad de desplante, $D_f = 1.0$ m

Los parámetros mecánicos son los siguientes:

Cohesión, $c = 0.20$ kg/cm²

Ángulo de fricción interna, $\phi = 25^\circ$

Peso volumétrico natural, $\gamma_{nat} = 0.00176$ kg/cm³

- **Análisis de capacidad de carga para el caso de rellenos granulares**

De acuerdo con la teoría de Terzaghi, Meyerhof (1963) propone una modificación a la ecuación general de capacidad de carga última para distintos materiales y el caso de un cimiento tipo zapata de base rugosa, quedando de la siguiente manera:

$$ec. 1 \quad q_u = [cN_c s_c d_c + \gamma_1 D_f N_q s_q d_q + \frac{1}{2} \gamma_2 B N_\gamma s_\gamma d_\gamma]$$

donde:

γ_{nat} peso volumétrico del suelo, kg/cm³

D_f profundidad de desplante, en cm

B ancho de la cimentación, cm

L longitud de la cimentación

N_c coeficiente de capacidad de carga dado por:

ec. 2

$$N_c = (N_q - 1) / \tan \phi$$

N_q coeficiente de capacidad de carga dado por:

ec. 3

$$N_q = \exp[\pi \tan \phi] \tan^2(45 + \phi/2)$$

N_γ coeficiente de capacidad de carga dado por:

ec. 4

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4 \cdot \phi)$$

donde ϕ es el ángulo con la horizontal de la envolvente de los círculos de Mohr, llamado también ángulo de fricción interna.

ec. 5

cualquier ϕ

$$s_c = 1 + 0.2 \frac{B}{L}$$

ec. 6

$\phi > 10^\circ$

$$s_q = s_\gamma = 1 + 0.1 K_p \frac{B}{L}$$

ec. 7

$\phi = 0$

$$s_q = s_\gamma = 1$$

ec. 8

cualquier ϕ

$$d_c = 1 + 0.2 \sqrt{K_p} \frac{D_f}{B}$$

ec. 9

$\phi > 10^\circ$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \sqrt{K_p} \frac{D_f}{B}$$

ec. 10

$\phi = 0$

$$s_q = s_\gamma = 1$$

En la ec. 1, el primer término es la aportación a la capacidad de carga dada por la cohesión del suelo (c).

El segundo término se refiere al efecto del terreno sobre la base del cimiento que, se supone, produce sólo un efecto que puede representarse por una sobrecarga (igual a $\gamma_{\text{mnat}} D_f$) que actúa precisamente en un plano horizontal que pasa sobre la base del cimiento, en donde γ_{mnat} es el peso volumétrico del suelo. El tercer término de la ec. 1 se refiere a la resistencia al esfuerzo cortante debajo de la cimentación, generada por el peso del suelo.

Debe considerarse también que la ec. 1 es aplicable para fallas del suelo de tipo *general*, es decir, aquella en la que, en el instante de la falla, toda la longitud de la superficie de la falla trabaja al esfuerzo límite; sin embargo, existen casos en los que la falla ocurre antes, a carga menor, por haberse alcanzado un nivel de asentamiento en el cimiento que, para fines prácticos, equivale a la falla del mismo. Este último tipo de falla es denominado como *local*.

Para obtener la capacidad de carga última con respecto a la falla *local* de un modo razonablemente aproximado para fines prácticos, Terzaghi corrigió su teoría de un modo sencillo introduciendo nuevos valores de c y ϕ para efectos de cálculo; así trabaja con

ec. 11

$$c' = \frac{2}{3}c$$

y

ec. 12

$$\tan \phi' = \frac{2}{3} \tan \phi$$

De acuerdo con lo anterior y considerando que se presente la falla local:

$$c = c' = 0.13 \text{ kg/cm}^2 \text{ y } \phi = \phi' = 17^\circ$$

Con estos valores se determina ahora la capacidad de carga última considerando al material puramente cohesivo queda de la siguiente manera;

$$q_u = \underline{3.27 \text{ kg/cm}^2} = \underline{32.70 \text{ Ton/m}^2}$$

Que es la presión máxima que el suelo puede soportar para una cimentación con las características mencionadas.

La capacidad de carga admisible (q_a) puede determinarse considerando un factor de seguridad (FS) adecuado para el tipo de obra en cuestión, con la ecuación siguiente:

ec. 13

$$q_a = \frac{q_u}{F.S.}$$

Aplicando el concepto de factor de seguridad que para este tipo de obra es comúnmente establecido en $FS = 3$, entonces:

$$q_{adm} = \underline{1.09 \text{ kg/cm}^2} = \underline{10.90 \text{ Ton/m}^2}$$

A continuación se presentan las conclusiones del análisis realizado y las recomendaciones para la cimentación propuesta.

8.2 Análisis de Estabilidad de Taludes.

Se analizarán los factores de seguridad de los diferentes taludes ante las sollicitaciones externas y las variantes de cada material para determinar de manera numérica el factor de seguridad en las zonas críticas y determinar las alternativas de estabilización más económicas y prácticas según el talud que corresponda, si es que dichas zonas no se encuentran actualmente en equilibrio.

Se analizará en primer lugar es sistema en las condiciones geométricas actuales, revisando los factores de seguridad para los posibles escenarios a presentarse y que son; condiciones de material seco (época de estiaje) y con material saturado (época de lluvias).

El análisis se llevará a cabo para determinar el comportamiento del conjunto ante estas sollicitaciones y con geometrías actuales. En caso de obtenerse factores de seguridad satisfactorios se procederá a realizar las recomendaciones pertinentes encaminadas a proteger dichos taludes; en tanto que si los resultados no son satisfactorios, se realizarán los análisis adicionales para establecer la mejor alternativa de solución para lograr taludes estables de acuerdo a las necesidades del proyecto.

En el modelo, el problema se describe a partir de los siguientes datos:

- Información topográfica.

- Perfil estratigráfico.
- Parámetros geomecánicos de suelos que forman el talud.
- Información de los círculos de falla potencial.

El análisis se realizó de acuerdo con el método simplificado de Bishop para calcular el Factor de Seguridad más crítico, considerando superficies de falla circulares.

Descripción de la metodología empleada.

El análisis de estabilidad de taludes se realizó implementando el modelo numérico denominado GEO5 que permite configurar estratigrafías complejas para determinar el factor de seguridad (FS) más crítico aplicando las metodologías de Bishop, Fellenius / Petterson, Spencer, Janbu y Morgenstern-Price.

Se revisarán las zonas más críticas para definir el factor de seguridad que guardan y podes establecer si se requiere algún trabajo de refuerzo adicional o las condiciones actuales permiten el equilibrio.

