

# EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE INESTABILIDAD DEL TERRENO EN EL ÁREA DEL CENTRO DE SALUD. MURRA, NUEVA SEGOVIA



*Vista de roturas curvas de movimientos de masas en sector exterior de  
Centro de Salud de Murra  
Municipio de Murra, Nueva Segovia*

*Por:*

**Tupak Obando Rivera**

Ingeniero Geólogo. Master y Doctorado dentro del Programa Inter.-Universitario de Doctorado y Maestría en Geología y Gestión Ambiental de los Recursos Mineros de la UNÍA (Huelva, España)

## CONTENIDO

I. - INTRODUCCIÓN

II.- OBJETIVO

III.- METODOLOGÍA DE TRABAJO

IV.- LOCALIZACIÓN Y ACCESO AL SITIO

V.- GEOLOGÍA DE MURRA

5.1.- Los movimientos de masas en taludes de corte de terreno en Murra

5.2.- Factores influyentes en la inestabilidad del terreno

VI.- CUATIFICACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EVALUADOS

VII.- OBRAS DE MITIGACIÓN

VIII.- CONCLUSIONES

IX.- RECOMENDACIONES

X.- BIBLIOGRAFÍA

XI.- ANEXOS

## I.- INTRODUCCIÓN

Después de la ocurrencia de procesos inestables del terreno en el área del Centro de Salud de Murra (Nueva Segovia, Nicaragua) el día 08 de Septiembre del presente año se promueven acciones especializadas con vista a la evaluación y prevención del peligro que representan los deslizamientos de tierra al personal (35 trabajadores activos), y pacientes que demandan servicio de salud en el lugar.

Estos eventos no causaron afortunadamente pérdidas de vidas humanas, solamente daños en muro perimetral de 45 metros lineales del costado sur del Centro de Salud municipal (es decir se reporta 186 metros cuadrados de construcción y 27 metros lineales de afectación de la instalación física) edificado en el año 1996 (C\$ 2 mill. Aprox).

Por lo tanto se realiza reconocimiento en el terreno que resulta posteriormente en la preparación del presente informe técnico. La visita se efectuó el 30 de Septiembre del presente año contándose con la participación efectiva responsables administrativos y técnicos del centro de salud

La organización del Equipo Técnico estuvo conformado por el Dr. Tupak Obando, geólogo.

## II.- OBJETIVO

Reconocer y caracterizar condiciones de inestabilidad del terreno en el área del Centro de Salud de Murra para sustentar la ejecución de obras civiles con vista a la mitigación de desastres basados en conocimientos equívocos, y la proposición de algunas recomendaciones al respecto.

## III.- METODOLOGÍA DE TRABAJO

### 3.1 Trabajo de oficina

En esta fase se recopilaron y revisaron los mapas, topográfico y geológico para efectos de localizar y cartografiar los movimientos de masa, así como información geológica del área de interés. La hoja topográfica estudiada es **Ciudad Sandino 2957-II**, de Ineter, escala 1:50,000 de 1988.

En esta etapa se obtuvo mapa geológico del centro de salud tomando como fuente de datos la cartografía presentada por CATASTRO 1972, de los que se derivó la litología superficial afectada por procesos inestables del terreno.

### 3.2 Trabajo de campo

Se consultó a las autoridades del hospital de Murra y trabajadores sobre la ocurrencia anteriores de movimientos de rocas y suelos en las inmediaciones del centro de salud, advirtiéndose la aptitud desfavorable del terreno previo a la construcción de las instalaciones física y la aparición de inestabilidades del subsuelo hace 12 meses.

Los puntos de observación se geo-referencian con GPS manual, modelo Garmin III Plus en coordenadas con unidades UTM y datum WGS 84. La precisión de las mediciones fue  $\pm 7$  metros. Para ello, se elaboró y uso ficha de inventario de taludes para presentar observaciones y de evidencia de movimiento de masas puntuales y su ilustración a través de recursos fotográficos.

### 3.3 Elaboración de informe final

El informe final es resultado de la obtención de datos y sus análisis. Se introducen en el programa ArcGIS 9,0 y se incorpora a la base de datos del Sistema de Información Geográfica del SIG-Georiesgos de Ineter, que se ha preparado para este efecto. Los datos obtenidos en la oficina fueron organizados y correlacionado con la levantada durante los recorridos de campo para efectos de preparar el documento Final de la visita al centro de salud de Murra. Los datos originales tomados en el terreno son transformados junto con el mapa de campo al datum WGS 84, para mantener las mismas referencias. El programa usado para elaborar figuras y anexos gráficos es ArcGIS 9.

## IV.- LOCALIZACIÓN Y ACCESO AL SITIO

El deslizamiento de tierra se localiza en sector Sur del centro de salud. En el lugar se destaca densa vegetación y suelos destinados especialmente a la actividad agrícola del café, frijoles y maíz.

Para llegar al sitio se toma la carretera que conecta los poblados de Managua con Sébaco, Estelí,

Condega hasta alcanzar el Empalme de Palacaguina.

Posteriormente, se toma desvío de carretera a la izquierda

(al Este) hacia Totogalpa, San

Fernando, El Jicaró hasta la entrada del poblado de Murra, en

donde se emplaza centro de salud afectado, limitado por paredes de taludes de terreno.

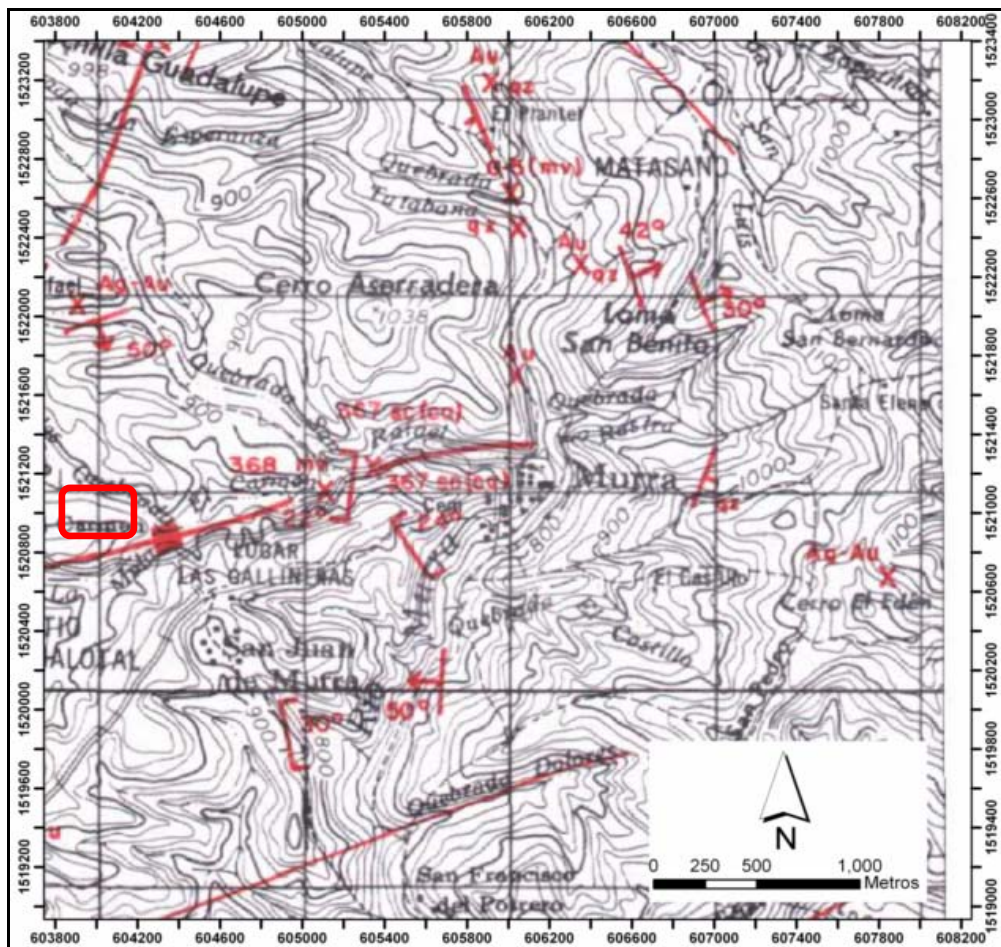
La ruta se ilustra en la **Ilustración 1.**





