

**INTERVENTORIA DE ESTABILIDAD DE TALUDES E INVERSION
SOCIAL DEL PROYECTO SISMICO ACEVEDO 2D 2001**

ALEJANDRO GIRALDO CASTAÑO

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE MANIZALES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERIA CIVIL
MANIZALES
2002**

**INTERVENTORIA DE ESTABILIDAD DE TALUDES E INVERSION
SOCIAL DEL PROYECTO SISMICO ACEVEDO 2D 2001**

ALEJANDRO GIRALDO CASTAÑO

**Trabajo de Grado en la modalidad Pasantía
para optar al título de Ingeniero Civil**

Director

OSCAR AUGUSTO MUÑOZ HENAO

Geólogo Msc.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE MANIZALES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA CIVIL
MANIZALES
2002**

INTERVENTORÍA DE ESTABILIDAD DE TALUDES E INVERSIÓN SOCIAL DEL PROYECTO
SISMICO ACEVEDO 2D 2001

A mi hija Sofia, quien representa la alegría de mis días, a mi esposa y a mi madre.

AGRADECIMIENTOS

Muchas son las personas a las que quiero agradecer la culminación de esta etapa de mi vida, especialmente a mi Madre que siempre ha sido la persona que me ha apoyado, a mi esposa e hija por su amor y paciencia y a Oscar Muñoz por su amistad y por las oportunidades en el campo profesional.

RESUMEN

El Proyecto Sísmico Acevedo 2D 2001 se llevó a cabo en el Departamento del Huila, en el área comprendida entre los municipios de Acevedo y Suaza. La Empresa operadora del Bloque es Talisman Colombia Oil and Gas, empresa Canadiense que concedió el proceso de exploración sísmica a la firma Grant Geophysical y la responsabilidad de la Interventoría Social, Interventoría de Estabilidad de Taludes, Interventoría Arqueológica e Interventoría de Seguridad a la empresa Geocol Ltda. Por medio de esta última se desarrollo la Pasantía que en el presente informe se describe.

En la Pasantía “Interventoría de Estabilidad de Taludes e Inversión Social del Proyecto Sísmico Acevedo 2D 2001, se lograron tres objetivos principales:

1. Registro y caracterización de los procesos erosivos a lo largo de las diferentes líneas sísmicas involucradas en el proyecto.
2. Análisis de la vulnerabilidad de los suelos ante las ondas sísmicas generadas durante el proyecto .
3. Evaluación de proyectos de inversión social presentados por las diferentes veredas del área de influencia directa del proyecto que se relacionaran con el campo civil.

El primer objetivo se logró básicamente con un laborioso trabajo de campo, recorriendo uno a uno los 313,5 kilómetros de líneas sísmicas. Los procesos erosivos se registraron en una plantilla especialmente diseñada para tal fin por la interventoría.

Las pruebas para el análisis de la vulnerabilidad de los suelos se hicieron en diferentes áreas, cada una de ellas con un grado de susceptibilidad diferente para tener varios tipos de resultados.

Por último, los proyectos de inversión social se analizaron y se dio a las diferentes comunidades la asesoría necesaria para llevarlos a cabo, cumpliendo con los requisitos exigidos por ellos y dentro del tiempo y el presupuesto estimado.

SUMMARY

The seismic project Acevedo 2D 2001 took place in the department of Huila, in the area between the municipalities of Acevedo and Suaza. The operating company of the block is Talisman Colombian Oil and Gas, Canadian company that ceased the seismic exploration to the firm Grant Geophysical and the responsibility for the social prosecution, slopes stability, archeology and security prosecution to Geocol Ltda. Through the last one this work took place.

In the brief "Slope stability and social investment prosecution in the seismic project Acevedo 2D 2001", the three main objectives were achieved:

1. Registration and characterization of the erosive processes along the seismic lines involved in the project.
2. Vulnerability analysis of the soils due the seismic waves generated during the project.
3. Evaluation of the social investment projects presented by the different footpaths of the direct influence area of the project related to the civil field.

The first objective was achieved basically with a tenacious field work, traveling through each and every kilometer along the seismic lines. The erosive processes were registered in an specially design form for that prosecution process.

The tests for the vulnerability analysis of the soils were developed in different areas, each one of them with a different susceptibility degree in order to obtain different results.

Last, the social investment projects were analyzed and it was given to the different communities the necessary advise to make them happen, fulfilling the requirements by them within the estimated time and budget.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	1
1. OBJETIVOS.....	3
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	3
2. ANTECEDENTES.....	5
3. JUSTIFICACIÓN.....	7
4. MARCO TEORICO.....	9
4.1. EFECTOS DE LA EXPLOCIÓN CONFINADA.....	11
4.2. TIPOS DE ONDAS.....	14
4.3. EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS EN LA PERFORACION Y DETONACION DE LOS POZOS DE PRUEBA.....	15
4.3.1. Sismigel.....	15
4.3.2. Fulminante eléctrico sismográfico.....	16
4.3.3. Equipo utilizado para la perforación.....	17
4.4. PROCESOS DENUDATIVOS (Erosivos, Movimientos en masa).....	18
4.4.1. Procesos denudativos superficiales (erosión).....	18
4.4.2. Procesos denudativos profundos (Movimientos en masa).....	19
5. METODOLOGIA.....	21
6. PRUEBAS EXPERIMENTALES PARA EL ANALISIS DE LA VULNERABILIDAD DE LOS SUELOS ANTE LAS ONDAS SISMICAS.....	24
6.1. GENERALIDADES.....	24
6.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	26
6.2.1. Recopilación bibliográfica.....	26
6.2.2. Definición y caracterización.....	26
6.2.3. Perforación y muestreo.....	27
6.2.4. Análisis de la información obtenida.....	27
6.3. DESARROLLO DEL PROCESO.....	28
6.3.1. Zona de Prueba No. 1.....	29

INTERVENTORÍA DE ESTABILIDAD DE TALUDES E INVERSIÓN SOCIAL DEL PROYECTO
SISMICO ACEVEDO 2D 2001

	Pág.
6.3.2. Zona de Prueba No. 2.....	32
6.3.3. Zona de Prueba No. 3.....	34
6.3.4. Zona de Prueba No. 4.....	37
6.4. ANÁLISIS, EXPERIMENTACIÓN Y RESULTADOS DE LOS ENSAYOS FISICO MECANICOS.....	41
6.4.1. Sitio de prueba No. 1.....	44
6.4.2. Sitio de prueba No. 2.....	45
6.4.3. Sitio de prueba No. 3.....	47
6.4.4. Sitio de prueba No. 4.....	49
7. DESARROLLO INTERVENTORIA DE ESTABILIDAD DE TALUDES.....	52
7.1. DESCRIPCION DEL PROCESO.....	52
7.1.1. Revisión bibliográfica y documentación.....	52
7.1.2. Inducción y plan de capacitación.....	52
7.1.3. Trabajo de campo.....	53
7.1.4. Trabajo de oficina y procesamiento de la información.....	54
7.2. INFORMACIÓN OBTENIDA Y CONSOLIDAD POR LÍNEAS.....	54
7.2.1. Consolidado final de procesos erosivos por línea.....	58
8. PROYECTOS DE INVERSION SOCIAL.....	61
8.1. METODOLOGIA EMPLEADA EN EL PROCESO DE EVALUACION DE LOS PROYECTOS.....	62
8.1.1. Adecuación de polideportivo.....	64
8.1.2. Mantenimiento de vías.....	65
8.1.3. Construcción cocina escolar.....	66
8.1.4. Construcción Tanque de almacenamiento de agua.....	67
8.1.5. Construcción unidad sanitaria en escuela.....	68
8.1.6. Construcción obras de arte sobre vía de acceso vereda Los Angeles.....	69
8.1.7. Construcción tanque séptico para seis viviendas.....	70
8.1.8. Construcción muro de gavión.....	70
8.1.9. Cerramiento aula múltiple.....	73
9. ANALISIS DE RESULTADOS.....	75
9.1. PRUEBAS EXPERIMENTALES PARA EL ANALISIS DE LA VULNERABILIDAD DE LOS SUELOS ANTE LAS ONDAS SISMICAS.....	75
9.2. INTERVENTORIA DE ESTABILIDAD DE TALUDES.....	83
9.3. PROYECTOS DE INVERSION SOCIAL.....	84
10. CONCLUSIONES.....	85
10.1. PRUEBAS EXPERIMENTALES.....	85
10.2. INTERVENTORIA DE ESTABILIDAD DE TALUDES.....	87

	Pág.
11. RECOMENDACIONES	89
11.1. PRUEBAS EXPERIMENTALES.....	89
11.2. INTERVENTORIA DE ESTABILIDAD DE TALUDES.....	89
BIBLIOGRAFIA	92

LISTA DE TABLAS

	Pág.
TABLA No. 4.1: Características técnicas del equipo de perforación.....	17
TABLA No. 6.1: Coordenadas Pozos de Prueba.....	24
TABLA No. 6.2: Ensayos Pozos de Prueba No. 1.....	31
TABLA No. 6.3: Ensayos Pozos de Prueba No. 1A.....	31
TABLA No. 6.4: Ensayos Pozos de Prueba No. 2.....	33
TABLA No. 6.5: Ensayos Pozos de Prueba No. 2A.....	34
TABLA No. 6.6: Ensayos Pozos de Prueba No. 3.....	36
TABLA No. 6.7: Ensayos Pozos de Prueba No. 3A.....	37
TABLA No. 6.8: Ensayos Pozos de Prueba No. 4.....	39
TABLA No. 6.9: Ensayos Pozos de Prueba No. 4A.....	40
TABLA No. 6.10: Ensayos físico mecánicos zona de Prueba No. 1.....	44
TABLA No. 6.11: Ensayos físico mecánicos zona de Prueba No. 2.....	46
TABLA No. 6.12: Ensayos físico mecánicos zona de Prueba No. 3.....	48
TABLA No. 6.13: Ensayos físico mecánicos zona de Prueba No. 4.....	50
TABLA No. 7.1: Relación de procesos erosivos según la unidad Geológica sobre la cual se ubican.....	57
TABLA No. 7.2: Relación de procesos erosivos línea 3205 (Salvo 3206).....	59
TABLA No. 8.1: Proyectos realizados en cada Vereda.....	61

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1: Mapa de ubicación de zonas de prueba.....	25

LISTA DE GRAFICOS

	Pág.
Gráfico No. 1: Comparación Límite Líquido (Muestras a 5 m de profundidad).....	78
Gráfico No. 2: Comparación Límite Líquido (Muestras a 10 m de profundidad)....	78
Gráfico No. 3: Comparación Límite Plástico (Muestras a 5 m de profundidad).....	79
Gráfico No. 4: Comparación Límite Plástico (Muestras a 10 m de profundidad)....	79
Gráfico No. 5: Comparación Índice de Plasticidad (Muestras a 5 m de profund.)..	80
Gráfico No. 6: Comparación Índice de Plasticidad (Muestras a 10 m de profund.)	80
Gráfico No. 7: Comparación Densidades (Muestras a 5 m de profundidad).....	81
Gráfico No. 8: Comparación Densidades (Muestras a 10 m de profundidad).....	81
Gráfico No. 9: Comparación Índice de Expansión (Muestras a 5 m de profund.)..	82
Gráfico No. 10: Comparación Índice de Expansión (Muestras a 10 m de profun)	82

ANEXOS

ANEXO No. 1 : Mapa de localización general

ANEXO No. 2 : Mapa de localización de las pruebas

ANEXO No. 3 : Recopilación fotográfica.

ANEXO No. 4: Formatos con los datos obtenidos en el laboratorio

ANEXO No. 5: Formato del acta de registro de procesos erosivos

ANEXO No. 6: Actas diligenciadas de levantamiento de procesos erosivos

ANEXO No. 7: Base de datos con la relación de procesos erosivos en las líneas

ANEXO No. 8: Documentación requerida para la evaluación y aprobación de proyectos.

ANEXO No. 9: Reconocimiento de las autoridades públicas al trabajo realizado por el personal de la interventoría de Geocol Ltda. y de la Fundación Quiwe

INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento de los recursos que brinda la naturaleza es de vital importancia para la evolución económica y social de cualquier sociedad. Lo ideal es lograr una explotación física de estos en equilibrio con la naturaleza, donde se tenga un compromiso que permita un desarrollo sostenible.

Dentro de la realización de un proyecto de estas características la población que resulta directamente involucrada es de vital importancia para las empresas que de alguna forma hacen parte del trabajo. Por lo anterior la relación que existe con la comunidad se debe manejar de la forma más cordial posible, respetando su entorno y recursos, estimulando la mano de obra local y el comercio de la zona y brindando espacios adecuados de aprendizaje, recreación y sano esparcimiento.

Pensando en todo esto, la empresa Talisman Colombia Oil and Gas, involucro un amplio equipo de interventoría que abarcara todos los campos como la arqueología, el aspecto social, la seguridad y la estabilidad de taludes. Además destino un presupuesto de \$ 4.000.000 de pesos para la inversión social de cada una de las 52 veredas involucradas en el proyecto.

Con todos los parámetros analizados, se logró que el desarrollo del proyecto no tuviera ningún tropiezo, resultando cada una de las partes beneficiadas y obteniendo unos resultados muy satisfactorios en la parte humana y técnica en cada una de las etapas del trabajo desarrollado.

INTERVENTORÍA DE ESTABILIDAD DE TALUDES E INVERSIÓN SOCIAL DEL PROYECTO
SISMICO ACEVEDO 2D 2001

También se logró concluir de una forma adecuada, con los resultados esperados y cumpliendo a cabalidad cada uno de los objetivos trazados la pasantía “INTERVENTORIA DE ESTABILIDAD DE TALUDES E INVERSIÓN SOCIAL DEL PROYECTO SÍSMICO ACEVEDO 2D 2001”

Con la elaboración de este informe, se espera cumplir con todos los parámetros requeridos para optar al título de INGENIERO CIVIL de tan Prestigiosa Universidad. Además se anexan una serie de documentos que complementan la información y los datos para una total comprensión de los temas tratados.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar las obras civiles proyectadas en el Plan de Gestión Social y dirigir la Interventoría de Estabilidad de Taludes del Programa Sísmico Acevedo 2D 2001 a ejecutar por la Empresa GEOCOL LTDA. para La Empresa TALISMAN COLOMBIA OIL AND GAS en los Municipios de Acevedo y Suaza en el departamento del Huila.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Realizar un análisis de la vulnerabilidad de los suelos ante las ondas sísmicas generadas durante el desarrollo del Programa Sísmico Acevedo 2D 2001 para establecer las medidas ambientales que se deban consideran en este tipo de proyectos.
2. Registrar y caracterizar los procesos denudativos presentes a lo largo de las líneas sísmicas del Programa Sísmico Acevedo 2D 2001, con su respectivo anexo fotográfico.
3. Evaluar, presupuestar y diseñar los proyectos de inversión social de las veredas del área de influencia directa del proyecto que se relacionen con obras civiles como se describe en esta propuesta.

INTERVENTORÍA DE ESTABILIDAD DE TALUDES E INVERSIÓN SOCIAL DEL PROYECTO
SISMICO ACEVEDO 2D 2001

4. Cumplir con el requisito de trabajo de grado en la modalidad de pasantía para optar al Título de Ingeniero Civil de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.

2. ANTECEDENTES

Dentro de las actividades encaminadas a la búsqueda de los hidrocarburos se encuentra la exploración sísmica, por medio de la cual se recoge información del interior de la tierra tal como la estructura y tipos de rocas, a partir de las ondas generadas por la detonación de cargas explosivas.

En Colombia esta actividad es normalmente realizada en gran parte de la geografía nacional por ser un país rico en este recurso energético, como es el caso del Valle del Río Suaza, en el Municipio de Acevedo departamento del Huila.

Las Compañías Operadoras (en este caso TALISMAN COLOMBIA OIL AND GAS), siempre velan por el bienestar de las comunidades directa e indirectamente involucradas en este tipo de proyectos.

Desde la creación del Ministerio del Medio Ambiente que establece los parámetros de manejo y desarrollo de las actividades de exploración sísmica, se vienen desarrollando una serie de actividades encaminadas a la preservación de los recursos no renovables. Dentro de estos parámetros se han establecido una serie de medidas ambientales, con el fin de evitar cualquier daño o alteración de los recursos del medio ambiente.

La reglamentación específica para el proyecto se determinó en el Plan de Manejo Ambiental del Programa Sísmico Acevedo 2D 2001, elaborado por la Empresa AUDITORIA AMBIENTAL de la ciudad de Bogotá. En este se plasma la necesidad

INTERVENTORÍA DE ESTABILIDAD DE TALUDES E INVERSIÓN SOCIAL DEL PROYECTO
SISMICO ACEVEDO 2D 2001

de conformar la Interventoría de Estabilidad de Taludes por las características físicas predominantes en el área de influencia directa del proyecto.

Además la Empresa TALISMAN COLOMBIA OIL AND GAS, destinó parte del presupuesto para la inversión social del Programa Sísmico Acevedo 2D 2001 buscando cubrir las necesidades básicas de las comunidades en él involucradas, los cuales se determinaron basados en las experiencias tenidas por la Empresa en proyectos anteriores y previa concertación con las autoridades y representantes legales de la población, cumpliendo así la legislación nacional que rige la inversión en esta clase de proyectos.

La inversión social es uno de los aspectos que más estimula dentro de la comunidad la realización de programas sísmicos en el territorio nacional. Por medio de ésta, la comunidad se ve beneficiada por el desarrollo de actividades tales como la adecuación de vías, educación ambiental, dotación de escuelas y centros educativos, construcción de rellenos sanitarios, pozos sépticos y otras tantas actividades encaminadas al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes.

Con los proyectos de inversión, La Empresa TALISMAN estimuló el desarrollo de la actividad sísmica en la área involucrada y suplió en parte las necesidades básicas de la población con la participación directa de sus habitantes y con recursos propios que no generaron ninguna carga económica para el Municipio.

3. JUSTIFICACIÓN

El área de influencia del Proyecto Sísmico Acevedo 2D 2001, se encuentra localizada entre los Municipios de Acevedo y Suaza en el Departamento del Huila. (Ver Anexo No. 1). Esta región como muchas otras del territorio nacional, aquejan un nivel de desarrollo y una infraestructura que no cumple con las especificaciones necesarias para una buena calidad de vida.

La Empresa TALISMAN COLOMBIA OIL AND GAS gestionó con las autoridades y representantes legales de las 52 veredas involucradas, una serie de proyectos que pretenden cubrir las necesidades que por consideración de los mismos habitantes son las más urgentes para suplir.

Estas actividades constituyen la inversión social que toda Empresa encargada de la Exploración y Explotación de los recursos de hidrocarburos en el Territorio Nacional debe realizar para cumplir con los estatutos que regulan toda clase de proyectos sísmicos y de explotación de recursos. La empresa TALISMAN en aras de contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de la región destina los recursos necesarios para llevar a cabo estos proyectos.

Las características físicas de la región, las condiciones climáticas, el uso del suelo y otros factores determinantes, hacen que el Programa Sísmico se desarrolle en una zona de alta sensibilidad a procesos denudativos, por lo cual la Interventoría Técnica y la Interventoría Ambiental se ven en la necesidad de integrar un grupo de personas encargadas de la Interventoría de Estabilidad de Taludes que

INTERVENTORÍA DE ESTABILIDAD DE TALUDES E INVERSIÓN SOCIAL DEL PROYECTO
SISMICO ACEVEDO 2D 2001

verifique y controle la calidad del trabajo en pro de la conservación de la estabilidad del suelo a lo largo de las líneas sísmicas.

La realización de la pasantía que se describe en la presente propuesta es una gran experiencia por la temática tratada y por la responsabilidad a la cual se debe someter el encargado de supervisar los proyectos que en esta se describen. También tiene el objetivo de cumplir con los requerimientos exigidos por la Universidad Nacional para optar al título de Ingeniero Civil.

4. MARCO TEORICO

La actividad relacionada con los hidrocarburos cubre un amplio espectro de labores que a grandes rasgos pueden dividirse en cuatro actividades. La exploración, la extracción, el refinamiento y la comercialización.

La exploración es una actividad primaria en la industria de los hidrocarburos porque pretende establecer las áreas con posibilidades de tenerlos para posteriormente definir la cantidad de productos líquidos y gaseosos que posiblemente existen en la zona.

El procedimiento general involucra la definición de las líneas de exploración establecidas en planos geológicos las cuales se materializan en el campo mediante técnicas de GPS. La salida al campo con el fin de ejecutar el trabajo de exploración involucra a su vez actividades para la ejecución de perforaciones y carga de estas con explosivos, efectuar los disparos y grabar los registros de las llegadas ondulatorias en los geófonos.

Los registros obtenidos son sometidos a una serie de correcciones por sobre tiempo, decaimiento de la amplitud por distancia, filtrados, migración y otros. Las señales corregidas permiten obtener información sobre formaciones con posibilidades de almacenamiento a partir de los componentes tectónicos regionales y locales de material que las conforman.

Establecido el resultado de la exploración geofísica la empresa analiza, compara e integra con el fin de establecer si los posibles yacimientos ameritan una

exploración que permita la extracción y definición de reservas probadas. Esta fase es muy costosa en términos relativos a la exploración y requiere, en consecuencia, sólidos elementos de juicio para emprenderla.

La exploración con el método de reflexión se ha convertido en uno de los procedimientos más empleados en la actualidad. A esta técnica se le han hecho mejoras muy sofisticadas que permiten al intérprete hacer estimativos muy confiables, en algunos casos, sobre los puntos donde se debe perforar si es que la zona explorada ha resultado promisorio. La exploración por reflexión no es la única técnica ondulatoria que existe.

La refracción es otro procedimiento de exploración del subsuelo muy importante pero para exploraciones más superficiales, por esto se ha ido popularizando en la ingeniería civil. Como su nombre lo sugiere, en esta técnica se emplean las ondas refractadas en los contactos donde hay cambios de impedancia. La gran apertura requerida por los geófonos para recibir señales profundas, elimina la aplicación de la refracción en la exploración de hidrocarburos.

Para hacer la exploración se definen líneas sobre las cuales se extienden cables a los cuales se conectan grupos de geófonos que son los sensores. El geófono se mueve con el paso de las ondas sísmicas y tal movimiento se convierte en un voltaje que resulta proporcional a la amplitud del movimiento. El geófono, compuesto de la carcasa, una masa ligada a un resorte y una bobina, conforma lo que en dinámica se denomina un sistema de un solo grado de libertad que opera con un amortiguamiento cercano al crítico y que tiene frecuencias naturales que varían y pueden llegar hasta 40 o más hertz.

Los grupos de geófonos van conectados a un cable especial que recibe la señal del grupo integrada como si fuera una componente, la cual es llevada al sistema

de registro y almacenamiento. Para producir las ondas es necesario acudir a perturbaciones con base en explosivos.

El disparo se lleva a cabo empleando cargas variables de sismigel, las cuales se colocan dentro de perforaciones cuya profundidad varía aproximadamente entre diez y treinta metros. Por razones de seguridad y orden práctico, rara vez tienen menos de diez metros de profundidad.

El número de explosiones que requiere un plan de exploración es elevado aunque corresponda a una línea de poca longitud. Como el plan general corresponde a muchas líneas, aunque estas sean cortas el número de detonaciones resulta significativo.

Aquí es necesario resaltar que en la exploración tridimensional, sísmica 3D, el espaciamiento de los disparos es mucho menor que en el caso de la sísmica 2D. Esto significa que la sísmica 3D puede resultar más fácilmente afectada por las distancias mínimas a explosiones de una normativa si estas son reducidas.

4.1. EFECTOS DE LA EXPLOSIÓN CONFINADA

Una explosión confinada produce efectos devastadores al medio circundante muy cercano a la carga del disparo, los cuales se extienden tanto más hacia las vecindades cuanto mayor es la carga explosiva. Para cargas menores, por ejemplo de 5 kilogramos o similares, el volumen fuertemente afectado corresponde a una pequeña esfera posiblemente de menos de dos metros de diámetro. Esto significa que el efecto devastador de la explosión es puramente local y muy reducido, pero definitivamente existe.

Cuando se produce la ignición de un explosivo su masa sólida se convierte en gas a una gran velocidad, la cual puede llegar a varios miles de metros por segundo, dado el pequeño tamaño del explosivo considerado para la exploración geofísica. Como muy rara vez las cargas sobrepasan los 10 kilogramos, su combustión se desarrolla en fracciones de segundo. La consecuencia de esto es que durante la explosión se genera un gran volumen de gas que debe expandirse, pero el continuo que la rodea se opone mediante sus propiedades esfuerzo-deformación.

