

**UNIDAD DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS
UPES**

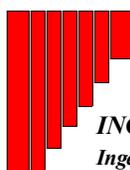
**FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS
FOPAE**

**ESTUDIOS Y DISEÑOS DE ESTABILIDAD GEOTÉCNICA,
CONTROL DE EROSIÓN Y MANEJO DE AGUAS
PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES**

**GRUPO 2 (LOCALIDAD DE SANTAFÉ) Y
GRUPO 4 (LOCALIDADES DE SAN CRISTÓBAL Y USME)**

CONTRATO No. 1314-111-1997

**INFORME DE DIAGNOSTICO
ALTOS DEL PINO (4.2)**



*INGEOCIM Ltda.
Ingenieros Consultores*

SANTAFÉ DE BOGOTÁ, MARZO DE 1998

CONTENIDO

	Pág.
1. GENERALIDADES	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. LOCALIZACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO	1
1.3. BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	2
2. ANTECEDENTES	2
2.1. CONSECUCCIÓN DE LA INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA	2
2.2. REVISIÓN DE ESTUDIOS EXISTENTES Y COMENTARIOS	3
2.3. PLANES DE REUBICACIÓN DE LA UPES	3
2.4. PLANES DE EMPRESAS PUBLICAS EN EL SECTOR	3
2.5. ASPECTOS SOCIALES Y PERCEPCIÓN DEL PROBLEMA	3
2.6. OTROS ASPECTOS	4
3. ESTUDIOS BÁSICOS	4
3.1. TOPOGRAFÍA	4
3.2. GEOLOGÍA	5
3.2.1 Geología regional	5
3.2.2. Geología local	6
3.2.3. Estratigrafía	6
3.3. ASPECTOS HIDROLÓGICOS	7
3.3.1. Generalidades	7

3.3.2. Precipitación	7
3.3.2.1. Precipitación mensual	8
3.3.2.2. Precipitaciones de corta duración	8
3.3.3. Cálculo de caudales máximos	8
3.4. GEOTECNIA	9
3.4.1. Inventario de procesos de inestabilidad	9
3.4.2. Investigación del subsuelo	10
4. DIAGNOSTICO	13
4.1. ORIGEN DEL PROBLEMA	13
4.2. VIVIENDAS AFECTADAS	13
4.3. ESCENARIO ACTUAL	13
5. SOLUCION DEL PROBLEMA	14
5.1. PLANTEAMIENTO DE OBRAS DE ESTABILIZACION	14
5.2. ESCENARIO POST-CONSTRUCCION	15
5.3. PREDIMENSIONAMIENTO DE OBRAS Y ESTIMATIVO DE COSTOS	15
6. CONCLUSIONES	17
ANEXO 1. FIGURAS	
Figura No. 1.- Localización de la zona de estudio	
Figura No. 2.- Geología regional	
Figura No. 3.- Geología y geotecnia	
Figura No. 4.- Cuenca de drenaje	
Figura No. 5.- Zonificación pluviográfica	
Figura No. 6.- Curvas IDF	
Figura No. 7.- Hietograma de precipitaciones	
Figura No. 8.- Perfil estratigráfico	

ANEXO 2. REGISTRO FOTOGRAFICO

ANEXO 3. INVESTIGACION DEL SUBSUELO

Registros de sondeos

Cuadros de resultados de laboratorio

ANEXO 4. CARTERAS TOPOGRAFICAS

ANEXO 5. MEMORIAS DE CALCULO

Hidrología

Geotecnia

ANEXO 6. PLANOS

Topografía

Geología

Inventario de procesos

Viviendas afectadas

Escenario actual

Escenario post-construcción

**UNIDAD DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS
UPES**

**FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS
FOPAE**

**ESTUDIOS Y DISEÑOS DE ESTABILIDAD GEOTÉCNICA,
CONTROL DE EROSIÓN Y MANEJO DE AGUAS
PARA LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES**

**GRUPO 2 (LOCALIDAD DE SANTAFÉ) Y
GRUPO 4 (LOCALIDADES DE SAN CRISTÓBAL Y USME)**

CONTRATO No. 1314-111-1997

**INFORME DE DIAGNOSTICO
ALTOS DEL PINO (4.2)**

1. GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN

El FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS (FOPAE), mediante el concurso público de méritos No. 004/97, adjudicó a *INGEOCIM LTDA.* el contrato No. 1314-111-1997, cuyo objeto son los estudios y diseños de estabilidad geotécnica, control de erosión y manejo de aguas para estabilización de taludes en los sitios correspondientes a los grupos No. 2 y No. 4, ubicados en la localidad de Santafé, y localidades de San Cristóbal y Usme, respectivamente. El presente es el informe de diagnóstico correspondiente al sitio Altos del Pino (4.2)

1.2. LOCALIZACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO

El barrio Altos del Pino está localizado sobre el flanco oriental (derecho) del Valle del Río Tunjuelito, en la jurisdicción del municipio de Usme, localidad del Distrito Capital (ver figura 1). El sitio de estudio indicado por la UPES es la manzana N,

delimitada por las calles 83A y 83B Sur y por la carrera 8 Bis y 8A Este ([Ver Plano No. 1 del Anexo 7, "Topografía"](#)).

1.3. BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El sitio de estudio ha sido objeto de deposición de rellenos de desechos de construcción, colocados sin ninguna compactación, en los cuales se ha generado un deslizamiento que afecta también los suelos sobre los que fueron depositados tales rellenos.

Hasta el momento, el deslizamiento ha afectado un lote no construido, localizado en el costado oriental de la manzana N, propiedad de la comunidad, y causó el colapso de la casa N-2, construida en la parte baja del talud ([ver plano No. 4 del Anexo 7, "Viviendas afectadas"](#)).

Por otra parte, por la alta pendiente de la ladera en que se encuentra la manzana N, la construcción de las viviendas implica la ejecución de cortes y rellenos. Los cortes son prácticamente verticales y carecen de obras de contención y de protección (a pesar de lo cual no existen indicios de inestabilidad), mientras que los rellenos están contenidos mediante obras deficientes o, en algunos casos, reposan contra los muros de las casas vecinas. Esta situación conlleva a la posibilidad de que algunas viviendas de la parte alta de la ladera y, aún rellenos sobre los que no se han construido las viviendas, colapsen cayendo sobre las viviendas construidas en la parte baja.

2. ANTECEDENTES

2.1. CONSECUCCIÓN DE LA INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Para adelantar los estudios en esta zona se ha conseguido la siguiente información:

- Plano del desarrollo Altos del Pino, de la Alcaldía Menor de Usme, código 20206, escala 1:500, de noviembre de 1991, suministrado por el DAPD (Plano no aprobado)
- Fotografías aéreas 3198 y 3199, vuelo R1131, 1990, suministradas por el IGAC.
- Estudio para el análisis y caracterización de tormentas en la Sabana de Bogotá, realizado por IRH Ingeniería y Recursos Hídricos Ltda, Ingenieros Consultores, para las EAAB, Noviembre de 1995.

2.2. REVISIÓN DE ESTUDIOS EXISTENTES Y COMENTARIOS

No se conocen estudios geotécnicos efectuados con anterioridad en la zona del estudio.