## V.- GEOLOGÍA DE MURRA

El área de centro de salud de Murra con una elevación de 810 msnm, es una obra civil emplazada en terreno llano y bajo con pendiente menor de 2°. En el mapa geológico (**Ilustración 2**), escala 1:50,000 se indica cobertura sedimentaria susceptible a la meteorización y erosión por lluvias ocasionales



**Ilustración 2.** Mapa geológico del área de interés. Mapas geológicas Ciudad Sandino 2957-II , escala 1:50,000. Catastro e Inventario de Recursos Naturales, 1972.

Los materiales que se exponen en las paredes del corte de talud del terreno está constituida por suelos de color café hasta amarillento con espesor variables de textura areno-arcillosa incoherente, floja, húmedo, meteorizada acompañada de fragmentos de filitas grafitosas gris verdusca alteradas (**Ilustración 3**).



**Ilustración 3.** Escarpe circular de deslizamiento de tierra en costado Sur de Centro de Salud

## V.1- LOS DESLIZAMIENTOS DE TIERRAS

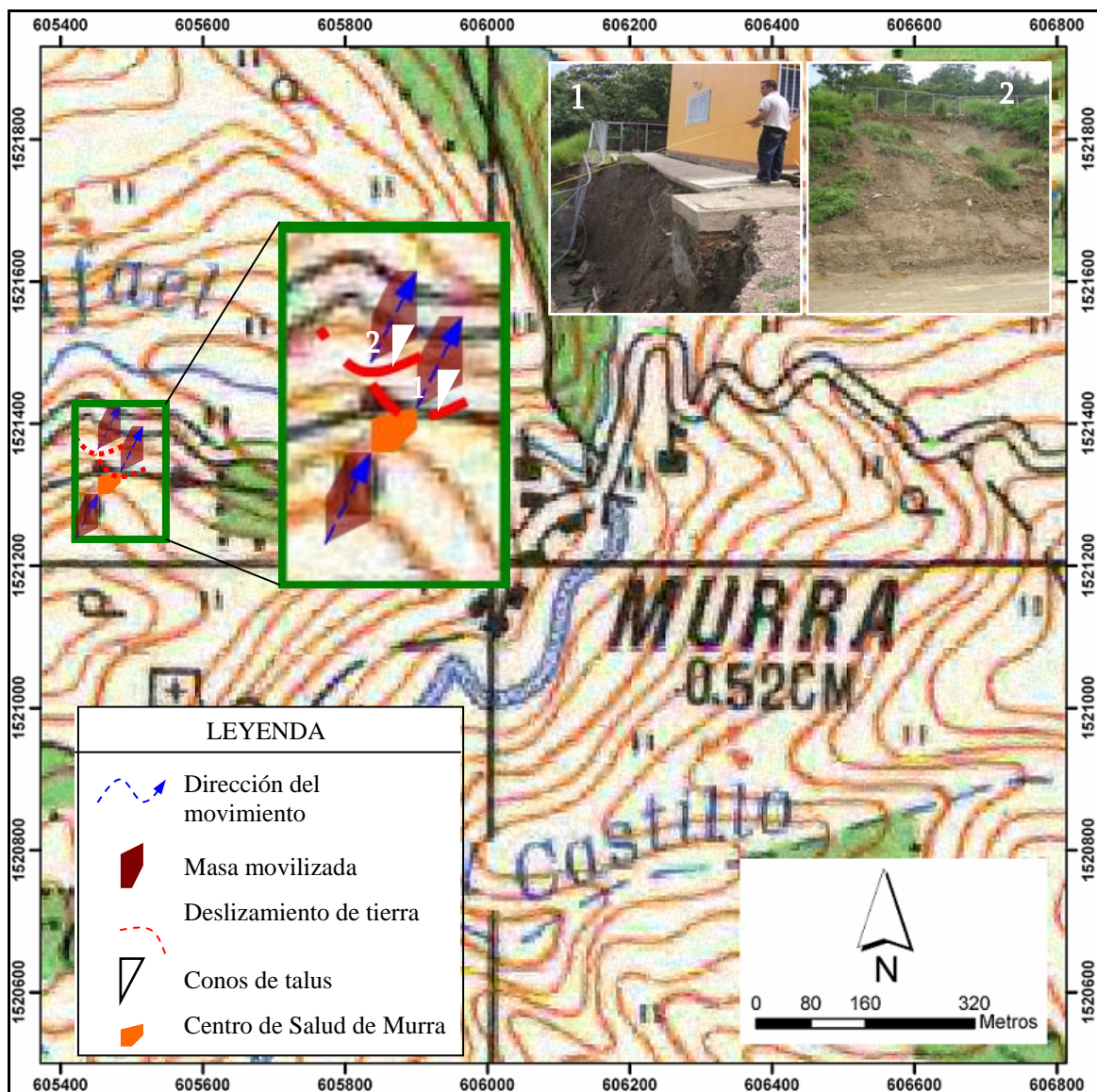
Se presenta en el área interés dos deslizamientos de tierra. Uno de ellos ubicado proximidad de muro exterior del Centro de Salud tiene una extensión superficial de 792 m<sup>2</sup>, iniciando en una zona de rotura ubicada a 13 metros de alto en pared del corte de terreno, de donde provinieron acumulaciones de material arenoso, fragmentario, suelto, húmedo con contenido de arcilla color amarillenta acompañada de fragmento de roca filita verdusca, todo esto envuelto en una masa amorfa de 2,380 metros cúbicos. Hay que destacar la presencia de depósitos coluviales al pie del talud conformado por materiales geológicos fácilmente removibles, alterado, sin estratificación definida ni fracturación que da origen a una morfología superficial de montículos.

Un segundo y último movimiento de roca y suelo reconocido durante visita de campo y ocurrencia reciente cubre un área de 278 metros cuadrados y volumen de 835 metros cúbicos.