La gran variabilidad de la resistencia a la compresión y a la tracción de un mismo tipo de roca y la gran variabilidad de la relación esfuerzo deformación de un suelo, hacen imposible particularizar el enorme número de posibilidades que habría para estimar la distancia mínima para no daño entre el disparo y cualquier parámetro ambiental.

La perturbación originada por un disparo de exploración geofísica se propaga dentro del medio en el cual ocurre, suelo o roca, conformando tres dominios:

El primer dominio corresponde a un pequeño volumen alrededor del punto de disparo dentro del cual el medio resulta totalmente alterado. Dentro de este dominio no deben haber nacederos de agua, edificaciones, o cualquier parámetro ambiental que se pueda ver afectado por la detonación.

El segundo dominio ocurre hacia fuera del primero y en él las relaciones esfuerzo contra deformación del medio por el cual se propaga la perturbación originada por el disparo, son no lineales. Las dimensiones de este dominio son mayores que las del primero, pero también son pequeñas para las cargas máximas usuales en la exploración geofísica. Dentro de este dominio no deben haber nacederos de agua, edificaciones, o cualquier parámetro ambiental que se pueda ver afectado por la detonación.

El tercer dominio se extiende hacia fuera del segundo y en él las relaciones esfuerzo contra deformación son lineales en el medio por el cual se propaga la perturbación originada por el disparo. Dentro de ese dominio no habrá efectos dañinos sobre nacederos de agua, edificaciones convencionales o lineales, o sobre cualquier parámetro ambiental que se pueda ver afectado por la detonación.

Los estimativos hechos en un estudio¹ indican que en el peor de los casos las extensiones radiales de los tres dominios mencionados son los siguientes:

Cuando el disparo ocurre dentro de un medio rocoso:

El primer dominio se extiende a una distancia radial máxima del orden de 0.6 m. El segundo dominio se extiende a una distancia radial máxima de 5 m. Dentro de estas distancias no puede haber ni nacederos de agua ni edificaciones convencionales o lineales.

El tercer dominio se extiende desde 5 m. a partir del disparo. Dentro de este dominio sí puede haber nacederos de agua, construcciones convencionales o lineales y cualquier elemento ambiental sin peligro de que sufran daños por el disparo.

Cuando el disparo ocurre dentro de un suelo:

El primer dominio se extiende a una distancia radial máxima del orden de 1.5 m. El segundo dominio se extiende a una distancia radial máxima de 14 m. Dentro de estas distancias no puede haber nacederos de agua, edificaciones convencionales o lineales, o cualquier parámetro ambiental que se pueda ver afectado por la detonación.

¹ Alberto Sarria Molina. Bases de datos para evitar daños producidos por efectos de explosiones de exploración sísmica. Bogotá, mayo de 1998. (Informes 1,2 y 3)

El tercer dominio se extiende desde 14 m. a partir del disparo. Dentro de este dominio sí puede haber nacederos de agua y elementos ambientales sin peligro de que sufran daños por el disparo.

La interpretación de las distancias radiales anotadas corresponde a la combinación entre profundidad de disparo y distancia a parámetro ambiental considerado. Esto significa que las distancias mínimas para no daño corresponden a la hipotenusa formada por la profundidad del disparo y la distancia horizontal medida en la superficie entre este y el parámetro considerado.

4.2. TIPOS DE ONDAS

En los medios sólidos se pueden propagar dos grandes categorías de ondas. Las internas que se dividen en ondas compresionales P y ondas de cortante S y las superficiales que se dividen en ondas de Rayleigh R y de Love L. Las ondas más rápidas son las P seguidas de las S que se desplazan con velocidades del orden de la mitad de las ondas P. Las ondas superficiales tienen velocidades similares a las de las ondas S, pero siempre inferiores.

Para la exploración geofísica son de interés las ondas internas. La determinación de la velocidad de estas ondas es uno de los grandes retos de las técnicas de exploración que hacen uso de procedimientos como la velocidad espectral.²

² Alberto Sarria Molina. Bases de datos para evitar daños producidos por efectos de explosiones de exploración sísmica. Bogotá, mayo de 1998.

4.3. EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS EN LA PERFORACIÓN Y DETONACIÓN DE LOS POZOS DE PRUEBA

4.3.1. Sismigel

Explosivo a base de “slurry” o hidrogel utilizado en la exploración sísmica. Se produce en unidades con pesos de 150 y 450 gramos en empaque plástico roscable para acople en columna, alta velocidad de detonación y alojamiento para el detonador eléctrico sismográfico con su respectiva tapa de seguro.

Aplicaciones

Para trabajos de prospección sísmica entre temperaturas de 20°C y 60 °C. El envase está diseñado con un porta detonador y un adaptador que permite el ensamble seguro del detonador.

Recomendaciones

Pese a sus características de alta seguridad en su manipuleo, insensibilidad al impacto, fricción y fuego, se deben seguir todas las normas de seguridad para altos explosivos.

La combustión del explosivo se lleva a cabo mediante una reacción química cuyo equilibrio depende de la composición del material. El proceso libera energía e incrementa la temperatura hasta varios miles de grados centígrados si la cantidad de explosivo es suficiente.

Si se supone un proceso expansivo, el volumen del gas producto de la combustión del explosivo debe variar a medida que se expande. Si el gas está rodeado por un medio con cierta rigidez, este se opone a la expansión del gas. En consecuencia, en el punto de combustión se genera una gran presión y una elevada temperatura. La enorme presión generada destruye el medio circundante inmediato.

En el medio que circunda la explosión ocurren cambios drásticos. En primer lugar, la elevada temperatura lo calienta en el instante que dura la explosión. La distancia radial hasta la cual llega la transferencia de calor de la explosión es desconocida, pero no puede ser mucha. El calor absorbido evapora la humedad natural del medio circundante.

Dadas las implicaciones de la palabra devastado, el fenómeno debe considerarse con características muy locales, muy cercanas a la explosión.

4.3.2. Fulminante eléctrico sismográfico

Descripción y usos

El fulminante eléctrico sismográfico consiste en una cápsula de aluminio que contiene en su interior una parte de explosivo brizante y otra de explosivo primario. Esta última se encuentra en contacto con la gota eléctrica que a su vez está fijada a los conductores de energía; es activado por acción de la corriente eléctrica, la que se transmite por los alambres hasta iniciar la carga primaria.

Se utiliza para iniciar las cargas explosivas para todo tipo de prospección sísmica.

Este fulminante requiere de alta tecnología para asegurar un tiempo de iniciación inferior a un milisegundo, por lo que está íntimamente ligado al tipo y calidad de la gota eléctrica.

Su alta resistencia a la presión permite usarlo a grandes profundidades y al ser antiestático elimina cualquier tipo de accidentes que pudieran producirse por corrientes estáticas o erráticas.

4.3.3. Equipo utilizado para la perforación

El equipo utilizado para la perforación de los cuatro pozos de prueba desarrollados durante el programa sísmico Acevedo 2D 2001, fue proporcionado por la empresa Grant Geophysical Inc. y en la siguiente tabla se muestran las especificaciones técnicas y las características generales de cada uno de ellos incluidos taladros, compresores y los accesorios como mangueras, martillos y otros.

Tabla No. 4.1.
Características técnicas del equipo de perforación

TIPO	DESCRIPCION
Compresor Foremost / Compacto - Mobile	Motor: Cummins Modelo: 4 BTA-3.9 Lt/116 HP/2500rp Unidad compresor: Sullair 298 cfm a 200 PSI Peso: 950 Kg Lubricante Motor: 15 W/40 Mobil Delvac super (cantidad 6/4) Lubricante Unidad: Texamatic Fluid (cantidad 16/4)
Compresor Air Lite 200 Diesel	Motor: Volskwagen 1.9 Lt-3000 rpm Unidad compresor: Ingersoll Rand 185 cfm a 125 PSI Peso: 320 Kg Lubricante Motor: 15 W/40 Mobil Delvac super (cantidad 6/4) Lubricante Unidad: Texamatic Fluid (cantidad 16/4)
Taladro Neumático	Llaves de impacto Ingersoll Rand –4500rpm, 48 cfm-90 PSI, 1500 ft-lb de torque máximo Transmisión: General 330 Reductor 1 a 25 / 130 rpm Peso: 45 Kg
Taladros Balco	Motor: Vanguard / 16 HP / 3600 rpm a gasolina Motor Hidráulico con capacidad de 1500 ft-lb de torque Bomba hidráulica master, capacidad 12 gal/min-2500 PSI
Martillo de Fondo	Bulroc N° 2 / 3 longitud 3 ft, consumo de 80 cfm

Continuación Tabla No. 4.1. Características técnicas del equipo de perforación

TIPO	DESCRIPCION
Lubricados	Dosificador: Atlas Copco Filtro separador de agua: Norgren 250 PSI, 175
Manguera	Marca: Oroflex de 1 1/2 ''x 60 m de largo Capacidad de presión 300 PSI
Tubos de Perforación	Acero al carbono con cédula 80, 1 1/2'' y 3 a 4.5 ft de longitud Duro aluminio de 4 ft de longitud
Brocas de Martillo	Diámetro: 3 1/2'' con tungsteno en forma cilíndrica Diámetro: 3 1/2'' con tungsteno combinado (cilíndrico y cónico)
Llave de tubo	Ridggid de 24''
Galvanómetros	Modelo 105 Modelo CRG-200

4.4. PROCESOS DENUDATIVOS (Erosivos, movimientos en masa)

Son fenómenos de tipo físico que implican el desplazamiento de una masa de tierra como consecuencia de la estabilidad de un talud. Los procesos denudativos se pueden clasificar de la siguiente manera:

4.4.1. Procesos denudativos superficiales (erosión)

Este tipo de proceso denudativo tiene incidencia sobre las capas superiores del suelo y son causados principalmente por la acción de aguas de escorrentía sobre las laderas desprovistas de cobertura vegetal. Estos se dividen en:

Erosión Pluvial: Se refiere a la acción del impacto las gotas de lluvia y el agua de escorrentía.

- **Surcos y Cárcavas:** Se asocian a periodos de alta pluviosidad que permiten la formación de zanjas bien definidas.

Erosión Fluvial: Causados por la energía de un flujo de agua en un cauce natural.

- **Socavamiento de fondo y lateral:** Se refiere a la profundización de los cauces y la destrucción de las orillas.

- **Terracetas:** Son formas de menor tamaño generadas por el paso continuo de ganado.

4.4.2. Procesos denudativos profundos (Movimientos en masa):

Implica movimientos de grandes masas de tierra a lo largo de una superficie preestablecida (superficie de falla) y/o a lo largo de un flujo de agua concentrada.

Deslizamientos: Consideran un desplazamiento a través de una o varias superficies de corte o a través de una franja delgada de material. La velocidad del movimiento es variable dependiendo del material involucrado y del contenido de agua.

- **Deslizamiento rotacional:** El movimiento tiene lugar a lo largo de una superficie de deslizamiento interna aproximadamente circular y cóncava.
- **Deslizamiento trasnacional:** En este tipo de deslizamiento la masa se desplaza hacia abajo de la ladera a lo largo de una superficie relativamente plana.

Flujos de lodo: Movimiento de masa de velocidad considerable que involucra mezclas de agua y material.

Los terrenos se pueden considerar vulnerables ante un fenómeno erosivo cuando presentan las siguientes características:

- Pendientes fuertes
- Ausencia de la cobertura vegetal
- Mal uso del suelo
- Flujo de aguas de escorrentía
- Acción antrópica (Acueductos, alcantarillados, sobrecargas, pérdida de soporte)
- Condiciones estructurales desfavorables

Parámetros tenidos en cuenta para la identificación de procesos denudativos y zonas de inestabilidad:

- Grietas, fisuras o subsidencia en la superficie de la ladera.
- Inclinación de árboles (Reptación).
- Desprendimiento de bloques de roca.
- Afloramientos de agua que puedan causar sobresaturación en los materiales.
- Coronas de deslizamiento y cicatrices de falla.

5. METODOLOGÍA

Para cumplir con los objetivos trazados en la presente propuesta, la metodología de trabajo que se llevó a cabo fue la siguiente para cada una de las actividades que se desarrollaron por la Interventoría de Estabilidad de Taludes:

En la realización del análisis de la vulnerabilidad de los suelos se pretendía conocer los efectos que pueden tener las ondas generadas en la actividad sísmica sobre los suelos presentes a lo largo de las líneas sísmicas. Para esto se perforaron tres pozos de prueba a una profundidad de 16 m cada uno con una carga de 8100 gr. de sismigel, lo cual representa las características de profundidad y carga del proyecto y uno de 12000 gr. sismigel a una profundidad de 20 m.

Cuando se cavaba el pozo, se tomaban muestras alteradas e inalteradas en profundidades de 5 m y 10 m con las cuales se realizaron los ensayos de laboratorio necesarios para definir las características físicas del suelo antes de la detonación de las cargas. Luego se procedió a detonar las cargas y se evaluó minuciosamente el comportamiento del suelo a nivel macro, observando si se evidenciaban fenómenos de desestabilización o algún comportamiento anómalo de la masa de suelo. Esta actividad fue registrada en vídeo y con fotografía detalladamente.

Luego de la detonación y del análisis macro, se perforaron pozos a una distancia de entre 5 y 10 m del pozo original, de los cuales se extrajeron muestras alteradas

e inalteradas para la realización de los ensayos que definen físicamente las propiedades del suelo.

Con los resultados obtenidos de las características del suelo antes y después de la detonación, se generó un paralelo que permitió identificar los cambios físicos dentro de la masa y por ende los cambios en la resistencia y en otros parámetros que pueden afectar el comportamiento de éste.

Esta actividad se desarrolló previo a las actividades de registro del proyecto con el fin de observar el comportamiento de las estructuras del suelo y tener claro la dinámica en cuanto a la estabilidad de las laderas.

La segunda actividad de la cual se hizo cargo la Interventoría de Taludes, fue el registro y caracterización de los procesos denudativos a lo largo de todas las líneas sísmicas. Para esta labor se requirió de un minucioso trabajo de campo que se realizó con la colaboración de una persona que conforma el grupo de Interventoría de Estabilidad de Taludes, además de un auxiliar de campo oriundo de la región y de los vigías ambientales.

El registro y la caracterización de los procesos denudativos, se logró llenando el formato que fue diseñado con este fin por la Interventoría de Estabilidad de Taludes. Con la información que en este se almacenó, con su posicionamiento dentro de las líneas sísmicas y con el registro fotográfico de cada uno de estos, la empresa conformó una herramienta valiosísima que sirvió de base para las eventualidades que se dieron en la zona con respecto a la desestabilización de laderas por la fuerte ola invernal o por el mal manejo que se le da a los suelos. Además con este inventario se supervisó la ubicación definitiva de los puntos de disparo, con el fin de que estos no quedaran ubicados cerca de procesos denudativos activos, cicatrices de falla existentes o zonas sensibles a movimientos de masa por características como la pendiente y cobertura vegetal.

Por último, para la evaluación y diseño de las obras civiles que se desarrollaron dentro del Plan de Gestión Social, la Interventoría de Estabilidad de Taludes se encargó de recibir los proyectos de las autoridades de cada una de las veredas y de hacer un análisis minucioso de cada uno de ellos para establecer su viabilidad. Una vez aprobados, se elaboró una tabla con cantidades de obra que fue entregado a la comunidad para que ellos cotizaran cada uno de los materiales e hicieran llegar los costos unitarios. Este procedimiento se debió a que algunas de las comunidades buscaron materiales económicos y costos bajos de transporte y mano de obra. Por ejemplo, buscaban la economía en materiales de río por su cercanía, o si en la comunidad había algún propietario de volquetas, buscaban que fueran prestadas, etc.

Una vez conocido y aprobado el presupuesto, se compraron los materiales y se hicieron llegar a cada uno de los lugares de destino, en donde la comunidad se encargó de la construcción de cada una de las obras establecidas bajo la supervisión del ingeniero pasante.

6. PRUEBAS EXPERIMENTALES PARA EL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD DE LOS SUELOS ANTE LAS ONDAS SÍSMICAS

6.1. GENERALIDADES

El uso del suelo en el área se limita en gran proporción a extensiones destinadas al cultivo de café; también es común la adecuación de zonas destinadas al cuidado de ganado. La falta de planeación para el desarrollo de éstas actividades ha desembocado en una aceleración desmesurada de procesos de deforestación, ocasionando esto serias afectaciones a la subcuenca del río Suaza e incrementando los procesos denudativos superficiales.

La localización de cada uno de los sitios de prueba se realizó con base en el previo trazado de las líneas sísmicas referenciando su ubicación con respecto al estacado de la más cercana a cada uno de los sitios. Esta ubicación se puede observar en el Anexo No. 2. En la Tabla No. 6.1 se pueden observar las coordenadas de cada uno de los sitios de prueba, y en la figura No. 1 se presenta el mapa de localización de estas.

Tabla No. 6.1.
Coordenadas Pozos de Prueba

POZO	ESTE	NORTE
1	793707	695215
1A	793715	695221
2	792190	692230
2A	792187	692227
3	796264	684716
3A	796270	684712
4	800590	690762
4A	800598	690758

INTERVENTORÍA DE ESTABILIDAD DE TALUDES E INVERSIÓN SOCIAL DEL PROYECTO
SISMICO ACEVEDO 2D 2001

FIGURA No. 1: Mapa de ubicación de zonas de pruebas

6.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

6.2.1. Recopilación bibliográfica

Consistió en la revisión bibliográfica de los diferentes aspectos que se verían involucrados en la presente investigación. Se consultaron estudios que hacen referencia a los elementos físicos propios del área donde se desarrolló el proyecto sísmico, además de la información sobre los estudios anteriores que aportaran elementos contenidos en la acción de las ondas sísmicas generadas a partir de exploraciones geofísicas en los materiales y unidades rocosas.

6.2.2. Definición y caracterización

Se identificaron los puntos donde se realizó la perforación, cargado y detonación de los pozos, basados en criterios de tipo técnico. En el Anexo Fotográfico (Anexo No. 3), se pueden observar detalles de cada uno de los sitios de prueba. Los elementos tenidos en cuenta para la ubicación de estos puntos fueron:

Geomorfología: Se definió la unidad geomorfológica incluyendo la morfometría de los puntos de estudio. Se clasificaron las pendientes realizando medidas directas sobre las laderas donde se ubicaron los puntos de perforación.

Cobertura vegetal: Se identificó el tipo de cobertura vegetal y el uso del suelo en las zonas de influencia directa de las pruebas.

Hidrología: Se establecieron los niveles de precipitación que afectaban la zona en el momento de la realización de las pruebas, registrando la presencia de niveles freáticos en cada una de las perforaciones y analizando la acción de las aguas de escorrentía en relación con la cobertura vegetal.

6.2.3. Perforación y muestreo

Consistió en la perforación y toma de muestras antes y después de realizada la detonación. Inicialmente se perforó y cargó un primer pozo con todas las especificaciones técnicas que se aplican en el desarrollo del proyecto para la perforación, cargada y tacado de los pozos. Para los tres primeros pozos de prueba se utilizó una carga de 8100g de sismigel a una profundidad de 16 m quedando la tapa ubicada a 11.30 m de profundidad; el pozo de prueba No. 4 se cargo con 12000 gr. de sismigel a 20 m de profundidad lográndose una tapa a los 13.70 m. El tacado se realizó con bentonita y gravilla en todos los pozos de prueba. Luego de la detonación de los pozos cargados, fue perforado un segundo pozo a distancias que se describirán para cada sitio de prueba, con el ánimo de obtener muestras de suelo después de la detonación de las respectivas cargas. En el Anexo Fotográfico (Anexo No. 3) se pueden observar los equipos y técnicas utilizadas en la perforación y muestreo.

En ambas perforaciones se obtuvieron muestras de bolsa y tubo tipo shelby, de acuerdo a las características del material encontrado en cada sitio. Las profundidades a las cuales se obtuvieron las muestras se especifican en la descripción de cada uno de los sitios de prueba. En el Anexo Fotográfico (Anexo No. 3), se ven los tipos de muestras obtenidos en los diferentes pozos.

6.2.4. Análisis de la información obtenida

Se realizó la recolección de la información obtenida en campo donde se incluye la descripción de cada uno de los sitios de prueba, los equipos y materiales utilizados, además de los resultados generados en los ensayos geomecánicos. Se desarrollaron ensayos de expansión en probeta, densidad, granulometría, límites de Atterberg, humedad natural, corte directo y penetración estándar. En el

Anexo No. 4 se relacionan los formatos entregados por el laboratorio con los resultados de los ensayos físico mecánicos de los suelos.

Con esta información se logró una caracterización de los materiales involucrados en cada una de las perforaciones, que muestra las variaciones físicas que sufren las unidades después de la detonación de la carga, además de un análisis a partir del monitoreo de las zonas de influencia de las pruebas durante y después de estas.

6.3. DESARROLLO DEL PROCESO

Para la ubicación de los puntos donde se realizaron los cuatro pozos de prueba se conformó una comisión con participación de personal de la Interventoría Ambiental, de los departamentos de Medio Ambiente y Control de Calidad de Grant Geophysical Inc. y la Interventoría de Estabilidad de Taludes; esta comisión realizó recorridos por diferentes sectores influenciados por el trazado de las líneas sísmicas, buscando zonas de fácil acceso, de pendientes menores a 45° y con una formación superficial que por sus características físicas permitiera la perforación y toma de muestras.

En el momento de establecer la ubicación definitiva de los puntos de prueba se tuvo en cuenta el grado de sensibilidad a la erosión basados en evidencias como coronas y superficies de falla, pendiente y tipo de cobertura vegetal, quedando definidos rangos de sensibilidad alta, media y baja para los diferentes puntos.

6.3.1. Zona de Prueba No. 1

Ubicación:

Esta zona involucra los pozos de prueba 1 y 1A, localizada en la Vereda Paraíso al Noroccidente del Municipio de Acevedo, sobre una ladera que incluye la estaca 116 de la línea 3607, desplazados 16 y 4 m a la derecha respectivamente.

Descripción general del área:

Geomorfología (Morfología y Morfometría): Unidad geomorfológica de montaña, ladera larga de forma convexa formando un valle estrecho, con una pendiente entre 35°-40° correspondiente a un rango empinado según clasificación de Van Zuidam (1988).

Hidrología: Puntualmente, se puede mencionar que en la zona de prueba No. 1, no se encontró el nivel freático hasta una profundidad de 16 m, además el índice de precipitación en la temporada en que se realizaron las pruebas fue alto. La cobertura vegetal presente en la zona, permite que las aguas de escorrentía percolen por su baja velocidad y disminuye la capacidad de arrastre de material de suelo en la ladera.

Cobertura Vegetal: La cobertura vegetal característica de la ladera esta conformada por arbustos bajos y medios que no superan alturas mayores a los tres metros promedio y con edades hasta de tres años, asociadas a sucesiones vegetales tempranas características de zonas que han sido taladas y a terrenos dedicados por algún tiempo a otras actividades que han sido abandonadas.

Aspectos Particulares: En el sitio de prueba No. 1 se presentaron una serie de coronas de deslizamientos, asociados al corte generado por el trazo de la vía que conduce a la vereda Los Olivos. A 60m izquierda del pozo cargado fue evaluado

un proceso denudativo profundo activo tipo rotacional que afecta un cuerpo coluvial de ladera. Dicho proceso se ha visto reactivado por la acción de las aguas de escorrentía y la ausencia de cobertura vegetal formando procesos de carcavamiento al interior de este. El cuerpo del deslizamiento aun se conserva pero tiende a desplazarse en forma de flujo de lodo. En general, el sitio fue considerado de una sensibilidad de media a alta.

Pozo de prueba No. 1

Este pozo se perforó a 16 m derecha de la estaca 116 de la línea 3607. Inicialmente se perforó hasta una profundidad de 4.60 m donde se tomó la primer muestra (M1) de tubo ranurado para lo cual fueron necesarios 23 golpes para una carga de 140 lb a una altura de caída de 30 plg.. La longitud recuperada fue de 30 cm de un total de 45 cm posibles.

A una profundidad de 9.60 m fue obtenida la muestra dos (M2); el número de golpes totales para la obtención de la muestra fue de 70, con una carga y altura de caída igual a la M1 lográndose una recuperación de 24 cm de la longitud total.

La perforación se continuó hasta una profundidad de 16 m a la cual se cargo el pozo con 8100 gr de sismigel, quedando una tapa de carga a los 11.30 m de profundidad. Luego del correcto tacado con bentonita y gravilla se procedió a la detonación de la carga.

