DEPTO. ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE-DAGMA

DISEÑO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN DE LOS RIOS LILI, MELENDEZ Y CAÑAVERALEJO (CALI)

VOLUMEN II

INFORME FINAL - ANEXOS E, F, G y H

CALI, NOVIEMBRE DE 1997

HIDRO ESTUDIOS LTDA.

HIDRO ESTUDIOS LTDA.

DEPTO. ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE-DAGMA

DISEÑO DE LAS OBRAS DE PROTECCIÓN DE LOS RIOS LILI, MELENDEZ Y CAÑAVERALEJO (CALI)

VOLUMEN II

INFORME FINAL - ANEXOS E, F, G y H

CALI, NOVIEMBRE DE 1997

Avenida 4 Norte No. 6N-67 - Oficina 305 - Tels. 6670076-6670077-6670078-FAX 6673298 - A.A 5247
Email: hidroe-ltda @ emcali.net.co
CALI- COLOMBIA

INDICE DE ANEXOS

VOLUMEN I:

ANEXO A HIDRAULICA

ANEXO B CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO

ANEXO C ESPECIFICACIONES

ANEXO D PLANOS

VOLUMEN II:

ANEXO E GEOMORFOLOGIA

ANEXO F MEMORIA TECNICA

ANEXO G HIDROLOGIA

ANEXO H SUELOS

ANEXO E
GEOMORFOLOGIA

RIO LILI

1. GENERALIDADES.-

El Río Lilí nace en el flanco oriental de la cordillera Occidental en las estribaciones medias del sector norte del Parque Nacional Natural Los Farallones. El río en general corre de occidente a oriente en busca de la desembocadura actualmente sobre el Canal CVC - Sur. En la parte plana del Valle, el río pasa por el sur de la ciudad de Cali.

En su recorrido inicial, deja las cabeceras de las montañas de los Farallones y entra finalmente a la parte plana del valle geográfico del río Cauca en donde se encuentra confinado por las geoformas del cono de deyección del río Melendez sobre la margen izquierda y la formación Popayán sobre la margen derecha. Esas unidades de geología superficial son de consistencia dura con lo que le propician al río un cierto grado de restricción al cambio de su curso.

De otra parte el río Lilí, en el sector urbano de Cali, no presenta problemas por sedimentación o profundización de su cauce. El aporte de sedimentos gruesos (tamaño máximo 10 cms) es mínimo, al punto que no hay necesidad de extraerlo para el mantenimiento del cauce.

2. Geología superficial.-

La geología superficial se revisó en el informe CVC No. 71-4 e Ingeominas No. 1568 del año 1971 titulado Hidrogeología del Valle del río Cauca entre Santander de Quilichao y el río Sonso. Este informe se consultó en la Biblioteca de la CVC. Ver Figura 3.

La geología superficial, que también se podría definir en este caso como la geomorfología del sector, permite identificar la unidades geológicas presentes en el área de interés. La Figura 3 indica la geología superficial del sector de interés. Las geoformas presentes en el sector y que corresponden al período Cuaternario de la formación del planeta son preponderantemente de origen deposicional y están definidas así:

Cauce aluvial (Q6).

Es el depósito aluvial acumulado principalmente en la llanura y márgenes del río. Esta geoforma, es la más inherente a la identificación del río y la más reciente. Este río a lo largo de su recorrido esta acompañado de esta geoforma de origen fluvial y lateralmente del cono del río Melendez. La escasa existencia de unidades geomórficas en el sector permite asegurar la poca dinámica que tiene en planta el río.

Cono del Río Melendez

El río Lilí no tiene propiamente cono de Deyección, sin embargo, sobre su margen izquierda, en la parte del piedemonte se encuentra el cono del río Melendez. Constuido por los sedimentos provenientes de la cuenca de drenaje del río Melendez, que se depositan en el piedemonte de la cordillera, en el sector en donde el río entra a integrarse al valle geográfico del río Cauca. La formación de este cono, que por cierto no es pronunciada

topográficamente, es la respuesta al cambio de la pendiente del río entre el sector de montaña y el tramo del valle geográfico de menor pendiente.

En el sector de interés esta geoforma se inicia aproximadamente aguas arriba de la confluencia de la quebrada El Burro y continua por la margen izquierda hacia aguas abajo, cerca a la calle 5a.

Formación Popayán (TQplp)

Esta formación comprende eminentemente los inicios de las pequeñas colinas del sector, especialmente sobre la parte más baja de las estribaciones de la cordillera, en este caso alcanza a incluir toda parte plana de la margen derecha del cauce del río Lilí en el sector de estudio. El origen de esta unidad es sedimentario.

Aguas arriba, los barrancos del cauce (de 3.5 a 7 metros de altura aproximadamente) están conformados por sedimentos finos del tipo limos-arcillosos o arcillas-limosas de color amarillo rojizo. Por debajo de ese nivel se encuentran bolsas de gravas redondeadas de tamaño intermedio en medio de una matriz limo-arenosa de origen aluvial.

Para efectos de estabilidad del cauce, esta geoforma tiene muy buena consistencia de tal manera que le permite al río permanecer cautivo en el actual cauce.

Zonas desecadas y rellenos de cauce (Q5)

Son zonas de antiguos pantanos resecados e inundados en varios períodos y finalmente secadas artificialmente. Los rellenos del cauce corresponden a los depósitos de los cauces secos abandonados.

En el sitio de estudio, esta geoforma se localiza en la parte de aguas abajo donde el río entrega sus aguas al canal CVC Sur (ver figura 3 anexa).

3. Morfología del río Lili.-

Mediante la revisión de la morfología cronológica del río Lilí en el tramo en estudio, se lograron identificar los cambios artificiales que ha tenido el río Lilí en su recorrido a través del tiempo. Para este efecto se utilizó tanto la topografía detallada levantada para el estudio (1994) como la cartografía Sadec y las fotos aéreas del Igac. El caso más importante que se observa es el corte de las curvas del río inmediatamente aguas abajo del puente de la vía Panamericana y en las inundaciones de las oficinas actuales de Constructora Meléndez S.A.

Del análisis morfológico se deduce que el Lilí en el tramo de interés incluyendo los cortes de las curvas ya mencionados ha sufrido cambios en su recorrido planimétrico.

Utilizando la topografía de este año, se tomaron mediciones de longitud del Valle y del cauce, con el propósito de determinar la sinuosidad del tramo en estudio.

LONGITUD VALLE (m)	LONGITUD CAUCE (m)	SINUOSIDAD
4390	5345	1.22

Cabe destacar que para el análisis de sinuosidad se abarcó el tramo del río comprendido entre la avenida Cañasgordas y la desembocadura en el Canal CVC.

Los valores de sinuosidad para las cartografías, no se calcularon debido a la limitante de las escalas que no permiten tomar medidas con buen grado de apróximación.

En conclusión, el río históricamente ha permanecido estable y es de esperar que así continúe, pues su poca sinuosidad elimina el problema de cortes naturales de curvas, que son en parte los que definen la dinámica de un río.

4. Clasificación del Río Lili.-

Inicialmente se puede definir el río, como un elemento del sistema de drenaje de una cuenca, encargado de evacuar los excesos de precipitación de la misma, así como los residuos del proceso de intemperización natural de las rocas.
Todos los ríos se pueden clasificar de acuerdo con diversas características como son: su libertad para ajustar su forma y su gradiente, su período de desarrollo en el ciclo de erosión, la historia de su desarrollo sobre la superficie de la tierra, la naturaleza de la carga de sedimentos, su caudal, su geometría, su cantidad de cauces y su grado de estabilidad.

El sector del río Lilí en estudio, que abarca una longitud aproximada de 5345 metros, inicialmente se puede clasificar como un cauce de tipo aluvial debido

a que tiene relativa libertad para ajustar sus dimensiones, forma y pendiente, en respuesta a los diferentes caudales que puede aportar la cuenca y cuyo lecho está compuesto del mismo material transportado por el río. Es de tener en cuenta que la mayor libertad para modificar sus dimensiones está en su fondo o lecho ya que sus barrancos los conforman geoformas más consistentes y duras.

La clasificación que se utilizó para el caso del río Lilí se hizo de acuerdo a la teoría de los cauces aluviales. En esta clasificación se utilizan las formulaciones o ecuaciones definidas Schumm así:

$F = 255\ M^{-1.08}$

$F = B/y$

$M = 55/Qb$

$S = Lc/Lv$

Donde:

F = Relación ancho/profundidad del cauce

M = Porcentaje de limo - arcilla en el perímetro del cauce

B = Ancho en la superficie del cauce (m)

y = Profundidad media del cauce = A/B (m)

Qb = Carga de fondo (% de la carga total)

S = Sinuosidad

Lc = Longitud del cauce (m)

Lv = Longitud del valle (m)

Otros parámetros

Q = Caudal (m^3/s)

A = Area de sección mojada (m^2)

P = Perímetro mojado (m)

b = Ancho en la plantilla del cauce (m)

Yn = Profundidad normal (m)

Rh = radio hidráulico (m)

Z = Talud de los barrancos del cauce

i = Pendiente promedia del río

Para efecto de aplicar esta teoría, inicialmente se dedujeron algunas características del cauce para la sección media del río Lilí.

Para el análisis se utilizó un caudal formativo correspondiente a un período de retorno de 1 en 2.33 años. Se utilizó este caudal porque es el que en el supuesto de permanecer constante en el tiempo, formaría un cauce similar al que tiene el río en la actualidad. En estas condiciones algunas características del cauce para cada uno de los cinco tramos en que se dividió el río, teniendo presente los valores de F, M y Qb, son los siguientes:

CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS DEL RIO LILI
TRAMOS A, B, C, D y E

TRAMO	S	b	Yn	Z	F	M	Qb	Q2,33	B
	(%)	(M)	(M)			(%)	(%)	(M/S)	(M)
A	0.321	3.56	2.56	1.43	4.25	44.30	1.24	36.8	10.88
B	0.364	4.04	2.42	0.99	3.65	51.01	1.08	35.4	8.83
C	0.264	4.39	1.98	1.02	4.26	44.21	1.24	28.9	8.43
D	0.316	4.67	1.68	0.93	4.64	40.84	1.35	26.2	7.79
E	0.432	6.58	1.51	1.48	7.32	26.78	2.05	26.2	11.05

Analizados los anteriores resultados y con base en la teoría de clasificación de ríos aluviales, se puede definir al río Lilí en los siguientes términos:

Río de cauce sencillo, con transporte predominante de carga en suspensión, (M > 20 y Qb < 3), de pequeña a mediana relación ancho/profundidad (F < 10), de gradiente suave a moderado, y de moderada sinuosidad (S= 1.22, S < 2). Para tener en principio un cauce aluvial completamente estable debería la sinuosidad estar en el orden de 2, pero como ya se vió, la geomorfología del sector no le permite mayores libertades para desarrollar tortuosidad en su recorrido. Sin embargo, las condiciones que actualmente muestra el río permiten asegurar que el río permanece en condiciones de relativa estabilidad lateral y de fondo.

Respecto al rango de modelos de cauces, el tramo de estudio presenta características similares al modelo 12 presenta una estabilidad lateral media a alta.

Esta clasificación permite inferir que el río Lilí ofrece en general buenas condiciones de estabilidad para concebir obras de control de desbordamientos.

RIO MELENDEZ

1. GENERALIDADES.-

Para efecto de este diseño se hizo un análisis del comportamiento histórico del cauce del río Meléndez en el tramo indicado anteriormente, para este fin se contó con la siguiente información:

DESCRIPCION	ESCALA	FUENTE	AÑO
Cartografía	1:10000	IGAC	1954
Cartografía	1:10000	IGAC	1976
Fotografías aéreas	1:36000	IGAC	1957
Topografía	1:1000	MELENDEZ S.A.	1994

En la figura 1 se encuentra la superposición de los alineamientos del cauce del río Meléndez, correspondientes a las dos cartografías y a la topografía, se descartó el correspondiente a las fotografías aéreas por tener aproximadamente la misma fecha de la primera cartografía.

Utilizando la topografía de este año, se tomaron mediciones de longitud del valle y del cauce, con el propósito de determinar la sinuosidad de el tramo en estudio, los valores encontrados para el año 1994 son:

Longitud del valle= 3835 m
Longitud del cauce= 5647 m

Sinuosidad= Lc/Lv= 1.47

Los valores de la sinuosidad para los años 1954 y 1976, no se calcularon, debido a que las escalas en que se encuentran las cartografías disponibles no permiten medir con buena aproximación la longitud del cauce.

2. CLASIFICACIÓN DEL RÍO MELÉNDEZ.-

Inicialmente se puede definir río como un elemento del sistema de drenaje de una cuenca, encargado de evacuar los excesos de precipitación de la misma, así como los residuos del proceso de intemperización natural de las rocas.

Todos los ríos se pueden clasificar de acuerdo a diversas características como son: Su libertad para ajustar su forma y su gradiente, su período de desarrollo en el ciclo de erosión, la historia de su desarrollo sobre la superficie de la tierra, la naturaleza de la carga de sedimentos, su caudal, su geometría, su cantidad de cauces y su grado de estabilidad.

El tramo del río Meléndez en estudio que abarca una longitud actual, aproximada de 5600 metros, inicialmente se puede clasificar como un cauce de tipo aluvial debido a que tiene relativa libertad para ajustar sus dimensiones, forma y pendiente en respuesta a los diferentes caudales que puede aportar la cuenca y cuyo lecho y bancas (pata de barranco) están compuestos del mismo material transportado por el río.

La clasificación que se utiliza para el caso del río Meléndez se hace de acuerdo a la propuesta por Schumm (1968), la cual tiene en cuenta el tipo de carga de sedimento y las observaciones de campo.

La clasificación propuesta por Schumm se fundamenta en las siguientes ecuaciones:

$F = 255M^{-1.08}$

$F = B/y$

$M = 55/Qb$

$S = Lc/Lv$

Donde:

F = Relación ancho/profundidad del cauce

M = Porcentaje de limo-arcilla en el perímetro del cauce

B = Ancho en la superficie del cauce (m)

y = Profundidad media del cauce (m)

Qb= Carga de fondo (% de la carga total)

S = Sinuosidad

Lc= Longitud del cauce (m)

Lv= Longitud del valle (m)

Otros parámetros

Q = Caucal (m3/seg)

A = Area de la sección mojada (m2)

P = Perímetro mojado (m)

b = Ancho en la plantilla del cauce (m)

Yn= Profundidad normal (m)

Rh= Radio hidráulico

Z = Talud de los barrancos del cauce

t = Pendiente promedio del río

Para este análisis se utilizó un caudal formativo correspondiente a una frecuencia de 2,33 años (ver cuadro anexo).

A continuación se resumen las características del cauce para todos y cada uno de los 3 tramos en que se dividió el río.

Los valores encontrados para estas características del río Meléndez, son las siguientes:

- **CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DEL RÍO MELÉNDEZ.-**

B(m)= 11.56	Lc(m)= 5647
y(m)= 1.82	Lv(m)= 3835
F = 6.35	S = 1.47
M(%)= 30.55	Qb(%)= 1.80

Los valores de B y Y, fueron calculados con la sección media de todo el tramo, de acuerdo a la información indicada en el cuadro 2 (b= 7.19m z=1.20, s= 0.0057 y n= 0.035) y con el valor del caudal para un período de retorno de 2.33 años en la Calle 5a. el cual tiene un valor de 44.2 m3/s.

Analizados los anteriores valores con base en el Cuadro 1 y en las Figuras 4, 5 y 6 y la teoría de clasificación de ríos propuesta por Schumm, se puede definir el río Meléndez en los siguientes términos:

El río Meléndez tiene un cauce sencillo, con transporte predominante de carga en suspensión de mediana sinuosidad (S<2), de pequeña a mediana relación ancho/ profundidad (F<10); el transporte de fondo está constituido por sedimentos de tamaño pequeño y el río corre por un valle de baja pendiente con lo que tiene una baja velocidad, una baja potencia de corriente y por ello una baja carga de sedimentos.

Respecto al rango de modelos de cauces presentados en la Figura 5, el tramo de estudio presenta características similares al modelo 12 y según las Figuras 4 y 6, el cauce presenta una estabilidad lateral media a alta y un cauce estable.

De acuerdo a los valores de F y M encontrados y al Cuadro 1, el río presenta un transporte de sedimentos en suspensión y un cauce estable, lo cual garantiza que el cauce presenta buenas condiciones para concebir obras de control de desbordamientos.

ANÁLISIS DE RESULTADOS.-

Realizando un análisis de la cartografía existente, ver Figura 1, de la fotografía aérea de 1957, ver Figura 3, de la topografía de 1994 y de las características físicas del cauce; se observa que el único cambio significativo que ha ocurrido en el cauce del río Meléndez en los últimos 40 años, se presenta en el tramo comprendido entre la entrega del canal Nápoles y la calle 17 y se debió a la adecuación de terrenos para el cultivo de caña en la década de los 50, con lo cual se rectificó el cauce en un tramo aproximado de 650 m. Por lo tanto el río se puede decir que es estable y no presenta problemas de desplazamientos laterales pronunciados o cortes en las curvas.

RIO CAÑAVERALEJO

1. GENERALIDADES.-

El área en estudio se encuentra ubicado en las estribaciones de la cordillera occidental, presenta geoformas erosionales debidas a agentes atmosféricos.

Se presenta una morfología de cerros suavemente angulares, con drenaje dendrítico, es decir se desarrolla en áreas sin control estructural ni litológico: el área drenada se asemeja a los ramales de un árbol, con corrientes cuyo curso es irregular y sus tributarios fluyen sobre los principales desde cualquier ángulo. Las corrientes que definen el modelo son de tipo insecuente (siguen un curso aparentemente no controlado).

Los procesos de degradación crecen geoformas erosionales, las cuales mediante acumulación en un proceso constructivo, crecen las geoformas deposicionales.

En el área en estudio, asociada al río Cañaveralejo, se ha cartografiado la geoforma Q6, la cual se describe como cauce aluvial ó depósito aluvial acumulado en las llanuras y márgenes de los ríos y arroyos.

Al rededor de esta geoforma (Q6), afloran rocas clasificadas en el grupo "dolerítico con intercalaciones sedimentarias" (KsDs). Estas rocas forman parte del flanco oriental de la cordillera Occidental.

Su textura es afanítica, fanerítica de color gris azuloso o verde oscuro cuando están frescas. Una vez descompuestas forman suelos rojos lateríticos de varios metros de espesor. Por su litología, pueden descartarse como acuíferos.

2. DINAMICA DEL CAUCE.-

Según la definición geomorfológica del área en estudio, es de esperarse que el río Cañaveralejo sufra en su dinámica cambios en su recorrido a través del tiempo, los cuales estarían asociados con agentes atmosféricos y agentes externos a la dinámica natural del río, tales como invasión del cauce, cambio premeditado de su cauce, bote de escombros, etc.

Según la superposición de las cartografías de IGAC (restitución de 1976) y la reciente restitución de Catastro Municipal (1995) en el sector de interés la Quebrada Cañaveralejo ha sufrido modificación en su cauce haciendo más pronunciadas sus curvas con el peligro evidente de interceptar las vías que lo circundan con las 2 márgenes. Este fenómeno está siendo agravado por el actual bote de escombros sobre el cauce de la quebrada, en este sector.

CONVENCIONES

IGAC - RESTITUCION 1976

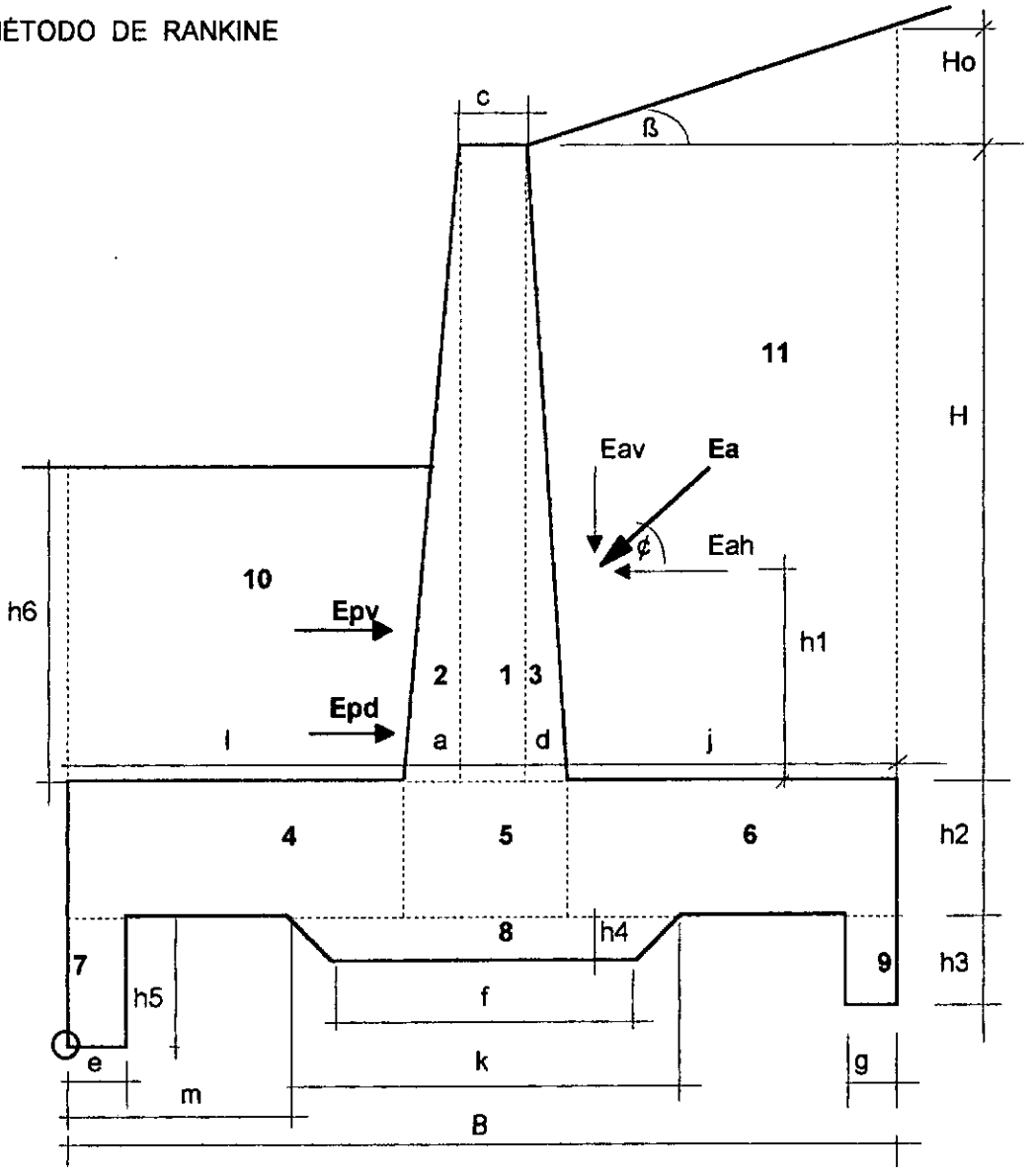
CATASTRO MUNICIPAL - FOTOGRAFIA AEREAS 1993 - RESTITUCION 1994/1995

HIDROESTUDIOS LTDA.	
DEPTO ADMTVO PARA LA GESTION DEL MEDIO AMBIENTE DIAGNOSTICO DE OBRAS DE MITIGACION RIO CANAVERALEJO MORFOLOGIA	
Fecha: NOV. DE 1.997	ESCALA: 1:5000

ANEXO F
MEMORIA TECNICA

PROTECCIÓN CONTRA INUNDACIONES DEL RÍO LILI
BARRIO VALLE DEL LILI - CALI
MUROS TIPO M1

MÉTODO DE RANKINE



DISEÑO GEOMETRICO (mts)				
a =	0.170	H =	3.300	
c =	0.200	Ho =	0.000	**
d =	0.000	h1 =	1.233	**
e =	0.000	h2 =	0.400	
f =	0.000	h3 =	0.000	
g =	0.000	h4 =	0.000	
l =	0.700	h5 =	0.000	
j =	1.280	h6 =	0.600	
k =	0.000			
m =	0.000	DIENTE=	0.000	**
B =	2.350			

Diente = al mayor valor entre h3,h4 y h5 usado para Epd

** = Calculados por el programa

PARAMETROS GEOFÍSICOS			
Peso Unit.suelo	§ =	1.90	t/m3
Ang. fricción int.	ç =	28.75	grad
	ç =	0.50	rad
Coefic. rozam.	µ =	0.35	
Capac. portante	qa =	1.30	k/cm2
	ß <= ¢ =	0.00	grad
	ß <= ¢ =	0.00	rad
Coefic. activo	Ka =	0.35045	
Coefic. pasivo	Kp =	2.85348	
Peso unit.concr	æ =	2.4	t/m3

Ea = ! *Ka *§ *(Ho+H+h2+h3)^2 = 4.5578 Ton
Eav = Ea * sen (ß) = 0 Ton
Eah = Ea * cos (ß) = 4.5578 Ton

Epv = 1/2 *Kp *§ *(h6+h2)^2 = 2.7108 Ton
Epd = 1/2 *Kp *§ *(h6+h2+H5)^2 = 2.7108 Ton

MOMENTOS ESTABILIZANTES

ELEMENTO	F (ton)	Wg(peso) (ton)	Brazo (m)	Momento (t*m/m)
Epv	2.711		0.333	0.904
Eav	0.000		1.070	0.000
1		1.584	0.970	1.536
2		0.673	0.813	0.548
3		0.000	1.070	0.000
4		0.672	0.350	0.235
5		0.355	0.885	0.314
6		1.229	1.710	2.101
7		0.000	0.000	0.000
8		0.000	0.970	0.000
9		0.000	2.350	0.000
10		0.798	0.350	0.279
11		8.026	1.710	13.724
	W =	13.337	***Me =***	19.641

MOMENTOS DESESTABILIZANTES

Md = Eah * h1 = 5.62124 ton*m/m

FACTORES DE SEGURIDAD

F.S.v= Me/Md= 3.4942 >=1.5 O.K.!

F.S.d= (μ*Wg+Epd)/Ea= 1.6189 >=1.5 O.K.!

CHEQUEO PRESIONES

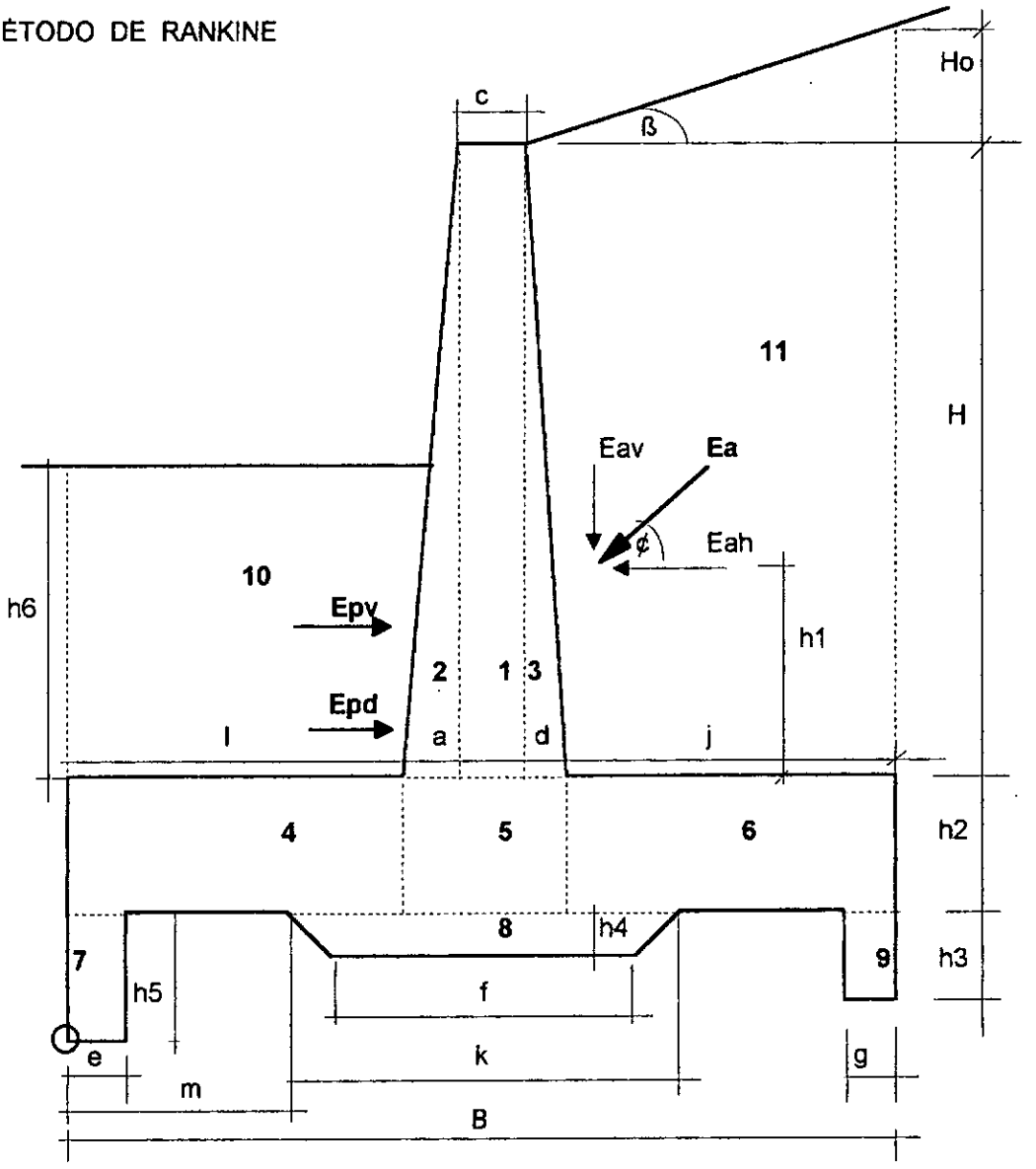
X_A = (Me - Md)/ Wg = 1.05125 m B/3= 0.7833 B/3<=Xa < 2*B/3 O.K.!

Excentricidad = e = (B/2- X_A) = 0.124 mts

q = (Wg/B)*(1 ± 6e/B) = Q_1= 7.468 t/m² = 0.747 Kg/cm² qa <= O.K. !!!
Q_2= 3.882 t/m² = 0.388 Kg/cm² qa <= O.K. !!!

PROTECCIÓN CONTRA INUNDACIONES DEL RÍO LILI
BARRIO VALLE DEL LILI - CALI
CHEQUEO MUROS PROTECCIÓN INUNDACIONES - TIPO 1

MÈTODO DE RANKINE



DISEÑO GEOMETRICO (mts)				
a =	0.000	H =	2.150	
c =	0.200	Ho =	0.000	**
d =	0.000	h1 =	0.833	**
e =	0.000	h2 =	0.350	
f =	0.000	h3 =	0.000	
g =	0.000	h4 =	0.000	
l =	0.400	h5 =	0.000	
j =	0.400	h6 =	0.600	
k =	0.000			
m =	0.000	DIENTE=	0.000	**
B =	1.000			

Diente = al mayor valor entre h3,h4 y h5 usado para Epd

** = Calculados por el programa

PARAMETROS GEOFÍSICOS			
Peso Unit.suelo	§ =	1.90	t/m3
Ang. fricción int.	ç =	28.75	grad
	ç =	0.50	rad
Coefic. rozam.	µ =	0.35	
Capac. portante	qa =	1.30	k/cm2
	ß <= ¢ =	0.00	grad
	ß <= ¢ =	0.00	rad
Coefic. activo	Ka =	0.35045	
Coefic. pasivo	Kp =	2.85348	
Peso unit.concr	æ =	2.4	t/m3

Ea = ! *Ka *§ *(Ho+H+h2+h3)^2 = 2.0808 Ton
Eav = Ea * sen (ß) = 0 Ton
Eah = Ea * cos (ß) = 2.0808 Ton

Epv = 1/2 *Kp *§ *(h6+h2)^2 = 2.4465 Ton
Epd = 1/2 *Kp *§ *(h6+h2+H5)^2 = 2.4465 Ton

MOMENTOS ESTABILIZANTES

ELEMENTO	F (ton)	Wg(peso) (ton)	Brazo (m)	Momento (t*m/m)
Epv	2.447		0.317	0.775
Eav	0.000		0.600	0.000
1		1.032	0.500	0.516
2		0.000	0.400	0.000
3		0.000	0.600	0.000
4		0.336	0.200	0.067
5		0.168	0.500	0.084
6		0.336	0.800	0.269
7		0.000	0.000	0.000
8		0.000	0.500	0.000
9		0.000	1.000	0.000
10		0.456	0.200	0.091
11		1.634	0.800	1.307
	W =	3.962	***Me*** =	3.109

MOMENTOS DESESTABILIZANTES

Md = Eah * h1 = 1.73399 ton*m/m

FACTORES DE SEGURIDAD

F.S.v= Me/Md= 1.793 >=1.5 O.K.!

F.S.d= (μ*Wg+Epd)/Ea= 1.8422 >=1.5 O.K.!

CHEQUEO PRESIONES

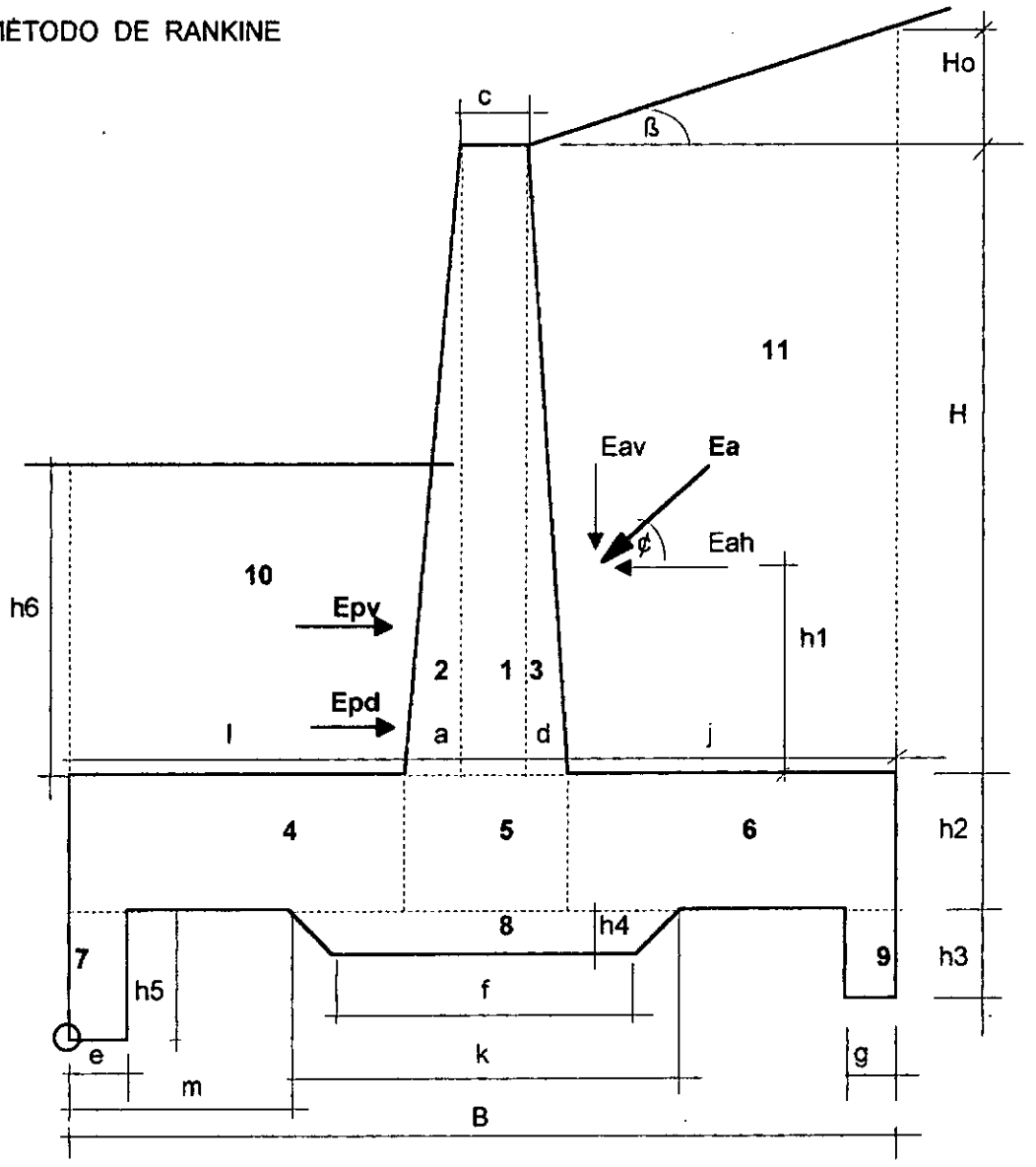
X_A = (Me - Md)/ Wg = 0.34708 m B/3= 0.3333 B/3<=Xa < 2*B/3 O.K.!