2.3. PLANES DE REUBICACIÓN DE LA UPES

En el barrio Altos del Pino, la UPES tiene entre sus planes de reubicación tres predios que se encuentran fuera de la zona específica de estudio, cuyos propietarios y nomenclaturas urbanas son las siguientes:

PROPIETARIO DEL PREDIO	DIRECCIÓN	DIRECCIÓN ALT.
Eriberto Ariza	Carrera 9 Este No. 83A - 21 Sur	J-28
Honorio Reina	Carrera 9 Este No. 83 - 57 Sur	J-24
Carlos Julio Rodríguez	Carrera 9 Este No. 83 - 27 Sur	J-19

En el [plano de Topografía](#) se observa la localización de los predios mencionados.

2.4. PLANES DE EMPRESAS PUBLICAS EN EL SECTOR

El barrio Altos del Pino cuenta con servicio de acueducto y alcantarillado, los cuales son de tipo artesanal (construidos por la comunidad) y administrados por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. La infraestructura de estos servicios presenta serias deficiencias, principalmente insuficiencia de diámetros de la tubería del alcantarillado, como consecuencia de lo cual sufre frecuentes roturas.

Actualmente, la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá tiene proyectado el mejoramiento del sistema de alcantarillado en forma conjunta con la comunidad. Sin embargo, no fue posible establecer la fecha de inicio de este proyecto.

2.5. ASPECTOS SOCIALES Y PERCEPCIÓN DEL PROBLEMA

Con excepción de la casa N-2 que colapsó, ni las cinco viviendas construidas en el costado occidental de la manzana N (lotes N-3, N-4, N-5, N-6 y N-7), ni las construidas en las manzanas I y J, al norte y nororiente de la zona deslizada, respectivamente, han presentado daños como consecuencia del fenómeno ([ver plano de viviendas afectadas](#)). Cabe anotar que en la manzana J existen dos casas que han sufrido daño como consecuencia de un fenómeno regional, cuyo alcance no está contenido dentro del objeto del presente estudio, del cual, sin embargo se hablará brevemente en el punto siguiente. En la manzana N, el lote 9 corresponde a una vivienda parcialmente demolida y abandonada.

A pesar de que, hasta el momento, las casas de las manzanas vecinas se encuentran indemnes, debido a que el fenómeno se ha desarrollado sólo al sur de la calle 83A sur, lo cual se percibe claramente al observar el estado de dicha calle, no es posible descartar que el fenómeno pueda avanzar hacia el norte y hacia el oriente, poniendo en amenaza las viviendas de las manzanas I y J y las restantes de la manzana N. Esto ha sido percibido por los habitantes de dichas viviendas, quienes se encuentran muy interesados en que el problema se solucione.

Por otra parte, el predio en el que ocurrió el deslizamiento, es propiedad de la comunidad, cuya Junta de Acción Comunal tiene proyectado darle un uso en beneficio de todos los habitantes, para lo cual han pensado, entre otras cosas, en un futuro paradero de buses, una casa cultural ó el salón comunal. Por esta razón, también se encuentran interesados en recuperar el predio.

2.6. OTROS ASPECTOS

Como se anotó anteriormente, algunas viviendas ubicadas fuera de la zona de estudio presentan daños, debidos a movimientos del terreno.

Al oriente del sitio de estudio, dos manzanas arriba, hay dos pozos artesianos y, ladera arriba, existen varias lagunas naturales, todo lo cual indica una alta posición de los niveles piezométricos.

Los agrietamientos en viviendas de otras manzanas del barrio parecen originarse por un flujo de agua subterránea en el contacto roca parental / masa suelta (depósito de ladera, suelo residual y relleno), originando la tubificación y el flujo de la masa no consolidada. La tendencia es la de ampliar el área de casas inestables por el curso errático del flujo subterráneo en las temporadas de lluvias.

Por esta razón, se recomienda realizar un estudio de este fenómeno regional, con miras a determinar las acciones que resulten necesarias.

3. ESTUDIOS BÁSICOS

3.1. TOPOGRAFÍA

La zona de estudio presenta drenaje natural en dirección nororiente - suroccidente, la misma dirección en la cual se presentó el deslizamiento. Sobre el eje del deslizamiento, la diferencia de altura es de 9.5 m.

La forma natural del terreno ha sido modificada por los cortes y rellenos efectuados para la construcción de las viviendas y por la deposición de rellenos sin compactar en la parte alta del predio de la comunidad, con el cual se pretendió adecuarlo para su uso.

En el Anexo 7 se presenta el plano topográfico ([plano No. 1](#)) de la zona de estudio, en el cual se observa una zona bastante plana en la esquina nororiental de la manzana, a continuación de la cual se encuentra el talud con una pendiente promedio del 40%.

El levantamiento topográfico se amarró al sistema de coordenadas del IGAC identificando dos puntos en el plano del barrio suministrado por el DAPD.

3.2. GEOLOGÍA

3.2.1 Geología regional

La localidad de Usme se caracteriza por la presencia del terciario, principalmente la Formación Usme, con contacto muy cercano (fuera de la zona de estudio) a la Formación Regadera. Estas areniscas en conjunto con las arcillolitas, presentan porosidades y permeabilidad diferenciales, lo cual hace que en épocas de invierno, en las zonas de los contactos y esencialmente hacia las zonas más arcillosas, produzcan deslizamientos ocasionados por el desprendimiento del suelo residual, que posteriormente van a formar parte de depósitos de ladera, es decir coluviones o flujos de tierra que se disponen en una forma discordante sobre los suelos residuales de estas formaciones. El efecto de la socavación posterior de los cauces, tales como la quebrada de Yomasa, hace que se provoquen pérdidas laterales del suelo y de los depósitos, y que se generen deslizamientos locales hacia los costados de las quebradas principales, así como los afluentes. Muchas de las viviendas están sometidas a un proceso de socavación y posteriormente la generación de deslizamientos en forma lenta, en época de poca lluvia, pero que se aceleran cuando la socavación y saturación empiezan a formar una mayor presión y se provocan deslizamientos en áreas un poco más extensas.

En cuanto la parte tectónica, el área del barrio Altos del Pino es parte de un plegamiento mayor, el sinclinal de Usme, cuyo eje tiene un desarrollo Sur - Norte, similar al curso general del río Tunjuelito. Este flanco invertido buza con inclinaciones de 25° a 50° al Sureste.

La zona se halla intensamente plegada en algunos sectores. Tanto la Formación Regadera como la Formación Usme, presentan volcamientos en el flanco oriental, sinclinal del Usme. Este efecto hace que las rocas estén separadas también por el efecto de facturación, y se aumente la posibilidad tanto del desprendimiento de

roca, como la generación de deslizamientos a lo largo de las zonas en que existen mayores presiones de poros, en las areniscas fracturadas.

En la figura 2 se muestra la fotointerpretación de la geología regional de la zona de estudio.

3.2.2. Geología local

La zona específica de estudio se encuentra ubicada en el flanco oriental del sinclinal de Usme, en un sector constituido por rocas de la formación Usme (**Tmu**), conjunto formado principalmente por arcillolitas con intercalaciones menores de arenisca, cubierta por suelo residual (**Qsr**) y un depósito de ladera (**Qdl**). Botaderos de escombros (**Rb**), con espesores de 0.7 a 1.5 m, han aumentado la masa no consolidada ([ver Plano No. 2 de Geología en el anexo 7](#)).

3.2.3. Estratigrafía

Depósito de Botadero (Qb)

Son masas de material rocoso y suelo que proceden de cortes de vías, excavaciones para viviendas y descapote de explotaciones que los transportadores botan en vaguadas y depresiones sin proceso de compactación alguno.

Depósito Coluvial (Qcl)

Masa suelta de fragmentos de arenisca, angulosos, de tamaño bloque a grava dispersos en una matriz areno-limosa. Cubren la parte superior y media del barrio Altos del Pino, con espesores comprendidos entre 0.2 y 7.0 m, yaciendo discordantemente sobre el suelo residual.

