ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C

Secretaría
GOBIERNO

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

DIAGNÓSTICO TECNICO No. DI-1832

1. LOCALIZACION

LOCALIDAD	:	Ciudad Bolívar (19)
BARRIO	:	Juan Pablo II Sector La Esperanza
DIRECCION	:	Calle 69 Sur # 18R - 38
FECHA DE VISITA	:	Noviembre 14 de 2003
SOLICITANTE	:	Coordinación de obras y adecuación de predios - DPAE
ÁREA DE INFLUENCIA	:	0.15 ha
VIGENCIA	:	Temporal mientras no se modifique significativamente las condiciones físicas del sector o se realicen obras de mitigación.

2. OBJETIVOS

El objetivo del presente diagnóstico es revisar la estabilidad del muro de contención en voladizo de concreto reforzado dimensionado por la firma constructora INACI LTDA y recomendar las medidas de propendan por el adecuado comportamiento de la obra de contención.

3. ALCANCE

El diagnóstico tiene en cuenta análisis estáticos y dinámicos para la determinación de los empujes sobre el muro de contención, realizar la verificación del factor de seguridad al volcamiento, deslizamiento, excentricidades permitidas, comparación de valores de capacidad portante y distribución de presiones.

Los análisis realizados para la elaboración del presente diagnóstico no tienen en cuenta la estabilidad global, la cual debe ser modelada posteriormente con la geometría del muro recomendado finalmente y la inclinación máxima permitida del relleno, acorde con la estratigrafía y propiedades geomecánicas de los diferentes niveles que componen el modelo geotécnico del sector.

4. ANTECEDENTES

Los diseños originales fueron realizados por la firma INGETEC S. A., con los cuales se construyeron las obras en el año 2000. Posteriormente se diseño la complementación de las obras correspondiendo al mantenimiento, trabajos que fueron ejecutados por el Ingeniero VICTOR H. KUHN NARANJO.

Durante la construcción de las obras complementarias de estabilización se presentó una fuga de agua durante un tiempo prolongado, debido a la ruptura de una tubería de acueducto. La saturación del terreno causó la generación de grietas de tracción (Fotografía 1) y el hundimiento del terreno por el deslizamiento de una cuña de suelo tipo coluvión (Fotografía 2).

BOGOTÁ PARA VIVIR todos del mismo lado

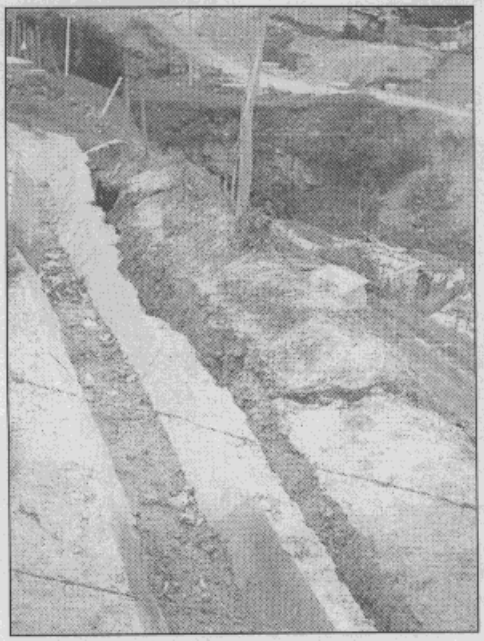
Diagonal 47 # 77B-09 Interior 11 PBX 4297414 al 19 Fax 4109014
Bogotá – Colombia
e-mail fopae@fopae.gov.co

ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C

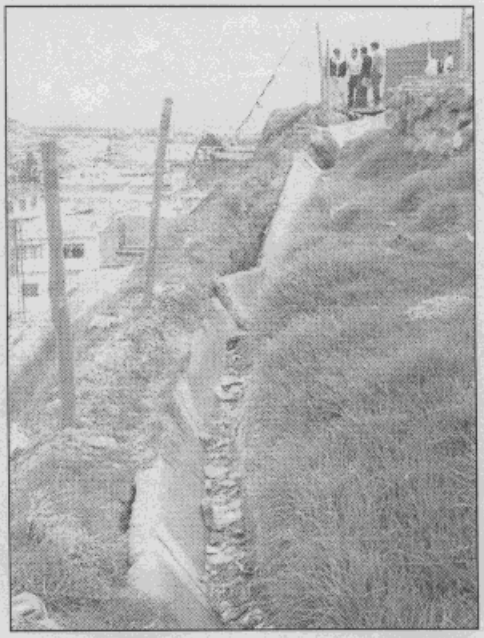
Secretaría
GOBIERNO

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Posteriormente se presentó la dislocación de la cuneta en un sector donde no se había realizado intervención alguna dentro del alcance contractual de INACI LTDA, pero se proyectaba implementar una protección superficial en piedra pegada (Zona 3 de los diseños del Ingeniero VÍCTOR H. HUHN NARANJO).



Fotografía 1 Grieta de tracción



Fotografía 2 Hundimiento por deslizamiento

Se realizó una visita de inspección el día 14 de Noviembre de 2003, con la participación del Ingeniero Héctor Parra por parte del diseñador, los Ingenieros Wilson Moreno y Orlando Hoyos por parte de la DPAE y los Ingenieros Residentes por parte del contratista de obra y la Interventoría de construcción.

5. DESCRIPCION GENERAL

La obra original construida en el año 2000 consistió en la reconformación y terraceo de un talud de 15.0 m de altura aproximadamente, estableciendo dos (2) bermas angostas intermedias, taludes con inclinación de 1.25H:1.00V y un muro de contención en gaviones ubicado en la base del talud.

Las obras de drenaje consistieron en una cuneta interceptora de concreto reforzado ubicada en la parte alta de la ladera paralela a la vía y que sirve de límite de la franja de aislamiento para las viviendas que se pretende proteger con la obra.

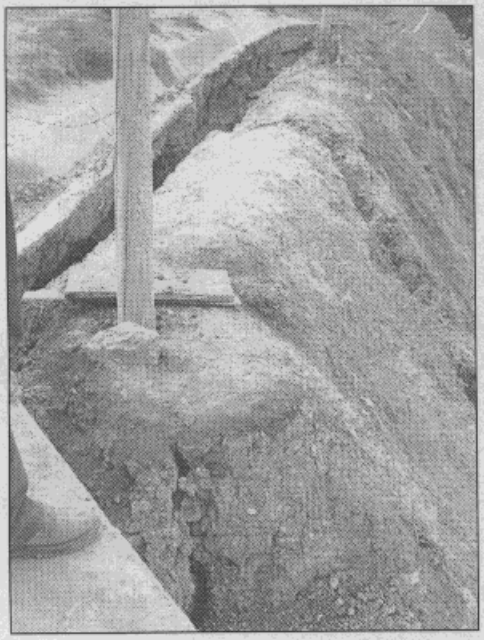
Debido a la fuga de agua de la tubería de acueducto ya mencionada y por las intensas lluvias antecedentes, se concentraron las aguas en la parte superior del talud tanto superficialmente como sub superficialmente,

BOGOTÁ PARA VIVIR todos del mismo lado

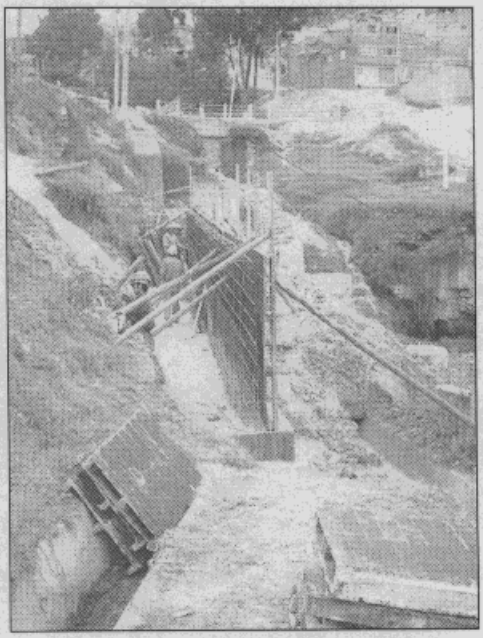
Diagonal 47 # 77B-09 Interior 11 PBX 4297414 al 19 Fax 4109014
Bogotá – Colombia
e-mail fopae@fopae.gov.co

produciendo la saturación de la cuña de suelo que constituye el talud entre la vía de la parte alta y la berma superior, con una altura aproximada de 6.5 m.

