

000001



INGEOMINAS

**DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACION DISTRICTAL
EMPRESA DE ENERGIA ELECTRICA DE BOGOTA**

**ESTUDIO GEOTECNICO ESCUELA MORALBA
FASE II**

San Cristobal

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 017 DE DICIEMBRE DE 1993

Santafé de Bogotá D.C., Diciembre de 1995

República de Colombia
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN GEOCIENCIAS, MINERIA Y QUIMICA

000002

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN GEOCIENCIAS,
MINERIA Y QUIMICA
INGEOMINAS**

**DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACION DISTRITAL
EMPRESA DE ENERGIA ELECTRICA DE BOGOTA**

**ESTUDIO GEOTECNICO ESCUELA MORALBA
FASE II**

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 017 DE DICIEMBRE DE 1993

Santafé de Bogotá D.C., Diciembre de 1995

INDICE

	Página
1.0 INTRODUCCION.	1
2.0 GENERALIDADES.	1
2.1 Localización.	1
2.2 Descripción del Problema.	1
2.3 Cobertura de Servicios Públicos.	1
2.4 Topografía.	2
3.0 INVESTIGACION GEOTECNICA.	2
3.1 Geología.	2
3.1.1 Geología de Superficie.	2
3.1.2 Geología Estructural.	3
3.2 Geomorfología.	3
3.3 Exploración del Subsuelo.	3
3.3.1 Prospección Geofísica	4
3.3.2 Exploración Directa.	4
3.3.2.1 Trincheras.	4
3.3.2.2 Sondeos Mecánicos.	4
3.3.3 Ensayos de Laboratorio.	4
4.0 CARACTERÍSTICAS DEL SUBSUELO.	4
5.0 ANALISIS HIDROLOGICO E HIDRAULICO.	4
5.1 Análisis Hidrológico de las Subcuencas.	5
5.1.1 Precipitación.	5
5.1.2 Características Morfométricas.	5
5.1.3 Caudal Máximo.	5
5.2 Análisis Hidráulico.	6
5.2.1 Diseño del Canal.	6
6.0 ANALISIS DE ESTABILIDAD	6
6.1 Generalidades.	6
6.2 Modos de Falla en depósitos recientes.	6
6.3 Evaluación de Estabilidad.	6
7.0 MEDIDAS CORRECTIVAS.	7

000004

ESTUDIO GEOTÉCNICO ESCUELA MORALBA - SANTA FE DE BOGOTÁ D.C

7.1 Obras Complementarias.	7
7.2 Obras Paisajísticas.	8

FIGURAS
TABLAS
PLANOS
ANEXOS

LISTA DE FIGURAS

1. Localización General.
2. Localización de Sondeos y Líneas de Geofísica.
3. Histograma - Estación El Delirio.
4. Diseño Secciones Hidráulicas

LISTA DE TABLAS

1. Ensayos de Laboratorio.
2. Registro Histórico de Precipitación Mensual, Estación El Delirio.

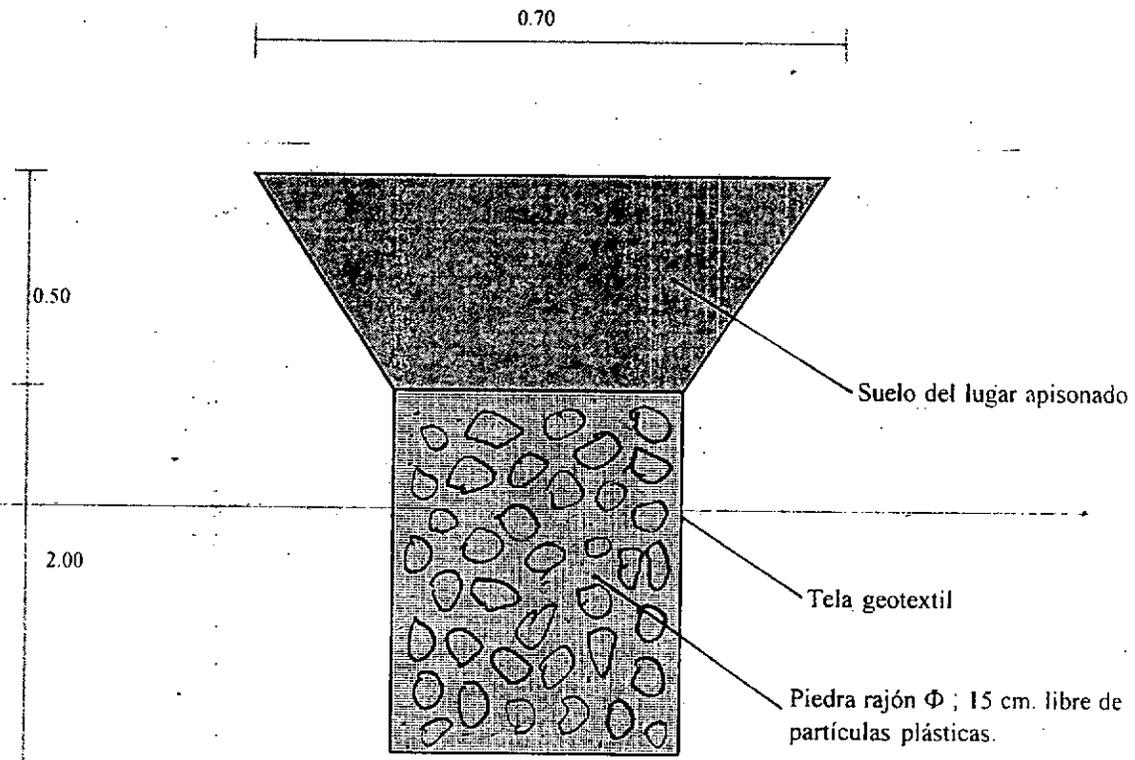
LISTA DE PLANOS

1. Topografía.
2. Geología.
3. Medidas Correctivas.

ANEXOS

1. Columnas Estratigráficas.
2. Registro de Perforaciones.
3. Perfiles propuestos (Obras correctivas).
4. Detalle subdrén tipo francés
5. Detalle trinchera drenante
6. Cantidades de obra
7. Presupuesto aproximado según medidas correctivas