Excentricidad = e = (B/2- X_A) = 0.153 mts

q = (Wg/B)*(1 ± 6e/B) = Q_1= 7.597 t/m² = 0.760 Kg/cm² qa <= O.K. !!!
Q_2= 0.327 t/m² = 0.033 Kg/cm² qa <= O.K. !!!

PROTECCIÓN CONTRA INUNDACIONES DEL RÍO MELÉNDEZ
BARRIO LA PLAYA CON CALLE 5 - CALI
MUROS TIPO M1

MÈTODO DE RANKINE



DISEÑO GEOMETRICO (mts)				
a =	0.000	H =	3.000	
c =	0.200	Ho =	0.000	**
d =	0.150	h1 =	1.117	**
e =	0.000	h2 =	0.350	
f =	0.000	h3 =	0.000	
g =	0.000	h4 =	0.000	
l =	0.000	h5 =	0.000	
j =	1.650	h6 =	0.000	
k =	0.000			
m =	0.000	DIENTE=	0.000	**
B =	2.000			

Diente = al mayor valor entre h3,h4 y h5 usado para Epd

** = Calculados por el programa

PARAMETROS GEOFÍSICOS			
Peso Unit.suelo	§ =	1.90	t/m3
Ang. fricción int.	ç =	30.00	grad
	ç =	0.52	rad
Coefic. rozam.	µ =	0.45	
Capac. portante	qa =	2.50	k/cm2
	ß <= ¢ =	0.00	grad
	ß <= ¢ =	0.00	rad
Coefic. activo	Ka =	0.33333	
Coefic. pasivo	Kp =	3	
Peso unit.concr	æ =	2.4	t/m3

MuroM1

Ea = ½ *Ka *§ *(Ho+H+h2+h3)^2 = 3.5538 Ton
Eav = Ea * sen (ß) = 0 Ton
Eah = Ea * cos (ß) = 3.5538 Ton

Epv = 1/2 *Kp *§ *(h6+h2)^2 = 0.3491 Ton
Epd = 1/2 *Kp *§ *(h6+h2+H5)^2 = 0.3491 Ton

MOMENTOS ESTABILIZANTES

ELEMENTO	F (ton)	Wg(peso) (ton)	Brazo (m)	Momento (t*m/m)
Epv	0.349		0.117	0.041
Eav	0.000		0.300	0.000
1		1.440	0.100	0.144
2		0.000	0.000	0.000
3		0.540	0.250	0.135
4		0.000	0.000	0.000
5		0.294	0.175	0.051
6		1.386	1.175	1.629
7		0.000	0.000	0.000
8		0.000	0.100	0.000
9		0.000	2.000	0.000
10		0.000	0.000	0.000
11		9.405	1.175	11.051
	W =	13.065	***Me =***	13.051

MOMENTOS DESESTABILIZANTES

Md = Eah * h1 = 3.9684 ton*m/m

FACTORES DE SEGURIDAD

F.S.v= Me/Md= 3.2886 >=1.5 O.K.!

F.S.d= (μ*Wg+Epd)/Ea= 1.7526 >=1.5 O.K.!

CHEQUEO PRESIONES

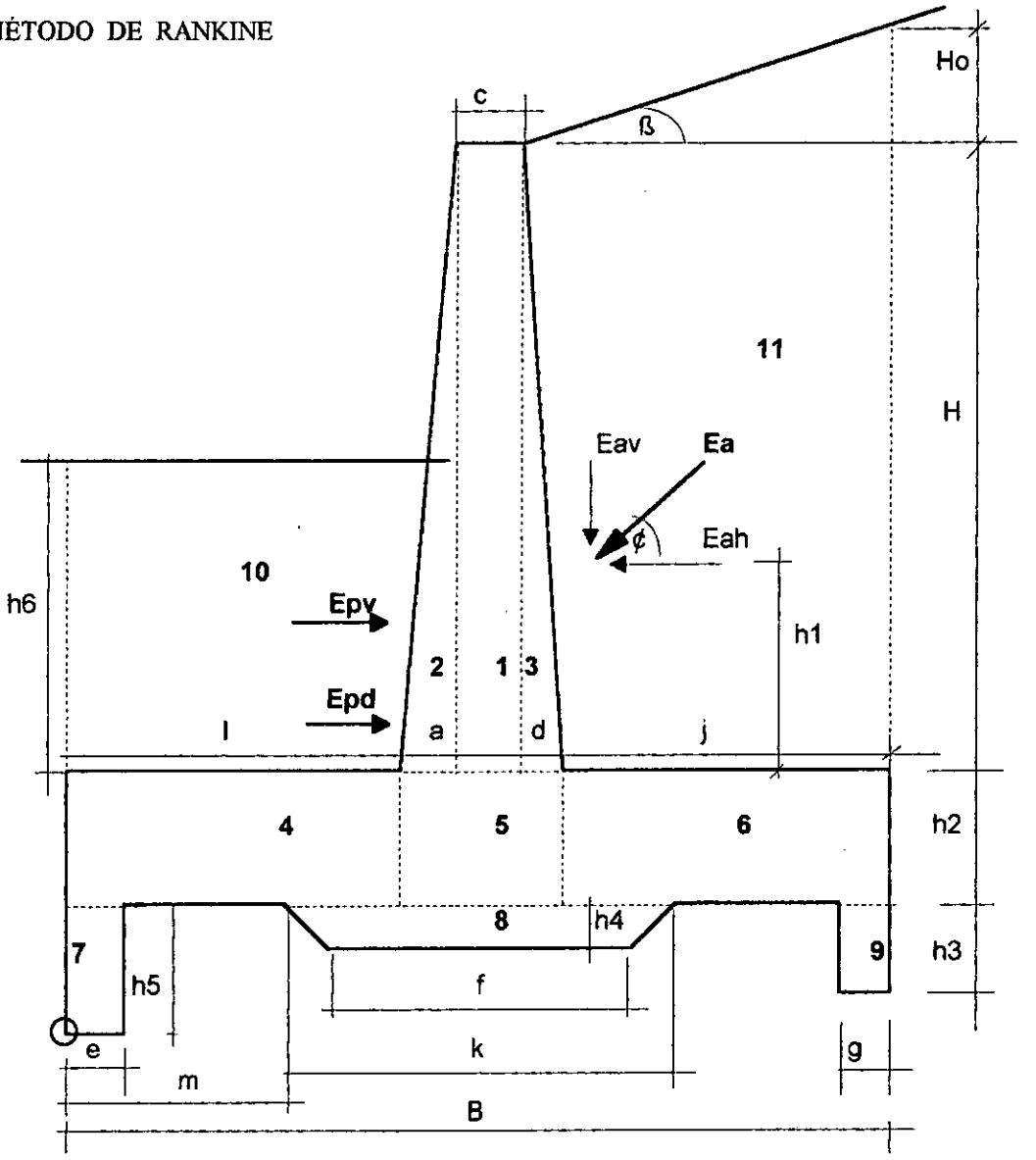
X_A = (Me - Md)/ Wg = 0.69516 m B/3= 0.6667 B/3<=Xa < 2*B/3 O.K.!

Excentricidad = e = (B/2- X_A) = 0.305 mts

q = (Wg/B)*(1 ± 6e/B) = Q_1= 12.507 t/m² = 1.251 Kg/cm² qa <= O.K. !!!
Q_2= 0.558 t/m² = 0.056 Kg/cm² qa <= O.K. !!!

PROTECCIÓN CONTRA INUNDACIONES DEL RÍO MELÉNDEZ
BARRIO LA PLAYA CON CALLE 5 - CALI
MUROS TIPO M2

MÉTODO DE RANKINE



DISEÑO GEOMETRICO (mts)				
a =	0.000	H =	3.510	
c =	0.200	Ho =	0.000	**
d =	0.175	h1 =	1.320	**
e =	0.000	h2 =	0.450	
f =	0.000	h3 =	0.000	
g =	0.000	h4 =	0.000	
l =	0.000	h5 =	0.000	
j =	1.875	h6 =	0.000	
k =	0.000			
m =	0.000	DIENTE=	0.000	**
B =	2.250			

Diente = al mayor valor entre h3,h4 y h5 usado para Epd

** = Calculados por el programa

PARAMETROS GEOFÍSICOS			
Peso Unit.suelo	§ =	1.90	t/m3
Ang. fricción int.	ç =	30.00	grad
	ç =	0.52	rad
Coefic. rozam.	µ =	0.45	
Capac. portante	qa =	2.50	k/cm2
	ß <= ¢ =	0.00	grad
	ß <= ¢ =	0.00	rad
Coefic. activo	Ka =	0.33333	
Coefic. pasivo	Kp =	3	
Peso unit.concr	æ =	2.4	t/m3

Ea = ! *Ka *§ *(Ho+H+h2+h3)^2 = 4.9658 Ton
Eav = Ea * sen (ß) = 0 Ton
Eah = Ea * cos (ß) = 4.9658 Ton

Epv = 1/2 *Kp *§ *(h6+h2)^2 = 0.5771 Ton
Epd = 1/2 *Kp *§ *(h6+h2+H5)^2 = 0.5771 Ton

MOMENTOS ESTABILIZANTES

ELEMENTO	F (ton)	Wg(peso) (ton)	Brazo (m)	Momento (t*m/m)
Epv	0.577		0.150	0.087
Eav	0.000		0.317	0.000
1		1.685	0.100	0.168
2		0.000	0.000	0.000
3		0.737	0.258	0.190
4		0.000	0.000	0.000
5		0.405	0.188	0.076
6		2.025	1.313	2.658
7		0.000	0.000	0.000
8		0.000	0.100	0.000
9		0.000	2.250	0.000
10		0.000	0.000	0.000
11		12.504	1.313	16.412
	W =	17.356	***Me*** =	19.591

MOMENTOS DESESTABILIZANTES

Md = Eah * h1 = 6.55491 ton*m/m

FACTORES DE SEGURIDAD

F.S.v= Me/Md= 2.9888 >=1.5 O.K.!

F.S.d= (μ*Wg+Epd)/Ea= 1.689 >=1.5 O.K.!

CHEQUEO PRESIONES

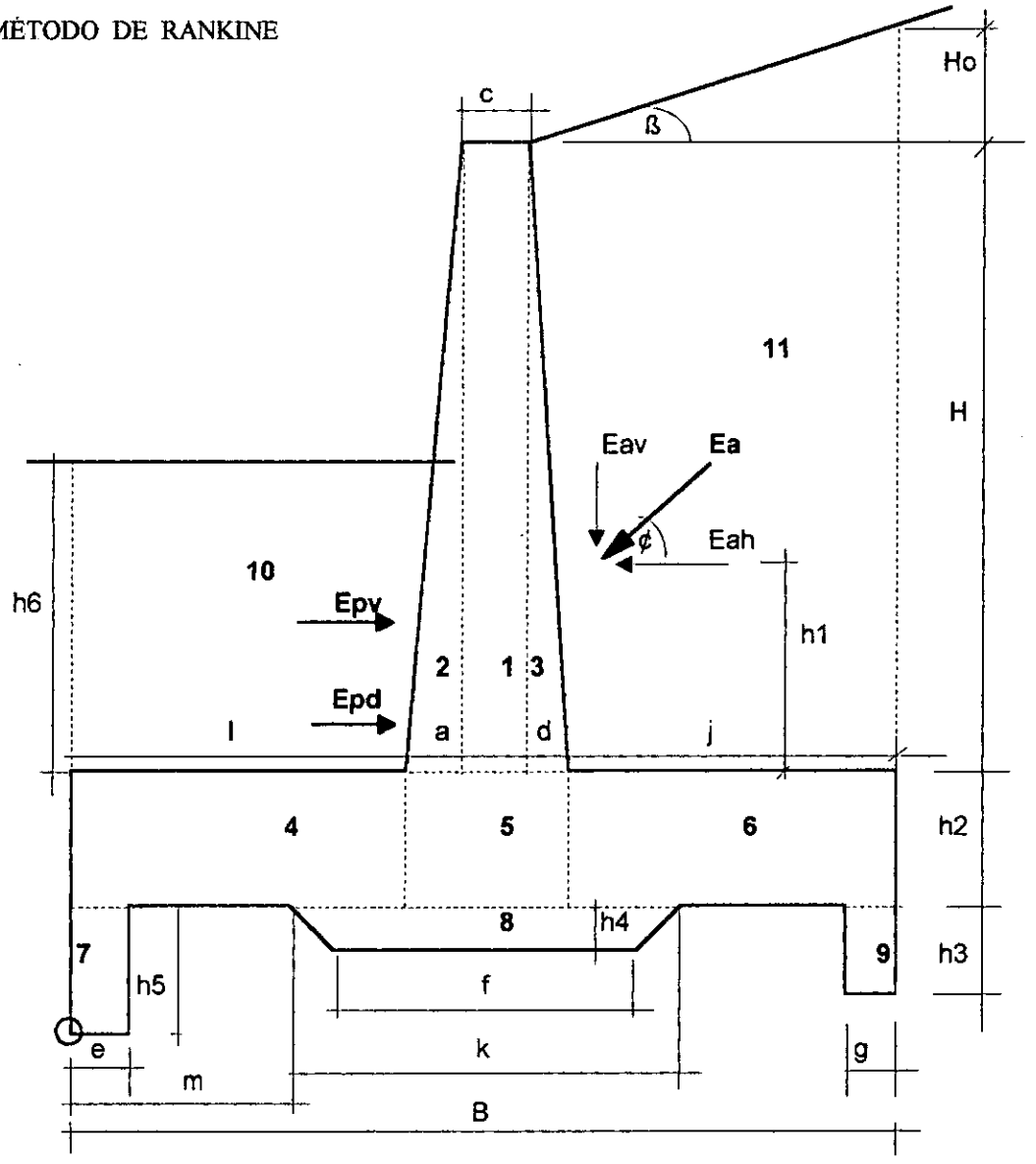
X_A = (Me - Md)/ Wg = 0.7511 m B/3= 0.75 B/3<=Xa < 2*B/3 O.K.!

Excentricidad = e = (B/2- X_A) = 0.374 mts

q = (Wg/B)*(1 ± 6e/B) = Q_1= 15.405 t/m² = 1.541 Kg/cm² qa <= O.K. !!!
Q_2= 0.023 t/m² = 0.002 Kg/cm² qa <= O.K. !!!

PROTECCIÓN CONTRA INUNDACIONES DEL RÍO MELÉNDEZ
BARRIO LA PLAYA CON CALLE 5 - CALI
MUROS TIPO M3

MÉTODO DE RANKINE



DISEÑO GEOMETRICO (mts)				
a =	0.000	H =	4.200	
c =	0.200	Ho =	0.000	**
d =	0.210	h1 =	1.567	**
e =	0.000	h2 =	0.500	
f =	0.000	h3 =	0.000	
g =	0.000	h4 =	0.000	
l =	0.000	h5 =	0.000	
j =	2.290	h6 =	0.000	
k =	0.000			
m =	0.000	DIENTE=	0.000	**
B =	2.700			

Diente = al mayor valor entre h3,h4 y h5 usado para Epd

** = Calculados por el programa

PARAMETROS GEOFÍSICOS			
Peso Unit.suelo	§ =	1.90	t/m3
Ang. fricción int.	ç =	30.00	grad
	ç =	0.52	rad
Coefic. rozam.	μ =	0.45	
Capac. portante	qa =	2.50	k/cm2
	ß <= ϕ =	0.00	grad
	ß <= ϕ =	0.00	rad
Coefic. activo	Ka =	0.33333	
Coefic. pasivo	Kp =	3	
Peso unit.concr	æ =	2.4	t/m3

MuroM3

Ea = ! *Ka *§ *(Ho+H+h2+h3)^2 = 6.9952 Ton
Eav = Ea * sen (ß) = 0 Ton
Eah = Ea * cos (ß) = 6.9952 Ton

Epv = 1/2 *Kp *§ *(h6+h2)^2 = 0.7125 Ton
Epd = 1/2 *Kp *§ *(h6+h2+H5)^2 = 0.7125 Ton

MOMENTOS ESTABILIZANTES

ELEMENTO	F (ton)	Wg(peso) (ton)	Brazo (m)	Momento (t*m/m)
Epv	0.713		0.167	0.119
Eav	0.000		0.340	0.000
1		2.016	0.100	0.202
2		0.000	0.000	0.000
3		1.058	0.270	0.286
4		0.000	0.000	0.000
5		0.492	0.205	0.101
6		2.748	1.555	4.273
7		0.000	0.000	0.000
8		0.000	0.100	0.000
9		0.000	2.700	0.000
10		0.000	0.000	0.000
11		18.274	1.555	28.416
	W =	24.589	***Me =***	33.396

MOMENTOS DESESTABILIZANTES

Md = Eah * h1 = 10.9591 ton*m/m

FACTORES DE SEGURIDAD

F.S.v= Me/Md= 3.0474 >=1.5 O.K.!

F.S.d= (μ*Wg+Epd)/Ea= 1.6836 >=1.5 O.K.!

CHEQUEO PRESIONES

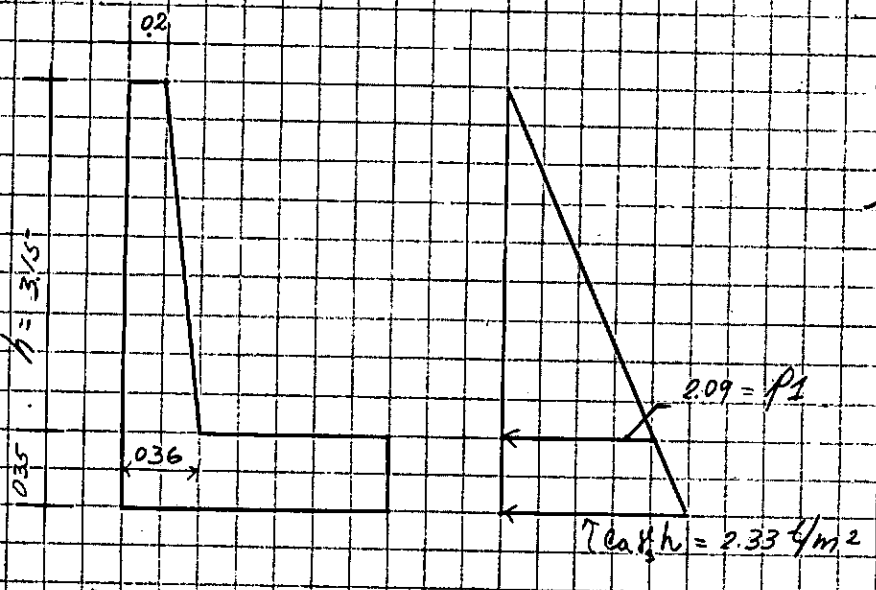
X_A = (Me - Md)/ Wg = 0.91251 m B/3= 0.9 B/3<=Xa < 2*B/3 O.K.!

Excentricidad = e = (B/2- X_A) = 0.437 mts

q = (Wg/B)*(1 ± 6e/B) = Q_1= 17.961 t/m² = 1.796 Kg/cm² qa <= O.K. !!!
Q_2= 0.253 t/m² = 0.025 Kg/cm² qa <= O.K. !!!

DISEÑO ESTRUCTURAL MUROS

MURO TIPO M1



$\gamma_{suelo} = 1.9\ t/m^3$
$Ca = 0.35$
$Cp = 1/Ca = 2.86$
$\mu = 0.45$

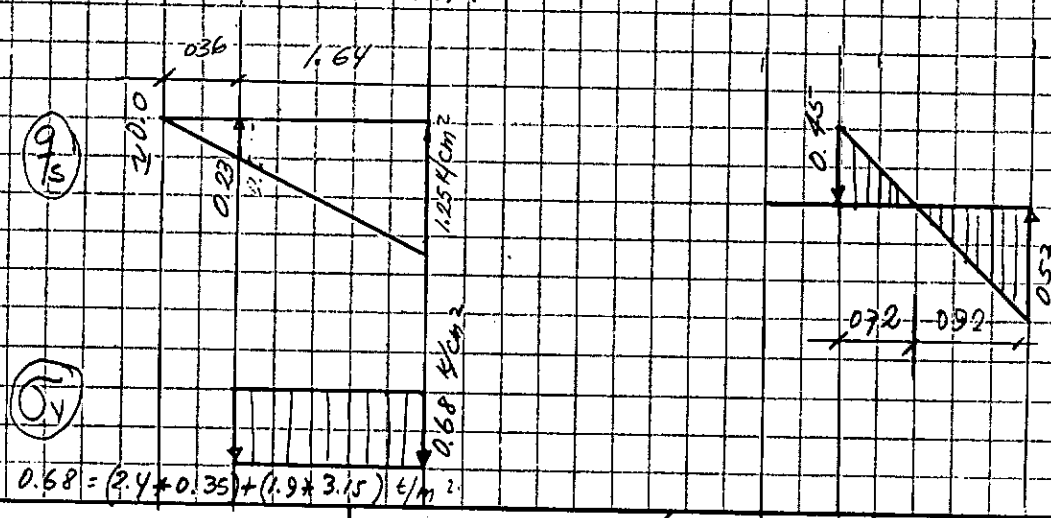
* DISEÑO PANTALLA

$P_1 = Ca\,\gamma_s\,h = 2.09\ t/m^2$
$E = 1/2\ P_1 * h = 3.30\ ton/m$
$M = 3.30 * 3.15/3 = 3.46\ t\text{-}m/m$
$Mu = 1.7 * 3.46 = 5.89\ t\text{-}m/m$ $\quad d = 0.31\ m$

$K = Mu/bd^2 = 0.0061$
$\rho = 0.00165 = As = 5.13\ cm^2 = \#4\ @\ 0.25$ Vertical

Refzo Horizontal: $0.002 \times b \times t$ $\quad$ uso $t = 0.28\ m$
$As = 5.6\ cm^2$ # 4 @ 0.23 mts.

* DISEÑO ZAPATA



HIDROESTUDIOS LTDA. A.A: 5247 Cali	PROYECTO: RIO MELÉNDEZ	EJECUTO: FMP	
	CONTIENE: DISEÑO MURO M1	REVISO: JRG	FECHA: OCT /97
	CLIENTE: DAGMA	ESCALA:	HOJA:

REFUERZO ZAPATA

$M = \frac{1}{2} * 0.72 * 0.45 * \frac{0.72}{3} + \frac{1}{2}(0.92 * 0.57) * \left(\frac{2}{3} * 0.92 + 0.72\right) = 0.39$

$Mu = 1.7 * 0.39 = 0.66\ t\text{-}m/m$

$\Rightarrow$ USar $As_{min} = 0.0018 * 100 * 30 = 5.4\ cm^2/m$

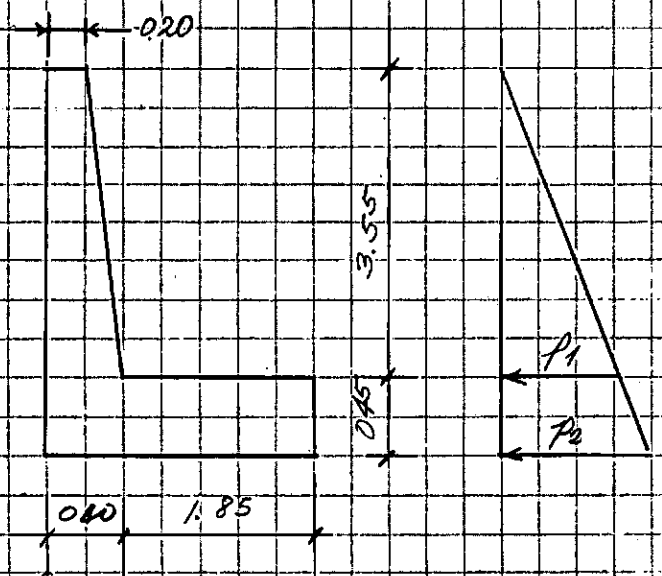
$= \#4\ a\ 0.24\ mts.$

NOTA: Refzo mínimo Pantalla (vertical) $d = 31\ cms$

$As = 0.00126d = \#4\ a\ 0.34m$

HIDROESTUDIOS LTDA. A.A: 5247 Cali	PROYECTO: Río Meléndez	EJECUTO: FMP	
	CONTIENE: DISEÑO MURO M1	REVISO: JRG	FECHA: Oct/97
	CLIENTE: DAGMA	ESCALA:	HOJA:

MURO TIPO M2



DISEÑO PANTALLA

$P_1 = Ca\,\gamma\,h = 2.36\ t/m^2 - m$

$E = 1/2 \cdot P_1 * h = 4.19\ t-m/m$

$M = 4.19 * (3.55/3) = 4.96\ t-m/m$

$M_u = 1.70 * 4.96\ t-m/m = 8.43\ t-m/m.$ $\quad d = 0.33$

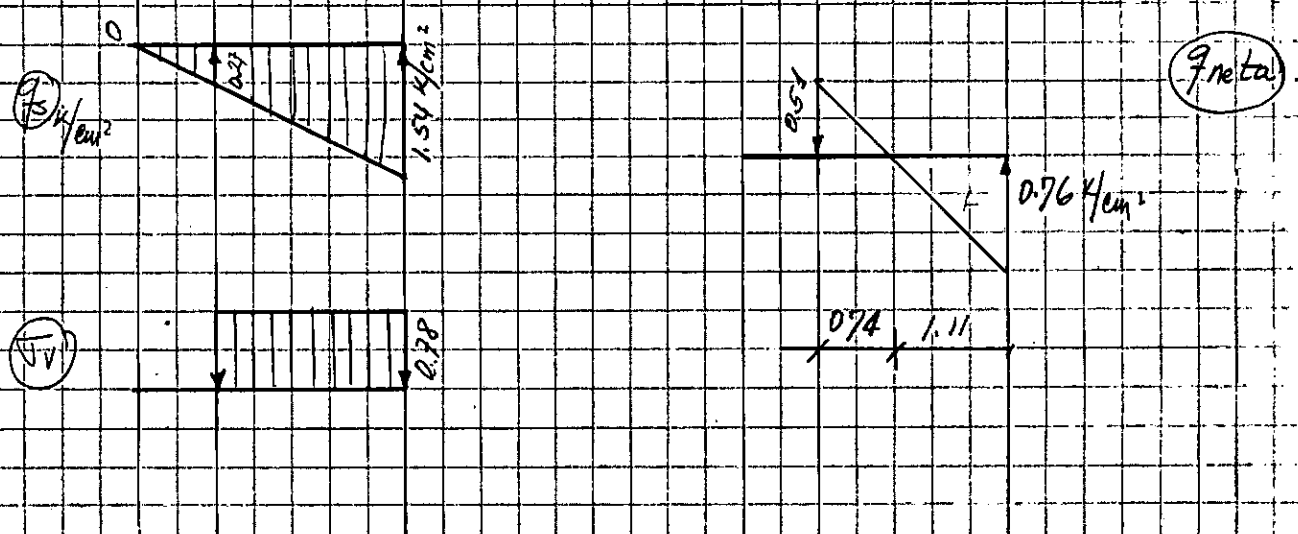
$K = M_u / bd^2 = 0.0077$

$\rho = 0.00186$ $\quad A_s = 6.57\ cm^2$ $\quad \#4\ a\ 0.19^5$ o, $\#5\ a\ 0.31$

Refuerzo Horizontal: $0.002 \times b \times t$ $\quad 050$ $\quad t = 0.26\ m/s.$

$A_s = 520\ cm^2$ $\quad \#4\ a\ 0.24\ m/s.$

DISEÑO ZAPATA.



HIDROESTUDIOS LTDA. A.A: 5247 Cali	PROYECTO: RÍO HELÉNDEZ	EJECUTO: FMP	
	CONTIENE: DISEÑO MURO M2	REVISO: JRG	FECHA: OCT/97
	CLIENTE: DAGMA	ESCALA:	HOJA:

REFUERZO EN LA ZAPATA

$M = \left(\frac{1}{2} * 0.51 * 0.74 * \frac{0.74}{3}\right)\downarrow - \frac{1}{2}(1.11 * 0.76 * (1.11 * 2/3 + 0.74))\uparrow = -0.58$ t-m/m

$Mu = (0.58 * 1.7) = 0.98$ t-m/m $d = 0.40$ m

Usar $As_{min} = 0.0018 * 100 * 40 = 7.2$ #4 a 0.18 m
ó, #5 a 0.28 m

* REFUERZO MINIMO EN LA PANTALLA (VERTICAL)

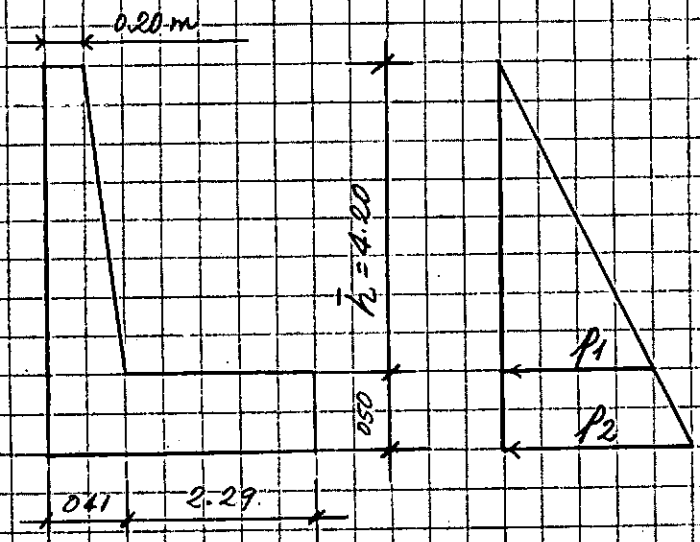
$As = 0.00126d$ $d = 0.33$

$As = 3.96\ cm^2$ #4 a 032

Horz

HIDROESTUDIOS LTDA. A.A: 5247 Cali	PROYECTO: Río Meléndez	EJECUTO: FMP	
	CONTIENE: Diseño Muro M2	REVISO: JRG	FECHA: Oct/97
	CLIENTE: DAGMA	ESCALA:	HOJA:

* MURO TIPO M3



* DISEÑO PANTALLA

$P_1 = Ca \gamma h = 2.79\ t/m^2 - m$

$E = 1/2 * P_1 * h = 5.87\ t-m/m$

$M = 5.87 * (1.20/3) = 8.22\ t-m/m$

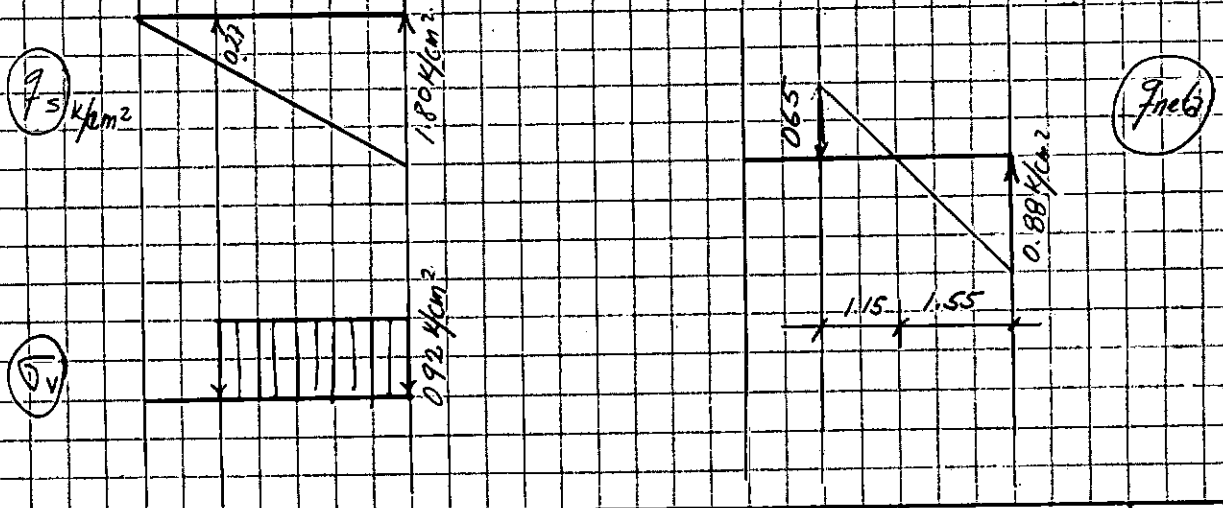
$Mu = 1.7 * M = 13.97\ t-m/m$ $\quad d = 0.36\ m$

$K = Mu/bd^2 = 0.0108$

$\rho = 0.00295$ $\quad As = 10.6\ cm^2/m$ = #5 a 0.19 m ó #6 a 0.27 m

Refuerzo Horizontal: 0.002 bt $\quad As = 6.0\ cm^2$ $\quad$ Uso t = 0.30 #4 a 0.2/m

* DISEÑO ZAPATA



HIDROESTUDIOS LTDA. A.A: 5247 Cali	PROYECTO: RIO MELENDEZ	EJECUTO: FMP	
	CONTIENE: DISEÑO MURO M3	REVISO: JBG	FECHA: Oct/97
	CLIENTE: DAGMA	ESCALA:	HOJA:

* REFUERZO EN LA ZAPATA

$M = \left(\frac{1}{2} * 0.65 * 1.15 * 1.15/3\right) \downarrow - \left(\frac{1}{2} * 0.88 * (1.55 * 2/3 + 1.15) * 1.55\right) \uparrow = -1.35 \uparrow$ t-m/m.

$M_u = 1.70M = 2.29$ t-m/m $\qquad d = 0.45$ m.

$K = M_u / bd^2 = 0.00113$

$\rho = 0.0003$. usar $\rho_{min} = 0.0018$

$A_s = 8.10 cm^2 = \#4$ a 0.16m

ó, #5 a 0.25m

ó, #6 a 0.35m

* RFZO MINIMO EN LA PANTALLA

$d = = 0.31$ m

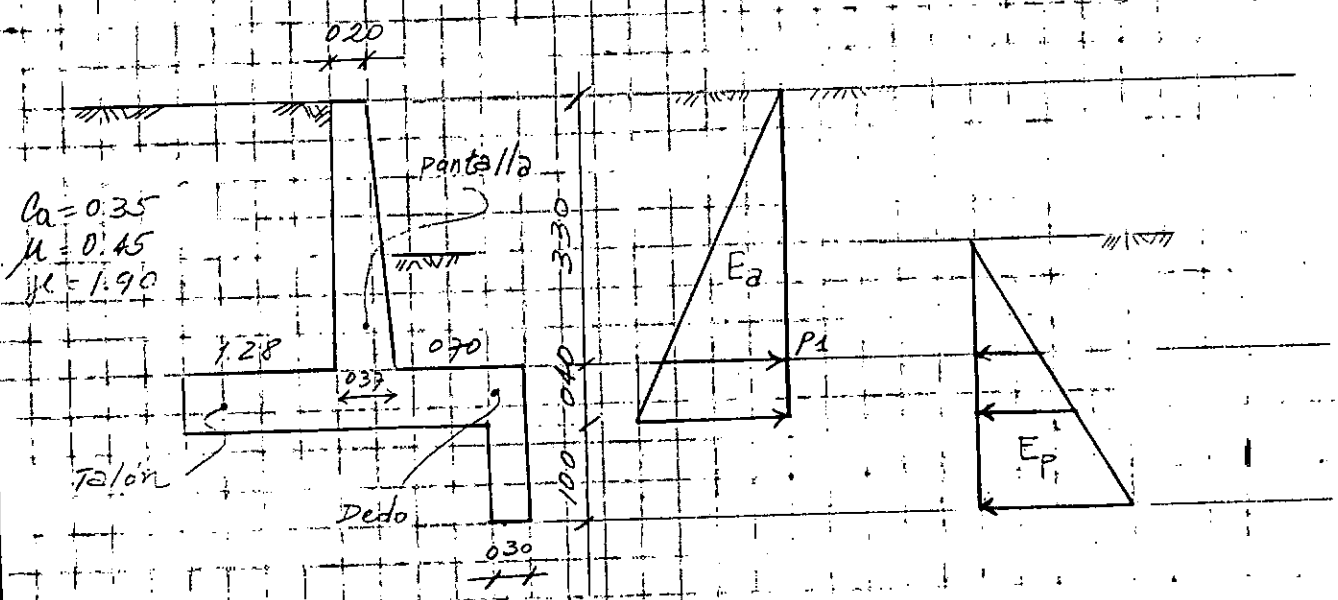
$A_s = 0.0012 * b\bar{d} = 0.0012 * 100 * 31 cm$

$= 3.72 cm^2$

$= \#4$ a 0.34 mts.