En la tabla No 6.2 se relacionan los tipos de ensayos realizados en cada una de las muestras:

Tabla No. 6.2.
Ensayos pozo de prueba No. 1

Prof.	Muestra	Ensayos	Long. Recuper.	Nº de golpe Total	Descripción
4.69m	M1 Split-Bolsa	Granulometría Límites Penetración estándar (SPT) Expansión	30cm	23	Roca degradada de color rosado claro a rojizo, arenaarcillos a blandos semiplásticos con clastos de roca de orden centimétrico y presencia de minerales arcillosos, óxidos y cuarzo.
9.60m	M2 Split-Bolsa	Granulometría Límites Penetración estándar (SPT) Expansión	24 cm	70	Polvo de roca muy con bajo grado de consolidación

*El número de golpes corresponde a una longitud de enterramiento del tubo de 12 plg, para una carga de 140 Lb y una altura de caída del martillo de 30 plg.

Pozo de prueba No. 1A (Después de la detonación):

Este pozo se perforó con el fin de obtener muestras del suelo luego de la detonación, se ubicó a 12 m del pozo de prueba 1 y a un nivel topográfico igual. Estas muestras se obtuvieron a profundidades de 4.60 y 9.60 m, utilizando el mismo equipo y procedimiento que en el pozo 1. En este caso los golpes necesarios para la penetración del tubo shelby fueron 31 y 45 (5") para M1 y M2 respectivamente. En la tabla No. 6.3. se pueden observar los ensayos realizados en las muestras en mención.

Tabla No. 6.3
Ensayos pozo de prueba No. 1A

Prof.	Muestra	Ensayos	Longitud Recuperada	Nº de golpe Total *	Descripción
4.69	M1 Split-Bolsa	Granulometría Límites Penetración estándar (SPT) Expansión	35cm	31	Material arenoarcilloso fragmentos de roca de color claro
9.60m	M2 Split-Bolsa	Granulometría Límites Penetración estándar (SPT) Expansión	5 cm	45 (5")	Polvo de roca con muy bajo grado de consolidación

*El número de golpes corresponde a una longitud de enterramiento del tubo de 12 plg., para una carga de 140 Lb y una altura de caída del martillo de 30 plg.

6.3.2. Zona de Prueba No. 2

Ubicación:

Esta zona involucra los pozos de prueba 2 y 2A. Se ubica en jurisdicción de la Vereda El Carmen al Occidente del Municipio de Acevedo, 50 m a la derecha del tramo entre las estacas 204 y 205 de la línea 3307.

Descripción general del área:

Geomorfología (Morfología y Morfometría): Unidad geomorfológica de montaña, ladera larga de aproximadamente 300 m formando valle medio con una geoforma convexa y una pendiente empinada entre 35°-40° según clasificación de Van Zuidam (1988).

Hidrología: En la zona de prueba dos, al igual que en toda el área donde se realiza el proyecto sísmico Acevedo 2D, se han registrado fuertes precipitaciones pocos días antes del desarrollo de los pozos de prueba. Hasta la profundidad máxima alcanzada de 16 m no fue registrado nivel freático, debido a la altura topográfica donde se realizaron las perforaciones. En el momento en que se procedía a realizar la detonación se presentó una fuerte lluvia que cargo el material de agua e incrementó el nivel de riesgo en el momento de la generación de la onda sísmica.

Cobertura Vegetal: La cobertura vegetal de la ladera es cultivo de café tipo caturro sin presencia de especies sombrías; dicha cobertura vegetal no proporciona protección al suelo de la acción de las aguas de escorrentía y facilita la generación de procesos de erosión superficial como surcos y cárcavas que más adelante pueden convertirse en procesos de erosión profunda.

Aspectos Particulares: La ladera que incluye los pozos 2 y 2A presenta una corona de deslizamiento antigua y dos deslizamientos activos potenciados por las lluvias registradas en las últimas semanas. La ladera presenta un alto grado de inestabilidad y se considera de una alta sensibilidad.

Pozo de prueba No 2

Se perforó a una distancia de 50 m a la derecha de la línea 3307 a la altura de la estaca 205. La primer muestra (M1), se tomó a una profundidad de 4,60 m con el shelby, para la cual fue necesario la aplicación de 49 golpes. Para la muestra dos (M2), tomada a una profundidad de 9.6 m, se necesitó de 12 golpes. La carga aplicada fue de 140 lb. con una altura de caída de 30 plg. Las longitudes rescatadas en M1 y M2 fueron 45 cm para cada una de estas.

La perforación se continuó hasta una profundidad de 16 m a la cual se cargo el pozo con 8100 g de sismigel, logrando una tapa de carga de 11.30 m. Luego del tacado del pozo con bentonita y gravilla y aplicando todas las normas de seguridad, se procedió a la detonación de la carga. En la tabla No 6.4. se relacionan los tipos de ensayos realizados en cada una de las muestras:

**Tabla No. 6.4.
Ensayos pozo de prueba No. 2**

Prof.	Muestra	Ensayos	Longitud Recuperada	Nº de golpe total *	Descripción
4.60	M1 Split-Bolsa	Granulometría Límites Penetración estándar (SPT) Expansión	45cm	49	Roca degradada arenarcillosa de color rojo y amarillo con presencia de óxidos, fragmentos de roca con alto grado de meteorización.
9.60m	M2 Split-Bolsa	Granulometría Límites Penetración estándar (SPT) Expansión Corte directo	45cm	12	Roca degradada arenarcillosa de color naranja y amarillo fragmentos de roca posiblemente lapilli, minerales claros

*El número de golpes corresponde a una longitud de enterramiento del tubo de 12 plg, para una carga de 140 Lb y una altura de caída del martillo de 30 plg.

Pozo de Prueba No. 2A (Después de la detonación)

En este pozo se tomaron muestras de suelo a profundidades 4.69 y 9.90 m. La perforación se realizó a 6 m del pozo 2, quedando ubicado a 56 m de la línea. Topográficamente, se encuentra 1.0 m por debajo del nivel del pozo detonado. Para la toma de las muestras se utilizó el mismo equipo y el mismo procedimiento que se viene empleando en las perforaciones anteriores, siendo necesaria la aplicación de 35 y 28 golpes para la toma de M1 y M2 respectivamente. Estos datos y los ensayos realizados en estas muestras se relacionan en la tabla No. 6.5.

**Tabla No. 6.5.
Ensayos pozo de prueba No. 2A**

Prof.	Muestra	Ensayos	Longitud Recuperada	Nº de golpe Total *	Descripción
4.69m	M1 Split-Bolsa	Granulometría Límites Penetración estándar (SPT) Expansión	45cm	27	Material arenoso de color claro con un grado de consolidación de alto a medio con mediana plasticidad, ligeramente húmedo.
9.90m	M2 Split-Bolsa	Granulometría Límites Penetración estándar (SPT) Expansión Corte directo	45cm	20	Unidad de color claro con una granulometría principalmente arenosa y poco contenido de arcillas

*El número de golpes corresponde a una longitud de enterramiento del tubo de 12 plg, para una carga de 140 Lb y una altura de caída del martillo de 30 plg.

6.3.3 Zona de Prueba No. 3

Ubicación:

La zona de prueba tres se ubica en jurisdicción de la vereda La Estrella al Suroeste del Municipio de Acevedo sobre la ladera que presenta el tramo de línea 673-675 de la línea 3509. El pozo de prueba 3 se realizó en la parte alta sobre un pastizal aproximadamente a 25 m derecha del sp 673.5. Esta zona involucra los pozos de prueba 3 y 3A.

Descripción general del área:

Geomorfología (Morfología y Morfometría): Unidad geomorfológica ondulada regular con una morfología redondeada a subredondeada en forma convexa, ladera corta de pendiente moderada sin mayores evidencias de inestabilidad.

Hidrología: Al igual que en las dos zonas de prueba anteriores, el material se ha visto afectado por las fuertes precipitaciones de los meses anteriores. En ninguno de los pozos perforados en este sitio fue encontrado el nivel freático. La cobertura vegetal de la zona son pastos, lo que hace que las aguas de escorrentía no afecten en forma directa la estabilidad de la masa del suelo.

Cobertura Vegetal: La zona del pozo de prueba No. 3 presentó una cobertura vegetal de pradera conformada por especies de porte bajo, que no superan los 30 cm de altura. El fin primordial de los pastizales es la ganadería, generando paisajes altamente intervenidos y con fenómenos de erosión superficial como terracetos a causa del sobrepastoreo.

Aspectos Particulares: En la parte baja de la ladera se encuentra ubicada una vivienda de material a una distancia de 150 m, además de un lago piscícola a 140 m. La ladera presenta evidencias menores de inestabilidad debido al sobrepastoreo y una corona de ruptura superficial en la parte media de la ladera. Esta zona es considerada de sensibilidad media a baja.

Pozo de Prueba No. 3

Este pozo se perforó hasta una profundidad de 16 m, donde se ubicó la carga de 8100 g de sismigel que representan la cantidad que se utilizó en el Programa Sísmico. Las muestras de suelo fueron tomadas a los 4.90 m y 9.90 m, obteniendo M1 y M2 respectivamente.

El equipo utilizado tanto en la perforación como en la toma de muestras fue el mismo que se ha utilizado en las pruebas anteriores sin ninguna variación y sin presentar ningún inconveniente en la parte logística y en la parte técnica. Los totales de muestra recuperados fueron 45 cm para M1 y 29 cm para M2 y el número de golpes necesarios para la obtención de cada muestra fue de 5 y 10 golpes para una carga de 140 lb.

En la Tabla No. 6.6. se observa la relación de los datos antes descritos y los ensayos realizados a cada una de las muestras.

Tabla No. 6.6.
Ensayos pozo de prueba No. 3

Prof.	Muestra	Ensayos	Longitud Recuperada	Nº de golpe Total *	Descripción
4.9 m	M1 Split-Bolsa	Granulometría Límites Penetración estándar (SPT) Expansión Corte directo	45 cm	5	Material limoso, blando de color café-pardo variando a tonos rojos de poca consolidación y plasticidad alta. Material resultante del proceso de meteorización.
9.9 m	M2 Split-Bolsa	Granulometría Límites Penetración estándar (SPT) Expansión	29cm	10	Material fino poco consolidado, con variación de colores pardo, habano y café de plasticidad alta. Presencia de minerales arcillosos y óxidos. Se aprecia una variación horizontal en la muestra, con colores pardos, habanos y café. Unidad saprolitizada.

*El número de golpes corresponde a una longitud de enterramiento del tubo de 12 plg., para una carga de 140 Lb y una altura de caída del martillo de 30 plg.

Pozo de Prueba No. 3A (Después de la detonación):

Las muestras obtenidas con tubo shelby (M1 y M2) alcanzaron la máxima longitud posible de 45 cm gracias a la consistencia blanda del material. En la tabla No 6.7. se presentan las profundidades, tipos de ensayo y número de golpes relacionados

a cada muestra. La carga utilizada para el ensayo de penetración estándar permaneció constante al igual que la altura de caída.

Tabla No. 6.7.
Ensayos pozo de prueba No. 3A

Prof.	Muestra	Ensayos	Longitud Recuperada	Nº de golpe total *	Descripción
4.9 m	M1 Split-Bolsa	Granulometría Limites Penetración estándar (SPT) Expansión	45 cm	6	Unidad Meteorizada de similar descripción a la obtenida en la muestra obtenida a igual profundidad en el pozo 1
9.9 m	M2 Split-Bolsa	Granulometría Limites Penetración estándar (SPT) Expansión Corte directo	45 cm	5	Material poco consolidado, con variación de colores pardo, habano y café. Unidad saprolitizada

*El número de golpes corresponde a una longitud de enterramiento del tubo de 12 plg, para una carga de 140 Lb y una altura de caída del martillo de 30 plg.

La perforación 3A se ubica a una distancia horizontal y vertical de 6 m y 3 m respectivamente con respecto al pozo 3.

6.3.4 Zona de prueba No. 4

Ubicación:

Esta zona involucra los pozos de prueba 4 y 4A, localizada en la vereda San Antonio en la margen derecha de las laderas que conforman el valle del río Suaza, a la altura de la estaca 527 de la línea sísmica 3607 a 90 m en línea perpendicular a la derecha.

Descripción general del área:

Geomorfología (Morfología y Morfometría): Unidad geomorfológica de pendiente suave ladera subredondeada de forma convexa que conforma el valle

del río Suaza. Los drenajes que se presentan sobre esta geoforma muestran un grado de disección bajo. La pendiente varía entre los 25° y 35° clasificándose como una zona de pendiente moderada según clasificación de Van Zuidan (1988).

Hidrología: Las condiciones climáticas en el momento que se realizaron los pozos de prueba No. 4 y No. 4A presentan variaciones significativas con respecto a la época en que se desarrollaron las demás pruebas, donde el clima predominante fue de verano sin presentarse un mayor índice de precipitación.

La ladera se caracteriza por presentar varios puntos de surgencia de agua con vegetación asociada. En el pozo de prueba No. 4 fue encontrado nivel freático a los 18 m de profundidad y en pozo No. 4A la tabla de agua se encontró a los 19 m.

Cobertura Vegetal: La cobertura vegetal característica de esta ladera son pastos de pradera de porte bajo (menor a 30 cm.) utilizado por los pobladores del área para el cuidado y mantenimiento de ganado, esto a generado formas de erosión superficial como terracetos asociadas al sobrepastoreo.

Aspectos Particulares: En el sitio de prueba No. 4 ladera abajo, se presentan dos coronas de deslizamientos activos tipo rotacional a 50 m del pozo de prueba No. 4 (pozo detonado) generados por las características del material y por saturación de los materiales en épocas de lluvia. También se presenta como un factor predominante en la generación de estos deslizamientos, el incremento de la presión de poros a causa de la presencia de nivel freático. Los procesos de erosión se presentan en una cota topográfica inferior.

Hacia el costado izquierdo y ubicados a media ladera se presentan varios puntos de afloramiento de agua caracterizados como zonas de nacedero que alimentan la microcuenca de la vereda San Antonio. La pérdida de la cobertura vegetal arbustiva por la actividad humana sobre la ladera es un riesgo inminente para el

normal comportamiento hidrológico de la zona. El sitio donde se desarrollo la prueba fue evaluado como una zona de amenaza media.

Pozo de prueba No. 4

Se perforó a 90 m derecha de la estaca 527 de la línea 3607, inicialmente hasta una profundidad de 4.60 m donde se tomó la primer muestra (M1) de tubo ranurado para lo cual fueron necesarios 7 golpes para una carga de 140 lb a una altura de caída de 30 plg. La longitud recuperada fue de 45 cm de un total de 45 cm posibles.

A una profundidad de 9.75 m fue obtenida la muestra dos (M2); el número de golpes totales para la obtención de la muestra fue de 24, con una carga y altura de caída igual que lo utilizado en la M1 lográndose una recuperación de 15 cm de la longitud total posible. La perforación se continuó hasta una profundidad de 20 m a la cual se cargo el pozo con 12000 gr. de sismigel, quedando una tapa de carga a los 13.70 m de profundidad. Luego del correcto tacado con bentonita y gravilla se procedió a la detonación de la carga. En la tabla No. 6.8. se presentan los tipos de ensayos realizados en las diferentes muestras.

**Tabla No.6.8.
Ensayos pozo de prueba No. 4**

Prof.	Mues tra	Ensayos	Long. Recup.	Golpes Totales	Descripción
4.6 m	M1 Split-Bolsa	Granulometría Limites Penetración estándar (SPT) Expansión Corte directo	45cm	7	Material arcilloso medianamente consolidado de mediana plasticidad ligeramente húmedo de colores rojos, y pardos embebiendo clastos centimétricos de rocas predominantemente igneas con tendencia leucocrática
9.7 m	M2 Split-Bolsa	Granulometría Limites Penetración estándar (SPT) Expansión Corte directo	15 cm	24	Material arcilloso de colores café, habano y ocre medianamente plástico, medianamente consolidado, ligeramente humedo con presencia de clastos subredondeados de origen ígneo.

*El número de golpes corresponde a una longitud de enterramiento del tubo de 12 plg, para una carga de 140 Lb y una altura de caída del martillo de 30 plg.

Pozo de prueba No. 4A (Después de la detonación):

Este pozo se perforó a 5 m de distancia con respecto al pozo 4 (pozo detonado) y con una diferencia topográfica mínima obteniéndose muestras luego de realizada la detonación con 12000 gr de sismigel a profundidades de 4.6 m y 9.75 m con tubo ranurado. El procedimiento aplicado fue el mismo que se llevo a cabo en los demás sitios. Vale la pena mencionar que luego de la detonación se registró una variación en el número de golpes necesarios para la obtención de la muestra dos (M2). En la tabla No. 6.9. se relacionan los ensayos realizados en cada una de las muestras obtenidas.

**Tabla No. 6.9:
Ensayos pozo de prueba No. 4A**

Prof.	Muestra	Ensayos	Long. Recup	Golpee Totales	Descripción
4.6 m	M1 Split-Bolsa	Granulometría Limites Penetración estándar (SPT) Expansión Corte directo	46 cm	8	Material arcilloso ligeramente húmedo de plasticidad media con un mediano grado de consolidación con variación de colores de café a pardo y presencias de clastos ígneos de colores habanos y grises.
10 m	M2 Split-Bolsa	Granulometría Limites Penetración estándar (SPT) Expansión	46 cm	11	Material arcilloso de colores café, habano y ocre medianamente plástico, medianamente consolidado, ligeramente húmedo con presencia de clastos subredondeados de origen ígneo Presenta una significativa variación al encontrado en la muestra uno.

*El número de golpes corresponde a una longitud de enterramiento del tubo de 12 plg, para una carga de 140 Lb y una altura de caída del martillo de 30 plg.

6.4. ANÁLISIS EXPERIMENTACIÓN Y RESULTADOS DE LOS ENSAYOS FISICOMECÁNICOS

El análisis de los resultados obtenidos con las pruebas de ensayo constó de dos fases:

La primera, parte de una observación realizada en campo en el desarrollo de los pozos de prueba y en particular en el momento de la detonación de las cargas, llevando a cabo un monitoreo de las laderas y las evidencias de inestabilidad como cicatrices de falla, superficies de ruptura, coronas de deslizamiento, grietas de tensión y cuerpos coluviales generados por procesos de remoción. Todas estas evidencias fueron registradas y ubicadas antes de que se realizara la detonación de cada uno de los pozos tratando de llegar a registrar las más mínimas evidencias de afectación que pudieran sufrir a causa de la generación de la onda sísmica por la detonación.

Como se describió en cada uno de los puntos de ensayo, la ubicación de los pozos se realizó pensando en lograr reunir diferentes condiciones y diferentes grados de sensibilidad, siendo los puntos de prueba uno y dos los que reunían un mayor número de variables de inestabilidad, representando zonas con sensibilidades de media a alta. Los niveles de precipitación que afectaron la zona es una variable de gran importancia ya que el fenómeno de pluviosidad se ha relacionado en la zona a la generación y reactivación de procesos denudativos.

La segunda fase correspondió al análisis y comparación de los resultados de las pruebas de laboratorio realizadas en cada sitio de prueba antes y después de la detonación, precisando los posibles cambios que se pudieran registrar en los materiales que se vieron afectados por la onda.

Penetración estándar (SPT) (Kg/cm^2): Este ensayo se logra a partir de los datos de penetración (número de golpes) obtenidos en campo y representa la resistencia que presenta el material a la compresión o a una carga que se imponga al material. De lo anterior se entiende que el número de golpes está directamente relacionado con la capacidad de soporte del suelo.

Densidad (gm/cm^3): Representa la relación entre el peso de una masa y la unidad de volumen, así, entre dos volúmenes iguales de material, es más denso el de mayor peso.

Expansión (%): Hace referencia al nivel de expansión o hinchamiento que sufre el material al verse sometido a un incremento en el contenido de agua (humedad)

Límites de consistencia: Los límites de consistencia hacen referencia al estado de consistencia en el cual se encuentra el material, esto se logra realizando comparaciones entre el contenido de humedad y su proximidad con cualquiera de los límites de Attemberg.



Humedad (%): Representa el contenido de agua en porcentaje con relación al peso total de la muestra.

Límite Plástico, LP (%): Es el límite entre el estado semisólido y el estado plástico, al encontrarse el contenido de humedad más cerca al LP hay mayor posibilidad de que el material se cargue de agua y se comporte como un flujo.

Límite Líquido, LL (%): Es el límite entre el paso del estado plástico al estado líquido. Al sobrepasar este límite, debido al incremento de la humedad, el suelo se comporta como un flujo, lo cual es bastante riesgoso en el momento de evaluar la sensibilidad del suelo a la erosión por incremento del contenido de agua.

Índice de plasticidad (%): Rango de humedad que indica la susceptibilidad del suelo a comportarse como un material plástico. (Deformaciones irreversibles). Es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

Granulometría: Este ensayo da como resultado el tamaño de partículas que componen el material en prueba, definiendo cual tamaño de partícula es predominante y permitiendo la clasificación gradacional del suelo.

Corte directo: Por medio del ensayo de corte directo se pueden obtener dos datos fisicomecánicos de suma importancia en el momento de analizar la estabilidad de un material. Dichas propiedades son la cohesión y el ángulo de fricción. La primera mide el grado de cohesión o de amarre que presentan las partículas que conforman el material, el segundo indica el ángulo de falla de cada uno de los tipos de suelo.

A continuación se describen los datos obtenidos a partir del análisis visual y el monitoreo de los sitios donde se desarrollaron las pruebas y se presentan los resultados de los ensayos físico mecánicos para cada uno de los sitios de prueba. Las tablas muestran los resultados obtenidos antes y después de la detonación:

6.4.1 Sitio de Prueba No 1

Análisis experimentación:

Después de realizada la detonación no fueron evidenciados cambios en la ladera; tampoco se registraron desplazamientos de masas de material ni superficies de ruptura y los procesos denudativos cercanos al punto de la detonación no sufrieron ninguna alteración. Los cuerpos inestables ubicados a media ladera como producto de antiguos deslizamientos no se vieron afectados. Las condiciones de estabilidad de la ladera permanecieron iguales luego de que se realizara la detonación del pozo.

Ensayos fisicomecánicos:

Tabla No. 6.10.
Ensayos físico mecánicos zona de prueba No. 1

		POZO DE PRUEBA (Antes detonación) 1		POZO DE PRUEBA (Después detonación) 1 ^a	
TIPO DE ENSAYO		MUESTRA			
		M1	M2	M1	M2
Capacidad portante	Kg/cm ²	3.22	9.8	4.34	Rechazo
Densidad	gm/cm ³	1.79	1.73	1.65	1.78
Expansión	%	10.3	13.3	10.9	12.7
Limites de consistencia	Humedad %	34.3	33.2	34.8	30.9
	Limite Líquido %	34.3	33.1	35.3	31.3
	Limite Plástico %	21.4	20.8	22.0	20.6
	Índice de plasticidad %	12.9	12.3	13.3	10.7
	Clasificación USC	S-CL	S-CL	S-CL	S-CL
Granulometría	% pasa tamiz 1"	100	100	100	100
	% pasa tamiz # 4	64.8	77.3	59.6	85.7
	% pasa tamiz # 200	22.3	24.0	16.6	20.4

Los resultados de las muestras ensayadas para los pozos de prueba 1 y 1A muestran suelos areno arcillosos de baja compresibilidad (S-CL) según el Sistema

Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S) con capacidades portantes (q_u) altas y con límites líquidos bajos. El contenido de humedad se encuentra bastante próximo al límite líquido, dando un estado para el material plástico, pero que a partir de una mínima saturación se comportaría como un flujo, pasando al estado líquido.

La proximidad entre el límite líquido y el límite plástico es una evidencia de la fuerte incidencia que pueden tener las lluvias en el momento de presentarse procesos denudativos.

No se aprecian variaciones en las condiciones físicomecánicas a causa de la detonación del pozo No. 1, las diferencias numéricas no son relevantes en el momento del análisis y pueden deberse al desarrollo del procedimiento en el momento de la toma de las muestras o del ensayo, o también a variaciones de las condiciones propias del material.

6.4.2 Sitio de Prueba No.2.

Análisis experimentación:

En el sitio de prueba dos se prestó un especial cuidado a la ladera por considerarse este como el sitio de mayor sensibilidad debido a las evidencias de inestabilidad descritas anteriormente además del incremento de las condiciones de riesgo por un fuerte torrencial presentado momentos antes de la detonación que saturó el material e incremento las condiciones de riesgo.

