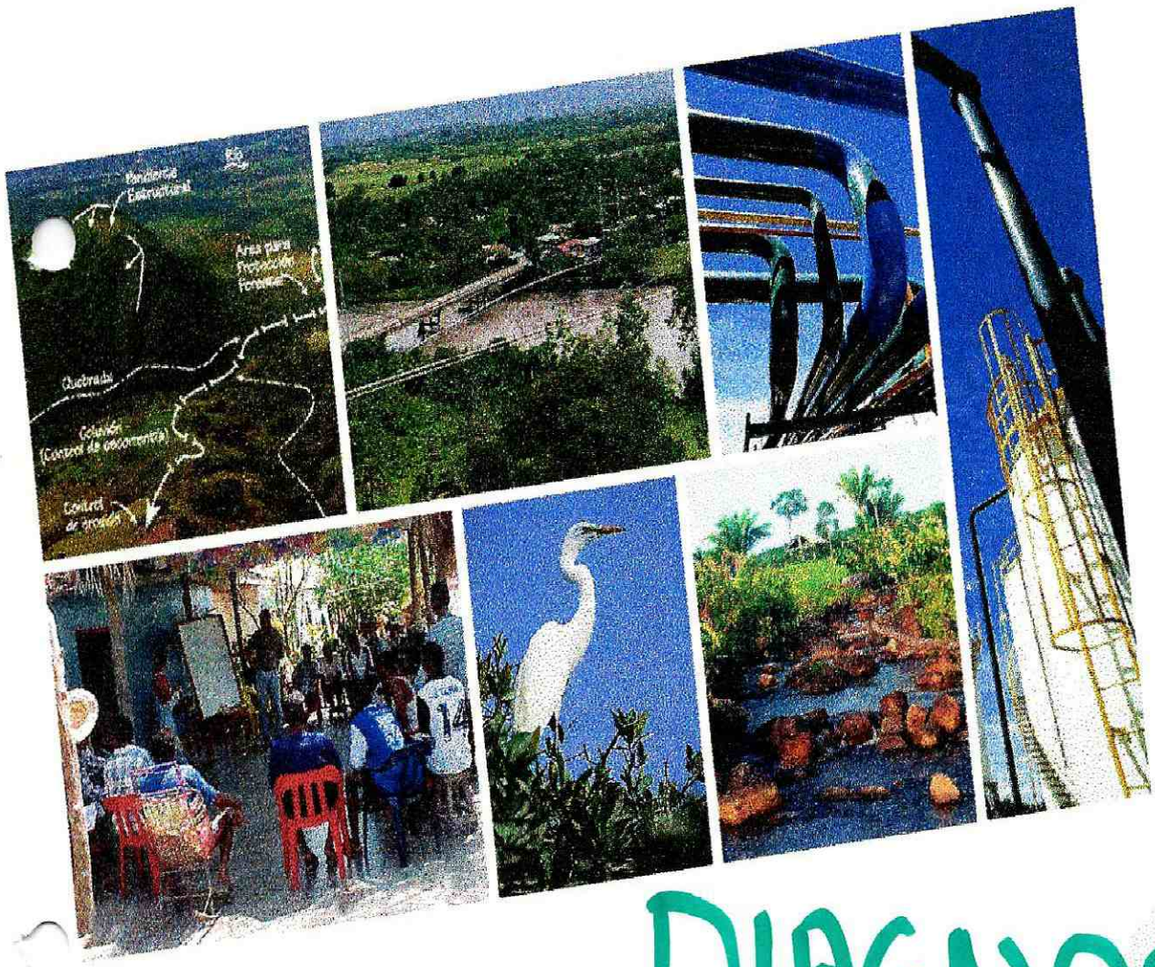
DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS
DE BOGOTA D. C.

000

DIAGNOSTICO TECNICO Y MEDIDAS CORRECTIVA
CARRERA 6 A CON CALLE 53 SUR - QUEBRADA CH
BARRIO ABRAHAM LINCOLN - LOCALIDAD RAFAEL URIBE



DIAGNOSTIC
Nº 1289

GEOINGENIERIA LTDA

BOGOTA, D. C. SEPTIEMBRE

DIAGNOSTICO TECNICO

CONTRATO DE CONSULTORIA No. CCS-133/2001
GEOINGENIERIA LTDA
GI-736-7

FECHA DE LA VISITA: 1 y 10 de Agosto de 2.001

DIRECCION: Qda. Chiguaza. Tramo paralelo a la Carrera 6A con Calle 53 Sur
BARRIO ABRAHAM LINCOLN - LOCALIDAD RAFAEL URIBE URIBE

AREA DE ANALISIS		PERSONAL QUE ASISTIO A LA VISITA
CONCEPTO TECNICO	X	**DPAE** - Ing. Diana Arevalo
DISEÑO DE MEDIDAS CORRECTIVAS	X	**GEOINGENIERIA** - Ing. Geotecnista: Nubia R. Barragán. - Ing. Civil: Héctor García Perdomo

DESCRIPCION DEL PROBLEMA

Descripción del sitio:

El área en estudio corresponde a la margen derecha de la quebrada Chiguaza, aguas abajo del puente sobre la Av. Caracas, donde por sectores se encuentran fenómenos de remoción debidos a la socavación lateral que presenta el cauce; los tramos que se encuentran estables corresponden aquellos que se han protegido con muros en concreto ciclópeo o en gaviones, o a aquellos que son rectos, presentan taludes algo inclinados (aproximadamente 1H:1V) y están revegetalizados.

Específicamente el tramo de interés está localizado en el Barrio Abraham Lincoln y es paralelo a la carrera 6A con calle 53 sur, tiene una longitud de aproximadamente 8.5 m; y se encuentra ubicado entre un muro en concreto ciclópeo aguas arriba y por un muro en gaviones aguas abajo. Dicho sector corresponde al lado externo de una curva de la quebrada, lo que ha facilitado los procesos de socavación lateral en los materiales arcillo limosos que se encuentran en el cauce, generando a su vez movimientos de remoción en masa sobre la margen de la quebrada, que han involucrado parte de la vía que va paralela al caño y que sirve de acceso a las viviendas ubicadas al frente del mismo.

Desde la pata del talud que conforma la margen afectada hacia la vía, el movimiento ha afectado una franja de 4 m de ancho, en una altura de 3.60 m desde el fondo de la quebrada. Parte del material que se ha movido se ha ido depositado en el fondo de la quebrada y el resto se mantiene suspendido por las raíces de un pino que se encuentra ubicado en uno de los bloques que está próximo a desprenderse. El primer metro en superficie se encuentra conformado por un relleno constituido por escombros de construcción y basura. Adicionalmente vale la pena mencionar que en el tramo estudiado, la margen afectada cuenta con una inclinación muy cercana a la vertical

La margen izquierda de la quebrada en el área de estudio que está delimitando el predio correspondiente al batallón de artillería, se encuentra en mejores condiciones de estabilidad que la margen derecha y se caracteriza por tener una inclinación cercana a los 45° y estar empradizada. Solo en un sector, aguas abajo del sitio de interés, perfilaron el talud para retirar el material suelto y lo dejaron sin cobertura vegetal y con una inclinación mayor a la promedio; esta condición ha permitido que los materiales limo arcillosos y arcillo limosos que conformen la margen se estén erosionando y agrietando.

En el registro fotográfico presentado en el **Anexo** I, se observan las condiciones actuales del sitio y los tipos de materiales que conforman la margen de la quebrada.

El barrio Abraham Lincoln está localizado muy próximo al núcleo del sinclinal de Usme-Tunjuelito, por el costado occidental; sobre una topografía plana que corresponde a un depósito aluvial formado por la actividad fluvial del río Bogotá, él cual está conformado por materiales arcillo limosos y limo arcillosos.

CARACTERISTICAS GEOLÓGICAS, GEOTÉCNICAS E HIDRÁULICAS DEL AREA AFECTADA

El barrio Abraham Lincoln está localizado muy próximo al núcleo del sinclinal de Usme-Tunjuelito, por el costado occidental; sobre una topografía plana que corresponde a un depósito aluvial formado por la actividad fluvial del río Bogotá, él cual está conformado por materiales arcillolimosos y limoarcillosos.

Con el fin de conocer las características geotécnicas de los materiales involucrados en el deslizamiento de la margen derecha de la quebrada, en el sitio que es objeto del presente estudio, se realizó la exploración del subsuelo y ensayos de laboratorio. La exploración del subsuelo consistió en dos perforaciones manuales de 5 m profundidad cada una, con ensayos de penetración estándar y veleta de campo; y toma de muestras con cuchara partida. A las muestras más representativas de cada perforación se les realizó ensayos de humedad natural, límites de Atterberg, peso unitario, lavado sobre tamiz No.200 y compresión inconfinada; cuyos resultados se presentan en el **Anexo II**.

Las perforaciones se localizaron al extremo oriental y occidental del tramo afectado, tal como se observa en el **Plano 1**. Mientras que los resultados de la exploración del subsuelo y de los ensayos de laboratorio se muestran en los registros estratigráficos presentados en el **Anexo III** "Exploración del Subsuelo".

A continuación se describen las características más importantes de los materiales encontrados en el sector afectado de la margen derecha de la quebrada Chiguaza:

- Placa en concreto muy agrietada, con un espesor promedio de 15 cm.

- Relleno. Conformado por escombros de construcción y basura; con espesores entre 1.30 m (0.15-1.45) y 0.90 m (0.15-1.05), para las perforaciones 1 y 2 respectivamente.

- Limos arcillosos. De color café claro, con vetas grises rojizas por oxidación, fisurado y de consistencia media a semidura. Con espesores entre 1.0 m (1.45-2.45) y 0.45 m (1.05-1.50), para las perforaciones 1 y 2 respectivamente.

- Arcillas limosas. De color café claro y gris, con vetas rojizas por oxidación, de consistencia media a semidura. Con un espesor promedio de 1.5 m, (2.45-4.0, para la perforación 1; y 1.50-3.15, para la perforación 2). En la perforación 1 se encontró entre 3.55 y 4.0 m, una capa muy delgada de materia orgánica de color negro; y en la perforación 2 se observaron grietas en los primeros 40 cm del estrato.

- Arcillas. De color gris claro o habano, con vetas amarillas rojizas por oxidación y con espesores entre 1.5 m (4.0-5.5) y 1.0 m (3.15-4.15), en las perforaciones 1 y 2 respectivamente. De consistencia media a semidura.

- Arcilla. De color gris claro, con vetas rojizas por oxidación y de consistencia muy blanda a media. Se encontró en la perforación, 2 entre 4.15 y 4.55 m de profundidad.

- Lente de arena arcillosa, suelta y muy saturada; de 0.65 m de espesor. Se encontró en la perforación 2, entre 4.55 y 5.20 m de profundidad.

- Arcilla. De color gris oscuro, de consistencia media. Se encontró en la perforación 2, entre 5.20 y 5.6 m de profundidad.

Teniendo en cuenta que el nivel freático se encontró a una profundidad de 4.40 m en la perforación 2 y de acuerdo a la descripción realizada anteriormente de los materiales, se deduce que en el tramo en estudio la resistencia al corte de los materiales disminuye con la presencia de aguas subterráneas, de aguas arriba hacia aguas abajo, a partir de los 4.1 m de profundidad, en promedio.

Con el fin de verificar la estabilidad del muro en concreto ciclópeo que se planteó para la reconformación de la margen en el sitio de estudio, se realizó un análisis de estabilidad en cada extremo del sector afectado; para cada punto evaluado se utilizó la información correspondiente de las perforaciones y ensayos de laboratorio. La sección 1 del análisis corresponde al extremo oriental, mientras que la sección 2 al extremo occidental, tal como se indica en el **Plano 2**.

Para los análisis de estabilidad se dejó como un solo estrato el limo arcilloso y la arcilla limosa, teniendo en cuenta que la consistencia, resistencia al corte y peso unitario, es similar en los dos estratos. Los valores de peso unitario y cohesión utilizados para todos los materiales se obtuvieron de los resultados de ensayos de laboratorio y de campo, mientras que el ángulo de fricción corresponde al valor característico de cada material. Con el fin de determinar el valor de resistencia al corte no drenada a utilizar, se tomó como criterio utilizar el menor valor de los ensayos realizados; excepto para el estrato arcilloso localizado en el fondo de la perforación dos, ya que el valor obtenido en el ensayo de compresión inconfinada difiere mucho del que se obtiene al hacer la correlación con el ensayo de SPT, por tal motivo se tomó este último. La correlación utilizada entre el SPT y Cu, corresponde a la formulada por Terzagui y Peck, 1948.

CARACTERISTICAS GEOLÓGICAS, GEOTÉCNICAS E HIDRÁULICAS DEL AREA AFECTADA

Como se desconoce el nivel freático, para los análisis se consideró una saturación del 85% en los materiales que se encuentran por debajo del nivel de la quebrada, excepto para el lente de arena que se tomó del 100%; para los demás materiales se consideró una saturación entre 5 y 60 % dependiendo de la distancia entre la capa y el nivel de la quebrada.