8.2.1 Análisis de estabilidad de Talud crítico en Manzana 16

Con los resultados de la exploración y los levantamientos de las condiciones de los diversos taludes se procedió en primer lugar a analizar el talud de la manzana 16. Se integró un modelo numérico del terreno de acuerdo a la siguiente figura para realizar el análisis de la estabilidad bajo los criterios de diversas teorías, siendo la de BISHOP la mas ampliamente usada y que para efectos prácticos se expone en cada gráfica de resultados; sin embargo, en los anexos correspondientes se anexan los resultados de todos los métodos empleados (Bishop, Fellenius / Petterson, Spencer, Janbu, Morgenstern-Price)

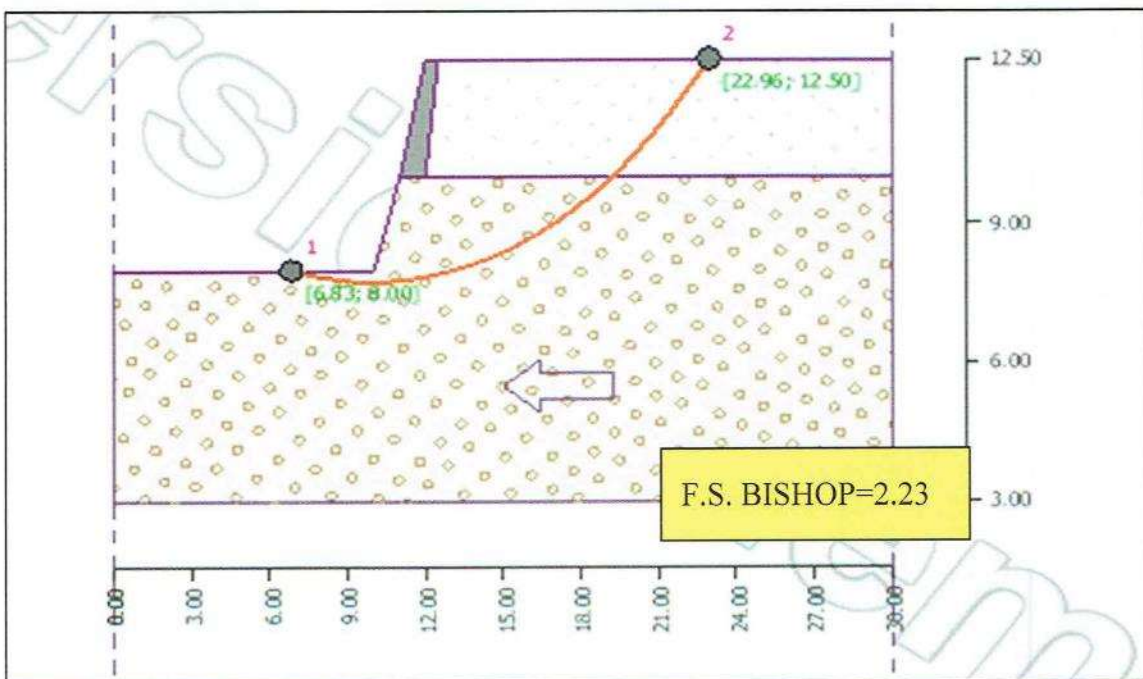


Figura 65 Estabilidad aceptable de talud en Manzana 16 condiciones estáticas.

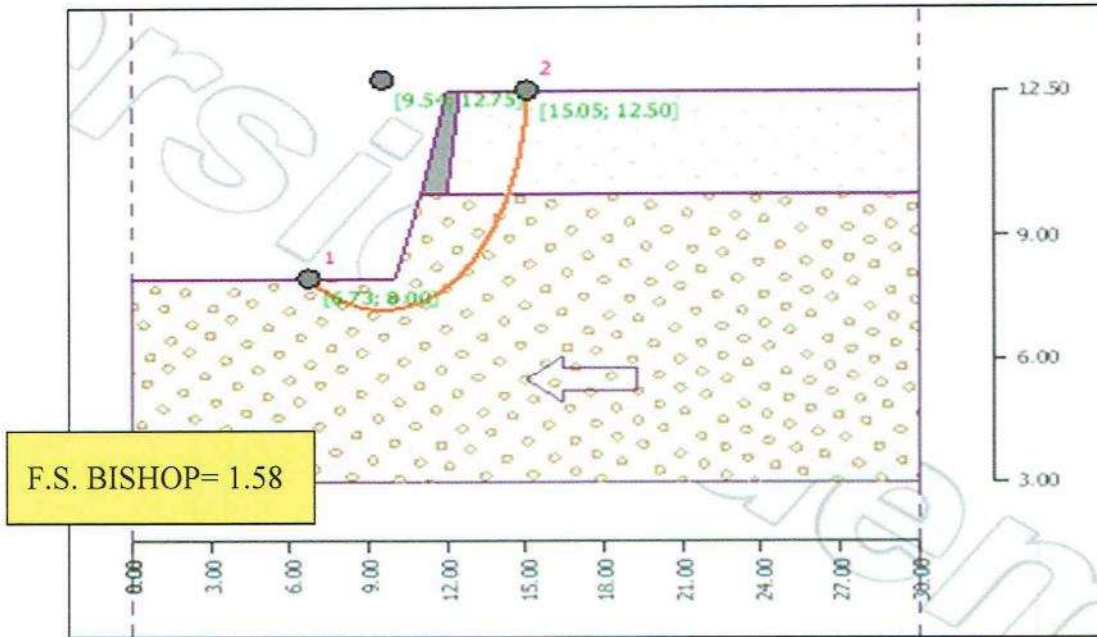


Figura 66 Estabilidad aceptable de talud en Manzana 16 con factor sísmico.

8.2.2 Análisis de estabilidad de Talud crítico en Manzana 16

Posteriormente se analizaron los taludes de la manzana 11, con los siguientes resultados

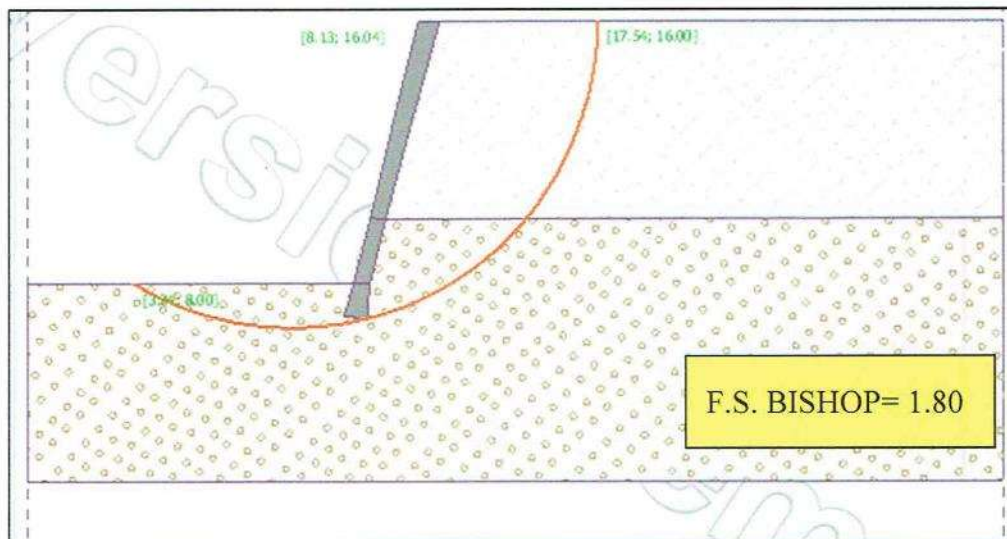


Figura 67 Estabilidad aceptable de talud en Manzana 11 estático.