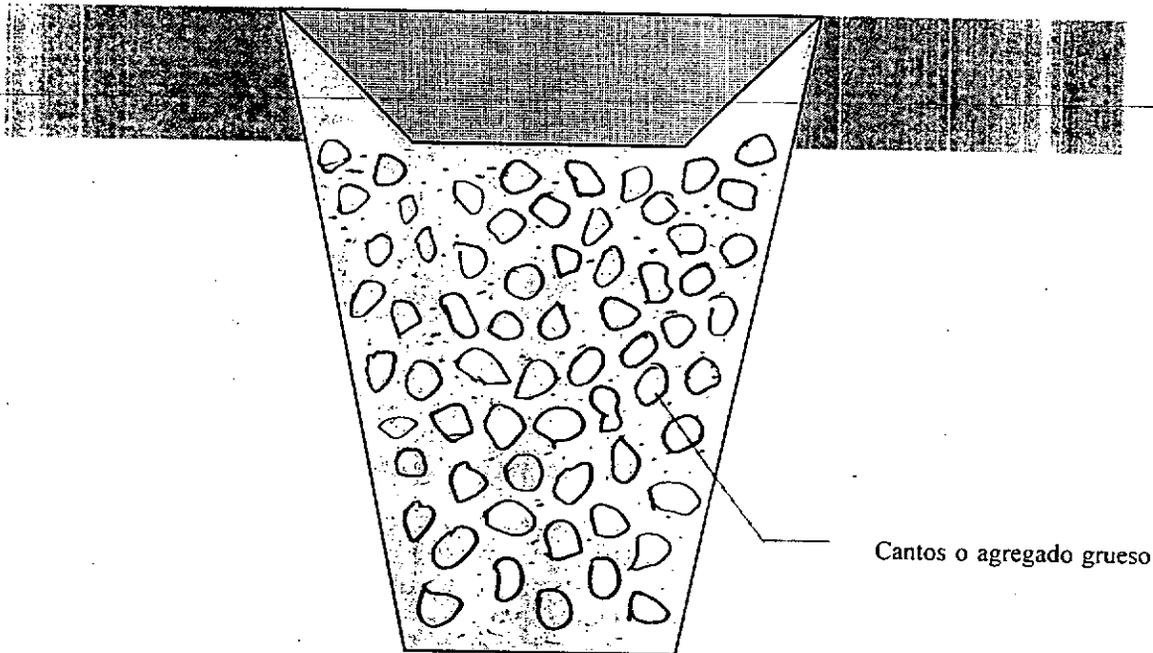
Anexo
Detalle trinchera drenante



Esquema sin escala

Dimensiones en metros

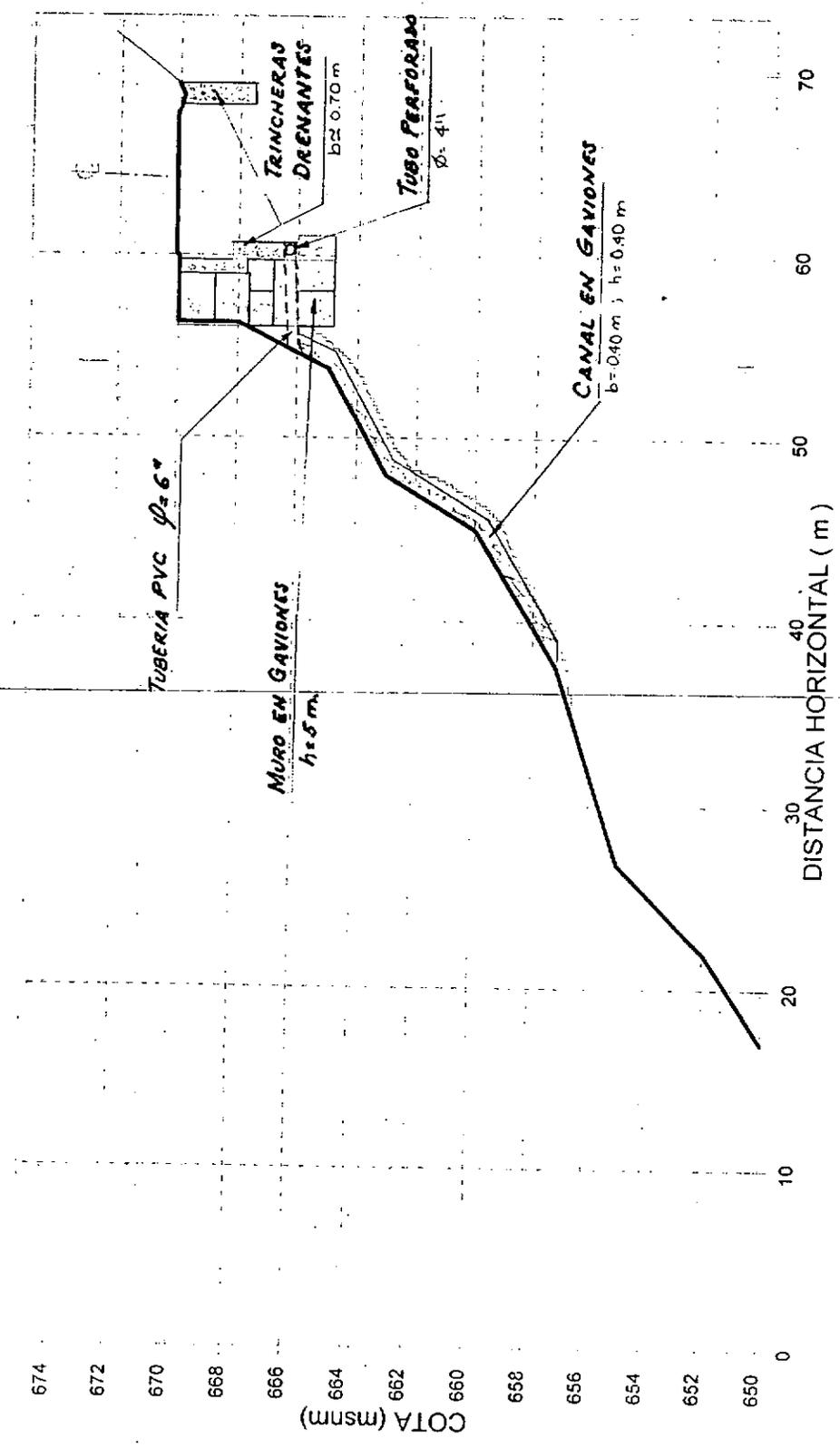
Anexo
Detalle subdrén tipo francés



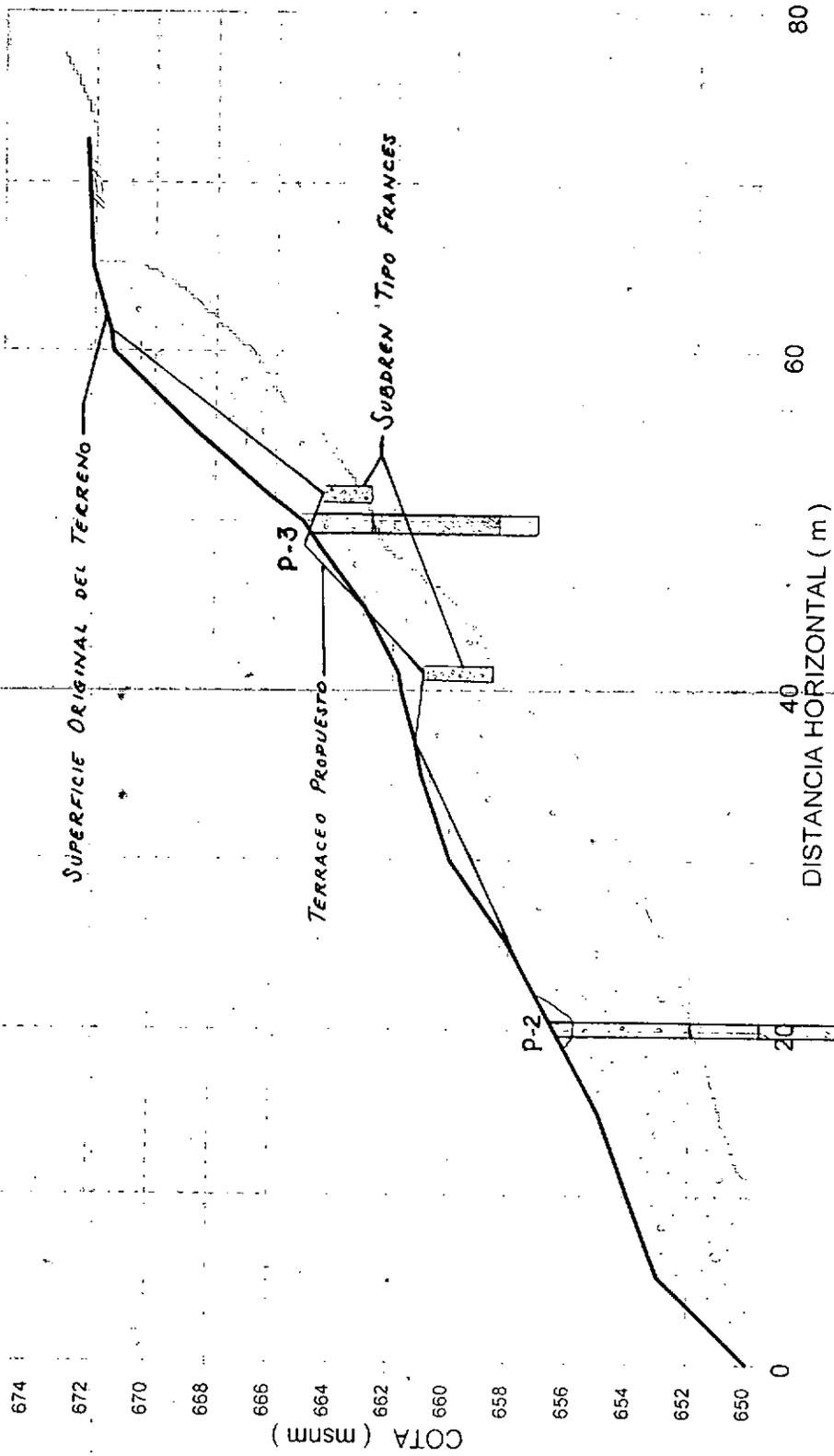
Cantos o agregado grueso

Esquema sin escala

CORTE 3 - 3'



CORTE 2 - 2'



INGEOMINAS-INGENIERIA GEOAMBIENTAL
REGISTRO PERFORACION-PROYECTO CIUDAD BOLIVAR FASE II

SITIO UBICACIÓN Escuela Moralba

POZO No: 3
CAJA No: EM-2 y EM-3

FECHA	TIPO DE AVANCE	PROF. INICIAL (m)	PROF. FINAL (m)	LONG. RECUPERAD (m)	MUESTRA NUMERO	TIPO MUESTRA	DESCRIPCION	SPT			OSERVACIONES
								N1	N2	N3	
Mv. 23/5	R-w	4.46	5.00	0.54	2	Barreno	Arcillolita color gris. claro. con tonos morados	6"	6"	6"	Derrumbe, se perfora 0.15 m. aprox.
	R-w	5.00	5.44	0.08		Barreno	Idem.				
	R-w	5.44	5.77	0.33		Barreno	Idem.				
	R-w	5.77	6.42	0.65		Barreno	Idem.				
	R-w	6.42	6.87	0.45		Barreno	Arcillolita cafe oscura grisacea				
	R-w	6.87	7.48	0.61	3	Barreno	Idem.				
		7.48					FIN PERFORACION				