Suelo residual (Qsr)

Es una masa de arcilla y algo de limo, producto de la meteorización in-situ de los conjuntos predominantemente arcillosos de la formación Usme, los cuales forman el subsuelo del barrio. Entre esta masa y la roca parental se desarrolla una capa de material arcilloso con superficies oxidadas, saturado y blando, que es la interfase suelo residual / roca parental.

Formación Usme (Tmu)

Es una secuencia de conjuntos y horizontes de arcillolita gris oscura, parda, pardoamarillenta y pardorajiza, con intercalaciones menores de arenisca pardoamarillenta y gris, cuarzosa y friable.

3.3. ASPECTOS HIDROLÓGICOS

A continuación se presenta la descripción del comportamiento hidrológico (régimen de lluvias medias y de corta duración) de la zona de estudio y las bases para el cálculo de los caudales máximos esperados, con el fin de diseñar las obras de drenaje requeridas para la estabilización de talud.

3.3.1. Generalidades

La zona de estudio está ubicada en la parte baja de la cuenca de la Quebrada Yomasa, sobre su margen derecha. Durante los últimos años, en el sector se ha presentado una creciente intervención urbana, debido al desarrollo de barrios de invasión en sus laderas, sin ningún control de las aguas lluvias. Esto hace que el volumen de escorrentía superficial y su energía erosiva aumente, generando erosión o fenómenos de remoción en masa, ocasionados de manera directa por la alteración de la red de drenaje natural existente y la falta de construcción de una red adecuada y acorde al comportamiento hidrológico del sector.

3.3.2. Precipitación

Generalmente los fenómenos de remoción en masa están asociados a los períodos invernales, por lo cual es necesario conocer el régimen pluviométrico de la zona para el análisis y diseño de las obras de control .

Para el análisis del régimen de precipitación media y de corta duración se utilizó el informe del “*Estudio para el Análisis y Caracterización de tormentas en la Sabana de Bogotá*”, realizado por la firma consultora IRH para E.A.A.B. - E.S.P. En este estudio se dividió a Santafé de Bogotá en 7 zonas pluviográficas y, para cada una de ellas se definió una curva IDF característica, de acuerdo a un indicador pluviográfico.

El sector de análisis está ubicado en la zona 7 (ver figura 5), cuya estación representativa de la ley de frecuencias es El Bosque (2120085), operada por la CAR. En la figura 6 se presentan las curvas de intensidad - duración - frecuencia de dicha zona.

3.3.2.1. Precipitación mensual

Con el fin de establecer el régimen pluviométrico en la zona de estudio, se utilizaron los registros históricos de precipitaciones totales mensuales de la estación pluviográfica El Bosque (2120085).

No se hicieron análisis de homogeneidad, ya que los registros mensuales se utilizaron para tener un conocimiento general del régimen pluviométrico y no para calcular caudales de diseño de las obras de drenaje.

La distribución temporal de la precipitación se presenta en forma monomodal, con tendencia similar al la del piedemonte. Este régimen presenta un solo máximo hacia mediados del año, y un sólo mínimo a finales y principios del año.

La precipitación aumenta desde el mes de abril hasta los meses de mayo, junio o julio, para después disminuir paulatinamente hasta febrero o marzo. En la figura 7 se presenta el hietograma de precipitaciones de la zona.

La precipitación media multianual es de 1409.7 mm y la precipitación máxima diaria ocurrió en el mes de abril de 1979, con un valor de 85 mm.

3.3.2.2. Precipitaciones de corta duración

Para el análisis de los aguaceros de corta duración, que son los que generan los caudales máximos, se tomó la curva IDF de la estación El Bosque, de acuerdo con la información del “*Estudio para el Análisis y Caracterización de tormentas en la Sabana de Bogotá*”, la cual se muestra en la figura 6.

3.3.3. Cálculo de caudales máximos

Para el cálculo del caudal máximo esperado, se utilizará la fórmula racional, aceptada para cuencas menores de 1 Km², la cual estima los caudales a partir de la intensidad máxima correspondiente a la frecuencia de diseño y a una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca vertiente, el área de la cuenca, y el coeficiente de escorrentía de la misma.

El coeficiente de escorrentía se estimó considerando la morfometría del terreno, la permeabilidad del suelo, la vegetación y la capacidad de almacenaje de agua en la zona de estudio. El valor seleccionado para este parámetro fue de 0.65, el cual corresponde a una morfometría accidentada (pendiente entre 10% y el 30%), permeabilidad del suelo baja, poca vegetación y baja capacidad de almacenaje de agua.

Por tratarse de microcuencas de pendiente media a alta, los tiempos de concentración se calcularon por medio de la fórmula de Kirpich, la cual estima este parámetro a partir de la longitud y la pendiente de la cuenca. Para una longitud de 0.18 Km y una pendiente media del 23% de la cuenca en estudio, el tiempo de concentración resulta ser 1.9 min. Para efectos de análisis, se adopta un tiempo de concentración de 15 min, de acuerdo con la práctica normalmente aceptada.

3.4. GEOTECNIA

3.4.1. Inventario de procesos de inestabilidad

En la zona del estudio existen tres procesos de inestabilidad independientes, tal como se muestra en el plano de Inventario de procesos y se describe a continuación:

El primer proceso, que es concretamente el objeto de este estudio, es el deslizamiento que se ha generado en el costado oriental de la manzana N. El deslizamiento tiene dirección nororiental - suroccidental. El escarpe tiene alturas comprendidas entre 0.50 y 1.00 m y se encuentra localizado dentro de los límites de un lote no construido, propiedad de la comunidad, aproximadamente a 3.0 m de la línea proyectada de paramento de las viviendas de la calle 83A Sur. En la dirección del movimiento, el deslizamiento tiene una longitud de 14 m, con una diferencia de nivel entre corona y pata de aproximadamente 13 m. El largo de la zona afectada es de 10 m, aproximadamente.

El segundo proceso está relacionado con los rellenos ejecutados para la construcción de las viviendas, particularmente los rellenos ejecutados en los lotes N-7, N-8 y N-9, en la parte alta de la manzana, en los cuales se están iniciando deslizamientos, amenazando las viviendas de los lotes N-4, N-5 y N-6, en la parte baja. Estos procesos de inestabilidad se deben al uso de materiales inadecuados y procesos de compactación deficientes, y no a fenómenos naturales, razón por la cual, en este informe se plantearán recomendaciones generales, las cuales deberán ser ejecutadas por los propietarios de los lotes y viviendas, para lo cual, la UPES podrá prestar asesoría, si lo estima conveniente.

El tercer proceso está relacionado con el fenómeno regional descrito en el numeral 2.6 que, como se indicó, no hace parte del alcance de este estudio. Sin embargo, se anota que algunas de las viviendas de la manzana J y de otras manzanas del barrio, se encuentran afectadas por este proceso.

En el plano de Inventario de procesos se muestra la localización de los movimientos relacionados con los tres procesos inestables mencionados.

3.4.2. Investigación del subsuelo

Sondeos

Se efectuaron dos sondeos de 7.30 y 8.00 m de profundidad, ubicados sobre el eje del deslizamiento, el primero en la parte alta y el segundo en la parte media de la zona deslizada. La localización de los sondeos se presenta en el plano topográfico.

Los sondeos se efectuaron utilizando un equipo de perforación rotatoria, avanzando mediante percusión y lavado, rotación con barreno helicoidal, rotación con tricono o rotación con corona de diamante, dependiendo del tipo de material encontrado a medida que se profundizaba.