HIDROESTUDIOS LTDA. A.A: 5247 Cali	PROYECTO: RIO MELENDEZ	EJECUTO: FMP	
	CONTIENE: DISEÑO MURO M3	REVISO: JRG	FECHA: OCT/97
	CLIENTE: DAGMA	ESCALA:	HOJA:

RÍO LILI
MURO DE FIJACIÓN DE ORILLAS



$P_1 = Ca\,\gamma h = 0.35 \times 1.90 \times 3.30 = 2.19\ tn/m^2\text{-}m$

$E = \frac{1}{2} P_1 \times h = 3.6\ tn/m$

$M = 3.60 \times 3.30/3 = 3.96\ tn\text{-}m/m$

$M_u = 1.7 \times 3.96 = 6.7\ t\text{-}m/m$ $\quad d = 0.32\ m$

$K = M_u/bd^2$

$K = 0.00657$ $\quad \rho = 0.0018 \approx \rho_{min}$

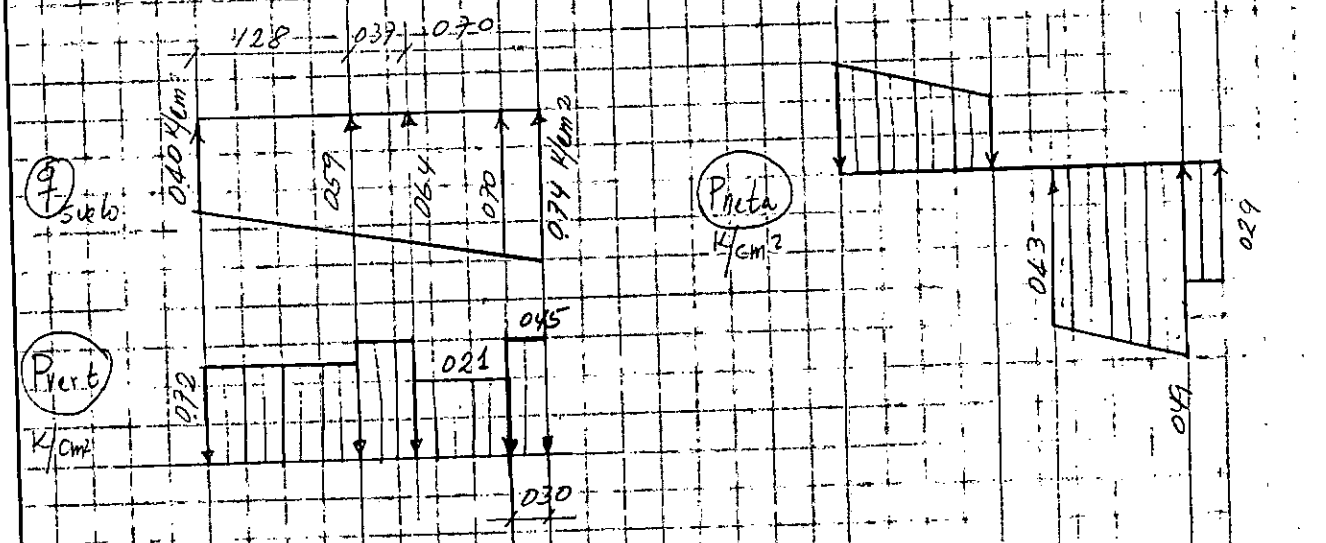
$A_s = 5.7\ cm^2 = \#4\ a\ 0.22\ cm^2$

Refuerzo horizontal

$A_s = 0.0026\,t =$ $\quad t$ = uso promedio = 29 cms

$A_s = 5.7\ cm^2$

$= \#4\ a\ 0.22\ mts$



HIDROESTUDIOS LTDA. A.A: 5247 Cali	PROYECTO: RIO LILI	EJECUTO: FMP	
	CONTIENE: DISEÑO EST. MURO FIJAC.	REVISO: JRG	FECHA: oct/97
	CLIENTE: DAGMA	ESCALA:	HOJA:

Refuerzo en el dedo

Nota: uso $q_{neta} = 0.46\ k/cm^2 = 4.6\ t/m^2$ $\quad l = 0.70$

$M = \frac{1}{2} w l^2 = 1.13\ t-m/m.$ $\quad t = 0.40 \quad d = 0.34$

$M_u = 1.92\ t-m/m \quad K = M_u/bd^2 = 1.66 \times 10^{-3}$

$\rho = 0.0004$

$\rho_{min} = 0.0018 \Rightarrow A_s = 6.12\ cm^2/m$

$\#4\ a\ 0.20$

Refuerzo en el talón

$M = \left[1.3\ t/m^2 * (1.28)^2 * \frac{1}{2}\right] + \left[(3.2-1.3)\ t/m^2 * 1.28 * \left(\frac{2}{3}\right)\right] = 2.69\ t-m/m$

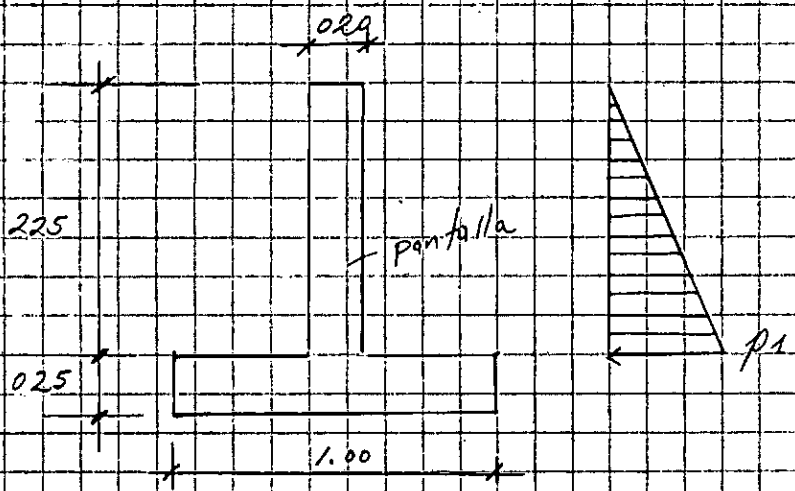
$M_u = 1.7M = 4.57\ t-m/m$

$K = 0.00395 \quad \rho = 0.00106$

$\rho_{min} = 0.0018 \quad A_s = \#4\ a\ 0.20\ m.$

HIDROESTUDIOS LTDA. A.A: 5247 Cali	PROYECTO: RÍO LILÍ	EJECUTO: FMP	
	CONTIENE: DISEÑO EST. MURO	REVISO: JRG	FECHA: OCT/97
	CLIENTE: DAGMA	ESCALA:	HOJA:

MURO DE PROTECCION CONTRA INUNDACIONES
DISEÑO ESTRUCTURAL



DISEÑO PANTALLA:

* Se considera empuje hidrostático (más crítico).

$p_1 = 2.25\ t/m^2$

$E = 2.53\ tm/m \Rightarrow M = 1.90\ tm\text{-}m/m$

$M_u = 1.7M = 3.22\ t\text{-}m/m$

$K = 0.014 \quad \rho = 0.00398$

$A_s = 5.97\ cm^2 = \#4\ a\ 0.21\ m$

DISEÑO ZAPATA:

$l = 0.40\ m$

$q_n = \begin{cases} (0.76 - 2.4 * 0.25) = 0.10\ K/cm^2 = 1.0\ t/m^2 & \text{descontando } W_{zapata} \\ 0.76\ K/cm^2 = 7.6\ t/m^2 & \text{sin descontar} \end{cases}$

$\rho = \rho_{min} = 0.0018bd = 3.6\ cm^2 \quad \#4\ a\ 0.35$

Usar $\#4\ a\ 0.30$

HIDROESTUDIOS LTDA. A.A: 5247 Cali	PROYECTO: Rio Lili	EJECUTO: FMP	
	CONTIENE: DISEÑO EST. MURO INUND.	REVISO: JRG	FECHA: OCT/97
	CLIENTE: DAGMA	ESCALA:	HOJA:

ANÁLISIS DE SOCAVACIÓN

1. Parámetros de diseño

1.1. Suelos: Estudios realizados por Grupo Suelos. Se cuenta con 2 granulometrías una cercana a la Calle 5ª y otra cercana a la Av. Pasoancho.

1.2. Metodología: Lischtvan - Levediev.

1.3. Caudal: definido

1.4. Tipo de Material: Granular (No Cohesivo)

1.5. Formulación y términos:

$$Hs = \left(\frac{\alpha \, Ho^{5/3}}{0.68 (dm)^{.028} \psi \cdot \beta} \right)^{1/(1+z)}$$

$$\alpha = \frac{Qd}{(Hm)^{5/3} Be \, \mu} = \text{Coeficiente de rugosidad}$$

Hm = A/Be = tirante medio

Be = Ancho efectivo superficie Libre

μ = Coeficiente de contracción

Hs = profundidad de socavación

Ho = Profundidad antes de Socavación

$(Hs - Ho)$ = Socavación puntual

z = Exponente para suelos granulares

ψ = Coeficiente de arrastre del material en suspención. usar $\psi = 1.0$

HIDROESTUDIOS LTDA. A.A: 5247 Cali	PROYECTO: RIO LILI y MELENDEZ CONTIENE: TEORIA SOCAVACION CLIENTE: DAGMA	EJECUTO: FMP REVISO: JRG ESCALA:	FECHA: OCT/97 HOJA:

2. CÁLCULO DE LA SOCAVACIÓN

2.1. Muestra 1 - (Calle 5) - Río Meléndez

Tamiz	di (mm) Abertura	% Retenido Pi	di x Pi
2	50.80	—	—
1 1/2	12.70	10.0	127.0
1"	25.40	13.6	345.44
3/4	19.05	6.0	114.30
3/8	9.55	18.7	178.59
# 4	4.75	12.3	58.43
8	2.4	13.2	31.68
16	1.35	10.7	14.45
30	0.60	5.8	3.48
50	0.30	3.3	0.99
100	0.15	3.5	0.53
200	0.074	1.3	0.096
<200	0.050	1.6	0.016
			875.002

$dm = \Sigma di Pi / 100 = 875.00 / 100 = 8.75\ mm$

SECCION TÍPICA A USAR: <#14

Tr (años)	Qd (m^3/s)	B	Be (m)	V (m/s)	M	A (m^2)	Hm (m)	Ho (m)
2.33	52.3	096	11.50	2.17	0.92	24.05	2.09	2.18
25	119.3	085	11.50	3.06	0.90	38.94	3.39	3.20
50	141.3	082	11.50	3.26	0.89	43.30	3.77	3.49

$Z = 0.345 \rightarrow (1/172) = 0.745$

Tr (años)	X	Hs (m)	(Hs-Ho) (m)
2.33	1.45	3.03	0.85
25	1.51	5.51	2.31
50	1.51	6.31	2.82

HIDROESTUDIOS LTDA. A.A: 5247 Cali	PROYECTO: RÍO MELENDEZ	EJECUTO:	
	CONTIENE: CHEQUEO SOCAVACIÓN	REVISO:	FECHA:
	CLIENTE: DAGMA	ESCALA:	HOJA:

2.2 Muestra # 2 (Pasoancho) – Río Meléndez

Tamiz	di(mm) Abertura	% Retenido Pi	di x Pi
2"	50.80	—	—
1 1/2	12.70	3.8	48.26
1	25.40	17.9	454.66
3/4	19.05	10.2	194.31
3/8	9.55	21.3	203.42
# 4	4.75	17.8	84.55
8	2.40	12.6	30.24
40	0.42	13.7	5.75
100	0.15	1.5	0.23
200	0.074	0.3	0.022
<200	0.01	0.90	0.009
		Σ	1021.45

$dm = \Sigma di\,pi / 100 = 10.21$ mm

SECCION TIPICA A USAR: # 1

Tr (años)	Qd m3/s	β	Be (m)	V m/s	μ	A (m2)	Hm (m)	Ho (m)
2.33	52.3	0.96	12.89	2.91	091	17.95	1.39	2.28
25	119.3	0.85	16.63	3.85	092	30.98	1.86	3.26
50	141.3	0.82	18.33	4.12	092	34.31	1.87	3.50

$Z = 0.34$ $(1+1/12) = 0.75$

Tr (años)	α	Hs (m)	(Hs-Ho) m
2.33	2.34	4.48	2.20
25	2.55	8.20	4.94
50	2.72	9.66	6.16

HIDROESTUDIOS LTDA. A.A: 5247 Cali	PROYECTO: Río Meléndez	EJECUTO: FMP	
	CONTIENE: CHEQUEO SOCAVACION	REVISO: JRG	FECHA: 0 CT/97
	CLIENTE: DAGMA	ESCALA:	HOJA:

MELENDEZ

MUESTRA: APIQUE A1 (Ver figura 2 - Estudio suelos)

Tamiz	di(mm) Abertura	% Retenido Pi	di x Pi	
3 1/2	88.90	—	—	
3	76.20	22.50	1714.50	
2	50.80	7.70	391.16	
1 1/2	38.10	20.60	784.86	261.62
1	25.40	8.00	203.20	
3/4	19.05	7.70	146.69	
3/8	9.55	10.60	101.23	
# 4	4.75	7.70	36.58	
8	2.40	4.90	11.76	
16	1.35	3.00	4.05	
30	0.60	1.70	1.02	
50	0.30	0.90	0.27	
100	0.15	0.90	0.14	
200	0.074	0.40	0.03	
< 200	0.010	3.40	0.034	
			3395.524	

$dm = \Sigma di Pi / 100 = 33.96$ mm

SECCION A USAR: S # 13

Tr (años)	Qd (m³/seg)	B	Be (m)	V (m/s)	M	A (m2)	Hm (m)	Ho (m)
2.33	52.3	0.96	17.70	1.90	0.96	27.49	1.55	2.26
25	119.3	0.85	17.70	2.57	0.95	46.39	2.62	3.33
50	141.3	0.82	17.70	2.73	0.94	51.85	2.93	3.64

para $dm = 33.96$ mm $\quad Z = 0.31 \Rightarrow 1/1+Z = 0.76$

Tr (años)	α	Hs (m)	(Hs-Ho) (m)
2.33	1.48	2.47	0.21
25	1.42	4.29	0.96
50	1.415	4.92	1.28

HIDROESTUDIOS LTDA. A.A: 5247 Cali	PROYECTO: Río Heléndez	EJECUTO: FNP	
	CONTIENE: CHEQUEO SOCAVACIÓN	REVISO: JRG	FECHA:
	CLIENTE: DAGMA	ESCALA:	HOJA:

HELENDEZ

MUESTRA : APIQUE A2 (Ver figura 2 - Estudio Suelos)

Tamiz	di(mm) Abertura	% Retenido Pi	di x Pi
1 1/2		—	—
1	25.40	26.60	675.64
3/4	19.05	4.3	81.92
3/8	9.55	10.40	99.32
# 4	4.75	8.90	42.28
8	2.40	6.90	16.56
16	1.35	5.70	7.70
30	0.60	5.70	3.42
50	0.30	6.10	1.83
100	0.15	9.30	1.40
200	0.074	2.60	0.19
< 200	0.010	13.50	0.14
			930.4

dm = 9.30 mm

SECCIÓN A USAR : S#11

Tr (años)	Qd (m^3/s_E)	B	Be (m)	V (m/s)	M	A (m^2)	Hm (m)	Ho (m)
2.33	52.3	096	18.52	1.65	097	31.67	1.71	2.34
25.	119.3	085	19.32	2.24	096	53.23	2.76	3.47
50.	141.3	082	19.54	2.38	096	59.39	3.04	3.79

para dm = 9.30 mm Z = 0345 1/1+Z = 0.745

Tr (años)	α	Hs (m)	(Hs - Ho) (m)
2.33	1.19	2.82	0.48
25	1.18	5.02	1.55
50	1.18	5.74	1.95

HIDROESTUDIOS LTDA. A.A: 5247 Cali	PROYECTO: Río Heléndez	EJECUTO: FHP	
	CONTIENE: Chequeo Socavación	REVISO: JRG	FECHA:
	CLIENTE: Dagma	ESCALA:	HOJA:

RIO LILI - MUESTRA # 1

Tamiz	di(mm) Abertura	Pi % Reten.	di x Pi
1 1/2	12.70	—	—
1	25.40	11.80	299.72
3/4	19.05	1.50	28.58
3/8	9.55	9.70	92.64
# 4	4.75	11.40	54.15
8	2.40	13.30	31.92
16	1.35	14.50	19.58
30	0.60	17.80	10.68
50	0.30	14.0	4.20
100	0.15	5.20	0.78
200	0.074	0.30	0.02
<200	0.010	0.50	0.005

$\Sigma = 542.28$

$dm = 542.28/100 = 5.42\ mm$

SECCION A USAR : 23

Tr (años)	Qd (años)	β	Be (m)	V (m/s)	μ	A (m²)	Hm (m)	Ho (m)
2.33	26.20	0.96	12.14	1.49	096	17.62	1.45	1.80
25	89.90	0.85	24.81	1.81	097	53.47	2.16	3.89
50	118.30	0.82	25.47	1.88	097	70.04	2.75	4.54

para $dm = 5.42mm$ $Z = 0365 \rightarrow 1/4Z = 0.735$

Tr (años)	α	Hs (m)	(Hs - Ho) m
2.33	1.21	2.28	0.48
25	1.03	5.70	1.81
50	0.89	6.35	1.81

HIDROESTUDIOS LTDA. A.A: 5247 Cali	PROYECTO: RIO LILI CONTIENE: CHEQUEO SOCAVACIÓN CLIENTE: DAGMA	EJECUTO: FMP REVISO: JRG ESCALA:	FECHA: OCT/97 HOJA:

CONCLUSIONES SOBRE SOCAVACIÓN

1. Río Meléndez

* Los chequeos realizados con la granulometría del material de fondo arrojan resultados de alta socavación, los cuales estan alejados de la realidad. Esto se debe a que este material es practicamente de transporte de fondo, el cual es movido por el río con facilidad.
* Los chequeos con los materiales de los apiques entrega resultados más lógicos y estos son considerados para el diseño de la cimentación y de las obras de control de socavación
* La morfodinámica del río muestra una tendencia casi estable del sector.

2. Río Lili

* Los resultados aunque un poco altos, se consideran ajustados y válidos para diseño de la cimentación de la obras de fijación y de control de erosion.

HIDROESTUDIOS LTDA. A.A: 5247 Cali	PROYECTO:	EJECUTO:	
	CONTIENE:	REVISO:	FECHA:
	CLIENTE:	ESCALA:	HOJA:

CATASTRO CALI

Municipio de Santiago de Cali
dap
Departamento Administrativo de Planeación

CALI FISICO

DESCRIPCION DE UBICACION DE PUNTOS TOPOGRAFICOS

MATERIALIZADO No. CMT-001

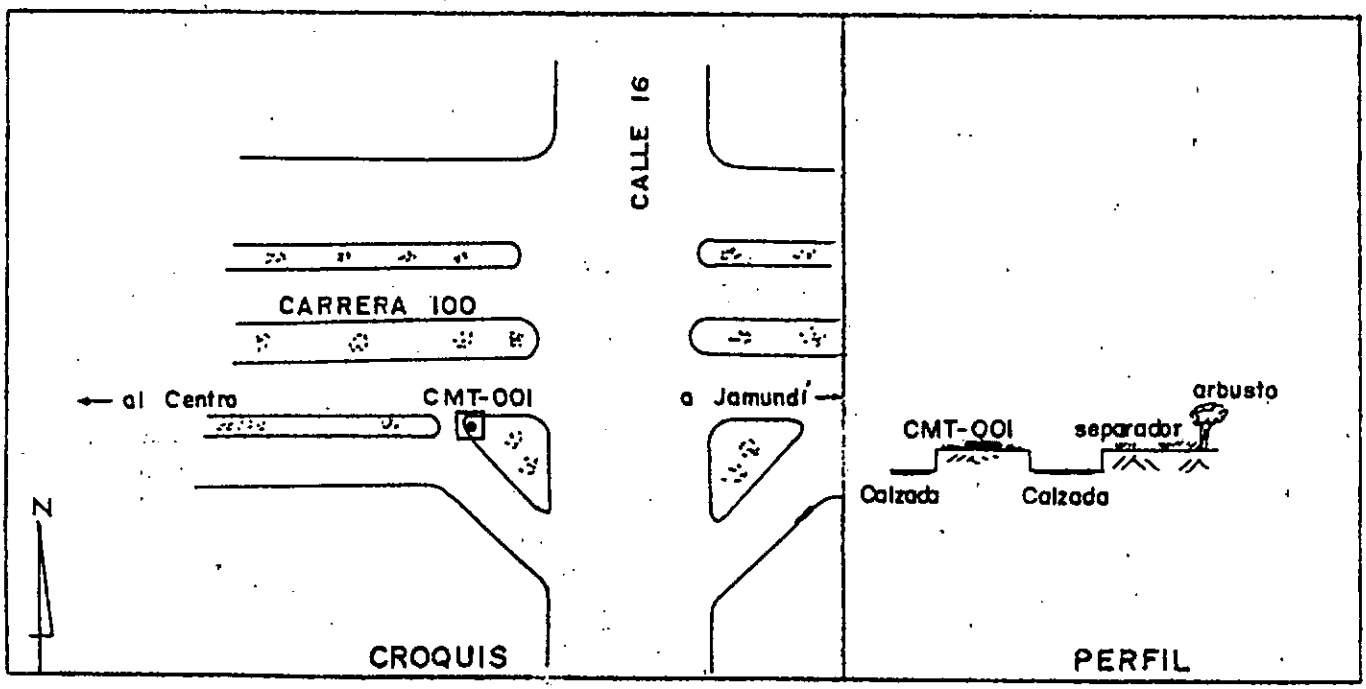
DESCRITO POR ORLANDO BARRERA

COORDENADAS

NORTE	101.221.69	ESTE	111.517.12	COTA	971.40

Distancias y direcciones a la señal de azimut, referencias y objetos sobresallentes que puedan observarse desde el vertice.

OBJETO	AZIMUT CARTOGRAFICO			DISTANCIA Ms	DIRECCIONES (2)		
CMT- 002	297	05	52.848	529.991	00	00	00



DESCRIPCION: Zona urbana de la ciudad de Cali, en la esquina S-W de la cra. 100 con calle 16 sobre separador triangular esquinero. Mojón de concreto de 0.25 X 0.25 Mts, con placa de bronce incrustada y marcada como CATASTRO MUNICIPAL DE CALI-CMT-001, GEOCAT 1993.

FECHA: 10 de Noviembre de 1993

LILI

4720

CATASTRO CALI

Municipio de Santiago de Cali
dap
Departamento Administrativo de Planeación

CALI FISICO

DESCRIPCION DE UBICACION DE PUNTOS TOPOGRAFICOS

MATERIALIZADO No. CMT-027

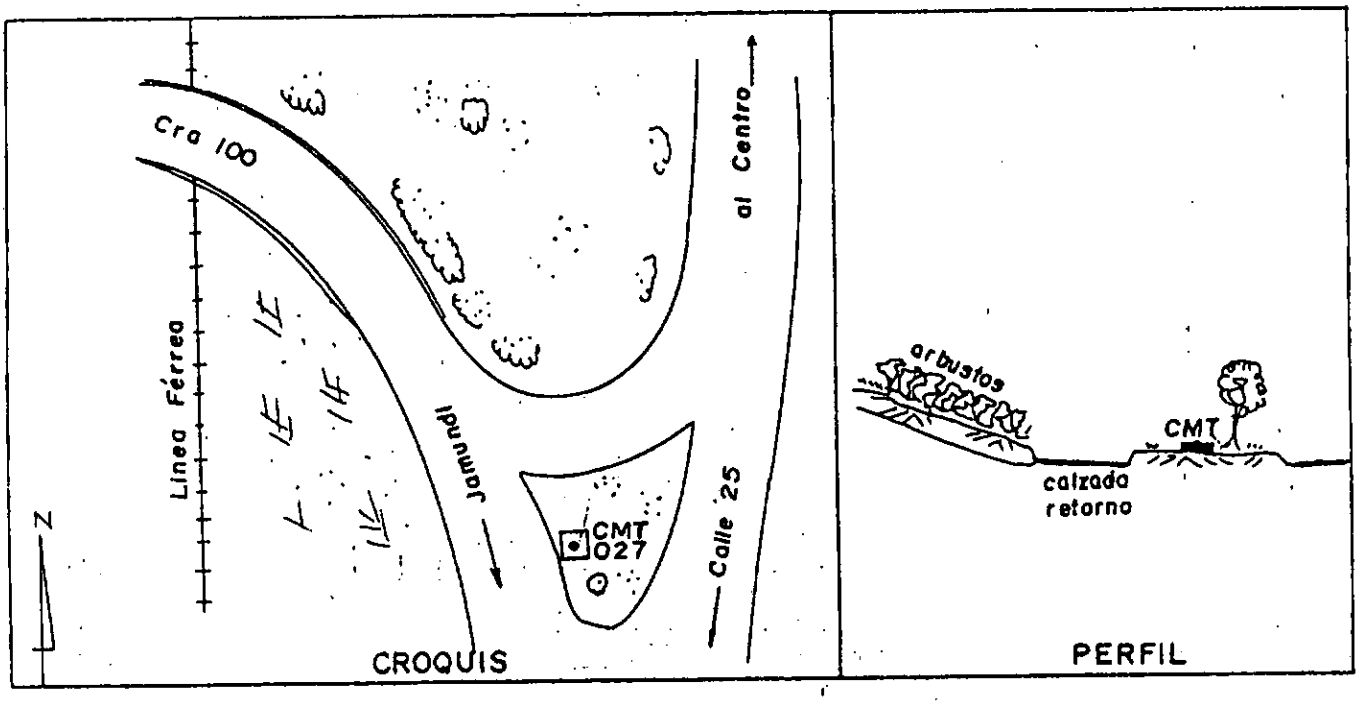
DESCRITO POR EULISES SALCEDO

COORDENADAS

NORTE	100.755.38	ESTE	112.155.01	COTA	968.27

Distancias y direcciones a la señal de azimut, referencias y objetos sobresalientes que puedan observarse desde el vertice.

OBJETO	AZIMUT CARTOGRAFICO			DISTANCIA Ms	DIRECCIONES (2)		
CMT-026	331	51	10.203	184.346	00	00	0000



DESCRIPCION: En la zona urbana de Cali. Pasando el puente de la Cra. 100 con Av. Simón Bolivar en el separador triangular del retorno a la Avda. Simón Bolivar, antes de llegar al Río Lili. Mojón de concreto de 0.25 X 0.25 Mts, con placa de bronce incrustada y marcada como CATASTRO MUNICIPAL CALI. CMT-027 GEOCAT 1993.

FECHA: 16 de Noviembre 1993

el
da
de
T-02

Lili

CATASTRO CALI

Municipio de Santiago de Cali
Departamento Administrativo de Planeación

CALI FISICO

DESCRIPCION DE UBICACION DE PUNTOS TOPOGRAFICOS

MATERIALIZADO No. CMT-005

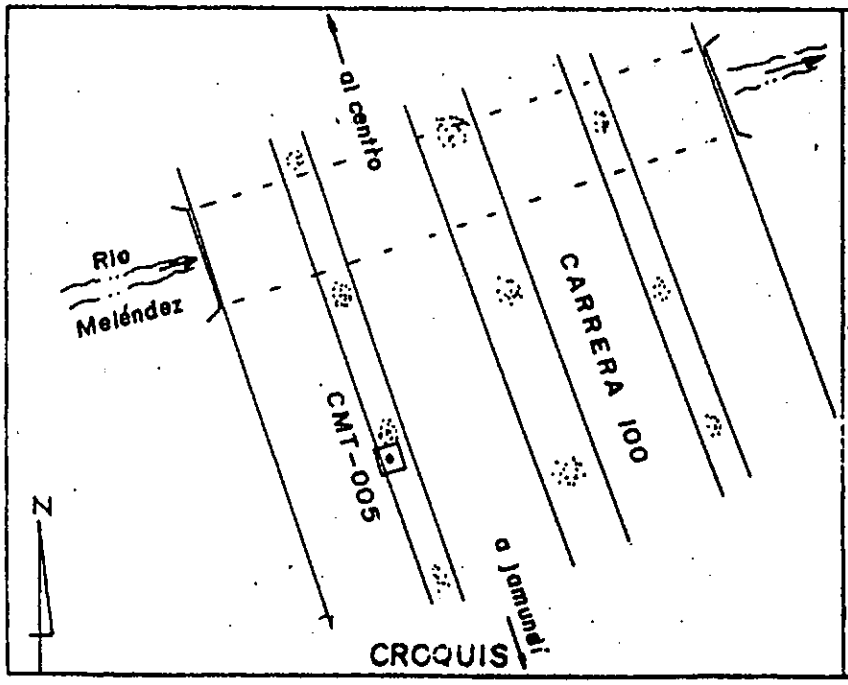
DESCRITO POR ORLANDO BARRERA

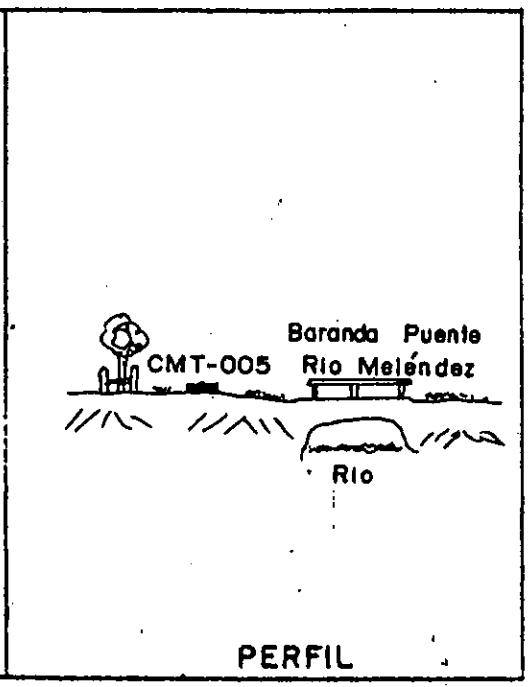
COORDENADAS

NORTE	102.071.38	ESTE	110.155.71	COTA	987.55

Distancias y direcciones a la señal de azimut, referencias y objetos sobresalientes que puedan observarse desde el vertice.

OBJETO	AZIMUT CARTOGRAFICO			DISTANCIA Mts	DIRECCIONES (2)		
CMT-004	151	41	29.345	195.060	00	00	00





DESCRIPCION: Por la(calle 5) Cra.100 a zona aproximada al sur del puente sobre el Río Meléndez en el separador sur ferente al vivero. Mojón de concreto de 0.25X0.25 Mts. con placa incrustada y marcada como CATASTRO MUNICIPAL CALI-CMT-005, GEOCAT 1993.

FECHA: 10 de Noviembre 1993

MELENDEZ

CATASTRO CALI

Municipio de Santiago de Cali
Departamento Administrativo de Planeación

CALI FISICO

DESCRIPCION DE UBICACION DE PUNTOS TOPOGRAFICOS

MATERIALIZADO No CMT 126

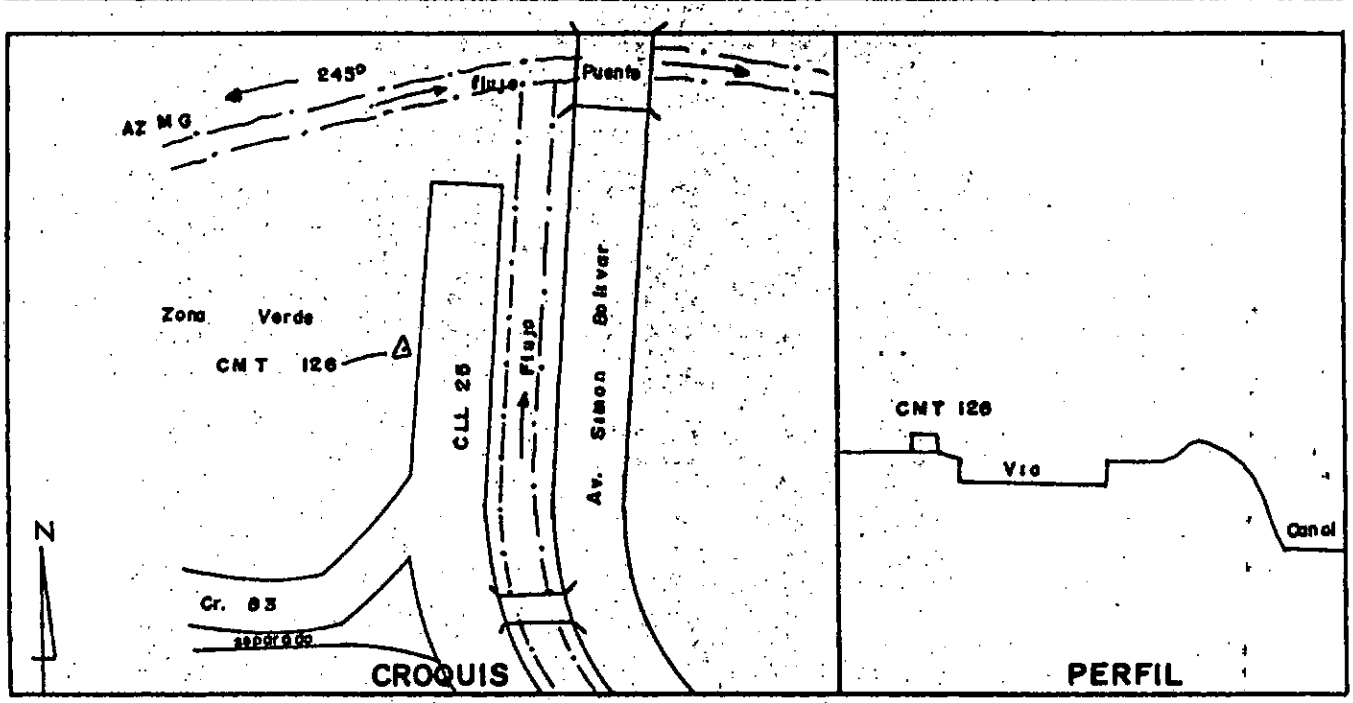
DESCRITO POR GUSTAVO CABRERA

COORDENADAS

NORTE	103.326.76	ESTE	112:016:70	COTA	962.66

Distancias y direcciones a la señal de azimut, referencias y objetos sobresallentes que puedan observarse desde el vertice.

OBJETO	AZIMUT CARTOGRAFICO			DISTANCIA Ms	DIRECCIONES (2)		
CMT-125	18	39	04.559	297.241	00	00	00



DESCRIPCION: El CMT 126 se encuentra ubicado en la zona verde de la margen izquierda de la calle 25 y 15 mts aproximados al norte de la carrera 83 con un azimut magnético del CMT 126 a la esquina NW del puente del río Meléndez de 19° y una distancia aproximada de 100 mts. Es un mojón en concreto de 0.25 x 0.25 de ancho por 0.65 mts de alto, en la base superior. Con una placa incrustada de bronce, marcada: CATASTRO MUNICIPAL CALI-CMT 125-GEOCMT-1.993.

FECHA: NOVIEMBRE 12 de 1.993.

ciclovía

CATASTRO CALI

Municipio de Santiago de Cali
Departamento Administrativo de Planeación

CALI FISICO

DESCRIPCION DE UBICACION DE PUNTOS TOPOGRAFICOS

MATERIALIZADO No CMT-127

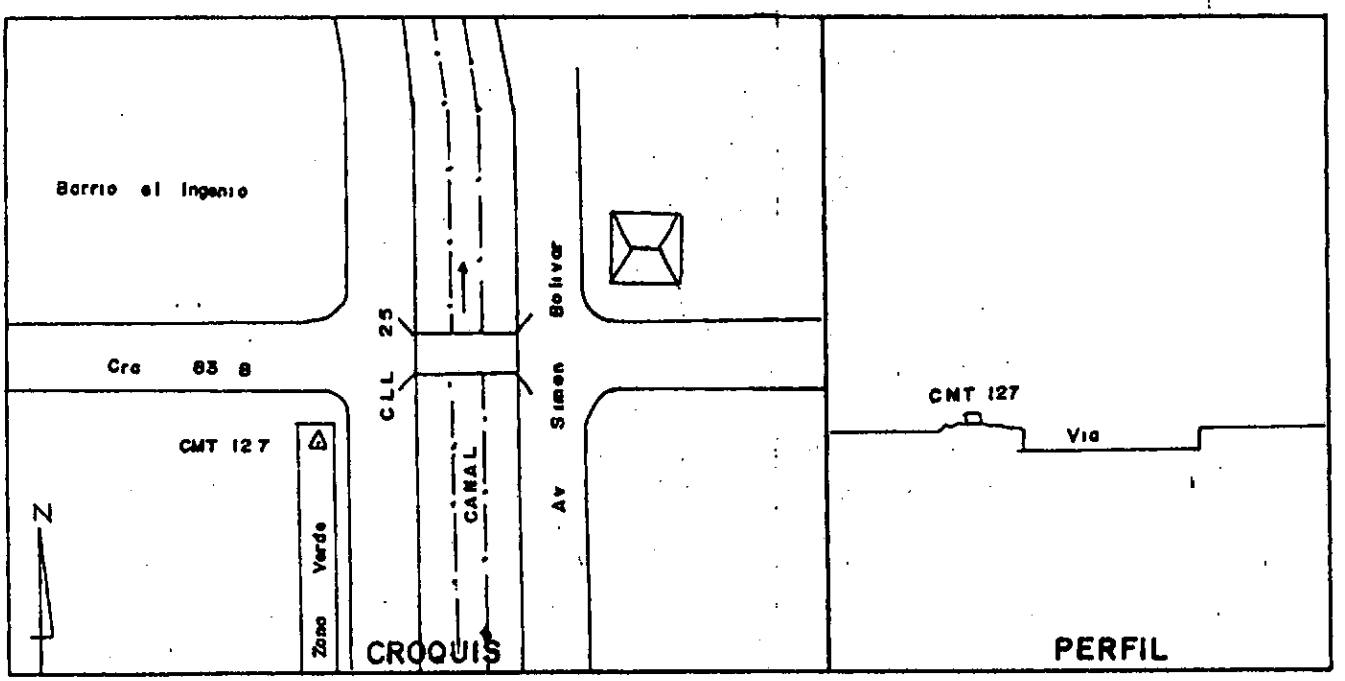
DESCRITO POR GUSTAVO CABRERA.