Los resultados obtenidos en los análisis de estabilidad corresponden a una condición dinámica, considerando una aceleración horizontal de 0.2g. Para la sección 1 (aguas arriba) se obtuvo un factor de seguridad de 2.01 y para la sección 2 (aguas abajo) de 1.22. Ver las Figuras presentadas en el **Anexo IV** de Análisis de Estabilidad.

Lo que hace referencia a los estudios hidráulicos y de socavación, de la quebrada Chiguaza, se presentan en el **Anexo V.**

AGENTES DETONANTES DEL PROBLEMA	AGENTES CONTRIBUYENTES AL PROBLEMA
Se ha detectado como el principal agente, la socavación lateral que ejerce el cauce sobre la margen derecha.	El talud casi vertical, la consistencia de los materiales que allí reposan relativamente baja, y la presencia de una carga sobre la corona del talud (pino) contribuyeron a que se generara el fenómeno de inestabilidad. La restricción del ancho del cauce por la presencia de estos materiales favorece la socavación.
INFRAESTRUCTURA AFECTADA	**RIESGOS ASOCIADOS**
En la actualidad no existen obras de infraestructura afectadas por el deslizamiento salvo la cerca que protege la ronda de la quebrada.	Al fallar el talud se podría generar un fenómeno de fallas retrogresivas que podrían llegar a afectar, en principio la vía y finalmente las viviendas vecinas.

CONCLUSIONES

De la evaluación geotécnica e hidráulica realizada se concluye:

1 - En el tramo en estudio la resistencia al corte de los materiales disminuye con la presencia de aguas subterráneas, de aguas arriba hacia aguas abajo, a partir de los 4.1 m de profundidad, en promedio. En general, la consistencia de los materiales que allí reposan es de media a baja.

2 - El problema de inestabilidad se generó fundamentalmente por efectos de la socavación lateral de la quebrada sobre la margen derecha.

3 - Los problemas de inestabilidad se repiten en los tramos de las márgenes de la quebrada que no están protegidas, y que presentan pendientes superiores a 45º.

4 - La margen izquierda de la quebrada se encuentra en mejores condiciones de estabilidad que la izquierda, ya que se encuentra con taludes más "suaves", revegetalizados y la dinámica fluvial de la quebrada no lo afecta.

5 - Para un período de retorno de 20 años la socavación en la quebrada alcanzaría una profundidad de 0.98 m de acuerdo al método de Ordoñez, el cual es más aplicable de acuerdo a las condiciones del sitio en estudio.

6- Se debe recuperar el talud del sitio en estudio, mediante el retiro de materiales sueltos y la protección de la margen para evitar que el fenómeno de socavación lateral siga prosperando hasta afectar las viviendas vecinas.

7 - Se debe contrarestar el fenómeno de socavación en el lecho mediante la conformación de una escollera, para evitar que la estructura de protección lateral no se quede sin fundación posteriormente.

RECOMENDACIONES

Con base en la inspección realizada en el sitio y los análisis realizados se dan las siguientes recomendaciones:

1 - Se deberá retirar el alambre de púas, el pino, el material suelto del deslizamiento y perfilar el terreno para poder dar inicio a la construcción de las obras.

2 - Construir un muro en concreto ciclópeo contra la margen derecha de la quebrada con una longitud de 8.5 m y una altura de 5.20 m, para que su nivel de cimentación quede como mínimo a un metro de profundidad con respecto al nivel del lecho actual.

3 - Para evitar las sobrepresiones del agua subsuperficial sobre el muro, se recomienda construir unos pases en tubería de PVC de 2" de diámetro, según se indica en el **Plano 2**.

4 - Si la arcilla denominada Suelo "S8" en las convenciones temáticas del **Plano No.2**, presenta condiciones de resistencia diferentes a las identificadas en la perforación No.2 se tendrá que verificar el nivel de cimentación del muro. Por ningún motivo se deberá cimentar el muro sobre los estratos "S6 o S7" (Ver **Convenciones Temáticas Plano No.2**)

5 - Reconformar el nivel del talud original detrás del muro en concreto ciclópeo, mediante un relleno granular, él cual debe quedar compactado al 90% del Proctor Modificado como mínimo.

6 - Reconstruir el cerco de alambre de púas que protege la ronda de la quebrada, reutilizando los postes en concreto existentes, pues están en buen estado.

7 - Retirar la placa deteriorada en concreto simple, de 0.15 m de espesor, que conforma la superficie de la vía paralela a la quebrada; y reemplazarla por una capa de recebo del mismo espesor compactado al 95% del Proctor Modificado como mínimo. Darle continuidad al andén en la "Zona Dura" mediante la construcción de una placa en concreto simple de 2500 psi (Ver ***Plano No. 2***).

8 - Para contrarestar la socavación del lecho de la quebrada y proteger la cimentación del muro, se deberá conformar una escollera en piedra rajoniada con la granulometría indicada en el Plano 2; la cual debe tener una longitud de 16.5 m, contemplando un tramo de 4 m aguas arriba y aguas abajo del muro. **(Ver Plano 2)**

9 - La escollera debe quedar conformada con un espesor de 60 cm desde el nivel actual del lecho hacia abajo, con el fin de que no se genere socavación aguas arriba o aguas abajo del muro, por el cambio de material en el fondo de la quebrada. Adicionalmente se deberá dejar un geotextil no tejido por debajo de la escollera para evitar el lavado de finos en el suelo subyacente.

10 - La escollera se debe conformar en todo el ancho del cauce, sin cambiar la sección hidráulica; y su construcción debe hacerse antes de retirar el material suelto para fundir el muro, en tramos de tres metros en el sentido longitudinal.

11 - Se recomienda remplazar el pino existente por dos especies nativas ALISO (Alnus acuminata), teniendo en cuenta que mantener viva dicha planta durante las obras resultaría muy costoso y además no se garantizaría su conservación. Para la siembra de los nuevos árboles se requiere la conformación de dos celdas circulares de un metro de diámetro y un metro de profundidad, en el relleno de recebo detrás del muro, separadas 3.50 m de centro a centro; en dichas celdas se deberá colocar tierra negra que contenga 1.0 kg de cal viva por cada m^3 (ver **Plano No.**2). Se recomienda adicionalmente tener en cuenta los Lineamientos Básicos para la Elaboración del Diseño, Plantación y Mantenimiento de la Arborización Urbana en Bogotá D.C. expedida por el Jardín Botánico José Celestino Mutis (1999).

La localización y los detalles correspondientes a las obras recomendadas se indican en el **Plano 2,** mientras que las cantidades de obra, el presupuesto y cronograma se presentan en las **Tablas 1 y 2** y en la **Figura 1.**

LIMITACIONES

Los resultados, diseños y recomendaciones incluidos en el presente concepto se realizaron para una situación de emergencia y están basados en las observaciones realizadas durante la visita al sitio llevada a cabo los días 1 y 10 de agosto de 2001, y en la investigación del subsuelo que se llevó a cabo para la realización del diagnóstico. Si por alguna circunstancia las condiciones aquí descritas y que sirvieron de base para establecer las medidas y acciones a aplicar, no coinciden con las encontradas durante las obras, se deberá consultar con un Ingeniero Geotecnista con el fin de realizar los ajustes y modificaciones que sean del caso. Igualmente, si se introducen cambios en los diseños durante la construcción, estos se deberán notificar al diseñador para su verificación.

No se contó con una sección topográfica precisa del sitio para los cálculos hidráulicos y de análisis de estabilidad, debido a que en el batallón de artillería no permitieron realizar las labores de topografía correspondientes en la margen izquierda de la quebrada. Por tanto dicha sección se obtuvo correlacionando la topografía tomada y las observaciones hechas en campo.

Hubo dificultad para obtener material del lecho, por lo que fue necesario recurrir a las observaciones de campo para determinar su granulometría.

La falta de información hidrométrica en el sector de estudio no permitió conocer con medidas directas los caudales de creciente en el sector aledaño a la Escuela de Artillería, Sólo se contó con la información de una estación en la parte alta de la cuenca, perteneciente a la EAAB la cual no arroja registros aplicables al estudio.

ELABORO GEOINGENIERIA LTDA		APROBADO DPAE
Ing. Nubia Rocío Barragán		
Ing. Andrés Torres		
Ing. Héctor García Perdomo		

PRESUPUESTO, CANTIDADES DE OBRA Y CRONOGRAMA

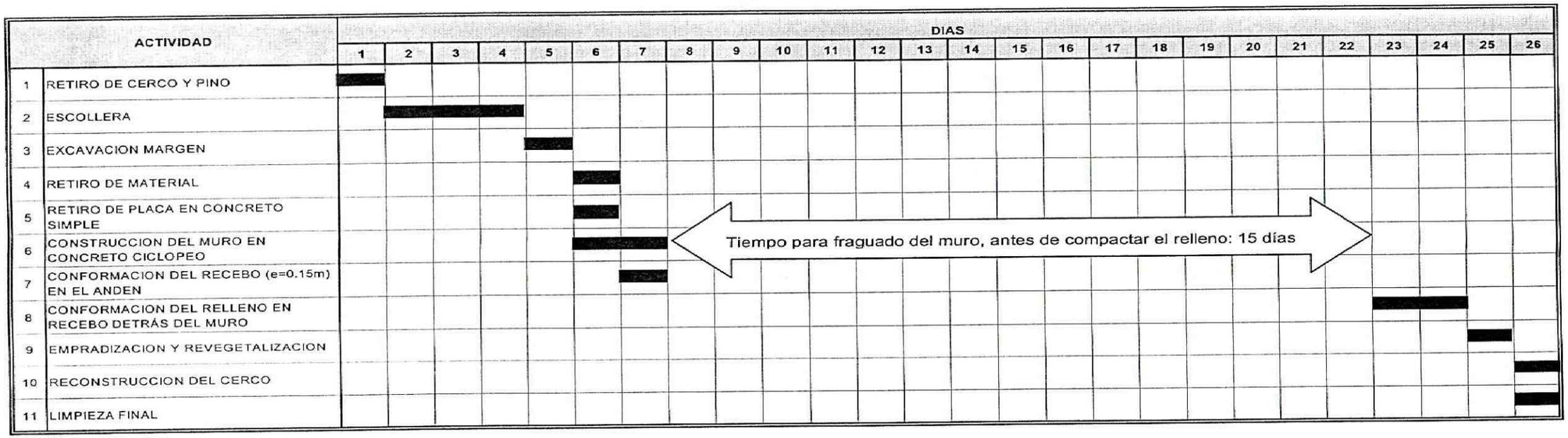
FIGURA No.1 - CRONOGRAMA

DIAGNOSTICO GEOTECNICO

MEDIDAS CORRECTIVAS A REALIZAR EN LA QDA. CHIGUAZA

SECTOR PARALELO A LA Carrera 6A CON Calle 53 Sur

BARRIO ABRAHAM LINCOLN - LOCALIDAD RAFAEL URIBE URIBE



8U000

TABLA 2
PRESUPUESTO ESTIMADO DE EJECUCION DE MEDIDAS CORRECTIVAS

DIAGNOSTICO GEOTECNICO
MEDIDAS CORRECTIVAS A REALIZAR EN LA QDA. CHIGUAZA
SECTOR PARALELO A LA Carrera 6A CON Calle 53 Sur
BARRIO ABRAHAM LINCOLN

	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	**EXCAVACION GENERAL SIN RETIRO.**	**m³**	172.6	$8,500	$1,467,100
2	**RETIRO DE MATERIAL DE EXCAVACION (Expansión del 25%)**	**m³**	215.8	$11,000	$2,373,800
3	**RETIRO DE PLACAS EN CONCRETO**	**m³**	7.7	$11,000	$84,700
4	**CONCRETO CICLOPEO**	**m³**	54.4	$220,000	$11,968,000
5	**TUBERIA PVC SANITARIAϕ2 "**	**ml**	13.0	$6,500	$84,500
6	**REVEGETALIZACION**				
6.1	EMPRADIZACION CON CESPEDONES	**m²**	24.0	$3,500	$84,000
6.2	PLANTAR NUEVOS ARBOLES (Hmin= 1.0 m)	**un**	2.0	$10,000	$20,000
7	**RECEBO**				
7.1	RELLENO DETRÁS DEL MURO EN CONCRETO CICLOPEO (90% P.M.)	**m³**	58.8	$22,000	$1,293,600
7.2	CONFORMACION DE VIA (e=0.15m - 95% P.M.)	**m³**	6.2	$24,000	$148,800
8	**CONCRETO 2500 PSI**	**m³**	1.4	$262,000	$366,800
9	**TIERRA NEGRA**	**m³**	1.6	$45,000	$72,000
10	**CAL VIVA**	**Kg**	1.6	$1,500	$2,400
11	**GEOTEXTIL NT 4000 - PAVCO**	**m²**	99.0	$2,850	$282,150
12	**PIEDRA RAJONIADA**	**m²**	59.4	$25,000	$1,485,000
13	**ALMABRE DE PUAS CALIBRE No. 12**	**ml**	148.5	$250	$37,125
	SUBTOTAL				**$19,769,975**
	AIU (22%)				**$4,349,395**
	IVA (15% del 5% del SUBTOTAL)				**$148,275**
	TOTAL				**$24,267,644**