En los estratos conformados por suelos, se tomaron muestras por lo menos cada 1.00 m de profundidad, mediante el procedimiento del ensayo de penetración estándar, mientras que en los estratos rocosos se tomaron núcleos en forma continua. Debido a que los estratos cohesivos encontrados contienen apreciables contenidos de grava fina, no fue posible obtener muestras inalteradas.

De cada sondeo se llevó un registro de campo, en el cual se consignó la descripción visual, tipo y profundidad de cada muestra, las profundidades en las que se registraron cambios en la estratigrafía, resultados de los ensayos de campo efectuados, variación del nivel de agua en la perforación y métodos de avance de la perforación.

Ensayos

Sobre la totalidad de las muestras obtenidas mediante la ejecución de sondeos se efectuaron ensayos de límites de consistencia líquido y plástico y lavado sobre tamiz 200, con el propósito de determinar la clasificación de los materiales según el sistema U.S.C. Además se efectuaron ensayos de peso unitario y humedad natural, los cuales junto con los anteriores y los resultados de los ensayos de resistencia a la penetración estándar, permitieron obtener estimativos de las propiedades mecánicas requeridas para acometer los análisis de estabilidad.

En el anexo 3 se encuentran los cuadros resumen de los resultados de los ensayos de laboratorio efectuados.

Perfil estratigráfico de diseño

A partir de los trabajos de campo y laboratorio, se procedió a elaborar los registros definitivos de los sondeos, los cuales se adjuntan al presente estudio en el anexo 3. Con estos registros y apoyados en los resultados de los trabajos de geología, se

estableció el perfil estratigráfico de diseño, el cual se detalla más adelante, describiendo los estratos encontrados de arriba hacia abajo (ver figura 8).

Los parámetros de resistencia fueron evaluados a partir de los resultados de los ensayos de penetración estándar, estimando el ángulo de fricción interna equivalente (el cual incluye el efecto de la cohesión) a partir de correlaciones y calculando la resistencia al corte correspondiente a la presión vertical efectiva a la profundidad en que se tomó cada muestra. Así se estimaron las envolventes de resistencia, de las cuales, mediante análisis de regresión, se obtuvieron los primeros estimativos de los parámetros de resistencia (ángulo de fricción interna y cohesión efectivas). Teniendo en cuenta que con esta metodología, basada en los resultados de los ensayos de penetración estándar, se obtienen valores de cohesión menores que los reales, éstas fueron ajustadas durante el análisis de estabilidad mediante la técnica de retroanálisis.

Estrato No. 1

Depósito reciente de arcillas y arcillas limosas mezcladas con desechos de construcción. Tiene un espesor variable entre 1.40 m en la parte alta del talud y 0.80 m en la parte baja. Sus propiedades índice y mecánicas son las siguientes:

Límite líquido	:	31%
Límite plástico	:	17%
Índice de plasticidad	:	14%
Pasa tamiz 200	:	60%
Clasificación U.S.C.	:	CL

Peso unitario	:	1.79 T/m ³
Humedad natural	:	11%
Resistencia a la penetración estándar	:	6 golpes/pie
Ángulo de fricción interna efectivo	:	26.0°
Cohesión efectiva	:	0.05 T/m ²

Estrato No. 2

Depósito de pendiente conformado por arcillas de baja plasticidad, con altos contenidos de arena y fragmentos de arenisca tamaño grava. Su espesor promedio es de 3.00 m y sus propiedades índice y mecánicas son las siguientes:

Límite líquido	:	35%
Límite plástico	:	18%
Índice de plasticidad	:	17%
Pasa tamiz 200	:	62%
Clasificación U.S.C.	:	CL

Peso unitario	:	1.83 T/m ³
Humedad natural	:	17%
Resistencia a la penetración estándar	:	8 golpes/pie
Ángulo de fricción interna efectivo	:	25.2°
Cohesión efectiva	:	0.05 T/m ²

Estrato No. 3

Suelo residual constituido por arcillas y arcillas arenosas de plasticidad media, con fragmentos de arenisca. Su espesor varía entre 1.40 m, en la parte alta del talud, y 2.00 m en la parte baja. Sus propiedades índice y mecánicas son las siguientes:

Límite líquido	:	38%
Límite plástico	:	17%
Índice de plasticidad	:	21%
Pasa tamiz 200	:	75%
Clasificación U.S.C.	:	CL

Peso unitario	:	1.96 T/m ³
Humedad natural	:	18%
Resistencia a la penetración estándar	:	15 golpes/pie
Ángulo de fricción interna efectivo	:	23.7°
Cohesión efectiva	:	0.76 T/m ²

Estrato No. 4

Arcillolita meteorizada, rojiza con vetas blancas y moradas, con niveles de arenisca. Sus propiedades índice y mecánicas son las siguientes:

Límite líquido	:	42%
Límite plástico	:	19%
Índice de plasticidad	:	24%
Clasificación U.S.C.	:	CL

Peso unitario	:	1.90 T/m ³
Ángulo de fricción interna efectiva	:	27.3°
Cohesión efectiva	:	0.94 T/m ²

Agua freática

En la época de ejecución de los trabajos de investigación del subsuelo, el nivel piezométrico se encontró a una profundidad variable entre 2.10 m en la parte alta del talud, y 2.80 m en la parte baja. Teniendo en cuenta que predominaba el tiempo seco, se estima que el nivel piezométrico subirá en la época de lluvias, pudiendo llegar a niveles muy cercanos al de la superficie del terreno.

4. DIAGNOSTICO

4.1. ORIGEN DEL PROBLEMA

Para realizar el planteamiento del origen del problema se efectuaron análisis de estabilidad del talud, teniendo en cuenta los materiales depositados recientemente y variando la posición de la superficie del agua, con el fin de evaluar los efectos de dicha variación sobre la estabilidad del talud.

En el anexo 5, “Memorias de cálculo”, se presentan las superficies de deslizamiento más críticas para las diferentes condiciones analizadas y a continuación se presenta un resumen de los factores de seguridad obtenidos:

Condición	Factor de seguridad
Talud seco	1.29
Agua a nivel de contacto depósito de ladera / suelo residual	1.29
Agua al nivel encontrado en las perforaciones	1.27
Agua a nivel depósito reciente / depósito de ladera	0.88

Los resultados anteriores permiten establecer que, aunque la deposición de rellenos en la parte alta del talud degradaron las condiciones de estabilidad del mismo, el agente detonante del proceso fue el aumento en los niveles de agua, lo cual concuerda con el hecho de que el deslizamiento se haya producido a mediados del año anterior, en época de lluvias.

4.2. VIVIENDAS AFECTADAS

Como ya ha sido indicado, la única vivienda afectada por el fenómeno, fue la construida en el lote N-2, parte baja del talud, debido a que el terreno de fundación quedó involucrado en la pata del deslizamiento. No obstante lo anterior, en el [plano de daños en viviendas](#), se muestran algunas de las casas afectadas por el fenómeno regional descrito en el numeral 2.6.

Por otra parte, tal como se indicó en el numeral 2.5, si no se toman las medidas correctivas necesarias, el problema podría avanzar, afectando otros predios.

4.3. ESCENARIO ACTUAL

En el [Plano No. 6 del Anexo 7](#), “Zonas de afectación”, se muestran esquemáticamente las zonas afectadas o que podrían ser afectadas en un futuro por los diferentes procesos de inestabilidad.