Inicio Caja No. EM-3

0000009

INGEOMINAS-INGENIERIA GEOAMBIENTAL
REGISTRO PERFORACION-PROYECTO CIUDAD BOLIVAR FASE II

SITIO
UBICACIÓN

Escuela Moralba

POZO No: 3

CAJA No: EM-1

FECHA	TIPO DE AVANCE	PROF. INICIAL (m)	PROF. FINAL (m)	LONG. RECUPERAD (m)	MUESTRA NUMERO	TIPO MUESTRA	DESCRIPCION	SPT			OSERVACIONES
								N1 6"	N2 6"	N3 6"	
Nov.23/94	R-5	0.00	0.80	0.25		BQ	Relleno Heterogeneo, raices.				Sobre todo arenoso.
	R-5	0.80	1.00	0.10		BQ	Idem, algo arcilloso				
	R-5	1.00	1.26	0.15		BQ	Arcilla café rojiza muy plastica, presenta algunas gravas (areniscas)				
	R-w	1.26	1.39	0.10		BQ	Idem.				Al principio se observa material de perforación.
	R-w	1.39	2.00	0.13		BQ	Arcilla gravosa (fragmentos de areniscas)				
	R-w	2.00	3.14	0.05		Barreno	Arcillolita gris, oxidada, blanda.				Pésima recuperación.
	SPT	3.14	3.29	0.09		Split	Arcillolita gris, oxidada, blanda.	6			
	SPT	3.29	3.44	0.05		Split	Arcillolita gris clara, oxidada, firme		15		
	SPT	3.44	3.59	0.05		Split				19	
	R-w	3.59	3.78	0.18		Barreno	Idem.				Derrumbe, se reperfora 0.10 apm
	R-w	3.78	4.05	0.05		Barreno	Gravas en matriz arcillosa gris oscura, fragmentos de areniscas.				Aumenta la humedad.
	R-w	4.05	4.46	0.30	1	Barreno	Arcillolita gris clara algo meteorizada.				Oxidada.

000010

REGISTRO PERFORACION-PROYECTO CIUDAD BOLIVAR FASE II

SITIO Escuela Morelia

POZO No: 2

CAJA No: EM-2 y EM-3

000011

FECHA	TIPO DE AVANCE	PROF. INICIAL (m)	PROF. FINAL (m)	LONG. RECUPERAD (m)	MUESTRA NUMERO	TIPO MUESTRA	DESCRIPCION	SPT			OSERVACIONES
								N1	N2	N3	
14/11/74	K-10	7.95	8.05	0.10		Barreno	Arcillolita color gris claro muy meteorizada.	6"	6"	6"	Se observan algunas estructuras heredadas.
	K-10	8.01	9.17	1.10	J	Barreno	Idem.				Inicio Caja No. EM-3; Muy buena recuperacion.
		1.17					FIN PERFORACION				

INGEOMINAS-INGENIERIA GEOAMBIENTAL
REGISTRO PERFORACION-PROYECTO CIUDAD BOLIVAR FASE II

000012

SITIO UBICACIÓN Escuela Moralba

POZO No: 2

CAJA No: EM-2

FECHA	TIPO DE AVANCE	PROF. INICIAL (m)	PROF. FINAL (m)	LONG. RECUPERAD (m)	MUESTRA NUMERO	TIPO MUESTRA	DESCRIPCION	SPT			OSERVACIONES
								N1 6"	N2 6"	N3 6"	
Nov 21/95	SPT	4.21	4.36	0.10		Split	Relleno limo arcilloso organico, con gravas	4	4	✓	
	SPT	4.36	4.51	0.12		Split					
	SPT	4.51	4.66	0.15		Split					
Nov 22/95	R-w	4.66	5.22	0.30	3	BQ	Arena limosa gris, al final arcillosa				
	R-w	5.22	5.80	0.25		BQ	Idem.				Derrumbé, se reperforó 0.30m aprox.
	R-w	5.80	6.35	0.10		BQ	Idem.				
	R-w	6.35	6.61	0.15		BQ	Idem.				
	R-w	6.61	6.83	0.13		BQ	Idem.				
	R-w	6.83	6.98	0.18		BQ	Idem.				
	R-w	6.98	7.10	0.10		Barreno	Arena de grano fino limosa, algo gravosa.				
	R-w	7.10	7.95	0.46	4	Barreno	Arcillolita color café oscuro, altamente meteorizada				

INGENIERIA GEOAMBIENTAL
 REGISTRO PERFORACION-PROYECTO CIUDAD BOLIVAR FASE II

000013

SITIO UBICACIÓN Escuela Moralba

POZO No: 2

CAJA No: EN-1

FECHA	TIPO DE AVANCE	PROF. INICIAL (m)	PROF. FINAL (m)	LONG. RECUPERAD (m)	MUESTRA NUMERO	TIPO MUESTRA	DESCRIPCION	SPT			OSERVACIONES
								N1 6"	N2 6"	N3 6"	
Mar 21/88	K-3	0.00	0.24	0.15		BQ	Repleno, resaca color amarillo quemado.				Totamente seco.
	K-5	0.24	0.88	0.31		BQ	Arcilla gravosa café clara, muy consistente, plasticidad media.				Fisurada.
	K-2	0.88	1.00	0.12	1	BQ	Idem.				
	K-2	1.00	1.35	0.23	2	BQ	Limo café oscuro, algo orgánico.				Humedad alta.
	K-10	1.35	1.50	0.15		BQ	Arcilla gravosa café clara, muy consistente, plasticidad alta, muy orgánica.				
	K-10	1.50	2.15	0.55		BQ	Idem, tonsos negras, raíces.				
	K-10	2.15	2.74	0.10		BQ	Idem, algo gravosa				
	K-10	2.74	3.27	0.32		BQ	Bloque de arcilla, Ø 5.50 cm.				
	K-10	3.27	4.21	0.43		BQ	Arcilla gravosa café clara, muy consistente, orgánica, algo arcillosa.				

REGISTRO PERFORACION-PROYECTO CIUDAD BOLIVAR FASE II

SITIO UBICACIÓN Estrella Moravia.

POZO No: 1
CAJA No: EM-2

000014

FECHA	TIPO DE AVANCE	PROF. INICIAL (m)	PROF. FINAL (m)	LONG. RECUPERAD (m)	MUESTRA NUMERO	TIPO MUESTRA	DESCRIPCION	SPT			OSERVACIONES
								N1 6"	N2 6"	N3 6"	
	SPT	3.91	2.72	0.09		Split	Limo de color café oscuro.	12	12	18	Posiblemente es arcillolita muy metcorizada.
	SPT	3.92	4.07	0.09		Split	Arcillolita metcorizada café oscura con tonos grises, muy consistente.				Se reportó 0,35 m. opiox. de los cuales 0,12 se recuperaron.
	SPT	4.04	4.22	0.09		Split	Idem. Se encuentran fragmentos de roca.				Consistente. Muy buena recuperación.
	R-W	4.01	4.61	0.21	2	BQ	Idem. Al inicio arenisca fragmentada.				Se perfora con broca de tungsteno.
	R-W	4.60	4.73	0.24	3	BQ	Arenisca gris oscura muy friable.				Ciano medio.
	R-W	4.73	5.15	0.12		BQ	Idem.				Nuevamente broca de Diamante.
	R-W	5.15	5.36	0.20		BQ					
	R-W	5.36	5.72	0.25		BQ					
	R-W	5.72	6.30	0.25		Barrieno	Arcillolita gris clara con algo de arena.				
	R-W	6.30	7.00	0.40	4	BQ	Limo arenoso café claro, plasticidad media.				
	R-W	7.00	7.33	0.06		BQ	Arenisca gris oscura muy friable, resistencia baja.				