6000000

TABLA 1
CANTIDADES DE OBRA

DIAGNOSTICO GEOTECNICO
MEDIDAS CORRECTIVAS A REALIZAR EN LA QDA. CHIGUAZA
SECTOR PARALELO A LA Carrera 6A CON Calle 53 Sur
BARRIO ABRAHAM LINCOLN

	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD
1	**EXCAVACION GENERAL SIN RETIRO.**		
1.1	MURO EN CONCRETO CICLOPEO	m^3	111.6
1.2	CELDAS PARA ARBOLES	m^3	1.6
1.3	ESCOLLERA	m^3	59.4
2	**RETIRO DE MATERIAL DE EXCAVACION (Expansión del 25%)**	m^3	215.8
3	**RETIRO DE PLACAS EN CONCRETO**	m^3	7.7
4	**CONCRETO CICLOPEO**		
4.1	MURO	m^3	54.4
5	**TUBERIA PVC SANITARIAϕ2 "**		
5.1	PASES EN MURO DE CONCRETO	ml	13.0
6	**REVEGETALIZACION**		
6.1	EMPRADIZACION CON CESPEDONES	m^2	24.0
6.2	PLANTAR NUEVOS ARBOLES (Hmin= 1.0 m)	un	2.0
7	**RECEBO**		
7	RELLENO DETRÁS DEL MURO EN CONCRETO CICLOPEO (90% P.M.)	m^3	58.8
7.2	CONFORMACION DE VIA (e=0.15m - 95% P.M.)	m^3	6.2
8	**CONCRETO 2500 PSI**		
8.1	CONFORMACION DE ANDEN (e=0.15m)	m^3	1.4
9	**TIERRA NEGRA**		
9.1	CELDAS PARA ARBOLES	m^3	1.6
10	**CAL VIVA**		
10.1	CELDAS PARA ARBOLES	Kg	1.6
11	**GEOTEXTIL NT 4000 - PAVCO**		
11.1	ESCOLLERA	m^2	99.0
12	**PIEDRA RAJONIADA**		
12.1	ESCOLLERA	m^3	59.4
13	**ALMABRE DE PUAS CALIBRE No. 12**		
13.1	CERCO DE PROTECCION DE LA RONDA DE LA QUEBRADA	ml	148.5

ANEXO I

REGISTRO FOTOGRAFICO

REGISTRO FOTOGRAFICO

QUEBRADA CHIGUAZA SECTOR PARALELO
UBICADO EN LA CARRERA 6A CON CALLE 53 SUR
BARRIO ABRAHAM LINCOLN



FOTOGRAFIA 1

LA CAPA SUPERIOR SE CARACTERIZA POR ESTAR COMPUESTA DE BASURA Y DESECHOS DE CONSTRUCCION



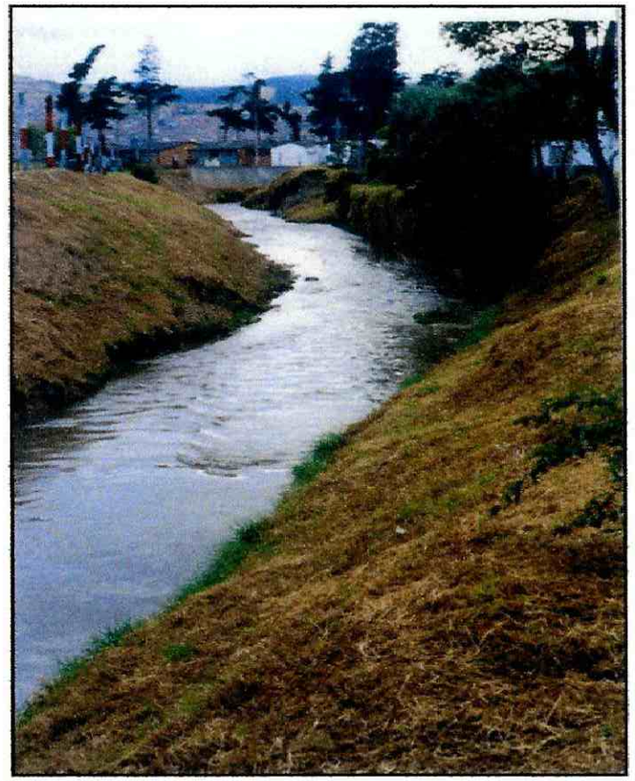
FOTOGRAFIA 2

CABECEO DEL PINO Y ESTADO ACTUAL DEL DESLIZAMIENTO PRODUCTO DE LA SOCAVACION LATERAL DE LA QUEBRADA CHIGUAZA SOBRE LA MARGEN DERECHA



FOTOGRAFIA 3

MURO EN GAVIONES CONSTRUIDO INMEDIATAMENTE AGUAS ABAJO DEL SITIO OBJETO DEL ESTUDIO. LA MARGEN IZQUIERDA DE LA QUEBRADA NO PRESENTA PROBLEMAS DE INESTABILIDAD EN ESTE TRAMO; ADEMAS ESTA EMPRADIZADA Y TIENE UNA PENDIENTE APROXIMADA DE 45°



FOTOGRAFIA 4

EN ESTA VISTA AGUAS ABAJO DEL SITIO OBJETO DEL PRESENTE ESTUDIO, SE OBSERVA LA PRESENCIA DEL MISMO FENOMENO SOBRE LA MARGEN DERECHA: SOCAVACION LATERAL Y DESLIZAMIENTOS PUNTUALES



FOTOGRAFIA 5

LOS DESLIZAMIENTOS PUNTUALES SE GENERAN EN EL RADIO EXTERNO DE LA CURVA DE LA QUEBRADA. LOS MATERIALES SE CARACTERIZAN POR SER LIMO ARCILLOSOS, ARCILLO LIMOSOS DE BAJA CONSISTENCIA CON ALGUNAS INTERCALACIONES DE LENTES SUELTOS Y DELGADOS DE ARENA



FOTOGRAFIA 6

ASPECTO DE LA ARCILLA ALGO LIMOSA DE CONSISTENCIA MEDIA A SEMIDURA Y CON INTERCALACIONES MUY PEQUEÑAS DE MATERIAL ORGANICO (COLOR NEGRO) ENTRE 4.0 Y 3.5 m

ANEXO II

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

PROYECTO: GI-736 -7 -DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y MEDIAS CORRECTIVAS
DIRECCION: BARRIO ABRAHAM LINCONL
FECHA : AGOSTO 17 DE 2.001

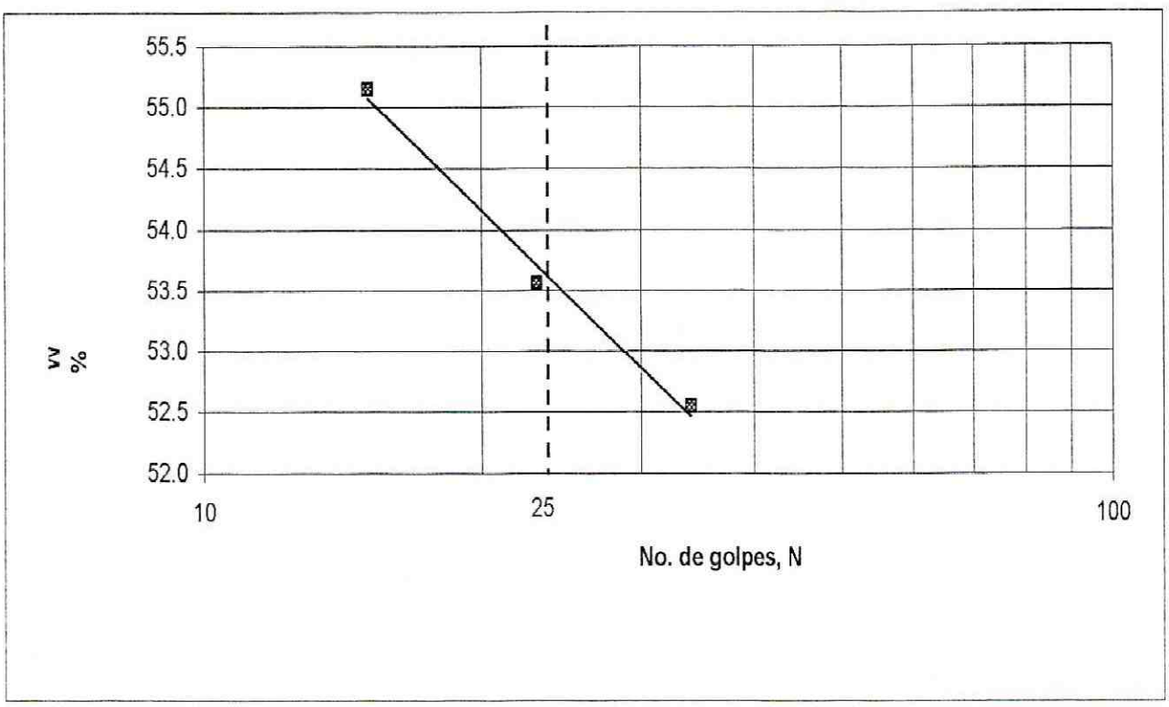
PERFORACIÓN : P -1
MUESTRA : 1
Profundidad : 1.50 - 1.95 mts

LIMITES DE ATTERBERG

ARCILLA CAFÉ CLARA CON VETAS DE ÓXIDO Rp = 3.90 Kg/cm^2

LIMITE LIQUIDO

ENSAYO No.						
Lata No		11	120	128		
Peso suelo húmedo + lata	(gr)	33.38	34.50	36.14		
Peso suelo seco + lata	(gr)	26.16	26.76	27.68		
Peso de lata	(gr)	12.42	12.31	12.34		
Contenido de humedad	(%)	**52.5**	**53.6**	**55.1**		
Número de golpes	(N)	**34**	**23**	**15**		



LIMITE PLASTICO

HUMEDAD NATURAL

Ensayo No						
Lata No		1	63		125	
Peso suelo húmedo + lata	(gr)	23.80	23.94		72.18	
Peso suelo seco + lata	(gr)	21.78	21.92		60.36	
Peso de lata	(gr)	11.75	11.95		12.50	
Contenido de humedad	(%)	**20.1**	**20.3**		**24.7**	

Humedad Natural =	24.7 %
Límite Líquido =	53.6 %
Límite Plástico =	20.2 %
Indice de plasticidad=	33.4 %
Indice de liquidez=	13.5 %
Clasificación USC	CL

Peso suelo seco	
Peso suelo retenido	
% retenido	
% PASA T-200	

PROYECTO: GI-736 -7 -DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y MEDIAS CORRECTIVAS
DIRECCION: BARRIO ABRAHAM LINCONL
FECHA : AGOSTO 17 DE 2.001

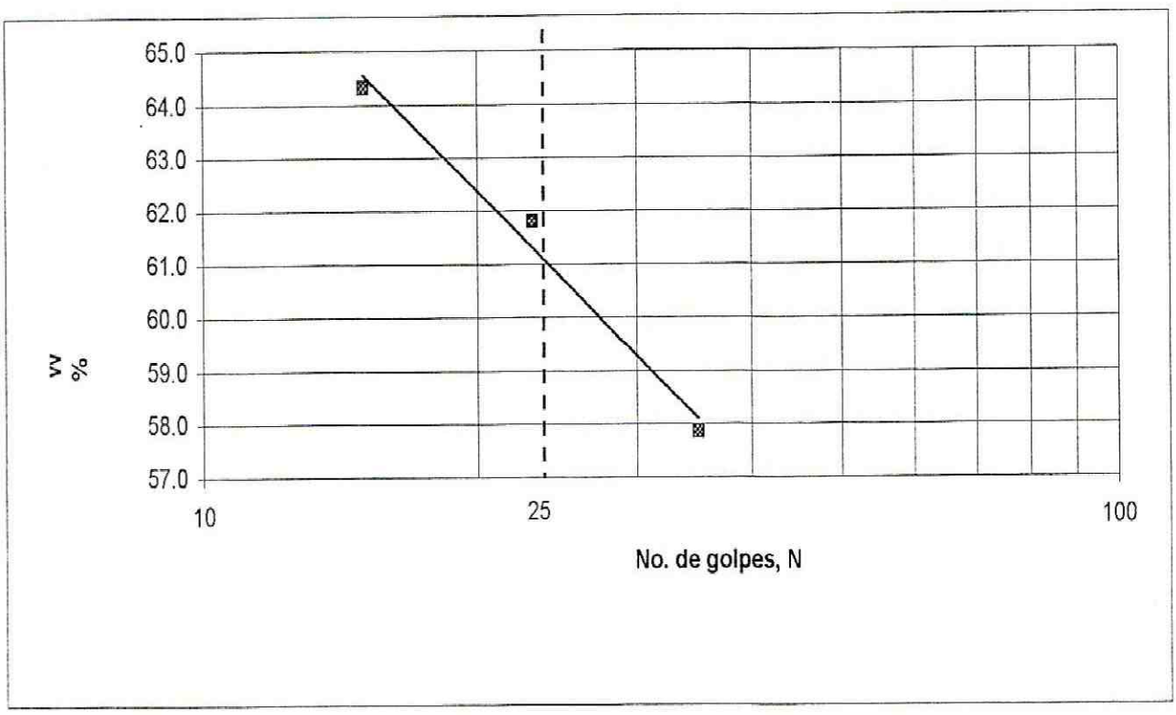
PERFORACIÓN : P -1
MUESTRA : 3
Profundidad : 2.50 - 2.95 mts