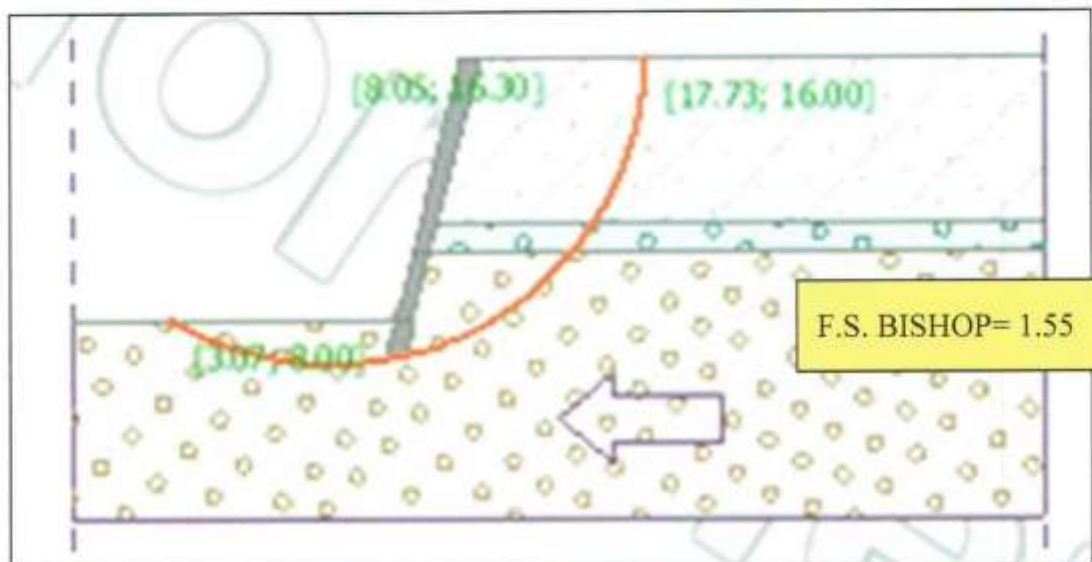


Figura 68 Estabilidad aceptable de talud en Manzana 11 con factor sísmico.

9. CONCLUSIONES

9.1 Conclusiones de la primera etapa (Diagnóstico general)

1. Con los recorridos se pudieron observar los daños en las diferentes estructuras que se dividieron en *Casas Habitación, Muros perimetrales y Muros de contención*, las cuales se desglosan a continuación;

CASAS HABITACIÓN

- En estas construcciones se apreciaron daños de diferente magnitud, ocurriendo en diferentes zonas del condominio ocurriendo las de mayor magnitud y número en la zona baja del condominio.

MUROS PERIMETRALES

- Colapso de muro en el acceso al condominio y una pequeña parte en la entrada a casa laterales.
- Colapso de sección de 10 m de muro en la cerrada del Castillo.
- Colapso de una sección de 15 m de muro en la cerrada de Sauce
- Colapso de una sección de 50 m de muro en la cerrada de Fresno
- Seccionamiento de muros de sus elementos estructurales en una sección de 8 m en calle palmeras en casa No. 20.
- Colapso de muro de colindancia de 10 m en manzana 14.
- Daño en muro perimetral en manzana 14
- Daño en muro perimetral en manzana 20

MUROS DE CONTENCIÓN

- Colapso de muro en el fondo de cerrada Fresnos en la manzana 11.
 - Colapso de muro de contención de la Casa Nogales 2 y 3 en la manzana 11.
 - Colapso de muro de contención en bajada de vialidad de Paseo Colinas en la manzana 13.
 - Colapso de muro de contención de varias casas en calle Palmeras de manzana 14.
 - Colapso de muro de contención intermedio de entre calle de Palmera y Paseos de Río en la manzana 13.
 - Daño en muro de contención intermedio de Palmeras 1 y 3 en manzana 14.
 - Daño en muro de contención intermedio de Palmeras 14 y 15 en manzana 14.
2. Por otro lado, se observaron fracturamiento en las manzanas 12 y 13 de hasta 3 cm de separación sin poderse observar a simple vista o sin trabajos mayores el alcance o profundidad de las mismas
 3. Se pudo observar que los daños se concentraron en una zona muy focalizada del condominio que se encuentra comprendida en las manzanas 12 y 13.
 4. Una vez realizada la revisión integral de las estructuras del condominio y con la información visual obtenida se estableció la posibilidad de movimientos post sísmicos por lo que se colocaron testigos estáticos en diferentes zonas del condominio que manifestarían el movimiento de las estructuras en caso de existir estos.
 5. Se estableció que al no contar con información verificada sobre las condiciones de estaticidad del terreno no era recomendable realizar trabajos de reconstrucción o reparación

6. Con la información recabada hasta ese momento se establecieron zonas de riesgo debido a los daños ocasionados por el movimiento del terreno, para lo cual se generó un mapa temporal de las zonas de riesgo debido a las estructuras colapsadas y los sitios donde se observaron afectaciones evidentes; sin embargo, a pesar de que la magnitud del evento sísmico fue considerable, se detectaron elementos de contención de alturas considerables que no se vieron afectadas, pero que imponen un riesgo por el caso de ocurrencia de alguna afectación.
7. En este sentido, se observaron manzanas con estructuras de contención de alturas considerables, de las cuales no se contaba con información de ningún tipo sobre sus características y condiciones actuales.
8. Basados en las observaciones de las afectaciones y la falta de información de algunos elementos de contención se determinó realizar el estudio de las condiciones del terreno y de las condiciones de los elementos de contención actuales del condominio.
9. Debido a la información restringida sobre la situación de estabilidad en el condominio se establecieron dos criterios para la definición de zonas de riesgo hasta ese momento, quedando definidas dos zonas debido a dos criterios que incluyen los factores de incertidumbre por falta de información. Los criterios para la delimitación de las zonas se basan en orden de importancia de la siguiente manera:
 - Resguardo o protección de la integridad de las personas.
 - Resguardo y/o protección de los bienes particulares.
 - Mantenimiento de las condiciones de operación de las instalaciones.

10. La primera zonificación corresponde a las zonas de riesgo generadas por la afectación directa del sismo sobre la integridad estructural de los inmuebles, los elementos de contención y del terreno y que requieren acciones emergentes tales como acciones de estabilización, refuerzo y reconstrucción inmediatas, así pues se estableció el siguiente mapa de riesgo generado por el sismo que se encuentran en zonas de riesgo evidente.