Luego de la detonación de la carga ubicada en el pozo No. 2, no fueron evidenciados indicios de desestabilización. Los procesos denudativos presentes sobre la ladera no registraron ninguna alteración física que implicara el deterioro de las condiciones de estabilidad, tampoco se presentaron fenómenos de

agrietamiento, fisuras o licuación de los materiales que pudiesen generar hundimientos en la superficie.

La ladera luego de la detonación conservó las mismas geoformas, concluyéndose que esta no causó cambios considerables que se pudiesen relacionar al desarrollo del pozo de prueba.

Ensayos fisicomecánicos:

**Tabla No. 6.11.
Ensayos físico mecánicos zona de prueba No. 2**

		POZO DE PRUEBA (Antes detonación) 2		POZO DE PRUEBA (Después detonación) 2A	
TIPO DE ENSAYO		MUESTRA			
		M1	M2	M1	M2
Corte Directo	Cohesión Kg/ cm ²		0		0
	Angulo de fricción		33°		31°
Capacidad portante Kg/cm ²		6.86	1.68	3.78	2.80
Densidad gm/cm ³		1.92	1.48	1.65	1.52
Expansión %		15.0	16.3	12.5	16.6
Limites de consistencia	Humedad %	33.8	33.9	31.7	32.6
	Limite Liquido %	34.0	34.3	32.3	32.3
	Limite Plástico %	23.1	22.8	20.0	22.4
	Índice de plasticidad %	10.9	11.5	12.3	10.1
	Clasificación USC	S-CL	S-CL	S-CL	S-CL
Granulometría	% pasa tamiz 1"	100	100	100	100
	% pasa tamiz # 4	72.2	96.2	90.0	97.5
	% pasa tamiz # 200	30.8	41.8	25.6	41.8

Para el sitio de prueba dos los materiales se clasifican de igual forma que en el sitio de prueba uno, como arenas arcillosas de baja compresibilidad (S-CL) según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S). Los valores de plasticidad son bajos y permanece la proximidad entre el límite líquido y el contenido de humedad. También vale la pena resaltar los valores de cohesión

obtenidos a partir del ensayo de corte que da como resultado suelos no cohesivos. Esta condición, sumada a la fácil saturación de los materiales y a laderas de alta pendiente da como resultado suelos fácilmente erodables ante la ocurrencia de lluvias.

Al comparar los resultados de los ensayos antes y después de la detonación no se aprecian variaciones que se puedan relacionar a la acción de la onda. Las condiciones físico mecánicas no se vieron alteradas por la detonación.

Es de anotar que en el sitio de prueba dos se registro una reactivación de varios procesos denudativos superficiales días antes de la detonación a causa de las lluvias presentadas por esa época. A partir de los resultados obtenidos en los ensayos se puede comprobar que son las características físico mecánicas del suelo y la precipitación los factores causantes de los procesos de remoción en masa. También se le debe dar una considerable importancia al uso del suelo presente en ésta ladera, ya que en comparación con la zona de prueba No. 1 y teniendo en cuenta que las variables físicas de los suelos son semejantes, la cobertura vegetal permite una mayor protección de la ladera ante la acción erosiva de las aguas superficiales, situación que no es similar en la zona dos, ya que allí se presenta un cultivo en crecimiento de café caturro.

6.4.3. Sitio de Prueba No. 3:

Análisis experimentación:

La ladera donde se realizaron los pozos 3 y 3A fue considerada como la zona de menor sensibilidad por las pocas evidencias de inestabilidad y por el moderado ángulo de la pendiente.

Luego de realizada la detonación, la ladera no sufrió ningún cambio, no se registraron evidencias de la alteración de los materiales. En conclusión el efecto

de la onda sísmica al igual que en los dos sitios anteriormente descritos no generó procesos de erosión o algún tipo de circunstancia que pudiese ocasionar inestabilidad sobre la ladera.

En visita realizada 32 días después a los sitios donde se desarrollaron las pruebas, no fueron evidenciadas alteraciones físicas de las laderas y tampoco se presentaron evidencias de remoción en masa.

Ensayos físico mecánicos:

**Tabla No. 6.12.
Ensayos físico mecánicos zona de prueba No. 3**

TIPO DE ENSAYO		POZO DE PRUEBA (Antes detonación) 3		POZO DE PRUEBA (Después detonación) 3A	
		MUESTRA			
		M1	M2	M1	M2
Corte Directo	Cohesión Kg/ cm ²	0			0
	Angulo de fricción	27°			28°
Capacidad portante Kg/cm ²		0.70	1.40	0.84	0.70
Densidad gm/cm ³		1.14	1.03	1.12	1.04
Expansión %		28.9	24.6	27.1	27.6
Limites de Consistencia	Humedad %	60.5	62.9	63.4	64.7
	Limite Liquido %	60.8	62.9	63.9	65.6
	Limite Plástico %	47.9	43.7	43.6	48.8
	Índice de plasticidad %	12.9	19.2	20.3	16.8
	Clasificación USC	MH-OH	MH-OH	MH-OH	MH-OH
Granulometría	% pasa tamiz 1"	100	100	100	100
	% pasa tamiz # 4	100	100	100	100
	% pasa tamiz # 200	98.3	95.3	95.7	97.0

Los resultados de los ensayos dan muestras de suelos que se clasifican como limos orgánicos de alta plasticidad (MH-OH)) según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S), no cohesivos y con una alta cercanía entre los valores de humedad y el máximo valor permitido por el material (LL), a partir del cual se comportará como un flujo.

Las anteriores consideraciones llevan a pensar en una posible generación de procesos de remoción en masa asociados a épocas de alta precipitación, con el agravante de que la cobertura vegetal de la ladera son pastizales destinados al cuidado de ganado, lo cual no ayuda a la protección del terreno de la acción de las aguas lluvias.

6.4.4. Sitio de Prueba No.4:

Análisis experimentación:

Luego de activar la carga de 12000 gr. de sismigel a una profundidad de 20 m. no se registraron evidencias de alteraciones en las geoformas de la ladera donde se desarrolló el pozo de prueba No. 4.

Los deslizamientos ubicados en la parte baja no registraron ningún cambio luego de la detonación, tampoco se apreciaron fisuramientos ni agrietamientos en superficie. En conclusión no hubo ningún cambio físico que se pudiese relacionar a la generación de la onda sísmica.

Vale la pena resaltar que en el pozo No. 4A realizado luego de la detonación fueron medibles algunos cambios en el comportamiento geomecánico del material encontrado a 10 m de profundidad, esto debido a la disminución del número de golpes necesarios para la toma de las muestras en dicha profundidad, además de la longitud recuperada en cada uno de los pozos.

Para el pozo No. 4 fueron necesarios 24 golpes con el martillo de 140 lb para obtener una muestra de 15 cm y en el pozo No. 4A el número de golpes necesarios para la penetración del tubo shelby disminuyo a 11 obteniéndose una muestra de 45 cm de longitud.

Ensayos fisicomecánicos:

**Tabla No. 6.13.
Ensayos físico mecánicos zona de prueba 4**

TIPO DE ENSAYO		POZO DE PRUEBA (Antes detonación) 4	POZO DE PRUEBA (Después detonación) 4A		
		MUESTRA			
		M1	M2	M1	M2
Corte Directo	Cohesión Kg/ cm ²	0.20		0.45	
	Angulo de fricción	24°		22°	
Capacidad portante Kg/cm ²		0.98	1.12	3.36	1.54
Densidad gm/cm ³		1.38	1.52	1.38	1.38
Expansión %		10.3	13.3	10.9	12.7
Limites de Consistencia	Humedad %	30.4	27.4	33.4	27.9
	Limite Liquido %	54.8	49.7	53.7	49.8
	Limite Plástico %	26.1	24.3	30.5	25.6
	Índice de plasticidad %	28.7	25.4	23.2	24.2
	Clasificación USC	CH	CL	CH	CL
Granulometría	% pasa tamiz 1"	100	100	100	100
	% pasa tamiz # 4	100	100	100	98.4
	% pasa tamiz # 200	80.9	67.4	89.5	69.1

Los resultados de las muestras ensayadas para los pozos de prueba 4 y 4A según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S) dan como resultado para ambas perforaciones suelos arcillosos de alta compresibilidad (CH) para las muestras obtenidas a los 5 m. y de baja compresibilidad (CL) para las alcanzadas a los 10 m. Las muestras en las cuales se realizó el ensayo de corte presentaron un muy bajo grado de consolidación.

Las capacidades portantes (qu) en general para las cuatro muestras es de media a baja, presentándose una disminución de la capacidad portante de un 50% en la muestra lograda a los 10 m. (M2) del pozo 4A (después de la detonación) en relación con el valor obtenido para la muestra alcanzada a igual profundidad antes de la detonación de la carga. Los suelos presentan una plasticidad de media a alta

INTERVENTORÍA DE ESTABILIDAD DE TALUDES E INVERSIÓN SOCIAL DEL PROYECTO
SISMICO ACEVEDO 2D 2001

y un amplio rango entre el LP y el LL (índice de plasticidad). Los valores de humedad natural indican suelos en estado plástico pero que no se encuentran muy próximos al límite de saturación o Límite Líquido.

7. DESARROLLO DE LA INTERVENTORIA DE TALUDES

7.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Para la identificación y clasificación de los diferentes tipos de procesos denudativos encontrados a lo largo de cada una de las líneas sísmicas y con el fin de velar por la correcta ubicación de los pozos se llevó a cabo la siguiente metodología:

7.1.1. Revisión bibliográfica y documentación

Basados en el plan de manejo ambiental desarrollado por la Empresa Auditoria Ambiental se identificaron las zonas de mayor sensibilidad a procesos denudativos allí referenciadas.

Se consultaron los elementos teóricos necesarios para la identificación y clasificación de los procesos denudativos, además de las causas detonantes y el grado de amenaza según los factores geológicos, geomorfológicos (morfométricos) y de cobertura vegetal que incidieran sobre el proceso. Se recogieron elementos sobre experiencias anteriores y pruebas realizadas donde se involucrara la incidencia de la realización de proyectos sísmicos sobre elementos ambientales.

7.1.2. Inducciones y plan de capacitación

Se presto capacitación y apoyo técnico al diferente personal que participó en el proyecto (topografía, perforación, vigías ambientales, departamento de Medio

Ambiente y departamento de Control de Calidad) con el fin de suministrar elementos que resalten la importancia de la identificación de procesos denudativos y zonas de inestabilidad. Se tuvo un especial interés con los departamentos de Medio Ambiente, Control de Calidad y Vigías Ambientales llevando a cabo un acompañamiento en las comisiones de certificación de pozos donde se compartieron criterios ambientales sobre las particularidades del área y los elementos a tener en cuenta en lo que respecta a la estabilidad de taludes.

7.1.3. Trabajo de campo

Para el levantamiento de las actas de procesos denudativos se recorrió cada una de las líneas sísmicas dando prioridad a las líneas donde se ubicaron los pozos. Algunos recorridos se realizaron participando de las comisiones de certificación con personal de GRANT y de los vigías ambientales.

La caracterización de los procesos denudativos se realizó utilizando el formato diseñado por el equipo de Interventoría de Estabilidad de Taludes de GEOCOL LTDA. (Ver Anexo No. 5) donde se tienen en cuenta elementos de gran importancia en el momento de la identificación y clasificación de éstos. Las referencias de ubicación de los procesos denudativos registrados fueron dadas con respecto al estacado de la línea más próxima.

La distancia mínima determinada para la ubicación de pozos a un proceso denudativo fue de 50 m. Sin embargo esto dependió en gran medida del tipo de proceso, el grado de amenaza, y la ubicación topográfica del pozo, así, para procesos denudativos de tipo superficial como terracetos, surcos o cárcavas la distancia podría ser inferior a los 50 m. También en aquellos casos donde el pozo se encontraba en la parte baja del talud y ante un proceso denudativo superficial antiguo ya cicatrizado con evidencias de estabilización, la norma fue flexibilizada; no obstante en algunos casos donde los procesos encontrados se consideraron

activos e involucraban materiales de alta sensibilidad a la erosión la distancia guardada fue de 50 m. o más.

7.1.4. Trabajo de oficina y procesamiento de la información

Parte de esta etapa se desarrollo paralelamente al trabajo de campo, esto con el fin de proporcionar la base de datos donde se relacionaba la ubicación y características de los procesos denudativos por línea de acuerdo con el desarrollo del programa.

Con el trabajo de oficina se logró la consolidación de las carpetas donde se presentan las actas de procesos denudativos. En ésta etapa también se incluyó el análisis de los controles de línea y la recolección de la información para cualquier decisión que se debiese tomar frente a la ubicación de pozos que fuesen considerados de alto riesgo, además de la coordinación de visitas a sitios de interés previa solicitudes de personal de la Interventoría, GRANT o por parte de la comunidad. En el anexo No. 6 se presentan algunas de estas actas diligenciadas y con sus respectivos registros topográficos como se llevo originalmente en el proyecto.

7.2. INFORMACIÓN OBTENIDA Y CONSOLIDADOS POR LÍNEA

El área en la cual tuvo lugar el proyecto Acevedo 2D 2001, se caracteriza por ubicarse en una zona con un alto régimen en el modelamiento geomorfológico relacionado a la actividad estructural, los tipos de unidades geológicas la alta pluviosidad y la morfometría de la zona.

Fueron identificados dos sectores con diferencias marcadas en la geomorfología, morfometría y el desarrollo de procesos denudativos encontrándose que las

evidencias de inestabilidad son más relevantes en las laderas que se ubican hacia la margen izquierda del río Suaza, en este sector la geomorfología esta conformada por laderas largas y empinadas con pendientes de moderadas a altas que forman valles profundos en V, cuyas quebradas presentan un alto nivel de disección.

La interacción de las anteriores características sumado al mal uso del suelo en grandes áreas de éste sector hacen que la zona sea mucho más propensa a la ocurrencia de procesos denudativos. Son característicos los procesos denudativos profundos tipo rotacional desarrollados sobre unidades de edad Jurásica activados durante las épocas de alta pluviosidad que se presentan en la zona. Es característica la presencia de este tipo de procesos a lo largo del trazado de la Falla de Acevedo. Sobre unidades terciarias también fueron registrados procesos denudativos profundos tipo rotacional asociados en algunos sitios a puntos de surgencias del nivel freático.

Hacia la margen derecha del río Suaza la geomorfología presenta un contraste con la descrita anteriormente, allí las laderas muestran formas de redondeadas a subredondeadas con pendientes bajas y valles poco profundos; esta condición varía hacia la parte más oriental donde algunas de las líneas (134 - 136) penetran en el sector de alta montaña encontrándose con las cotas topográficas más altas donde se presenta un relieve de pendientes altas con una alta disección de las quebradas.

El cambio geomorfológico se encuentra determinado por el trazado de la Falla de Suaza. Los procesos denudativos en las laderas ubicadas a la derecha del río son de una menor incidencia gracias a las bajas pendientes y a la cobertura vegetal de bosque que aun se conserva en las partes más altas.

Durante los recorridos realizados fueron caracterizados y clasificados 408 procesos denudativos siendo los deslizamientos tipo rotacional los de mayor presencia en toda el área; también es característica la presencia de zonas con sobrepastoreo que generan procesos denudativos superficiales como terracetas.

Como factores determinantes en la generación de procesos denudativos se presentan las grandes extensiones de suelo dedicadas al cultivo de café, principalmente en áreas de pendientes no adecuadas para el desarrollo de ésta actividad; en éstos sectores los procesos denudativos se ocasionan en los momentos en que se realizan los soqueos de las plantaciones y la superficie queda expuesta a la acción de las aguas lluvias.

La alta pluviosidad que afecta la zona durante algunas épocas del año tiene una gran incidencia en la inestabilidad de los taludes teniendo en cuenta que los suelos derivados del proceso de meteorización de depósitos y rocas ígneas de edad Jurásica que cubren gran parte del área de estudio, presentan una fácil saturación de los materiales. La reactivación de procesos antiguos es otro fenómeno importante en el área y que de igual manera se relaciona a las temporadas invernales.

La línea sobre la cual fueron evidenciados el mayor número de procesos denudativos fue la 137 con un 26% de la totalidad de éstos, por ser ésta la de mayor longitud.

La metodología establecida permitió la consolidación del grupo de Interventoría, logrando un adecuado trabajo en cada una de las etapas del proyecto.

Con el trabajo realizado, se lograron establecer unos criterios claros y suficientes para que cada uno de los departamentos de la Empresa Grant Geophysical y otros

ajenos a esta como el grupo de vigías ambientales, dieran la importancia necesaria a los eventos de erosión con miras a anular cualquier riesgo que se pudiera presentar por el desarrollo de la exploración sísmica.

A continuación se presenta una relación de los procesos denudativos y la unidad geológica que afectan (Tabla No. 7.1)

Tabla No. 7.1.
Relación de procesos denudativos según la unidad geológica sobre la cual se ubican

LÍNEA 132 (3205 – 3209)		
UNIDAD GEOLÓGICA	No. PROCESOS	PORCENTAJE (%)
Dep. Volcano Sedimentario (JR _s)	67	82.7
Dep. de Abanico (Qba)	14	17.3
TOTAL	81	100
LÍNEA 133 (3305 – 3207 – 3309)		
UNIDAD GEOLÓGICA	No. PROCESOS	PORCENTAJE (%)
Dep. Volcano Sedimentario (JR _s)	38	66.7
Fm. Guaduas (Ktg)	1	1.8
Grupo Gualanday (Pg)	2	3.5
Fm. Gigante (Ngg)	7	12.3
Dep. de Abanico (Qba)	9	15.7
TOTAL	57	100
LÍNEA 134 (3405 – 3407 – 3409)		
UNIDAD GEOLÓGICA	No. PROCESOS	PORCENTAJE (%)
Unidad Ignea Jurásica (JR _{ac})	4	6.2
Dep. Volcano Sedimentario (JR _s)	54	83.1
Fm. Gigante (Ngg)	4	6.2
Dep. Coluviales (Qc)	3	4.5
TOTAL	65	100
LÍNEA 135 (3505 – 3507 – 3509)		
UNIDAD GEOLÓGICA	No. PROCESOS	PORCENTAJE (%)
Unidad Ignea Jurásica (JR _{ac})	29	80.6
Fm. Gigante (Ngg)	3	8.3
Dep. de Abanico (Qba)	4	11.1
TOTAL	36	100

Continuación Tabla No. 7.1. Relación de procesos denudativos según la unidad geológica sobre la cual se ubican

LINEA 136 (3605 – 3607 – 3609)		
UNIDAD GEOLOGICA	No. PROCESOS	PORCENTAJE (%)
Unidad Ignea Jurásica (JRac)	6	9.5
Dep. Volcano Sedimentario (JRs)	28	44.4
Fm. Guaduas (Ktg)	1	1.6
Grupo Gualanday (Pg)	1	1.6
Fm. Gigante (Ngg)	17	27
Sin reconocimiento geológico	10	15.9
TOTAL	63	100
LINEA 137 (3705 – 3709)		
UNIDAD GEOLOGICA	No. PROCESOS	PORCENTAJE (%)
Macizo de Garzón (Pemg)	58	54.7
Unidad Ignea Jurásica (JRac)	7	6.6
Grupo Gualanday (Pg)	36	34
Fm. Gigante (Ngg)	5	4.7
TOTAL	106	100

La definición de las Unidades geológicas se basó en el trazado de las líneas sísmicas sobre el Mapa Geológico contenido en el Plan de Manejo Ambiental desarrollado para el proyecto. La ausencia de referencia litológica en la caracterización de algunos procesos denudativos se debe a la falta de cartografía en algunos sectores.

7.2.1. Consolidado final de procesos denudativos por línea

La Interventoría de estabilidad de Taludes realizó un trabajo en coordinación con los diferentes departamentos de la empresa Grant Geophysical en el cual se recorrían las líneas en el mismo orden en el que las comisiones de perforación y registro de pozos planeaban realizar su trabajo. Con esto, se obtenía una base de datos previa de los departamentos de medio ambiente, control de calidad e interventoría para la certificación de los pozos sin que ninguno de estos pasara por alto los parámetros del Ministerio del Medio Ambiente para esta clase de proyectos. El formato en el que la Interventoría de Estabilidad de Taludes presentó

esta base de datos y el informe final de la Interventoría se puede apreciar en la tabla No. 7.2. En el Anexo No. 7 se presentan las tablas con la relación de procesos denudativos de cada una de las líneas sísmicas.

Tabla No. 7.2.
Relación procesos denudativos Línea 3205 (Salvo 3206)

Estaca	Distancia a la línea	Tipo de proceso	Unidad geológica
190	115 m der.	Rotacional-flujo	Dep. volcano sedimentarios
203	2 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
204-205	10 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
205	42 m der.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
205	Sobre la línea	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
207	26 m der.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
215-216	Sobre la línea	Translacional	Dep. Volcano sedimentarios
216	20 m der.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
218	30 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
235	8 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
235	70 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
236	25 m izq.	Socavamiento	Dep. Volcano sedimentarios
237-238	70 m der.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
238	Sobre la línea	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
238	38 m der.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
239	18 m izq.	Rotacional-cárca	Dep. Volcano sedimentarios
239-240	30 m der.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
240	45 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
250	48 m der.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
251	80 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
252	Sobre la línea	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
252	50 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
253-254	7 m der.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
253-254	4 m der.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
254	14 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
260-261	60 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
262-263	73 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
262	75 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
262	80 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
262	25 m der.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
264	20 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios

INTERVENTORIA DE ESTABILIDAD DE TALUDES E INVERSIÓN SOCIAL DEL PROYECTO
SISMICO ACEVEDO 2D 2001

Continuación Tabla No. 7.2. Relación de procesos denudativos línea 3205 (salvo 3206)

Estaca	Distancia a la línea	Tipo de proceso	Unidad geológica
273-274	10 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
348	30 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
349	35 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
353	50 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
375	8 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
428	35 m. Der.	Rotacional	Depósitos de abanico
430	35 m. Izq.	Rotacional	Depósitos de abanico
431	45 m der.	Rotacional	Depósitos de abanico
500	35 m der.	Cárcavas	Depósitos de abanico
500	10 m der.	Cárcavas	Depósitos de abanico
530-640	TRAMO ESTABLE	BAJAS PENDIENTES	Depósitos de abanico
577	90 m izq.	Rotacional	Depósitos de abanico
701-702	30 m der.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios

A pesar de las particulares condiciones ambientales que presenta el área de exploración, la Interventoría de Estabilidad de Taludes realizó un completo trabajo velando siempre por el cumplimiento de los parámetros ambientales estipulados en el Plan de Manejo Ambiental, facilitando así el óptimo desarrollo de las actividades involucradas dentro del Proyecto de Exploración Sísmica Acevedo 2D 2001.

La metodología establecida permitió la consolidación del grupo de Interventoría, logrando un adecuado trabajo en cada una de las etapas del proyecto.

8. PROYECTOS DE INVERSIÓN SOCIAL

El proyecto involucra 52 veredas de las cuales un 52 % representadas en 27 veredas, diseñaron proyectos que involucraban obras civiles tales como acondicionamiento de escenarios deportivos, mantenimiento de la red vial, remodelación de cocinas escolares, entre otros. Estas veredas y su respectivo proyecto se relacionan en la tabla No. 8.1.

Tabla No. 8.1.
Proyectos realizados en cada Vereda.

	VEREDA	PROYECTO
1	Alto Encanto	Construcción Polideportivo
2	Bajo Encanto	Construcción placa del polideportivo
3	Bolívar	Mantenimiento de vía
4	Buenavista	Mantenimiento de vía
5	Buenos Aires	Construcción tanque de almacenamiento para la escuela
6	Cantarito	Cerramiento del polideportivo
7	Cristo Rey	Construcción de cocina escolar
8	El Mesón	Construcción de cocina escolar
9	El Rosario	Cerramiento del polideportivo
10	La Estrella	Mantenimiento de vía
11	La Montosa	Construcción unidad sanitaria para la escuela
12	La Palma	Mantenimiento de vía
13	La Unión	Cerramiento del polideportivo
14	La Victoria	Construcción placa del polideportivo
15	Las Delicias	Cerramiento del polideportivo y mantenimiento de vía
16	Las Minas	Mejoramiento de instalaciones deportivas y mantenimiento de vía
17	Los Angeles	Construcción de obras de arte en la vía

INTERVENTORIA DE ESTABILIDAD DE TALUDES E INVERSIÓN SOCIAL DEL PROYECTO
SISMICO ACEVEDO 2D 2001

Continuación Tabla No. 8.1. Proyectos realizados en cada Vereda.