Las grietas de tracción progresaron hasta formar una superficie de falla en cuña (Fotografía 3), con un leve abultamiento del terreno a la altura de la berma superior. La longitud de la zona fallada es de 20.0 m aproximadamente y un volumen de la masa deslizada cercana a 400 m^3.



Fotografía 3 Vista del talud fallado



Fotografía 4 Construcción del muro en la Zona 4

En campo se recomendó por parte del grupo de expertos como medida de contingencia y de carácter temporal, acometer la descarga del talud de la zona fallada en una altura de 2.5 m para minimizar la posibilidad de activación total del deslizamiento (ver Anexo 6), teniendo en cuenta la seguridad que se requiere para implementar las obras de estabilización y que aún resta un tiempo importante de días con lluvia.

Otros daños observados fueron la dilatación de la placa de contrapiso contra el patio y los muros de fachada y agrietamientos en el muro de segundo piso en la parte frontal. Igualmente continúa el levantamiento de los acabados del piso de la terraza del segundo piso, la dilatación en las juntas de muros y fisuración de los dinteles de los marcos de las puertas.

Dadas las limitaciones de espacio, lo empinado del talud y la cercanía de las viviendas de la parte alta, se consideró que la obras más conveniente es un muro en voladizo y concreto reforzado como el que se construye en la Zona 4 (Fotografía 4).

BOGOTÁ PARA VIVIR
todos del mismo lado

Diagonal 47 # 77B-09 Interior 11 PBX 4297414 al 19 Fax 4109014
Bogotá – Colombia
e-mail fopae@fopae.gov.co

6. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL MURO DE CONTENCIÓN

Las dimensiones iniciales del muro de contención propuestas por INACI LTDA (Ver Anexo 1), son las que se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1 Dimensiones originales de INACI LTDA

Detalle del Muro	Dimensión (m)
Altura libre del vástago (a)	1.95
Altura de la zarpa (b)	0.45
Altura efectiva del muro (c = a + b)	2.40
Ancho del vástago (d)	0.35
Ancho de la zarpa ($e = e_1 + d + e_2$)	2.00
Ancho de la aleta delantera zarpa (e_1)	0.20
Ancho de la aleta trasera zarpa (e_2)	1.45
Altura del dentellón (f)	0.90

Con estas mismas dimensiones se modeló la estabilidad del muro de contención con relleno horizontal (Anexo 2), asumiendo un peso unitario del suelo de relleno de 2.0 ton/m^3, ángulo de fricción interna de 30.0°, ángulo de fricción entre el suelo y el respaldo del muro de 20.0°, coeficientes de aceleración horizontal de 0.250 g, coeficientes de aceleración vertical de 0.125 g y capacidad portante admisible de 10.0 ton/m^2. Con las anteriores condiciones el muro de contención tiene factores de seguridad satisfactorios, requiriendo llaves de acción pasiva ó dentellones.

Sin embargo, dada la cota a la cual se proyecta desplantar el muro y aún efectuando algún reemplazo, la inclinación del relleno no sería horizontal. De acuerdo con la formulación de ***Mononobe – Okabe***, el ángulo β del relleno respecto a la horizontal debe ser menor que la diferencia entre el ángulo de fricción interna (ϕ) y el ángulo equivalente debido al efecto dinámico (Ψ); Esto es $\beta < (\phi - \Psi)$, que para el caso de estudio $\beta < 14.1°$.

Con ésta condiciones y las dimensiones de INACI LTDA (ver Anexo 3), el muro no cumple con los factores de seguridad en condición dinámica contra el volcamiento, el deslizamiento (incluyendo el dentellón), la excentricidad calculada es mayor que la excentricidad máxima permitida y se aplican presiones mayores a la capacidad portante de suelo e incluso no toda el área de contacto de la zarpa se emplea (tracciones en el diagrama de distribución de presiones).

Ante esta situación existen dos alternativas; Modificar las dimensiones del muro propuestas por INACI LTDA para lograr que el muro cumpla con los requerimientos de estabilidad ó hallar el ángulo de inclinación máximo permitido del relleno, para que las dimensiones originales de INACI LTDA cumplan los criterios de estabilidad estática y dinámica.