Se presenta en sombreado rojo, las zonas que actualmente están afectadas por procesos de inestabilidad, en las cuales, actualmente, no se puede permitir la construcción de viviendas, pues colapsarían. Tal es el caso del lote de la parte nororiental de la manzana N y los lotes N-1, N-2, N-11 y N-12, afectados por el primer proceso de inestabilidad descrito en el numeral 3.4.1, y los lotes N-8 y N-9, afectados por el segundo proceso de inestabilidad.

En sombreado amarillo, se presentan los lotes y/o viviendas sobre las que existe posibilidad de que resulten afectadas como consecuencia del desarrollo o extensión de los procesos de inestabilidad, en caso de que no se ejecuten las acciones correctivas propuestas.

Por último, en sombreado verde, se muestran las zonas con poca posibilidad de ser afectadas por los fenómenos aquí estudiados.

Es necesario resaltar que no se muestra la afectación por el fenómeno regional descrito en el numeral 2.6 (tercer proceso), pues éste cubre un área mucho mayor que la zona de estudio y su estudio no se encuentra dentro del alcance del contrato.

5. SOLUCION DEL PROBLEMA

5.1. PLANTEAMIENTO DE OBRAS DE ESTABILIZACION

En cuanto al deslizamiento del lote del costado nor-oriental de la manzana N (primer proceso), debido a que el problema es causado básicamente por la alta posición del nivel piezométrico, se plantea como única alternativa abatir dicho nivel mediante la construcción de cunetas y trincheras drenantes, previa remoción y reposición del material deslizado, el cual se contendrá en la parte inferior del talud mediante un muro de contención, con el objeto de habilitar una franja de la zona para el estacionamiento de microbuses. Para la parte alta del talud, se propone su arborización, dejando en su costado occidental una escalera para permitir el acceso a dicha zona y a la calle 83A Sur.

Por otra parte, para los deslizamientos que se están generando en los rellenos de los lotes N-8 y N-9 (segundo proceso), se recomienda que, antes de la construcción de las viviendas, tales rellenos sean removidos y reconstruidos, reforzándolos mediante la inclusión de mantos de geotextil no tejido. Tanto los taludes de cortes como los de rellenos, deberán recubrirse, para lo cual se propone el uso de mortero con malla electrosoldada, fijada al talud con barras de acero liso. Además, en la base de los cortes y rellenos, deberán construirse cunetas que recojan y evacúen las aguas al sistema de drenaje de las vías. Estas obras conciernen a las viviendas

propriadamente dichas, por lo cual se propone que su construcción sea ejecutada por parte de los propietarios.

5.2. ESCENARIO POST-CONSTRUCCION

Los análisis de estabilidad de la zona una vez reconfigurado el talud y abatido el nivel del agua freática, indican que se consigue aumentar el factor de seguridad a 1.53, con lo cual se elimina la amenaza sobre las viviendas vecinas.

En el anexo 5, "Memorias de cálculo", se presenta la superficie de deslizamiento más crítica, indicando el factor de seguridad conseguido.

En el [Plano No. 7 del Anexo 7](#), "Mejoramiento de la estabilidad geotécnica", se muestra el efecto de las obras. Se presentan en sombreado verde las zonas afectadas que mejorarán directamente con el tratamiento, y en sombreado amarillo las zonas afectadas que mejorarán indirectamente con el tratamiento. Nuevamente, es necesario recalcar que no se muestra la afectación por el fenómeno regional descrito en el numeral 2.6.

5.3. PREDIMENSIONAMIENTO DE OBRAS Y ESTIMATIVO DE COSTOS

A continuación se presenta un estimativo de los costos de las obras para estabilización geotécnica.

Descripción	Cantidad	Unidad	Valor unitario	Valor parcial
Reconformación del talud				
Excavación	2016,00	m3	17.200	34.675.200
Relleno material del sitio	1512,00	m3	5.500	8.316.000
Obras de estabilización				
Excavación para estructuras	124,00	m3	21.353	2.647.772
Muro de contención en concreto reforzado	97,50	m3	335.000	32.662.500
Relleno compactado para estructuras	189,00	m3	21.130	3.993.570
Cunetas en concreto 0,25 x 0,25	205,00	ml	30.860	6.326.300
Trincheras drenantes	92,00	m3	33.800	3.109.600
Filtro muro de contención	86,00	m3	33.800	2.906.800
Cámara de inspección	1,00	un	115.000	115.000
Conducción en tubería de concreto de 6"	20,00	ml	15.920	318.400
Obras de urbanismo				
Empradización	525,00	m2	3.200	1.680.000
Arborización	25,00	unidad	5.000	125.000
Pavimento	250,00	m2	46.280	11.570.000
Costo directo				108.446.142
A.I.U. (25%)				27.111.536
Costo total				135.557.678

6. CONCLUSIONES

En primer término, es necesario recalcar que, además del problema puntual, objeto del presente estudio, existe un fenómeno regional que abarca gran parte de la ladera sobre la que se encuentra construido el barrio, el cual deberá ser objeto de un estudio posterior.

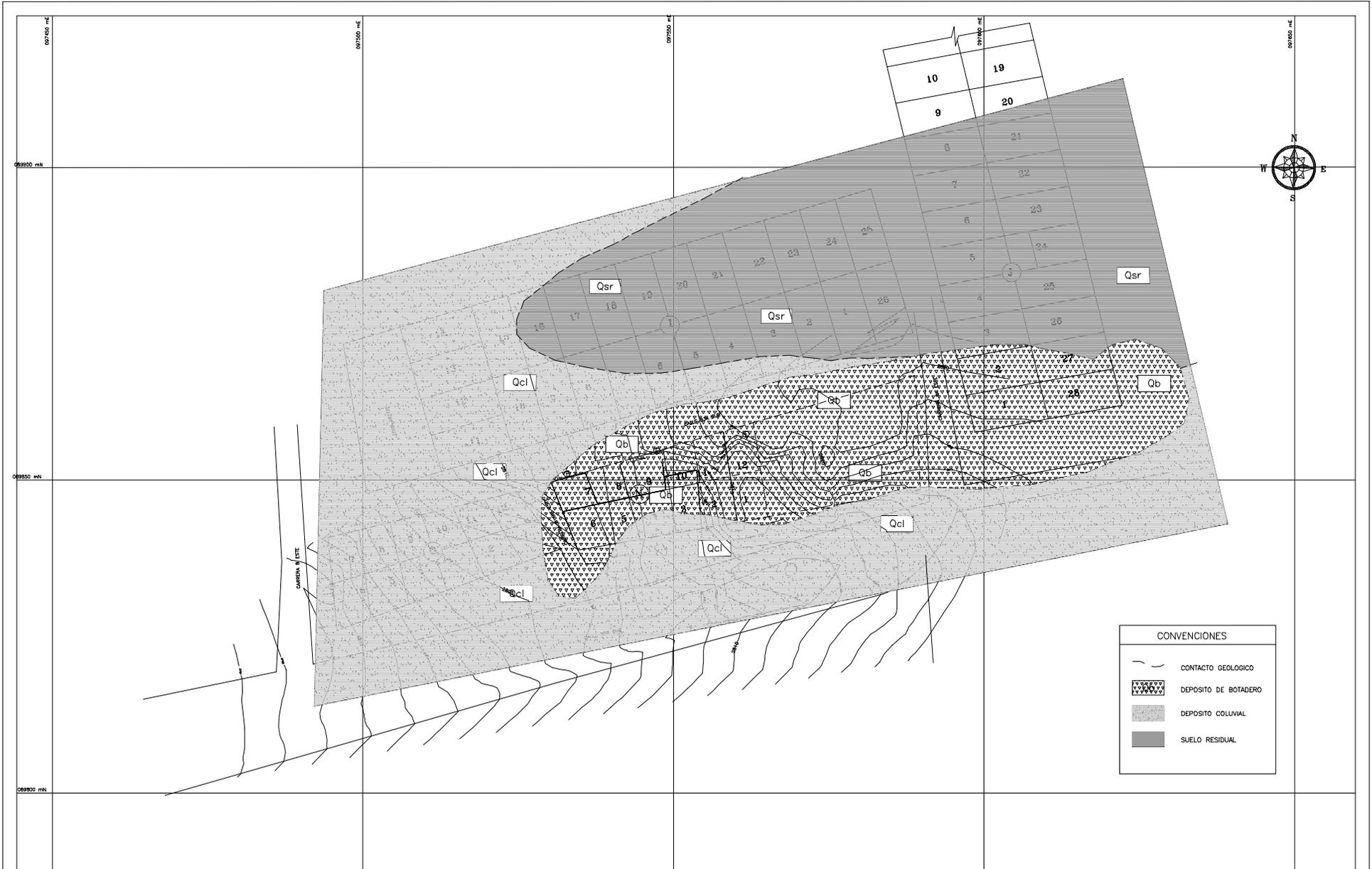
También existen procesos de inestabilidad asociados con la construcción de rellenos para la edificación de viviendas, los cuales deberán ser removidos y reconstruidos por los propietarios, de acuerdo con las recomendaciones dadas en este informe.