	VEREDA	PROYECTO
18	Los Olivos	Construcción de la placa para el polideportivo
19	El Paraíso	Construcción de cocina escolar
20	La Primavera	Cerramiento polideportivo
21	San Antonio	Mantenimiento de vía
22	Llanitos	Construcción pozo séptico para 6 viviendas
23	San José del Corinto	Construcción muro de gavión en la quebrada.
24	Villanueva	Encerramiento del aula múltiple
25	Brasil	Mantenimiento de vías
26	Toribio	Mantenimiento de vías
27	Los Salados	Encerramiento del polideportivo

El presupuesto para cada uno de los proyectos relacionados en la anterior tabla fue de \$4.000.000, lo que realmente es poco para pensar en obras de gran envergadura, pero que sumados para las 52 veredas involucradas da un total de \$208.000.

8.1. METODOLOGÍA EMPLEADA EN EL PROCESO DE EVALUACIÓN DE LOS PROYECTOS

El primer paso para la evaluación del proyecto a llevar a cabo en cada vereda fue la visita del personal del departamento de Acción social de la Empresa Grant Geophysical para comentar los beneficios económicos que la empresa Talisman otorgaría a cada una de las comunidades por la realización del Proyecto Sísmico en el área.

Luego de la visita, quedó en manos de los dirigentes de cada vereda la selección del proyecto que pretendían llevar a cabo con la colaboración de toda la

comunidad para escoger la obra que más los beneficiara y que presentara mayor prioridad.

El siguiente paso fue la entrega del listado de los materiales necesarios y un prediseño elaborado por los representantes de la comunidad para tener una idea clara de la obra a desarrollar. Estos documentos eran de mucho valor a la hora de la visita técnica que se hizo a cada vereda por parte del Ingeniero pasante para la posterior realización del diseño y presupuesto definitivo. En el Anexo No. 8 se presentan algunos ejemplos de la documentación requerida para la elaboración de cada uno de los proyectos y su ejecución.

Cabe anotar que los materiales fueron comprados en las partes más cercanas a cada vereda para rebajar costos de transporte y para estimular el comercio en toda el área. La mano de obra necesaria para la construcción de las obras fue puesta por los mismos habitantes de las veredas.

En los casos en que el proyecto seleccionado por la vereda fue mantenimiento de vías, la alcaldía del municipio (Suaza ó Acevedo) colaboró con el préstamo de la maquinaria.

Una vez evaluado, presupuestado y diseñado el proyecto en cada vereda, se procedía a dar inicio a cada una de las obras en cuestión. Por lo general en la vereda hay personal calificado que labora como maestro de obra en las cabeceras municipales o en obras de construcción del área; a estas personas se le delegaba la dirección de las obras, pues se dificultaba la presencia diaria en cada una de las veredas. Sin embargo, se visitó cada obra tres o cuatro ocasiones durante el desarrollo de estas en los 15 o 20 días que duraba su ejecución brindando una adecuada asesoría en cuanto al manejo de los materiales, sistemas constructivos,

dosificación de las mezclas y otros muchos parámetros tenidos en cuenta en el desarrollo de cualquier obra en construcción.

El diseño de cada proyecto se elaboró bajo un criterio muy profesional y basados en diferentes documentos existentes para cada obra como el Manual de Normas Técnicas Para Diseño, Construcción e Instalación de Tanques Sépticos y de disposición de Efluentes Finales elaborado por la Corporación Autónoma Regional de la Meseta de Bucaramanga (CDMB).

Las 27 obras desarrolladas a lo largo del proyecto se sintetizaron en 9 grupos de acuerdo a las características comunes que estas presentaron, los cuales fueron:

1. Adecuación del polideportivo
2. Mantenimiento de vías
3. Construcción cocina escolar
4. Construcción tanque de almacenamiento de agua
5. Construcción unidad sanitaria en escuela
6. Construcción obras de arte vía de acceso vereda Los Angeles
7. Construcción tanque séptico para seis viviendas
8. Construcción muro de gavión
9. Cerramiento aula múltiple

8.1.1. Adecuación de polideportivo

Las actividades contempladas dentro de este ítem fueron la construcción de la placa del piso con su respectivo cerramiento. En algunas veredas para lograr que el presupuesto alcanzara, se construyó una placa con un espesor de 10 cm. ; en otros casos, la comunidad conseguía recursos con terceros y la placa se construía

de 12 cm y sé hacia un muro perimetral en forma de cerramiento con malla eslabonada y tubos de acero galvanizado de 3 m de longitud y 2 ½" de diámetro.

La placa de concreto se construyó con unas dimensiones de 19 m de ancho por 25 m de longitud. El sistema constructivo empleado fue el de nivelar previamente el terreno con una capa de base granular compactada y luego construir por pequeñas placas de 4 * 4 m, con un concreto de dosificación 1:2:4 con una resistencia de 2500 p.s.i. aproximadamente.

Todas las actividades anteriormente descritas se realizaron con herramienta manual tal como pala, pisón, llana, palustre, etc. por las obvias limitaciones de presupuesto y difícil consecución de la maquinaria.

8.1.2. Mantenimiento de vías

El mantenimiento de las vías consistía en la colocación de una capa de rodadura de material granular sobre la ya existente. Para este trabajo se utilizó material de la cantera más cercana a la vereda y de donde normalmente la comunidad la obtiene para esta clase de reparaciones. Las características generales de estos materiales eran buenas y por la experiencia se puede observar que sirve adecuadamente para tal fin.

La maquinaria empleada para esta actividad, volquetas y motoniveladora, fue cedida por las respectivas alcaldías. Los tramos reparados fueron de 4 y 5 Km; la longitud total dependía del precio del material y del estado de la vía en el momento del trabajo.

Dentro del proceso de mantenimiento de las vías, la primera actividad era nivelar la subrasante o la capa granular existente con la motoniveladora para eliminar los

huecos y materiales que pudieran dificultar la colocación del nuevo material. También se limpiaba la cuneta de escombros que pudieran detener el libre flujo del agua de escorrentía. Luego se llevaba el material en las volquetas hasta el punto donde se iba a colocar y el operario de la motoniveladora se encargaba de regarlo adecuadamente.

Los operarios de la maquinaria son personas calificadas y con mucha experiencia, lo que generaba un buen grado de confiabilidad para la buena calidad del trabajo.

El espesor final de la capa de rodadura granular era de 10 cm aproximadamente, pues no se contaba con la maquinaria necesaria para la compactación por lo que no se lograba un espesor uniforme. La compactación se logró posteriormente con el transitar de los vehículos por dichas carreteras.

8.1.3. Construcción cocina escolar

Las dimensiones de la cocina fueron de 4.0 * 4.3 m para un área total de 17.2. m². Los muros perimetrales de la cocina se construyeron con ladrillo farol con una altura de 2.7 m y con una pega dosificada así: 1:5. Estos son muros confinados con vigas y columnas de amarre.

Para el piso se vació un concreto simple con una dosificación de 1:2:4, la cubierta se hizo con teja de asbesto-cemento a dos caídas. (Tejas No. 5 y No. 6).

Las vigas de cimentación se construyeron con una dosificación de 1:2:3 ½ para una resistencia aproximada de 3000 psi, lo mismo que las vigas de amarre. Las columnas también se diseñaron para una resistencia de 3000 psi. Los refuerzos se hicieron con hierro de ½ “, con flejes colocados a 15 cm uno de otro con hierro de 3/8”.

Los mesones de la cocina se construyeron en concreto simple, además se implemento la cocina con su respectiva estufa y lavaplatos.

8.1.4. Construcción tanque de almacenamiento de agua

La necesidad de la construcción del tanque de almacenamiento nace del deficiente e inconstante servicio de acueducto de la comunidad. El tanque se construyó contiguo a las baterías sanitarias de la escuela para aprovechar la tubería existente de entrada y salida del preciado líquido.

El tanque se conecto a la red de acueducto existente para su llenado y aprovechamiento en los momentos que fuere necesario.

Las dimensiones del tanque son de 2 m de largo por 2 m de ancho y 1.5 m de altura. Se construyó en concreto reforzado para lograr una excelente impermeabilidad y para lograr unas condiciones óptimas en su desempeño sin que se presentaran grietas o porosidades que pudieran afectar el buen desempeño del tanque. El acero de refuerzo se figuró por secciones cada una de estas correspondiente a uno de los muros, al fondo o a la cubierta del tanque con sus respectivos traslapos. Se ubicaron varillas de $\frac{3}{4}$ " en ambos sentidos formando una cuadrícula con un espaciamiento de 8 cm entre cada uno.

El espesor de las paredes y el fondo del tanque es de 10 cm, lo suficiente para darle un buen recubrimiento al acero de refuerzo y para brindar una estructura fuerte y duradera.

Para la adecuación del terreno donde se construyó el tanque fue necesario hacer un pequeño corte por las condiciones de pendiente leve del terreno. Una vez hecho esto, se hizo una pequeña nivelación con una capa de material granular

delgado y se compacto adecuadamente para colocar el concreto directamente sobre esta sin necesidad de formaleta.

La formaleta usada para los muros fueron dos tableros construidos especialmente para el tanque, empleándolos para cada muro con un intervalo de dos días dando un buen tiempo de fraguado del concreto.

Al interior del tanque se hizo un acabado especial con un mortero con alto contenido de cemento para mejorar las condiciones de rugosidad, para evitar la acumulación de musgos y bacterias indeseables dentro del tanque y para mejorar las condiciones de impermeabilidad.

8.1.5. Construcción unidad sanitaria escuela.

La batería sanitaria consta de tres sanitarios y un lavamanos. El espacio donde construyeron dichos sanitarios, ya existía, por lo cual no se tuvo que tener en cuenta la construcción de cubierta ni del piso. Los baños existentes que estaban contruidos en bahareque y que presentaban un estado de deterioro bastante avanzado, se demolieron y se procedió a construir los nuevos.

Se uso mampostería con ladrillo farol, con una mezcla de pega de 1:5. Los accesorios sanitarios y tuberías se reemplazaron totalmente y las tuberías de aguas negras se conectaron al sistema de alcantarillado existente. El agua que alimentaba la unidad se tomo del sistema de acueducto como originalmente se presentaba sin crear ningún problema por la capacidad. Las puertas se reemplazaron por puertas metálicas.

Las baterías sanitarias se entregaron debidamente acabadas para una total comodidad y unas buenas condiciones de aseo para los beneficiados por la obra.

8.1.6. Construcción de obras de arte vía de acceso Vereda Los Angeles

Las obras de arte se llevaron a cabo en la Vereda Los Angeles para mejorar el servicio de transporte en sitios particulares donde el paso de los vehículos era bastante dificultoso por la falta de alcantarillas y cunetas para controlar las aguas que circulan sobre la superficie de la vía.

Existía una sección donde las aguas de escorrentía procedentes del talud contiguo a la vía socavaban profundos surcos transversales y convergían en un bajo por donde cruza un caño y en temporadas de invierno el cauce de este dificultaba el tránsito normal.

La solución para este problema fue la construcción de un tramo de cuneta revestida en concreto simple y una alcantarilla a donde llegaban las aguas recogidas en esta y las que bajaban por el cauce del caño.

El ancho de la vía en el sitio de la construcción de la alcantarilla es de 5 m. Las dimensiones de la poceta son 1.8 * 1.8 m, con una altura de 2.00 m y una altura adicional de 0.40 m para control del talud en concreto ciclópeo con una pendiente en el fondo de un 10% a favor de la tubería. La pendiente de la tubería es de un 5% en toda su longitud. Los tubos utilizados son de concreto reforzado (4000 psi) con un empalme de campana y espigo.

Sobre la tubería se compacto un material de relleno granular seleccionado y se le dio a la superficie una pendiente transversal para bombeo de 2%. Para la superficie de rodadura se extendió y compacto una capa de 0.25 m de material de sub-base. En el costado exterior de la alcantarilla se construyó un cabezote sencillo en concreto ciclópeo con una base de 1.80 m de longitud por 0.60 m de ancho y una corona de 1.80 m de longitud y 0.20 m de ancho.

Al final de la alcantarilla se construyó un canal de descole con una longitud de 8 m con el fin de llevar las aguas hasta un lugar donde no ocasionará socavación ni ningún otro daño al suelo.

8.1.7. Construcción tanque séptico para seis viviendas

La construcción del tanque séptico se llevó a cabo en la vereda Llanitos de Acevedo. El sistema de alcantarillado está dividido en dos redes principales. La primera recoge las aguas servidas de la mayoría de viviendas de la vereda y la segunda recoge las aguas servidas de solo 6 viviendas.

Para la red principal se tiene diseñada una planta de tratamiento de grandes dimensiones y para la red secundaria se diseñó un tanque séptico que aunque cumple ampliamente con las exigencias y los caudales, se diseñó así pensando en futuros asentamientos de población en el sector.

El objetivo principal de la construcción del tanque séptico es obtener unas aguas en unas condiciones aceptables para verterlas en el cauce de la quebrada Tijiña. Con este, los sólidos más densos se sedimentan acumulándose en el fondo del tanque, formando lodo. La mayoría de los sólidos ligeros, como las grasas, permanecen en el tanque, formando una especie de espuma en la superficie del agua, mientras el afluente se lleva el resto al sistema final de evacuación.

El tanque se construyó siguiendo una a una las especificaciones de las normas técnicas para diseño, construcción e instalación de tanques sépticos y disposición de efluentes finales de la CDMB.

La sección del tanque es rectangular con una longitud total (L) de 3.60 m, una profundidad útil (h) de 1.40 m, un ancho interno (b) de 1.2 y unas paredes y base

de 10 cm de espesor. Con estas dimensiones se cumplen especificaciones básicas como que $2 \leq L/b \leq 4$, el volumen del compartimiento mayor será 2/3 del volumen total y el volumen del compartimiento menor será de 1/3 del mismo.

Otras especificaciones tenidas en cuenta fueron:

- La tubería que comunica el primer compartimiento con el segundo tiene un diámetro de 4", la cual va unida a un codo cuyo borde inferior esta 0.40 m bajo el nivel de agua.
- Se dejo un borde libre por encima del nivel del agua para obtener un espacio que permita la acumulación de natas y espumas que flotan encima del líquido.
- Los volúmenes mínimos y máximos de los tanques sépticos aceptados son de 2.0 y 12.5 m³ respectivamente para zonas rurales. En este caso el volumen útil es de 6.48 m³.

El tiempo de retención del agua dentro del tanque séptico es de 24 h aproximadamente que es lo mínimo permitido por la CDMB. La distancia a la quebrada donde se van a verter las aguas servidas es de 20 m y aunque la especificación habla de 25, se compensó la distancia faltante haciendo el canal filtrante en forma de espina de pescado.

8.1.8. Muro de gavión

La función del muro de gavión en este caso particular fue controlar las aguas de la quebrada la Pedrera que en las crecientes afectaba directamente los cimientos de una de las aulas de la escuela socavando en la parte interior del cauce y los predios de una de las vecinas de la comunidad por la parte exterior del mismo.

Los materiales utilizados en la construcción del muro en gavión fueron los siguientes:

Para la malla se utilizó alambre galvanizado calibre 12 (2.77 mm de diámetro) y para el amarre un alambre calibre 14 (2.11 mm de diámetro). Se utilizaron cantos de río con un diámetro mínimo de 10 cm por las dimensiones de la escuadría. Las dimensiones en cada uno de los elementos del diseño fueron:

Escuadrías de 5 * 7 cm en malla hexagonal, con unas secciones del muro de 1 m de ancho por 1.2 m de alto y secciones de 3 m de longitud divididos en diafragmas cada 1.5 m. Las dimensiones totales del muro fueron de 18 m en la parte interior del meandro y 14 m en la parte exterior de este.

El sistema de construcción empleado fue el estándar para esta práctica: Lo primero fue una preparación del terreno haciendo una explanación con las dimensiones del muro en toda su longitud. Aparte se armaron las mallas con las dimensiones y materiales anteriormente descritas, las cuales se ubicaron en su lugar y se inicio el proceso de llenado con los cantos seleccionados.

Cada 30 cm horizontales y verticales se instalaron tirantes con el mismo alambre calibre 12 con el fin de mantener paralelas y rectas las caras del muro del gavión. También se ubicaron tirantes diagonales en las esquinas de los bloques de 3 m para aumentar la resistencia.

Con los diámetros de los cantos, las dimensiones del muro y el tipo de malla empleado, se logra un muro medianamente flexible, óptimo para el caso de utilización en cauces de agua. Para cantos redondeados en muros de gavión se obtienen pesos unitarios de 1.7 ton/m³ equivalente a una porosidad del 35%¹

¹ Ing. Jaime Suarez Díaz. Manual de Ingeniería para el control de erosión.

8.1.9. Cerramiento aula múltiple

El aula múltiple existente estaba constituida por una placa de concreto de piso y una estructura en guadua y paja como cubierta. El trabajo que se realizó, consistió en levantar muros de mampostería confinada para el cerramiento.

Las dimensiones del salón son 18 m de longitud por 12 m de ancho. Los muros se construyeron en ladrillo farol de 13*20*40 cm. Para el confinamiento de estos muros se emplearon vigas de amarre perimetrales, tanto en el piso como en la parte superior del muro, con las siguientes especificaciones: 13 x 13 cm, con refuerzo longitudinal de 4 varillas de 3/8" y flejes de 1/4 " espaciados cada 10 cm. Este refuerzo longitudinal se ancló adecuadamente en cada intersección con las columnas de esquina.

Las vigas de amarre anteriormente descritas, se empotraron en el terreno construyendo una zanja de 50 cm de profundidad, la cual se lleno con concreto ciclópeo hasta un nivel de 15 cm por debajo de la cota cero, punto desde el cual se empezó a vaciar la viga de amarre. Por las buenas condiciones del suelo no fue necesario el empleo de formaletería para estas vigas.

Igualmente, las columnas de amarre se diseñaron de 13x13 cm, con refuerzo longitudinal de 4 varillas de 3/8" y flejes de 1/4" cada 12cm. Se emplearon columnas en cada esquina del salón, así como dos columnas intermedias en los muros de 18 m y en los muros de 12 m una columna intermedia para obtener una distancia entre columnas de 6 m.

Con el desarrollo de las obras anteriormente descritas se logró dar a la comunidad directa e indirectamente involucrada en el proyecto los medios para solventar en

INTERVENTORIA DE ESTABILIDAD DE TALUDES E INVERSIÓN SOCIAL DEL PROYECTO
SISMICO ACEVEDO 2D 2001

parte las necesidades primarias que se encuentran sin satisfacer en las poblaciones.

Todas las obras fueron desarrolladas en su totalidad y aunque en algunas el presupuesto no alcanzó, la empresa Talisman asumió los sobrecostos para no dejar ninguno de los proyectos empezados.

9. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

9.1. PRUEBAS EXPERIMENTALES PARA EL ANALISIS DE LA VULNERABILIDAD DE LOS SUELOS ANTE LAS ONDAS SISMICAS

A nivel macro, por observación visual no se registraron cambios en la constitución del suelo en ninguna de las cuatro zonas de prueba. Esta observación fue realizada por diferente personal que se encontraba en las pruebas como los operarios de los equipos y los miembros de los diferentes departamentos de Grant Geophysical y de la Interventoría.

A distancias de 40 y 50 m se registraba la detonación por movimientos vibratorios leves de la superficie pero nada que pudiera comprometer la estabilidad de la masa del suelo ni en las zonas clasificadas como de alta sensibilidad a la aparición de procesos erosivos.

Visitas realizadas semanas después a las zonas donde fueron realizadas las pruebas, mostraron que las características particulares del suelo y la masa en general no había sido alterada en ningún aspecto teniendo en cuenta las condiciones atmosféricas de lluvia reinantes en la zona en esa temporada.

No se contó con algún equipo que permitiera registrar las condiciones macros de las pruebas por lo que todo se basó en observación visual. En las zonas cercanas a las pruebas donde se registraban procesos denudativos activos, se instalo un sistema que permitía observar movimientos grandes de masa y que se puede observar en el anexo fotográfico.

A nivel más particular se analizaron los siguientes aspectos:

Límite Líquido

Esta propiedad dentro de los materiales analizados en cada zona de prueba, no tuvo cambios considerables que pudieran hacer creer que las ondas generadas en la detonación de cada uno de los pozos causaron efectos considerables en estos. Los cambios leves ocurridos se deben más que todo a lo poco homogéneo de los suelos en su estado natural y a errores que se pueden cometer tanto en la obtención de las muestras como en los ensayos de laboratorio.

El Pozo 2A, no dio lectura de Límite Líquido debido a la composición del material (S-CL) que en este caso se compone de rocas volcánicas semimeteorizadas de color rojizo poco fracturadas.

Límite Plástico

Como se puede observar en las gráficas, ninguno de los valores cambió drásticamente, lo que deja ver que las pruebas no tuvieron ningún efecto sobre los materiales que componen la masa de suelo.

Los resultados de la zona de prueba No. 3, presentan valores elevados en comparación con los demás, lo que significa que en este material por el alto contenido de partículas de finos (limos y arcillas), el comportamiento está regido por estos, convirtiéndose en un material poco permeable, muy moldeable y con un alto grado de contenido de humedad.

Hay laderas que en su estabilidad presentan un factor de seguridad igual a uno, lo que indica que la estabilidad esta condicionada a la ausencia total de un agente detonante de un proceso denudativo en su estructura. Dentro del proyecto fue de

vital importancia la identificación de estas áreas, para que la detonación de las cargas de los pozos no se convirtiera en este factor.

Índice de Plasticidad

Los valores de humedad natural indican suelos en estado plástico pero que no se encuentran muy próximos al límite de saturación o Límite Líquido. Esto quiere decir que los suelos sobre los cuales se realizaron las pruebas, no están próximos a sufrir un movimiento en masa debido a la saturación del material, especialmente en el sitio de prueba No. 4, donde el índice de plasticidad es el mayor.

Los valores del índice de plasticidad se mantienen constantes entre los pozos de pruebas antes y después de las detonaciones, lo que muestra que no hubo alteraciones en la masa de suelo causadas por las ondas sísmicas generadas.

Densidad

La densidad fue la característica que más constante permaneció en los materiales tratados. Como se ve en la gráfica, la mayor variación fue en la zona de prueba 2, en el material a 5 m de profundidad.

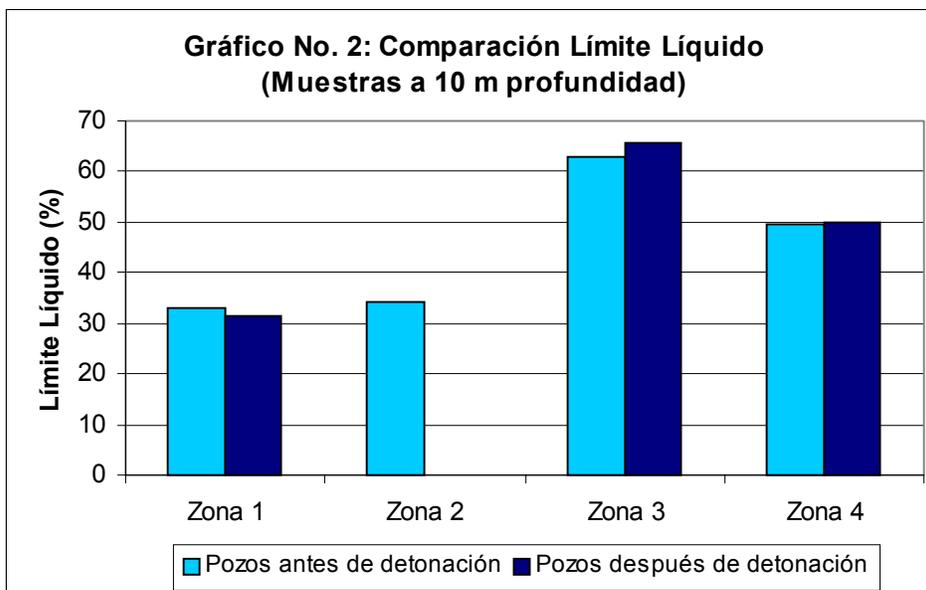
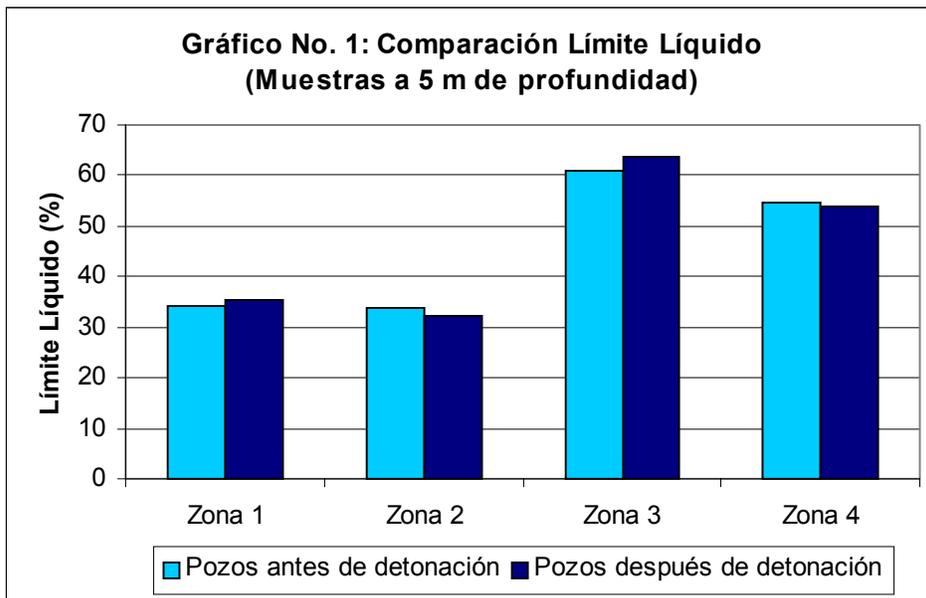
Para este parámetro también se puede anotar con seguridad que las pruebas no ejercieron ninguna influencia en el comportamiento característico del material presente en la zona.