COORDENADAS

NORTE	103.104.72	ESTE	112.058.95	COTA	963.05

Distancias y direcciones a la señal de azimut, referencias y objetos sobresallentes que puedan observarse desde el vertice.

OBJETO	AZIMUT CARTOGRAFICO			DISTANCIA Ms	DIRECCIONES (2)		
CMT-126	349	13	30.240	226.026	00	00	00



DESCRIPCION: El CMT-127 se encuentra ubicado en la zona verde, esquina de la Cra. 83 B y la Cll. 25, barrio El Ingenio, con un azimut magnético del mojón al CAI de 72°, distancia aprox. 40 mts. Es un mojón de 0.25 x 0.25 de ancho por 0.65 ms de alto, en la base superior con una placa incrustada de bronce, marcada CATASTRO MUNICIPAL. CALI-CMT-127-GEOCAT-1.993.

FECHA: Noviembre 12 de 1.993.

ciclovía

CATASTRO CALI

Municipio de Santiago de Cali
dap
Departamento Administrativo de Planeación

CALI FISICO

DESCRIPCION DE UBICACION DE PUNTOS TOPOGRAFICOS

MATERIALIZADO No. CMT-013

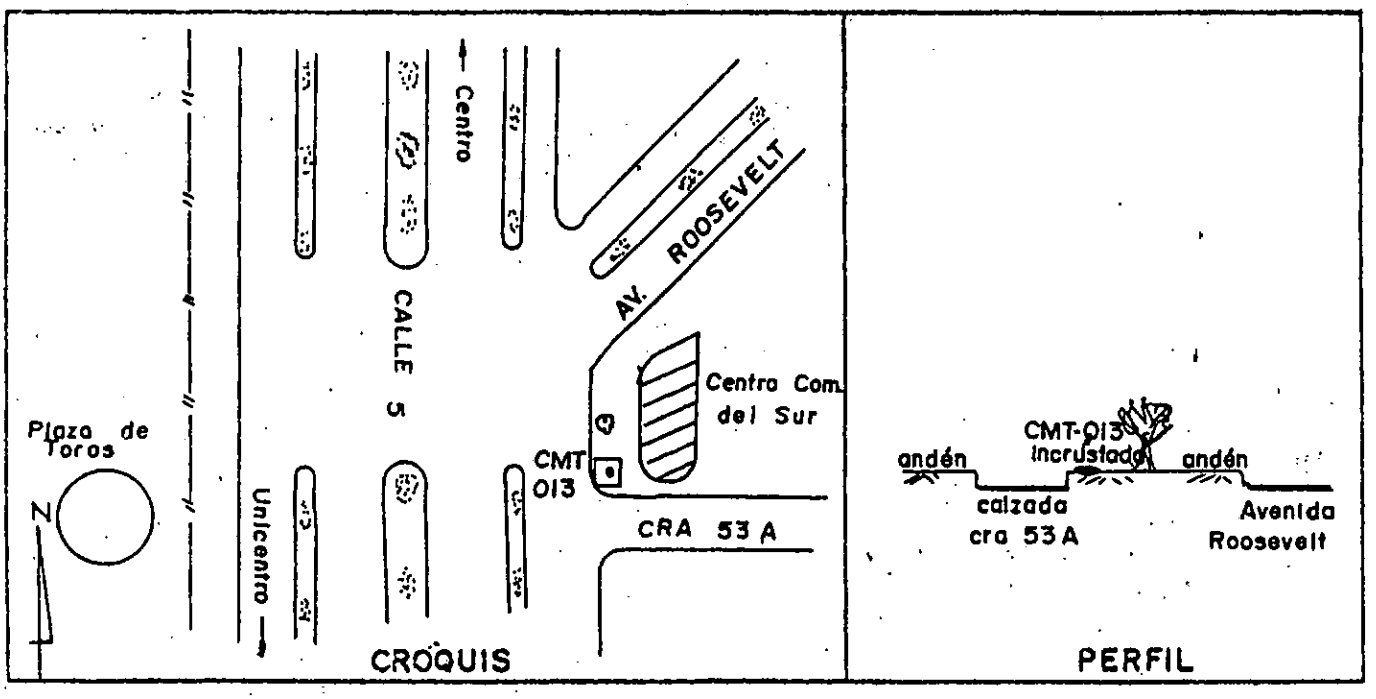
DESCRITO POR ORLANDO BARRERA

COORDENADAS

NORTE	106.085.58	ESTE	109.582.97	COTA	969.61

Distancias y direcciones a la señal de azimut, referencias y objetos sobresalientes que puedan observarse desde el vertice.

OBJETO	AZIMUT CARTOGRAFICO			DISTANCIA Ms	DIRECCIONES (2)		
CMT-012	175	26	48.477	467.839	00	00	00



DESCRIPCION: Por la calle 5 con cra. 53A en la esquina del centro Comercial del sur frente a la plaza de toros. Placa incrustada en el anden en bronce y marcada como CATASTRO MUNICIPAL CALI-CMT-013 GEOCAT 1993.

FECHA: 11 de Noviembre 1993

ANEXO G
HIDROLOGIA

C V C
CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA
SUBDIRECCION TECNICA
GRUPO DE APOYO
MONITOREO AMBIENTAL

ESTACION :EL JARDIN
SUBCUENCA :CANAVERALEJO
MUNICIPIO :CALI
LATITUD :03 25 N
LONGITUD :76 34 W
ALTURA : 997 m.s.n.m
CODIGO :2622330401
CATEGORIA :LG
FECHA :97.10.10

RESUMEN MENSUAL MULTIANUAL
CAUDALES MAXIMOS EN M3/S.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1974	*****<	*****<	*****<	1.36<	0.76	12.23	0.44	1.58	6.36	22.10	6.06<	6.66	22.10<
1975	3.24	10.40	22.98	1.69	27.79	34.10<	12.23	1.22	1.28<	14.43<	19.65	5.90	34.10<
1976	0.50<	0.57	2.18	1.28<	78.76<	8.52	0.44	0.93	0.57	8.34	1.44<	1.28	78.76<
1977	0.57	0.39	6.66	1.28	3.95	9.45	0.88	1.69	10.01	16.34	10.40	1.36	16.34
1978	2.47	0.50	2.67	5.75	4.49	3.24	2.37	0.50	0.57	0.57	1.44	38.40<	38.40<
1979	0.96	0.88	0.88	10.60	9.45	16.10	1.04	1.69	0.32	26.86	21.83	25.63	26.86
1980	0.30	7.72	1.91	3.94	1.35	0.78	0.51	0.24	0.18	16.27	1.52	1.52	16.27
1981	1.11	1.11	2.00	8.90<	3.21	7.72	1.52	7.72	0.37	1.52	3.93	39.10	39.10<
1982	2.00	2.00	2.57	18.06	16.60	2.00	2.00	0.30	0.77	1.11	4.75	7.72	18.06
1983	0.33	0.18	3.21	2.57	12.41	19.94	1.11	0.18	0.18	0.30	0.18	1.12	19.94
1984	7.70	2.57	0.97	5.00	3.60<	5.50	4.20	2.00	12.10	2.60	12.40	1.52	12.40<
1985	2.20	1.80	20.47	7.40	23.60	4.80	0.37	1.00<	1.00	7.40	7.80	3.80	23.60<
1986	13.20	3.00	4.30	19.20	11.80	12.50	0.65	0.79	1.35	58.00	58.00	2.31	58.00
1987	5.31	2.00	1.19	2.73	3.58	17.45	0.66	0.95	0.39	12.02	42.56	9.71	42.56
1988	2.90	1.43	19.36	1.11	2.12	9.45	17.45	1.88	2.73	9.17	6.42	17.17	18.36
1989	14.12	8.05	12.02	14.65	6.64	9.45	0.43	0.38	0.47	29.13	3.24	17.45	29.13
1990	4.42	0.71	0.62	28.43	4.42	0.38<	0.43	0.22	0.43	1.88	2.61	4.08	28.43<
1991	1.15	1.61	2.20	0.75	2.61	2.07	0.57	0.29	1.15	0.23<	5.48	0.42	5.48<
1992	0.33	1.90	0.52	0.61	1.45	2.05	0.21	0.11	1.16	0.23	4.76	6.20	6.20
1993	0.66	0.23	1.43	5.37	9.00	0.66	0.66	0.23	1.43	0.88	4.04	0.35	9.00
1994	3.19	4.60	20.70	11.18	20.30<	1.17	0.81	0.30	0.59	1.17	1.01	5.77	20.70<
1995	1.74	0.59	2.70	3.69	4.69	3.36	0.59	0.27	0.27	1.95	1.24	7.58	7.58
1996	1.14	0.71	10.92	1.96	19.46	11.86	16.42	0.65	2.75	3.66	2.57	6.56	19.46
1997	3.47	3.93	13.41	4.49	11.30	7.87	0.30	0.23					13.41<
MAX	14.12<	10.40<	22.98<	28.43<	78.76<	34.10<	17.45	7.72<	12.10<	58.00<	58.00<	39.10<	78.76<
MED	3.16<	2.41<	6.45<	6.89<	11.63<	8.47<	2.97	1.11<	2.02<	10.27<	9.71<	9.20<	25.69<
CV	122.33<	116.69<	116.28<	105.10<	139.84<	94.59<	177.54	142.69<	156.71<	133.34<	145.81<	121.83<	67.18<
ASI	1.79<	1.61<	1.14<	1.40<	2.86<	1.41<	2.05	3.15<	2.15<	1.92<	2.23<	1.62<	1.37<
N	22	22	22	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23

CONVENCIONES:

*****<	NO HAY DATO		
MAX	VALOR MAXIMO DIARIO	CV	COEFICIENTE DE VARIACION %
MED	PROMEDIO ARITMETICO	ASI	COEFICIENTE DE ASIMETRIA
MIN	VALOR MINIMO DIARIO	N	NUMERO DE AÑOS

HIDROLOGIA RIO MELENDEZ

1. OBJETO.-

El objeto del presente estudio es determinar para el sitio dè interés, los caudales máximos esperados por escurrimiento debidos a las lluvias de varias probabilidades de ocurrencia.

2. LOCALIZACION.-

La zona de estudio se localiza en el Municipio de Cali, capital del Departamento del Valle del Cauca, en el sector sur-occidental de la ciudad, zona de rápido crecimiento urbanístico en los últimos años y una alta demanda en servicios públicos e infraestructura vial. (Figura 1).

3. DESCRIPCION FISICA Y MORFOMETRICA DE LA CUENCA.-

Para definir las características morfométricas de la cuenca fueron empleadas como base catográfica las planchas IGAC.

No. 299-II-D-4, 299-III-D-2, 300-I-C-1, 300-I-C-3, escala 1:25.000, años 1980 a 1984 (Ver anexo 1).

El nacimiento del río Meléndez tiene lugar en la Cordillera Occidental aproximadamente en la cota 2800 m.s.n.m., mientras que su entrega al Canal Nápoles se dá aproximadamente en la cota 955 m.s.n.m. (Sistema IGAC).

La superficie de la cuenca hasta la estación hidrométrica Calle Quinta es de 39 Km^2. A esta área se le anexaron 1.39 Km2 correspondiente al sector de Unicentro, y de los nuevos desarrollos urbanísticos tales como las urbanizaciones Multicentros.

Para la presente revisión de la hidrología del río Meléndez, entre la estación hidrométrica Calle Quinta y el sitio de entrega del canal Nápoles, no se consideró un área aportante de 4.72 Km^2, correspondiente al Canal Nápoles.

La longitud del cauce principal es de 21.15 Km.

La cuenca del río Meléndez tiene un 65% de un área por debajo de la cota 1200 y tomado el 5% de su superficie está por encima de la cota 2000 (ver curva hipsométrica, Cuadro 1 y Figura 2). La distribución del perfil longitudinal del cauce principal nos confirma que la cuenca del río Meléndez es una cuenca de baja pendiente (Cuadro 2, Figura 3).

La pendiente media ponderada de la cuenca es del orden del 4.79% según el método de Taylor-Shcwarz (Ver Cuadro 3).

3.1 Uso del Suelo, Cobertura Vegetal y Clasificación Hidrológica

Para cuantificar las áreas de cada unidad según el uso del suelo, cobertura vegetal y tipo hidrológico de suelo se tomó la información de los planos CVC No. 722-12-02 "Uso Actual 1990" y CVC No. 722-12-3 "Estudio General Unificado de suelos UMC Pance-Meléndez-Cali-Aguacatal escala 1:50000.

Son suelos tipo B los provenientes de las Asociaciones Fraile, Asociación Cali, Grupo Popayán, Cono de Meléndez.

Se toma como suelos tipo C los provenientes de la Asociación Munchique, Asociación Villa Colombia y Asociación Liberia.

En general los suelos tipo B son de profundidad media, el grupo contiene en conjunto una infiltración media superior después de haberse mojado completamente.

Se considera a los suelos del grupo C, como suelos poco profundos con presencia de arcillas y coloides. El grupo tiene una infiltración menor que la media después de la presaturación.

Se considera a los suelos del grupo D como suelos poco profundos con subhorizontes casi impermeables cerca de la superficie.

3.2 Número de Curva CN

Los valores de CN aplicados a cada unidad son los correspondientes a la Condición de Humedad Antecedente II.

Se considera a la Condición de Humedad Antecedente II como la condición promedia de saturación de las cuencas que han precedido a la ocurrencia de las avenidas máximas anuales.

El Soil Conservation Service estima que valores acumulados de precipitación de los 5 días que preceden a la avenida máxima anual que oscilen entre 35.6 mm y 53.3 mm son los que corresponden a una Condición de Humedad Antecedente II.

El presente estudio adoptó valores del CN para cada unidad de suelo y se calcularon valores ponderados por franjas de nivel y finalmente se calculó uno ponderado para toda la cuenca y cuyo valor se estimó en 74. El cuadro 4 muestra los valores adoptados.

4. CLIMATOLOGIA

4.1 Red Pluviométrica

La red pluviométrica esta compuesta por las estaciones Corea, Alto Iglesias, La Fonda, Univalle, La Ladrillera, Las Brisas y Cañaveralejo

4.2 Descripción Climática

La cuenca del Río Meléndez tiene tres zonas climáticas bien definidas, una variación anual de precipitación de 3781 mm en la cota 2600 m.s.n.m, 2219 mm en la cota 1705 m.s.n.m, 2006 mm en la cota 1300 m.s.n.m y 1427 mm en la cota 970 m.s.n.m, concentrándose el mayor número de días al año de precipitación por encima de la cota 1700 m.s.n.m, mientras que la mayor cantidad de lluvia se concentra en la franja entre los 1200 y 2000 m.s.n.m. (Cuadros 5 al 11)

En las tres zonas se distinguen claramente en el año dos épocas de invierno en los meses Marzo-Abril-Mayo y Octubre-Noviembre y dos épocas secas en los meses Diciembre-Enero-Febrero y Junio-Julio-Agosto-Septiembre.

La clasificación climática de Holdridge es la siguiente:

- Bosque húmedo subtropical bh-ST con temperaturas entre 18°C 26°C y rango de altura entre 900 y 1500 m.s.n.m.

- Bosque muy húmedo subtropical con temperaturas entre 16°C y 18°C, rango de altura entre 1500 y 1800 m.s.n.m.

- Bosque muy húmedo montano bajo bmh-MB con temperaturas entre 12°C y 16°C, rango de altura entre 1800 y 2800 m.s.n.m.

4.3 Precipitación Máxima en 24 Horas

Para determinar la lluvia de diseño del proyecto se analizó la red pluviométrica de la cuenca del río Meléndez. Según el método de los polígonos de Thiessen se confirmó que en la cuenca del río Meléndez hasta la entrega del canal Napoles influyen espacialmente las estaciones Corea, Alto Iglesias, La Fonda, Univalle, La Ladrillera, Las Brisas y Cañaveralejo.

Los valores de la serie anual de precipitación máxima en 24 horas de las estaciones de la red pluviométrica de la CVC, descrita se muestran en los Cuadros 12 al 18.

4.4 Análisis de Frecuencia de Precipitación Máxima en 24 Horas

La precipitación máxima responde a la realidad física que en una cuenca por grande que sea la cantidad total de precipitación durante un período de tiempo debe ser limitada y por consiguiente el caudal correspondiente también es limitado.

Una forma de estimarlas es haciendo uso de métodos probabilísticos que usan Funciones de Distribución para valores extremos máximos, tales como, la Distribución Asintótica de Gumbel Tipo I, Distribución Log-Normal, Distribución Log-Pearson III, Modelo de Nash y otros métodos basados en los factores de frecuencia tales como el de Levediev, Foster-Haller-Hazen.

4.5 Descripción de los Métodos. Justificación Teórica

4.5.1 Método de Gumbel Ln-Ln y Valor Extremo Tipo I

Este método es una variación de la Distribución Asintótica de Valores Extremos Tipo I aplicable para valores máximos y mínimos. Tiene la siguiente función de densidad de probabilidad para los valores máximos :

$$F(X) = \alpha \exp\left(-y - e^{-y}\right) para: \alpha \le x \le \partial$$

La correspondiente función de distribución es:

$$F(x) = \exp\left(-e^{-y}\right)$$

siendo : $y = \alpha . (x-ß)$

Los valores característicos de esta distribución son :

$$\mu = \beta + \frac{Yn}{\partial}$$

$$\sigma 2 = \frac{\sigma 2}{6.\partial}$$

Los parámetros α y ß son estimados reemplazando μ y σ^2 por la media y la varianza de la muestra.

$$\partial = \frac{\sigma n}{\sigma 2}$$

Los valores Y_n y σ_n cuando el tamaño de la muestra tiende a infinito son 0.57722 y 1.28255.

La solución a esta función se resuelve utilizando la técnica de los factores de frecuencia propuesta por Chow (1951) y cuya forma general es la siguiente :

$$Pmáx = \mu + K_t.\sigma$$

donde :

P max: Precipitación máxima esperada

μ : Valor medio de la muestra

σ : Desviación estandar de la muestra.

K_t : Factor de frecuencia. Es función del período de retorno Tr.

donde :

$$Kt = \frac{1}{\sigma n}.ln\left(-ln(p)\right)\frac{Yn}{\sigma n}$$

$$p = \frac{Tr - 1}{Tr}$$

Los valores de Y_n y σ_n se toman de las tablas de los manuales de hidrología de acuerdo al tamaño n de la muestra.

4.5.2 Distribución Log-Normal y Distribución Log-Pearson Tipo III

La distribución normal surge del Teorema del Límite Central, el cual establece que si una secuencia de variables aleatorias x son independientes y están idénticamente distribuídas con media μ y varianza σ^2, entonces la distribución de la suma de n de estas variables aleatorias tiende hacia la distribución normal con media $n.\mu$ y varianza $n.\sigma$ a medida que n aumenta.

La Distribución Log-Normal tiene la siguiente función de densidad de probabilidad:

$$f(x) = \frac{1}{x.\sigma\sqrt{2\pi}}.\exp\left(\frac{Y-\mu_y}{2\sigma_{y^2}}\right)^2$$

donde : $Y = \log x$

La solución de esta función se hace comúnmente aplicando los factores de frecuencia cuya forma general es la siguiente:

$$Pmax = \mu = K_t.\sigma$$

donde :

P max: Precipitación máxima esperada

μ : Valor medio de la muestra

σ : Desviación estandar de la muestra.

K_t : Factor de frecuencia. Es función del período de retorno Tr y del Coeficiente de Asimetría.

El coeficiente de Asimetría se calcula así:

Para la Distribución Log-Normal:

$$Ca = 0$$

Para la Distribución Log-Pearson Tipo III:

$$CA = \frac{n.\Sigma(Y_i - \mu)^3}{(n-1)(n-2)S_y}$$

El factor de frecuencia K_t se toma de las tablas de Pearson tipo III para un coeficiente de asimetría igual a cero.

4.5.3 Método de NASH

En 1966 Nash propuso un criterio para estimar valores máximos probables para un período de retorno determinado, en base a un registro de valores máximos anuales. El método permite ajustar la distribución de probabilidades por mínimos cuadrados, por lo que es menos rígido que el de Gumbel.

La expresión de Nash es la siguiente:

$$Pmax = a = c \log\log \frac{Tr}{Tr-1}$$

donde :

Pmx	:	Precipitación máxima en mm.
T_r	:	Período de retorno en años
log	:	Logaritmo en base 10
a y c	:	Parámetros estadísticos que se calculan a partir de los datos del registro.
mi	:	Número de orden de la serie ordenada de mayor a menor

$$t_i \frac{n+1}{m_i}$$

Siendo: n el número de datos del registro.

$$X_i = \log\log \frac{T_i}{T_i - 1}$$

$$c = \frac{\Sigma XiPi - n\overline{X}\,\overline{P}}{\sum_i Xi^2 - n.\overline{X}^2}$$

en donde X y P indican los valores medios, es decir,

$$a = \overline{P} - c\overline{X}$$

Con los valores de los parámetros estadísticos a y c calculados por el procedimiento anterior y el tiempo de retorno seleccionado para diseño, se determina la precipitación máxima probable.

4.5.4 Precipitaciones Máximas Esperadas en 24 Horas

Los resultados de la precipitación máxima esperada para los períodos de retorno 2.33, 25 y 50 años de las 7 estaciones pluviométricas seleccionadas, se muestran en los Cuadros 19 al 25.

La prueba de ajuste gráfico por el método de Hazen demostró que para los datos que se estan considerando, el mejor ajuste se logra con la Distribución Log-Normal. Los resultados del ajuste para la estación La Fonda se muestran en la Figura 4.

4.5.5 Polígonos de Thiessen

La distribución espacial de la precipitación es otro factor que determina la forma en que se presentan las crecientes.

Para evaluar esta variable, mediante la técnica de los polígonos de Thiessen se dictamina el área de influencia de cada estación.

4.5.6 Precipitación de Diseño

Una vez seleccionada la distribución estadística que dió el mejor ajuste se calculó la precipitación ponderada hasta el sitio de diseño y de acuerdo con los factores de área deducidos de los polígonos de Thiessen. Las precipitaciones de diseño se muestran en el Cuadro 26 y en la Figura 5.

4.6 Curvas Altura-Duración

Tan importante como la magnitud de la precipitación es la forma como se distribuye ese evento en el tiempo.

Se seleccionaron los más importantes eventos de precipitación con incrementos de precipitación cada 20 minutos para el período de registro 1982-1994 de la estación pluviográfica Alto Iglesias que tiene registros de lluvia en la cuenca en su parte media. El listado de todos los eventos seleccionados se muestra en el Anexo 2.

4.7 Distribución Porcentual e Hietograma de Diseño

Una vez analizada y procesada esta información se obtuvo una curva característica para la distribución porcentual de la precipitación de la estación Alto Iglesias en la cuenca del río Meléndez para aguaceros de duración 24 horas. Los valores característicos de la distribución promedia se muestran en la Figura 6 y Cuadro 27.

A partir de esta distribución se calculó un hietograma porcentual que representa la variación de la lluvia en el tiempo. En la Figura 7 se muestran los valores del histograma de diseño, el cual es introducido como un archivo de datos en el modelo de computador, para calcular

los excesos de precipitación que genera el hidrograma final.

5. HIDROLOGIA

La cuenca del río Meléndez es una cuenca con una estación de registro denominada Calle Quinta con un período de registro 1980-1995, con interrupción en el período 1992-1994. Sin embargo, los registros históricos no se consideran apropiados para la configuración de una serie de tiempo de caudales máximos que permita un análisis de frecuencias confiable.

Por tal circunstancia se adoptó el criterio de trabajar con un modelo de Lluvia-Escorrentia como el del Soil Conservation Service para estimar los caudales máximos. Se desestimó el uso de otros modelos como DUR y HEC1 por requerir éstos de mayor cantidad y manejo de información.

5.1 Método de Soil Conservation Service

El modelo tipo Lluvia-Escorrentía desarrollado por el Soil Conservation Service (SCS) está apoyado en la teoría del Hidrograma Unitario Instantáneo (HUI).

5.1.1 Descripción de la Metodología

Un hidrograma unitario es un hidrograma de escurrimiento de un aguacero en un punto dado que resultará de un acontecimiento aislado de exceso de precipitación unitaria efectiva (1mm), ocurrido dentro de un tiempo unitario cualquiera (10, 20 ó 60 minutos) distribuído en forma uniforme en el área de drenaje. Un hidrograma unitario se identifica por el tiempo unitario que representa y el exceso de precipitación que lo ocasiona. (hidrograma unitario de 10 minutos y 1 mm. de exceso de precipitación).

Las suposiciones básicas son:

- Los efectos de todas las características físicas de una cuenca de drenaje se reflejan en la forma del hidrograma del aguacero para esa cuenca.

- En un punto dado de una corriente, las ordenadas de la descarga de diferentes hidrogramas unitarios del mismo tiempo unitario de exceso de precipitación son mutuamente proporcionales a los volúmenes respectivos.

- El hidrograma de descarga de un aguacero que resulta de una serie de chaparrones de exceso de precipitación contínua de intensidad variable puede construírse con una serie de hidrogramas superpuestos, siendo cada uno de ellos el resultado de un sólo incremento de exceso de lluvia de duración unitaria.

El exceso de precipitación se calcula partiendo de la relación de escurrimiento:

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{P}$$

donde:

F: Retención real en un momento dado

S: Retención potencial máxima

Q: Escurrimiento directo

P: Precipitación total

Teniendo en cuenta que $F = P - Q$ se llega a:

$$Q = \frac{P^2}{P + S}$$

Esta ecuación es útil siempre y cuando exista la posibilidad de escurrimiento cuando llueve. Dado que en la realidad siempre ocurre una retención inicial la nueva ecuación es:

$$Q = \frac{(P - Ia)^2}{(P - Ia) + S}$$

De acuerdo a la experiencia del Soil Conservation Service se ha logrado establecer como una buena aproximación que $Ia = 0.2 * S$ por lo tanto:

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P = 0.8S}$$

donde:

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

CN: Número de escurrimiento ponderado, depende del tipo de suelo, cobertura y humedad antecedente.

Una vez determinada la precipitación efectiva Q, se determinan los hidrogramas unitarios y su tiempo pico para cada incremento unitario de tiempo.

$$qp = \frac{0.208 * A * P}{Tp}$$

$$Tp = \frac{D}{2} = 0.6 * Tc$$

donde:

q_p: Caudal pico unitario

A: Area de la cuenca en Km^2

P: Precipitación efectiva en mm.

Tp: Tiempo pico unitario en horas

D: Duración del incremento de tiempo en horas

Tc: Tiempo de concentración en horas.

La ecuación de convolución discreta que permite el cálculo de la escorrentía directa Q_m dado un exceso de lluvia P_m y el hidrograma unitario U_{n-m+1} es :

$$Qn = \Sigma P_m . U_{n-m+1}$$

Su expresión matricial nos conduce a:

$$
\begin{array}{lll}
[Q] & = [U] \cdot [P] & \\
Q_1 & \cdot P_1 \quad 0 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 0 \; 0 & \\
Q_2 & P_2 P_1 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 0 \; 0 & \\
\cdot & U_1 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots & \\
\cdot & U_2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots & \\
Q_m & \cdot \quad P_M \quad P_{M-1} \ldots P1 \ldots\ldots\ldots 0 \; 0 & \\
Q_{M+1} = & \cdot \quad 0 \quad P_M \quad P_{M-1} \ldots\ldots\ldots\ldots P_2 \, P1 & \\
\cdot & \cdot \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots & \\
\cdot & U_{N-M+1} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots & \\
Q_{N-1} & \cdot \quad 0 \; 0 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots P_M \quad P_{M-1} & \\
Q_N & \cdot \quad 0 \; 0 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 0 \quad P_M &
\end{array}
$$

5.1.2 Tiempo de Concentración (Tc)

Tiempo de concentración es el tiempo que tarda una partícula de agua en hacer el recorrido desde el punto más lejano de la cuenca al sitio de interés.

Existen formulaciones propuestas por diversos autores para estimar el tiempo de concentración de una cuenca. En el

Cuadro 28 se ven los resultados obtenidos por cada una de las fórmulas propuestas. Filtrando aquellos valores que hidrológicamente no tienen una representación lógica del fenómeno y de acuerdo con la experiencia en la aplicación de estas fórmulas se adoptó un tiempo de concentración de 3.92 horas, el cual es similar al propuesto por el Cuerpo de Ingenieros de USA.

5.1.3 Hidrograma Adimensional

Para el desarrollo del presente estudio se usó el hidrograma adimensional del rio Lili, cuya forma se observa en la Figura 8.

5.1.4 Caudales de Diseño

Los resultados de la aplicación del modelo de computador que determina el hidrograma de la creciente para las condiciones de humedad antecedente II se muestran en los cuadros 29 al 31, para los períodos de retorno 1:2.33, 1:25 y 1:50 años.

En el caudro 32 y la figura 9 se resumen los resultados obtenidos. La figura 10 muestra los hidrogramas correspondientes a los períodos de retorno señalados.

El presente estudio hidrológico recomienda como caudal de diseño para las obras del río Meléndez, un caudal de 112.3 m^3/seg correspondiente a un período de retorno de 1:50 años, estimado por el método del Soil Conservation Service para la condición de humedad antecedente II. Se considera que este caudal es adecuado para el diseño de las obras, pues el máximo caudal registrado en la estación río Meléndez – Calle 5ª, es de 98.8 m^3/seg, en 16 años de operación con 3 años de interrupción.

CUADRO 1

RIO MELENDEZ - CANAL NAPOLES

CARVA HIPSOMETRICA

CURVAS A NIVEL	ELEVACION PROMEDIO	AREA (Km^2)	AREA (%)	AREA ACUMULADA (%)
2800 - <	3000	0.56	1.39	1.39
2400 - 2800	2600	2.01	4.98	6.36
2000 - 2400	2200	9.51	23.55	29.91
1600 - 2000	1800	15.22	37.68	67.59
1200 - 1600	1400	9.76	24.16	91.76
< - 1200	1000	3.33	8.24	100.00
TOTAL		40.39	100.00	

CUADRO 2

RIO MELENDEZ - CANAL NAPOLES

PERFIL LONGITUDINAL

ELEVACION PROMEDIO	LONGITUD (Km)	LONGITUD (%)
2900	0	0.00
2800	0.16	0.49
2700	0.31	0.94
2600	0.44	1.33
2500	0.70	2.12
2400	0.88	2.67
2300	1.00	3.03
2200	1.18	3.58
2100	1.41	4.28
2000	1.70	5.15
1900	2.16	6.55
1800	2.45	7.43
1700	3.07	9.31
1600	3.80	11.52
1500	4.50	13.64
1400	5.65	17.13
1300	6.50	19.71
1200	7.54	22.86
1100	9.34	28.32
1000	21.10	63.98
954	32.98	100.00

CUADRO 3

CUENCA DEL RIO MELENDEZ

PENDIENTE PONDERADA SEGUN TAYLOR- SCHWARZ

SUPERIOR	INFERIOR	LONGITUD (M)	L.acum	Si	Li/Si^0.5	ACUMULADO	Sp
2900	2800	160	160	0.6250	202.3858	202.3858	0.6250
2800	2700	150	310	0.6667	183.7117	386.0975	0.6447
2700	2600	130	440	0.7692	148.2228	534.3203	0.6781
2600	2500	260	700	0.3846	419.2374	953.5577	0.5389
2500	2400	180	880	0.5556	241.4953	1195.0531	0.5422
2400	2300	120	1000	0.8333	131.4534	1326.5065	0.5683
2300	2200	180	1180	0.5556	241.4953	1568.0018	0.5663
2200	2100	230	1410	0.4348	348.8123	1916.8141	0.5411
2100	2000	290	1700	0.3448	493.8522	2410.6663	0.4973
2000	1900	460	2160	0.2174	986.5901	3397.2564	0.4043
1900	1800	290	2450	0.3448	493.8522	3891.1086	0.3964
1800	1700	620	3070	0.1613	1543.7876	5434.8961	0.3191
1700	1600	730	3800	0.1370	1972.3514	7407.2475	0.2632
1600	1500	700	4500	0.1429	1852.0259	9259.2734	0.2362
1500	1400	1150	5650	0.0870	3899.8397	13159.1132	0.1844
1400	1300	850	6500	0.1176	2478.1546	15637.2677	0.1728
1300	1200	1040	7540	0.0962	3353.8992	18991.1669	0.1576
1200	1100	1800	9340	0.0556	7636.7532	26627.9202	0.1230
1100	1000	11760	21100	0.0085	127529.5956	154157.5158	0.0187
1000	980	11880	32980	0.0017	289540.7287	443698.2446	0.0055

CUADRO 4

RIO MELENDEZ - CANAL NAPOLES

NUMERO DE ESCURRIMIENTO PONDERADO

Uso del Suelo	TIPO B		TIPO C	
	Area (Ha)	CN	Area (Ha)	CN
Bosque Natural	39.0	60	2021.0	70
Pasto Natural	68.0	69	603.0	79
Pasto Natural Enmalezado	275.0	61	173.0	74
Rastrojo Alto	44.0	60	86.0	70
Rastrojo Bajo	58.0	69	135.0	79
Cultivos (Cafe)		77	98.0	83
Zona sub-urbana	295.0	80	0.0	0
Zona urbana	144.0	85		
SUMATORIA	923.0	66289	3116.0	226728
CN PONDERADO PARCIAL		72		73
CN PONDERADO TOTAL				72.5

CUADRO 5

C V C
CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA
SUBDIRECCION TECNICA
DIVISION ESTUDIOS TECNICOS
SECCION HIDROCLIMATOLOGIA

ESTACION COREA
MUNICIPIO CALI
CUENCA MELENDEZ
LATITUD 03 21 N
LONGITUD 76 40 W
ALTURA 2580 m.s.n.m
CODIGO 2622320102
CATEGORIA PM
ENTIDAD CVC

RESUMEN MENSUAL MULTIANUAL
PRECIPITACION TOTAL MENSUAL EN MILIMETROS (mm.)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1964	****<	****<	****<	****<	****<	****<	****<	****<	****<	****<	****<	361	361<
1965	350	175	351	1140	550	69	65	82	293	491<	941	707	5214<
1966	307	351	544	699	753	371	123	245	89	525	723	583	5312
1967	207	477	347	301	472	352	221	241	206	834	****<	****<	3678<
1968	****<	293	417	692	377	312<	****<	****<	0<	****<	****<	****<	2091<
1969	****<	175<	213<	537	332	124	0	131<	****<	****<	****<	****<	1532<
1970	****<	****<	****<	****<	****<	****<	121<	87	302	439	580	362	1891<
1971	375	432	1205	411	669	518	181	233	556	841	432	456	6359
1972	437	143	494	518	****<	318	93	185	231	470	591	297	3767<
1973	50	52	291	486	501	390	244	394	525	839	796	611	5178
1974	720	735	764	496	489	427	311	193	541	736	730	387	6531
1975	294	785	563	397	724	358	432	626	547	607	****<	694	6017<
1976	336	420	350	433	234	251	3	80	192	780	262	223<	3594<
1977	60	114	202	253	346	178	119	199	285	397	83	123	2359
1978	224<	61	260<	330<	132<	177<	178	148	210	186<	326<	335	2567<
1979	159<	96	385	385<	378	168	203<	305	191	356<	322	149	3097<
1980	157	306	136	155<	92<	232	68	82	72	****<	****<	309<	1609<
1981	175	315	226	520	639	284	104	280	156	359	270	273	3601
1982	345	275	463	632	458	98	78	11	282	568	213<	267<	3690<
1983	104	108	445	289	350	189	73	41	91	269	220	355	2533
1984	415	224	255	485	315	300	94	186	****<	573	419	222	3489<
1985	565	70	194	218	159	120	76	95<	201<	279	207	177	2361<
1986	409	384	****<	****<	****<	****<	****<	****<	****<	****<	****<	****<	792<
MAX	720<	785<	1205<	1140<	753<	518<	432<	626<	556<	841<	941<	707<	6531<
MED	311<	299<	414<	489<	435<	266<	136<	199<	262<	547<	434<	367<	4031<
MIN	50<	52<	136<	155<	92<	69<	0<	11<	0<	186<	83<	123<	361<

CONVENCIONES :

****<	NO HAY DATO
<	DATO INCOMPLETO
MAX	VALOR MAXIMO
MED	VALOR MEDIO
MIN	VALOR MINIMO

CUADRO 6

C V C
CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA
SUBDIRECCION TECNICA
DIVISION ESTUDIOS TECNICOS
SECCION HIDROCLIMATOLOGIA

ESTACION ALTO IGLESIAS
MUNICIPIO CALI
CUENCA MELENDEZ
LATITUD 03 22 N
LONGITUD 76 38 W
ALTURA 1705 m.s.n.m
CODIGO 2622320103
CATEGORIA PS
ENTIDAD CVC

RESUMEN MENSUAL MULTIANUAL
PRECIPITACION TOTAL MENSUAL EN MILIMETROS (mm.)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1981	****<	****<	179	339	314	175	68	93	60	216	295	195	1934<
1982	339	245	****<	504	320	160	139	9	228	466	218	288	2877<
1983	122	34	386	330	220	167	73	28	47	199	131	309	2087
1984	311	265	137	335	205	257	31	154	332	378	424	145	2974
1985	348	55	197	224	213	117	65	86	209	294	205	165	2109
1986	302	219	128	222	236	237	2	48	105	548	297	52	2365
1987	96	90	255	319	236	119	88	149	98	377	345	164	2326
1988	113	72<	2<	406	294	235	149	175	322	229	387	254	2638<
1989	226	111	166	230	189	165	21	61	171	350	160	312	2102
1990	156	209	199	161	190	40	41	36	58	281	159	134	1595
1991	47	107	237	216	194	169	99	6	218	98	366	127	1884
1992	87	193	191	179	112	123	42	25	78	160	275	107	1572
1993	97	140	280	394	348	38	45	45	147	152	388	148<	2212<
1994	215	283	278<	379	358	25	38	43	78	198	280	82	2257<
1995	262	55	287	188	333<	214	151	77	132	204	162	321	2326<
1996	177	137	371										685<
MAX	348<	283<	386<	504	358	257	149	175	332	548	424	312<	2974<
MED	197<	160<	215<	307	239	136	66	68	154	281	278	173<	2226<
MIN	47<	34<	2<	161	100	25	2	6	47	98	159	52<	1572<

CONVENCIONES :

****<	NO HAY DATO
<	DATO INCOMPLETO
MAX	VALOR MAXIMO
MED	VALOR MEDIO
MIN	VALOR MINIMO

CUADRO 7

C V C
CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA
SUBDIRECCION TECNICA
DIVISION ESTUDIOS TECNICOS
SECCION HIDROCLIMATOLOGIA

ESTACION LA FONDA
MUNICIPIO CALI
CUENCA MELENDEZ
LATITUD 03 23 N
LONGITUD 76 36 W
ALTURA 1298 m.s.n.m
CODIGO 2622320101
CATEGORIA PM
ENTIDAD CVC

RESUMEN MENSUAL MULTIANUAL
PRECIPITACION TOTAL MENSUAL EN MILIMETROS (mm.)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1964	****<	****<	****<	****<	****<	****<	****<	****<	****<	****<	****<	116	116<
1965	167	72	62	290	214	14	0	25	94	124	267	188	1517
1966	114	115	47	162	255	150	43	154	96	283	211	245	1865
1967	46	77	277	133	144	86	70	32	68	242	178	144	1497
1968	118	143	149	205	129	114	68	111	147	319	173	45	1721
1969	110	99	103	234	276	135	32	0	167	250	266	19	1751
1970	32	185	168	237	265<	136<	127	56	129	201	359	108	2001<
1971	263	372	497	157	252	115	21	143	218	249	176	97	2570
1972	225	111	134	196	135	220	67	112	47	80	164	218	1709
1973	11	20	108	320<	60<	217	231	373	301	186	347	209	2383<
1974	173	265<	326	220	131	143	71	42	161	337	209	101	2119<
1975	110	284	358	213	451	222	196	295	231	338	****<	429	3027<
1976	69	154	172	181	230	113	0	62	82	355	173	136	1757
1977	29	19	195	182	196	243	119	145	210	225	158	235	1955
1978	122	85	272	225	362	70	42	45	85	129	186	101	1724
1979	80	55	150	377	197	167	30	131	80	178	164	89<	1688<
1980	169	0<	36	120	134	58	31	57	24	325	120	203<	1277<
1981	88	87	146	357	336	159	30	103	74<	85<	196<	133<	1789<
1982	65<	157<	215<	350<	228	69	77	12	170	371	228	253	2218<
1983	53	24	341	308	185	194	67	35	43	152	116	263	1781
1984	351	275	116	330	262	199	46	127	331	321	382	183	2923
1985	275	37	203	157	215	89	78	60	270	326	198	148	2056
1986	305	167	147	331	260	250	4	99	108	508	266	67	2512
1987	73	94	130	254	152	195	107	89	110	295	326	124	1959
1988	86	102	147	258	265	226	161	163	244	159	408	208	2407
1989	221	173	147	245	221	124	21	38	152	301	128	137	1908
1990	201	173	157	300	102	79	60	24	31	316	210	263	1916
1991	31	103	231	171	230	99	72	14	229	53	261	98	1592
1992	80	211	109	139	205	105	39	41	105	165	361	209	1769
1993	111	163	237	345	478	36	72	40	164	172	306	101	2297
1994	197	181	355	358	292	20	36	31	53	201	249	91	2043
1995	133	26	231	203	242	174	222	69	64	207	159	316	2045

CUADRO 7

C V C
CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA
SUBDIRECCION TECNICA
DIVISION ESTUDIOS TECNICOS
SECCION HIDROCLIMATOLOGIA

ESTACION LA FONDA
MUNICIPIO CALI
CUENCA MELENDEZ
LATITUD 03 23 N
LONGITUD 76 36 W
ALTURA 1298 m.s.n.m
CODIGO 2422320101
CATEGORIA PM
ENTIDAD CVC

RESUMEN MENSUAL MULTIANUAL
PRECIPITACION TOTAL MENSUAL EN MILIMETROS (mm.)