INGEOMINAS-INGENIERIA GEOAMBIENTAL
REGISTRO PERFORACION-PROYECTO CIUDAD BOLIVAR FASE II

SITIO UBICACION Escuela Moralba

POZO No: 1

CAJA No: EM-1

FECHA	TIPO DE AVANCE	PROF. INICIAL (m)	PROF. FINAL (m)	LONG. RECUPERAD (m)	MUESTRA NUMERO	TIPO MUESTRA	DESCRIPCION	SPT			OSERVACIONES
								N1 6"	N2 6"	N3 6"	
		0,0	0,24	0,20		BQ	Limo arenoso de color amarillo.				Recebo
	R-1	0,24	0,76	0,33		BQ	Limo orgánico negro, relleno.				Humedo.
	R-2	0,16	1,10	0,30		BQ	Idem.				
	R-3	1,10	1,33	0,23		BQ	Idem.				
	R-4	1,33	1,43	0,10		BQ	Idem.				
	R-5	1,43	1,64	0,20		BQ	Relleno limo gravoso color gris				
	R-6	1,64	2,34	0,02		BQ	Idem.				
	R-7	2,34	2,93	0,13		BQ	Arenisca en algo de matriz arcillosa de color gris oscuro.				No se encontró nada (en aprox 70 cm). No había presión por tubería.
	R-8	2,93	3,40	0,26		BQ	Limo de color café oscuro, algo gravoso.				
	R-9	3,40	3,77	0,30	1	BQ	Micilla de color café verdoso, alta plasticidad. Al principio algo limoso.				

000015

PROF (m)	U.S.C	MUESTRA No.	DESCRIPCION	LP	W _n	LL	PESO UNITARIO (Ton/m ³)	R.P.I. (kg/cm ³)
0.25			Capa Vegetal					1
0.50		1	0.30 m Arcilla café grisaceda con algunos bloques de areniscas, raíces, oxidada.					2
0.75		2	0.70 m Arcilla gris clara de alta plasticidad con algunos bloques de areniscas, presenta algo de oxidación. En general los bloques son subangulares.					3
1.00								4
1.25								4
1.50			1.20 m FIN EXCAVACION					4
1.75								4
2.00								4

SITO: Escuela N. CALBA

TRINCHERA: 2

FECHA: Nov 23/97

CONVENCIONES

LL - LIMITE LIQUIDO

LP - LIMITE PLASTICO

RPI - RESIST. PENETRACION INALTERADA

W_n - HUMEDAD NATURAL

INGEOMINAS - INGENIERIA GEOAMBIENTAL

PROYECTO CIUDAD BOLIVAR - FASE II

REGISTRO DE EXPLORACION DEL SUBSUELO - LEVANTAMIENTO DE TRINCHERAS

000017

PROF (m)	U.S.C	MUESTRA No.	DESCRIPCION	LP	W _n	LL	PESO UNITARIO (Ton/m ³)	R.P.I. (Kg/cm ³)
0.25			Capa Vegetal					1.234
0.50		1	Suelo residual producto de la meteorización de arcillolita, presenta algunas gravas (areniscas), seco, raíces, contaminado.	0.10 m				1.234
0.75			Arcilla café oscura muy plástica, tonos grises, raíces, muy húmeda.	0.40 m				1.234
1.00		2	Arcillolita meteorizada, algunas estructuras heredadas, color gris violáceo, humedad alta.	0.90 m				1.234
1.25								1.234
1.50				1.50 m				1.234
1.75								1.234
2.00								1.234

SITO: ESCUELA MORALBA

TRINCHERA: 1

FECHA: NOV 23/95

CONVENCIONES

LL - LIMITE LIQUIDO

LP - LIMITE PLASTICO

RPI - RESIST. PENETRACION INALTERADA

W_n - HUMEDAD NATURAL

INGEOMINAS - INGENIERIA GEOAMBIENTAL

PROYECTO CIUDAD BOLIVAR - FASE II

REGISTRO DE EXPLORACION DEL SUBSUELO - LEVANTAMIENTO DE TRINCHERAS

000019

ANEXOS

TABLA 2
REGISTRO HISTORICO DE PRECIPITACION MENSUAL
ESTACION EL DELIRIO E.A.A.B.
P(mm)

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1980	50.4	91.8	38.9	129.4	56.1	147.8	79	42.7	85.4	96.4	75.8	94.8	988.5
1981	9.4	41.9	63.3	127.9	188.5	152	98.6	73.4	75.1	164.2	126.2	38.8	1159.3
1982	132.7	54.5	107.2	157.2	115.9	120.9	190.6	141.3	62.9	85.8	57.2	78.3	1304.5
1983	47.1	117.5	120.2	178.7	87.4	59.2	163.1	123.1	69.1	61.3	35	62.1	1123.8
1984	103.4	85.1	42.1	65	102.3	186.8	109	133.7	101.3	41.1	157.9	20.8	1148.5
1985	28.7	16.4	64	87.6	141.4	100.3	109.3	80.1	78	187.2	126.2	27.8	1047
1986	29.9	163.6	142.9	114.2	122.1	249	286.2	112.6	62.7	178.6	86.7	47.9	1596.4
1987	28.9	43.6	112.3	85.3	163.4	93.7	195.1	121.6	36.6	123.9	47.8	78.8	1131
1988	1.8	30.5	50.1	23.3	58.4	104.5	149.8	81.9	101.9	165.1	117.4	104.3	989
1989	18.2	125.1	137.7	43.3	141.6	121.2	162.8	78.4	81.4	81.6	128.8	91.5	1211.6
1990	36.6	119.1	158.2	123.1	265.9	171.5	135.7	151.1	65	116.7	80.5	98.2	1521.6
PROMEDIO	44.3	80.8	94.3	103.2	131.2	137	152.7	103.6	74.5	118.4	94.5	67.6	1201.9

TABLA No. 1
RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO
SITIO: ESCUELA MORALBA

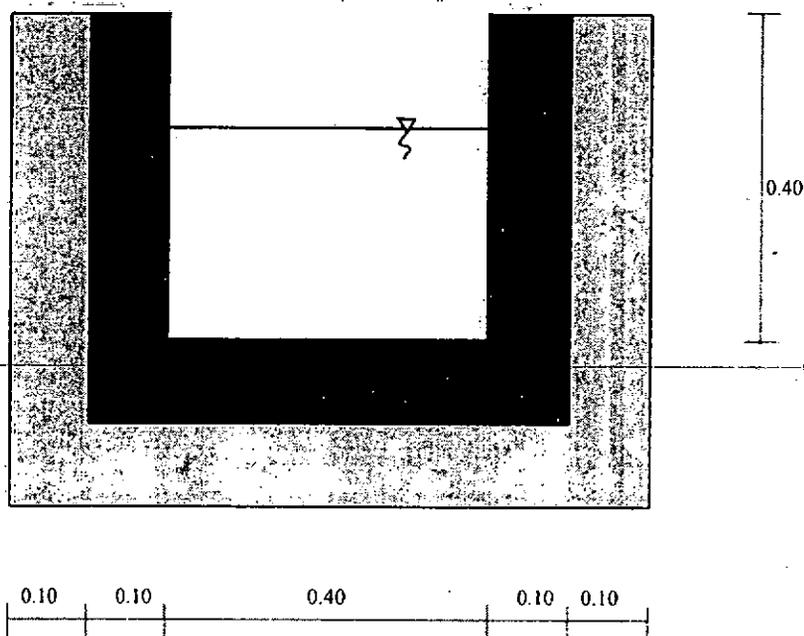
Perforación No.	Muestra No.	Profundidad (m)	Wn (%)	LL %	LP %	IP &	U.S.C.	γ (t/m^3)	q_u (kg/cm^2)	E_u (kg/cm^2)	E_{60} (kg/cm^2)	RPI (kg/cm^2)	LTN200	DESCRIPCION
1	1	3.40 - 3.77	27.4	47.1	26.9	20.2	CL	1.97				3.2		Arcilla limosa café verdosa
1	2	4.22 - 4.69	22.5	43.6	21.6	22	CL	2.29				4.5		Arcilla café grisácea oxidada (arcillolita)
1	3	4.69 - 4.93	13.8					2.23	4.84	461	461			Arcillolita gris meteorizada
1	4	6.80 - 7.60	23.8	37.4	21.8	15.6	CL	2.1				0.3		Arcilla arenosa café clara
1	5	7.83 - 9.33											27.2	Arena arcillosa habana oscura con algunas gravas
2	1	0.88 - 1.00	27.4	47.1	26.9	20.2	CL	1.97				3.2		Arcilla gravosa café clara
2	2	1.00 - 1.35	29.3	50.2	23.8	26.4	CH	2.05				1.4		Arcilla café oscura grisácea
2	3	4.66 - 5.22												
2	4	7.10 - 7.95	11.3					2.31	3.1	105	53			Arcillolita café oscura muy meteorizada, tonos lilas
2	5	8.05 - 9.17	10.9					2.29	11.25	557	557			Arcillolita gris clara muy meteorizada tonos violetas
3	1	4.05 - 4.46	5.9	34.8	16.6	18.2	CL	2.32	19.57	796	791			Arcillolita gris violeta meteorizada
3	2	4.46 - 5.00	3					2.27	17.65	1340	1340			Arcillolita gris clara, tonos morados