LIMITES DE ATTERBERG

ARCILLA CAFÉ CLARA CON VETAS GRISES CLARAS Y VETAS DE ÓXIDO Rp = 2.75 Kg/cm^2

LIMITE LIQUIDO

ENSAYO No.						
Lata No		81	110	126		
Peso suelo húmedo + lata	(gr)	36.94	37.54	33.74		
Peso suelo seco + lata	(gr)	28.08	27.98	25.37		
Peso de lata	(gr)	12.77	12.51	12.36		
Contenido de humedad	(%)	**57.9**	**61.8**	**64.3**		
Número de golpes	(N)	**35**	**23**	**15**		



LIMITE PLASTICO

HUMEDAD NATURAL

Ensayo No						
Lata No		92	124		93	
Peso suelo húmedo + lata	(gr)	24.12	24.58		75.28	
Peso suelo seco + lata	(gr)	21.56	21.95		58.84	
Peso de lata	(gr)	12.57	12.63		12.66	
Contenido de humedad	(%)	**28.5**	**28.2**		**35.6**	

Humedad Natural =	35.6 %
Límite Líquido =	61.0 %
Límite Plástico =	28.3 %
Indice de plasticidad=	32.7 %
Indice de liquidez=	22.2 %
Clasificación USC	CH

Peso suelo seco	
Peso suelo retenido	
% retenido	
% PASA T-200	

PROYECTO: GI-736 -7 -DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y MEDIAS CORRECTIVAS
DIRECCION: BARRIO ABRAHAM LINCONL
FECHA : AGOSTO 17 DE 2.001

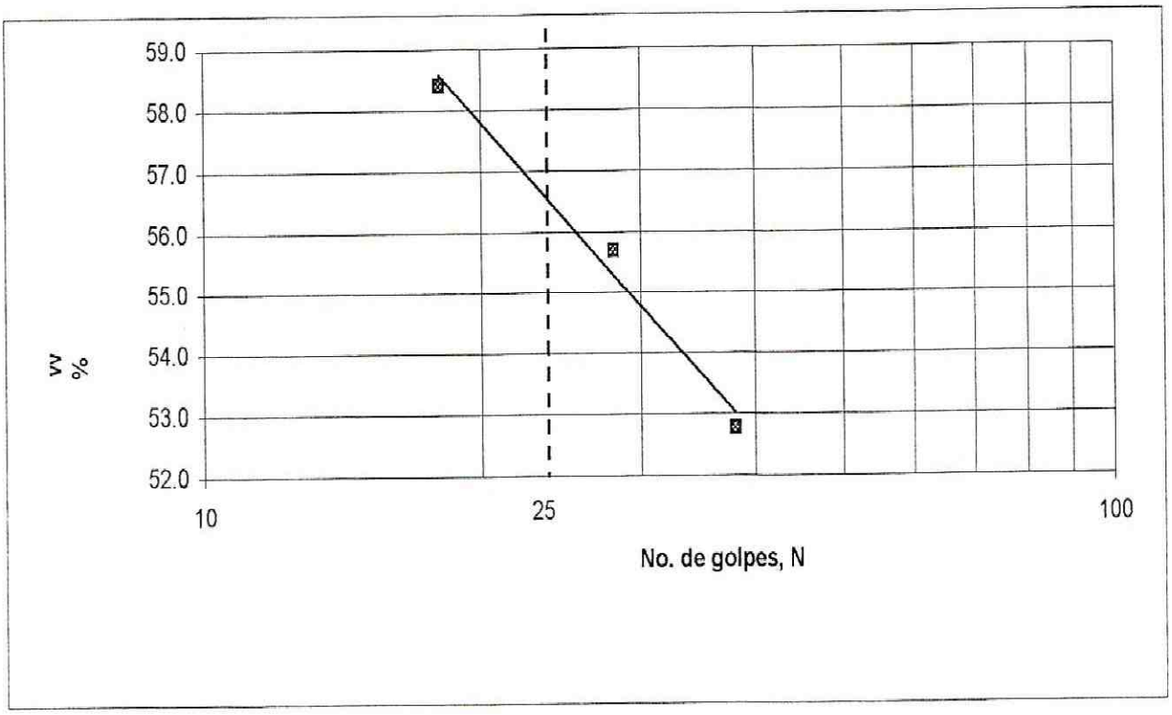
PERFORACIÓN : P -1
MUESTRA : 7
Profundidad : 5.05 - 5.50 mts

LIMITES DE ATTERBERG

ARCILLA CAFÉ CLARA CON VETAS GRISES CLARAS Y VETAS DE ÓXIDO Rp = 1.55 Kg/cm^2

LIMITE LIQUIDO

ENSAYO No.						
Lata No		44	84	94		
Peso suelo húmedo + lata	(gr)	32.75	33.10	34.35		
Peso suelo seco + lata	(gr)	25.73	25.73	26.30		
Peso de lata	(gr)	12.43	12.50	12.52		
Contenido de humedad	(%)	**52.8**	**55.7**	**58.4**		
Número de golpes	(N)	**38**	**28**	**18**		



	LIMITE PLASTICO			HUMEDAD NATURAL	
Ensayo No					
Lata No	36	66		110	
Peso suelo húmedo + lata (gr)	23.08	23.89		86.18	
Peso suelo seco + lata (gr)	21.00	21.60		70.37	
Peso de lata (gr)	11.97	11.86		12.51	
Contenido de humedad (%)	**23.0**	**23.5**		**27.3**	

Humedad Natural =	27.3 %
Límite Líquido =	56.5 %
Límite Plástico =	23.3 %
Indice de plasticidad=	33.2 %
Indice de liquidez=	12.2 %
Clasificación USC	CH

Peso suelo seco	
Peso suelo retenido	
% retenido	
% PASA T-200	

PROYECTO: GI-736 -7 -DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y MEDIAS CORRECTIVAS
DIRECCION: BARRIO ABRAHAM LINCONL
FECHA : AGOSTO 17 DE 2.001

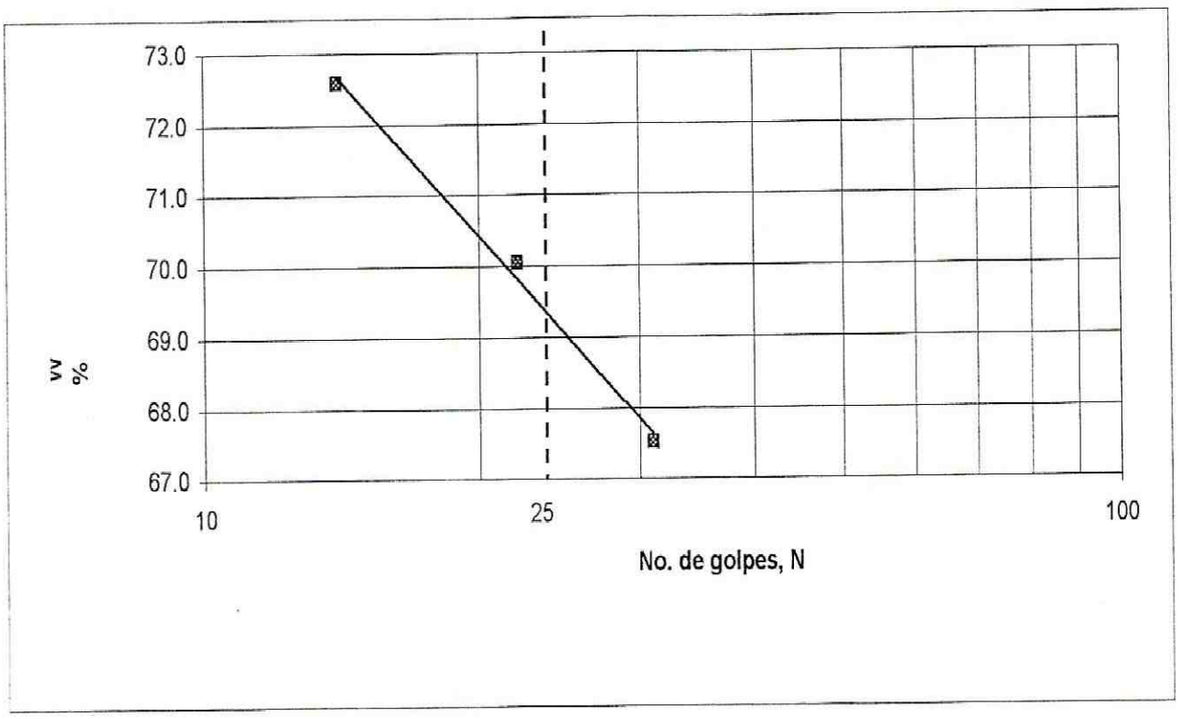
PERFORACIÓN : P -2
MUESTRA : 3
Profundidad : 2.10 - 2.55 mts

LIMITES DE ATTERBERG

ARCILLA CAFÉ CLARA CON VETAS DE ÓXIDO Rp = 2.50 Kg/cm^2

LIMITE LIQUIDO

ENSAYO No.						
Lata No		90	91	103		
Peso suelo húmedo + lata	(gr)	32.20	32.35	32.66		
Peso suelo seco + lata	(gr)	24.30	24.26	24.00		
Peso de lata	(gr)	12.60	12.71	12.07		
Contenido de humedad	(%)	**67.5**	**70.0**	**72.6**		
Número de golpes	(N)	**31**	**22**	**14**		



	LIMITE PLASTICO			HUMEDAD NATURAL	
Ensayo No					
Lata No	67	132		16	
Peso suelo húmedo + lata (gr)	24.55	24.06		76.72	
Peso suelo seco + lata (gr)	21.88	21.50		57.79	
Peso de lata (gr)	12.23	12.46		12.44	
Contenido de humedad (%)	**27.7**	**28.3**		**41.7**	

Humedad Natural =	41.7 %
Límite Líquido =	69.3 %
Límite Plástico =	28.0 %
Indice de plasticidad=	41.3 %
Indice de liquidez=	33.3 %
Clasificación USC	CH

Peso suelo seco	
Peso suelo retenido	
% retenido	
% PASA T-200	

000021

PROYECTO: GI-736 -7 -DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y MEDIAS CORRECTIVAS
DIRECCION: BARRIO ABRAHAM LINCONL
FECHA : AGOSTO 17 DE 2.001

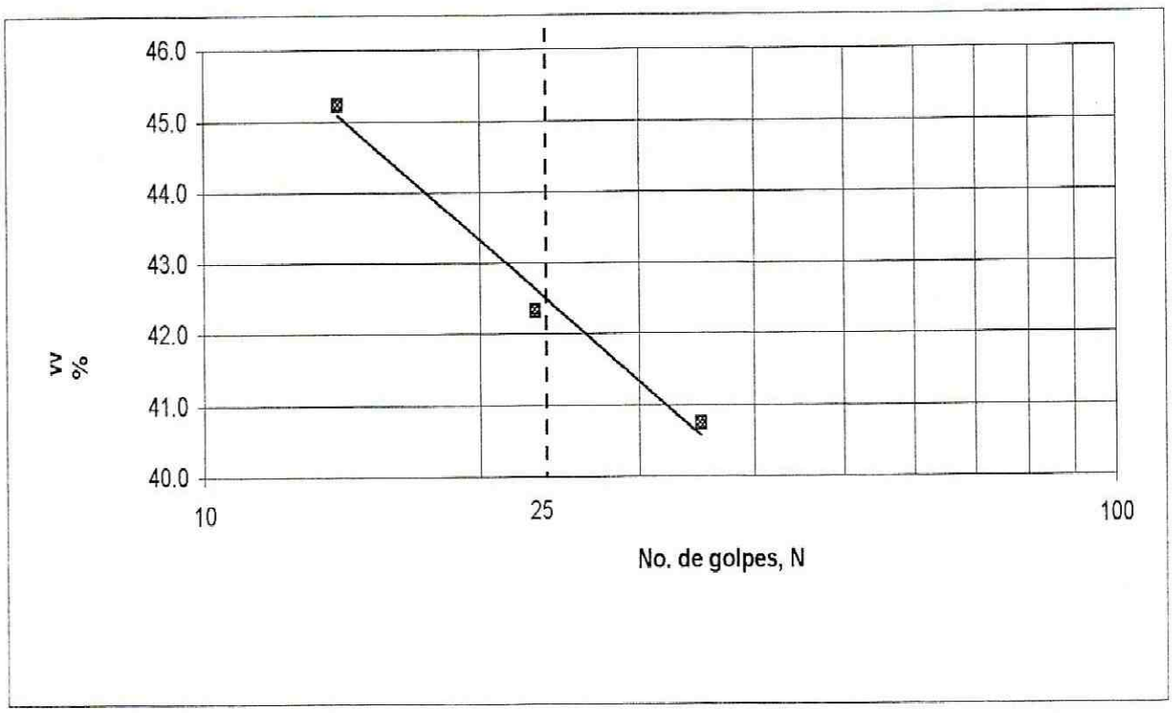
PERFORACIÓN : P -2
MUESTRA : 6
Profundidad : 4.15 - 4.60 mts