AÑO	ENE	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1996	139	120	268										527<
MAX	351<	372<	497<	377<	478<	250<	231<	373<	331<	508<	408<	429<	3027<
MED	133<	131<	190<	244<	235<	136<	72<	87<	138<	246<	232<	167<	1990<
MIN	11<	0<	36<	120<	60<	14<	0<	0<	24<	53<	116<	19<	116<

CONVENCIONES :
****< NO HAY DATO
< DATO INCOMPLETO
MAX VALOR MAXIMO
MED VALOR MEDIO
MIN VALOR MINIMO

CUADRO 8

C V C
CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA
SUBDIRECCION TECNICA
DIVISION ESTUDIOS TECNICOS
SECCION HIDROCLIMATOLOGIA

ESTACION UNIVALLE
MUNICIPIO CALI
CUENCA MELENDEZ
LATITUD 03 22 N
LONGITUD 76 32 W
ALTURA 970 m.s.n.m
CODIGO 2622320201
CATEGORIA CO
ENTIDAD IDEAM

RESUMEN MENSUAL MULTIANUAL
PRECIPITACION TOTAL MENSUAL EN MILIMETROS (mm.)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1966	43	85	73	127	194	109	38	140	39	155	220	236	1459
1967	77	110	149	136	159	131	74	4	59	384	93	117	1492
1968	90	113	90	197	112	49	47	108	182	175	147	61	1351
1969	78	128	100	243	196	75	12	35	146	174	166	53<	1406<
1970	40	147	113	218	158	97	34	141<	93<	239<	199	64<	1553<
1971	105<	195	417	82	141	128	55	119	155	261	104	69	1831<
1972	175	109	107	199	227	117	40	84<	60<	88	173	78	1457<
1973	2	63	83	212	144	139	125	192	146	136	257	149	1648
1974	90	135	146	180	138	45	20	53	106	164	151	65	1283
1975	55	152	106	127	288	70	138	172	109	239	139	283	1867
1976	90	73	113	114	264	88	2	25	27	254<	96<	49<	1205<
1977	44	21	137	65	196	149	59	49	133	126	110	120	1209
1978	68	94	132	268	335	22	27	59	117	137	104	78<	1341<
1979	48	22	144	216	270<	62	34	117	79	176	95	112	1395<
1980	53	124	19	264	53	47	3	15	45	189	102	136	1000
1981	74	120	110	292	128<	****<	4<	25<	82	169	170	139	1313<
1982	167	209	131	310<	92	61	76	7	77	102	258<	157	1647<
1983	31	24	226	222	149	83<	41	15	42	166	96	184	1268<
1984	112	212	72	230	192	163	99	113	278	390	175	81	2027
1985	131	24	166	111	95	94	36	60	219	189	147	74	1326
1986	186	144	145	280	123	177	3	61	87	269	166	16	1657
1987	61	45	110	193	116	45	94	37	114	304	184	67	1370
1988	54	165	71	174	78	124	72	102	109	97	263	171	1420
1989	93	85	102	155	200	82	21	49	57	216	97	214	1371
1990	62	178	156	152	31	56	27	11	19	184	124	206	1206
1991	9	95	124	71	203	51	87	4	137	107	120	33	1040
1992	10	152	50	57	106	99	18	19	130	56	173	67	850
1993	0	118<	252	237	292	22	37	49	106	86	238	58	1495<
1994	192	215	290	230	270	5	62	30	70	226	222	68	1880
1995	90	13	147	135	199	162	144	19	51	138	92	185	1365

CUADRO 8

C V C
CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA
SUBDIRECCION TECNICA
DIVISION ESTUDIOS TECNICOS
SECCION HIDROCLIMATOLOGIA

ESTACION UNIVALLE
MUNICIPIO CALI
CUENCA MELENDEZ
LATITUD 03 22 N
LONGITUD 76 32 W
ALTURA 970 m.s.n.m
CODIGO 2622320201
CATEGORIA CO
ENTIDAD IDEAM

RESUMEN MENSUAL MULTIANUAL
PRECIPITACION TOTAL MENSUAL EN MILIMETROS (mm.)

AÑO	ENE	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1996	75<	91	131										297<
MAX	192<	215<	417	310<	292<	177<	144<	192<	278<	384<	263<	293<	2027<
MED	77<	111<	136	181<	171<	95<	52<	65<	104<	183<	157<	114<	1431<
MIN	0<	13<	19	57<	31<	5<	2<	4<	19<	56<	96<	16<	850<

CONVENCIONES :

####<	NO HAY DATO
<	DATO INCOMPLETO
MAX	VALOR MAXIMO
MED	VALOR MEDIO
MIN	VALOR MINIMO

CUADRO 9

C V C
CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA
SUBDIRECCION TECNICA
DIVISION ESTUDIOS TECNICOS
SECCION HIDROCLIMATOLOGIA

ESTACION LA LADRILLERA
MUNICIPIO CALI
CUENCA LILI
LATITUD 03 22 N
LONGITUD 76 35 W
ALTURA 1180 m.s.n.m
CODIGO 2622310101
CATEGORIA PG
ENTIDAD CVC

RESUMEN MENSUAL MULTIANUAL
PRECIPITACION TOTAL MENSUAL EN MILIMETROS (mm.)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1982	****<	****<	****<	****<	****<	****<	****<	****<	****<	****<	3<	166	169<
1983	53	7	315	214	187	53	46	6	56	153	66	227	1383
1984	170	216	67	270	177<	120	70	69	333	285	238	94	2109<
1985	209	12	145	97	132	35	54	60	207<	199	179	93	1422<
1986	131<	162	104	255	263	185	0	70	116	432<	168	38	1864<
1987	67	49<	112	281	116	90	42	92	113	269<	289	65	1555<
1988	30<	101	103	218	148	139	107	121	136	118<	280	149	1650<
1989	152<	98	102	193	179	74	32	99	78	184	121	114	1426<
1990	76	155	156	192	66	63	25	19	20	183	117<	208	1270<
1991	52	76	155	110	192	151	94	4<	213	47<	197	57	1338<
1992	45	120	90	90	166	73	13	33	78	108	260	94	1160
1993	126	93	197	228	347	14	37	55	175	144	269	77<	1762<
1994	160<	174	308	292	292	42<	39<	21	77	202	284	87	1978<
1995	157	33	249	149	154	180	140	51	81	159	135	264	1751
1996	81	54<	193<	263									561<
MAX	209<	216<	315<	292<	347<	185<	140<	121<	333<	432<	289<	264<	2109<
MED	118<	103<	151<	197<	180<	95<	53<	58<	128<	200<	199<	125<	1583<
MIN	30<	7<	67<	90<	66<	14<	0<	4<	20<	47<	3<	38<	169<

CONVENCIONES :

****<	NO HAY DATO
<	DATO INCOMPLETO
MAX	VALOR MAXIMO
MED	VALOR MEDIO
MIN	VALOR MINIMO

CUADRO 10

C V C
CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA
SUBDIRECCION TECNICA
DIVISION ESTUDIOS TECNICOS
SECCION HIDROCLIMATOLOGIA

ESTACION LAS BRISAS
MUNICIPIO CALI
CUENCA CAUCA-VERALEJO
LATITUD 03 24 N
LONGITUD 76 36 W
ALTURA 1228 m.s.n.m
CODIGO 2622330106
CATEGORIA PM
ENTIDAD CVC

RESUMEN MENSUAL MULTIANUAL
PRECIPITACION TOTAL MENSUAL EN MILIMETROS (mm.)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1969	*****<	30<	137	210	276	113	29	52	155	249	156	43	1460<
1970	41	158	151	284	228	201	69	64	121	167	329	77	1890
1971	219	304	514	151	288	165	65	165	215	246	197	229	2756
1972	266	136	159	255	210	240	70	105	44	91	210	82	1959
1973	55	27	83	226	246	117	132	349	240	187	332	175	2169
1974	84	293	335	197	151	110	27	60	172	206	111	61	1797
1975	30	163	51	129	315	120	102	254	217	102	260	282	2030
1976	84	197	168	125	248	102	0	25	56	228<	116	120	1469<
1977	36	12	192	122	179	123	105	68	199	169	193	147	1605
1978	105	70	208	241	209	76	*****<	*****<	*****<	*****<	*****<	*****<	910<
1979	*****<	44	200	454	393	105	212	389	173	347	254	*****<	2571<
1980	*****<	336	34	243	180	123	44	100	113	902	315	468	2861<
1981	137	350	342	635	924	292	109	260	75	222	344	252	3942
1982	239	132	285	465	285	44	40	6	199	328	184	197	2405
1983	76	4	255	381	173	148	54	20	31	125	110	398	1775
1984	332	239	174	344	291	132	52	136	406	315	367	79	2867
1985	186	0<	227<	104	173	165<	59<	62	193	294	209	149	1761<
1986	264	69	145	340	258	202	30	41	99	514	283	69	2314
1987	100	98	153	253	204	153	57	73	94	266	273	141	1865
1988	81	82	140	185	191	268	127<	*****<	125<	167	79<	*****<	1445<
1989	194<	131	73	253	391	127<	9<	39<	133<	29<	252<	161	1602<
1990	132	154	67	177	86	31	50	16	13	347	180	198	1441
1991	38	124	175	102	240	125	94	63	251	54	*****<	*****<	1266<
1992	53<	147	36	116	159	55	37	40	95	110	216	169	1236<
1993	67	115	194	351	310	24	38	23	148	155	258	78	1761
1994	181	132	313	259	236	27	18	31	62	183	207	142	1790
1995	94	14	212	187	130	144	155	34	51	223	128	260	1632
1996	105	79	246										430<
MAX	332<	350<	514<	635	924	292<	212<	389<	406<	902<	367<	468<	3942<
MED	125<	137<	186<	251	251	131<	70<	97<	141<	245<	226<	169<	1976<
MIN	0<	0<	34<	102	86	24<	0<	6<	13<	29<	79<	43<	910<

CONVENCIONES :

*****<	NO HAY DATO
<	DATO INCOMPLETO
MAX	VALOR MAXIMO
MED	VALOR MEDIO
MIN	VALOR MINIMO

CUADRO 11

C V C
CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA
SUBDIRECCION TECNICA
DIVISION ESTUDIOS TECNICOS
SECCION HIDROCLIMATOLOGIA

ESTACION CANAVERALEJO
MUNICIPIO CALI
CUENCA CANAVERALEJO
LATITUD 03 25 N
LONGITUD 76 35 W
ALTURA 1056 m.s.n.m
CODIGO 26223301Q2
CATEGORIA PG
ENTIDAD CVC

RESUMEN MENSUAL MULTIANUAL
PRECIPITACION TOTAL MENSUAL EN MILIMETROS (mm.)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1968	****<	****<	****<	****<	****<	****<	****<	****<	****<	109<	73<	36<	218<
1969	55	90	119	160	248	81<	16	55	20<	1<	14	0	859<
1970	0	62	25<	163	47<	24<	29	47	35	32	219<	68	751<
1971	85<	302	264<	122	192<	93	87	165	166	141	105	56<	1780<
1972	156	91	84	140	72	91	19	6	0	50<	165<	75<	929<
1973	35<	0	5	113	211	32	0	167	134<	103	257	92	1149<
1974	15	73<	259	137	75	119<	46<	70	219	247	133	35	1428<
1975	84	171	166	82	273	128	163	214	198	285	175	278	2217
1976	86	91	193	153	294	92	2	35	46	266	94	91	1443
1977	32	11	160	102	145	168	107	72	169	167	143	****<	1276<
1978	****<	45	198	230	199	46	74	71	58	42	145	294	1402<
1979	59	60	123	286	239	105<	125	107	69<	144	146	183	1645<
1980	71	121	39	105	124	58	92	43	25<	262	147	136<	1223<
1981	56	55	87<	263<	273	121	56	79	47	153	169	162	1541<
1982	125	129	152	299	155	52	19<	9	136	142<	104<	112<	1434<
1983	46<	8	218	173	123<	85	46	17	45	70	51	219	1101<
1984	236	211	102	279	142<	124<	4<	127<	187<	195	216<	87<	1910<
1985	157	21<	163<	61	123	109	36	56	139	221	166	134	1377<
1986	202<	93	125	226<	130	112	10<	44	87	354<	227	46	1661<
1987	87<	74	103	177	159	103	62	51	78	251	226<	41<	1417<
1988	64	66	176<	134<	194	171	79<	98	112	150<	299	137	1680<
1989	126	114	53	190	142	95	9	38	87	260<	81<	88	1283<
1990	100	116	93	218	68	27	26	14	22	296	175	181	1338
1991	27	70	110	112	150	54	58	12<	155	51	198	60	1057<
1992	52	115<	51	60	95	17	33	43	104	92	198	153	1033<
1993	65	102	190	279	218	34	25	24	147	126	186<	9<	1405<
1994	162<	126	269	235	203	18	21	23	55	181	179	183	1635<
1995	114	15	149	172	114<	128	229<	19	38	174	126	294<	1571<
1996	69<	74<	230<	111<									484<
MAX	236<	302<	422<	299<	294<	171<	229<	214<	219<	354<	299<	294<	2217<
MED	90<	92<	147<	178<	169<	88<	57<	64<	98<	170<	161<	122<	1411<
MIN	0<	0<	5<	61<	47<	17<	0<	6<	0<	1<	14<	0<	218<

CONVENCIONES :

****<	NO HAY DATO
<	DATO INCOMPLETO
MAX	VALOR MAXIMO
MED	VALOR MEDIO
MIN	VALOR MINIMO

CUADRO 12

C V C
CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA
SUBDIRECCION TECNICA
DIVISION ESTUDIOS TECNICOS
SECCION HIDROCLIMATOLOGIA

ESTACION COREA
MUNICIPIO CALI
CUENCA MELENDEZ
LATITUD 03 21 N
LONGITUD 76 40 W
ALTURA 2580 m.s.n.m
CODIGO 2622320102
CATEGORIA PM
ENTIDAD CVC

RESUMEN MENSUAL MULTIANUAL
PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1965	85	25	95	120	75	30	25	29	78	90<	95	116	120<
1966	120	67	85	135	130	60	30	30	10	45	50	42	135
1967	20	52	40	35	45	45	30	53	43	60	***<	***<	60<
1968	***<	55	35	45	30	40<	***<	***<	0<	***<	***<	***<	55<
1969	***<	26<	42<	60	49	53	0	20<	***<	***<	***<	***<	60<
1970	***<	***<	***<	***<	***<	***<	52<	24	50	52	37	30	52<
1971	29	75	55	43	108	90	41	45	60	70	76	40	108
1972	55	25	65	95	***<	62	19	43	38	59	67	40	98<
1973	26	38	54	43	72	61	45	74	53	78	66	48	78
1974	98	103	73	48	75	50	32	28	74	52	85	52	103
1975	56	78	84	46	85	53	65	79	93	75	***<	68	85<
1976	46	43	43	45	29	69	1	38	32	92	35	56<	92<
1977	23	24	66	41	41	40	19	52	51	41	20	22	66
1978	83<	18	60<	49<	40<	89<	99	45	61	50<	67<	62	89<
1979	43<	23	84	70<	63	47	52<	82	36	53<	93	37	84<
1980	40	58	55	28<	21<	37	41	19	26	***<	***<	72<	72<
1981	94	37	45	74	70	57	25	62	29	58	43	49	94
1982	50	45	66	107	75	19	22	6	49	58	65<	28<	107<
1983	20	36	113	62	57	51	46	31	32	49	69	42	113
1984	60	33	80	61	48	54	40	33	***<	60	61	44	80<
1985	92	15	52	38	50	64	30	32<	37<	54	54	42	92<
1986	74	47	***<	***<	***<	***<	***<	***<	***<	***<	***<	***<	74<
MAX	120<	103<	113<	135<	130<	90<	92<	82<	93<	92<	95<	116<	135<
MED	59<	42<	65<	62<	62<	55<	38<	41<	47<	60<	61<	50<	87<
MIN	20<	15<	35<	28<	21<	19<	0<	6<	0<	41<	20<	22<	52<

CONVENCIONES :

***<	NO HAY DATO
<	DATO INCOMPLETO
MAX	VALOR MAXIMO
MED	VALOR MEDIO
MIN	VALOR MINIMO

C V C
CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA
SUBDIRECCION TECNICA
DIVISION ESTUDIOS TECNICOS
SECCION HIDROCLIMATOLOGIA

CUADRO 13

ESTACION ALTO IGLESIAS
MUNICIPIO CALI
CUENCA MELENDEZ
LATITUD 03 22 N
LONGITUD 76 38 W
ALTURA 1705 m.s.n.m
CODIGO 2622320103
CATEGORIA PG
ENTIDAD CVC

RESUMEN MENSUAL MULTIANUAL
PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1981	***<	***<	31	53	41	59	22	38	27	47	64	63	64<
1982	70	57	***<	81	66	33	35	6	42	63	52	36	81<
1983	50	19	65	59	54	85	34	17	16	34	55	41	85
1984	59	49	23	78	47	101	6	35	52	46	78	25	101
1985	74	23	51	74	70	36	27	25	40	76	34	45	76
1986	64	4.	51	73	78	86	1	18	41	48	45	20	86
1987	36	38	75	90	72	37	28	55	40	51	114	71	114
1988	35	39	2	60	80	47	30	64	69	39	65	45	80
1989	31	42	51	33	33	28	17	16	45	99	38	12	99
1990	47	47	48	57	33	16	25	30	22	52	48	90	90
1991	16	36	53	61	56	45	39	2	73	26	65	20	73
1992	27	55	63	29	22	101	25	12	25	71	46	30	101
1993	22	44	81	74	46	11	20	24	36	24	43	58<	81<
1994	65	58	65<	90	53	9	14	21	30	37	48	24	90<
1995	125	22	54	42	73<	37	48	15	36	49	34	64	125<
1996	43	32	85										85<
MAX	74<	67<	81<	90	80	101	39	64	73	89	114	90<	114<
MED	45<	40<	51<	55	54	50	23	26	40	50	57	41<	87<
MIN	16<	4<	2<	29	22	9	1	2	16	24	34	12<	64<

CONVENCIONES :

***<	NO HAY DATO
<	DATO INCOMPLETO
MAX	VALOR MAXIMO
MED	VALOR MEDIO
MIN	VALOR MINIMO

C V C
CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA
SUBDIRECCION TECNICA
DIVISION ESTUDIOS TECNICOS
SECCION HIDROCLIMATOLOGIA

CUADRO 14

ESTACION LA FONDA
MUNICIPIO CALI
CUENCA HELENDEZ
LATITUD 03 23 N
LONGITUD 76 36 W
ALTURA 1298 m.s.n.m
CODIGO 2622320101
CATEGORIA PN
ENTIDAD CVC

RESUMEN MENSUAL MULTIANUAL
PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1961	0												0<
1964	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	29	29<
1965	67	30	21	45	65	10	0	11	26	33	65	39	67
1966	40	38	11	26	68	39	27	39	26	50	56	67	68
1967	19	20	109	48	26	37	12	23	38	51	59	53	109
1968	34	62	44	47	31	37	41	34	39	52	40	20	62
1969	21	30	48	45	83	78	28	0	35	49	63	10	83
1970	12	51	52	50	44<	28<	39	20	41	34	76	40	76<
1971	40	113	114	39	45	20	10	40	52	86	52	30	114
1972	54	40	36	51	25	49	42	40	29	24	37	58	58
1973	5	19	25	47<	35<	45	47	83	49	31	60	51	83<
1974	38	48<	57	25	21	51	49	16	40	45	40	52	57<
1975	32	51	99	41	103	90	38	61	45	70	***	56	103<
1976	25	40	25	30	55	30	0	25	47	75	45	45	75
1977	9	6	28	57	48	50	19	30	65	50	84	73	84
1978	63	37	84	35	68	42	17	35	31	37	50	50	84
1979	35	18	37	71	51	46	12	35	22	65	60	30<	71<
1980	88	0<	10	25	20	11	19	46	11	55	20	38<	88<
1981	22	29	78	100	60	38	26	40	0<	85<	56<	133<	133<
1982	29<	40<	43<	28<	41	22	27	7	24	65	64	47	65<
1983	21	11	82	71	51	132	42	18	23	37	23	59	132
1984	71	71	21	84	56	53	20	33	52	50	58	48	84
1985	70	19	45	58	80	29	18	19	45	80	60	74	80
1986	65	33	48	61	82	81	2	50	29	68	82	17	89
1987	36	59	22	57	35	98	36	22	51	69	138	48	138
1988	59	36	134	43	61	43	39	48	53	27	80	55	134
1989	40	47	38	51	30	47	10	15	32	82	28	52	82
1990	83	35	39	58	25	27	22	17	9	39	39	110	110
1991	12	19	36	50	68	19	32	8	76	12	55	14	76
1992	22	67	43	23	41	86	23	17	33	42	64	57	86
1993	22	51	79	78	95	10	24	19	58	41	42	24	95
1994	54	36	86	55	103	7	21	8	25	72	44	22	103
1995	71	15	77	36	50	42	70	18	27	37	27	73	77

CUADRO 14

C V C
CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA
SUBDIRECCION TECNICA
DIVISION ESTUDIOS TECNICOS
SECCION HIDROCLIMATOLOGIA

ESTACION LA FONDA
MUNICIPIO CALI
CUENCA MELENDEZ
LATITUD 03 23 N
LONGITUD 76 36 W
ALTURA 1298 m.s.n.m
CODIGO 2622320101
CATEGORIA PM
ENTIDAD CVC

RESUMEN MENSUAL MULTIANUAL
PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1995	50	27	117										117<
MAX	88<	113<	134<	100<	103<	132<	70<	83<	76<	96<	138<	133<	138<
MED	39<	38<	54<	50<	54<	45<	25<	28<	37<	52<	56<	49<	35<
MIN	0<	0<	10<	23<	20<	7<	0<	0<	0<	12<	20<	10<	0<

CONVENCIONES :

***<	NO HAY DATO
<	DATO INCOMPLETO
MAX	VALOR MAXIMO
MED	VALOR MEDIO
MIN	VALOR MINIMO

C V C
CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA
SUBDIRECCION TECNICA
DIVISION ESTUDIOS TECNICOS
SECCION HIDROCLIMATOLOGIA

CUADRO 15

ESTACION UNIVALLE
MUNICIPIO CALI
CUENCA MELENDEZ
LATITUD 03 22 N
LONGITUD 76 32 W
ALTURA 970 m.s.n.m
CODIGO 2622320201
CATEGORIA CO
ENTIDAD IDEAM

RESUMEN MENSUAL MULTIANUAL
PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1965	***<	***<	***<	***<	***<	***<	***<	***<	***<	***<	***<	39	39<
1966	30	29	31	26	39	23	12	29	12	45	64	38	64
1967	36	22	60	47	39	30	21	2	26	122	43	50	122
1968	30	31	19	38	44	20	15	60	87	46	41	36	87
1969	20	52	18	91	62	44	6	11	55	25	41	22<	91<
1970	8	46	42	45	41	27	11	46<	28<	61<	32	26<	61<
1971	65<	67	67	27	27	53	15	25	51	46	30	44	67<
1972	46	34	23	75	75	21	16	64<	20<	18	48	29	75<
1973	1	30	19	39	31	42	42	70	26	20	77	41	77
1974	27	37	39	30	26	13	7	11	21	36	45	33	45
1975	15	64	51	41	46	30	30	35	29	87	35	50	87
1976	37	27	22	24	91	27	2	12	12	82<	34<	15<	91<
1977	15	10	50	30	43	45	29	11	32	21	23	22	50
1978	33	28	47	42	79	8	6	32	34	60	35	10<	79<
1979	19	14	55	37	63<	22	15	40	26	52	13	45	63<
1980	22	26	4	69	16	14	2	3	30	42	25	39	69
1981	37	20	23	64	48<	***<	3<	17<	53	46	33	59	64<
1982	39	52	27	80<	30	44	22	5	17	32	94<	38	94<
1983	24	19	83	39	33	40<	29	9	36	46	23	33	83<
1984	28	50	25	44	49	68	56	48	47	52	30	34	68
1985	54	12	51	31	46	34	13	29	56	36	39	61	61
1986	36	25	25	89	34	70	1	21	41	66	57	6	89
1987	28	24	36	59	38	12	25	13	49	51	120	37	120
1988	26	38	48	46	14	28	17	30	30	17	44	45	48
1989	25	48	24	71	55	29	29	20	19	57	25	57	71
1990	18	48	54	25	9	24	11	7	6	37	53	54	54
1991	7	32<	34	17	34	29	52	2	47	67	26	7	67<
1992	4	50	18	19	42	5	10	7	44	22	36	21	50
1993	0	49<	43	50	49	9	16	19	45	22	43	15	50<
1994	40	68	83	49	75	3	31	17	43	47	43	36	83
1995	26	6	45	35	52	51	42	6	13	39	13	54	54

C V C
CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA
SUBDIRECCION TECNICA
DIVISION ESTUDIOS TECNICOS
SECCION HIDROCLIMATOLOGIA

CUADRO 15

ESTACION UNIVALLE
MUNICIPIO CALI
CUENCA MELENDEZ
LATITUD 03 22 N
LONGITUD 76 32 W
ALTURA 970 m.s.n.m
CODIGO 2622320201
CATEGORIA CO
ENTIDAD IDEAM

RESUMEN MENSUAL MULTIANUAL
PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1998	40<	22	39										40<
MAX	65<	68<	85<	91<	91<	70<	58<	70<	87<	122<	120<	61<	122<
MED	27<	35<	39<	46<	44<	29<	19<	23<	34<	47<	42<	35<	72<
MIN	0<	6<	4<	17<	9<	3<	1<	2<	6<	17<	13<	6<	39<

CONVENCIONES :
*** NO HAY DATO
< DATO INCOMPLETO
MAX VALOR MAXIMO
MED VALOR MEDIO
MIN VALOR MINIMO

CUADRO 16

C V C
CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA
SUBDIRECCION TECNICA
DIVISION ESTUDIOS TECNICOS
SECCION HIDROCLIMATOLOGIA

ESTACION LA LADRILLERA
MUNICIPIO CALI
CUENCA LILI
LATITUD 03 22 N
LONGITUD 76 35 W
ALTURA 1180 m.s.n.m
CODIGO 2622310101
CATEGORIA PG
ENTIDAD CVC

RESUMEN MENSUAL MULTIANUAL
PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1982	***<	***<	***<	***<	***<	***<	***<	***<	***<	***<	3<	52	52<
1983	24	4	132	37	40	17	28	4	38	31	18	45	132
1984	26	77	14	54	50<	57	45	18	69	42	56	39	77<
1985	55	7	40	32	41	13	19	21	45<	44	68	74	74<
1986	25<	44	28	73	55	84	0	31	51	70<	39	21	84<
1987	31	24<	20	107	27	27	8	37	34	54<	193	23	193<
1988	20<	34	62	50	32	42	34	49	42	39<	55	59	62<
1989	42<	49	31	62	33	24	12	39	31	51	47	51	62<
1990	20	31	55	69	29	20	13	15	8	43	75	72	75
1991	42	28	60	28	69	61	44	2<	89	15<	41	11	89<
1992	12	42	36	23	38	43	10	18	23	29	50	22	50
1993	29	52	51	67	64	6	29	28	81	37	38	27<	81<
1994	39<	60	70	42	78	7<	15<	11	34	54	62	43	78<
1995	62	24	120	37	30	40	30	14	25	43	38	87	120
1996	28	10<	55<	54									55<
MAX	62<	77<	132<	107<	78<	84<	45<	49<	89<	70<	193<	87<	193<
MED	33<	37<	55<	52<	45<	34<	22<	22<	44<	42<	56<	44<	89<
MIN	12<	4<	14<	23<	27<	6<	0<	2<	8<	15<	3<	11<	50<

CONVENCIONES :

***<	NO HAY DATO
<	DATO INCOMPLETO
MAX	VALOR MAXIMO
MED	VALOR MEDIO
MIN	VALOR MINIMO

C V C

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA
SUBDIRECCION TECNICA
DIVISION ESTUDIOS TECNICOS
SECCION HIDROCLIMATOLOGIA

CUADRO 17

ESTACION LAS BRISAS
MUNICIPIO CALI
CUENCA CAÑAVERALEJO
LATITUD 03 24 N
LONGITUD 76 36 W
ALTURA 1228 m.s.n.m.
CODIGO 2622330106
CATEGORIA PM
ENTIDAD CVC

RESUMEN MENSUAL MULTIANUAL
PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1969	****(	29(	42	49	39	47	20	32	34	47	49	14	39(
1970	[illegible]	51	41	39	30	47	24	23	26	31	81	26	81
1971	59	95	99	40	41	42	19	46	45	75	78	79	99
1972	70	43	49	70	45	53	30	30	15	26	59	46	70
1973	40	24	24	38	99	32	57	57	40	47	91	35	98
1974	30	41	78	31	41	28	[illegible]	20	50	50	70	20	70
1975	10	40	50	40	70	71	[illegible]	30	75	14	91	91	95
1976	30	75	54	22	70	45	9	22	25	65(	23	28	75(
1977	23	4	78	42	22	50	52	19	49	55	50	33	60
1978	35	20	42	40	22	25	****(	****(	****(	****(	****(	****(	42(
1979	****(	70	30	71	60	70	51	100	31	50	70	****(	100(
1980	****(	20	20	40	50	60	24	40	40	130	20	90	130(
1981	40	50	50	90	100	57	60	80	25	80	56	120	120
1982	40	20	32	100	70	12	18	4	40	80	80	30	100
1983	32	4	100	60	74	70	40	10	15	30	24	56	100
1984	42	70	40	70	42	50	40	50	70	40	70	30	70
1985	43	30(	52(	54	11	55(	13(	17	30	65	90	65	90(
1986	70	20	32	60	30	65	30	20	27	93	92	30	93
1987	57	73	32	70	45	65	20	25	50	70	135	71	135
1988	25	20	130	31	50	53	40(	****(	125(	50	32(	****(	130(
1989	32(	22	15	55	29	22(	3(	13(	23(	21(	134(	92	134(
1990	54	35	30	41	34	12	20	13	4	44	43	80	80
1991	15	75	50	20	54	32	32	12	53	9	****(	****(	54(
1992	8(	45	17	27	36	45	22	22	35	26	51	49	51(
1993	12	41	42	66	50	14	24	9	60	35	50	15	66
1994	50	50	98	60	76	20	6	10	26	70	50	46	98
1995	56	7	55	35	21	21	35	13	15	43	40	55	56
1996	35	15	120										120(
MAX	80(	90(	130(	100	100	90	67(	100(	125(	130(	135(	120(	135(
MED	35(	40(	47(	51	54	43(	27(	31(	41(	57(	67(	52(	89(
MIN	0(	6(	13(	20	11	10(	0(	4(	4(	8(	20(	14(	42(

CONVENCIONES :

****(NO HAY DATO
(DATO INCOMPLETO
MAX VALOR MAXIMO
MED VALOR MEDIO
MIN VALOR MINIMO

CUADRO 18

C V C
CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA
SUBDIRECCION TECNICA
DIVISION ESTUDIOS TECNICOS
SECCION HIDROCLIMATOLOGIA

RESUMEN MENSUAL MULTIANUAL
PRECIPITACION MENSUAL EN MM

ESTACION CANAVERALEJO
MUNICIPIO CALI
CUENCA CANAVERALEJO
LATITUD 03 25 N
LONGITUD 76 35 W
ALTURA 1056 m.s.n.m
CODIGO 26223300102
CATEGORIA PG
ENTIDAD CVC

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1969	***<	***<	***<	***<	***<	***<	***<	***<	***<	22<	35<	12<	38<
1969	10	48	42	41	81	46<	12	30	12<	1<	12	0	92<
1970	0	48	12<	48	18<	11<	13	34	12	15	64<	34	64<
1971	72<	100	94<	41	73<	27	45	45	56	38	37	19<	100<
1972	69	69	28	60	37	19	11	5	0	37<	63<	53<	69<
1973	27<	0	5	30	133	17	0	62	73<	42	95	29	133<
1974	15	52<	58	27	17	42<	13<	25	57	54	21	12	98<
1975	38	49	51	17	48	75	40	49	57	76	35	73	76
1976	42	23	41	25	65	24	2	20	14	55	22	15	65
1977	11	4	52	40	41	49	24	15	58	45	49	***<	58<
1978	***<	15	45	39	39	18	15	29	21	25	76	71	76<
1979	19	22	27	63	37	37<	25	26	20<	29	50	57	83<
1980	31	25	14	23	22	15	32	14	9<	68	46	32<	68<
1981	13	14	31<	75<	48	23	13	27	16	40	18	71	75<
1982	20	33<	24	69	37	17	5<	5	24	34<	21<	16<	69<
1983	29<	8	69	24	21<	15	26	7	21	19	7	59	69<
1984	59	72	40	57	23<	40<	2<	33<	33<	25	58<	29<	72<
1985	47	21<	57<	26	50	42	9	22	20	61	56	62	62<
1986	61<	37	25	50<	25	42	10<	20	37	68<	99	11	99<
1987	53<	48	34	42	56	40	18	14	48	68	170<	20<	170<
1988	25	32	166<	23<	55	31	10<	37	27	36<	50	39	166<
1989	34	41	23	54	24	25	7	12	18	72<	31<	52	72<
1990	37	26	23	42	18	13	8	12	12	41	33	79	79
1991	10	23	36	21	22	32	27	5<	41	18	52	17	52<
1992	16	20<	13	18	20	9	27	22	19	22	51	32	51<
1993	11	32	39	58	46	18	18	9	60	39	33<	4<	60<
1994	53<	49	66	41	44	15	13	7	31	57	29	98	98<
1995	72	6	46	48	39<	22	36<	6	12	29	45	64<	78<
1996	57<	17<	104<	29<									104<
MAX	81<	166<	230<	83<	133<	75<	62<	62<	73<	76<	170<	98<	230<
MED	34<	33<	51<	43<	44<	30<	20<	21<	30<	42<	48<	38<	87<
MIN	0<	0<	5<	17<	17<	9<	0<	5<	0<	1<	7<	0<	39<

CONVENCIONES :

***<	NO HAY DATO
<	DATO INCOMPLETO
MAX	VALOR MAXIMO
MED	VALOR MEDIO
MIN	VALOR MINIMO

CUADRO 3.3

RIO MELENDEZ - CANAL NAPOLES

PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)

ESTACION	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS			FACTOR DE AREA
	2.33	25	50	P. THIESSEN
COREA	85.98	128.24	138.51	15.75%
ALTO IGLESIAS	90.55	118.59	124.92	40.43%
LA FONDA	89.09	130.23	140.12	22.63%
LAS BRISAS	87.87	139.90	153.01	7.25%
LA LADRILLERA	90.43	158.36	176.41	7.90%
UNIVALLE	72.79	108.74	117.49	6.04%
CAÑAVERALEJO	83.16	134.67	147.77	0.00%
PRECIPITACION PONDERADA	88.22	126.84	136.16	100.00%

CUADRO 27

DISTRIBUCION PORCENTUAL DE LA LLUVIA

ESTACION : ALTO IGLESIAS

TIEMPO (MIN)	PRECIPITACION (%)
0	0.0
20	13.7
40	37.0
60	55.5
80	70.7
100	82.7
120	89.3
140	94.8
160	98.1
180	100.0

CUADRO 32

RESUMEN DE CAUDALES MAXIMOS EN M3/SEG.