Entre los factores contribuyentes al desarrollo de estos deslizamientos puntuales dentro de terreno del centro de salud de Murra (**Ilustración 4**) se reconocen el relieve empinado con inclinaciones del terreno que oscila entre 22 a 24°, la textura arenarcillosa del suelo, el grado de meteorización debida a la erosión superficial e interna del suelo, la humedad contenida en el terreno, la forma como se disponen las capas de arenas y arcillas. Otro factor importante es la actividad lluviosa, que favorece la remoción de materiales pendiente abajo del terreno, al humedecer y saturar el suelo.

Una situación así, podría considerarse potencialmente peligrosa por su grado de movilización y alcance para centro de salud de Murra.



**Ilustración 4.** Ubicación del Centro de Salud y sus movimientos en taludes de suelos del Municipio de Murra. Hojas Topográficas El Carmen 2957-II. Escala 1:50,000 de Ineter, 1988



## VI.- CUANTIFICACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES EVALUADOS

En el presente trabajo se aplicó una de las metodologías de mayor uso en la inestabilidad de taludes, especialmente en suelos, basado en propiedades físico resistentes de los materiales geológicos (en nuestro caso tipos arenosos y arcillosos).

Dicho método es conocido por el nombre de Ábacos de **Hoek y Bray (Ilustración 5)**, su selección en este documento responde en primera instancia a la disponibilidad de datos geométricos del lugar (ángulo y altura del talud, y sus dimensiones) y parámetros resistentes típicos (ángulo de fricción interna y cohesión) existente apoyado de la propuesta de **Lee Abramson et. a. (1996)** que se ilustra en la **Ilustración 6**. Con todo esto se determina factores de seguridad para cada talud evaluado, y que de ahora en adelante se designan como Talud N° 1 y Talud N° 2.

**Ilustración 6.** Datos físicos- resistentes de los materiales del subsuelo local.

Tipo de Suelo y/o Roca	Parámetros físico resistentes	
	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	Ángulo de fricción interna promedio (°)
Arcilla	c= 1.2	Ø = 20.5
Arenas	c= 0.8	Ø = 32

Una vez, logrados los datos antes referidos se plasman en ábaco de cálculos ya mencionado a fin de evaluar la condición de estabilidad de los taludes estudiados y definir el tipo de suelo, en nuestro caso, más influyente en la generación de estos dos deslizamientos de tierra. Esta información es básica para las medidas correctoras y/o estabilizadores que se deseen ejecutar.

La funcionabilidad del método propuesto, reside en tres modelos numérico que se indican a continuación:

$$\frac{\frac{c'}{\gamma \cdot H \cdot \text{tg} \phi'}}{\frac{\gamma \cdot H \cdot F}{\text{tg} \phi'}} \cdot F$$

Donde:

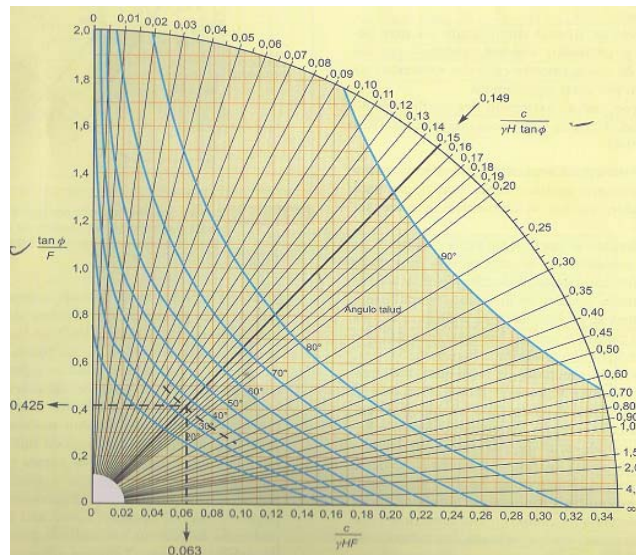
**c'**: Cohesión del suelo expresada en unidades de kg /cm<sup>2</sup>

**γ**: Peso específico del agua que oscila entre 1,5 a 1.8 kg/cm<sup>2</sup>

**H**: Altura del talud medido en metros.

**φ'**: Ángulo de fricción interna. Unidades expresadas en grados o porcentaje.

**F**: Factor de Seguridad. Unidad adimensional



**Ilustración 6.** MÉTODO DE CÁLCULO DE HOEK Y BRAY.

## 6.1. - RESULTADOS ANÁLITICOS

### A) TALUD N° 1: Sector exterior próximo a Muro perimetral de Centro de Salud de Murra

Los tipos de materiales predominantes in situ son las arenas con contenido de arcillas. Por tanto, se realizó para este talud la evaluación de coeficientes de seguridad en cada tipo de suelo referido:

## **A.1.- Suelo arenoso**

A.1.1) Tiene las siguientes especificaciones geo-ingenieriles:

De acuerdo con Tabla 1:

- Cohesión (kg/cm<sup>2</sup>) = 0.8
- Ángulo de fricción interna (°) = 32

A.1.2) Tiene las siguientes especificaciones geométricas:

- Altura del talud = 13 metros
- Ángulo del talud = 24°
- Peso específico del agua = 1.8kg/cm<sup>2</sup> (según datos internacionales)

A.1.3.) Resultados Talud N° 1:

Se obtiene apoyados del Ábaco de Hoek y Bray, y de los modelos numéricos antes presentados la siguiente información:

- Seguridad del Talud N° 1 de inestabilizarse debido al bajo coeficiente medido, FS = 0.83 debido a la presencia de material arenoso suelto y empapado reconocido en los cimientos de muro perimetral
- Se clasifica como talud Inestable por condiciones inadecuado del medio físico presente.

## **A.2.) Suelo arcilloso**

A.2.1) Tiene las siguientes especificaciones geo-ingenieriles:

De acuerdo con Tabla 1:

- Cohesión (kg/cm<sup>2</sup>) = 1.2
- Ángulo de fricción interna (°) = 20.5

A.2.2) Tiene las siguientes especificaciones geométricas:

- Altura del talud = 13 metros
- Ángulo del talud =  $24^\circ$
- Peso específico del agua =  $1.8 \text{ kg/cm}^2$  (según datos internacionales)

### **A.2.3.) Resultados Talud N° 1:**

Se obtiene apoyados del Ábaco de Hoek y Bray, y de los modelos numéricos antes presentados la siguiente información:

- Seguridad del Talud N° 1 a adquirir cierta condición equilibrada con tendencia al desequilibrio debido al moderado valor del coeficiente medido,  $FS = 1$  debido a la presencia de material como la roca filita que en fragmentos sirve como aglutinador de la masa de arcilla semejante al efecto que hace el pedrín al cemento. Sin embargo, hay que destacar que la filita en láminas pueden favorecer reactivaciones de este deslizamiento de tierra.
- Se clasifica como talud equilibrado por particularidades geométricas de algunos fragmentos de rocas presente.

B) **TALUD N° 2:** Cimientos de Malla metálica perimetral del Centro de Salud, a 2 metros de separación del talud antes descrito.