000022

TABLAS

FIGURA No. 4

Canal en gaviones



Gabión

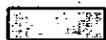
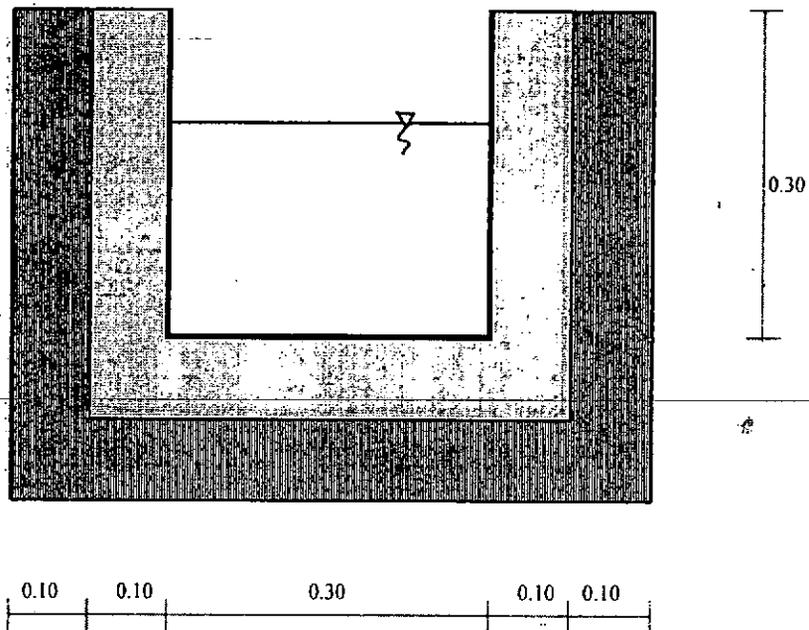