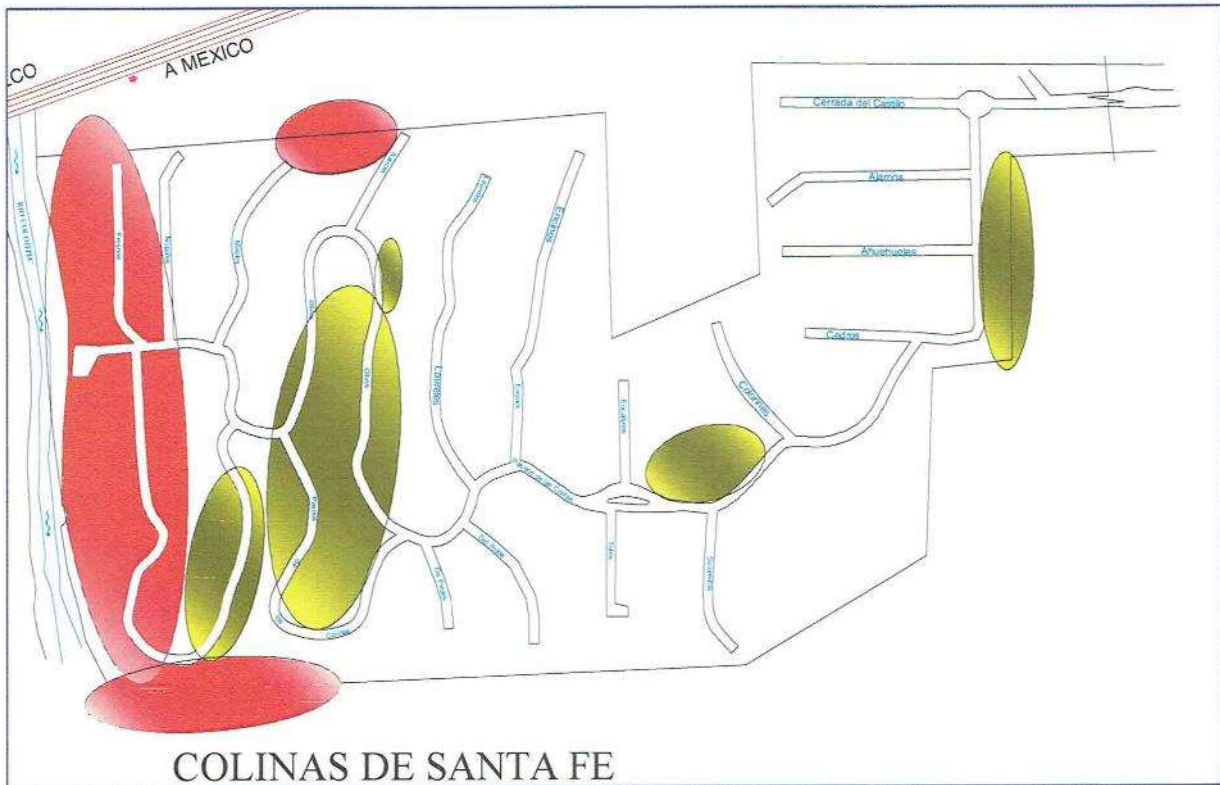


Figura 69 Zonificación de riesgo por efectos del sismo y que requieren trabajos de Refuerzo, estabilización y/o reconstrucción.

11. La segunda zonificación se generó, basados en los tres criterios planteados en el punto 5, por los posibles efectos y consecuencias en caso de ocurrencia de falla de algunas de las zonas del condominio que durante este evento no se vieron afectadas, pero que sin embargo, debido a la incertidumbre existente por la falta de información y las consecuencias que ciertas estructuras generarían en el condominio la zonificación queda de acuerdo a l siguiente mapeo.

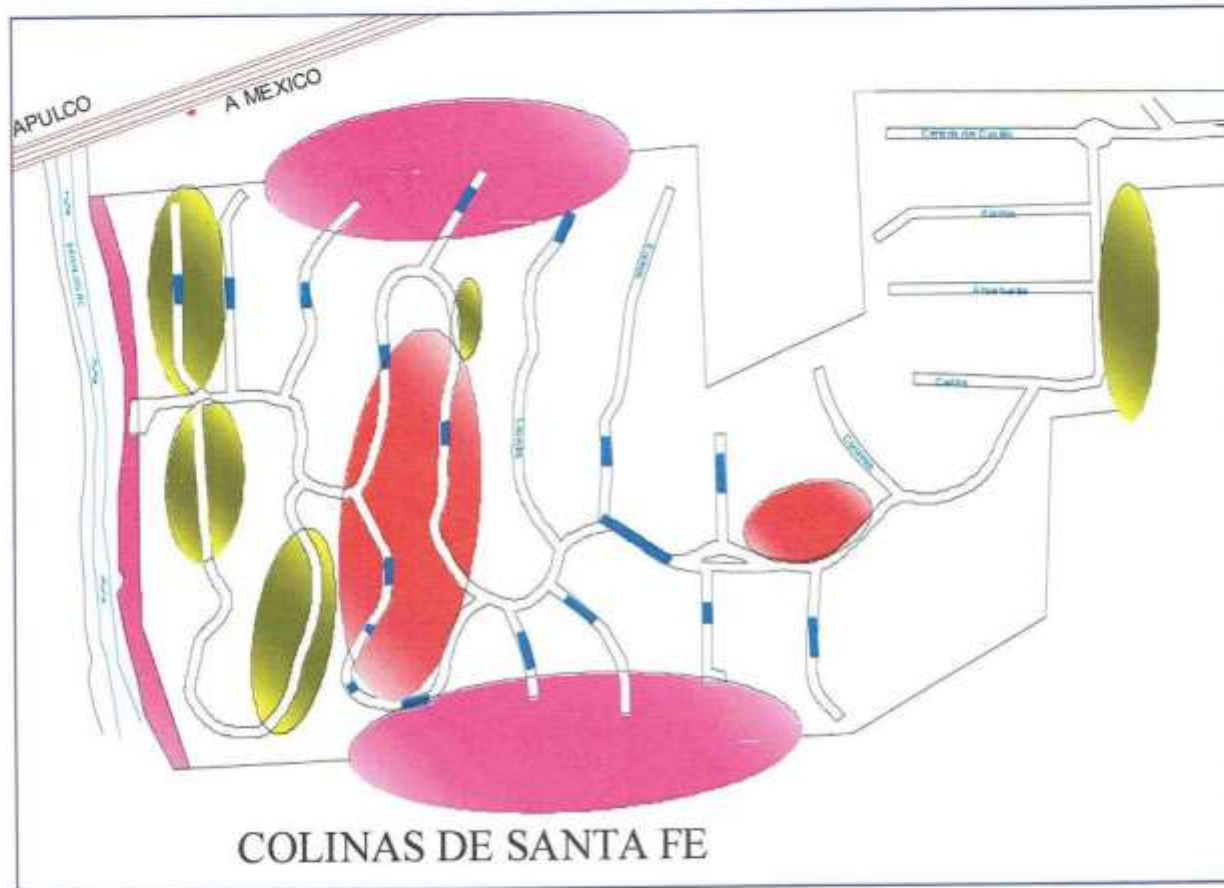


Figura 70 Zonificación de riesgo por posible afectación en el condominio, ante incertidumbre de las condiciones existentes.