RIO MELENDEZ - CANAL NAPOLES

PERIODO DE RETORNO (ANOS)	METODO DEL SOIL CONSERVATION SERVICE
	AMC II CN=72
2.33	45.827
25	98.202
50	112.301

HORIZONTES
EL JORDAN
MELENDEZ
CLUB CAMPESTRE
1 ⇒
LA PLAYA
UNICENTRO
PRADOS DEL SUR
LOS CHOROS
LOS FARALLONES
CALDAS
EL REFUGIO
FRANCISCO J. RAMIREZ
BUENOS AIRES
CANEY

Figura 1

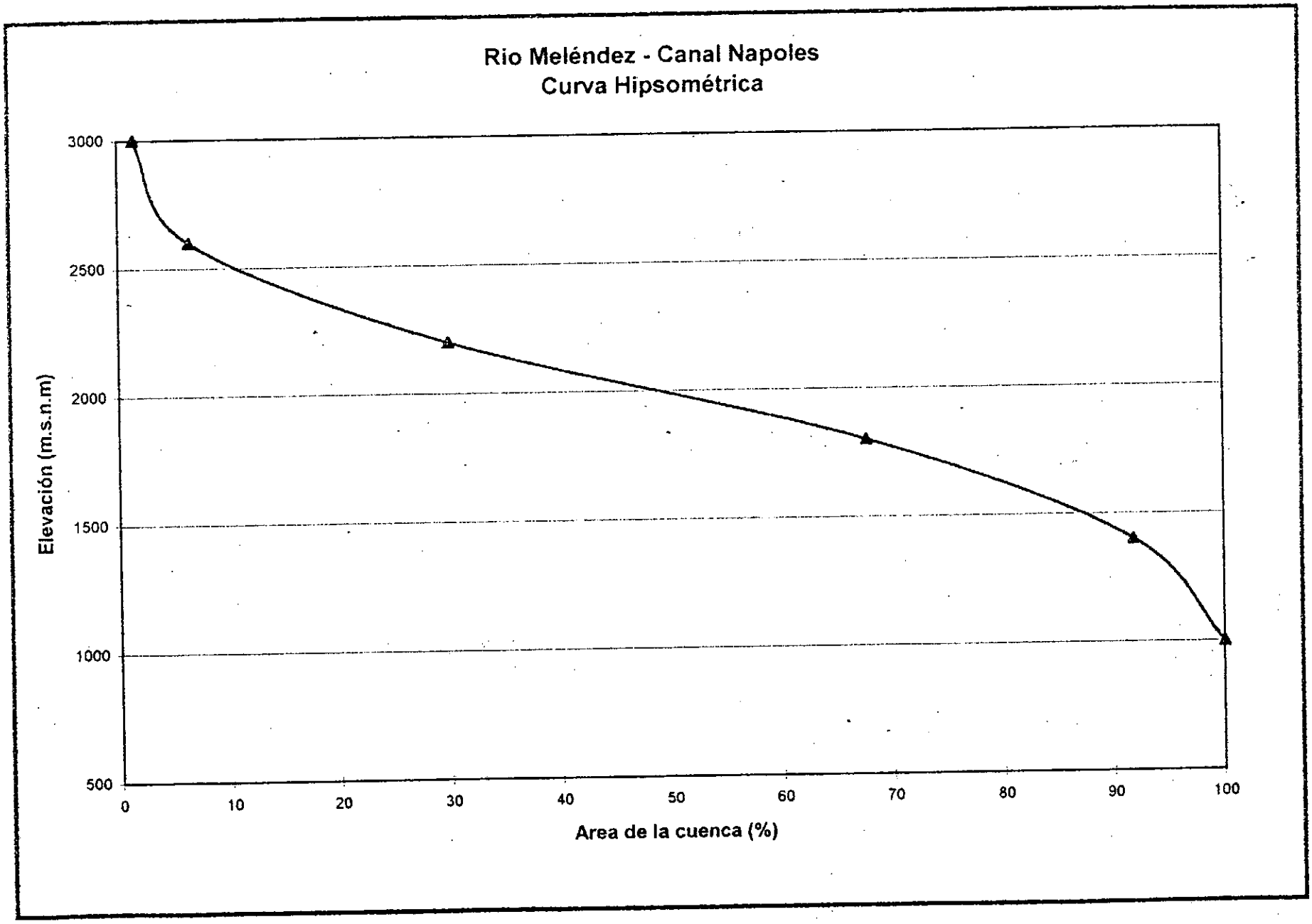

Rio Meléndez - Canal Napoles
Curva Hipsométrica
Elevación (m.s.n.m)
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
Area de la cuenca (%)

Figura 2

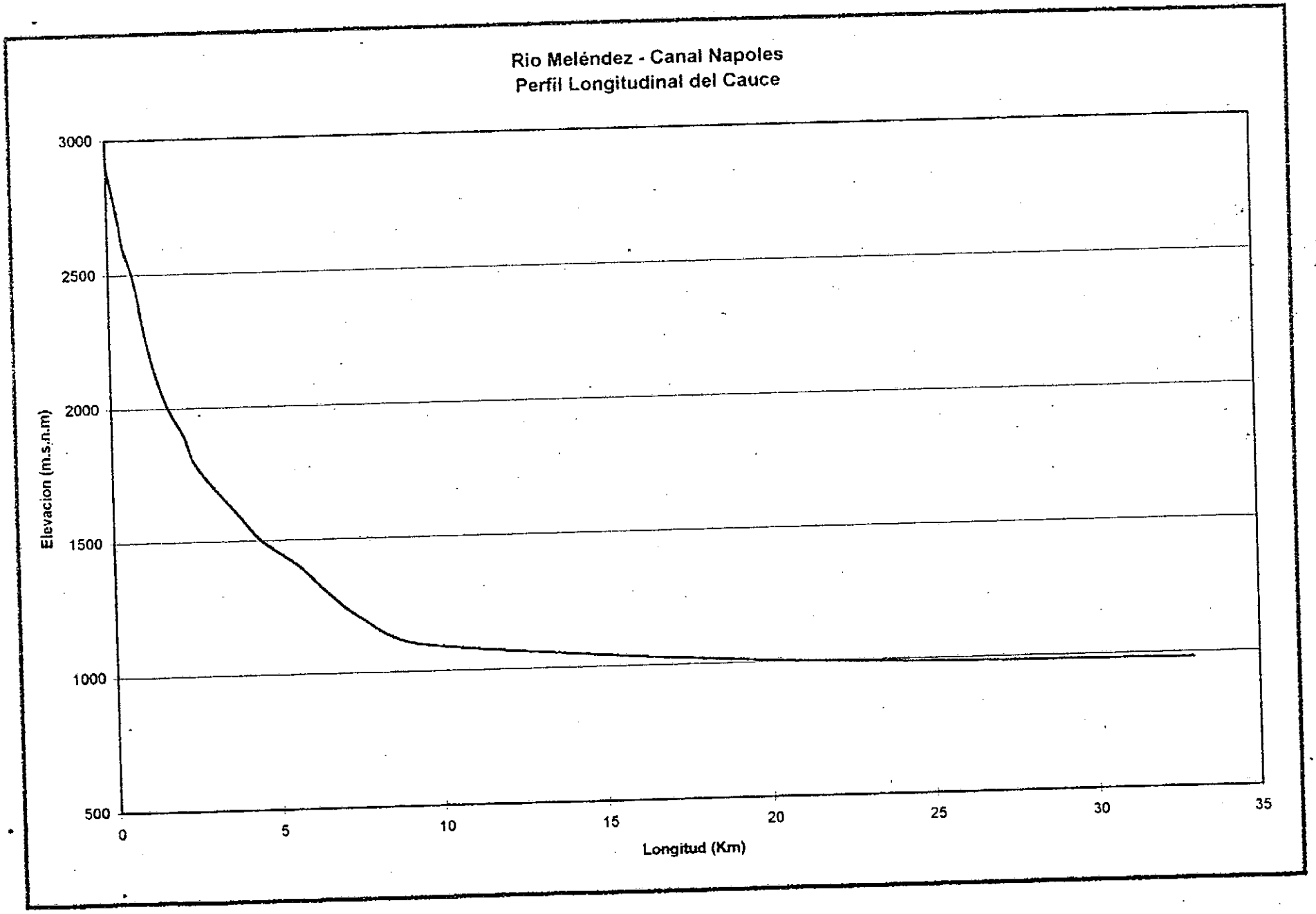

Rio Meléndez - Canal Napoles
Perfil Longitudinal del Cauce
Elevacion (m.s.n.m)
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
5
10
15
20
25
30
35
Longitud (Km)

Figura 3

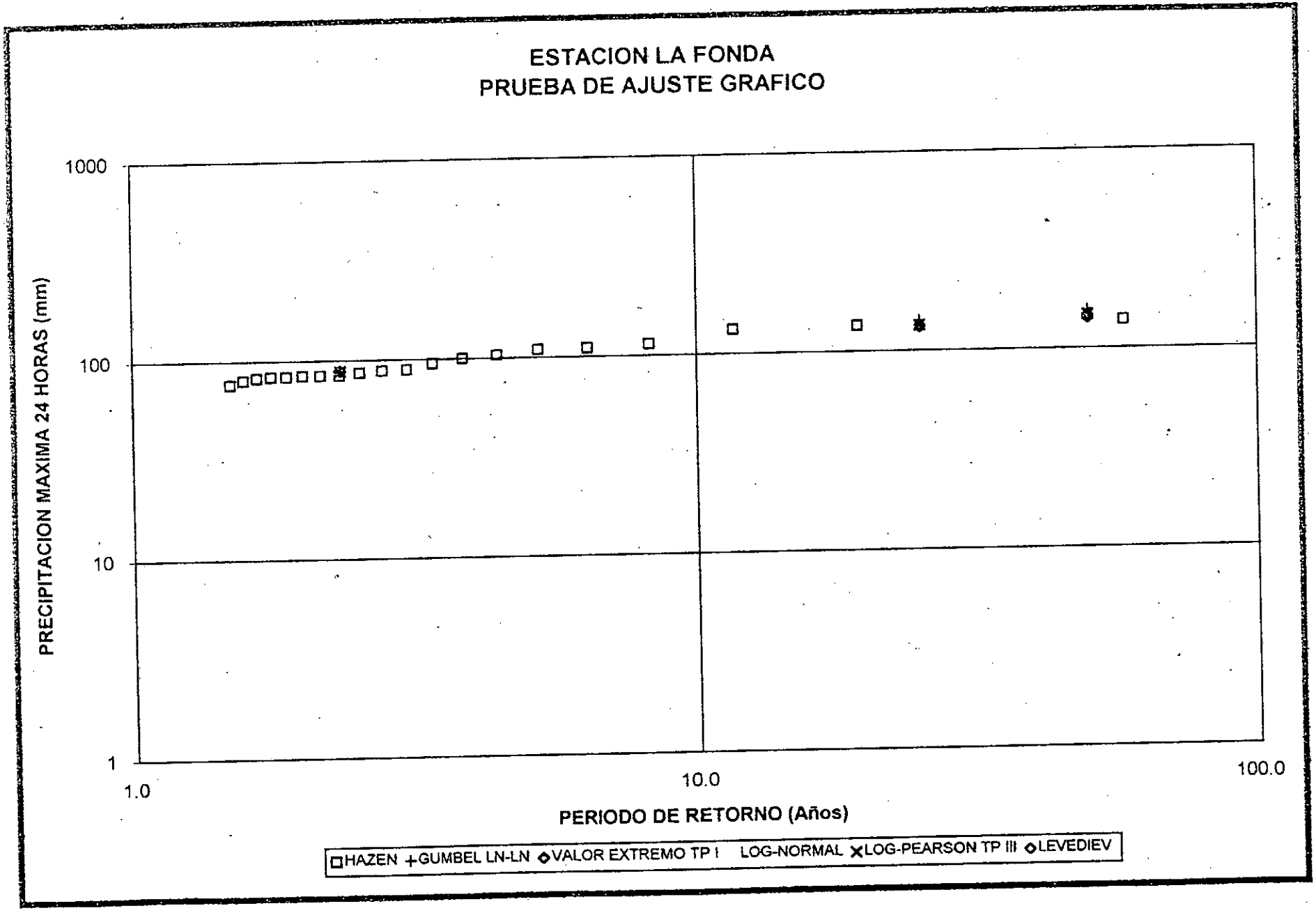

ESTACION LA FONDA
PRUEBA DE AJUSTE GRAFICO
PRECIPITACION MAXIMA 24 HORAS (mm)
1000
100
10
1
1.0
10.0
100.0
PERIODO DE RETORNO (Años)
HAZEN
GUMBEL LN-LN
VALOR EXTREMO TP I
LOG-NORMAL
LOG-PEARSON TP III
LEVEDIEV

Figura 4

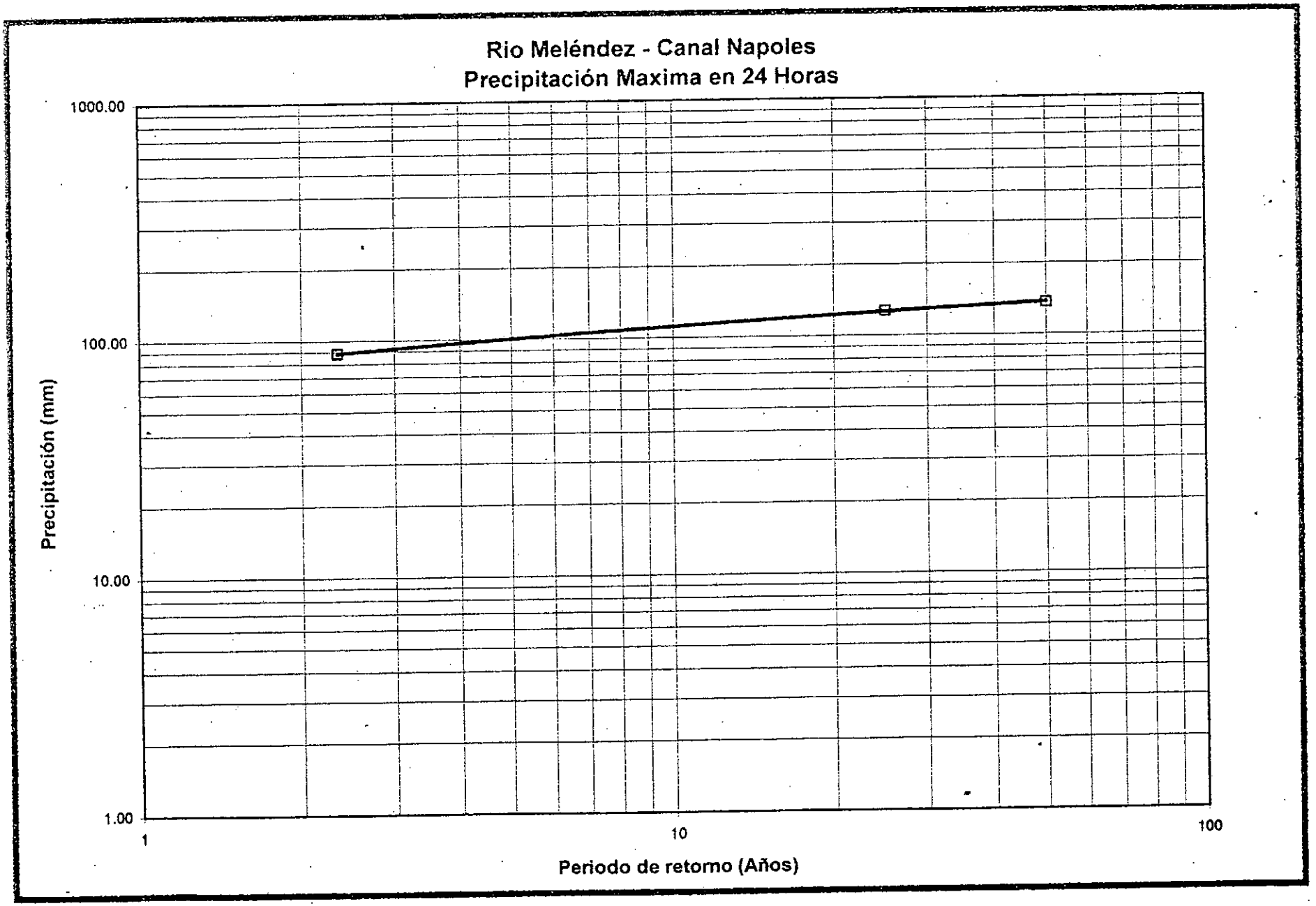

Rio Meléndez - Canal Napoles
Precipitación Maxima en 24 Horas
1000.00
100.00
10.00
1.00
Precipitación (mm)
1
10
100
Periodo de retorno (Años)

Figura 5

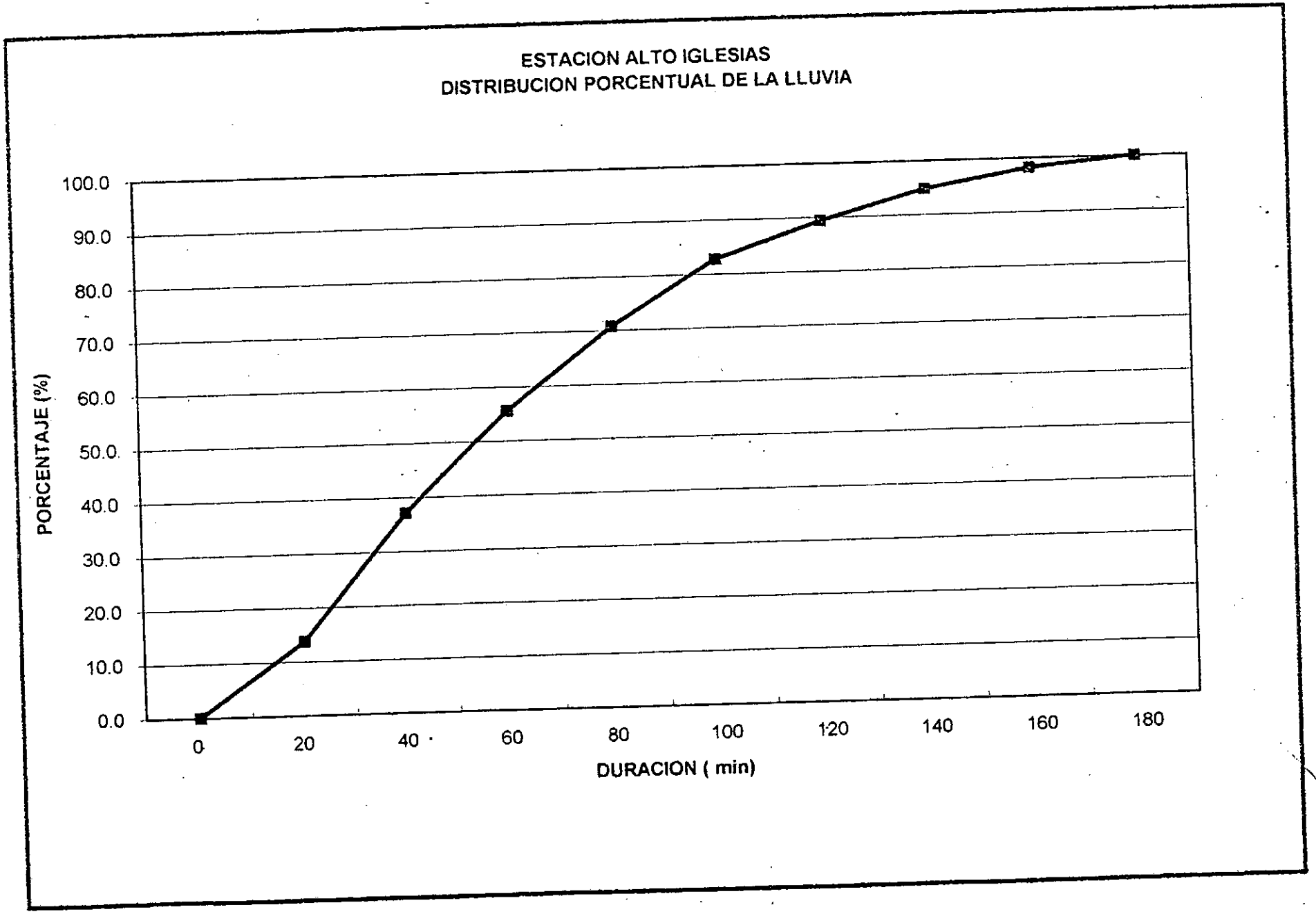

ESTACION ALTO IGLESIAS
DISTRIBUCION PORCENTUAL DE LA LLUVIA
PORCENTAJE (%)
100.0
90.0
80.0
70.0
60.0
50.0
40.0
30.0
20.0
10.0
0.0
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
DURACION (min)

Figura 6

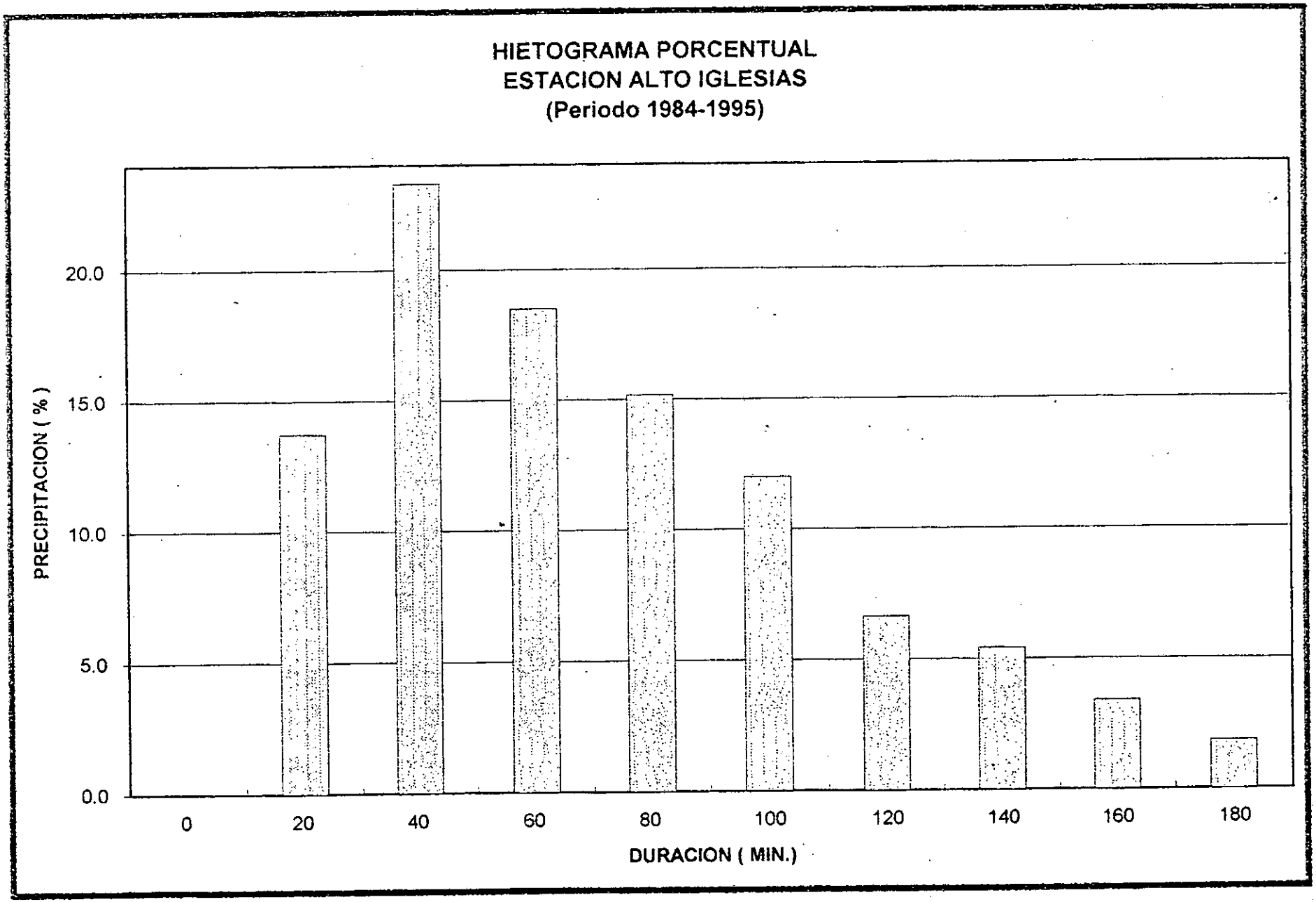

HIETOGRAMA PORCENTUAL
ESTACION ALTO IGLESIAS
(Periodo 1984-1995)
PRECIPITACION (%)
20.0
15.0
10.0
5.0
0.0
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
DURACION (MIN.)

Figura 7

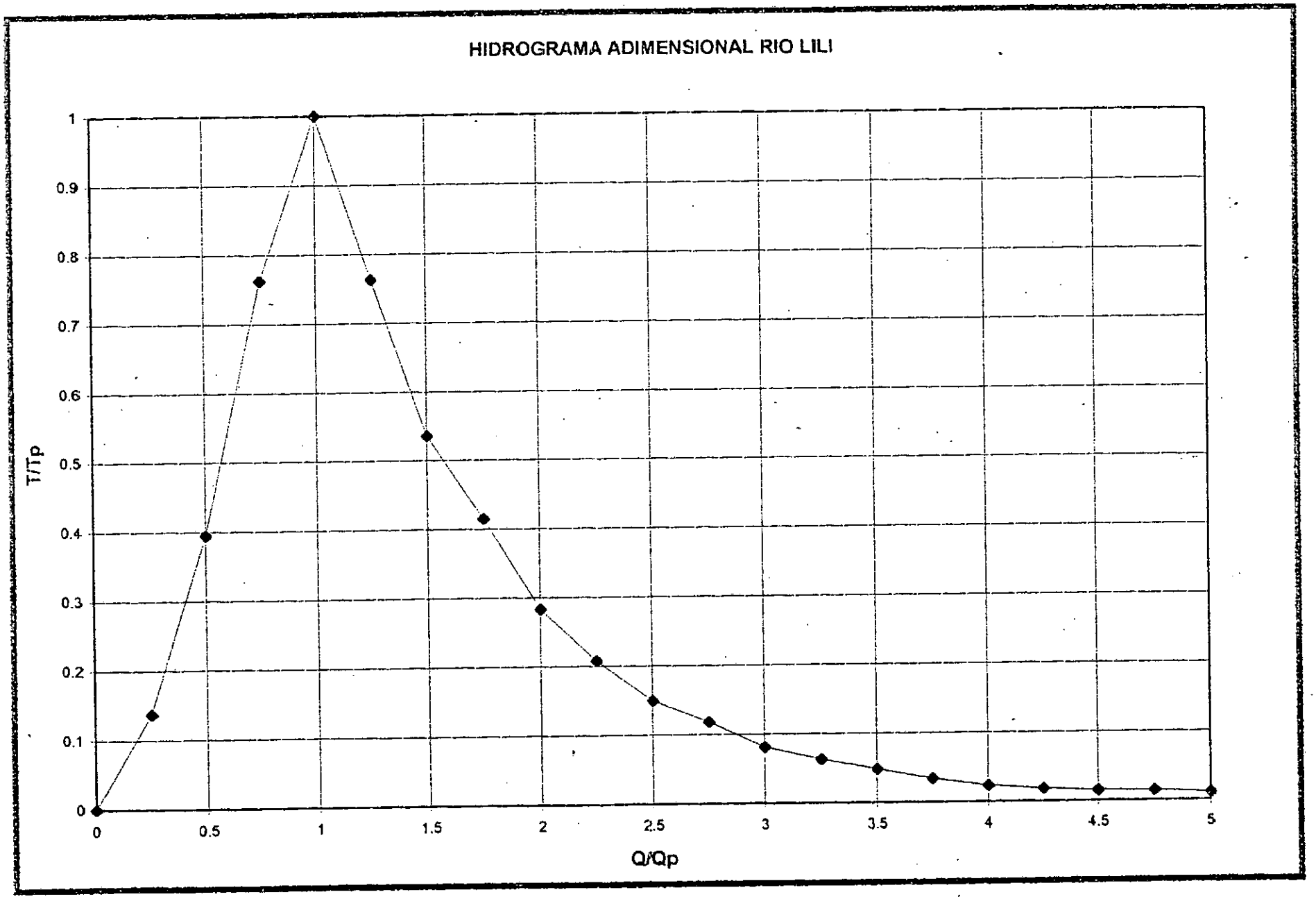

HIDROGRAMA ADIMENSIONAL RIO LILI
T/Tp
Q/Qp
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
4
4.5
5

Figura 8

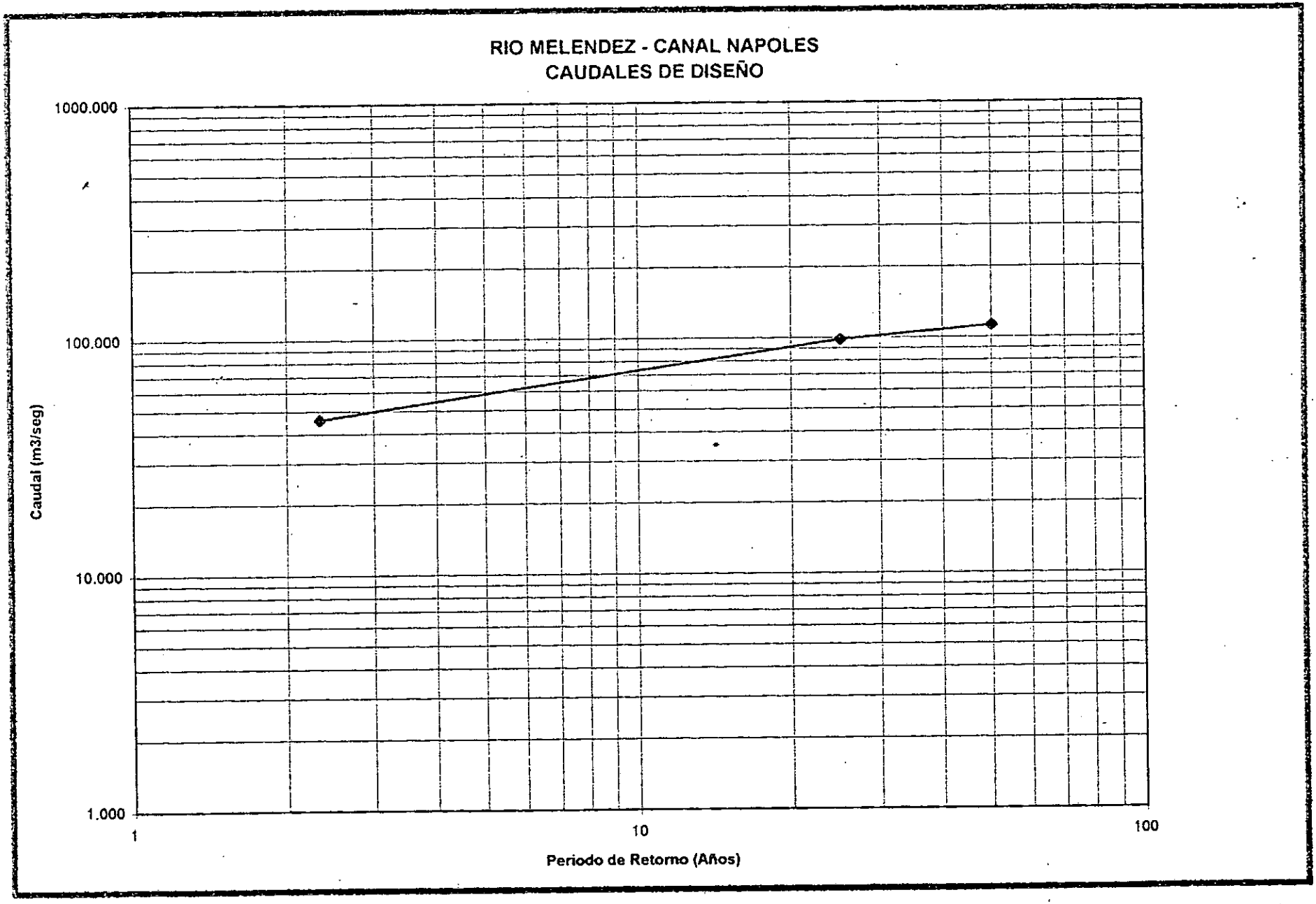

RIO MELENDEZ - CANAL NAPOLES
CAUDALES DE DISEÑO
1000.000
100.000
10.000
1.000
Caudal (m3/seg)
1
10
100
Periodo de Retorno (Años)

Figura 9

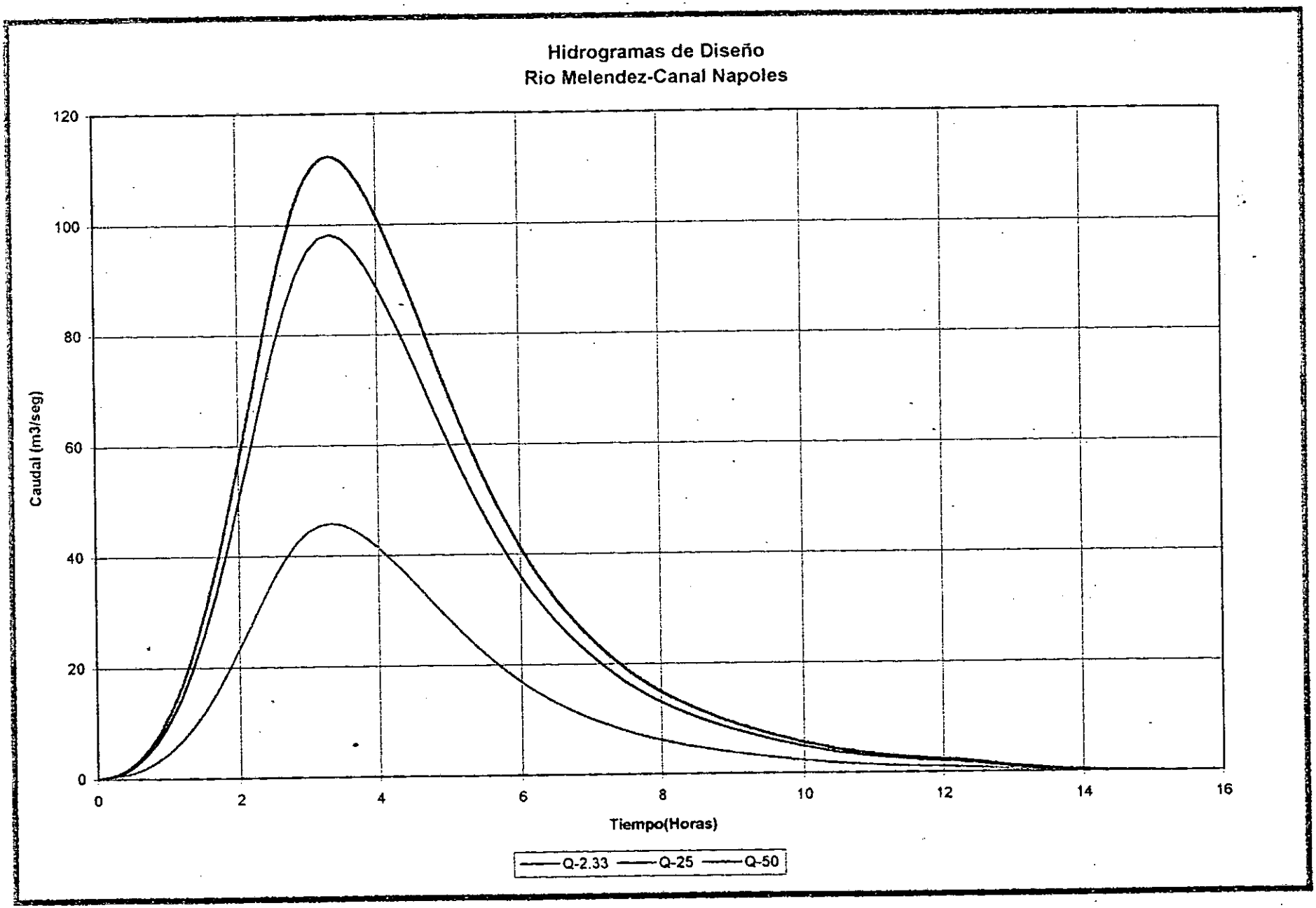

Hidrogramas de Diseño
Rio Melendez-Canal Napoles
Caudal (m3/seg)
120
100
80
60
40
20
0
0
2
4
6
8
10
12
14
16
Tiempo(Horas)
Q-2.33
Q-25
Q-50

Figura 10

ESTUDIO HIDROLOGICO RIO LILI

SECTOR ZANJON GUALI - BOQUERON

1. LOCALIZACION

La zona de estudio se encuentra en el Municipio de Cali, Departamento del Valle del Cauca, cuenca del río Lili, desde su nacimiento hasta su encuentro con la zona plana lugar donde se inician los nuevos desarrollos urbanos antiguo sector de ciudad jardin al sur de la ciudad de Cali y hasta la proximidad de su entrega final al canal CVC SUR en el sitio conocido como Boquerón. Los puntos de cálculo de los hidrogramas del río Lili para este sector son :

Sitio 1 - Confluencia con el Zanjón Gualí.