LIMITES DE ATTERBERG

ARCILLA CAFÉ CLARA CON VETAS GRISES CLARAS Y VETAS DE ÓXIDO Rp = 1.45 Kg/cm^2

LIMITE LIQUIDO

ENSAYO No.						
Lata No		4	57	96		
Peso suelo húmedo + lata	(gr)	33.27	34.52	34.07		
Peso suelo seco + lata	(gr)	27.04	27.74	27.33		
Peso de lata	(gr)	11.75	11.72	12.43		
Contenido de humedad	(%)	**40.7**	**42.3**	**45.2**		
Número de golpes	(N)	**35**	**23**	**14**		



LIMITE PLASTICO

HUMEDAD NATURAL

Ensayo No						
Lata No		13	101		60	
Peso suelo húmedo + lata	(gr)	24.37	25.62		73.89	
Peso suelo seco + lata	(gr)	22.14	23.20		59.92	
Peso de lata	(gr)	12.27	12.18		12.14	
Contenido de humedad	(%)	**22.6**	**22.0**		**29.2**	

Humedad Natural =	**29.2 %**
Límite Líquido =	**42.4 %**
Límite Plástico =	**22.3 %**
Indice de plasticidad=	**20.1 %**
Indice de liquidez=	**34.6 %**
Clasificación USC	CL

Peso suelo seco	
Peso suelo retenido	
% retenido	
% PASA T-200	

PROYECTO: GI-736 -7 -DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y MEDIAS CORRECTIVAS
DIRECCION: BARRIO ABRAHAM LINCONL
FECHA : AGOSTO 17 DE 2.001

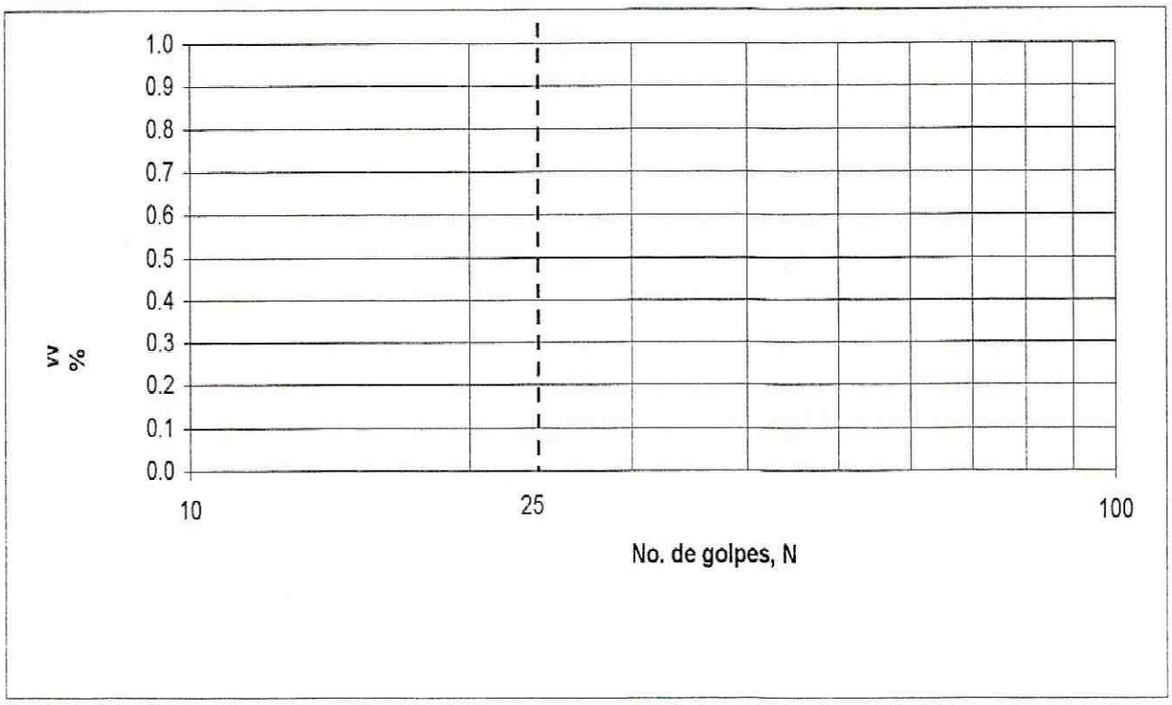
PERFORACIÓN : P -2
MUESTRA : 7
Profundidad :4.65 - 5.10 mts

LIMITES DE ATTERBERG

ARCILLA ARENOSA CAFÉ CLARA Rp = --- Kg/cm^2

LIMITE LIQUIDO

ENSAYO No.						
Lata No						
Peso suelo húmedo + lata	(gr)					
Peso suelo seco + lata	(gr)					
Peso de lata	(gr)					
Contenido de humedad	(%)					
Número de golpes	(N)					



LIMITE PLASTICO

HUMEDAD NATURAL

Ensayo No						
Lata No					40	
Peso suelo húmedo + lata	(gr)				90.41	
Peso suelo seco + lata	(gr)				72.38	
Peso de lata	(gr)				12.31	
Contenido de humedad	(%)				30.0	

Humedad Natural = 30.0 %
Límite Líquido = %
Límite Plástico = %
Indice de plasticidad= %
Indice de liquidez= %
Clasificación USC

Peso suelo seco	60.07
Peso suelo retenido	17.78
% retenido	29.6
% PASA T-200	70.4

PROYECTO: GI-736 -7 -DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y MEDIAS CORRECTIVAS
DIRECCION: BARRIO ABRAHAM LINCONL
FECHA : AGOSTO 17 DE 2.001

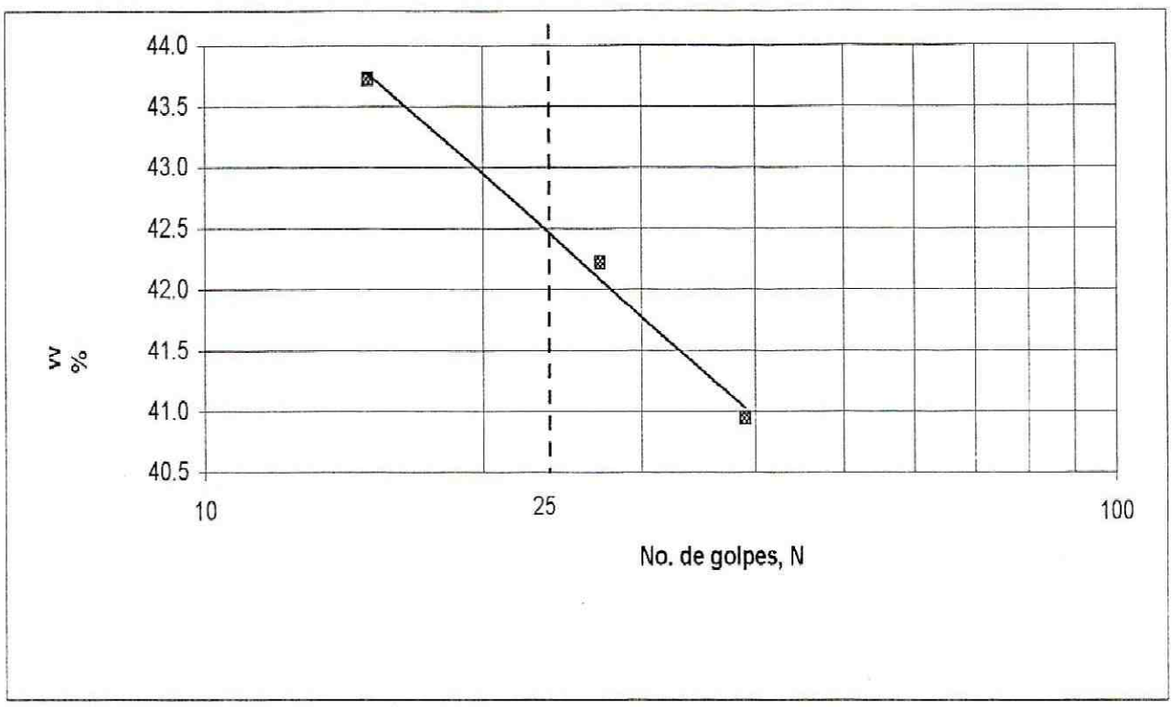
PERFORACIÓN : P -2
MUESTRA : 8
Profundidad : 5.15 - 5.60 mts

LIMITES DE ATTERBERG

ARCILLA CAFÉ CLARA CON GRIS OSCURO Y VETAS DE ÓXIDO Rp = 0.55 Kg/cm^2

LIMITE LIQUIDO

ENSAYO No.						
Lata No		17	73	119		
Peso suelo húmedo + lata	(gr)	33.33	34.60	35.05		
Peso suelo seco + lata	(gr)	27.18	28.03	28.12		
Peso de lata	(gr)	12.16	12.47	12.27		
Contenido de humedad	(%)	**40.9**	**42.2**	**43.7**		
Número de golpes	(N)	**39**	**27**	**15**		



LIMITE PLASTICO

HUMEDAD NATURAL

Ensayo No						
Lata No		112	117		22	
Peso suelo húmedo + lata	(gr)	24.64	24.80		79.47	
Peso suelo seco + lata	(gr)	22.69	22.80		60.99	
Peso de lata	(gr)	12.44	12.25		12.46	
Contenido de humedad	(%)	**19.0**	**19.0**		**38.1**	

Humedad Natural =	38.1 %
Límite Líquido =	42.5 %
Límite Plástico =	19.0 %
Indice de plasticidad=	23.5 %
Indice de liquidez=	81.2 %
Clasificación USC	CL

Peso suelo seco	
Peso suelo retenido	
% retenido	
% PASA T-200	

ENSAYO DE HUMEDAD NATURAL

PROYECTO : GI - 736 -7 DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y MEDIDAS CORRECTIVAS

DIRECCIÓN: BARRIO ABRAHAM LINCONL

FECHA : AGOSTO 17 DE 2.001

PERFORACIÓN	No.	P- 1	P- 1	P- 1	P - 2	P - 2
MUESTRA	No.	2	5	6	1	4
PROFUNDIDAD	mts	2.00 -2.45	3.55 - 4.00	4.05 - 4.50	1.10 - 1.55	3.15 - 3.60
Lata	No.	119	123	95	56	102
P_1	grs	72.97	75.34	76.38	100.53	81.21
P_2	grs	62.80	59.72	63.68	82.24	66.80
P_3	grs	12.27	12.59	12.55	12.47	12.52
W	%	20.1	33.1	24.8	26.2	26.5

P_1 = Peso suelo húmedo + lata P_2= Peso suelo seco + lata P_3 = Peso lata

PESO UNITARIO

PROYECTO : GI - 736- 7 DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y MEDIDAS CORRECTIVAS

DIRECCION: BARRIO ABRAHAM LINCONL

FECHA : AGOSTO 17 DE 2.001

PERFORACIÓN	MUESTRA	PROFUNDIDAD	PESO SUELO HUMEDO	VOLUMEN	PESO UNITARIO HUMEDO	HUMEDAD	PESO UNITARIO SECO
No.	No.	mts	Grs	cm^3	grs/cm^3	%	grs/cm^3
P - 1	3	2.50 - 2.95	114.29	60.30	1.90	35.6	1.40
P - 1	5	3.55 - 4.00	115.39	60.30	1.91	33.1	1.44
P - 2	3	2.10 - 2.55	111.86	60.30	1.86	41.7	1.31
P - 2	6	4.15 - 4.60	117.77	60.30	1.95	29.2	1.51