Los tipos de materiales predominantes in situ son las arenas, pero la arcilla juega un papel como superficie de acceso del agua de escorrentía hacia el pie del talud. Por tanto, se realizó para este talud la evaluación de coeficientes de seguridad en cada tipo de suelo referido:



## **B.1.- Suelo arenoso**

B.1.1) Tiene las siguientes especificaciones geo-ingenieriles:

De acuerdo con Tabla 1:

- Cohesión (kg/cm<sup>2</sup>) = 0.8
- Ángulo de fricción interna (°) = 32

B.1.2) Tiene las siguientes especificaciones geométricas:

- Altura del talud = 10 metros
- Ángulo del talud = 22°
- Peso específico del agua = 1.8kg/cm<sup>2</sup> (según datos internacionales)

B.1.3.) Resultados Talud N° 2:

Se obtiene apoyados del Ábaco de Hoek y Bray, y de los modelos numéricos antes presentados la siguiente información:

- Seguridad del Talud N° 2 de no inestabilizarse debido al alto valor del coeficiente medido, FS = 1.7 debido al leve descenso de la pendiente y altura del terreno y sobre todo la dominancia de material arenoso relativamente alterado y meteorizado comparado con el Talud N° 1 reconocido en los cimientos de malla metálica perimetral
- Se clasifica como talud Estable por condiciones moderadas del medio físico de soporte presente.

## **B.2.) Suelo arcilloso**

B.2.1) Tiene las siguientes especificaciones geo-ingenieriles:

De acuerdo con Tabla 1:

- Cohesión (kg/cm<sup>2</sup>) = 1.2

- Ángulo de fricción interna ( $^{\circ}$ ) = 20.5

B.2.2) Tiene las siguientes especificaciones geométricas:

- Altura del talud = 13 metros
- Ángulo del talud =  $24^{\circ}$
- Peso específico del agua =  $1.8 \text{ kg/cm}^2$  (según datos internacionales)

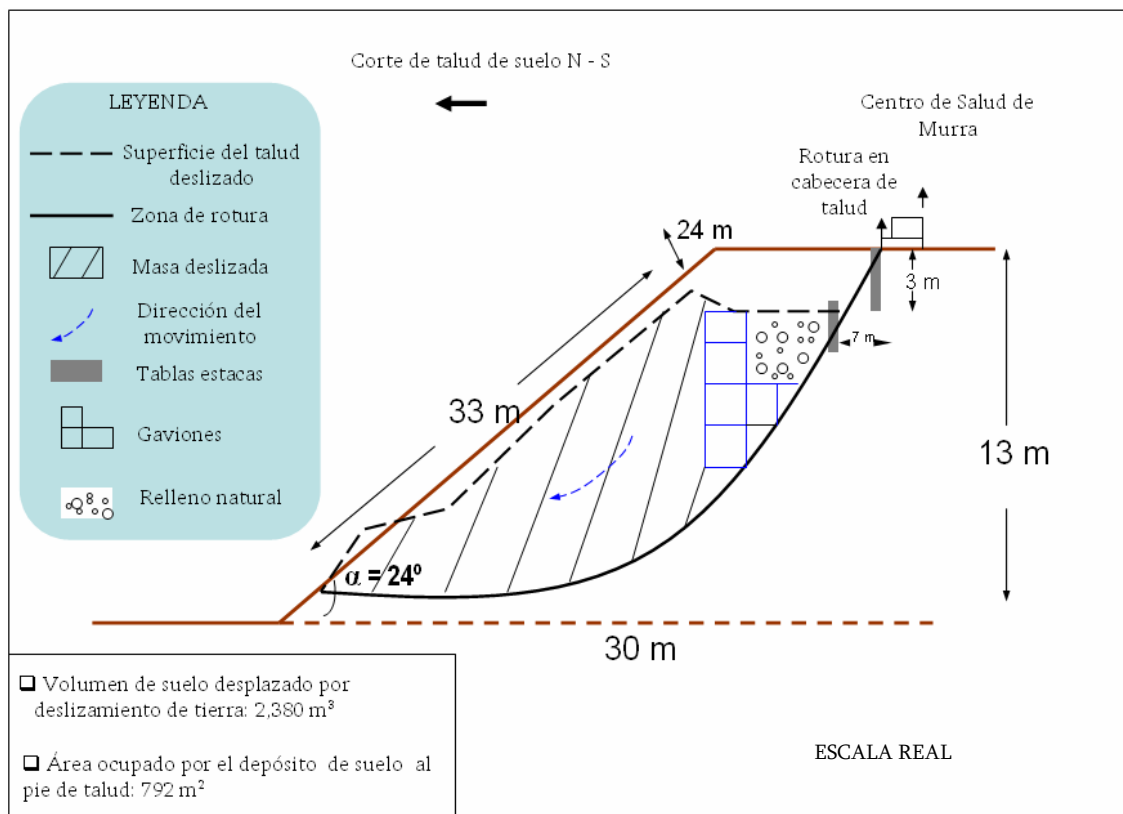
### **B.2.3.) Resultados Talud N° 1:**

Se obtiene apoyados del Ábaco de Hoek y Bray, y de los modelos numéricos antes presentados la siguiente información:

- Seguridad del Talud N° 2 a adquirir bajo valor de coeficiente medido,  $FS = 0,12$  favoreciendo hasta cierto punto la inestabilidad de este talud debido a la presencia de material arcilloso alterado, húmedo y meteorizado en superficie inferior de capas de arenosas, esta arcilla facilita que el proceso de erosión y remoción se ha cada vez más intenso que en reactivaciones futuras pudiese avanzar hacia el interior del terreno donde se asienta este centro de salud.
- Se clasifica como talud inestable por particularidades física e hidrológica de material susceptible a desgastarse fácilmente en este talud como es la arcilla