Sitio 2 - Confluencia con el Canal Cañasgordas

Sitio 3 - Confluencia con el Canal Calle 48

Sitio 4 - Conflluencia con el Canal Boquerón

La figura 1 muestra la localización de estos puntos.

2. CARACTERISTICAS FISICAS Y MORFOMETRICAS DE LA CUENCA

Para definir las características morfométricas de la cuenca fue empleada como base cartográfica la plancha IGAC No. 299-II-D-4, 299-II-D-2, escala 1:10.000. También se usaron como planos de referencia, el plano del Departamento Administrativo de Planeación Municipal de Cali escala 1:20000, año 1988, Estudio General Unificado de Suelos (Jurisdicción CVC) UMC Pance-Meléndez-Cali-Aguacatal escala 1:50000 año 1988, Uso y Tenencia del Suelo actualizado al año 1990 escala 1:50000.

Las fotografías aéreas del vuelo C-2249, fotos 88 y 89 de 1986 y fotografía FAL 323 F/07S, fotos 355 a 358, se utilizaron para revisar las posibles variaciones en el uso del suelo y cambios de la cobertura vegetal de la cuenca.

El nacimiento del río Lili se encuentra en la cota 1750 m.s.n.m., mientras que en el sector del boquerón tiene una cota de 955 m.s.n.m. La pendiente media del cauce principal varía desde muy fuerte (So > 20 %) en los primeros 2 kilómetros, severa (4 % <So < 20 %) entre los 2 y 8.5 kilómetros y moderada (So < 4 %) para los últimos 5

kilómetros. En el cuadro 1 se puede apreciar un resúmen de los parámetros físicos para cada uno de los sitios de interés.

2.1 Tipo Hidrológico de Suelos

Los suelos de la cuenca del río Lili proceden de tres formaciones Geológicas, las Rocas Areniscas, Diabasas y La Formación Popayán. Los suelos derivados de las Rocas Areniscas se meteorizan en arenas gruesas y medias; los suelos provenientes de las Rocas Diabasas se meteorizan en limos y arcillas, mientras que los suelos de la Formación Popayán se meteorizan en limos de baja plasticidad.

Hidrológicamente los suelos derivados de las Areniscas se clasifican como suelos tipo B mientras que los derivados de la Diabasa y la Formacion Popayán se clasifican como suelos tipo C.

En general los suelos tipo B son de profundidad media, el grupo contiene en conjunto una infiltración media superior después de haberse mojado completamente.

Se considera a los suelos del grupo C, como suelos poco profundos con presencia de arcillas y coloides. El grupo tiene una infiltración menor que la media después de la presaturación.

2.2 Número de Curva CN

Tal como se planteó en el estudio hidrológico del río Lili en su primera etapa, sector Quebrada El Burro-Avenida Cañasgordas, la información de cobertura vegetal y uso del suelo tomadas de las fotografías aéreas y del plano del Estudio Unificado de Suelos del año 1990 y Uso del Suelo de la Unidad de Manejo Pance-Lili-Meléndez-Cali-Aguacatal fueron actualizados y proyectados para lo que será la condición futura de uso del suelo.

Los valores de CN adoptados reflejan lo que será un cambio de uso del suelo al pasar de tierras agrícolas a una cuenca urbana relativamente impermeable, por lo cual se prevee desde ya un cambio en el régimen hidrológico del río Lili en la parte baja, caracterizado por una disminución de los tiempos de concentración, incremento del pico del hidrograma de crecientes y aumento del volumen de agua que transita por el cauce natural.

Los valores de CN aplicados a cada unidad son los correspondientes a la Condición de Humedad Antecedente II. Esta se considera como la condición promedia de saturación de las cuencas que han precedido a la ocurrencia de las avenidas máximas anuales. El Soil Conservation Service estima que valores acumulados de precipitación de los 5 días que preceden a la avenida máxima anual que oscilen entre 35.6 mm y 53.3 mm son los que corresponden a una Condición de Humedad Antecedente II. Los valores adoptados para cada unidad y el valor promedio en cada sitio se muestran en los cuadros 2a al 2d.

3. CLIMATOLOGIA

La cuenca del río Lili en cuanto a su régimen de lluvias tiene una gran influencia de la estación La Ladrillera ubicada en la parte media de la cuenca, con promedio anual de precipitación de 1750 mm. Desde la quebrada El Burro la cuenca del río Lili, tiene una fuerte influencia de la zona plana, por lo cual sus características climáticas se consideran representadas por la estación Univalle, cuya precipitación media anual es de 1420 mm, temperatura media 23.9°C, humedad relativa media 74%.

No existen en esta cuenca estaciones climáticas de orígen térmico como en las latitudes medias y altas, sino que en la cuenca se presenta un clima tropical húmedo influenciado en forma local por la orografía de la cordillera Occidental y particularmente los Farallones de Cali desde los Andes, así como su vecindad con el Océano Pacífico.

3.1 Precipitación Máxima en 24 Horas

Para determinar la lluvia de diseño del proyecto se analizó la red pluviométrica de la cuenca de los ríos Pance, Lili y Meléndez. Por el método de los polígonos de Thiessen se confirmó que en la cuenca del río Lili influyen espacialmente las estaciones La Ladrillera, Univalle, y La Fonda.

Los valores de la serie anual de precipitación máxima en 24 horas de las tres estaciones se muestran en los cuadros 3a, 3b y 3c respectivamente.

3.2 Análisis de Frecuencia de Precipitación Máxima en 24 Horas

La precipitación máxima responde a la realidad física que en una cuenca por grande que sea la cantidad total de precipitación durante un período de tiempo, debe ser limitada y por consiguiente el caudal correspondiente también es limitado.

Una forma de estimarlas es haciendo uso de métodos probabilísticos que usan Funciones de Distribución para valores extremos máximos, tales como, la Distribución Asintótica de Gumbel Tipo I, Distribución Log-Normal, Distribución Log-Pearson III, Modelo de Nash y otros métodos basados en los factores de frecuencia tales como el de Levediev, Foster-Haller-Hazen.

3.3 Descripción de los Métodos. Justificación Teórica

3.3.1 Método de Gumbel Ln-Ln y Valor Extremo Tipo I

Este método es una variación de la Distribución Asintótica de Valores Extremos Tipo I aplicable para valores máximos y mínimos. Tiene la siguiente función de densidad de probabilidad para los valores máximos :

$$f(x) = \alpha \exp(-y - e^{-y}) \quad \text{para: } \infty \leq x \leq \infty$$

la correspondiente función de distribucion es:

$$F(x) = \exp(- e^{-y})$$

siendo : $y = \alpha . (x - \beta)$

los valores característicos de esta distribución son :

$$\mu = \beta + \frac{Y_n}{\alpha}$$

$$\sigma^2 = \frac{\sigma^2}{6.\alpha^2}$$

Los parámetros α y β son estimados reemplazando μ y σ^2 por la media y la varianza de la muestra.

$$\alpha = \frac{\sigma n}{\sigma^2}$$

Los valores Y_n y σ_n cuando el tamaño de la muestra tiende a infinito son 0.57722 y 1.28255.

La solución a esta función se resuelve utilizando la técnica de los factores de frecuencia propuesta por Chow (1951) y cuya forma general es la siguiente :

$$P_{max} = \mu + K_t \cdot \sigma$$

donde :

P_{max}	:	Precipitación máxima esperada
μ	:	Valor medio de la muestra
σ	:	Desviación estandar de la muestra.
K_t	:	Factor de frecuencia. Es función del período de retorno Tr.

Donde :

$$K_t = \frac{1}{\sigma n} \ln(-\ln(p)) - \frac{Y_n}{\sigma n}$$

$$p = \frac{Tr-1}{Tr}$$

Los valores de Y_n y σn se toman de las tablas de los manuales de hidrología de acuerdo al tamaño n de la muestra.

3.3.2 Distribución Log-Normal y Distribución Log-Pearson Tipo III

La distribución normal surge del Teorema del Límite Central, el cual establece que si una secuencia de variables aleatorias x_i son independientes y están idénticamente distribuídas con media μ y varianza σ^2, entonces la distribución de la suma de n de estas variables aleatorias tiende hacia la distribución normal con media $n.\mu$ y varianza $n.\sigma$ a medida que n aumenta.

La Distribución Log-Normal tiene la siguiente función de densidad de probabilidad:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \cdot \exp\left[-\frac{(y-\mu y)^2}{2\sigma y^2}\right]$$

Donde : $y = \log x$

La solución de esta función se hace comúnmente aplicando los factores de frecuencia cuya forma general es la siguiente:

$$Pmax = \mu + K_t \cdot \sigma$$

Donde :

P max: Precipitación máxima esperada

μ : Valor medio de la muestra

σ : Desviación estandar de la muestra

K_t : Factor de frecuencia. Es función del período de retorno Tr y del coeficiente de Asimetría.

El coeficiente de Asimetría se calcula así:

Para la Distribución Log-Normal:

$$Ca = 0$$

Para la Distribución Log-Pearson Tipo III:

$$CA = \frac{n\Sigma (yi - \mu)^3}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot \sigma y}$$

El factor de frecuencia K_t se toma de las tablas de Pearson tipo III para un coeficiente de asimetría igual a cero.

3.3.3 Método de NASH

En 1966 Nash propuso un criterio para estimar valores máximos probables para un período de retorno determinado, en base a un registro de valores máximos anuales. El método permite ajustar la distribución de probabilidades por mínimos cuadrados, por lo que es menos rígido que el de Gumbel.

La expresión de Nash es la siguiente:

$$Pmáx = a + c \log \log \frac{Tr}{Tr-1}$$

Donde :

Pmáx	:	Caudal máximo probable en m^3/s.
T_r	:	Período de retorno en años
log	:	Logaritmo en base 10
a y c	:	Parámetros estadísticos que se calculan a partir de los datos del registro.
mi	:	número de orden de la serie ordenada de mayor a menor

$$t_i = \frac{n + 1}{mi}$$

Siendo: n el número de datos del registro.

$$X_i = \log \log \frac{T_i}{T_i - 1}$$

$$C = \frac{\Sigma XiPi - n.\bar{X}.\bar{P}}{\Sigma Xi^2 - n.\bar{X}^2} \quad (i=0)$$

En donde $\bar{X}$ y $\bar{P}$ indican los valores medios, es decir,

$$a = \bar{P} - c.\bar{X}$$

Con los valores de los parámetros estadísticos a y c calculados por el procedimiento anterior y el tiempo de retorno seleccionado para diseño, se determina la precipitación máxima probable.

13302

3.4 Magnitud de la LLuvia de Diseño

Los resultados de las precipitaciones máximas esperadas para los períodos de retorno 2.33, 25, y 50 años se muestran en los cuadros 4a, 4b y 4c respectivamente.

La prueba de ajuste gráfico por el método de Hazen demostró que para los datos que se están considerando, el mejor ajuste se logra con la Distribución Log-Pearson tipo III. El resultado del ajuste gráfico para la serie histórica de la estación La Ladrillera se muestra en la figura 2.

La lluvia de diseño para cada uno de los cuatro puntod de interés objeto del presente estudio, fue calculada ponderando los resultados de la distribución Log -Pearson III con los factores de área de los polígonos de Thiessen. Para cada uno de los cuatro sitios escogidos para el cálculo de los hidrogramas, en la figura 3 y en los cuadros 5a, 5b, 5c y 5d se ven los valores de la precipitación máxima en 24 horas para las tres frecuencias de diseño seleccionadas.

3.5 Curvas Altura-Duración

Tan importante como la magnitud de la precipitación es la forma como se distribuye ese evento en el tiempo y en el espacio.

Se seleccionaron los más importantes eventos de duración máxima 3 horas con incrementos de precipitación cada 20 minutos para el período de registro 1982-1994 de la estación La Ladrillera. El listado de todos los eventos seleccionados se muestra en el anexo memoria de cálculo.

3.5.1 Distribución Porcentual e Histograma de Diseño

Una vez analizada y procesada esta información se obtuvo una curva característica para la distribución porcentual de la precipitación de la estación La Ladrillera en la cuenca del río Lili para aguaceros de duración 180 minutos. Los valores característicos de la distribución promedia se muestran en la figura 4.

A partir de esta distribución se calculó un histograma porcentual que representa la variación de la lluvia en el tiempo. En la figura 5 se muestran los valores del histograma de diseño, el cual es introducido como un archivo de datos en el modelo de computador, para calcular los excesos de precipitación que genera el hidrograma final.

4. HIDROLOGIA

Aunque la cuenca del río Lili es una cuenca aforada, en la estación Lili-Cañasgordas ubicada en la vía Cali-Jamundí y la cual opera como una extensión de la antigua estación Lili-Puente Ferrocarril, se consideró que aunque en la determinación de la información de caudales medios y caudales mínimos se presentaron dificultades por los problemas de inestabilidad del lecho por acumulación de sedimentos, en la determinación de los caudales máximos la incertidumbre de la serie histórica es mayor, debido a la comprobada deformación de los picos, causada por desbordamientos aguas arriba tal como ocurrió con las crecientes de Abril de 1993 y Mayo de 1994 y por el efecto de presa reguladora que hace el terraplen de la línea férrea Cali-Jamundí.

Hacer un estimativo de caudales máximos a partir de los rendimientos específicos de la estación Lili-Cañasgordas sería linealizar los resultados en función del área, dejando de lado el importante efecto de otros parámetros como la pendiente y el tiempo de concentración.

Estas son las razones por las cuales se decidió utilizar modelos lluvia-escorrentía, dada la confiabilidad de las series históricas de precipitación y por la disponibilidad de registros gráficos de la misma. Entre varios modelos lluvia-escorrentia tales como HEC-1, DUR y SCS se optó por el método del SCS dada la escasez de información sobre el sistema de drenaje de la futura área de desarrollo urbano.

4.1 Método de Soil Conservation Service

El modelo tipo lluvia-escorrentia desarrollado por el Soil Conservation Service (SCS) está apoyado en la teoría del Hidrograma Unitario Instantáneo (HUI).

4.1.1 Descripción de la Metodología

Un hidrograma unitario es un hidrograma de escurrimiento de un aguacero en un punto dado que resultará de un acontecimiento aislado de exceso de precipitación

unitaria efectiva (1mm.), ocurrido dentro de un tiempo unitario cualquiera (10,20 ó 60 minutos) distribuído en forma uniforme en el área de drenaje. Un hidrograma unitario se identifica por el tiempo unitario que representa y el exceso de precipitación que lo ocasiona. (hidrograma unitario de 10 minutos y 1 mm. de exceso de precipitación).

Las suposiciones básicas son:

- Los efectos de todas las características físicas de una cuenca de drenaje se reflejan en la forma del hidrograma del aguacero para esa cuenca.

- En un punto dado de una corriente, las ordenadas de la descarga de diferentes hidrogramas unitarios del mismo tiempo unitario de exceso de precipitación son mutuamente proporcionales a los volúmenes respectivos.

- El hidrograma de descarga de un aguacero que resulta de una serie de chaparrones de exceso de precipitación contínua de intensidad variable puede construírse con una serie de hidrogramas superpuestos, siendo cada uno de ellos el resultado de un solo incremento de exceso de lluvia de duración unitaria.

El exceso de precipitación se calcula partiendo de la relación de escurrimiento:

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{P}$$

Donde:

F: Retención real en un momento dado

S: Retención potencial máxima

Q: Escurrimiento directo

P: Precipitación total

Teniendo en cuenta que $F = P - Q$ se llega a:

$$Q = \frac{P2}{P + S}$$

Esta ecuación es útil siempre y cuando exista la posibilidad de escurrimiento cuando llueve. Dado que en la realidad siempre ocurre una retención inicial la nueva ecuación es:

$$Q = \frac{(P - Ia)^2}{(P - Ia) + S}$$

De acuerdo a la experiencia del Soil Conservation Service se ha logrado establecer como una buena aproximación que $Ia = 0.2 * S$ por lo tanto:

$$Q = \frac{(P - 0.2\,S)^2}{P + 0.8\,S}$$

Donde:

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

CN: Número de escurrimiento ponderado, depende del tipo de suelo, cobertura y humedad antecedente.

Una vez determinada la precipitación efectiva Q, se determinan los hidrogramas unitarios y su tiempo pico para cada incremento unitario de tiempo.

$$q_p = \frac{0.208 * A * P}{Tp}$$

$$Tp = \frac{D}{2} + 0.6 * Tc$$

Donde:

q_p: Caudal pico unitario

A: Area de la cuenca en Km2

P: Precipitación efectiva en mm.

Tp: Tiempo pico unitario en horas

D: Duración del incremento de tiempo en horas

Tc: Tiempo de concentración en horas.

La ecuación de convolución discreta que permite el cálculo de la escorrentia directa Q_n, dado un exceso de lluvia P_m y el hidrograma unitario U_{n-m+1} es :

$$Q_n = - P_m . U_{n-m+1}$$

Su expresión matricial nos conduce a:

$$[Q] = [U] \cdot [P]$$

Q_1 P_1 0..... 0 0

Q_2 P_2 P_1 .....0 0

. U_1 .....

. U_2 .....

Q_m . P_M P_{M-1}...P1.....0 0

Q_{M+1} = . 0 P_M P_{M+1}..... P_2 P_1

. . ..

. U_{N-M+1} .....

Q_{N-1} 0 0.....P_M P_{M-1}

Q_N . 0 0.....0 P_M

4.1.2 Tiempo de Concentración (Tc)

Tiempo de concentración es el tiempo que tarda una partícula de agua en hacer el recorrido desde el punto más lejano de la cuenca al sitio de interés.

Existen formulaciones propuestas por diversos autores para estimar el tiempo de concentración de una cuenca. En el cuadros 6a, 6b, 6c y 6d se ven los resultados dados para cada una de las fórmulas propuestas.

De acuerdo con la experiencia en la aplicación de estas fórmulas y a una evaluación de la velocidad de traslación del frente de onda se ha observado que la formulación del Cuerpo de Ingenieros de USA se adapta muy bien a las cuencas del sur de la ciudad de Cali y además corresponde aproximadamente al valor medio de los tiempos estimados por las otras metodologías. de las cuales generalmente se debe excluír la del SCS LAG por su tendencia a sobreestimar y la Kirpick por su tendencia a subestimar.

4.1.3 Hidrograma Adimensional

Para el desarrollo del presente estudio se usó el hidrograma adimensional calculado por la CVC para el río Lili. Las coordenadas de dicho hidrograma se muestran en la figura 6.

4.1.4 Caudales de Diseño

Los resultados de la aplicación del modelo de computador que determina el hidrograma de la creciente para las condiciones de humedad antecedente II se muestran en los cuadros 7a al 10c. El cuadro 11 resume los valores de caudal máximo para cada uno de los puntos seleccionados y las figuras 8, 9, 10 y 11 muestran los correspondientes hidrogramas .

5. RECOMENDACIONES

El presente estudio hidrológico recomienda que como caudal de diseño para las obras de protección contra inundaciones del río Lili en el sector Zanjón Gualí -Boquerón se tomen los correspondientes a un período de retorno de 1:50 años estimados por el método del Soil Conservation Service para la condición de humedad antecedente II y condición de uso futuro del suelo.

6. BIBLIOGRAFIA

- Hidrología Sección 4

  SCS National Engineering Handbook 1972

- Diseño de Presas Pequeñas

  U.S. Bureau of Reclamation 1981

- Hidrología Aplicada

  Ven Te Chow-David R. Maidment-Larry W. Mays

  McGraw Hill 1993

- Métodos Usados en Hidrología para Estimar Caudales Máximos.

  Guillermo Regalado H.

  Universidad del Valle

- Un Método para Determinar Caudales de Diseño en Cuencas de Drenaje Pequeñas.

  Guillermo Regalado H.

  CVC-Univalle 1970

- Hidrología General. Principios y Aplicaciones

José Llamas

Universidad Laval 1992

- Hidrología para Ingenieros

Linsley-Kohler-Paulus

McGraw Hill 1988

- Estudio General Unificado de Suelos UMC Pance-Melendez-Cali-Aguacatal

Seccion Suelos CVC-1988

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1	Característimas Morfométricas
Cuadros 2a,2b,2c,2d	Número de Escurrimiento Ponderado. Sitios 1 al 4.
Cuadros 3a,3b,3c	Serie Histórica Precipitación Máxima en 24 Horas
Cuadros 4a,4b,4c	Análisis de Frecuencia
Cuadros 5a,5b,5c,5d	Precipitación de Diseño. Sitios 1 al 4.
Cuadros 6a,6b,6c,6d	Tiempo de Concentración
Cuadros 7a,7b,7c	Caudales Máximos Lili-Zanjón Guali
Cuadros 8a,8b,8c	Caudales Máximos Lili-Canal Cañasgordas
Cuadros 9a,9b,9c	Caudales Máximos Lili-Canal Calle 48
Cuadros 10a,10b,10c	Caudales Máximos Lili-Boquerón
Cuadro 11	Resumen de Caudales

CUADRO 1

RIO LILI

SECTOR ZANJON GUALI - BOQUERON

CARACTERISTICAS MORFOMETRICAS

PARAMETRO	UNIDAD	ZANJON GUALI	ANAL CAÑASGORDAS	CANAL CALLE 48	BOQUERON
AREA	Km2	20.07	22.74	26.15	29.35
LONGITUD	Km	10.79	11.114	12.14	13.94
COTA SUPERIOR	m.s.n.m	1750	1750	1750	1750
COTA INFERIOR	m.s.n.m	975	971	960	955
PENDIENTE	(m/m)	0.02349	0.02286	0.02129	0.01411

CUADRO 2a

RIO LILI – ZANJON GUALI

NUMERO DE ESCURRIMIENTO PONDERADO

Uso del Suelo	TIPO B		TIPO C	
	Area (Ha)	CN	Area (Ha)	CN
Rastrojo Alto – Bosque Natural	110.0	55	165.0	70
Pasto Natural – Rastrojo Bajo	20.0	69	20.0	79
Minas	98.0	82		
Pasto Natural Enmalezado	421.2	69	226.8	79
Rastrojo Alto	100.8	59	79.2	79
Bosque Natural			48.0	73
Pasto Natural			127.0	79
Rastrojo Alto			43.0	79
Zona sub-urbana			548.0	83
SUMATORIA	750.0	51494	1257.0	99722
CN PONDERADO		69	75.3	79

CUADRO 2b

RIO LILI – CANAL CAÑASGORDAS

NUMERO DE ESCURRIMIENTO PONDERADO

Uso del Suelo	TIPO B		TIPO C	
	Area (Ha)	CN	Area (Ha)	CN
Rastrojo Alto – Bosque Natura	110.0	55	165.0	70
Pasto Natural – Rastrojo Bajo	20.0	69	20.0	79
Minas	98.0	82		
Pasto Natural Enmalezado	421.2	69	226.8	79
Rastrojo Alto	100.8	69	79.2	79
Bosque Natural			48.0	73
Pasto Natural			127.0	79
Rastrojo Alto			43.0	79
Zona sub-urbana			815.0	83
SUMATORIA	750.0	51484	1524.0	121883
CN PONDERADO		69	76.2	80

CUADRO 2c

RIO LILI – CANAL CALLE 48

NUMERO DE ESCURRIMIENTO PONDERADO

Uso del Suelo	TIPO B		TIPO C	
	Area (Ha)	CN	Area (Ha)	CN
Rastrojo Alto – Bosque Natura	110.0	55	165.0	70
Pasto Natural – Rastrojo Bajo	20.0	69	20.0	79
Minas	98.0	82		
Pasto Natural Enmalezado	421.2	69	226.8	79
Rastrojo Alto	100.8	69	79.2	79
Bosque Natural			48.0	73
Pasto Natural			127.0	79
Rastrojo Alto			43.0	79
Zona sub-urbana			1156.0	83
SUMATORIA	750.0	51484	1865.0	150186
CN PONDERADO		69	77.1	81

CUADRO 2d

RIO LILI – BOQUERON

NUMERO DE ESCURRIMIENTO PONDERADO

Uso del Suelo	TIPO B		TIPO C	
	Area (Ha)	CN	Area (Ha)	CN
Rastrojo Alto – Bosque Natura	110.0	55	165.0	70
Pasto Natural – Rastrojo Bajo	20.0	69	20.0	79
Minas	98.0	82		
Pasto Natural Enmalezado	421.2	69	226.8	79
Rastrojo Alto	100.8	69	79.2	79
Bosque Natural			48.0	73
Pasto Natural			127.0	79
Rastrojo Alto			43.0	79
Zona sub–urbana			1476.0	83
SUMATORIA	750.0	51484	2185.0	176746
CN PONDERADO		69	77.8	81

CUADRO 3a

RIE ANUAL DE PRECIPITACIONES MAXIMAS

ESTACION LA LADRILLERA

SE

ANO	P (mm)	ANO	P (mm)
1981	-	1991	89
1982	52	1992	50
1983	132	1993	81
1984	77	1994	78
1985	74	1995	-
1986	84	1996	-
1987	193	1997	-
1988	62	1998	-
1989	62	1999	-
1990	75	2000	-

EN 24 HORAS

CUADRO 3b

SERIE ANUAL DE PRECIPITACIONES MAXIMAS EN 24 HORAS

ESTACION UNIVALLE

ANO	P (mm)	ANO	P (mm)	ANO	P (mm)	ANO	P (mm)
1961	-	1971	67	1981	64	1991	67
1962	-	1972	75	1982	94	1992	50
1963	-	1973	77	1983	83	1993	50
1964	-	1974	45	1984	61	1994	68
1965	-	1975	87	1985	68	1995	-
1966	64	1976	91	1986	89	1996	-
1967	122	1977	50	1987	120	1997	-
1968	87	1978	79	1988	48	1998	-
1969	62	1979	63	1989	71	1999	-
1970	61	1980	69	1990	54	2000	-

CUADRO 3c

SERIE ANUAL DE PRECIPITACIONES MAXIMAS EN 24 HORAS

ESTACION LA FONDA

ANO	P (mm)	ANO	P (mm)	ANO	P (mm)	ANO	P (mm)
1961	-	1971	114	1981	100	1991	100
1962	-	1972	58	1982	65	1992	65
1963	-	1973	83	1983	132	1993	132
1964	-	1974	57	1984	84	1994	84
1965	67	1975	103	1985	80	1995	80
1966	68	1976	75	1986	89	1996	89
1967	109	1977	84	1987	138	1997	138
1968	62	1978	84	1988	134	1998	134
1969	83	1979	65	1989	82	1999	82
1970	76	1980	88	1990	110	2000	110

CUADRO 5d

RIO LILI - BOQUERON

PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)

ESTACION	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS			FACTOR DE AREA
	2.33	25	50	P. THIESSEN
LA FONDA	87.90	133.80	146.30	11.99%
LA LADRILLERA	81.30	174.40	213.60	45.62%
UNIVALLE	71.90	112.80	124.20	42.39%
PRECIPITACION PONDERADA	78.11	143.42	167.64	100.00%

LA LADRILLERA

PRUEBA DE AJUSTE GRAFICO

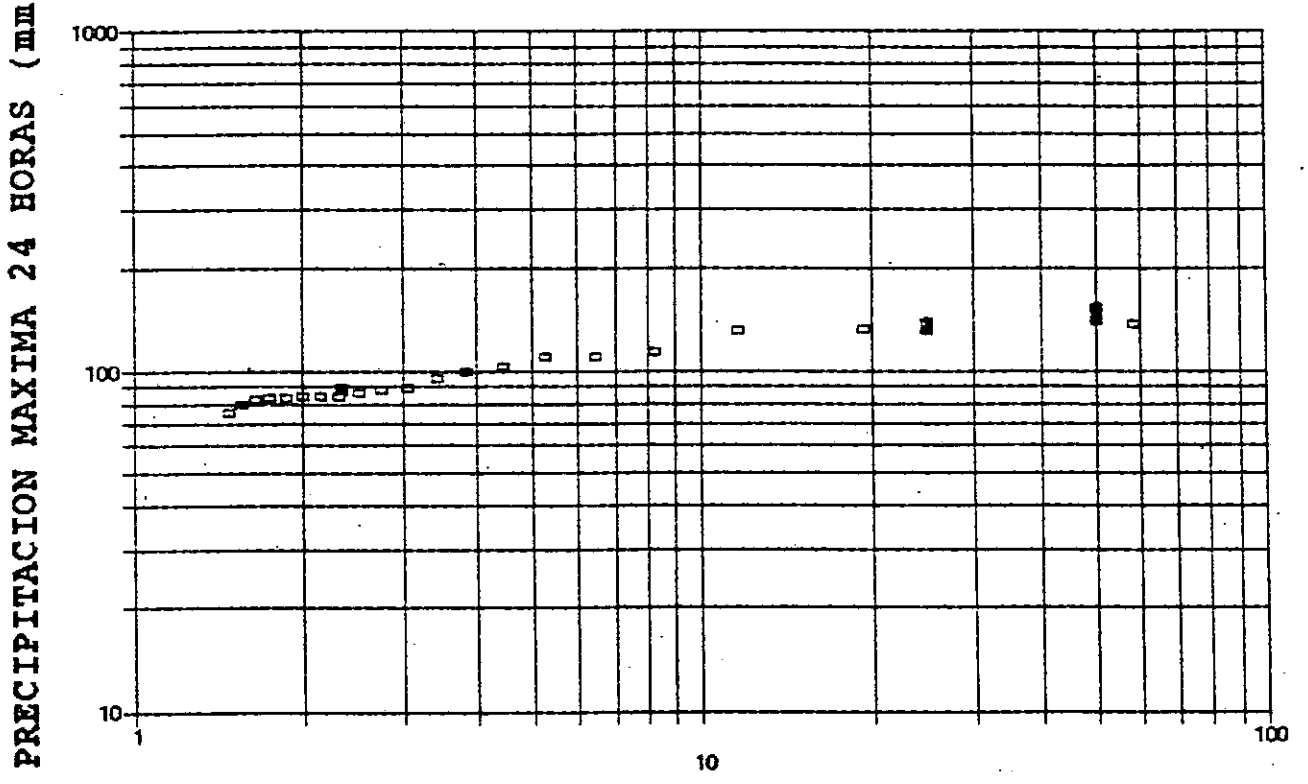


FIGURA 2

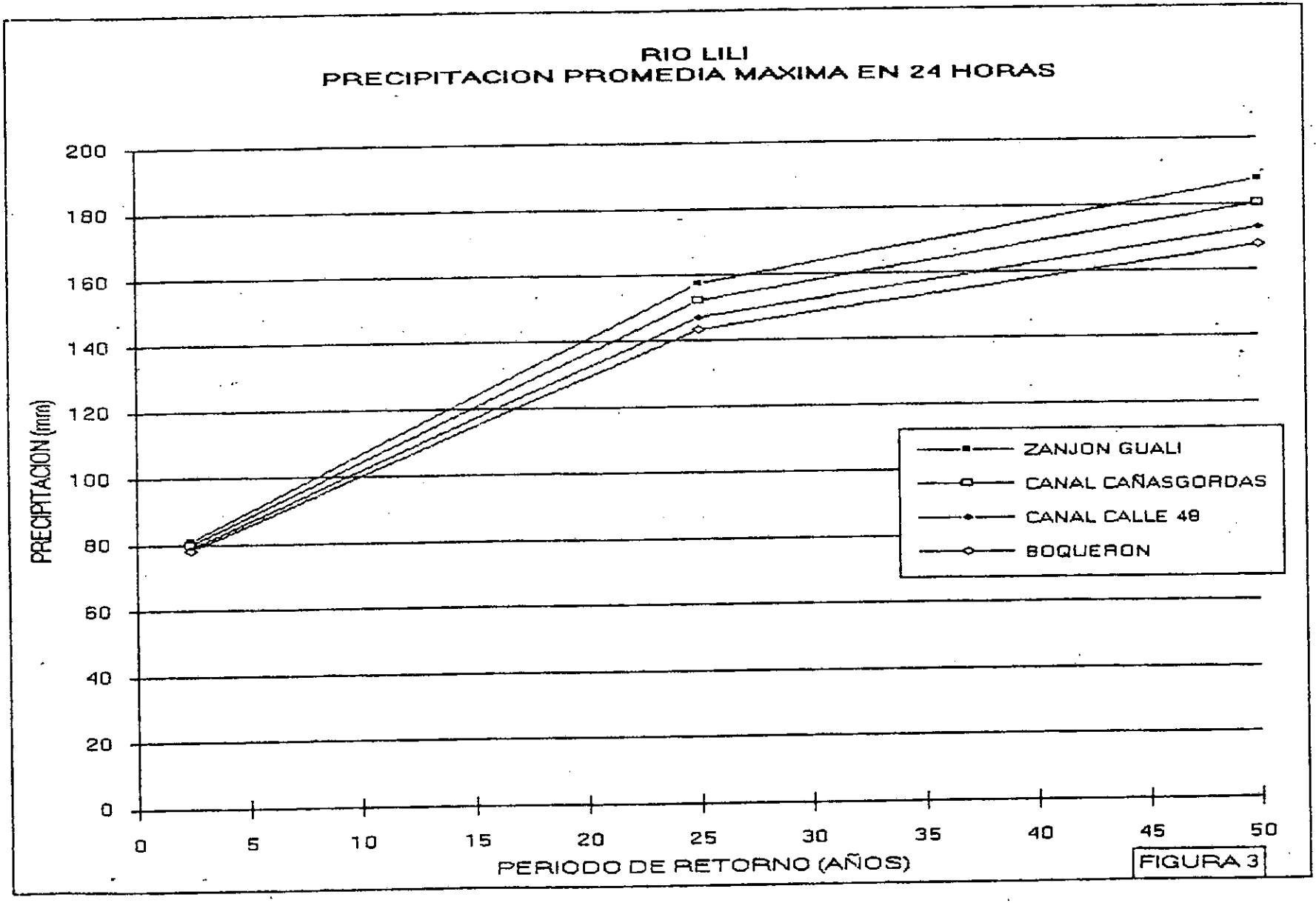

RIO LILI
PRECIPITACION PROMEDIA MAXIMA EN 24 HORAS
PRECIPITACION (mm)
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
PERIODO DE RETORNO (AÑOS)
ZANJON GUALI
CANAL CAÑASGORDAS
CANAL CALLE 48
BOQUERON