Recebo compactado

Esquema sin escala
Dimensiones en metros

FIGURA No. 4

Cuneta de recepción de las cunetas de 20 * 20



Hormigón

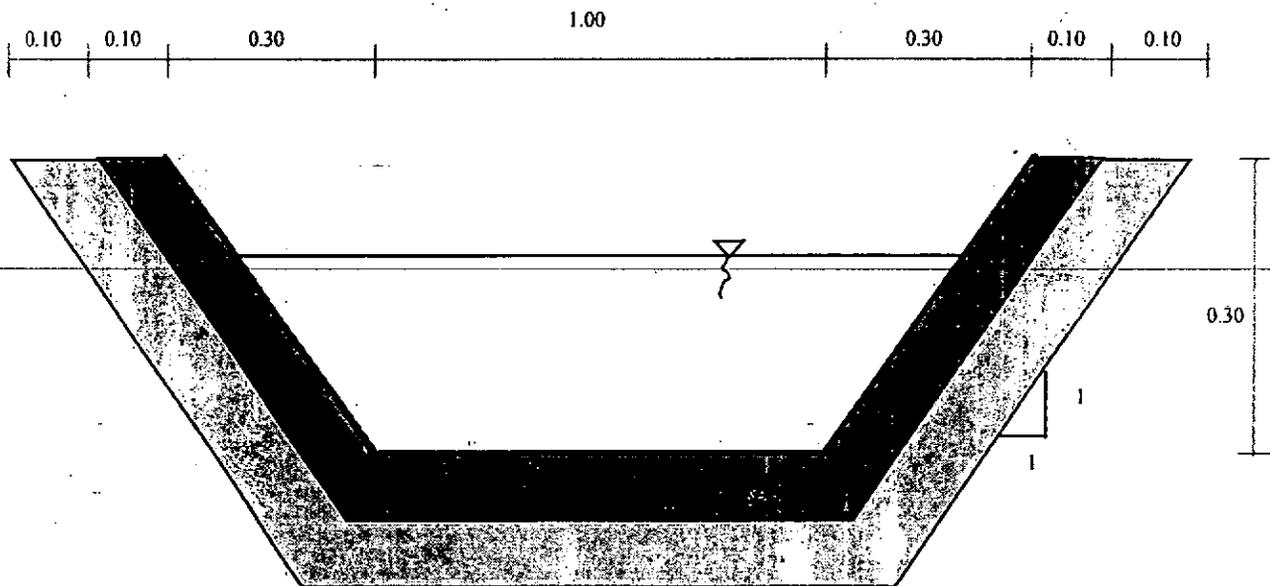


Recebo compactado

Esquema sin escala
Dimensiones en metros

FIGURA No. 4

Diseño del canal



Hormigón

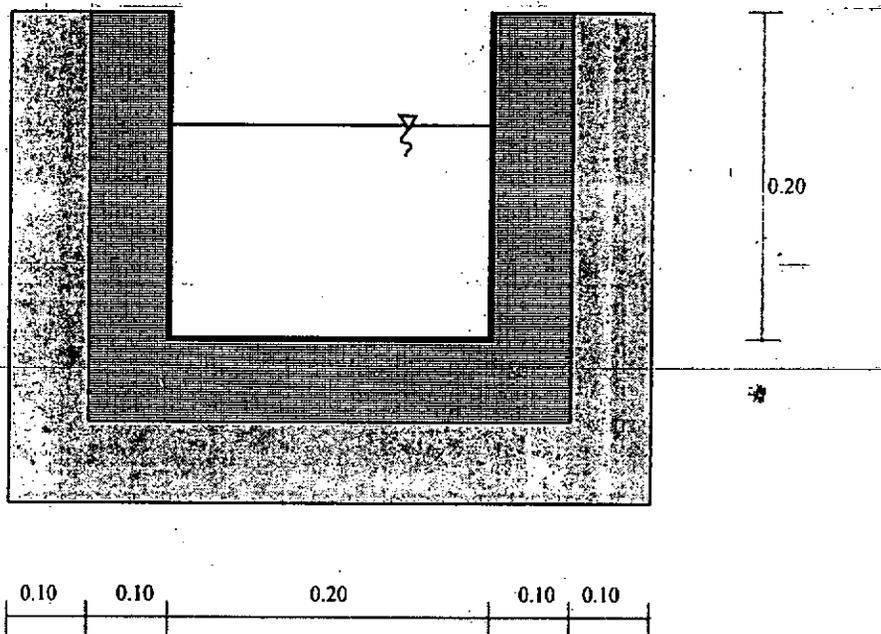


Recebo compactado

Esquema sin escala
Dimensiones en metros

FIGURA No. 4

Cuneta de coronación y de las vías



Hormigón



Recebo compactado

Esquema sin escala
Dimensiones en metros

FIGURA 3

HISTOGRAMA - ESTACION EL DELIRIO

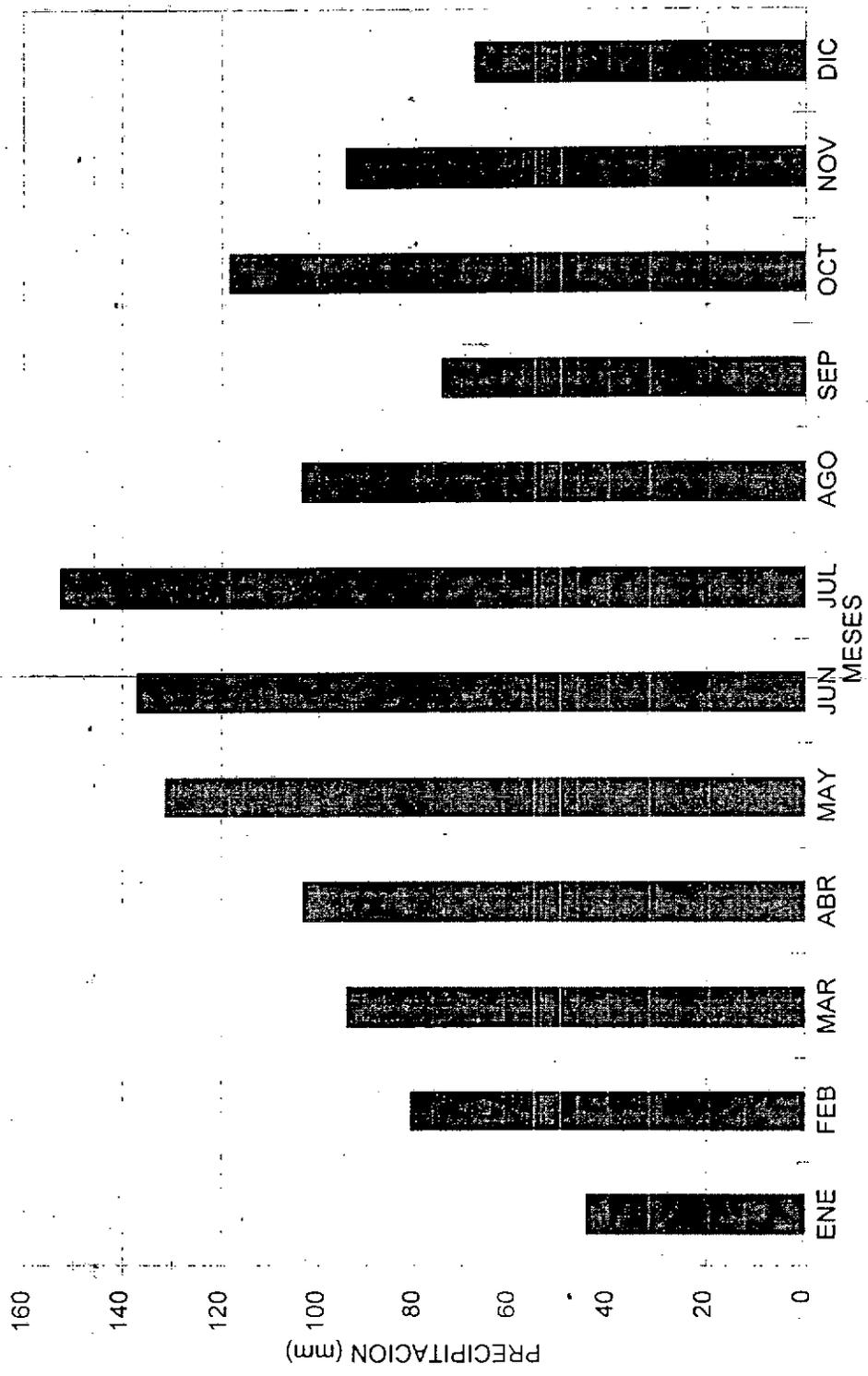
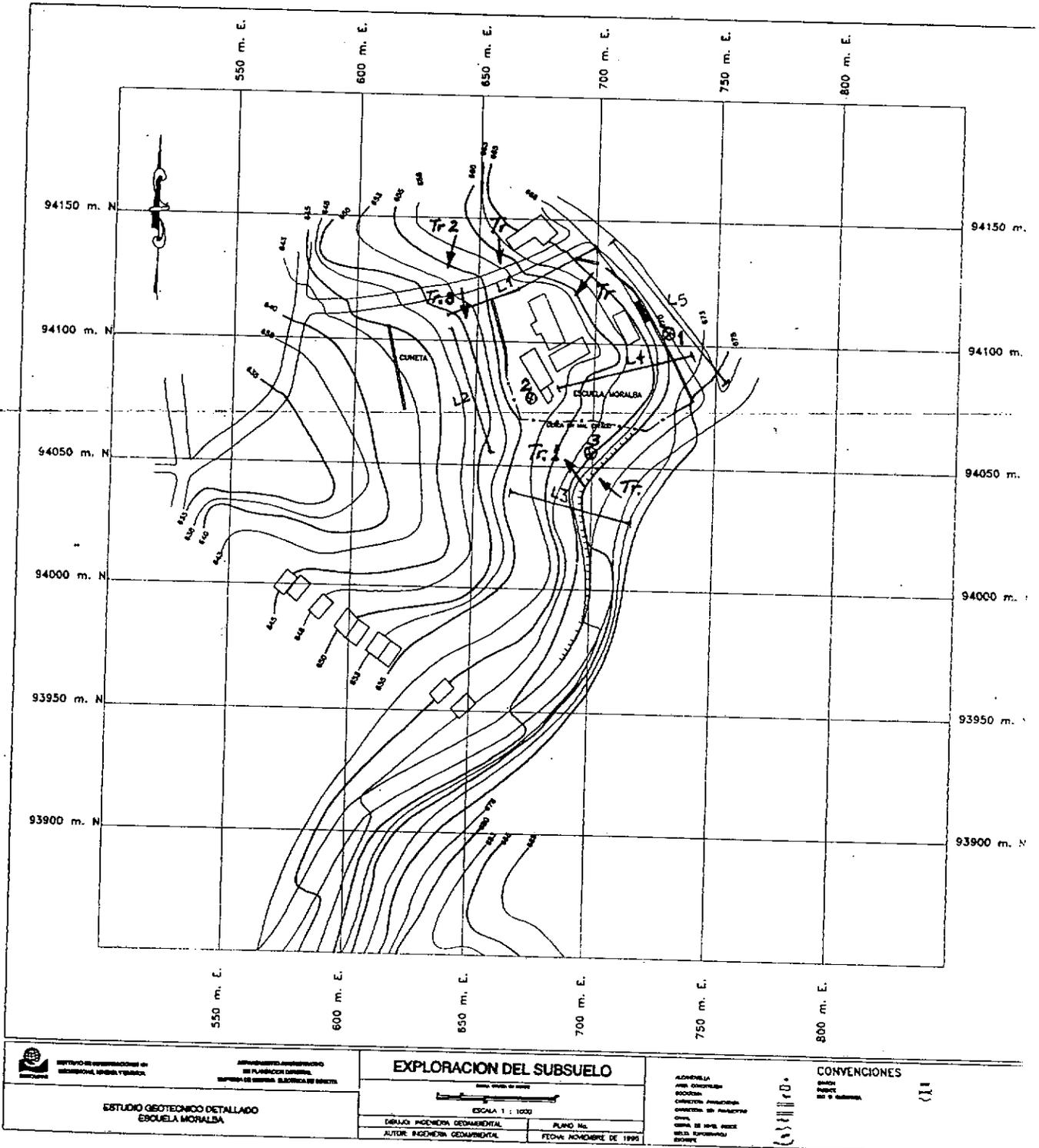


FIGURA 2



 <p>INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA DIRECCIÓN GENERAL DE PLANEACIÓN Y DESARROLLO SUPERVISIÓN DE OBRAS PÚBLICAS Y SERVICIOS</p> <p>ESTUDIO GEOTÉCNICO DETALLADO ESCUELA MORALBA</p>	<p>EXPLORACION DEL SUBSUELO</p> <p>ESCALA 1 : 1000</p> <p>DIBUJO INGENIERA GEOMORFOLÓGICA ALVARO INGENIERA GEOMORFOLÓGICA</p> <p>PLANO No. 1 FECHA: NOVIEMBRE DE 1995</p>	<p>CONVENCIONES</p> <p>  Línea Geofísica  Estación Macizo Rocoso  Trincheras </p>
--	--	---

 Línea Geofísica
 Estación Macizo Rocoso
 Trincheras

contacto con el macizo rocoso. El análisis de estabilidad consistió en la determinación de los mecanismos de falla y las obras de mitigación y control asociados.

6.2 Modos de Falla en depósitos recientes

Por el modo de conformación de este tipo de depósitos, y las evidencias de campo, se estableció que el principal modo de falla, y que involucra mayor volumen de material, es el flujo de tierras.

6.3 Evaluación de Estabilidad

La condición natural de inestabilidad de estos materiales, de composición heterogénea, hace que éstos sean tratados técnicamente para mejorar su estabilidad o deberán ser retirados parcial o totalmente para evitar futuros movimientos. El tipo de tratamiento definido con base en las características geométricas de los depósitos y los agentes detonantes, consiste en la intercepción y evacuación de las aguas de escorrentía, infiltración y sanitarias.

7.0 MEDIDAS CORRECTIVAS

Con base en los análisis presentados, se realizó una evaluación cualitativa desde el punto de vista económico, de operación y social, de las posibles medidas correctivas o de mitigación que permitieran recuperar el ambiente físico del área y disminuir los niveles de riesgo. Ver Plano No. 3.

Las medidas correctivas se definen como:

- Recuperación morfológica del talud oriental, mediante terraceo, los dos primeros escalones tendrán una inclinación máxima de 1.5H : 1.0V, el tercer nivel se hará con una pendiente 4.0H : 1.0V, las bermas tendrán anchos variables pero se conformarán con un bombeo mínimo del 5% hacia el interior del talud. Ver Anexo Corte 2-2'.
- En el talud sur, en el contacto con la vía a la cantera El Zuque, para evitar la pérdida de la banca, se construirá un muro en gaviones de 5 m de altura y 50 m de longitud, acompañado por una trinchera (b=0.70 m) dispuesta en el trasdos (espaldar) del muro, como se muestra en el Corte 3-3' del anexo de este informe.
- Canalización de la Quebrada Moralba, desde la parte posterior de la Escuela hasta la parte baja, en una longitud aproximada de 140 m. entregando al drenaje natural. El canal será en piedra pegada con sección transversal trapezoidal según se muestra en la Figura No. 4.