## VII.- OBRAS DE MITIGACIÓN

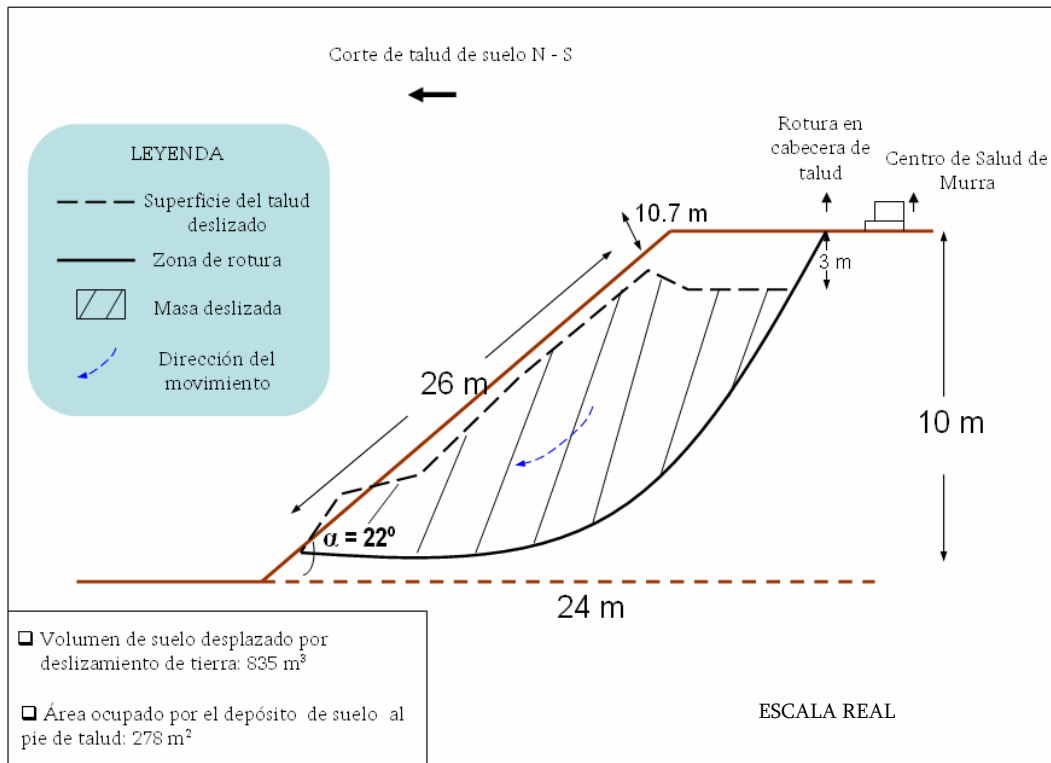
Tras los deslizamientos de tierra de finales de Septiembre del presente año en el área exterior del Centro de Salud de Murra se proponen en el presente documento algunas medidas oportunas con vista a aumentar elementos que favorecen la estabilidad o bien aminorar la influencia de factores desestabilizadores (Véase **Ilustración 7**).



**Ilustración 7.** Medidas de estabilización de deslizamiento N° 1 en suelo areno-arcilloso con contenido de fragmento de filitas gafitosa (N1521307 – E605590) para Cara exterior de Centro de Salud de Murra

Hay que destacar que el ejercicio de la práctica ingenieril de manera óptima en el lugar afectado está destinadas a aminorar la erosión y meteorización de los materiales que constituyen el frente y pie de taludes estudiados, disminuir el ángulo del talud, o bien, moderar la altura efectiva de estos a través de la ejecución tablas estacas y muros gaviones a fin de ofrecer condiciones estables al depósito removido y evitar su avance en subsuelo del muro perimetral. De igual manera, se esto permite aminorar el ingreso de agua de escorrentía en el subsuelo y aumentar la seguridad frente a movimientos de

masas apoyado de canaletas o zanjias de drenajes colocadas en sectores laterales del centro de Salud. Otro de los modelos obtenidos en el presente trabajo para el deslizamiento en Talud N° 2 se presenta en la Ilustración 8 que sigue:



**Ilustración 8.** Deslizamiento N° 2 en suelo areno-arcilloso con bajo contenido de fragmento de filitas grafitosa (N1521318 – E605579) en sector exterior de Centro de Salud de Murra

Con todo lo anterior se ilustra a través de imágenes fotográficas algunas propuestas de obras ingenieriles que permitirán alcanzar en una u otra forma condiciones de estabilidad del terreno. Esta se presenta a continuación (**Ilustración 9**).



**Ilustración 9. a)** Bio-ingeniería, hilera de arbustos y/o grama de baja altura dispuesta en escalón paralelos al frente de talud espaciada vertical como horizontalmente menos de 2m. **b)** Muros de gaviones con disposición horizontal y escalonada al pie de talud revestido de malla metálica en cuyo interior se encuentra bolones de formas casi redondeadas y tamaño pequeño.



## VIII.- CONCLUSIONES

- Se reconocen dos movimientos de masa en sector exterior de Centro de Salud de Murra, cuya afectaciones están enfocada al muro perimetral exterior. Estos deslizamientos de tierra tuvieron inicios el domingo 28 del presente mes de 2008, descritos en este documento.
- Los deslizamientos de tierras locales, por sus dimensiones uno de mayor extensión 798 m<sup>2</sup> y otro menor de 278m<sup>2</sup> tienen extensión local cuyos avances es sosegado por irregularidades topográficas. Se valora una condición no favorable para los taludes reconocidos.
- Los factores que contribuyen la formación de movimientos de masas puntuales en los terrenos de centro de salud son el relieve escarpado del terreno característico de cerro, con pendiente que superan los 20°, meteorización de la roca filitas grafitosas y suelos de textura areno-arcillosas en el lugar. Los factores anteriores combinados con el factor climático, caso la lluvia como mecanismo de disparo de este tipo de inestabilidades del terreno. La mayoría de materiales geológicos encontrados antes descritos se encuentran leve hasta intensamente meteorizado y alterado.
- De los dos deslizamientos de tierra reconocidos recientemente, tienen escenarios de ocurrencia con pendientes del terreno que varía entre 22° <  $\alpha$  < 24°; altura del talud entre 10 y 13m.
- Por la proximidad, ubicación geográfica y distribución en el terreno, las instalaciones física de este centro de salud, sobre todo el muro perimental asentada sobre la cabecera del talud inevitablemente es afectado con mayor severidad por el arrastre de material de suelo.
- Con el método de Hoek y Bray se obtiene coeficiente de seguridad para suelos arenosos entre 0.83 y 1,71, y en suelos arcillosos entre de 1 para el caso de Talud N° 1, siendo las condiciones de estabilidad variable en función de la condición física y tipo de materiales geológicos y topografía puntual. No siendo así para el Talud N° 2 con valores de coeficiente de seguridad entre 0.12 y 1

- Las obras civiles de mitigación (especialmente para viviendas populares, y el Hospital de Murra) deben construirse considerando las condiciones topográficas, geológicas y geotécnicas del área. Por tanto se proponen algunas obras de ingeniería para atenuación de procesos inestables del terreno. Tales como: Tablas estacas, bio-ingeniería y Muros de gaviones.

## IX.- RECOMENDACIONES

- **Autoridades del centro de salud:**
  - a) Notificar a las autoridades locales, alcaldía, Defensa Civil y organismos de prevención de señales de nuevos o reactivaciones de desplazamientos de tierra y roca provenientes de taludes del terreno.
  - b) Participación activa en las acciones en pos de la prevención y mitigación que organice la municipalidad ante la amenaza de deslizamiento.
  - c) Integrar al personal que labora en el centro de salud a las campañas y jornadas de reforestación de taludes para fijar estructuras de suelo; Realizar sesiones científico informativas del escenario real del centro de salud, coordinado entre autoridades municipales y autoridades de ese lugar.
- **A la administración municipal:**
  - a) Tratamiento General en las colindancias del Sector poblado con vista a definir taludes, drenajes, control de la deforestación, sobre todo en áreas amenazadas por deslizamientos de tierra.
  - b) Obras de mitigación en Centro de Salud, bermas o gaviones, muros de contención, bio-ingeniería, mallas de retención reforzadas con contrafuertes y otras, especialmente mayor atención en los análisis de emplazamiento para proyectos de infraestructura física local.
  - c) Atender las informaciones de los pobladores y reportar a las autoridades del nivel central del gobierno, como SINAPRED, Ineter y Defensa Civil para la asistencia inmediata de los técnicos de estas instituciones.