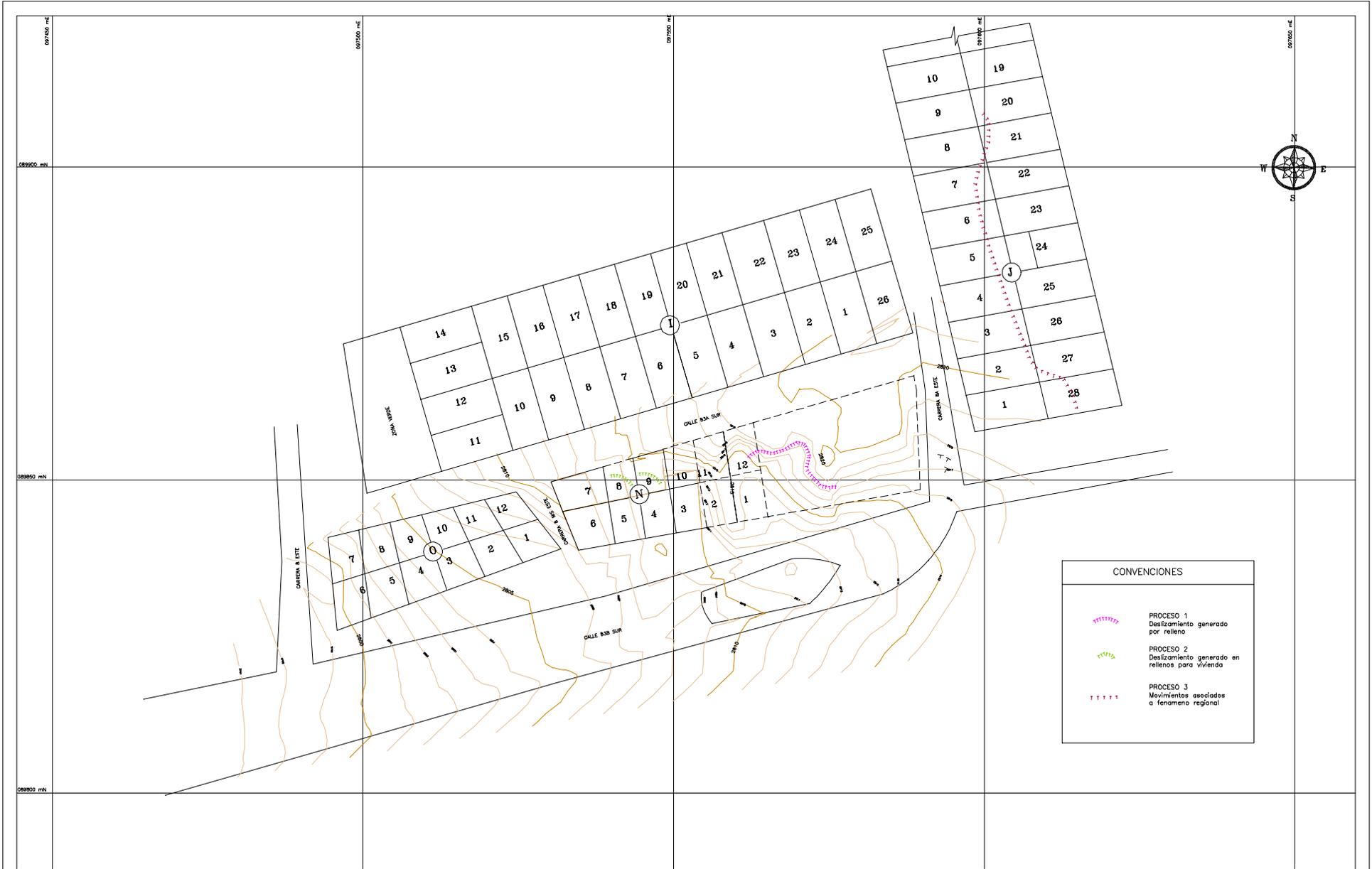
La ocurrencia del fenómeno objeto de este estudio se debió a la acción simultánea del ascenso de los niveles piezométricos y el incremento de esfuerzos cortantes en la masa de suelo, como consecuencia de la deposición de rellenos en la parte alta del talud.

Por la anterior razón, como solución se propone la reconfiguración del talud, previa remoción y reposición del material deslizado, dejando embebido un sistema de drenaje consistente en trincheras drenantes, con el fin de garantizar el abatimiento de los niveles piezométricos. Para proveer un espacio para estacionamiento de vehículos, conservando una pendiente suave del talud, se requiere un muro de contención en la parte baja, así como delante de las viviendas construidas sobre la calle 83A Sur (ver plano de Obras de estabilización, en el anexo 2).

Toda la zona deberá ser tratada urbanísticamente, para lo cual, en el informe final, se presenta el diseño urbanístico del área de estudio.

ANEXO 6. PLANOS





FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS (FOPAE)
 UNIDAD DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS (UPES)

ESTUDIOS Y DISEÑOS DE ESTABILIDAD GEOTÉCNICA
 CONTROL DE EROSIÓN Y MANEJO DE AGUAS
 PARA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES
 CONTRATO No. 1314-111-1997

CONSULTOR
INGEOCIM LTDA
 Ingenieros Consultores

LEVANTO: M. M.
 REVISÓ: Ing. L. F. V.
 APROBÓ: Ing. L. F. V.