Diagonal 47 # 77B-09 Interior 11 PBX 4297414 al 19 Fax 4109014
Bogotá – Colombia
e-mail fopae@fopae.gov.co

La primera alternativa modificando las dimensiones del muro de contención, hace que la geometría sea la presentada en la Tabla 2. Los resultados en términos de factores de seguridad para ésta alternativa se encuentran en el Anexo 4, siendo aceptables tanto para condiciones estáticas como dinámicas.

Tabla 2 Dimensiones modificadas

Detalle del Muro	Dimensión (m)
Altura libre del vástago (a)	1.95
Altura de la zarpa (b)	0.45
Altura efectiva del muro (c = a + b)	2.40
Ancho del vástago (d)	0.35
Ancho de la zarpa ($e = e_1 + d + e_2$)	2.20
Ancho de la aleta delantera zarpa (e_1)	0.40
Ancho de la aleta trasera zarpa (e_2)	1.45
Altura del dentellón (f)	1.10

La segunda alternativa es hallar el ángulo de inclinación del relleno máximo permitido para que las dimensiones de INACI LTDA cumplan los criterios de estabilidad estáticos y dinámicos. De acuerdo con la modelación realizada (ver Anexo 5), la inclinación para de un ángulo de 14.1° a un valor de $\beta = 10.5°$.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el análisis de sensibilidad se mantuvo constante la altura del muro, pero de acuerdo con la geometría del talud, necesariamente el relleno debe colocarse con algún grado de inclinación entre $10.5° < \beta < 14.1°$.

Debido a que una mayor altura del muro resultaría en un mayor volumen de concreto y por tanto costos muy superiores, se recomienda mantener el muro en 2.4 m de altura con las dimensiones modificadas (Tabla 2), localizando en la sección transversal el muro (tanto en abscisa como en cota), talque el relleno tenga una inclinación menor ó igual a $\beta \leq 14.1°$.

De acuerdo con las investigación del subsuelo, el espesor de reemplazo es de aproximadamente 0.90 m (suelo - cemento), por lo cual el dentellón penetrará en una profundidad de 0.20 m en el estrato competente ya que su altura toral es de 1.10 m.

Complementariamente se debe implementar la protección superficial del relleno del respaldo del muro, para lo cual se sugiere la alternativa de empradización. Igualmente se deberán implementar las obras de drenaje (restituir la cuneta) y sub - drenaje (filtros y material granular al respaldo del muro).

Para la alternativa recomendada se debe verificar la estabilidad global del talud, incluyendo en muro de contención proyectado en voladizo y concreto reforzado, así como el muro de contención existente en

BOGOTÁ PARA VIVIR todos del mismo lado

Diagonal 47 # 77B-09 Interior 11 PBX 4297414 al 19 Fax 4109014
Bogotá – Colombia
e-mail fopae@fopae.gov.co

ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C

Secretaría
GOBIERNO

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

gaviones que se encuentra en la parte baja. Igualmente debe hacerse el diseño del refuerzo por parte de un especialista en estructuras.

La implementación de esta u otra alternativa de estabilización es urgente, debido a que la reducción del confinamiento de la ladera puede generar desplazamientos y/o relajación de esfuerzos que deriven en nuevas rupturas de las redes y se magnifique el fenómeno de inestabilidad actual. De escoger la opción del muro de contención, la solución debe aplicar para una longitud de por lo menos 25.0 m, para evitar que se inestabilicen los sectores adyacentes al deslizamiento.

Las conclusiones y recomendaciones del presente diagnóstico están basadas en las características externas, por lo tanto, pueden presentarse situaciones no previstas que se escapan de su alcance.

NOMBRE: EDSON ORLANDO HOYOS CERÓN
PROFESIÓN: INGENIERO CIVIL
MATRICULA: 25202 - 63206 CND
Vo. Bo.:

ING. JAVIER PAVA SANCHEZ
COORDINADOR TÉCNICO

Diagonal 47 # 77B-09 Interior 11 PBX 4297414 al 19 Fax 4109014
Bogotá – Colombia
e-mail fopae@fopae.gov.co