7.1 Obras Complementarias

Teniendo en cuenta que uno de los principales agentes detonantes de los problemas de inestabilidad es el agua, las soluciones expuestas deberán acompañarse con un adecuado manejo del agua de escorrentía e infiltración de las aguas servidas.

l = longitud de viaje km
 s = pendiente m/km
 tc = horas

Reemplazando los valores obtenemos tc = 15 minutos.
 Con tc = 10 min y para un Tr = 50 años obtenemos i = 96 mm/h

Por lo tanto:

$$Q = 0.88 \text{ m}^3/\text{s}$$

5.2 Análisis Hidráulico

En esta sección se calculan y se recomiendan las dimensiones mínimas necesarias de las obras de manejo para los caudales determinados en el numeral anterior (**Plano 3**).

Para evitar la socavación y mantener una velocidad menor a la máxima erosiva (2.8 m/s), se concluyó mejorar la sección hidráulica del cauce, para tal fin se diseñó una sección trapezoidal en piedra pegada.

5.2.1 Diseño del Canal:

Para el cálculo de la sección trapezoidal se utilizó la ecuación de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} * R^2 * \sqrt{S} * A$$

donde:

n = Coeficiente de rugosidad de Manning.

A = Área (m²).

R = Radio hidráulico (m).

s = Pendiente (m/m).

Q = Caudal (m³/s).

Para el diseño se seleccionó un n = 0.025 correspondiente a un material en piedra pegada. Resolviendo la ecuación de Manning por el método de Newton, se obtuvieron las siguientes dimensiones: b = 1.0 m; z = 1 m; y_n = 0.20 m; la sección típica se muestra en la **Figura 4**.

6.0 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

6.1 Generalidades

Sobre los depósitos recientes inconsolidados se observaron varios tipos de fenómenos de remoción en masa enunciados en el numeral 3.2, que se presentan principalmente a lo largo de su

habitantes del lugar, que en la mayoría de los casos constituyen verdaderas obstrucciones del flujo, trayendo como consecuencia la inundación de las zonas aledañas durante los inviernos. En ciertos casos, estas obras han perdido capacidad por causa de la acumulación de escombros y basuras, las cuales elevan considerablemente el fondo, de tal manera que con una adecuada limpieza pueden recuperar su normal operación.

5.1 Análisis Hidrológico de las Subcuencas

5.1.1 Precipitación

Para el análisis de la precipitación se utilizó la estación pluviométrica de El Delirio de la E.A.A.B. que es la más cercana a la zona de estudio, los registros indican una precipitación media multianual de 1202 mm (Tabla 2).

La característica general de la distribución anual de las lluvias se presenta en forma bimodal con periodos lluviosos entre los meses de abril a agosto y octubre, y periodos secos entre los meses de noviembre a marzo y septiembre (Figura 3).

La precipitación máxima mensual ocurre en el mes de julio con un valor de 152.7 mm.

5.1.2 Características Morfométricas

La Qda Moralba drena un área de 6.7 Ha, su cauce tiene una longitud aproximada de 484 m, descendiendo 110 metros y tiene una pendiente ponderada de 16 %, su comportamiento hidrológico es torrencial debido a su alta pendiente en la mayoría de su cauce, los niveles de agua crecen subitamente con la lluvia para casi desaparecer en los periodos secos.

5.1.3 Caudal Máximo

Para el cálculo del Caudal Máximo esperado, se utilizó el método racional. Definido por la ecuación:

$$Q = c \cdot i \cdot A$$

Donde Q es el caudal pico producido por un aguacero de intensidad i , uniformemente distribuido sobre el área de la cuenca A . El término c se denomina "coeficiente de escorrentía", su valor numérico se define entre 0 y 1, y depende de las características fisiográficas de la cuenca y de la cobertura del suelo. Para efectos de diseño se tomo $c = 0.50$ que corresponde a una zona suburbana.

Para determinar la intensidad de lluvia, se utilizó la curva intensidad frecuencia de la E.A.A.B., ésta a su vez depende del tiempo de concentración y del periodo de retorno. Para el cálculo del tiempo de concentración se empleo la formula de Kirpich.

$$t_c = 0.9466 (l/\sqrt{s})^{0.77}$$

Donde:

3.3.1 Prospección Geofísica

Se realizaron 5 líneas de prospección geofísica, que permitieron definir la geometría de los depósitos inconsolidados recientes. En la **Figura 2** se presenta la localización de las líneas de prospección.

3.3.2 Exploración Directa

3.3.2.1 Trincheras

Se aprovecharon los taludes de los costados norte y sur, sobre los cuales se levantaron tres (3) columnas estratigráficas, identificando tipo, espesores y condición local de los depósitos (**Anexo**).

3.3.2.2 Sondeos Mecánicos

En el cuerpo central del deslizamiento, en el talud sur y en el perímetro de la escuela, franjas oriental y occidental se realizaron perforaciones con equipo mecánico (rotación) para determinar el espesor y características del depósito movido; y deducir la superficie de falla (**Anexo**).

3.3.3 Ensayos de Laboratorio

Para la caracterización de los materiales en superficie se realizaron pruebas de clasificación, LL, Lp, Wn, γ_t (Tabla 1).

4.0 CARACTERÍSTICAS DEL SUBSUELO

En el área de estudio se diferencian dos tipos de suelos a saber, el primero encierra depósitos cuaternarios originados por alguno de los agentes de formación y propios del paisaje geológico; dentro de ellos se tienen los depósitos de suelo residual y de ladera. El segundo tipo de depósitos engloba estériles provenientes de explotaciones mineras del sector, utilizados para la conformación morfológica de las zonas de explotación; y constituidos por bloques heterométricos angulares y subangulares en matriz arcillosa, heterogénea anisotrópica y poco coherente, con espesores hasta de 6 m. Estos depósitos corresponden a los cuerpos principales sobre los que se han desarrollado los diferentes movimientos del sector.

5.0 ANÁLISIS HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

La red de drenaje del sector "Moralba" está conformada por una microcuenca, cuyo cauce principal, que en adelante se denominará Qda Moralba, se localiza sobre la margen derecha de Qda Chiguaza y en la parte alta de su cuenca.

En general, las estructuras existentes en la Qda Moralba y sus afluentes, se limitan a las obras de los cruces o intersecciones con las vías y/o simples accesos peatonales, algunos de ellos concebidos técnicamente, mientras que otros corresponden a tuberías instaladas por los

3.1.2 Geología Estructural

Los estratos del macizo rocoso presentan un rumbo promedio de N15E y buzamiento de 40 SE, cuya dirección es contraria a la pendiente topográfica de la ladera.

3.2 Geomorfología

El sector estudiado se ubica dentro de la unidad de origen estructural-denudacional, perteneciente a laderas medias de acumulación, con pendientes moderadas a suaves, intensamente disectadas y modeladas en rocas predominantemente arcillosas de la formación Bogotá.

El entorno geomorfológico está principalmente influenciado por la acción antrópica. Las actividades de explotación minera y el intenso desarrollo urbanístico han dejado condiciones heteromorfológicas, con variaciones entre formas onduladas y escarpes artificiales (taludes verticales) de alturas promedio de 20 m. El intenso desarrollo urbanístico, caracterizado por su falta de planeación y de cobertura de servicios públicos, ha contribuido al desarrollo de problemas de inestabilidad y por ende a la transición morfológica; ya que no sólo reducen la resistencia interna de la cobertura superficial de suelo, al permitir la libre circulación de los efluentes pluvial y sanitario; sino que además reconfiguran las laderas con escalonamiento.

La vegetación nativa ha desaparecido y ha dado paso a una cobertura eminentemente de pastos, o su pérdida, esto último facilita el desarrollo de erosión en surcos y cárcavas con profundidades del orden de las décimas de centímetros y con intensidad moderada.

El patrón de drenaje ha sido modificado; los cursos de agua, muy intervenidos, muestran desplazamiento lateral de su cauce; las márgenes se encuentran realzadas con rellenos de estériles (botaderos); y los efluentes, translocados, presentan modelos erráticos para su disposición, con concentraciones en cursos de agua con baja capacidad de transporte.

Entre los procesos morfodinámicos más sobresalientes en los taludes de corte de las canteras se tienen: erosión en surcos y cárcavas de intensidad moderada, y movimientos de remoción en masa como deslizamientos, reptación y flujo de tierras, de pequeña a moderada magnitud. Estos procesos han producido variaciones laterales en las laderas, caracterizado por presencia de depósitos de acumulación con formas onduladas, lobulares y de lengüetas en la base de los cortes.