- d) Instalar de dos a tres conjuntos de tablas estacas, una que sirva de defensa directa al edificio, en ambos lados. Otra conjunto distante 7 metros del primero y en una tercera posición muros de gaviones. A su vez, ejecutar obras de desvío de drenaje superficial que corre por la superficie del terreno hacia sectores laterales del edificio.
- e) Colocar manto de plástico y extenderlos en el área ocupada por la infraestructura dañada, sobre todo en los cimientos de la edificación de la cara exterior del centro de salud.

## **X.- BIBLIOGRAFÍA**

- 1.- INETER. (1988). Hoja topográfica 2957-II a Escala 1:50,000.
- 2.- OPS-OMS (2008). Comunicado escrito. Managua, Nicaragua

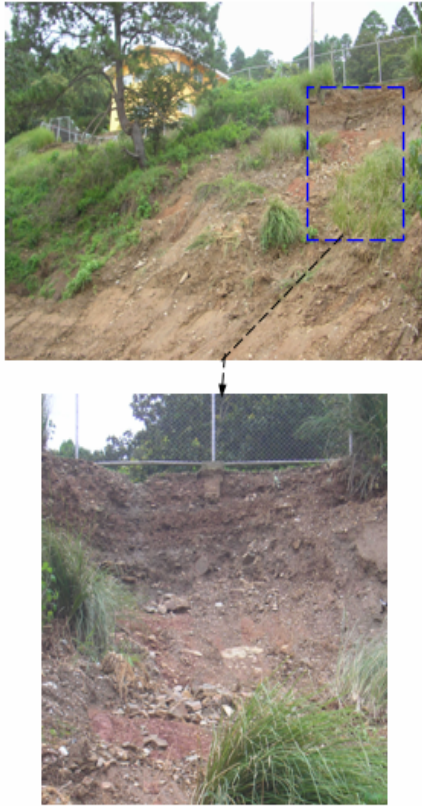
# XI.- ANEXOS

## Anexos 1. a) Inventario de Talud de suelo N° 1

INVENTARIO DE TALUDES						1
<b>INFORME:</b> Evaluación de la situación actual de la inestabilidad del terreno en el área Centro de Salud de Murra						
<b>SITUACION:</b> Cara exterior del Centro de Salud de Murra						
Coordenadas UTM		X <sub>UTM</sub>		Y <sub>UTM</sub>		
		N1521307		E605590		
Elevación (m)	Grado de precisión (m)	835		± 5 m		
<b>GEOMETRÍA</b>		Altura	Longitud	Dirección	Pendiente	
Margen derecho		13m	33m	N70° E	24°	
Margen izquierdo		----	----	----	----	
<b>LITOLOGÍA:</b> Arenas café amarillenta con cierto contenido de arcillas no consolidado, húmedo, meteorizado, sin fracturación, deleznable, de espesor variable acompañado de fragmento de filitas grafitosas gris verdusco con forma angulosa, ligeramente fracturado y meteorizado ocupando el interior de la estructura del suelo.						
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA ESTABILIDAD</b>						
Estabilidad		Inestable, con abundante vegetación. Se presenta rotura curva del talud de 24 metros de ancho y 3 metros de profundidad en suelo areno-arcilloso del Centro de Salud. Se observa grieta de arranque y el salto vertical de la cabecera del talud originado por la baja resistencia de los materiales. En la parte intermedia y base de este afloramiento se desarrolla abundante vegetación. No se trata protección o medida de estabilidad				
Protecciones		Ninguna				
Hidrogeología	Tipo de evento	Húmedo	Deslizamiento de tierra con rotura circular desplazado verticalmente entre 3 metros			
 						
(Foto Tupak Obando, 30/09/2008)						

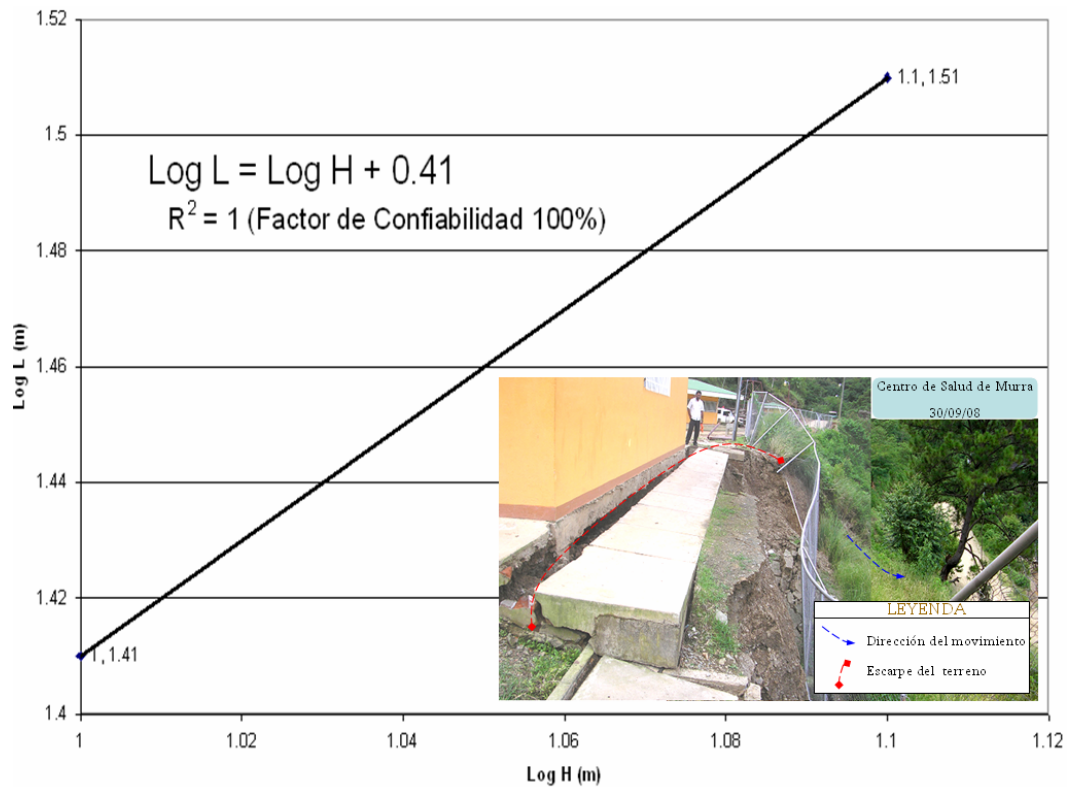
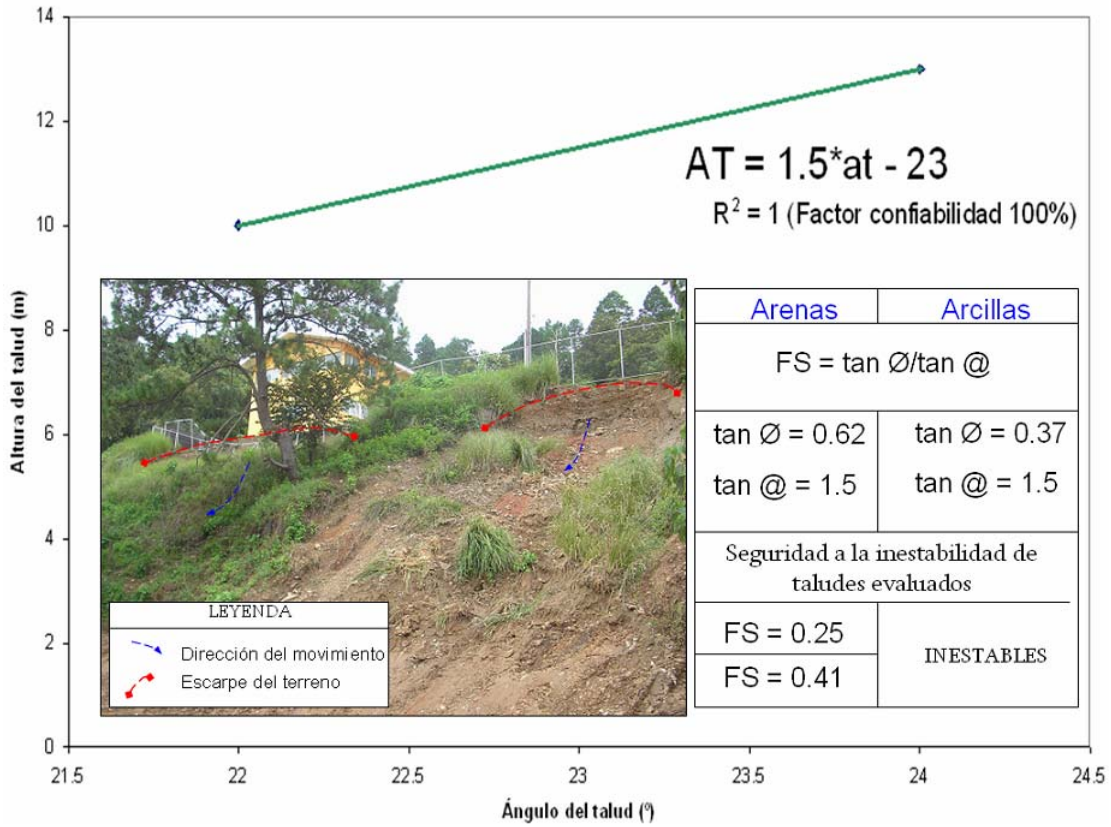