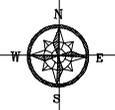
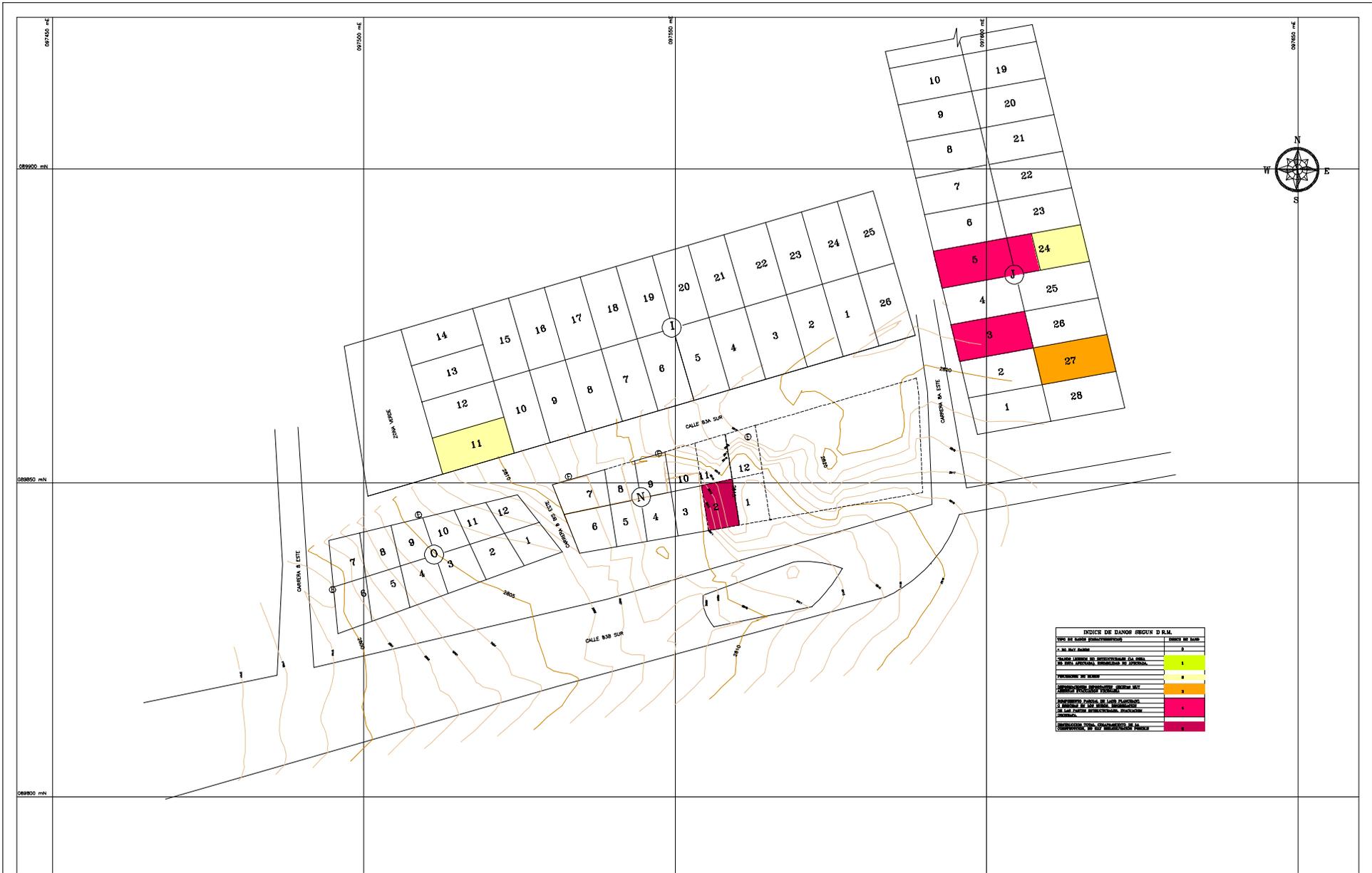
ESCALA:
 1 : 250

FECHA:
 MARZO - 1998
 REVISIÓN No.: 1

SITIO:
 ALTOS DEL PINO

CONTIENE
 INVENTARIO DE PROCESOS
 DE INESTABILIDAD

PLANO No. 3 DE 7
 DIBUJÓ: R. M.
 ARCHIVO MAGNETICO: APPROCC.DWG



INDICE DE DAÑOS RESCUN D.R.M.	
TIPO DE DAÑO (DESCRIPCIONES)	INDICE DE DAÑO
1- No hay daños	0
2- Daños menores de deterioración del suelo por erosión superficial, hundimiento de terreno.	1
3- Torsiones de muros	2
4- Desplazamiento de muros, hundimiento de muros	3
5- Desplazamiento parcial de la losa planchada, hundimiento de la losa planchada, hundimiento de las paredes, hundimiento, hundimiento	4
6- Desplazamiento total, hundimiento de la construcción, hundimiento de la losa planchada	5

FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS (FOPAE)
UNIDAD DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS (UPES)

ESTUDIOS Y DISEÑOS DE ESTABILIDAD GEOTÉCNICA
CONTROL DE EROSIÓN Y MANEJO DE AGUAS
PARA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES
CONTRATO No. 1314-111-1997

CONSULTOR:
INGEOCIM LTDA
Ingenieros Consultores

LEVANTO: Ing. J. N.
REVISÓ: Ing. L. F. V.
APROBÓ: Ing. L. F. V.