COMPRESION INCONFINADA

PROYECTO: GI -736 -7 **DIRECCIÓN:** BARRIO ABRAHAM LINCONL **FECHA:** AGO.17/2001

Perforación: P - 1 **MUESTRA:** 7 **PROFUNDIDAD:** 5.05 - 5.50 mts

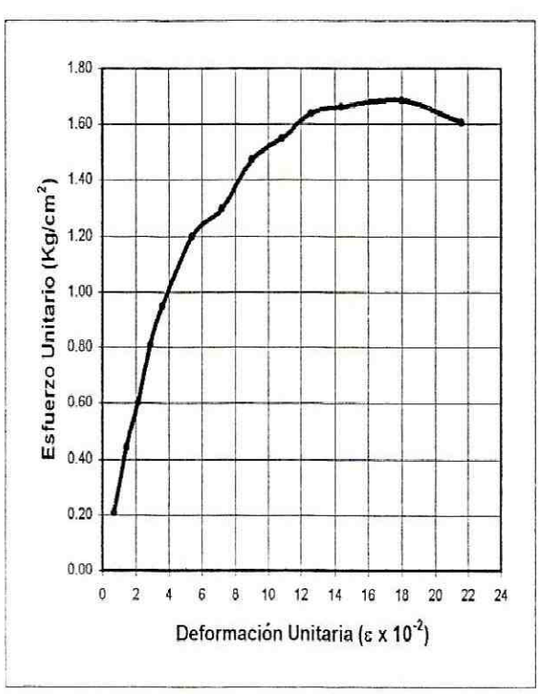
DIMENSIONES Y PROPIEDADES DE LA MUESTRA

DIAMETRO 3.30 cm ALTURA 7.05 cm HUMEDAD NATURAL 27.3%

AREA 8.55 cm^2 VOLUMEN 60.30 cm^3 PESO 116.0 g

PESO UNITARIO HUMEDO 1.92 g/cm^3 PESO UNITARIO SECO 1.51 g/cm^3

CARGA Kg	DEFORMACION UNITARIA $\varepsilon \times 10^{-2}$	AREA CORREGIDA cm^2	ESFUERZO Kg/cm^2
1.81	0.72	8.62	0.21
3.83	1.44	8.68	0.44
5.27	2.16	8.74	0.60
7.13	2.88	8.81	0.81
8.41	3.60	8.87	0.95
10.86	5.40	9.04	1.20
11.98	7.21	9.22	1.30
13.84	9.01	9.40	1.47
14.85	10.81	9.59	1.55
16.02	12.61	9.79	1.64
16.61	14.41	9.99	1.66
17.57	18.01	10.43	1.68
17.51	21.62	10.91	1.61



Resistencia a la compresión inconfinada q_u = 1.68 Kg/cm^2

Cohesión $q_u/2$ = 0.84 Kg/cm^2

COMPRESION INCONFINADA

PROYECTO: GI -736-7 DIRECCIÓN: BARRIO ABRAHAM LINCONL FECHA: AGO.17/2001

Perforación: P - 2 MUESTRA: 8 PROFUNDIDAD: 5.15 - 5.60 mts

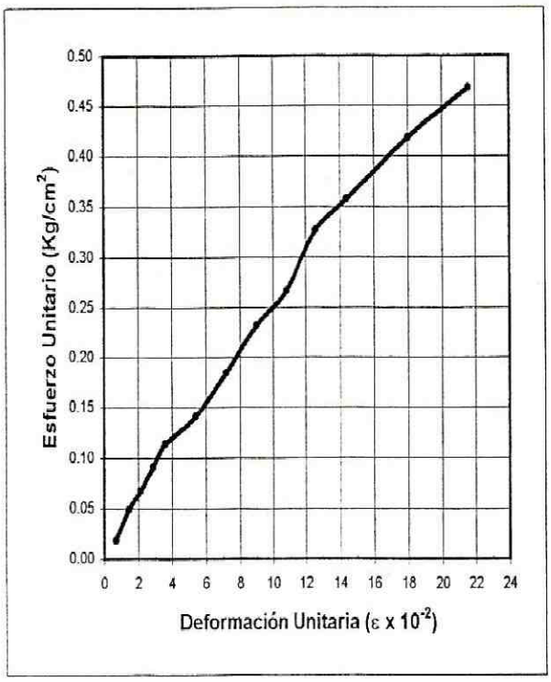
DIMENSIONES Y PROPIEDADES DE LA MUESTRA

DIAMETRO 3.30 cm ALTURA 7.05 cm HUMEDAD NATURAL 38.1%

AREA 8.55 cm^2 VOLUMEN 60.30 cm^3 PESO 119.2 g

PESO UNITARIO HUMEDO 1.98 g/cm^3 PESO UNITARIO SECO 1.43 g/cm^3

CARGA Kg	DEFORMACION UNITARIA $\varepsilon \times 10^{-2}$	AREA CORREGIDA cm^2	ESFUERZO Kg/cm^2
0.16	0.72	8.62	0.02
0.43	1.44	8.68	0.05
0.59	2.16	8.74	0.07
0.80	2.88	8.81	0.09
1.01	3.60	8.87	0.11
1.28	5.40	9.04	0.14
1.70	7.21	9.22	0.18
2.18	9.01	9.40	0.23
2.56	10.81	9.59	0.27
3.19	12.61	9.79	0.33
3.57	14.41	9.99	0.36
4.37	18.01	10.43	0.42
5.11	21.62	10.91	0.47



Resistencia a la compresión inconfinada q_u = 0.47 Kg/cm^2

Cohesión $q_u/2$ = 0.24 Kg/cm^2

ANEXO III

EXPLORACION DEL SUBSUELO

EXPLORACION DEL SUBSUELO

GEOINGENIERIA LTDA

Perforación No. 1 Nombre: Diagnóstico Técnico y Medidas Correctivas Qda. Chiguaza - Barrio Abraham Lincoln Trabajo: 736-7

Hoja 1 de 1 Localización: Aguas arriba - Sector paralelo a la Cra 6A con Cll 53s Cota: 26.5 Fecha: 11-08-01

Profundidad (m)	Clasificac. USC	DESCRIPCION	Nivel Freático	Muestra	Recobro (%)	RQD (%)
		Placa en concreto muy agrietada.				
1.0		Relleno. Bloques de concreto, gravas y desechos de construcción.				
2.0	CL	Limo arcilloso, de color café claro, con vetas grises rojizas; y de consistencia media a semidura.		1-SS		
				2-SS		
3.0	CH	Arcilla algo limosa, de color café claro, oxidada y de consistencia media a semidura. Entre 3.55 y 4.0 m, se presenta una intercalación muy delgada de materia orgánica, de color negro.		3-SS		
4.0				4-SS		
				5-SS		
5.0		Arcilla de color habano, con vetas amarillas rojizas por oxidación, de consistencia media a semidura.		6-SS		
	CH			7-SS		
6.0		FIN A 5.50 m				
7.0						
8.0						
9.0						
10.0						

Resistencia al corte Cu (t/m²): 4 6 8 10 12 14 16

SPT (n): 2 4 6 8 10 12 14

Peso Unitario (t/m³): 1.4 1.5 1.6 1.7 1.8 1.9 2.0

Lavado sobre tamiz 200: 10 20 30 40 50 60 70

Limites y Humedad Natural: 10 20 30 40 50 60 70

CONVENCIONES

Muestra

Inalterada
Tubo Partido
Núcleo
Alterada

X Veleta de Campo
Compresión inconfinada
O Penetrómetro manual-inalt.
Penetrómetro manual-alter.

Número de golpes/ pie (N)
Peso Unitario Total

Lavado sobre tamiz 200
H.natural
L.Plástico L.Liquido

FIGURA No.

000030

EXPLORACION DEL SUBSUELO

GEOINGENIERIA LTDA

Perforación No. 2 Nombre: Diagnóstico Técnico y Medidas Correctivas Qda. Chiguaza - Barrio Abraham Lincoln Trabajo: 736-7

Hoja 1 de 1 Localización: Aguas abajo - Sector paralelo a la Cra 6A con Cll 53s Cota: 26.5 Fecha: 11-08-01

Profundidad (m)	Clasificac. USC	DESCRIPCION	Nivel Freático	Muestra	Recobro (%)	RQD (%)
1.0		Relleno, arcillo limoso, con escombros de construcción sueltos.				
		Limo arcilloso de color café claro, oxidado, fisurado y de consistencia media.		1-SS		
2.0	CH	Arcilla limosa de color café claro, con vetas grises, fisurada, de consistencia media a semidura. Presenta grietas.		2-SS		
3.0		Arcilla limosa, de color gris, con vetas rojizas por oxidación y de consistencia media a semidura.		3-SS		
4.0		Arcilla de color gris claro, rojiza, muy oxidada y de consistencia media a semidura.		4-SS		
		Arcilla de color gris claro, con vetas rojizas por oxidación. De consistencia muy blanda a blanda.	▽	5-SS		
	CL			6-SS		
5.0		Lente de arena arcillosa, muy suelta y saturada.		7-SS		
	CL	Arcilla de color gris oscuro, de consistencia media a blanda.		8-SS		
6.0		FIN A 5.60 m				
7.0						
8.0						
9.0						
10.0						

Resistencia al corte Cu (t/m²): 4 6 8 10 12 14 16

SPT (n): 2 4 6 8 10 12 14

Peso Unitario (t/m³): 1.4 1.5 1.6 1.7 1.8 1.9 2.0

Lavado sobre tamiz 200: 10 20 30 40 50 60 70

Límites y Humedad Natural: 10 20 30 40 50 60 70

1,25

3

2,4

CONVENCIONES

Muestra

- Inalterada
- Tubo Partido
- Núcleo
- Alterada

- X Veleta de Campo
- ✳ Compresión inconfinada
- O Penetrómetro manual-inalt.
- • Penetrómetro manual-alter.

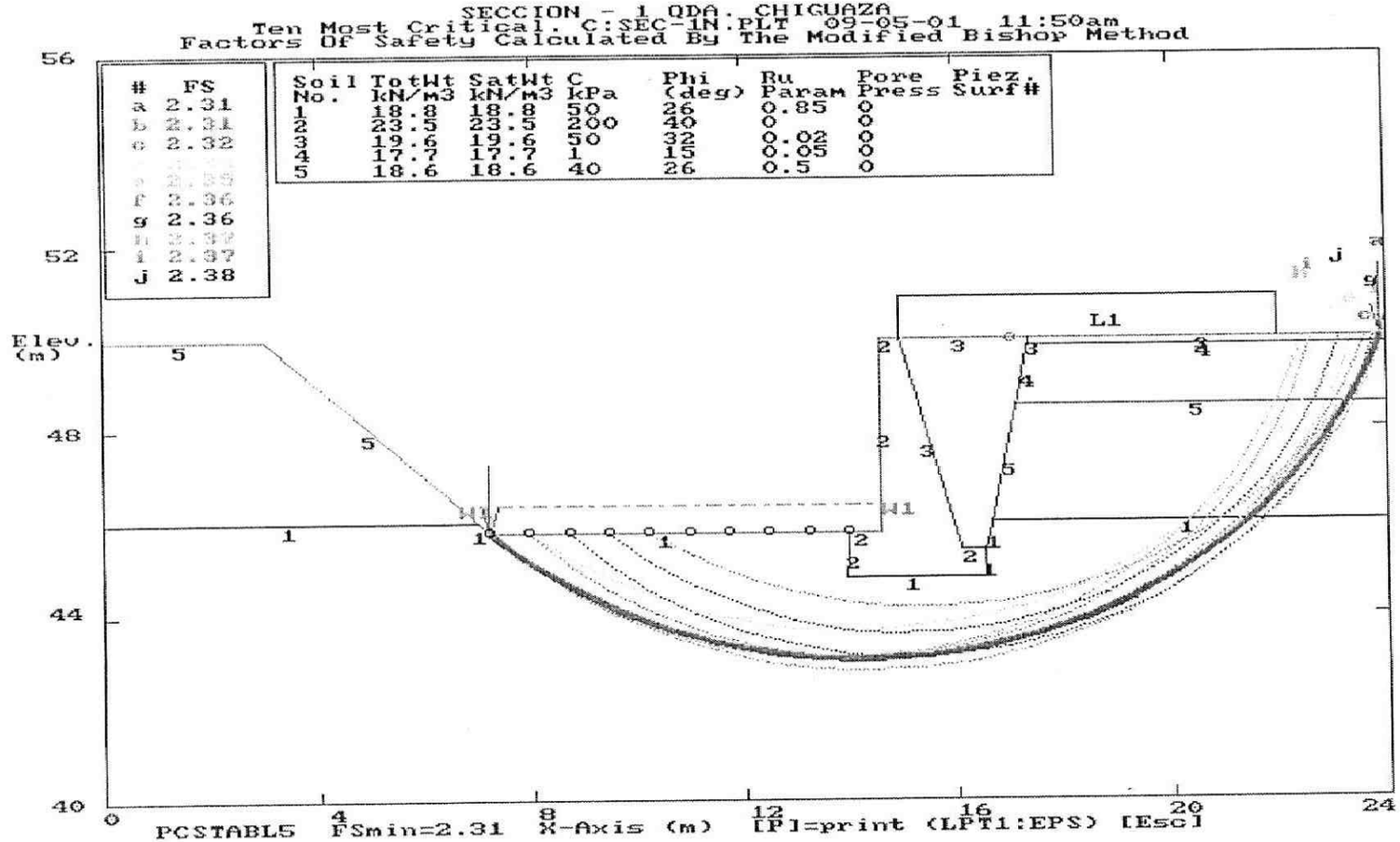
- • Número de golpes/ pie (N)
- ▼ Peso Unitario Total

- ■ Lavado sobre tamiz 200
- H.natural
- L.Plástico L.Liquido

FIGURA No.