b) Inventario de Talud de suelos N° 2

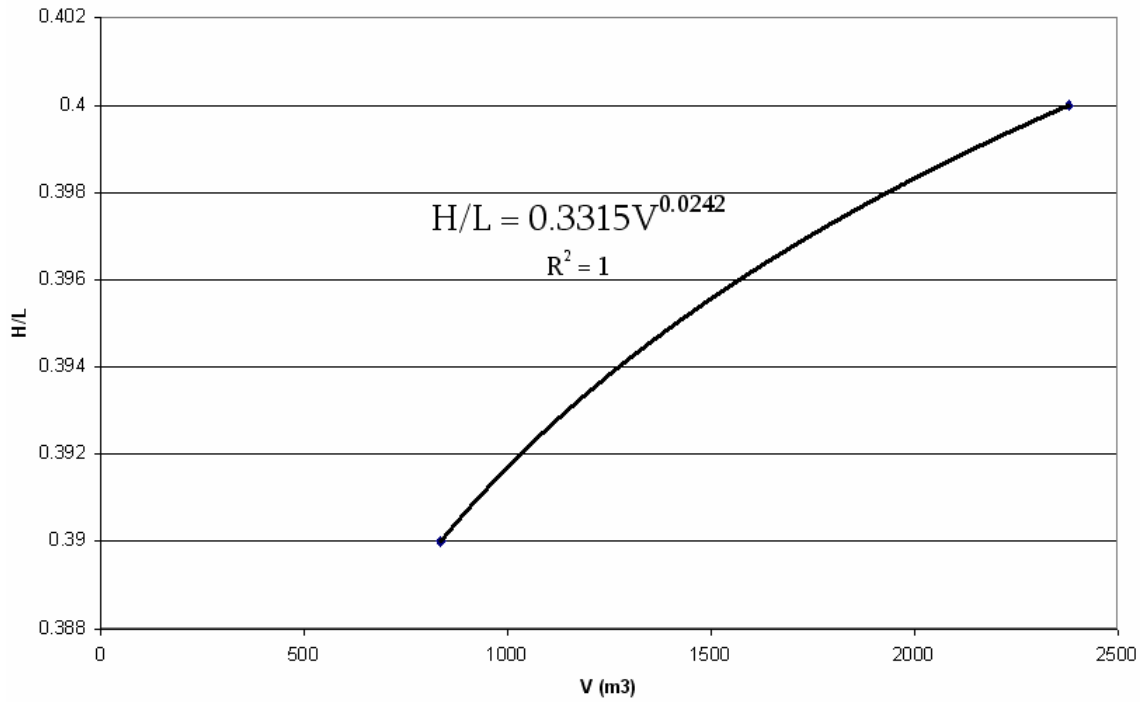
INVENTARIO DE TALUDES					2
<b>INFORME:</b> Evaluación de la situación actual de la inestabilidad del terreno en el área Centro de Salud de Murra					
<b>SITUACION:</b> Cara exterior del Centro de Salud de Murra					
Coordenadas UTM		<b>X<sub>UTM</sub></b>		<b>Y<sub>UTM</sub></b>	
		N1521318		E605579	
Elevación (m)	Grado de precisión (m)	852		± 4 m	
<b>GEOMETRÍA</b>					
	Altura	Longitud	Dirección	Pendiente	
Margen derecho	10m	26m	N65° E	22°	
Margen izquierdo	----	----	----	----	
<b>LITOLOGÍA:</b> Material arenoso intercalado por suelo arcilloso, ambos muy meteorizado, alterados, sin fracturación, suelto, no coherente, húmedo de espesor variables acompañado de fragmento de filitas gris verduzco angulosa, fracturado y meteorizado ocupando el interior de la estructura del suelo.					
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA ESTABILIDAD</b>					
Estabilidad	Inestable, con algo de vegetación. Se presenta rotura curva del talud de 11 metros de ancho y 3 metros de profundidad compuesto del techo a la base por capa arenosa de 20cm de espesor, seguido de horizonte arcilloso de 10 cm de potencia, continuando con capa de arena de 15 cm de espesor y suelo de textura arcillosa color rojiza. Se observa grieta de arranque en la cabecera del talud por la baja resistencia de los materiales. La pared de este afloramiento es manchado por pátina rojiza debido al agua de escorrentía en mantos arcillosos. No se trata protección o medida de estabilidad				
Protecciones	Ninguna				
Hidrogeología	Tipo de evento	Húmedo	Deslizamiento de tierra circular desplazado verticalmente 3 metros.		