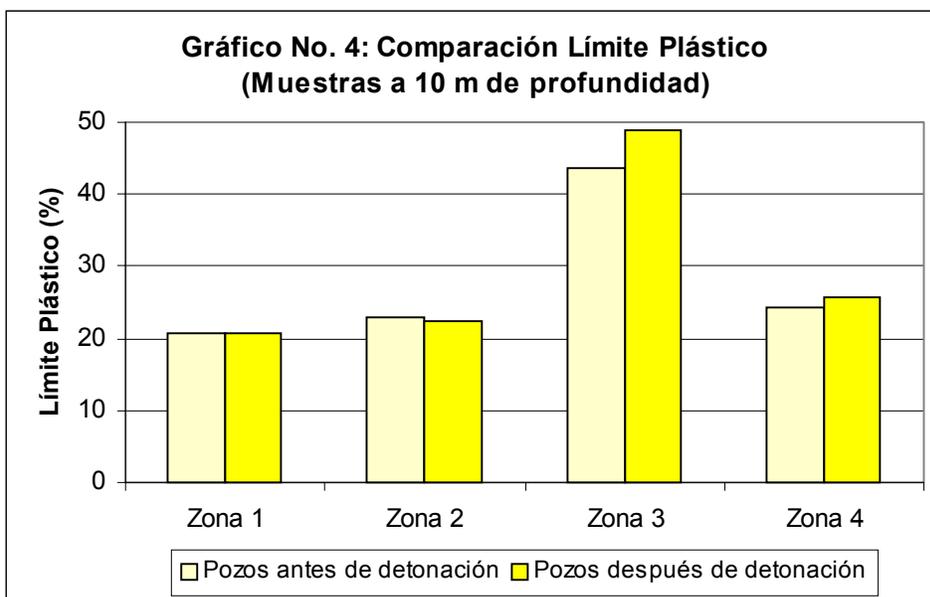
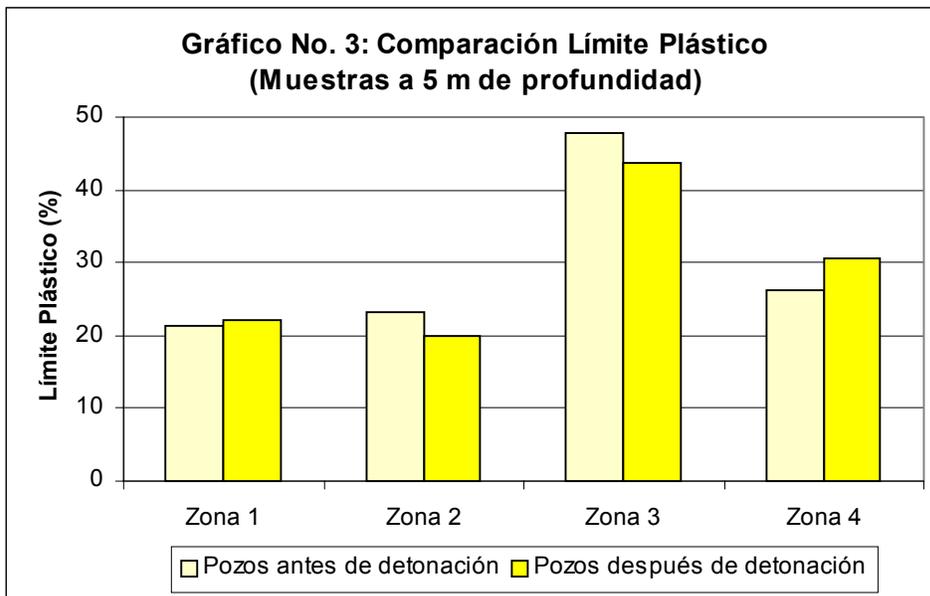
Expansión

Al igual que con los otros parámetros, la variación de la expansión de los materiales fue mínima, y obedece más bien a errores técnicos en la toma y manipulación de las muestras y en la elaboración del ensayo, pues es de esperar que esta clase de errores se cometan por lo subjetivo de los ensayos de laboratorio.

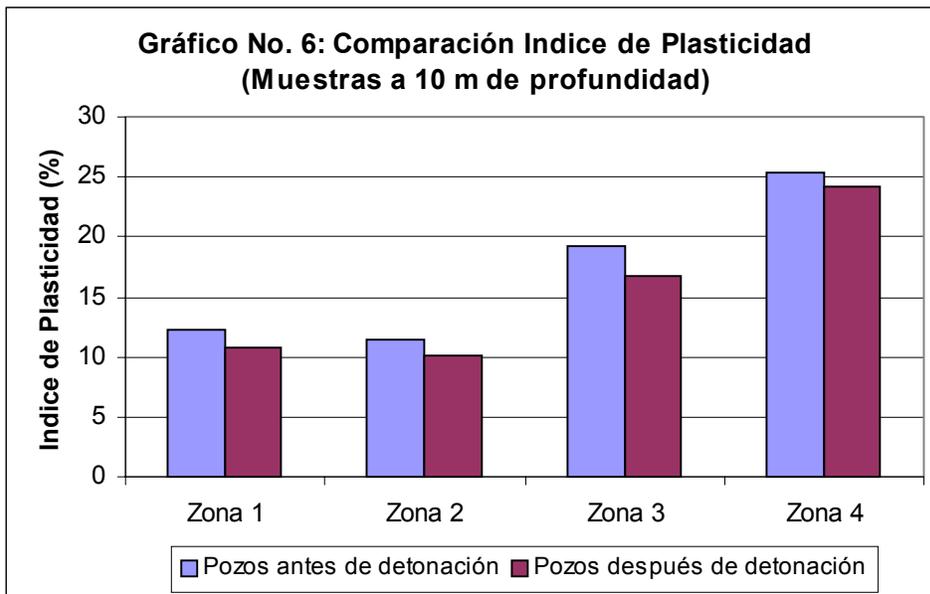
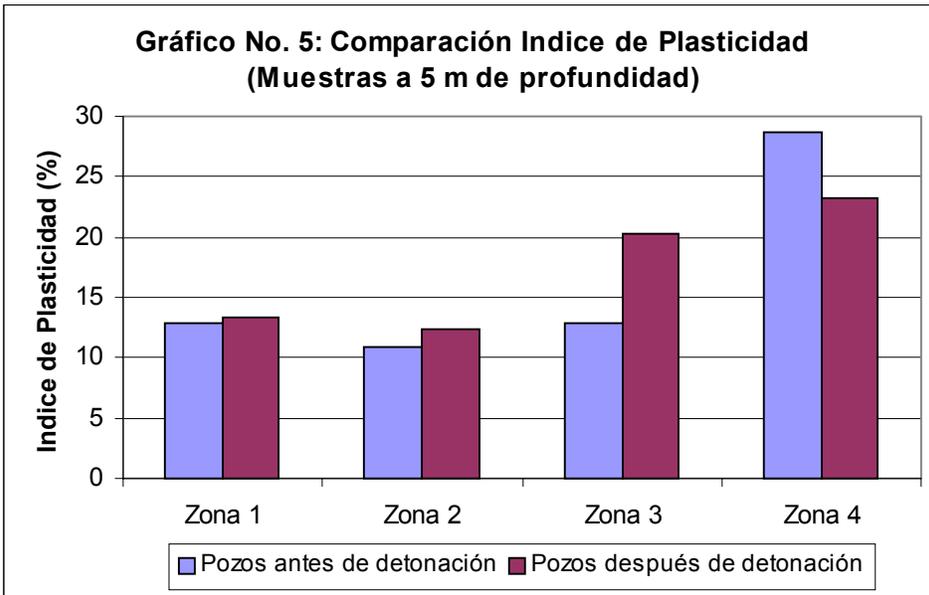
INTERVENTORÍA DE ESTABILIDAD DE TALUDES E INVERSIÓN SOCIAL DEL PROYECTO
SÍSMICO ACEVEDO 2D 2001

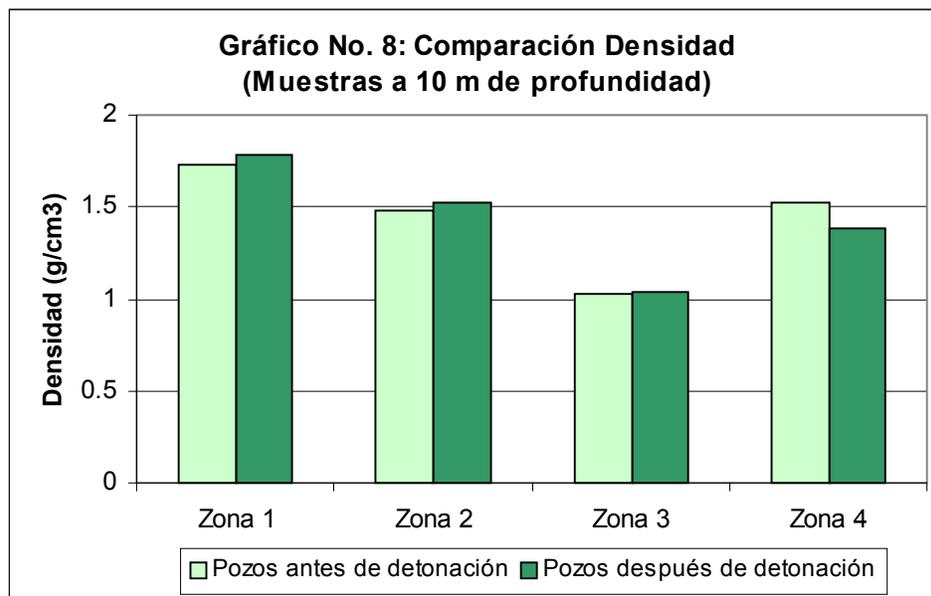
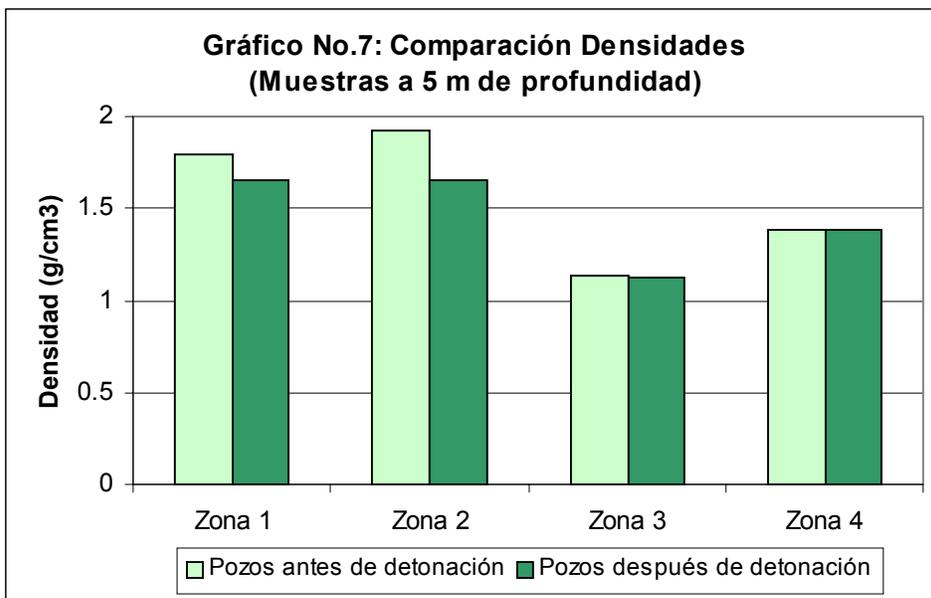
En los gráficos 1 al 10 se muestran las comparaciones de cada uno de los anteriores parámetros en los pozos antes y después de las detonaciones. De esta forma se observa con más claridad que las condiciones físicas del suelo no cambiaron con la detonación de las cargas de sismigel.

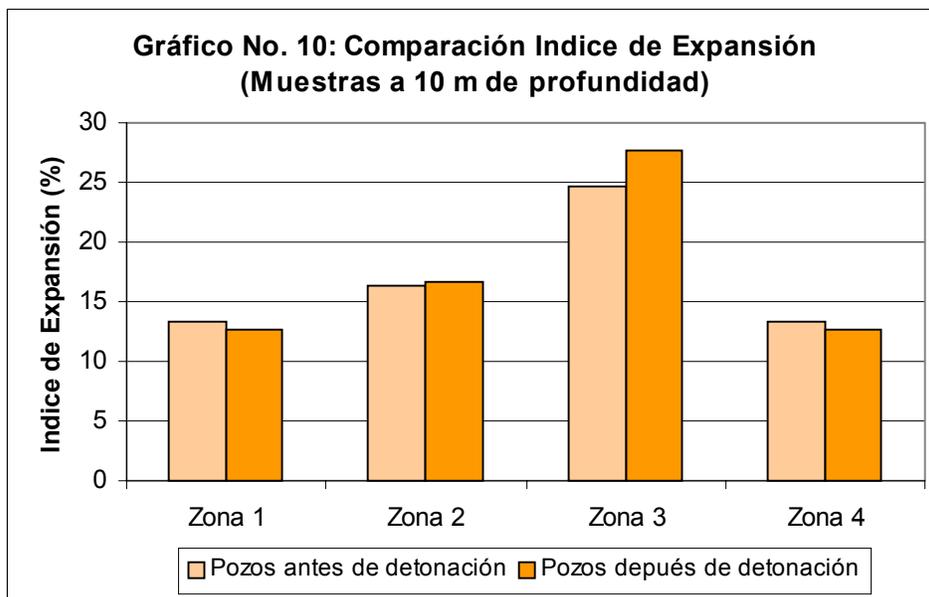
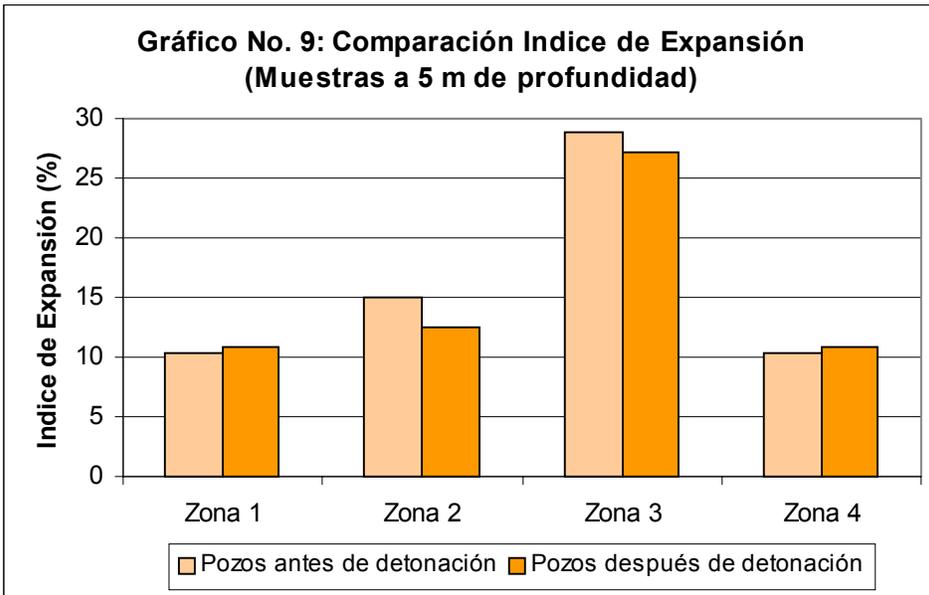




INTERVENTORÍA DE ESTABILIDAD DE TALUDES E INVERSIÓN SOCIAL DEL PROYECTO
SÍSMICO ACEVEDO 2D 2001







9.2. INTERVENTORIA DE ESTABILIDAD DE TALUDES

El departamento de Interventoría de estabilidad de taludes durante el desarrollo del proyecto velo por brindar al personal obrero y administrativo, unas bases firmes en el conocimiento de los diferentes agentes desencadenantes de procesos denudativos para tomar las medidas necesarias y así darle la importancia que requiere este aspecto en un programa sísmico.

Con la base de datos que semanalmente se presentó junto con los departamentos de medio ambiente y control de calidad de Grant Geophysical, se generó una herramienta muy valiosa que permitía tener un historial completo de las condiciones de los terrenos antes y después de la sísmica. Con esto, cualquier dificultad que se pudiera presentar tanto física como legalmente era fácilmente saneable con las autoridades competentes o con la misma comunidad de ser necesario.

El trabajo tanto en campo como en oficina, los acompañamientos y las asesorías se vieron reflejados en el buen comportamiento que tuvo el personal de la compañía y de la misma comunidad para manejar adecuadamente los recursos sin alterarlos.

Con todo esto, y a pesar de las difíciles condiciones ambientales reinantes en el área, no se presento ningún inconveniente en el desarrollo de las actividades diarias y cada una de las partes al final logró satisfacer sus necesidades y expectativas de forma clara, transparente y efectiva.

9.3. PROYECTOS DE INVERSIÓN SOCIAL

Los diferentes proyectos que presentaron las comunidades se evaluaron y cuantificaron de una forma sencilla, haciendo que la información fuera clara para la comunidad y mostrando los principales aspectos positivos de cada uno de estos.

Las obras desarrolladas en cada una de las veredas involucradas dentro del proyecto, ya están prestando un servicio de vital importancia para los pobladores de la región y aunque el presupuesto para la inversión social no fue muy alto, con este se suplieron necesidades básicas.

Los métodos constructivos, los materiales y las herramientas utilizados para llevar a cabo las obras, son de amplio conocimiento dentro de la comunidad, sin embargo el trabajo realizado por el pasante en este aspecto fue muy valorado por el personal, pues los conocimientos en estas poblaciones pasan de generación en generación sin ser nada técnicos ni novedosos y sin presentan opciones de solución adecuadas a problemas que cotidianamente se presentan en las poblaciones pequeñas.

El diseño y construcción de las obras de inversión social, se apoyo en gran parte en la bibliografía existente para obras específicas como tanques sépticos, alcantarillas sencillas de 36", placas para polideportivos y otras.

10. CONCLUSIONES

10.1. PRUEBAS EXPERIMENTALES

- Realizadas las detonaciones en los pozos no se registraron, en ninguno de los cuatro sitios de prueba, evidencias de inestabilidad como agrietamientos, fisuras, coronas de falla, desprendimientos, hundimientos, licuación de los materiales o procesos de remoción en masa que se pudieran haber ocasionado por la onda sísmica generada a partir de la detonación.
- Después de analizar los resultados obtenidos a partir de los diferentes ensayos realizados en cada una de las muestras para los pozos de prueba, antes y después de la detonación, se concluye que las condiciones físico mecánicas de los materiales no presentan variaciones que se puedan relacionar a la detonación de la carga y que lleven a pensar en alteraciones de las estructuras internas de los materiales o que impliquen la generación de procesos de remoción en masa. Las cohesiones y ángulos de fricción obtenidas a partir de los ensayos de corte directo presentan valores similares antes y después del momento de la detonación, sin observarse cambios como resultado de la onda sísmica generada.
- El alto contenido de humedad y su proximidad al límite líquido es una constante para los materiales analizados en los cuatro puntos de ensayo, encontrándose suelos fácilmente saturables; esta condición es una clara evidencia que las temporadas de alta lluviosidad, sumado a la escasa cobertura vegetal y de

acuerdo a las características físicas de los materiales, como el límite líquido, contenido de humedad, cohesión, entre otros, son los factores generadores de los procesos denudativos que se presentan en el área.

- La falta de cohesión en los materiales es uno de los elementos de mayor incidencia en el momento de la generación de procesos denudativos, este factor presenta una relación directa con los procesos de remoción en masa que se presentan en la zona de estudio.
- El poco tiempo de incidencia de la onda sísmica sobre los materiales, el cual no supera los 5 seg. que tarda en registrarse la onda mas débil, no permite la generación de cambios en las variables físico mecánicas.
- El desarrollo de procesos denudativos se presenta como parte del modelamiento natural de las laderas que tienen su origen en condiciones geológicas, hidrológicas, estructurales y físico mecánicas. Estos procesos son acelerados por la acción antrópica debido a la desprotección del suelo de su cobertura vegetal, la cual sostiene el suelo y lo protege de la acción de las aguas lluvias.
- La cobertura vegetal juega un papel determinante en el momento de proporcionar protección a las laderas de la acción de las aguas lluvias, dado que es este el factor detonante de los procesos de remoción en masa.
- Los resultados de los ensayos físico mecánicos pueden ser generalizados en el área de exploración sísmica para todos los sitios donde afloran los depósitos volcanosedimentarios de la Formación Saldaña.

- Vale la pena anotar que los valores de fricción obtenidos a partir de los ensayos de corte directo son de gran utilidad, en el momento de realizar modelamientos para el calculo de factores de seguridad donde se involucran perfiles topográficos de la ladera, permitiendo obtener ángulos de intersección de las superficies de falla.
- Debido a los tipos de materiales que se presentan dentro del área de estudio, es muy común encontrar en la superficie agrietamientos causados por la resequedad del suelo con poca cobertura vegetal, en épocas de verano. Estas grietas permiten la percolación del agua de escorrentía en épocas de invierno formando así superficies de debilidad en las que se presentan planos de fallas.
- La realización de las pruebas experimentales proporcionó una herramienta valiosísima en el conocimiento del comportamiento físico mecánico del suelo ante la generación de las ondas sísmicas por la detonación de las cargas de sismigel. Con los resultados de estas se determinó con un alto grado de precisión que las propiedades del material no se ven alteradas significativamente y que no hay peligro de ocasionar desequilibrios de ninguna índole en la masa del suelo.

10.2. INTERVENTORIA DE ESTABILIDAD DE TALUDES

Con el trabajo realizado, se lograron establecer unos criterios claros y suficientes para que cada uno de los departamentos de la Empresa Grant Geophysical y otros ajenos a esta como el grupo de vigías ambientales, dieran la importancia necesaria a los eventos denudativos con miras a anular cualquier riesgo que se pudiera presentar por el desarrollo de la exploración sísmica.

Las pruebas experimentales realizadas durante el proyecto permitieron profundizar en el conocimiento del comportamiento de los materiales que componen el suelo del área de estudio ante la generación de ondas sísmicas inducidas por la detonación de las cargas de sismigel. También se pudieron establecer los principales causantes de los procesos de remoción en masa evidenciados en el área.

El manejo de la información recopilada durante el proceso, los formatos utilizados y los medios de comunicación existentes, permitieron un verdadero trabajo en equipo entre el personal de cada uno de los departamentos de interventoría y de la empresa Grant Geophysical.

Con las distancias ambientales fijadas por el Ministerio del Medio Ambiente para proyectos de exploración sísmica, se asegura el bienestar del medio ambiente y se garantiza un adecuado y seguro entorno de trabajo para el personal humano.