12. Por otro lado y en función de avanzar con los trabajos de resguardo de la seguridad del condominio, se estableció, después revisar con detenimiento las afectaciones a las estructuras y las fracturas del terreno en sí, que los daños de este tipo no se proyectan o viajan fuera de la zona crítica del condominio, sino que se cortan y desaparecen, como se puede observar en la Figura 34, con lo que de esta manera se pudo establecer seguridad y no afectación en trabajos de rehabilitación o reestructura de los muros perimetrales colapsados
13. Posteriormente, después de monitorear los testigos y estaciones de referencia estáticos por al menos 15 días, se pudo definir que las fracturas en el terreno y el movimiento post sísmico se detuvo y no ha continuado, por lo que es seguro iniciar los trabajos de refuerzo, reestructura y reconstrucción de las instalaciones afectadas.
14. Por otro lado, al observar con más detenimiento algunos muros de contención y perimetrales colapsados se pudo establecer que la vegetación colocada en el respaldo de los muros de contención,

en la base y las raíces adheridas a estos, fueron un factor decisivo para la ocurrencia del colapso donde estos se presentaron. En este sentido, se puede observar como las raíces de vegetación afectan directamente la estabilidad de los elementos de contención al inducir un empuje adicional, el cual genera su desplazamiento, incrementando el factor de riesgo de colapso en los muros donde existe la vegetación. A continuación se exponen algunos ejemplos;

- Cerrada de Fresnos



- Muro de contención de casa en Nogales #3



- Muro en Paseo de las Colinas Casa #46



- Calle Paseo de las Colinas Casa #45



- Calle Paseo del Rio, Casa #10



9.2 Conclusiones de la segunda etapa (Dictamen integral)

1. Una vez establecido el plan de trabajo y obtenido los resultados en todas las áreas se procedió al análisis de la información generada, tanto documental, de campo, ensayos de laboratorio y observaciones directas en campo.
2. En primer lugar se estableció la estratigrafía del terreno en las zonas más desfavorables del condominio según *Figura 69* y *Figura 70* y/o en situación de riego.
3. Para establecer la estratigrafía del terreno se realizaron varias actividades como los sondeos profundos, Sondeo Mixto Exploratorio (SME), Los Pozos a Cielo Abierto, Pruebas de Penetración estándar (Standar Penetration Test, SPT), de los cuales se extrajeron muestras que se llevaron al laboratorio para realizarles los análisis correspondientes que en conjunto permitió establecer una estratigrafía bien definida con propiedades y parámetros específicos de cada estrato para poder llevar acabo el análisis adecuado.



Figura 71 Corte estratigráfico en manzana 11 y 12.



Figura 72 Corte estratigráfico en manzana 13 y 14.



Figura 73 Corte estratigráfico en manzana 15 y 16.

4. Para definir cuantitativamente el valor de los parámetros mecánicos del terreno se procedió a la determinación de su compactación relativa en estado natural, basados en los pesos volumétricos y los resultados de las pruebas SPT in situ, además de sus características resultantes de los ensayos de laboratorio. De acuerdo a los parámetros del terreno se determinó que el material tiene un peso vol. natural de $\gamma_{\text{nat}} = 0.00176 \text{ kg/cm}^3$ y corresponde a un material granular con baja cohesión, en estado de compactación de MEDIA en estado natural con $Dr = 0.35 - 0.65$. Ver Tabla 2.

Tabla 2 Parámetros mecánicos de suelo (ref 2).

T.50 Características físicas típicas de diversos suelos			
TIPO DE SUELO	γ (T/m^3)	ϕ (grados)	c (T/m^2)
Bloques y bolos sueltos	1.70	35-40°	-
Grava	1.70	37.5°	-
Grava arenosa	1.90	35°	-
Arena compacta	1.90	32.5-35°	-
Arena semicompacta	1.80	30-32.5°	-
Arena suelta	1.70	27.5-30°	-
Limo firme	2.00	27.5°	1-5
Limo	1.90	25°	1-5
Limo blando	1.80	22.5°	1-2.5
Marca arenosa rígida	2.20	30°	20-70
Arcilla arenosa firme	1.90	25°	10-20
Arcilla media	1.80	20°	5-10
Arcilla blanda	1.70	17.5	2-5
Fango blando arcilloso	1.40	15°	1-2
Suelos orgánicos (turba)	1.10	10-15°	-

5. Una vez definidas las condiciones y características del terreno se procedió al cálculo de la capacidad de carga para una zapata dada, en este caso se eligió zapata corrida, obteniéndose cohesión, $c = 0.20 \text{ kg/cm}^2$, y ángulo de fricción interna $\phi = 25^\circ$.
6. La cimentación propuesta tipo losa de cimentación de $6.0 \times 5.0 \text{ m}$ y 1.0 m de profundidad de desplante. Tomando en cuenta los factores de disminución de los parámetros c y ϕ (ecs. 8 y 9) para considerar una posible falla local, se obtuvo una capacidad de carga última $q_u = 3.27 \text{ kg/cm}^2$. De acuerdo con el tipo de obra se consideró un factor de seguridad (FS) de 3; Con este factor de seguridad, se obtuvo el valor de la capacidad de carga admisible, $q_a = 1.09 \text{ kg/cm}^2$. **Capacidad de carga más baja esperada en la zona de material menos competente del condominio.**
7. Por otro lado después de analizar la estabilidad de los taludes en las zonas críticas se estableció que los taludes de la manzana 16 donde no existen rellenos son estables por sí mismos, sin necesidad de elementos de contención; sin embargo, donde existen rellenos, aun cuando los rellenos observados presentan cualidades buenas de estabilidad, la estabilidad baja y requiere un elemento rígido para mantener la estabilidad en la zona de los rellenos, que en campo físicamente se encuentra presente en forma de concreto lanzado, razón por la cual estos elementos no sufrieron daños en los sismos y siguen siendo estables en las condiciones observadas.
8. Continuando con el análisis se procedió a revisar la estabilidad de los taludes críticos de la manzana 11 obteniendo como resultado la necesidad de elementos rígido en toda la cara expuesta de los materiales para mantener la estabilidad, que en los lugares donde existen estos elementos, la estabilidad se mantiene. Se presentan a continuación los factores obtenidos.