(Foto Tupak Obando, 30/09/2008)

**Anexos 2.** Correlación de factores geométricos (altura versus longitud, y ángulo del talud) influyente en la inestabilidad del terreno in situ (líneas oblicuas). Se observa movimientos de masas ocurrido el domingo 28 de septiembre del 2008 en Centro de Salud de Murra, en que se indica en trazo color rojo escarpe o rotura curva del terreno, y en color azul dirección del desplazamiento de suelos de textura areno-arcillosas y fragmento de filita grafitosa

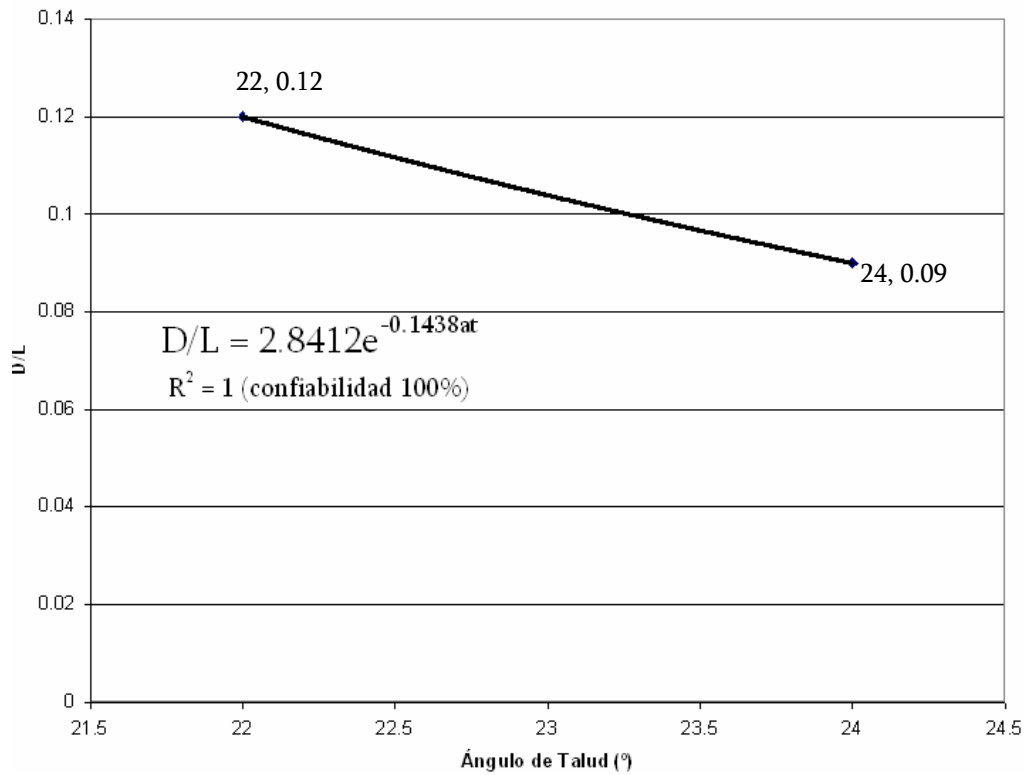


**Anexos 3.** Comparación entre el coeficiente de fricción interna (H/L) y el volumen de material deslizada.



**Anexos 4.** Clasificación de los movimientos de masas en función de características y rasgos predominantes.

**A.4.a) Relación entre profundidad /longitud de masa desplazada versus ángulo de talud**



**A.4.b) Factores característicos para la determinación de movimientos de masas ocurrido en Centro de Salud de Murra**

Tipo de movimiento	Zona de cabecera y parte superior de la ladera	Zona baja de la ladera	Geometría
Desprendimientos	Laderas irregulares y rocosas escarpadas con material suelto o derrubios en la parte superior. Bloques independizados por discontinuidades o fracturas. Grietas tras el talud. Vegetación escasa.	Acumulación de bloques y fragmentos rocosos.	Pendientes elevadas $> 50^\circ$ .
Deslizamientos rotacionales	Grietas de tracción curvas cóncavas hacia la ladera. Escarpes curvos con estrías, que pueden ser verticales en la parte superior. Superficies basculadas con encharcamientos. Contrastes de vegetación. Malas condiciones de drenaje y encharcamientos en depresiones.	Depósitos convexos, lobulados. Desvío de cauces.	Pendientes entre $20-40^\circ$ $D/L < 0,3$ a $0,1$ .
Deslizamientos traslacionales en rocas o suelos	Grietas de tracción verticales paralelas al talud. Escarpes verticales poco profundos. Material en bloques con grietas entre ellos. Sin encharcamientos en cabecera. Drenaje desordenado o ausencia del mismo.	Desvío de cauces. En ocasiones acumulaciones de material con forma de lóbulos.	Pendientes uniformes $D/L < 0,1$ .
Desplazamientos laterales	Bloques desplazados y basculados en varias direcciones. Pendientes suaves o muy suaves. Grandes grietas separando los bloques. Bloques con formas irregulares controladas por fracturas. Sistemas de drenaje interrumpidos, obstrucciones en cauces, valles asimétricos.	—	Pendientes suaves, incluso $< 10^\circ$ .
Flujos de barro	Nichos cóncavos poco profundos. Pocas grietas. Contrastes en la vegetación con las zonas estables. Encharcamientos. Sin irregularidades importantes en el drenaje.	Lóbulos. Morfología irregular ondulada.	Pendientes $15-25^\circ$ $D/L = 0,05-0,01$ .
Flujos de tierra y derrubios	Concavidades y lóbulos en el área fuente. Varios escarpes. Depósitos con forma de corriente en valles. Ausencia de vegetación. Drenaje irregular y perturbado en la masa deslizada.	Lóbulos, depósitos convexos. Morfología irregular.	Pendientes $> 25^\circ$ $D/L$ muy pequeño.

**D/L:** profundidad/longitud de masas deslaza. Datos de Soeter y Van Western, 1996  
Fuente: **Vallejos (2,002)**



## Anexos 5. Recursos Iconográficos



a)



b)

**Anexo 5.1. a)** Se presenta cabecera de deslizamiento de tierra (trazo rojo) cuya inestabilidad ocasiona volcamiento de malla metálica y asientos de cemento de la edificación del centro de Salud. **b)** Perfil de la estructura de suelo afectado por movimiento de masa.



a)



b)

**Anexo 5.2. a)** Tubería PVC subyaciendo el edificio, se muestra intacta sin evidencia de fuga externa, esta tubería se encuentra empotrada en el suelo areno-arcilloso. **b)** Vista en superficie de grietas de tracción debido a la rotura de los materiales del subsuelo, estas grietas tienen 2 a 5 cm de espaciado, no son lineales y están rellenas con arcillas.

**Anexo 6.** Datos del personal participante y acompañantes durante la visita de campo al área de interés en Murra, Nueva Segovia

Nombres y Apellidos	Institución	Cargo	Teléfono	Correo electrónico
Guillermo Guevara	OPS-OMS	Programa de Emergencia y Desastres	2894200	<a href="mailto:guevaram@nic.ops-oms.org">guevaram@nic.ops-oms.org</a>
Fátima Díaz	MINSA	Dirección de Infraestructura y desarrollo tecnológico	2897623/2894166	<a href="mailto:dgit@minsa.gob.ni">dgit@minsa.gob.ni</a>
Pedro Olivas	MINSA	Dirección de Infraestructura y desarrollo tecnológico	2897623/2894166	No disponible