11. RECOMENDACIONES

11.1. PRUEBAS EXPERIMENTALES

- Por razones preventivas se deben seguir conservando las distancias y los parámetros establecidos en el Plan de Manejo Ambiental en zonas inestables determinadas en el inicio del proyecto.
- Desarrollar planes de capacitación con la comunidad donde se den elementos técnicos para la conservación de los suelos y el control de la erosión.
- Evitar la tala indiscriminada de bosques y la quema de arbustos que se realizan en la región con el objeto de disponer terrenos para diferentes cultivos especialmente el café.
- Realizar pruebas experimentales de este tipo es viable en cada proyecto sísmico, con estas se conocen las condiciones y características particulares a un nivel aceptable del suelo.

11.2. INTERVENTORIA DE ESTABILIDAD DE TALUDES

- La sísmica dentro del territorio nacional se desarrolla en áreas que por su topografía y características físicas generales son, en un alto grado, sensibles a la ocurrencia de procesos denudativos. Estas condiciones sumadas al mal

manejo que se le da a los suelos en búsqueda de territorios aptos para los cultivos y las actividades ganaderas hacen que la capa superficial de la corteza terrestre pierda su equilibrio y colapse fácilmente.

- Lo anterior hace ver la importancia que tiene la conformación de un equipo multidisciplinario que se encargue de la interventoría de estabilidad de taludes dentro de un programa sísmico.
- El registro de procesos denudativos, la correcta ubicación de los puntos de disparo con respecto a estos, la realización de pruebas experimentales, la capacitación técnica a personal calificado y no calificado de la empresa encargada de la sísmica y otras muchas funciones que desarrolla la interventoría de estabilidad de taludes, son actividades vitales dentro de un proyecto sísmico para poder cumplir rigurosamente con los requisitos contemplados en las normas técnicas y ambientales.
- Específicamente en el Programa Sísmico Acevedo 2D 2001, la Interventoría de Estabilidad de Taludes tuvo una alta participación por las características encontradas en la zona del bloque de exploración. Pese a las condiciones y gracias al trabajo desarrollado por todo el personal involucrado en las actividades, en el proyecto no se presentaron inconvenientes técnicos ni logísticos en cuanto a la estabilidad de taludes se refiere.
- Cabe resaltar la importancia del apoyo de las personas oriundas de los municipios involucrados que prestaron sus servicios como vigías ambientales, los cuales apoyaron la labor de cada una de las interventorías. Los vigías se destacaron por ser un grupo de personas capacitadas en diferentes campos, ampliamente conocedores del área de trabajo y con relaciones interpersonales adecuadas para responder con responsabilidad con los objetivos del proyecto.

- Todos los factores en este ítem tratados, resaltan la necesidad de integrar a la interventoría de estabilidad de taludes dentro de los proyectos sísmicos que se realicen en gran parte del territorio nacional, pues son tantos los elementos que se contemplan dentro de la estructura del suelo y su estabilidad que se requiere de un equipo multidisciplinario para el correcto y completo análisis de las características particulares y fenómenos que se pueden presentar.
- También se considera necesario, y teniendo en cuenta el éxito que tuvo esta actividad en el Programa Sísmico Acevedo 2D 2001, seguir levantando el inventario de los procesos erosivos presentes a lo largo de todas las líneas sísmicas, pues este se convierte en una herramienta muy valiosa a la hora del pago de afectaciones y de atención de reclamos de parte del personal de la empresa encargada de la sísmica.
- Basados en el análisis y observaciones realizados a lo largo del proyecto y en el estudio del comportamiento climático semanas antes de empezar con las actividades sísmicas, se puede concluir que los diferentes fenómenos de inestabilidad de los taludes presentes en gran parte del área sobre la cual se desarrolla el programa sísmico, se deben especialmente al factor lluvia. En esta región del país las temporadas invernales son fuertes y encuentran suelos que por el inadecuado manejo que se les da a lo largo de todo el año, no presentan ninguna resistencia a la fuerza de arrastre.
- Conociendo esta situación, es pertinente considerar la posibilidad de realizar capacitación a las personas que subsisten de las actividades agropecuarias y ganaderas por parte de las empresas operadoras como parte del plan de inversión social que se realiza en cada uno de los proyectos sísmicos.

BIBLIOGRAFIA

- Alcaldía de Pereira. Oficina Municipal para la prevención y atención de desastres. Construya seguro. Pereira, Noviembre de 2001.
- Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga. (CDMB). Subdirección de saneamiento de corrientes de hídricas. Normas técnicas para diseño, construcción e instalación de tanques sépticos y de disposición de efluentes finales. Bucaramanga, 1997.
- ESTUDIOS GEOTECNICOS LTDA. Estudio de Suelos para estabilidad de Taludes. Proyecto Exploración Sísmica Grant Geophysical.
- FAMESA EXPLOSIVOS. Manual para el manejo de explosivos.
- GRANT GEOPHYSICAL INC. Empresa Colombiana de Petróleos. Reporte Final de Experimentales. Proyecto Acevedo 97 – 2D. Mayo de 1997.
- JUAREZ, Badillo Eulalio, RICO, Rodríguez Alfonso. Mecánica de Suelos. Tomo 1 Fundamentos de la Mecánica de Suelos. Editorial Limusa. México 1995.
- SARRIA, Molina Alberto. Ingeniería Sísmica. Ediciones Uniandes. Sante Fe de Bogotá, 1995.

- SARRIA, Molina Alberto. Bases de Normas para evitar daños producidos por efectos de explosiones de exploración geofísica. Primer Informe (Aproximación al tema). Departamento de Ingeniería Civil. Universidad de los Andes.
- SARRIA, Molina Alberto. Bases de Normas para evitar daños producidos por efectos de explosiones de exploración geofísica. Segundo Informe (Información pertinente. Disponible) Departamento de Ingeniería Civil. Universidad de los Andes.
- SARRIA, Molina Alberto. Bases de Normas para evitar daños producidos por efectos de explosiones de exploración geofísica. Tercer Informe (Recomendaciones. Normativas Finalmente Propuestas) Departamento de Ingeniería Civil. Universidad de los Andes.
- SUAREZ, Díaz Jaime. Manual de Ingeniería para el Control de la Erosión. Universidad Industrial de Santander y CDMB. Bucaramanga, 1996.
- TUÑÓN, Suarez Carlos. Manual de Uso de Explosivos en Minas, Canteras e Ingeniería Civil. Ediciones Omega S.A. Barcelona, 1988.

**INTERVENTORIA DE ESTABILIDAD DE TALUDES E INVERSION
SOCIAL DEL PROYECTO SISMICO ACEVEDO 2D 2001**

ALEJANDRO GIRALDO CASTAÑO

ANEXOS

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE MANIZALES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
INGENIERIA CIVIL
MANIZALES
2002**

1. Datos Generales	2. Cobertura Vegetal	3. Procesos denudativos	4. Gr. de desarrollo	5. Tipo de material
Línea _____ Stk _____ No. _____ Dist. a línea _____ Predio _____ Vereda _____ Fotos No. _____	Bosques _____ Rastrojo alto _____ Rastrojo bajo _____ Pastos _____ Cultivos _____ Sin vegetación _____	Superficiales _____ - Surcos _____ - Cárcavas _____ - Socavamiento _____ - Terracetas _____ Profundos _____ - Deslizamientos _____ * Rotacional _____ * Translacional _____ - Flujo _____	Potencial _____ Activo _____ - Juvenil _____ - Avanzado _____ - Muy avanzado _____ Antiguo _____	Suelo _____ Arcilloso _____ Limoso _____ Arenoso _____ Grava _____ Cenizas _____ Roca _____ Pemg Ktg Pmg Pgd Jrac Pgpo JRs Pgch JRin Ngg JRial Qba Ksc Qc Ksv Qal
6. Talud	7. Grietas	8. Sup. de Ruptura	9. Morfometría	10. Contén. de agua
Natural _____ Antrópico _____ Ambos _____ Pendiente Baja (0-10°) _____ Media (11-30°) _____ Alta (31-45°) _____ Muy alta (>45°) _____	Parte Superior _____ Laterales _____ Cuerpo _____ - Amplitud _____ - Longitud _____ - Profundidad _____	Única _____ Múltiple _____ 9. Cuerpo Existe _____ No existe _____	Longitud _____ Desp. Hztal _____ Desp. Vcal _____ Ancho _____ Pendiente _____ Volumen _____	Seco _____ Húmedo _____ Mojado _____ Empozamiento _____ Escorrentía _____
11. Posibles efectos	12. Elemento causante		OBSERVACIONES	
Vidas _____ Puentes _____ Carreteables _____ Acued. Y alcantarillado _____ Sist. de alumbrado _____ Obras de estabilización _____ Cauces _____	Perdida soporte lateral _____ Perdida soporte base _____ Sobrecarga en la corona _____ Pendiente _____ Discontinuidades a favor _____ Características del material _____ Mal uso del suelo _____	_____	Estructuras geológicas _____ Remoldeo del suelo _____ Saturación por lluvias _____ Humedad y secamiento _____ Mal manejo de escorrentías _____ Defectos en acued. y alcanta _____	

**CLASIFICACIÓN DE
PROCESOS DENUDATIVOS**

GEOCOL LTDA.

FECHA: _____

INTERVENTORIA DE ESTABILIDAD DE TALUDES INVERSION SOCIAL DEL PROYECTO
SISMICO ACEVEDO 2D 2001



Foto 1: Zona de prueba No. 1. Vereda El Paraiso



Foto 2: Ladera con problemas de estabilidad dentro de la zona de prueba No. 1

INTERVENTORIA DE ESTABILIDAD DE TALUDES INVERSION SOCIAL DEL PROYECTO
SISMICO ACEVEDO 2D 2001



Foto 3: Proceso erosivo localizado a 60 m izq. de la zona de prueba No. 1



Foto 4: Proceso erosivo asociado al corte de la vía en la zona de prueba No. 1

INTERVENTORIA DE ESTABILIDAD DE TALUDES INVERSION SOCIAL DEL PROYECTO
SISMICO ACEVEDO 2D 2001



Foto 5: Ladera donde se desarrollo la prueba No. 2.
Vereda El Carmen



Foto 6: Ladera con problemas de inestabilidad
contigua al pozo de prueba No. 2

INTERVENTORIA DE ESTABILIDAD DE TALUDES INVERSION SOCIAL DEL PROYECTO
SISMICO ACEVEDO 2D 2001



Foto 7: Proceso erosivo registrado a 30 m izq. del pozo de prueba No. 2



Foto 8: Vista general de la ladera donde se ubicó el pozo de prueba No. 3. Vereda La Estrella

INTERVENTORIA DE ESTABILIDAD DE TALUDES INVERSION SOCIAL DEL PROYECTO
SISMICO ACEVEDO 2D 2001



Foto 9: Elementos ambientales involucrados
en la zona de prueba No.3



Foto 10: Sobrepastoreo en la ladera donde se desarrollo
el pozo de prueba No. 3

INTERVENTORIA DE ESTABILIDAD DE TALUDES INVERSION SOCIAL DEL PROYECTO
SISMICO ACEVEDO 2D 2001

- Foto 11:** Proceso erosivo ubicado en la parte baja del pozo de prueba No. 3
- Foto 12:** Muestra de suelo obtenida con tubo ranurado en el sitio de prueba tres.
- Foto 13:** Equipo utilizado para la toma de muestras (Martillo, tubería).
- Foto 14:** Procedimiento utilizado para la toma de muestras y el ensayo de capacidad portante.
- Foto 15:** Tubería utilizada para la perforación de los pozos a 16 m. de profundidad.
- Foto 16:** Tubo ranurado utilizado para la toma de muestras a 5 m. y 10 m. de profundidad.
- Foto 17:** Equipo utilizado para el ensayo de granulometría (Tamices, Pesa).
- Foto 18:** Copa de Casagrande utilizada para la determinación de los límites de consistencia de las muestras obtenidas en campo.
- Foto 19:** Equipo utilizado para el ensayo de corte directo realizado en las muestras obtenidas en las diferentes perforaciones.



Foto 11: Proceso erosivo ubicado en la parte baja del pozo de prueba No. 3



Foto 12: Muestra de suelo obtenida con tubo ranurado en el sitio de prueba No. 3.



Foto 13: Equipo utilizado para la toma de muestras
(Martillo, tubería).

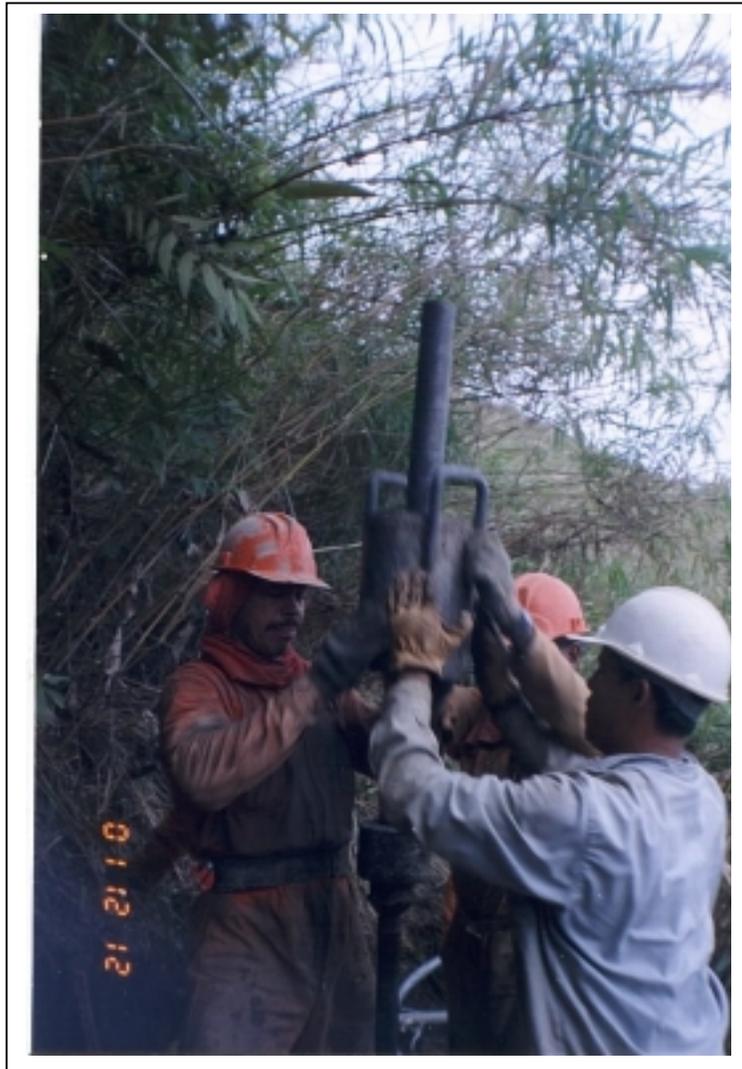


Foto 14: Procedimiento utilizado para la toma de muestras y el ensayo de capacidad portante.

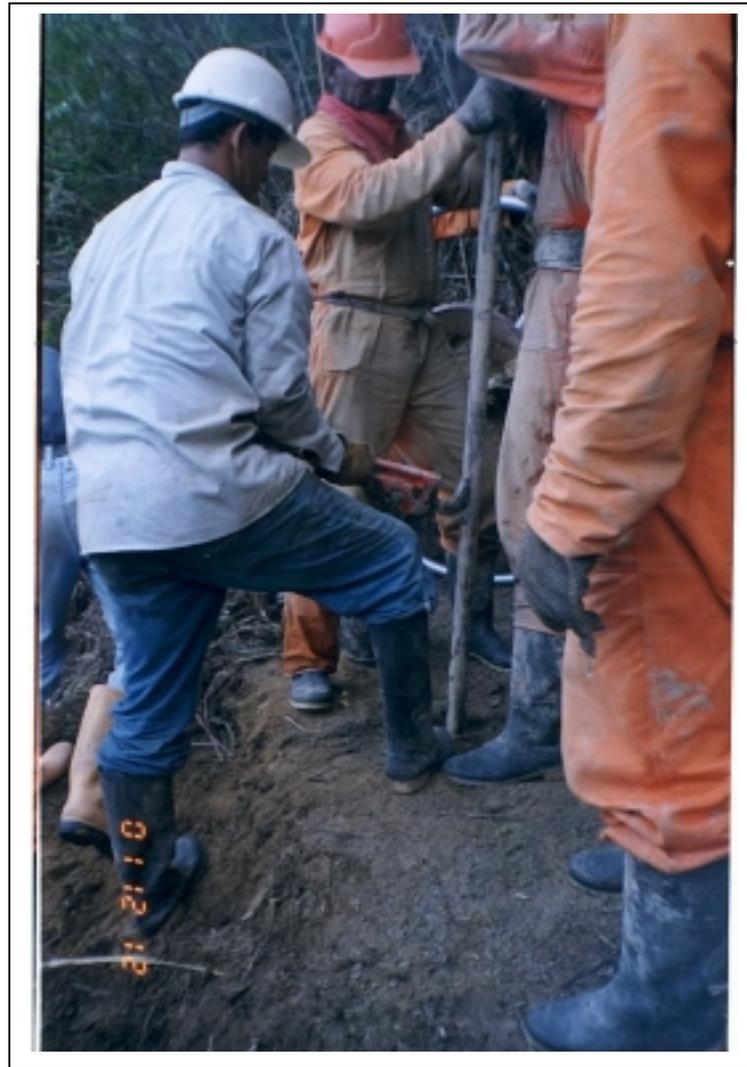


Foto 15: Tubería utilizada para la perforación de los pozos a 16 m. de profundidad.

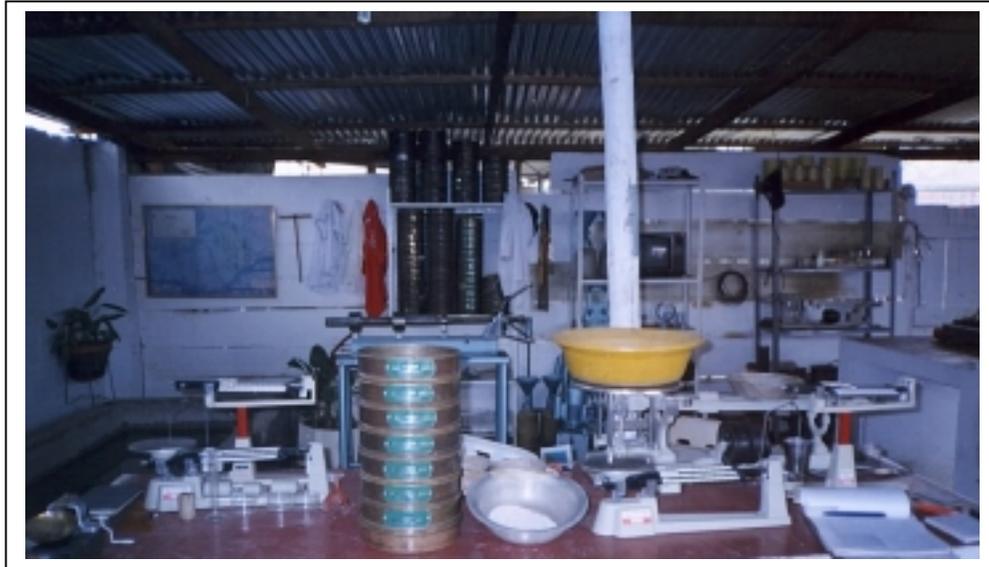


Foto 16: Equipo utilizado para el ensayo de granulometría (Tamices, pesa).



Foto 17: Copa de Casagrande utilizada para la determinación de los límites de consistencia de las muestras obtenidas en campo.

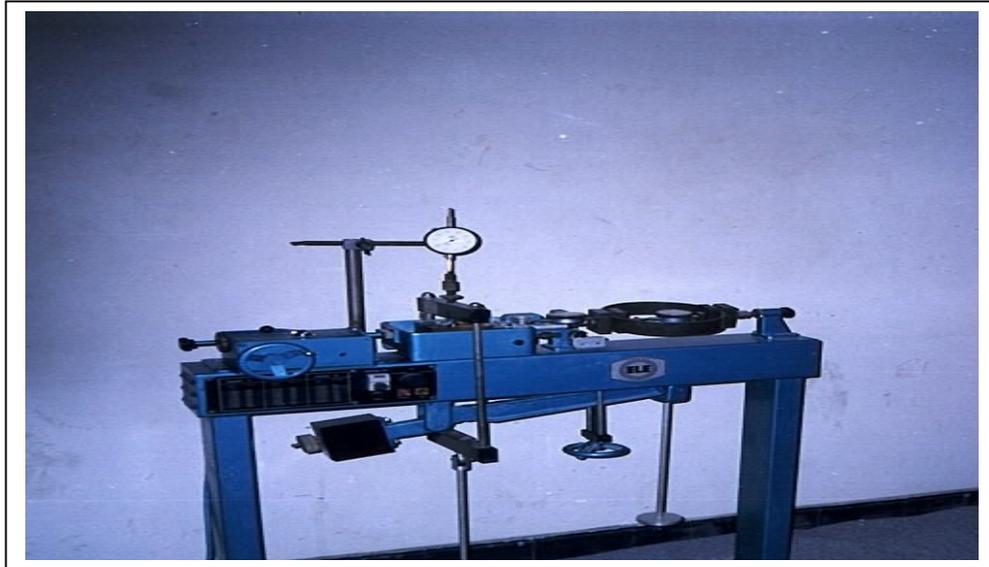


Foto 18: Equipo utilizado para el ensayo de corte directo realizado en las muestras obtenidas en las diferentes perforaciones.



Foto 19: Ladera donde se ubicó la zona de prueba No. 4



Foto 20: Equipo de perforación usado para el pozo de prueba No. 4. (Taladro Balco)

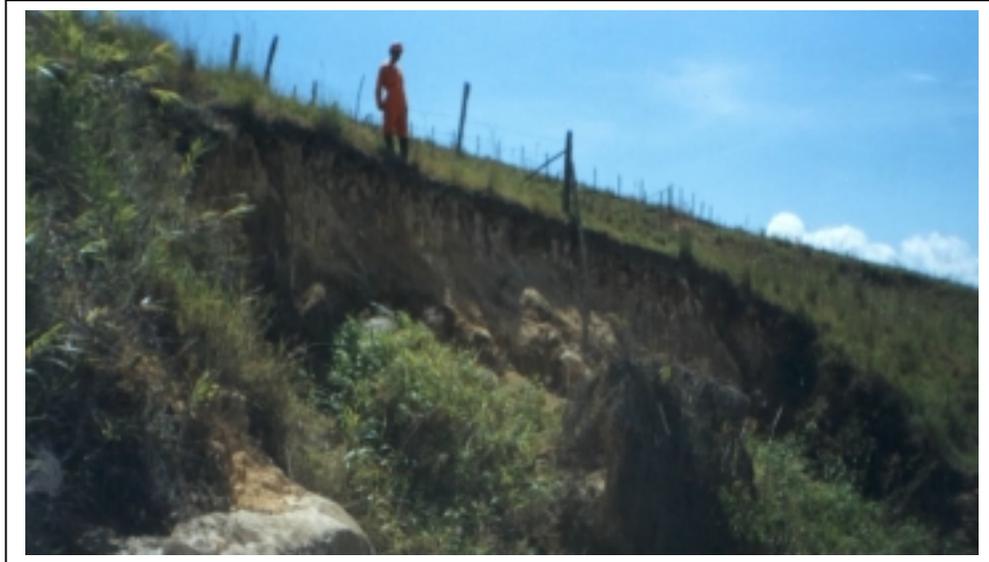


Foto 21: Proceso erosivo ubicado al margen izquierdo de la zona de prueba No. 4. Tipo rotacional en suelo limoarenoso.