ANEXO IV

ANALISIS DE ESTABILIDAD



DOCUMENTO
ILEGIBLE

DOCUMENTO
ILEGIBLE

ANEXO V

HIDRAULICA Y SOCAVACION EN LA MARGEN DERECHA DE LA QUEBRADA CHIGUAZA

ANEXO V

HIDRAULICA Y SOCAVACION EN LA MARGEN DERECHA DE LA QUEBRADA CHIGUAZA

1 GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCION

En el presente Anexo se evalúa la cota de cimentación de un muro de protección de la margen derecha de la Quebrada Chiguaza en el tramo paralelo a la carrera 6A con calle 53 Sur, Barrio Abraham Lincoln. Para ello se hace necesario definir el nivel alcanzado por la quebrada para un período de retorno de 20 años, y de esta manera prever que las obras planeadas no interfieran con la dirección normal del flujo o sean un obstáculo para los eventos de caudales extremos en sucesos de avenidas de flujo inferiores a 20 años.

1.2 METODOLOGIA

Para la realización del estudio hidráulico se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Consulta de planchas topográficas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, junto con estudios desarrollados en la zona.
- Consulta en el IDEAM y en la EAAB de la información hidrológica existente del área.
- Análisis hidráulico de la cuenca.
- Análisis de socavación probable por el método de Maza-Levediev y el método de Ordóñez en el sector objeto del estudio.

La información hidrometereológica fue recopilada en la EAAB. Se obtuvo la información hidrométrica existente en la estación Limnimétrica Canadá de código 2120890, ubicada en la zona alta de la cuenca de donde se obtuvo un caudal máximo instantáneo de 1.14 m^3/seg en el período comprendido entre 1998 y el 2000. Este valor corresponde a un caudal razonable dada el área de la cuenca que se abarca hasta la estación, sin embargo la información no es útil, ya que cambian las condiciones del drenaje hacia aguas abajo como la capacidad de infiltración, los represamientos, los caudales adicionales por vertimientos, etc.

2 CALCULOS DE CAUDALES DE CRECIENTE EN EL SECTOR DE ESTUDIO

En la determinación de los caudales de creciente no es aplicable la metodología del hidrograma unitario sintético, ya que los tiempos de concentración son mucho menores que en cuencas rurales, debido a la velocidad del flujo sobre áreas construidas, Adicionalmente al caudal pico generado se incluyen los vertimientos de aguas residuales que no sólo están influenciados por las condiciones físicas del suelo y la cobertura vegetal sino también por la densidad de población, por las horas pico de consumo de agua y de las condiciones hidráulicas del cauce principal.

Los caudales de creciente están dados más por efectos de represamientos ocasionados en las obras de arte localizadas aguas arriba del sitio en estudio; y el cálculo de caudales es valido mediante métodos hidráulicos convencionales como Manning, debido a que las márgenes fueron reconformadas como un canal trapezoidal y no corresponden al terreno natural sino a rellenos acarreados al sitio.

El cauce de la quebrada Chiguaza no corresponde a un cauce aluvial ya que su lecho está conformado principalmente por lodos cohesivos y desechos, además de presentar un bajo transporte de sedimentos debido a trampas de sedimentos que corresponden a obras de arte construidas aguas arriba del sector en estudio.

Las márgenes reconformadas se encuentran sobre el lecho natural y han estrangulado el cauce ocasionando pequeños encañonamientos de cauce (50 cm), que se pueden interpretar como socavación local, cuando la corriente intenta conservar su equilibrio morfológico. Los lentes de arena encontrados en la exploración del subsuelo realizada en la margen derecha indican que anteriormente el lecho depositaba y transportaba sedimentos finos en la planicie lo que reafirma el desequilibrio del lecho actual por invasión del cauce.

3 GRANULOMETRIA DE LECHO

Con el propósito de establecer la distribución granulométrica del sedimento presente en el lecho de la Quebrada en el sector de fundación de la obra de protección, se realizaron observaciones de campo y se determinó que el lecho corresponde a lodos cohesivos y a desechos que cambian considerablemente la rugosidad del canal.

Las características físicas del material del fondo inicial y de los diferentes estratos del subsuelo que pueden llegar a ser descubiertos y erosionados durante el paso de la creciente seleccionada, se determinaron a partir de los ensayos de laboratorio efectuados a las muestras de suelo obtenidas en la exploración del subsuelo.

4 CARACTERISTICAS HIDRAULICAS EN EL TRAMO DE ESTUDIO

A partir de indagaciones realizadas a los habitantes del sector se determinaron niveles de crecientes y se calibró la sección a partir de la ecuación de Manning.

El procedimiento para la realización del estudio hidráulico en el tramo de estudio fue el siguiente:

- Se realizó un levantamiento indirecto y basados en el levantamiento topográfico previo se estimó una sección transversal. Adicionalmente se estimó una pendiente longitudinal del lecho empleando un nivel de mano y una rugosidad del cauce a partir de las observaciones de campo.

- Se determinaron los parámetros hidráulicos de las secciones con base en la geometría obtenida, registros y observaciones de campo.

- Se calculó la curva teórica de calibración de caudales para la sección transversal, con lo cual se definió el nivel de creciente, comparándolos con los datos obtenidos al consultar con los habitantes del sector.

A continuación se presenta el análisis de la información de campo en los aspectos de topografía e hidráulica y se da a conocer la metodología empleada para calcular la socavación.

- El coeficiente **n** de Manning, se determinó a partir de los diámetros característicos y formas del lecho y las márgenes, aplicando la Formulación de Strikler y criterio de Ven Te Chow.

- La curva de descarga de la corriente fue estimada asumiendo fondo fijo, flujo uniforme y aplicando la ecuación de Manning, que viene dada por:

$$Q = \frac{A}{n} R^{2/3} \sqrt{S}$$

donde:
Q: Caudal en m^3/s
A: Area mojada en m.
R: Radio hidráulico igual a la relación R=A/P donde P es el perímetro mojado en m.
S: Pendiente de la línea de energía.

Aplicando la ecuación de Manning con los valores adoptados, se obtuvo la curva de descarga que se presenta en la **Tabla 1** y en la **Figura 1**, junto con los parámetros hidráulicos del sector objeto del estudio.

5 SOCAVACION GENERAL

Con el propósito de establecer un criterio para la determinación de la profundidad a la cual se deberá realizar la cimentación de la estructura, se calculó la socavación general en la sección de estudio en el evento en que se presente la máxima creciente con período de retorno de 20 años.

5.1 MÉTODO DE LISCHTVAN-LEVEDIEV

Uno de los criterios empleados en el estudio fue el propuesto por Lischtvan-Levediev, el cual se basa en el concepto de que cuando se presenta una creciente la capacidad de arrastre del río aumenta, de manera que comienza a socavar el fondo del cauce; en la medida en que dicho fenómeno ocurre la sección hidráulica va aumentando, produciendo así una disminución en la velocidad del flujo, la cual seguirá disminuyendo a medida que el fondo del cauce desciende por efecto de la socavación hasta que se alcance el equilibrio entre la velocidad del flujo y la requerida para arrastrar el material que conforma el lecho del río.

Como se desprende del concepto anterior, implícitamente se está aceptando la condición de desaprovisionamiento de sedimentos desde las secciones más críticas. De otra parte, también se asume que toda la erosión ocurre en el lecho y no en las orillas, es decir, que el ancho del cauce permanecerá constante, de manera que la disminución de la velocidad del flujo obedece únicamente al aumento de la sección hidráulica por efecto del descenso del lecho.

Igualando la velocidad necesaria para erosionar las partículas del lecho con la velocidad media del flujo, Lischtvan y Levediev[1], desarrollaron expresiones para la profundidad de socavación medida desde la

[1] *MAZA ALVAREZ J. A. - GARCÍA FLORES M. MANUAL DE HIDRÁULICA FLUVIAL. CAPITULO 13. 1990. UNAM. MÉXICO.*

TABLA 1
CURVA DE DESCARGA Y CALCULO DE SOCAVACION MEDIANTE EL METODO DE ORDOÑEZ

Q. CHUGUAZA PENDIENTE 0.01 ANCHO 4.50 m
RUGOSIDAD 0.055

Y (m)	AREA (m2)	P (m)	RADIO (m)	CAUDAL (m3/s)	V (m/s)	Be (m)	q (m3/s.m)	q max (m3/s.m)	F	F para q max	Y max	Socavación (m)	Y (m)
0.00	0.00	4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	1.16	5.10	0.23	0.78	0.68	4.75	0.16	0.33	0.43	0.38	0.43	0.18	0.25
0.38	1.78	5.42	0.33	1.54	0.87	4.88	0.32	0.62	0.45	0.39	0.63	0.25	0.38
0.50	2.38	5.71	0.42	2.41	1.01	5.00	0.48	0.91	0.46	0.40	0.81	0.31	0.50
0.75	3.66	6.31	0.58	4.62	1.26	5.25	0.88	1.60	0.47	0.41	1.17	0.42	0.75
1.00	5.00	6.91	0.72	7.32	1.46	5.50	1.33	2.36	0.47	0.41	1.51	0.51	1.00
1.25	6.41	7.52	0.85	10.47	1.63	5.75	1.82	3.17	0.47	0.41	1.84	0.59	1.25
1.50	7.88	8.12	0.97	14.03	1.78	6.00	2.34	4.01	0.46	0.40	2.15	0.65	1.50
1.75	9.41	8.72	1.08	17.98	1.91	6.25	2.88	4.87	0.46	0.40	2.46	0.71	1.75
2.00	11.00	9.33	1.18	22.32	2.03	6.50	3.43	5.74	0.46	0.40	2.76	0.76	2.00
2.25	12.66	9.93	1.27	27.05	2.14	6.75	4.01	6.64	0.45	0.40	3.06	0.81	2.25
2.50	14.38	10.54	1.36	32.15	2.24	7.00	4.59	7.54	0.45	0.39	3.34	0.84	2.50
2.75	16.16	11.14	1.45	37.64	2.33	7.25	5.19	8.46	0.45	0.39	3.63	0.88	2.75
3.00	18.00	11.74	1.53	43.51	2.42	7.50	5.80	9.39	0.45	0.39	3.90	0.90	3.00
3.25	19.91	12.35	1.61	49.77	2.50	7.75	6.42	10.33	0.44	0.39	4.18	0.93	3.25
3.50	21.88	12.95	1.69	56.41	2.58	8.00	7.05	11.27	0.44	0.38	4.44	0.94	3.50
3.75	23.91	13.55	1.76	63.45	2.65	8.25	7.69	12.23	0.44	0.38	4.71	0.96	3.75
4.00	26.00	14.16	1.84	70.89	2.73	8.50	8.34	13.19	0.44	0.38	4.97	0.97	4.00
4.25	28.16	14.76	1.91	78.74	2.80	8.75	9.00	14.17	0.43	0.38	5.23	0.98	4.25

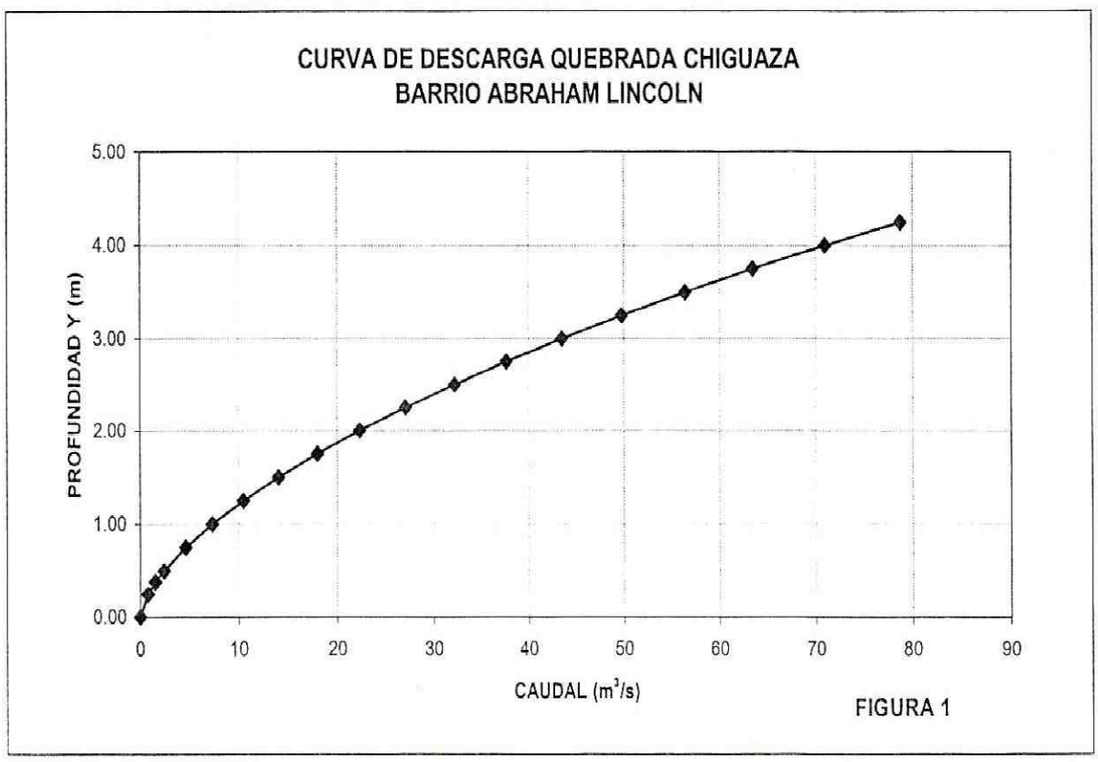


FIGURA 1

superficie del agua hasta la posición final del lecho socavado.