Tabla 3. Factores de seguridad en taludes críticos del condominio (Manzanas 16 y 11)

ZONA ANALIZADA	F.S. ESTÁTICO	F.S. CON SISMO
TALUD MANZANA 16	2.23	1.58
TALUD MANZANA 11	1.80	1.55

9. Después de revisar las estructuras de contención físicamente se puede determinar que las estructuras de las manzanas 16 y 15 se encuentran debidamente estructuradas y mantienen condiciones de operación aceptables ya que se notan elementos estructurales robustos y sin degradación física importante, además de que en estas zonas existen trabajos de refuerzo adicionales realizados en distintos puntos por los propios condóminos.
10. En este sentido, se observó que los muros de la zona de fresnos se encuentran afectados por cuestiones de intemperismo físico; sin embargo, los muros que no colapsaron mantienen una adecuada estabilidad.
11. Con toda la información obtenida de la exploración del terreno, estructuras de contención, inmuebles y zonas de mayor incidencia de daños en el condominio se puede establecer que los daños se debieron a la suma de varios factores, que son;
 - La vida útil de las estructuras
 - Procedimientos constructivos y materiales inadecuados en algunas zonas

- Presencia permanente y constante de agua de lluvia, principalmente
 - El movimiento generado por el sismo.
 - Presencia de flora y fauna nociva
12. Durante los estudios in situ del suelo, uno de los objetivos fue determinar el impacto real o alcance de la profundidad de las grietas en el terreno observándose después de analizar 3 puntos específicos que la profundidad de las grietas alcanzó solo 1.50 m de profundidad con lo que basados en la observación de nulo movimiento en niveles más bajos de las mismas manzanas, taludes cercanos y muros de contención del mismo río, se puede concluir que no existió desplazamiento de la masa del suelo quedando solo en las fracturas que se observan; se puede asumir que al existir materiales de propiedades tan variadas en un espacio relativamente pequeño y con la peculiar topografía del sitio que los movimientos experimentados por el terreno en la zonas de las manzanas 12 y 13 existió incompatibilidad de deformaciones que originó que la zona de terreno muy firme oscilara de una manera y la zona de menor resistencia se moviera a otra, por lo que se generaron las fracturas que quedaron en la superficie.



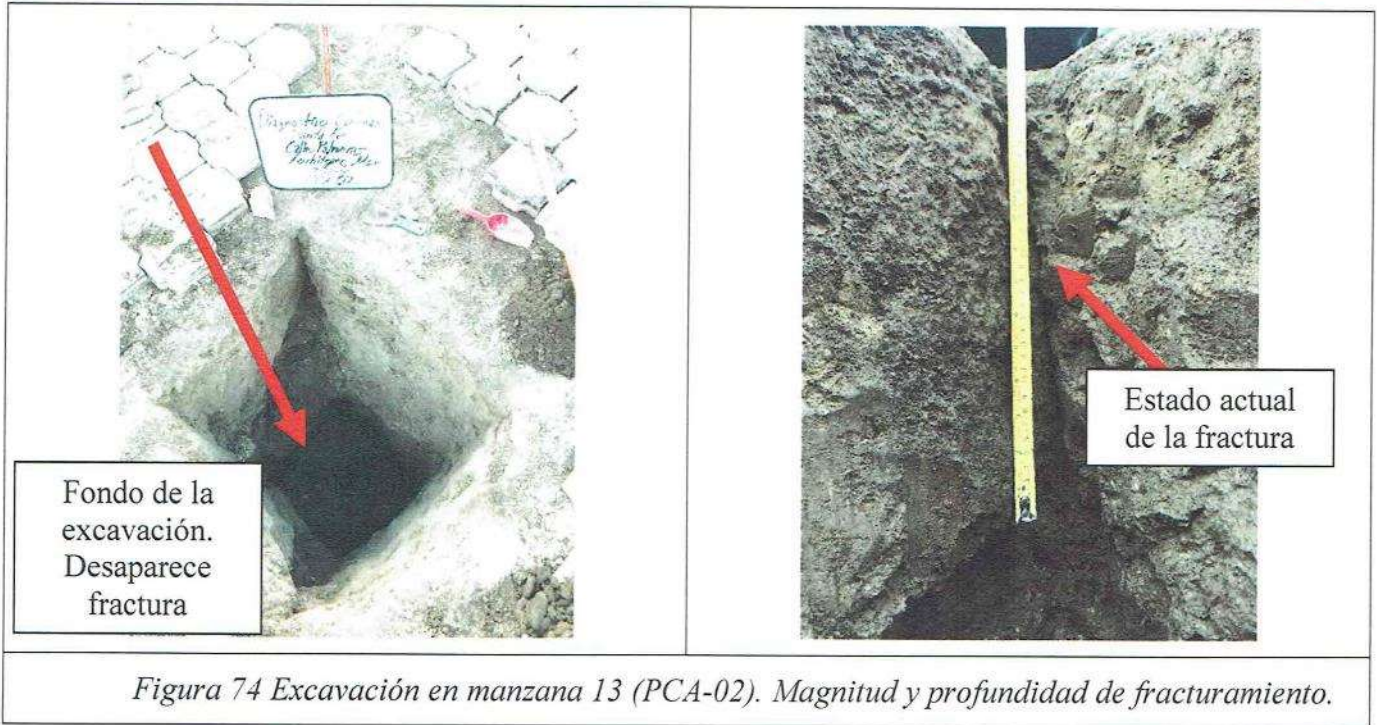




Figura 75 Excavación en manzana 13 (PCA-04). Magnitud y profundidad de fracturamiento.

- Después de analizar las condiciones integrales de las instalaciones y evaluar las condiciones de las diferentes zona previamente calificadas se puede establecer que la primera zonificación de riesgo generada por la incertidumbre ante la falta de información, cambia significativamente ante las nuevas condiciones por lo que el mapa de las zonas de riego cambia ya que los resultados permitieron concluir que las zonas de riesgo inicialmente asignadas, cambian y quedan establecidos en el mapa de riesgo de la siguiente manera:

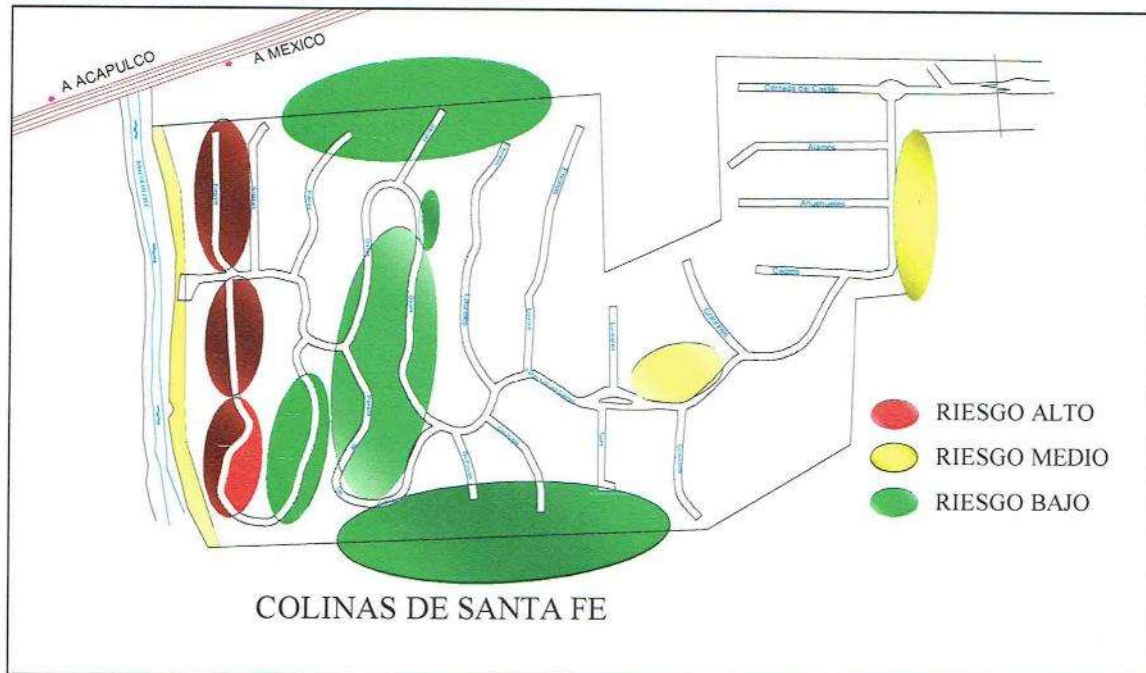


Figura 76 Zonificación actual de riesgo de acuerdo a las condiciones existentes verificadas.

14. En la nueva zonificación solo se puede establecer una zona de riesgo elevado en función de los daños que se encuentran presentes y que ocurrieron durante el sismo que deberán tratarse para evitar que el daño avance.

10. Recomendaciones

1. Antes de realizar cualquier trabajo de rehabilitación de estructuras e inmuebles deberán revisarse las condiciones del terreno y asegurarse de que no hubo movimientos de este para asegurar que los trabajos de rehabilitación sean duraderos.
2. Donde ya se presentó desplazamiento, movimiento o presencia de fracturas del terreno se deberá tratar al terreno para darle mejores propiedades mediante densificación, además del relleno de oquedades y fracturas para evitar la alteración del terreno a mayor profundidad.
3. Se observa que el condominio se encuentra ubicado básicamente en dos tipos de terreno como se describe a continuación.



Figura 77 Zonificación del condominio por tipo de terreno.

4. Como resultado del análisis se puede establecer que en la zona de mayor dureza del material, los taludes son estables por sí solos por lo que los elementos de contención en algunas zonas no trabajan ya que el terreno no lo requiere, observándose además elementos de contención bien estructurados; sin embargo se notan algunos arbustos justo en el respaldo de estos elementos, además de escurrimientos de agua permanentes a media altura que de no repararse inducirán deterioro de estos elementos, por lo que se recomienda retirar la vegetación colocada directamente en el respaldo del

muro y realizar las actividades pertinentes para eliminar los escurrimientos y humedades en los muros.

5. En las zonas donde existen muros mayores de 2.00 m de altura construido a base de muros de piedra de cantera deberán monitorearse y darles mantenimiento periódico para evitar riesgos de desprendimientos de fragmentos de la misma roca o colapso de los mismos. En las zonas de elevaciones mayores, como en privada de Fresnos se deberá realizar un mantenimiento de los muros ya que en esta zona el muro de contención es la cantera y se encuentra de ligera a medianamente alterada. El refuerzo o mantenimiento deberá consistir en el refuerzo del mismo en etapas ya que hasta el momento de este análisis estos muros presentan condiciones aceptables de estabilidad.
6. En cuanto a las zonas de fracturamiento longitudinal en la manzana 13 se recomienda la densificación del terreno en la zona de la fractura y el relleno de las mismas y demás oquedades que pudieran presentarse.
7. Así pues, después de analizar toda la información documental, de campo, laboratorio y de análisis, se pudieron establecer las actividades de rehabilitación y refuerzo que requieren realizarse en función de su prioridad de la siguiente manera:
 - En primer lugar se deben realizar las obras de reparación y reconstrucción de los muros perimetrales para salvaguardar la seguridad de los bienes y las personas debido a intrusión de personas ajenas al condominio.
 - Posteriormente se recomienda realizar la restructuración de zonas afectadas por el movimiento del terreno y las zonas que presenten algún tipo de movimiento para evitar daños aún mayores.
 - En una segunda etapa los muros colapsados que no implican riesgo de colapso o movimiento del terreno debido a que sus características de estructurales naturales permiten su estabilidad por si solo durante algunas semanas.
 - Posteriormente se recomienda el refuerzo y reconstrucción de los muros de contención intermedios ya que por estar ubicados en las zonas de menor tráfico y exposición a los condóminos y otras propiedades permite postergarlas hasta esta etapa



Figura 78 Prioridad de las obras de rehabilitación y refuerzo en el condominio.

8. Para la reconstrucción de los muros perimetrales se recomienda revisar con detalle el terreno de desplante para evitar asentamientos y realizar adecuadas uniones constructivas para evitar muros muy largos.
9. No se recomienda el uso de cantera como elemento de mampostería en muros de contención debido a que su fácil alteración por intemperismo ocasiona zonas de debilidad de las estructuras donde se colocan.
10. De acuerdo lo observado, la contribución de la vegetación en los respaldos de los muros es importante y entre más grande sea la vegetación, el daño ocasionado es proporcional, por lo que no se recomienda la existencia de vegetación en al menos 1.5 m de distancia hacia los elementos de contención o perimetrales indistintamente de la zona donde estos se ubique, por lo que se recomienda el retiro de dicha vegetación y donde existan árboles con la distancia mencionada se recomienda la poda de los árboles para mantenerlos a baja altura y evitar que las raíces vayan a los respaldos de muros, taludes e incluso infraestructura de alcantarillado subterráneo.