3.3 Exploración del Subsuelo

La exploración del subsuelo involucró: la realización de cinco líneas de prospección geofísica, y exploración directa mediante trincheras y sondeos con equipos mecánicos. La **Figura 2** muestra la localización de los sondeos geofísicos y de las trincheras.

La red vial no obedece a una planificación urbana, y es el resultado de necesidades mediatas de la comunidad para lograr su accesibilidad. Las vías existentes no cuentan con los parámetros geométricos y técnicos adecuados ni con un sistema de drenaje que encauce las aguas de escorrentía superficial.

2.4 Topografía

Teniendo en cuenta los continuos cambios morfométricos a que está expuesta el área de estudio, para efectos del análisis y diseño de obras correctivas se realizó un levantamiento topográfico semidetallado, escala 1:1000 (**Plano 1**), destacando los aspectos del relieve local que involucraban las franjas críticas de estabilidad.

3.0 INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

La investigación geotécnica se realizó con base en un trabajo de campo que permitió caracterizar cualitativamente el área, identificar afloramientos de roca, cartografiar depósitos recientes, e identificar procesos denudativos presentes en el área y; de una exploración en profundidad de tal forma que permitiera definir la forma y/o geometría de los depósitos mediante métodos directos como sondeo y trincheras, e indirectos de prospección geofísica.

3.1 Geología

3.1.1 Geología de Superficie

En el área afloran rocas sedimentarias de edad terciaria, pertenecientes a la Formación Bogotá, conjunto Superior, y depósitos no consolidados del cuaternario.

La **Formación Bogotá Conjunto Superior (Tpbs)**, está constituida por una secuencia predominantemente de arcillolitas de color gris violáceo y amarillo, blandas y plásticas en estratificación, en general, gruesa a masiva; con delgadas intercalaciones de arenisca gris clara a gris verdoso y violáceo en estratos entre 10 a 50 cm de espesor, grano fino a medio, dureza media a blanda, muy friables.

Los **Depósitos no consolidados (Qsr, Qdp, Qre)**, están conformados por suelo residual, depósitos de ladera, materiales residuales y coluviales. Los **depósitos de suelo residual (Qsr)**, presentan espesores variables entre pocos centímetros y 2.0 m, afloran hacia la parte sur y occidental del área en estudio. Los **depósitos de ladera (Qdp)**; afloran principalmente hacia la parte norte y oriente del área, corresponden a materiales que han tenido algún transporte, primordialmente procedentes de movimientos en masa antiguos, caracterizados por tener matriz predominantemente arcillosa poco consolidada y espesores que oscilan entre los pocos centímetros y los 4.0 metros. Los **Materiales de desechos de explotación (Qre)** son estériles procedentes de las explotaciones de antiguas canteras con espesores que pueden alcanzar los 6.0 metros.

En el **Plano 2**, se encuentran cartografiadas las unidades definidas y descritas en los párrafos anteriores.

ESTUDIO GEOTÉCNICO ESCUELA MORALBA

1.0 INTRODUCCIÓN

De acuerdo a la Evaluación de Susceptibilidad y Amenaza Preliminar - Fase I (INGEOMINAS, 1995), el área de estudio se enmarca dentro de una zona definida en términos de categorías de estabilidad V con laderas que presentan deslizamientos frecuentes; se evidencian procesos antiguos de remoción en masa, alto grado de erosión, y los procesos denudativos se pueden asociar a períodos lluviosos.

El sector se caracteriza por presentar un alto nivel de riesgo, definido por un nivel amenaza alto que representa una ladera intervenida, sobre la cual se encuentran depósitos recientes de estériles y materiales botados de desecho de construcción; y el alto grado de exposición de las instalaciones de la escuela que se encuentran en la inmediata vecindad a la pata del talud.

2.0 GENERALIDADES

2.1 Localización

El sector con problemas de estabilidad se localiza al norte del barrio Quindío sobre la margen izquierda de la vía que conduce a la cantera el Zuque, parte baja del barrio Moralba, y afecta directamente la escuela del mismo nombre (**Figura 1**).

2.2 Descripción del Problema

El sector "Moralba" corresponde a un paleovalle entallado en rocas de la formación Bogotá Conjunto Superior; reconfigurado por rellenos heterogéneos de matriz arcillosa.

Morfológicamente las laderas tienen pendientes promedio de 18 grados y localmente alcanzan inclinaciones de 50 grados, están conformadas en depósitos recientes de estériles que frente a la acción de las aguas lluvias reducen su resistencia interna y fluyen plásticamente. La acción del hombre como agente modificador del relieve y la ausencia de control en el drenaje son los principales factores detonantes de los problemas de inestabilidad en el área circundante.

Los sectores donde afloran las rocas de la Formación Bogotá Conjunto Superior no evidencian problemas de inestabilidad pero si de erosión y degradación del macizo rocoso por intemperismo.

2.3 Cobertura de Servicios Públicos

El sector presenta una cobertura total de servicio de acueducto, el cual se abastece de los sistemas Weisner, Tibitó y Vitelma. Mientras el servicio de alcantarillado sanitario es deficiente o no existe.

MEDIDAS DE CANTIDAD DE OBRA

OBRA : MORALBA
 PLANO : No 3
 EJECUTANTE : INGENIERIA GEOAMBIENTAL
 FECHA : ABRIL 1996



HOJA No DE

1	2	3	4	1	2	3	4
			1) GAVIONES				4) RECEO COMPACTADO
1	15						• Canal.
	50	750	m ³	1	0.25		
					2		
			2) EXCAVACION EN ROCA		150	75	m ³
1	24		• (Perfilado Tolud)				• Cunetas triangulares
	180	4320	m ³	1	0.05		
			• Cunetas triangulares.		0.48		
1	0.48				560	13.5	m ³
	0.05						• Cunetas Interceptoras
	560	13.5	m ³	1	0.25		
			• Cunetas interceptoras		2.4		
1	1.25				235	141	m ³
	50	62.5	m ³			224.5	m ³
1	1.25						5) MATERIAL DE FILTRO (GRAVAS)
	235	293.75	m ³				• Dren del Gavion
			• Drenes - Trincheras del	1	50		
1	4		Gavion.		4	200	m ³
	50	200	m ³				• Trincheras drenantes
			• Trincheras drenantes	1	2.5		
1	2.5				1.0		
	195	487.5			195	487.5	m ³
			• Gavion				• Filtro en Espina.
1	15			1	0.70		
	50	750	m ³		0.40		
			• Filtro en Espina.		164	45.42	m ³
1	0.70					733.42	m ³
	0.40						6) GRAVAS (φ=10cm)
	164	42.95	m ³				• Canal piedra pegada.
			• Cojas A.L.L.	1	150		
3	0.80				25		
	0.80				2	75	m ³
	0.70	1.35	m ³				• Cunetas interceptoras
			• Canal.	1	2.4		
1	0.70				0.25		
	2				235	141	m ³
	150	210	m ³			216	m ³
		6381.5	m ³				7) GEOTEXTIL
			3) CONCRETO f'c = 2500 psi				• Drenaje Gavion
			• Cunetas triangulares	1	10	500	m ²
1	0.05				50		• Trincheras drenantes
	0.48				7		
	560	13.5	m ³		195	1365	m ²
			• Cojas A.L.L.				• Filtro en Espina.
			(Paredes)	1	2.2		
3	0.80				164	360.8	m ²
	0.70					2225.8	m ²
	4	6.72	m ³				8) TUBERIA φ 6"
			(Base - Topo)				
5	0.80						
	0.80						
	0.70	0.384	m ³				
		20.60	m ³	1	10	10	m

**PROYECTO CIUDAD BOLIVAR FASE II
SITIO ESCUELA MORALBA**

Presupuesto Aproximado según Medidas Correctivas

ITEM	MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	Precio Unitario	valor total (Millones de \$)
1	Gaviones	m ³	750.00	72,015.00	54.01
2	Excavación en roca	m ³	6,381.50	14,071.00	89.79
3	Concreto 2500 psi	m ³	20.60	104,748.00	2.16
4	Recebo Compactado	m ³	229.50	14,798.00	3.40
5	Material de Filtro	m ³	733.40	27,500.00	20.17
6	Gravas (10< D <20 cm aprox.)	m ³	216.00	14,798.00	3.20
7	Geotextil no tejido 1600 PAVCO	m ²	2,225.80	795.60	1.77
8	Tubería asbesto-cemento clase 21	m	10.00	54,820.00	0.55
SUBTOTAL					175.04
A.I.U.(25%)					43.76
TOTAL					218.80

PRE-MOR.XLS

NOTA: Estos precios no incluyen I.V.A.

000037