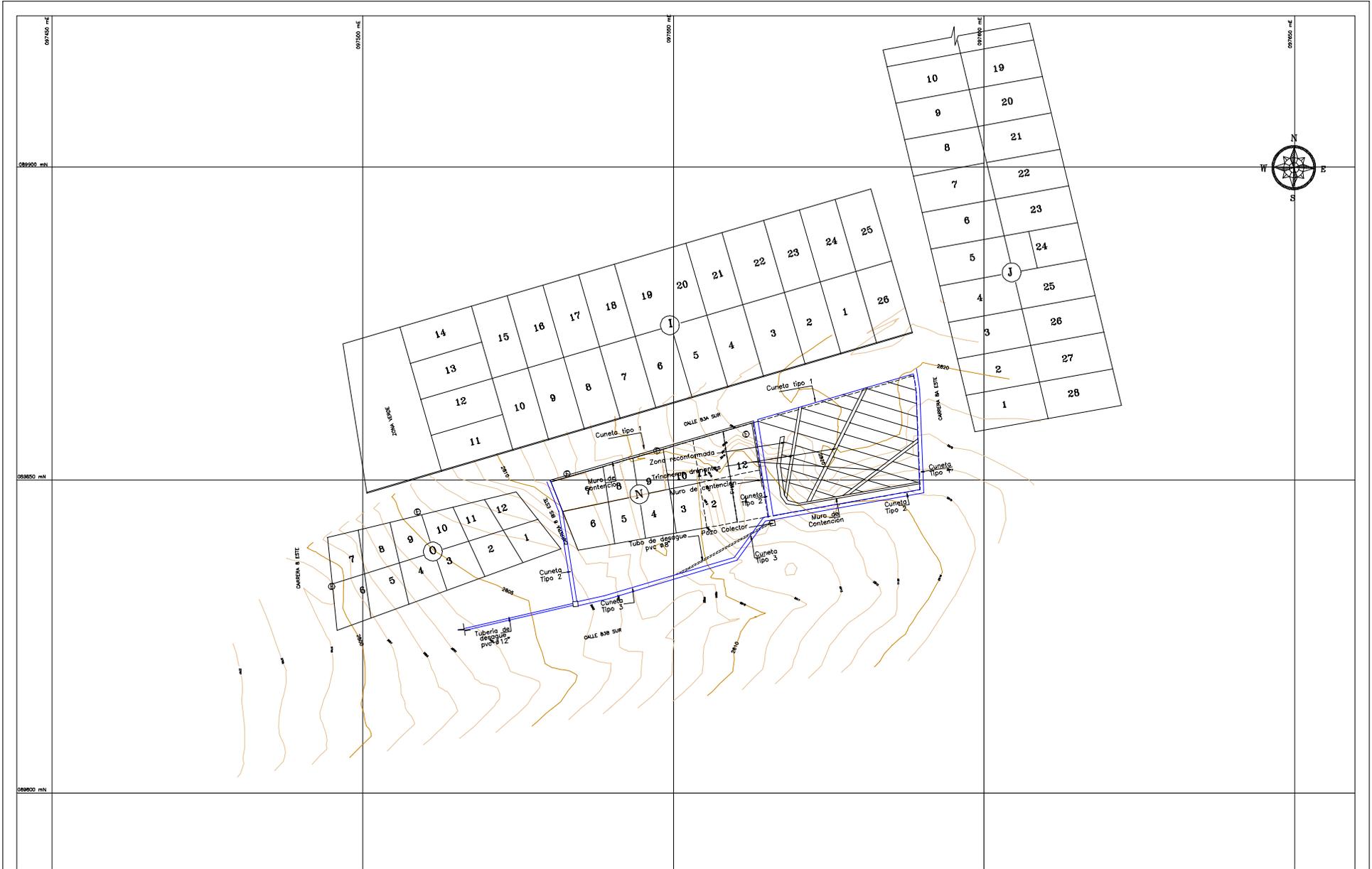
ESCALA:
1 : 250

FECHA:
MARZO - 1998
REVISIÓN No. 1

SITO:
ALTOS DEL PINO

CONTIENE:
VIVIENDAS AFECTADAS

PLANO No. 4 DE 7
DIBUJÓ: R. M.
ARCHIVO MAGNETICO: APV14V.DWG



FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS (FOPAE)
 UNIDAD DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS (UPES)

ESTUDIOS Y DISEÑOS DE ESTABILIDAD GEOTÉCNICA
 CONTROL DE EROSIÓN Y MANEJO DE AGUAS
 PARA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES
 CONTRATO No. 1314-111-1997

CONSULTOR
INGEOCIM LTDA
 Ingenieros Consultores

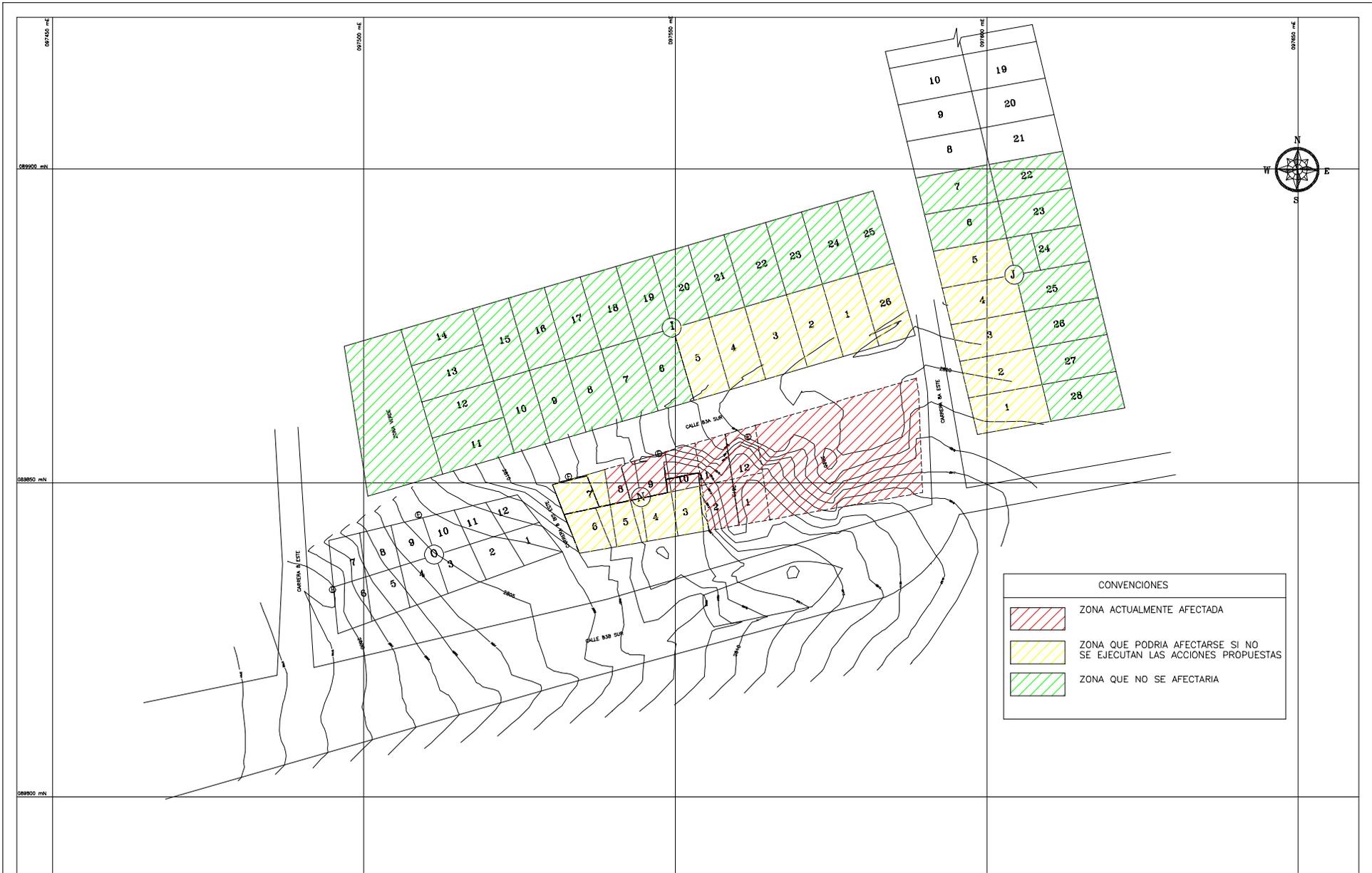
DISEÑO: Ing. J. N.
 REVISÓ: Ing. L. F. V.
 APROBÓ: Ing. L. F. V.

ESCALA: 1 : 250
 FECHA: MARZO - 1998
 REVISIÓN No.: 1

SITO: ALTOS DEL PINO

CONTIENE: OBRAS DE ESTABILIZACIÓN

PLANO No. 5 DE 7
 DIBUJÓ: R. M.
 ARCHIVO MAQUETAS: APOBRASO.DWG





CONVENCIONES	
	ZONA AFECTADA QUE NO MEJORARA CON EL TRATAMIENTO
	ZONA AFECTADA QUE MEJORARA INDIRECTAMENTE CON EL TRATAMIENTO
	ZONA AFECTADA QUE MEJORARA DIRECTAMENTE CON EL TRATAMIENTO

FONDO PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS (FOPAE)
UNIDAD DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS (UPES)

ESTUDIOS Y DISEÑOS DE ESTABILIDAD GEOTÉCNICA
CONTROL DE EROSIÓN Y MANEJO DE AGUAS
PARA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES
CONTRATO No. 1314-111-1997

CONSULTOR
INGEOCIM LTDA
Ingenieros Consultores

REALIZÓ: Ing. J. N.
REVISÓ: Ing. L. F. V.
APROBÓ: Ing. L. F. V.

ESCALA: 1 : 250
FECHA: MARZO - 1998
REVISIÓN No.: 1

SITIO: ALTOS DEL PINO

CONTIENE: MEJORAMIENTO DE LA ESTABILIDAD GEOTÉCNICA

PLANO No. 7 DE 7
DIBUJÓ: R. M.
ARCHIVO MAQUETAS: APESGPOS.DWG