De otra parte, Maza obtuvo expresiones del criterio que permiten su aplicación directa, sin tener que utilizar las tablas desarrolladas para la aplicación del criterio en su forma original. Dichas expresiones están en función del material de fondo en la sección y consideran que la rugosidad es constante en todo el ancho de la sección, por lo tanto, la profundidad de socavación se obtiene a partir de la siguiente expresión, dependiendo del tipo de suelo que se este analizando:

- **Suelos cohesivos**

$$ds = \left(\frac{\alpha do^{5/3}}{0.68 \beta \mu \varphi \gamma_s^{1.18}} \right)^{\left(\frac{1}{1+X}\right)}$$

α es el coeficiente de sección y distribución de gasto.

$$\alpha = \frac{Q_d}{H_m^{\frac{5}{3}} B_e}$$

d_o: Profundidad inicial entre el nivel del agua para el caudal de diseño y el nivel del fondo inicial; en metros.

d_s: Profundidad hasta el fondo ya socavado, en metros. Se mide desde la elevación de la superficie del agua al presentarse el caudal de diseño y sobre la misma vertical en que se mide d_o.

Q_d: Caudal de diseño o caudal máximo de la avenida para la cual se desea calcular la erosión, m^3/seg.

d_m : Profundidad media entre la superficie del agua al pasar el caudal Qd y el perfil del fondo original, en metros. Se obtiene de dividir el área hidráulica A, entre el ancho efectivo Be.

μ : Coeficiente que toma en cuenta las contracciones laterales del flujo que se produce en las caras de los obstáculos que están dentro de la corriente. Cuando no hay obstáculos μ = 1.0.

Be: Ancho efectivo de la superficie libre del cauce, en metros. Para este caso es igual al ancho del río.

γs: Peso volumétrico seco del material cohesivo.

β: Coeficiente que toma en cuenta el período de retorno T en años, del caudal de diseño. Válido para períodos de retorno entre 15 y 1500 años. β es adimensional. Este parámetro se define como:

$$\beta = 0.8416 + 0.03342 \text{ Ln } Tr$$

X: Exponente variable que depende del peso volumétrico seco del material (γs) cohesivo.

$$X = 0.892619 - 0.58073\gamma_s + 0.136275\gamma_s^2$$

φ: Coeficiente de corrección por la densidad del agua durante la avenida.

Para el caso de la sección estudiada se establecieron los parámetros para la aplicación del criterio expuesto en un período de retorno de 20 años (**Tabla 2**).

5.2 MÉTODO DE ORDÓÑEZ J. IVÁN

El método de Ordoñez está influenciado por el número de Froude y por el caudal por unidad de ancho. Tiene en cuenta el desabastecimiento temporal del lecho y el equilibrio morfológico general.

El método ésta basado en un estudio en las estaciones limnigráficas y limnimétricas de Colombia en donde se analizó los cambios en el fondo del lecho en diferentes ríos y se realizaron relaciones entre el número de Froude y el caudal por unidad de ancho.

$$q_{max} = 1.808 \times \bar{q}^{0.937}$$

$\bar{q}$ corresponde al caudal por unidad de ancho promedio de la corriente.

$$y_{max} = \sqrt{\frac{q_{max}^2}{gF_{max}^2}}$$

Donde,

$$F_{max} = 0.85\bar{F} + 0.01$$

$\bar{F}$ corresponde al número de Froude promedio de la corriente.

TABLA 2
CALCULOS DE SOCAVACION MEDIANTE EL METODO DE LISCHTVAN LEVEDIEV PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 20 AÑOS

PARAMETROS QUE INTERVIENEN	UNIDADES	Q. CHIGUAZA
Caudal de Diseño (Qd)	m^3/s	56.41
Coeficiente de Manning	-	0.055
Velocidad	(m/s)	2.58
Area Hidráulica (A)	m^2	21.88
Perímetro mojado (P)	m	12.90
Ancho efectivo del canal (Be)	m	7.54
Radio Hidráulico	m	1.70
Tirante medio (Hm)	m	2.90
Profundidad inicial (Ho)	m	3.50
Coeficiente de sección (α)	-	1.27
Coeficiente de frecuencia (β)	-	0.95
Peso volumétrico seco (γs) del material cohesivo	ton/m^3	1.43
Exponente variable (X) para material cohesivo	-	0.341
Coeficiente de corrección por contracción de flujo (μ)	-	1.00
Coeficiente de corrección por densidad del agua (ϕ)	-	1.28
Profundidad del flujo después de ocurrida la socavación (Hsc) para suelos cohesivos	m	4.77
Socavación General (Hsg-Ho)	**m**	**1.27**

La cota de fondo = cota de superficie libre- y_{max}

Los resultados de profundidad máxima para diferentes profundidades se pueden observar en la **Tabla 1.**

El método de Ordoñez asociado al caudal máximo por unidad de ancho y al Número de Froude, en un tramo de curva de una corriente como la del sitio en estudio tiene mayor validez que el método de Maza.

5.3 PROTECCIÓN CON ESCOLLERA

El diseño de la protección con escollera es aplicable independientemente del tipo de un muro o estribo de un puente. La escollera debe extenderse horizontalmente a partir del pie del muro y debe proteger su cara.

Se recomienda el uso de roca de una buena selección de tamaños y el método empleado en su colocación es muy importante. Debe proveerse de geotextil.

Para determinar el diámetro medio de la roca se emplea la expresión de *Isbash*:

$$d_{50} = \frac{K}{(s-1)} F^n y$$

Donde,
s es la densidad relativa de la roca
F es el Número de Froude,
y es la profundidad del flujo en la sección adyacente al muro.
n y K son coeficientes que dependen del número de Froude y de la inclinación de la cara del muro que se encuentra expuesta a la corriente (n y K para Froude ≤ 0.80).

$$d_{50} = \frac{0.89}{(2.4-1)} 0.4^2 \times 3.50m = 0.35m$$

El espesor de la escollera no debe ser menor que el mayor valor entre $1.50d_{50}$ y d_{100}. Se debe aumentar en un 50 % si su colocación consiste simplemente en tirar la roca al agua. En este caso el espesor no puede ser menor de 0.56 m.

La escollera debe colocarse desde la pata del muro y horizontalmente a partir de la base del muro dos veces la profundidad promedio en la zona adyacente al muro y no necesita excederse de 7.5 m. Se recomienda entonces proteger 4 m hacia aguas arriba y abajo.

El tamaño de material que se espera que permanezca inamovible, debe estar en relación directa con la velocidad de la corriente. Para mejores resultados la piedra debe estar bien gradada, de tal manera que las rocas menores llenen los espacios mayores.

TABLA 3
GRANULOMETRIA RECOMENDADA DE LA ESCOLLERA

TAMAÑO DE LA ROCA	TAMAÑO DE LA ROCA (M)	% MENOR QUE
$1.6\ d_{50}$	0.56	100
$1.3\ d_{50}$	0.46	85
$0.5\ d_{50}$	0.17	15

Para prevenir el lavado del suelo subyacente debe colocarse un geotextil entre el suelo y el revestimiento. El geotextil protege el material del lecho. Sin un geotextil adecuado, la protección se puede desintegrar a través de la pérdida de suelo debajo del mismo.

6. LIMITACIONES

- Una de las limitaciones de estudio corresponde a la dificultad de obtener el material de lecho, por lo que fue necesario recurrir a las observaciones de campo para determinar su granulometría.

- No se contó con Sección precisa del sitio de fundación del muro debido a que en el Batallón de Artillería no permitieron la entrada para determinar la otra margen, se optó por realizar mediciones indirectas aproximadas para estimar una sección para los cálculos hidráulicos.

- La falta de información hidrométrica en el sector de estudio no permitió conocer con medidas directas los caudales de creciente en el sector aledaño a la Escuela de Artillería, Sólo se contó con la información de una estación en la parte alta de la cuenca, perteneciente a la EAAB la cual no arroja registros aplicables al estudio.

ANEXO VI

MEMORIAS DE CANTIDADES DE OBRA

* Recebo

Vía = $41.5 * 0.15 = 6.2\ m^3$

área = $41.5\ m^2$; espesor = $0.15\ m$

Relleno Muro = $\frac{1}{2}(6.54+7.28) * 8.5 = 58.74\ m^3$

Area sección 1 = $6.54\ m^2$
Area sección 2 = $7.28\ m^2$
Longitud Muro = $8.5\ ml$

Total recebo = $6.2 + 58.74 \approx 65\ m^3$.

* Concreto ciclópeo

Area sección transversal muro = $6.045\ m^2$
Longitud Muro: $8.5\ ml$.
Complemento muro, costado izquierdo (Area) → Sección 1 = 0.24
Sección 2 = 0.48

$Vol = 6.045 * 8.5 + \left(\frac{0.24+0.48}{2}\right) * 8.5 = 54.4\ m^3$

* Excavación

Muro en concreto ciclópeo

Area sección 1 = $12.20\ m^2$
Area sección 2 = $14.07\ m^2$
longitud Muro = $8.5\ ml$

$\frac{1}{2}(12.20+14.07) * 8.5 = 111.6\ m^3$.

Escollera

ancho lecho (aprox) = 6m
Profundidad = 0.6m
longitud = 16.5m

$6 * 0.6 * 16.5 = 59.4\ m^3$.

Materas (2 unidades)

Diametro: 1m
Profundidad: 1m

$\frac{\pi}{4} 1^2 * 1 * 2 = 1.6\ m^3$

Total Excavacion: 111.6 + 59.4 + 1.6 = 172.6 m^3

* Retiro Material de excavación

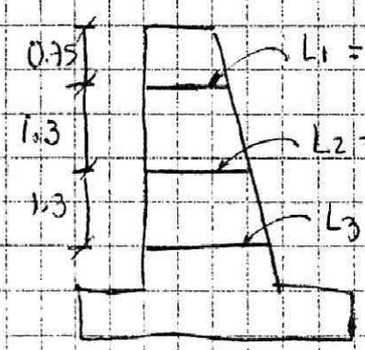
(expansión: 25%)

172.6 * 1.25 = 215.8 m^3.

* Empradizacion ≈24 m^2

* Tubería sanitaria PVC ϕ2"

Pases Muro



5 * 0.6 + 4 * 0.91 + 5 * 1.25 = 13 ml

* Alambre de puas calibre Nº 12

Cerca

Longitud a intervenir = 16.5 ml.
Nº hiladas = 9un

16.5 x 9 = 148.5 ml.

* Retiro placa en concreto

Area = 51 m²
espesor = 0.15 m

51 * 0.15 = 7.7 m³.

* Concreto f'c=2500 psi

anden

Area = 9.5 m²
espesor = 0.15 m

9.5 * 0.15 m = 1.4 m³.

* Piedra rajoniada - Escollero

ancho lecho = 6 m
longitud = 16.5 ml
espesor = 0.6 m.

6 x 16.5 x 0.6 = 59.4 m³

* Geotextil NT 4000 - Pavco.

Escollera

ancho lecho = 6M.
Longitud = 16.5 M.

6 x 16.5 = 99 m²

* Tierra Negra

Materas igual al vol. de excavación = 1.6 m³

* Cal viva
Materas (1kg/m³)

1.6 m³ * 1kg/m³ = 1.6 kg

Nota: las áreas fueron medidas en Autocad.