Foto 22: Material encontrado en el pozo de prueba 4.
Arcillas inorgánicas de alta plasticidad

INTERVENTORIA DE ESTABILIDAD DE TALUDES E INVERSION SOCIAL DEL PROYECTO
SISMICO ACEVEDO 2D 2001

INTERVENTORIA DE ESTABILIDAD DE TALUDES E INVERSION SOCIAL DEL PROYECTO
SISMICO ACEVEDO 2D 2001

Relación procesos erosivos Línea 3205 (Salvo 3206)

Estaca	Distancia a la línea	Tipo de proceso	Unidad geológica
190	115 m der.	Rotacional-flujo	Dep. volcano sedimentarios
203	2 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
204-205	10 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
205	42 m der.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
205	Sobre la línea	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
207	26 m der.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
215-216	Sobre la línea	Translacional	Dep. Volcano sedimentarios
216	20 m der.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
218	30 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
235	8 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
235	70 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
236	25 m izq.	Socavamiento	Dep. Volcano sedimentarios
237-238	70 m der.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
238	Sobre la línea	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
238	38 m der.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
239	18 m izq.	Rotacional-cárcava	Dep. Volcano sedimentarios
239-240	30 m der.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
240	45 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
250	48 m der.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
251	80 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
252	Sobre la línea	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
252	50 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
253-254	7 m der.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
253-254	4 m der.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
254	14 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
260-261	60 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
262-263	73 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
262	75 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
262	80 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
262	25 m der.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
264	20 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
273-274	10 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
348	30 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
349	35 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
353	50 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
375	8 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
428	35 m. Der.	Rotacional	Depósitos de abanico
430	35 m. Izq.	Rotacional	Depósitos de abanico
431	45 m der.	Rotacional	Depósitos de abanico
500	35 m der.	Cárcavas	Depósitos de abanico
500	10 m der.	Cárcavas	Depósitos de abanico
530-640	Tramo estable	Bajas pendientes	Depósitos de abanico
577	90 m izq.	Rotacional	Depósitos de abanico

INTERVENTORIA DE ESTABILIDAD DE TALUDES E INVERSION SOCIAL DEL PROYECTO
SISMICO ACEVEDO 2D 2001

Relación procesos erosivos Línea 3209 (Salvo 3208)

Estaca	Distancia a la línea	Tipo de proceso	Unidad geológica
204	20 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
207	60 m der.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
211	30 m der.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
219	30 m der.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
228	40 m der.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
231	20 m der.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
243-244	10 m der.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
243-244	Sobre la línea	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
244	10 m der.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
258	60 m der.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
281-282	Sobre la línea	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
301	20 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
307	80 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
313	Sobre la línea	Flujo	Dep. Volcano sedimentarios
333	15 m izq.	Rotac.-Terraceta	Dep. Volcano sedimentarios
335	20 m der.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
335	50 m der.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
338	Sobre la línea	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
355.5	Sobre la línea	Translacional	Dep. Volcano sedimentarios
381	7 m. izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
434	12 m der.	Rotacional	Depósitos de abanico
436	5 m der.	Rotacional	Depósitos de abanico
446	7 m. izq.	Rotacional	Depósitos de abanico
446	60 m. izq.	Rotacional	Depósitos de abanico
437	35 m izq.	Rotacional	Depósitos de abanico
508-509	30 m izq.	Terracetas	Depósitos de abanico
528	15 m izq.	Rotacional	Depósitos de abanico
530-640	TRAMO ESTABLE	Bajas pendientes	Depósitos de abanico
591	Sobre la línea	Cárcavas	Depósitos de abanico
648	55 m izq.	Flujo	Dep. Volcano sedimentarios
651	30 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
666-667	Sobre la línea	Translacional	Dep. Volcano sedimentarios
Sp 675.5	5 m der.	Superficial	Dep. Volcano sedimentarios
693	30 m der.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
737-738	Sobre la línea	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
741	Sobre la línea	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
Sp 743.5	Sobre la línea	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
753	30 m der.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
755	Sobre la línea	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios

INTERVENTORIA DE ESTABILIDAD DE TALUDES E INVERSION SOCIAL DEL PROYECTO
SISMICO ACEVEDO 2D 2001

Relación procesos erosivos Línea 3307

Estaca	Distancia a la línea	Tipo de proceso	Unidad geológica
102 – 103	35 m der.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
113	3 m izq.	Flujo	Dep. Volcano sedimentarios
122	45 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
130	2 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
137	40 m der.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
S.P 131.5	Sobre la línea	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
S.P 141.5	17 m der.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
147	Sobre la línea	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
147	8 m izq.	Rotacional – flujo	Dep. Volcano sedimentarios
149	25 m	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
151	30 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
158	10 m izq.	Flujo	Dep. Volcano sedimentarios
162	40 m	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
175	10 m der.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
178-179	40 m der.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
S.P 181.5	30 m der.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
187	10 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
187	25 izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
188	15 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
205	27 m der.	Superficial	Dep. Volcano sedimentarios
238	30 m der.	Rotacional – flujo	Dep. Volcano sedimentarios

Relación procesos erosivos Línea 3305 (Salvo 3306)

Estaca	Distancia a la línea	Tipo de proceso	Unidad geológica
234	40 m. izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
328	160m izq.	Rotacional	Fm. Gigante
329	10 m izq.	Rotacional	Fm. Gigante
354	5 m der.	Rotacional	Fm. Gigante
362-363	3 m der.	Rotacional	Fm. Gigante
366	7 m der.	Rotacional	Fm. Gigante
367	Sobre la línea	Rotacional	Fm. Gigante
368	Sobre la línea	Rotacional	Fm. Gigante
424	Sobre la línea	Rotacional	Depósitos de abanico
441-442	10 m der.	Movto. antrópico (Cantera)	Depósitos de abanico

INTERVENTORIA DE ESTABILIDAD DE TALUDES E INVERSION SOCIAL DEL PROYECTO
SISMICO ACEVEDO 2D 2001

Continuación Tabla Relación procesos erosivos Línea 3305 (Salvo 3306)

Estaca	Distancia a la línea	Tipo de proceso	Unidad geológica
Sp 445	Sobre la línea	Rotacional	Depósitos de abanico
Sp 453.5	50 m. a menores	Rotacional	Depósitos de abanico
603	Sobre la línea	Rotacional	Fm. Guaduas
Sp 641.5	Sobre salvo	Socavamiento	Dep. Volcano sedimentarios
SP 641.5	Sobre salvo	Socavamiento	Dep. Volcano sedimentarios
651	30 izq.	Socavamiento	Depósitos de abanico
738	80 m.	Superficial.	Dep. Volcano sedimentarios
740	42 m. izq.	Rotacional- cárcavas	Dep. Volcano sedimentarios
740	Sobre la línea	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
839	Sobre la línea	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios

Relación procesos erosivos Línea 3309 (Salvo 3308)

Estaca	Distancia a la línea	Tipo de proceso	Unidad geológica
Sp 231.5	37 m der.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
232	50 m der.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
287	30 m	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
310	Sobre la línea	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
316	12 m izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
319-321	Ladera sobre el costado derecho de la línea	Se registran varios procesos en la ladera	Dep. Volcano sedimentarios
328	16 m. izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
329	10 m. izq.	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios
339	Ladera sobre el costado izquierdo de la línea	Se registran varios procesos en la ladera	Dep. Volcano sedimentarios
440	50 der.	Rotacional	Depósitos de abanico
440	8 der.	Per. Soporte	Depósitos de abanico
442	Sobre la línea	Rotacional	Depósitos de abanico
443	8 m. der.	Rotacional	Depósitos de abanico
559	35 m	Cárcavas	Grupo Gualanday
578	15 m	Rotacional	Grupo Gualanday
667-673	Ladera sobre el costado izquierdo de la línea	Se registran varios procesos en la ladera	Depósitos de abanico
736-737	8 m	Rotacional	Dep. Volcano sedimentarios

INTERVENTORIA DE ESTABILIDAD DE TALUDES E INVERSION SOCIAL DEL PROYECTO
SISMICO ACEVEDO 2D 2001

Relación procesos erosivos Línea 3407

Estaca	Distancia a la línea	Tipo de proceso	Unidad geológica
104	40 m der.	Flujo	Dep. volcano sedimentarios
112	8 m der.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
113	30 m izq.	Rotacional – flujo	Dep. volcano sedimentarios
119-124	40 m izq.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
121	50 m der.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
121	20 m izq.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
122-123	50 m der.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
122	40 m der.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
125	60 m der.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
125	4 m der.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
127-128	120 m. der.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
137	4 m der.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
137	4 m izq.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
150	Sobre la línea	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
153	25 m der.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
153	Sobre la línea	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
154	Sobre la línea	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
161	Sobre la línea	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
190-191	15 m der.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
194-195	10 m der.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
198-199	Sobre la línea	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
195	60 m der.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
199	Sobre la línea	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
215	20 m der.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
215	45 m izq.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
219	35 m izq.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
219-220	30 m izq.	Rotacional- cárcava	Dep. volcano sedimentarios
220	80 m izq.	Rotacional- cárcava	Dep. volcano sedimentarios
229	40 m izq.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
248	12 m der.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
284	80 m izq.	Terracetas	Dep. volcano sedimentarios
286	28 m der.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
289	12 m der.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
293-294	5 m der.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
293-294	12 m izq.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
293-294	Sobre la línea	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
296	Sobre la línea	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios

INTERVENTORIA DE ESTABILIDAD DE TALUDES E INVERSION SOCIAL DEL PROYECTO
SISMICO ACEVEDO 2D 2001

Continuación Tabla Relación procesos erosivos Línea 3407

Estaca	Distancia a la línea	Tipo de proceso	Unidad geológica
297	Sobre la línea	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
300	Sobre la línea	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
300	30 m izq.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
Sp 301.5		Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
308	35 m der.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
308-309	30 m der.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
315	28 m izq.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
316	20 m der.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
318-319	Sobre la línea	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
318-319	30 m der.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
Sp 349.5	40 m der.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
365	Sobre la línea	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
Sp 369.5		Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
372	Sobre la línea	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
376	2 m izq.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
393	25 m der.	Rotacional	Fm. Gigante
393	Sobre la línea	Rotacional-flujo	Fm. Gigante
393	25 m der.	Rotacional	Fm. Gigante
425-500	Valle Río Suaza-Tijiña	NO PROCESOS	Fm. Gigante-Dep. aluviales Fm. Gualanday
423	120 m der.	Rotacional	Fm. Gigante
543	10 m izq.	Rotacional	Dep. coluviales
544	35 m izq.	Rotacional	Dep. coluviales
546	30 m der.	Rotacional	Dep. coluviales
548-700	ZONA ESTABLE	NO PROCESOS	Fm. Caballos-Dep. volcanosed.-Dep. coluv.
700	35 m der.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
709-710	5 m izq.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
732	10 m der.	Rotacional	Unidad Ígnea Jurásica
735	Sobre la línea	Rotacional	Unidad Ígnea Jurásica
Sp 739.5	35 m izq.	Translacional	Unidad Ígnea Jurásica
701	15 m der.	Rotacional	Unidad Ígnea Jurásica

NOTA: Las actas de caracterización y registro de procesos erosivos de la línea 134 fueron referenciadas con respecto a la línea 3407 incluso en el sector de swath línea.

INTERVENTORIA DE ESTABILIDAD DE TALUDES E INVERSION SOCIAL DEL PROYECTO
SISMICO ACEVEDO 2D 2001

Relación procesos erosivos Línea 3507

Estaca	Distancia a la línea	Tipo de proceso	Unidad geológica
101.5	10 m. der.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
101-102	Sobre la línea	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
109	4.60 m. der.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
112-116	8 m.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
157	Sobre la línea	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
159	Sobre la línea	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
163	70 der.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
163	35 der.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
169	Sobre la línea	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
182	Sobre la línea	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
185.5	8 m. izq.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
188	Sobre la línea	Socavamiento	Dep. volcano sedimentarios
189.5	Sobre la línea	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
218	Sobre la línea	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
263	30 m. izq.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
269-270	Sobre la línea	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
275	Sobre la línea	Flujo	Dep. volcano sedimentarios
278	Sobre la línea	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
282	Sobre la línea	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
293	27 m. der.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
295	Sobre la línea	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
299-300	Sobre la línea	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
300-301	Sobre la línea	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
303	5 m.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
357-358	5 m.	Terracetas	Fm. Gigante
363-364	Sobre la línea	Rotacional	Fm. Gigante
365-366	Sobre la línea	Terracetas	Fm. Gigante
382-383	5 m. izq.	Rotacional	Fm. Gigante
486-489	40 m. der.	Rotacional	Depósitos de Abanico
486-489	40 m. izq.	Rotacional	Depósitos de Abanico

INTERVENTORIA DE ESTABILIDAD DE TALUDES E INVERSION SOCIAL DEL PROYECTO
SISMICO ACEVEDO 2D 2001

Relación procesos erosivos Línea 3509 (Salvo 3508)

Estaca	Distancia a la línea	Tipo de proceso	Unidad geológica
481.5	10 m.	Rotacional	Depósitos de Abanico
511	Sobre la línea	Rotacional	Depósitos de Abanico
782	10 m. der.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
784	Sobre la línea	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
799	Sobre la línea	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
807	60 m. der.	Vertical	Dep. volcano sedimentarios
820	40 izq.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios

Relación procesos erosivos Línea 3607

Estaca	Distancia a la línea	Tipo de proceso	Unidad geológica
112	9 m izq.	Superficial	Dep. volcano sedimentarios
112	50 m izq.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
153-154	Sobre la línea	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
165	40 m izq.	Superficial	Dep. volcano sedimentarios
178-180	Más de 50 m izq.	Superficiales y rotacionales	Dep. volcano sedimentarios
180-181	12 m izq.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
Sp 181.5	25 m izq.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
Sp 181.5	10 m izq.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
182-183	10 m izq.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
182	Sobre la línea	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
185	15 m der.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
187	Sobre la línea	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
189	15 m izq.	Superficial	Dep. volcano sedimentarios
200	25 m izq.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
211.5	3 m der.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
239	Sobre la línea	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
242-243	Sobre la línea	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
243-244	50 m der.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
245	2 m der.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios
306*	20 m a menores	Traslacional	Dep. volcano sedimentarios
309-313	Ladera margen derecha de la línea	Se registran varios procesos en la ladera	Dep. volcano sedimentarios
Sp 313.5	15 m izq.	Terracetas	Dep. volcano sedimentarios
319-320	10 m der.	Rotacional	Dep. volcano sedimentarios

INTERVENTORIA DE ESTABILIDAD DE TALUDES E INVERSION SOCIAL DEL PROYECTO
SISMICO ACEVEDO 2D 2001

Continuación Tabla Relación procesos erosivos línea 3607

Estaca	Distancia a la línea	Tipo de proceso	Unidad geológica
325	60 m der.	Rotacional-cárcava	Dep. volcano sedimentarios
Sp 377.5	12 m izq.	Rotacional	Fm. Gigante
381	Sobre la línea	Rotacional	Fm. Gigante
385	25 m izq.	Superficial	Fm. Gigante
388	12 m izq.	Superficial	Fm. Gigante
387-388	5 m izq.	Rotacional	Fm. Gigante
394	Sobre la línea	Rotacional	Fm. Gigante
397-398	8 m der.	Rotacional	Fm. Gigante
399-400	25 m der.	Rotacional	Fm. Gigante
Sp 409.5	15 m der.	Rotacional	Fm. Gigante
461	Sobre la línea	Rotacional	Fm. Gigante
464	5 m. der.	Rotacional	Fm. Gigante
470	25 m. Izq.	Socavamiento	Fm. Gigante
472	10 m der.	Socavamiento	Fm. Gigante
503-505	Sobre la línea	Rotacional	Fm. Gigante
505-508	Sobre la línea	Rotacional	Fm. Gigante
509	Sobre la línea	Rotacional	Fm. Gigante
523-525	60 m der.	Rotacional	Fm. Gigante
670-671	20 m der.	Superficial	Unidad Ígnea Jurásica
678	Sobre la línea	Rotacional	Unidad Ígnea Jurásica
684-685	Sobre la línea	Rotacional	Unidad Ígnea Jurásica

Relación de procesos erosivos Línea 3605 (Salvo 3606)

Estaca	Distancia a la línea	Tipo de proceso	Unidad geológica
613.5	Sobre la línea	Rotacional	Unidad Ígnea Jurásica
656-657	10 m izq.	Rotacional	Unidad Ígnea Jurásica
659-660	Sobre la línea	Rotacional	Unidad Ígnea Jurásica
746-747	16 m der.	Superficial	Unidad Ígnea Jurásica
787.5	10 m der.	Superficial	
823	26 m izq.	Superficial	
825	Sobre la línea	Superficial	
840	Sobre la línea	Superficial	

INTERVENTORIA DE ESTABILIDAD DE TALUDES E INVERSION SOCIAL DEL PROYECTO
SISMICO ACEVEDO 2D 2001

Relación de procesos erosivos Línea 3609 (Salvo 3608)

Estaca	Distancia a la línea	Tipo de proceso	Unidad geológica
600	Sobre la línea	Rotacional	Grupo Gualanday
650	7 m izq.	Rotacional	Fm. Guaduas
671 (3613)	Sobre la línea	Rotacional	Unidad Ígnea Jurásica
679	20 m izq.	Superficial	Unidad Ígnea Jurásica
682	Sobre la línea	Rotacional	Unidad Ígnea Jurásica
672-673 (3613)	2 m der.	Rotacional	
853	Sobre la línea	Superficial	
888	52 m der.	Superficial	
906	Sobre la línea	Superficial	
915	Sobre la línea	Superficial	

Relación de procesos erosivos Línea 3705 (Salvo 3706)

Estaca	Distancia a la línea	Tipo de proceso	Unidad geológica
126	Sobre la línea	Rotacional	Fm. Gigante
128	12 m der.	Rotacional	Grupo Gualanday
130-131	25 m izq.	Superficial	Grupo Gualanday
Sp 139.5 *	60 m der.	Rotacional	Grupo Gualanday
140	20 m izq.	Rotacional	Grupo Gualanday
155	10 m	Rotacional	Fm. Gigante
156	15 m	Rotacional	Fm. Gigante
Sp 197.5	70 m izq.	Rotacional	Fm. Gigante
Sp 209.5- 213.5	Sobre la línea	Superficial	Grupo Gualanday
210	Sobre la línea	Rotacional	Grupo Gualanday
232	35 izq.	Rotacional	Grupo Gualanday
251-252	Sobre la línea	Rotacional	Grupo Gualanday
259	40 m izq.	Rotacional	Grupo Gualanday
Sp 265.5	Sobre la línea	Rotacional	Grupo Gualanday
281-282	Sobre la línea	Rotacional	Grupo Gualanday
386	Sobre la línea	Rotacional	Grupo Gualanday
439-440	Sobre la línea	Rotacional	Grupo Gualanday
441	Sobre la línea	Rotacional	Grupo Gualanday
448	Sobre la línea	Rotacional	Grupo Gualanday
Sp 465.5	20 m	Rotacional	Grupo Gualanday

INTERVENTORIA DE ESTABILIDAD DE TALUDES E INVERSION SOCIAL DEL PROYECTO
SISMICO ACEVEDO 2D 2001

Continuación Relación procesos erosivos Línea 3705 (Salvo 3706)

Estaca	Distancia a la línea	Tipo de proceso	Unidad geológica
Sp 469.5	Sobre la línea	Rotacional	Grupo Gualanday
493	Sobre la línea	Rotacional	Grupo Gualanday
522-527	30 m der.	Rotacional	Grupo Gualanday
531-532	10 m	Rotacional	Grupo Gualanday
534	50 m	Rotacional	Grupo Gualanday
541	10 m	Rotacional	JRac
654	50 m	Rotacional	Macizo de Garzón
743	Sobre la línea	Rotacional	Macizo de Garzón
743	15 m der.	Rotacional	Macizo de Garzón
763	25 m izq.	Rotacional	Macizo de Garzón
844	20 m der.	Rotacional	Macizo de Garzón
968-969	20 m izq.	Antiguo	Macizo de Garzón
973	30 m izq.	Rotacional	Macizo de Garzón
999	30 m izq.	Rotacional	Macizo de Garzón
1002	35 m izq.	Rotacional	Macizo de Garzón
1005	Sobre la línea	Rotacional	Macizo de Garzón
1013-1014	30 m izq.	Rotacional	Macizo de Garzón
1056	45 m izq.	Rotacional	Macizo de Garzón
1058	Sobre la línea	Rotacional	Macizo de Garzón
1059-1060	62 m izq.	Rotacional	Macizo de Garzón
1121	42 m izq.	Rotacional	Macizo de Garzón
1121	78 m izq.	Rotacional	Macizo de Garzón
1122	78 m izq.	Rotacional	Macizo de Garzón
1123-1124	22 m izq.	Rotacional	Macizo de Garzón
1124-1125	27 m der.	Rotacional	Macizo de Garzón
1126	78 m der.	Superficial	Macizo de Garzón
1134	53 m izq.	Rotacional	Macizo de Garzón
1134	52 m izq.	Rotacional	Macizo de Garzón

Relación de procesos erosivos Línea 3709 (Salvo 3708)

Estaca	Distancia a la línea	Tipo de proceso	Unidad geológica
123	35 m izq.	Rotacional	Grupo Gualanday
140	24 m	Rotacional	Grupo Gualanday
156	Sobre la línea	Rotacional	Fm. Gigante

INTERVENTORIA DE ESTABILIDAD DE TALUDES E INVERSION SOCIAL DEL PROYECTO
SISMICO ACEVEDO 2D 2001

Continuación Tabla Relación de procesos erosivos Línea 3709 (Salvo 3708)

Estaca	Distancia a la línea	Tipo de proceso	Unidad geológica
218 (3713)	Sobre la línea	Rotacional	Grupo Gualanday
Sp 225.5	Sobre la línea	Rotacional	Grupo Gualanday
250-251	45 m der.	Rotacional	Grupo Gualanday
454	6 m izq.	Rotacional	Grupo Gualanday
Sp 467.5	25 m der.	Rotacional	Grupo Gualanday
481	40 m	Rotacional	Grupo Gualanday
507	10 m izq.	Rotacional	Grupo Gualanday
511	Sobre la línea	Rotacional	Grupo Gualanday
515	30 m	Rotacional	Grupo Gualanday
519-522	Sobre la línea	Terracetas-rotacional	Grupo Gualanday
520	55 m	Rotacional	Grupo Gualanday
523	Sobre la línea	Rotacional-terracetas	Grupo Gualanday
524	40 m	Rotacional	Grupo Gualanday
536	50 m	Rotacional-cárcavas	Jrac
537 (Línea 3713)	Sobre la línea	Rotacional	Jrac
538	50 m	Rotacional-carca.	Jrac
546	Sobre la línea	Rotacional	Jrac
550	Sobre la línea	Rotacional-cárcavas	Jrac
623	45 m der.	Rotacional	Jrac
659	Sobre la línea	Rotacional	Macizo de Garzón
659	22 m izq.	Rotacional	Macizo de Garzón
661	35 m izq.	Rotacional-cárcava	Macizo de Garzón
661	45 m der.	Terracetas	Macizo de Garzón
668	Sobre la línea	Rotacional-cárcavas	Macizo de Garzón
685	50 m izq.	Rotacional-cárcavas	Macizo de Garzón
695	8 m izq.	Rotacional-terracetas	Macizo de Garzón
738	38 m der.	Cárcava	Macizo de Garzón
752-753	5 m izq.	Rotacio-cárcavas	Macizo de Garzón
763	Sobre la línea	Rotacional	Macizo de Garzón
763-765	15 m izq.	Rotacional-cárcavas	Macizo de Garzón

INTERVENTORIA DE ESTABILIDAD DE TALUDES E INVERSION SOCIAL DEL PROYECTO
SISMICO ACEVEDO 2D 2001

Continuación Tabla Relación de procesos erosivos Línea 3709 (Salvo 3708)

Estaca	Distancia a la línea	Tipo de proceso	Unidad geológica
796	Sobre la línea	Rotacional	Macizo de Garzón
833	Sobre la línea	Rotacional	Macizo de Garzón
845	14 m der.	Rotacional	Macizo de Garzón
845	Sobre la línea	Rotacional	Macizo de Garzón
849	10 m der.	Rotacional	Macizo de Garzón
934	Sobre la línea	Flujo	Macizo de Garzón
945-951	Ladera margen derecha y sobre la línea	Procesos tipo rotacionales	Macizo de Garzón
951	10 m izq.	Rotacional	Macizo de Garzón
971-975	10 m izq.	Rotacional	Macizo de Garzón
979-980	10 m izq.	Rotacional	Macizo de Garzón
79-985	Ladera inestable margen izquierda de la línea.	Rotacionales	Macizo de Garzón
1006-1007	40 m der.	Rotacional	Macizo de Garzón
1014	Sobre la línea	Rotacional	Macizo de Garzón
1015	45 m der.	Rotacional	Macizo de Garzón
1016	35 m izq.	Rotacional	Macizo de Garzón
1017	10 m der.	Rotacional	Macizo de Garzón
Sp 1059.5	38 m der.	Rotacional	Macizo de Garzón
1097	36 m der.	Rotacional	Macizo de Garzón
1121	62 m der.	Rotacional	Macizo de Garzón
1122	60 m der.	Rotacional	Macizo de Garzón
1171	35 m izq.	Rotacional	Macizo de Garzón
1173	30 m izq.	Rotacional	Macizo de Garzón
1175	25 m izq.	Rotacional	Macizo de Garzón
1183	Sobre la línea	Rotacional	Macizo de Garzón