TABLA DE ILUSTRACIONES

<i>Figura 1 Croquis de localización del sitio</i>	6
<i>Figura 2 Ubicación del predio.</i>	7
<i>Figura 3 Provincias fisiográficas.</i>	8
<i>Figura 4 Estratigrafía Edo. de Morelos.</i>	9
<i>Figura 5 Geología Local.</i>	11
<i>Figura 6 Peligro sísmico en el Estado de México.</i>	12
<i>Figura 7 Distribución de zonas en Colinas de Santa Fe.</i>	13
<i>Figura 8 Paseo de las Colinas con calle Olivos, Manzana 16.</i>	14
<i>Figura 9 Paseo de las Colinas Manzana 16.</i>	14
<i>Figura 10 Cerrada de Maples Manzana 9.</i>	15
<i>Figura 11 Cerrada de Fresnos Manzana 11.</i>	15
<i>Figura 12 Calle de Olivos con Priv. Sauce Manzana 8.</i>	16
<i>Figura 13 Cerrada Encinos Manzana 6.</i>	16
<i>Figura 14 Cerrada Laureles Manzana 7.</i>	17
<i>Figura 15 Fisuras en muro de casa de Fresnos 1.</i>	19
<i>Figura 16 Desprendimientos en contactos Losa-Terreno. Cto Palmeras.</i>	19
<i>Figura 17 Separación de terraza en espacio relleno. Cto Palmeras No 25.</i>	20
<i>Figura 18 Colapso de techumbres en estacionamiento. Cerrada de Tules.</i>	20
<i>Figura 19 Afectación en desplante de casa y estructuras aledañas. Cto Palmeras, Manzana 13.</i>	21
<i>Figura 20 Afectación en desplante de casa y estructuras aledañas. Cto Palmeras.</i>	22
<i>Figura 21 Muro de colindancia colapsado en zona de Privada de Fresnos (MP 4).</i>	23
<i>Figura 22 Muro de colindancia colapsado en zona de cerrada del Castillo. (MP 2).</i>	24
<i>Figura 23 Muro de colindancia colapsado en zona de Cto Palmeras, área privada (MP 6).</i>	24
<i>Figura 24 Ubicación de Muros Perimetrales dañados o colapsados.</i>	25
<i>Figura 25 Muro de contención colapsado en el fondo de Priv de Fresnos (MC 01).</i>	26
<i>Figura 26 Muro de contención acceso de Priv de Fresnos (MC 02).</i>	26
<i>Figura 27 Muro de contención colapsado en Cto. Palmeras (MC 04).</i>	27
<i>Figura 28 Muro de contención colapsado en Cto. Palmeras (MC 05).</i>	27
<i>Figura 29 Muro de contención colapsado en Cto. Palmeras 26 (MC 08).</i>	28

Figura 30 Muro de contención colapsado en Cto. Palmeras 28 (MC 08).....	28
Figura 31 Ubicación de Muros de Contención Dañados o Colapsados.	29
Figura 32 Fracturas en el terreno Palmeras No 38 Manzana 13.	30
Figura 33 Fracturas en el terreno Palmeras No 42 en Manzana 13.	31
Figura 34 Localización y orientación de fracturas en manzanas 12 y 13.	32
Figura 35 Distribución de los trabajos de campo.....	35
Figura 36 Excavación PCA-01.....	36
Figura 37 Excavación PCA-02.....	36
Figura 38 Excavación PCA-03.....	37
Figura 39 Excavación PCA-04.....	37
Figura 40 Excavación PCA-05.....	38
Figura 41 Excavación PCA-06.....	38
Figura 42 Excavación PCA-07.....	39
Figura 43 Excavación PCA-08.....	40
Figura 44 Excavación PCA-09.....	40
Figura 45 Excavación PCA-10.....	41
Figura 46 Perfiles estratigráficos en PCA.	43
Figura 47 Perforación de SME-01.....	44
Figura 48 Perforación de SME-02.....	45
Figura 49 Perforación de SME-03.....	45
Figura 50 Perforación de SME-04.....	46
Figura 51 Perforación de SME-05.....	47
Figura 52 Perforación de SME-06.....	48
Figura 53 Excavación V-01.	55
Figura 54 Excavación V-02.	56
Figura 55 Excavación V-03.	57
Figura 56 Excavación V-04.....	58
Figura 57 Excavación V-05.	59
Figura 58 Excavación V-06.	60
Figura 59 Excavación V-07.	61
Figura 60 Excavación V-08.	62



Figura 61 Excavación V-09.	63
Figura 62 Excavación V-10.	64
Figura 63 Excavación V-11.	65
Figura 64 Excavación V-12.	66
<i>Figura 65 Estabilidad aceptable de talud en Manzana 16 condiciones estáticas.</i>	<i>72</i>
<i>Figura 66 Estabilidad aceptable de talud en Manzana 16 con factor sísmico.</i>	<i>73</i>
<i>Figura 67 Estabilidad aceptable de talud en Manzana 11 estático.</i>	<i>73</i>
<i>Figura 68 Estabilidad aceptable de talud en Manzana 11 con factor sísmico.</i>	<i>74</i>
<i>Figura 69 Zonificación de riesgo por efectos del sismo y que requieren trabajos de Refuerzo, estabilización y/o reconstrucción.</i>	<i>77</i>
<i>Figura 70 Zonificación de riesgo por posible afectación en el condominio, ante incertidumbre de las condiciones existentes.</i>	<i>78</i>
<i>Figura 71 Corte estratigráfico en manzana 11 y 12.</i>	<i>82</i>
<i>Figura 72 Corte estratigráfico en manzana 13 y 14.</i>	<i>82</i>
<i>Figura 73 Corte estratigráfico en manzana 15 y 16.</i>	<i>83</i>
<i>Figura 74 Excavación en manzana 13 (PCA-02). Magnitud y profundidad de fracturamiento. ..</i>	<i>86</i>
<i>Figura 75 Excavación en manzana 13 (PCA-04). Magnitud y profundidad de fracturamiento. ..</i>	<i>87</i>
<i>Figura 76 Zonificación actual de riesgo de acuerdo a las condiciones existentes verificadas. ..</i>	<i>88</i>
<i>Figura 77 Zonificación del condominio por tipo de terreno.</i>	<i>89</i>
<i>Figura 78 Prioridad de las obras de rehabilitación y refuerzo en el condominio.</i>	<i>91</i>

TABLAS

Tabla 1. Propiedades índice.....	68
Tabla 2 Parámetros mecánicos de suelo (ref 2).....	83
Tabla 3. Factores de seguridad en taludes críticos del condominio (Manzanas 16 y 11)	84



ANEXO A

REPORTES DE LABORATORIO



ANEXO B

REGISTROS DE PERFORACIÓN



ANEXO C

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) BOWLES JOSEPH E.. FOUNDATION ANALYSIS AND DESIGN. FIFTH EDITION. THE MC GRAW HILL. 1997.
- 2) BRAJA M. DAS, FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA, PRIMERA EDICION, ED. THOMSON, 2001
- 3) CRESPO VILLALAZ C., MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES, LIMUSA, 1990.
- 4) COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD (CFE, 1993), "MANUAL DE OBRAS CIVILES, DISEÑO POR SISMO".
- 5) GEOTECNIA EN SUELOS INESTABLES. COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. MANUAL DE AGUA POTABLE ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO, 2000.
- 6) REGLAMENTO DE CONSTRUCCIÓN Y NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS DEL D.F. GACETA OFICIAL DEL D.F. 2004
- 7) ROY WHITLOW, FUNDAMENTOS DE MECÁNICA DE SUELOS. CECSA, 1994.
- 8) TERZAGHI, K.; PECK, R. B. (1948). SOIL MECHANICS IN ENGINEERING PRACTICE. JOHN WILEY AND SONS.