FIGURA 3

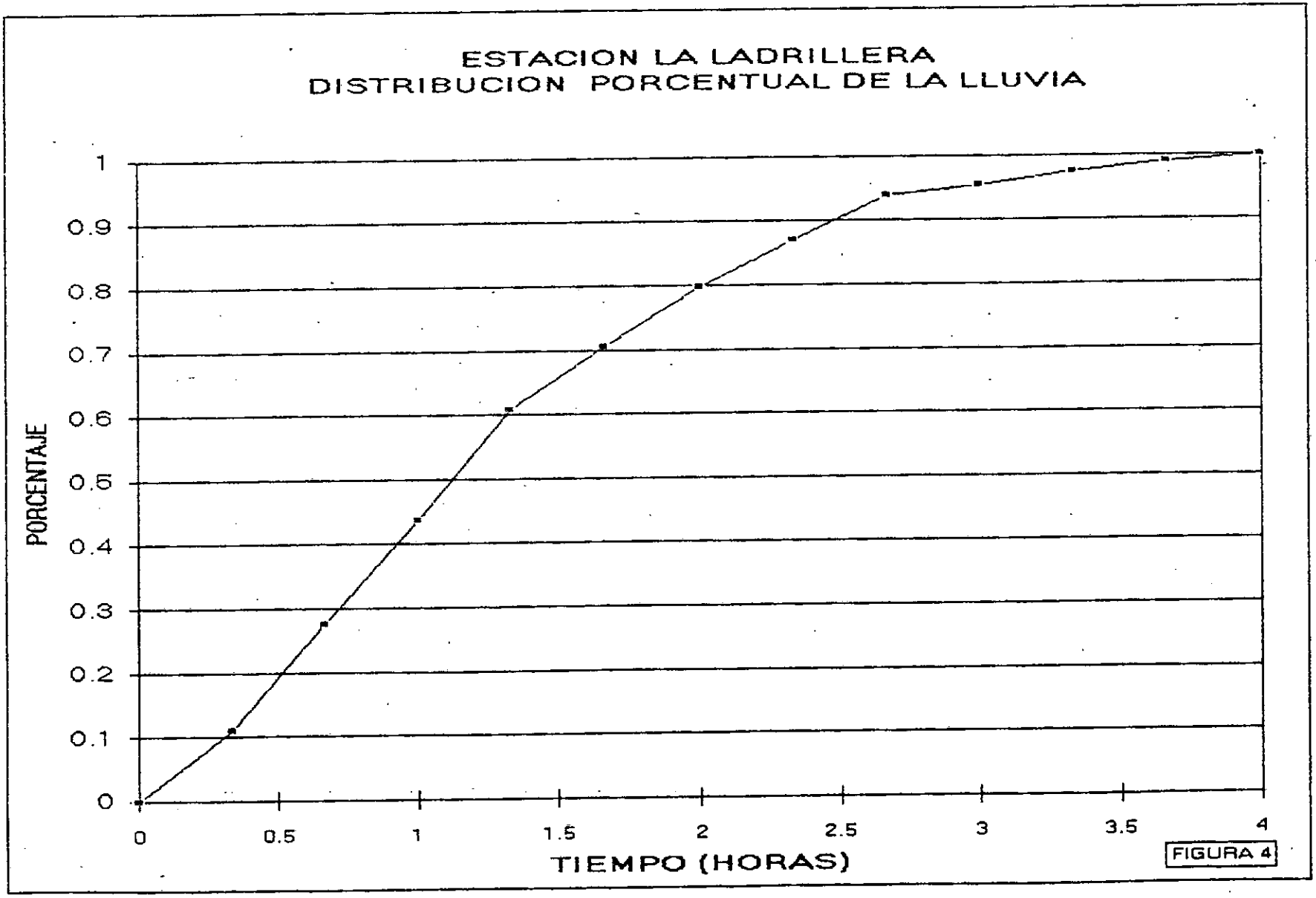

ESTACION LA LADRILLERA
DISTRIBUCION PORCENTUAL DE LA LLUVIA
PORCENTAJE
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
4
TIEMPO (HORAS)

FIGURA 4

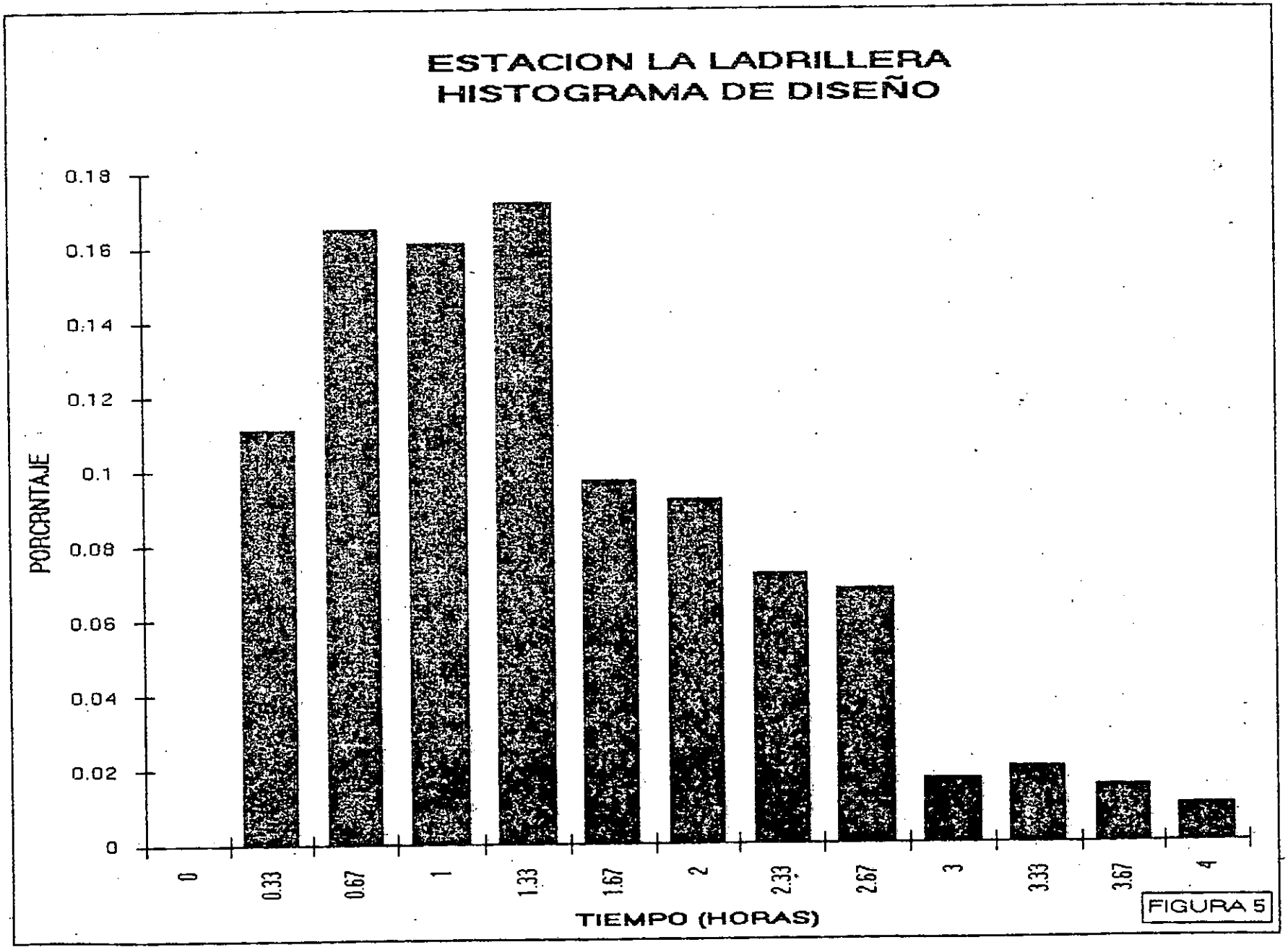

ESTACION LA LADRILLERA
HISTOGRAMA DE DISEÑO
PORCENTAJE
0.18
0.16
0.14
0.12
0.1
0.08
0.06
0.04
0.02
0
0
0.33
0.67
1
1.33
1.67
2
2.33
2.67
3
3.33
3.67
4
TIEMPO (HORAS)

FIGURA 5

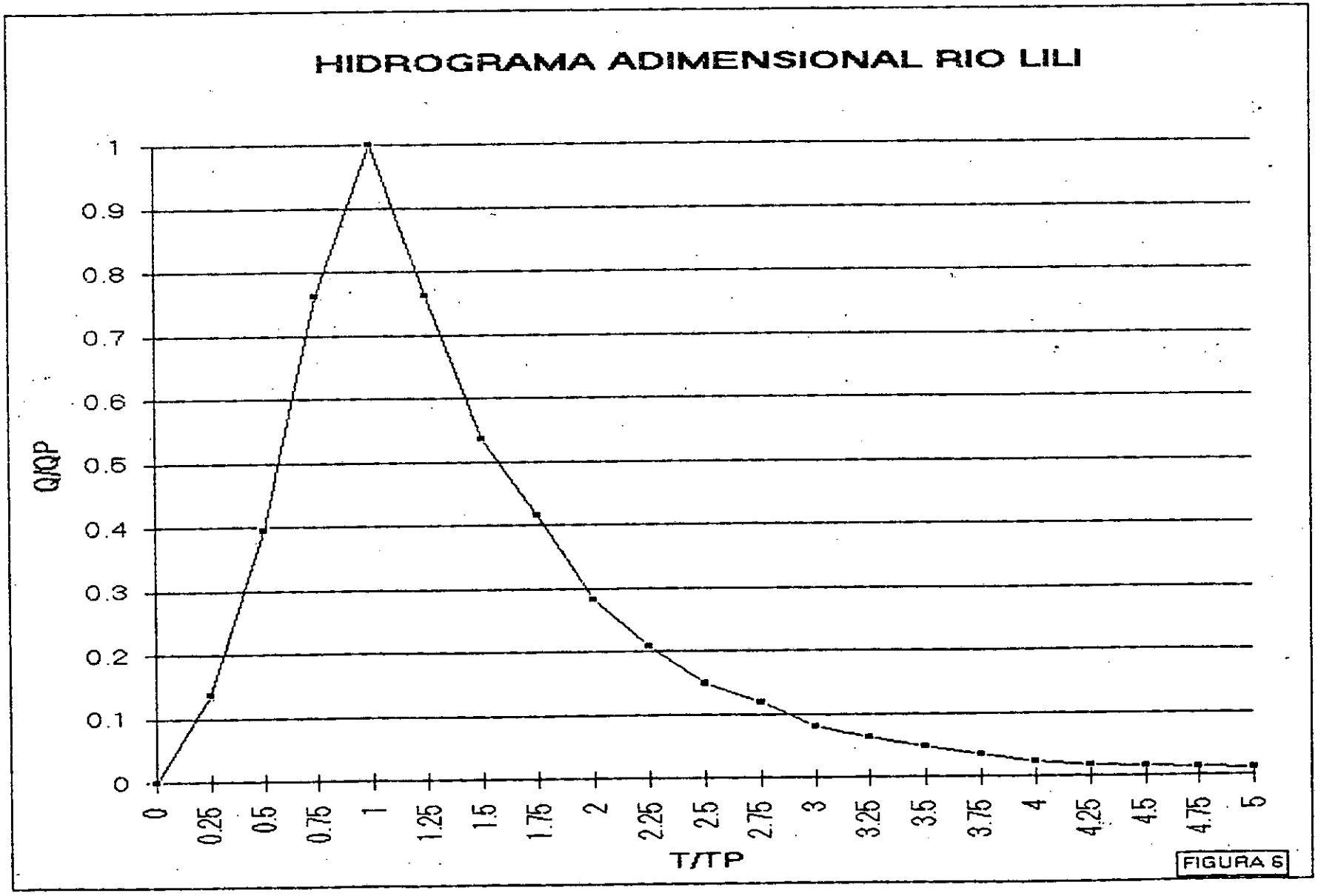

HIDROGRAMA ADIMENSIONAL RIO LILI
Q/QP
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0
0.25
0.5
0.75
1
1.25
1.5
1.75
2
2.25
2.5
2.75
3
3.25
3.5
3.75
4
4.25
4.5
4.75
5
T/TP

FIGURA 6

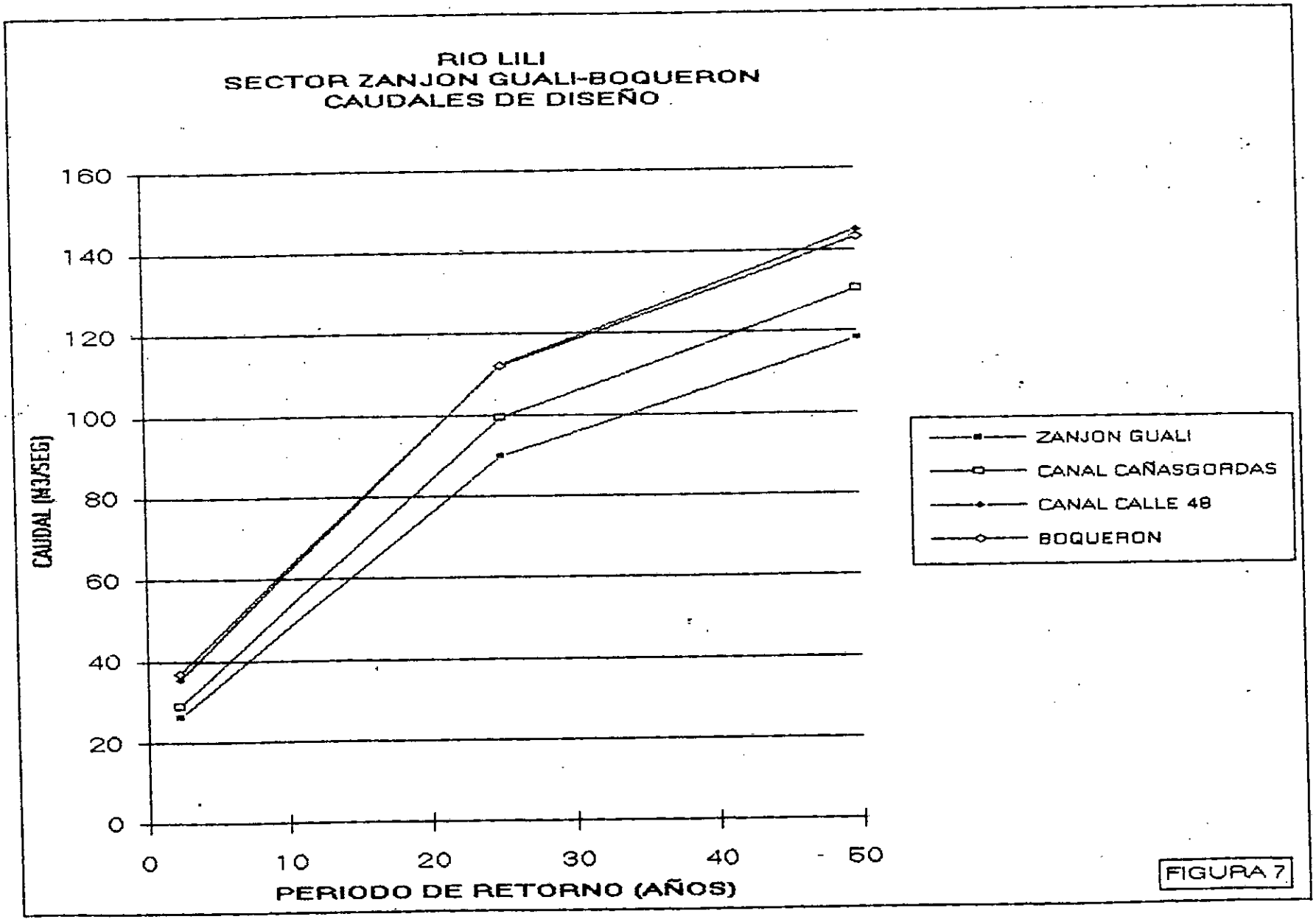

RIO LILI
SECTOR ZANJON GUALI-BOQUERON
CAUDALES DE DISEÑO
160
140
120
100
80
60
40
20
0
CAUDAL (M3/SEG)
0
10
20
30
40
50
PERIODO DE RETORNO (AÑOS)
ZANJON GUALI
CANAL CAÑASGORDAS
CANAL CALLE 48
BOQUERON

FIGURA 7

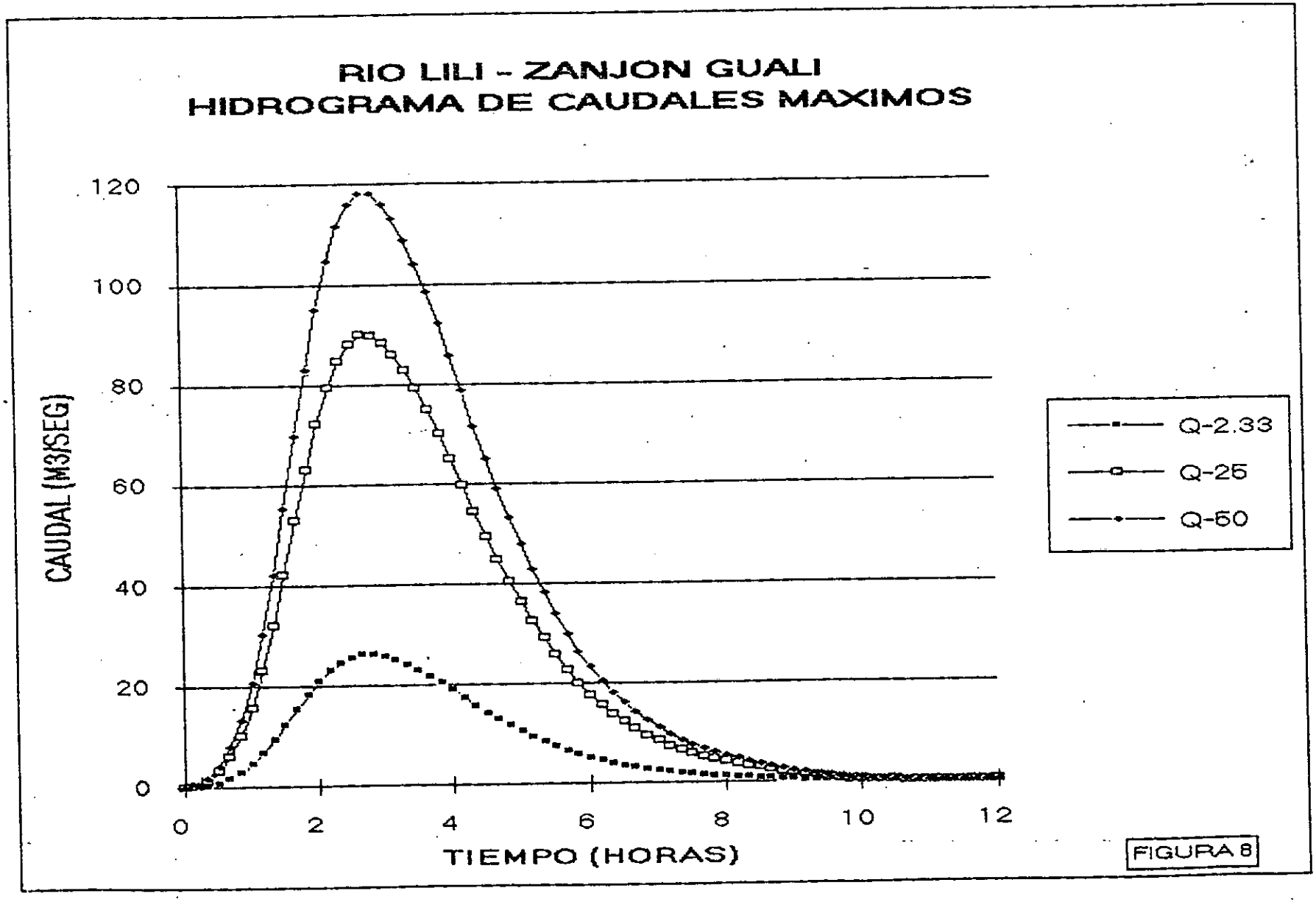

RIO LILI - ZANJON GUALI
HIDROGRAMA DE CAUDALES MAXIMOS
CAUDAL (M3/SEG)
120
100
80
60
40
20
0
0
2
4
6
8
10
12
TIEMPO (HORAS)
Q-2.33
Q-25
Q-50

FIGURA 8

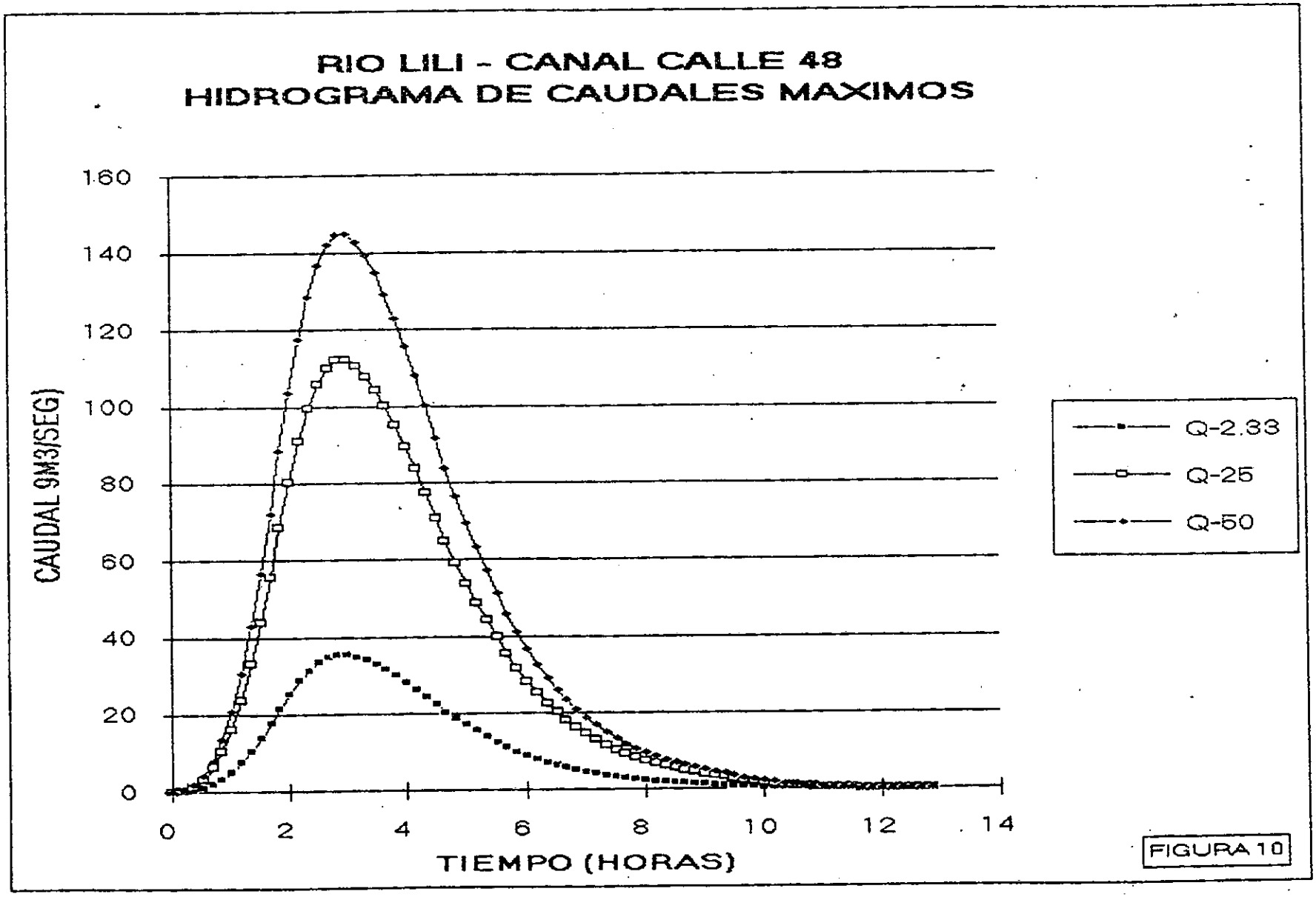

RIO LILI - CANAL CALLE 48
HIDROGRAMA DE CAUDALES MAXIMOS
CAUDAL 9M3/SEG)
160
140
120
100
80
60
40
20
0
0
2
4
6
8
10
12
14
TIEMPO (HORAS)
Q-2.33
Q-25
Q-50

FIGURA 10

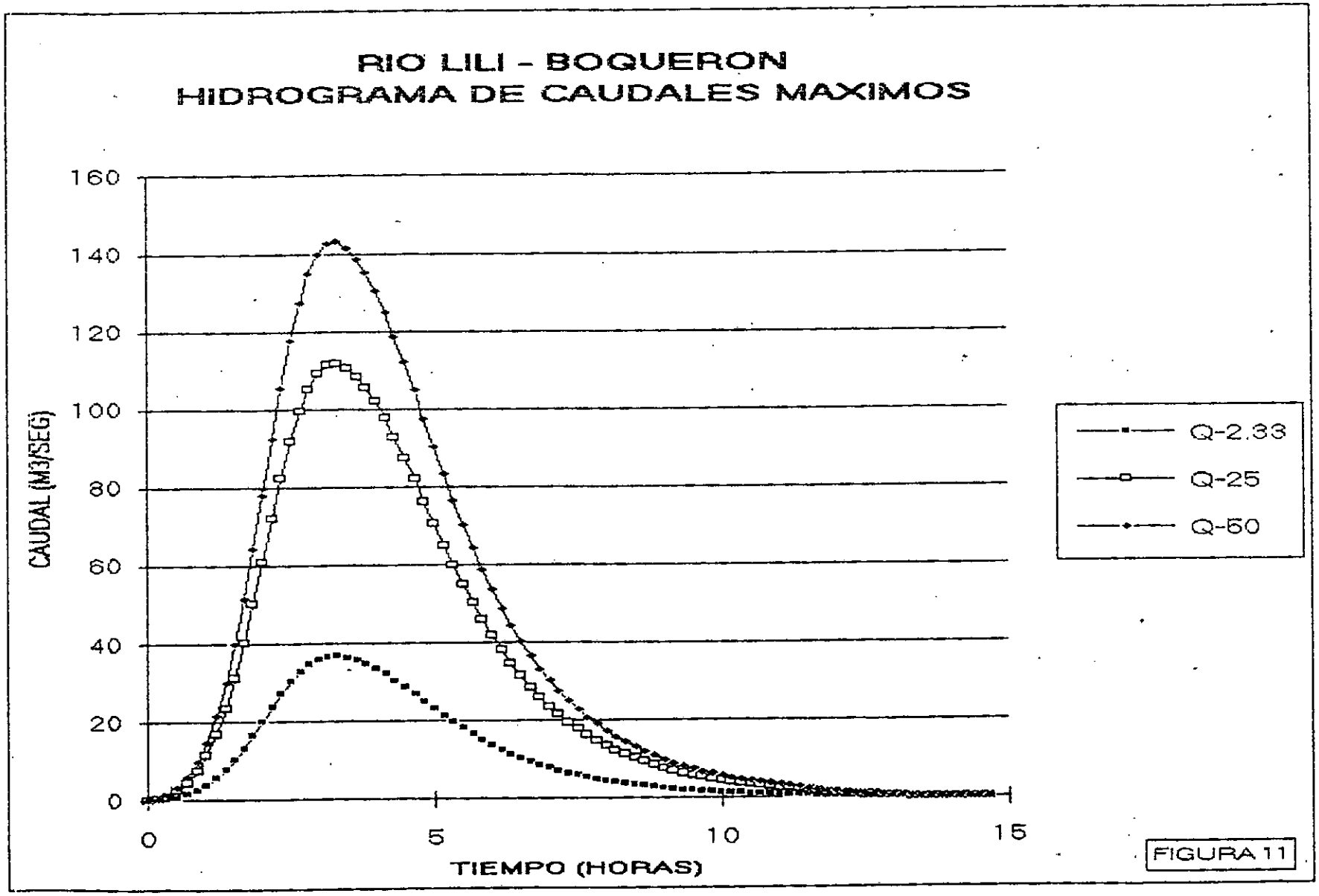

RIO LILI - BOQUERON
HIDROGRAMA DE CAUDALES MAXIMOS
CAUDAL (M3/SEG)
160
140
120
100
80
60
40
20
0
0
5
10
15
TIEMPO (HORAS)
Q-2.33
Q-25
Q-50

FIGURA 11

ANEXO H
SUELOS

TABLA DE CONTENIDO

1. **INTRODUCCIÓN** 1

2. **ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN** 2
   - 2.1. Perforaciones 2
   - 2.2. Ensayo de penetración estándar (EPS) 2
   - 2.1. Muestreo 3
   - 2.2. Ensayos de laboratorio 3

3. **ESTRATIGRAFÍA** 4

4. **PROPIEDADES DEL SUELO** 6

5. **CAPACIDAD PORTANTE** 7

6. **RECOMENDACIONES** 9
   - 6.1. Muros de contención 9
   - 6.2. Cimentación Recomendada 10
   - 6.2.1. Tramo río Lili 10
   - 6.2.2. Tramo río Meléndez 11
   - 6.3. Estructuras de protección 11
   - 6.4. Recomendaciones de construcción 11
   - 6.5. Parámetros Sísmicos 14

7. **LIMITACIONES** 14

ANEXO 1: **FIGURAS**

ANEXO 2: **REGISTROS DE PERFORACIÓN Y ENSAYOS DE LABORATORIO**

ANEXO 3 **MEMORIA DE CALCULO**

ANEXO 4 **REGISTRO FOTOGRAFICO**

1. INTRODUCCIÓN

Atendiendo la solicitud del **Ing. Freddy Mantilla** y para **Hidroestudios Ltda**, se ha realizado el presente estudio de suelos, en los ríos meléndez y Lili, en tramos ubicados dentro del Area urbana del municipio de Cali, En el sector de los barrios La Playa y entre la vía a Popayán y el Colegio Alemán, al sur de esta ciudad.

Los taludes de los barrancos en dichos sectores, presentan en gran parte del recorrido, problemas de erosión y socavación, colocando en riesgo las viviendas aledañas y sus habitantes; además en los sitios donde existen estructuras de protección, estas se encuentran de deficiente a pésimo estado; por lo cual es necesario la construcción de nuevas estructuras de protección y reconstrucción de las existentes.

El estudio, se ha ejecutado con la finalidad de examinar las propiedades geotécnicas del suelo y aplicarlas de manera eficiente tanto al diseño de la cimentación de las obras de protección, como son muros de contención, dentellones y espolones, así como las demás partes de las obras que se vean influenciadas por el suelo.

Para lograr el objetivo arriba anotado, se realizó una investigación con perforaciones, apiques y ensayos, que permitió identificar la Estratigrafía, posición del nivel freático y las propiedades del suelo, parámetros con los que se calculó la capacidad portante, dándose las alternativas factibles de cimentación con sus parámetros de diseño y algunas recomendaciones constructivas.

GRUPO SUELOS LTDA, agradece al Hidroestudios Ltda, la confianza depositada para la elaboración de este trabajo y al cumplir con los objetivos propuestos, espera seguir siendo útil en futuros proyectos.

2. ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN

La ejecución de todo estudios de suelos requiere la realización previa de una investigación con perforaciones y ensayos de campo y laboratorio que permitan definir las propiedades geotécnicas del suelo. En este caso el programa de investigación se desarrollos así:

2.1. Perforaciones

Empleando el método de perforación a percusión sin lavado, con equipo mecánico accionado por un motor Honda de la serie GX 340 con potencia nominal de 11 HP, se hicieron un total de cinco perforaciones en el sector del rio Meléndez y dos en el rio Lili, Las cuales se llevaron hasta profundidades entre 1.6 y 7.0 mts donde presento el rechazo en suelo granulares muy densos. La ubicación de las perforaciones, se muestra en las Figuras 1 y 2.

Adicionalmente en el Río Meléndez, muy cerca a la orilla (ver fotos anexas al final), se realizaron dos apiques, los cuales se llevaron entre 2.60 y 3.19 mts. de profundidad.

2.2. Ensayo de Penetración Estándar (EPS)

El Ensayo de Penetración Estándar, es una prueba dinámica algo sencilla, que se realiza a medida que se hacen las perforaciones y permite obtener la resistencia del suelo en sitio. La mecánica de la prueba y el equipo a utilizar

corresponden a lo descrito en la norma ASTM D 1586-67 y en resumen consisten en hincar en el estrato de interés un muestreador del tipo Cuchara Partida (Split Spoon Sampler) de diámetro 2", golpeándolo con un martillo de 140 Lbs de peso, que se deja caer en forma libre desde 30" de altura, contando el número de golpes necesarios para lograr una penetración de 1 Pie, este número, se anota como N y es el resultado de la prueba.

La prueba, se repitió, en cada una de las perforaciones, a intervalos de profundidad de 1.50 mts.

2.3. Muestreo

Al realizar cada ensayo de penetración estándar, se tomó una muestra alterada del recobro de la cuchara partida. Muestras inalteradas con tubos Shelby, no se tomaron por el carácter granular del suelo.

Del lecho del río y de los apiques se tomaron cinco (5) muestras representativas, las cuales se sometieron a ensayos de gradación y cuyos resultados se presentan en el Anexo # 2

2.4. Ensayos de Laboratorio

Las muestras obtenidas, se llevaron al laboratorio de Suelos de GRUPO SUELOS LTDA, en donde se desarrollaron las siguientes pruebas:

- Humedad Natural
- Límites de Atterberg
- Gradación por tamiz

En la parte final del informe, se anexa la siguiente documentación acerca de la investigación realizada:

- Esquema de localización de perforaciones.y apiques
- Registros de Perforación del Subsuelo.
- Resumen de los resultados de los ensayos efectuados.
- Registro Fotográfico

3. ESTRATIGRAFÍA

Los perfiles estratigraficos de las figuras 4 y 5, se han trazado, con la información obtenida de las perforaciones, apiques y ensayos realizados, en forma general se observan los siguientes estratos:

3.2. Tramo Río Lili

Estrato A

Rellenos Heterogéneos de Arenas Limosas y Limos Arenosos de colores café y gris oscuro, con algunos desechos de construcción, gravas, gravillas y algo de carbón vegetal. Su espesor varia entre los 1.5 y 4.0 mts de profundidad.

Estrato B

Grava areno Limosa (GM) y (GM-GW) de color gris oscuro. Aparece bajo los rellenos y su espesor promedio es de 1.5 mts.

Estrato C

Arena Limosa (SM) de color gris oscuro, con gravas y gravillas de río. Se encontró bajo el estrato anterior, hasta la máxima profundidad investigada (5.4 y 7.0 mts).

3.2. Tramo Río Meléndez

Estrato A

Rellenos heterogéneos de Limos Arcillosos, Limos Arenosos y arenas Limosas de color café, con algunas basuras y escombros su espesor varia entre 0.4 y 0.6 mts. En la perforación P-4 apareció una capa vegetal de Limo Arcillo arenoso de color café de 0.60 mts de espesor.

Estrato B

LIMO Arcilloso (MH) de colores café oscuro, rojizo y amarillento; contiene algo de arenas y gravas meteorizadas. Solo apareció en el sector de la perforación P-3 y el apique 5, bajo el relleno, hasta los 1.8 y 2.8 mts de profundidad y en el P-4 entre los 0.6 y 0.8 mts de profundidad.

Estrato C

Grava de río (GP-GM) en matriz de Limo Arenosa de color café, contiene algunos cantos de tamaño máximo 30 cms. Aparece bajo el estrato anterior o el relleno, hasta la máxima profundidad investigada. Algunas muestras clasifican como (GM) y (GW).

NIVEL FREÁTICO

Su profundidad es variable y esta controlada por el nivel del agua en el río. En los registros de perforación se anota la profundidad del nivel freático para cada sondeo.

4. PROPIEDADES DEL SUELO

Los principales parámetros del suelo natural, se consignan en la Tabla 1, de ellos, se pueden deducir las siguientes propiedades:

4.1. Tramo Río Lili

Superficialmente y hasta profundidades entre los 1.50 y 4.0 mts. existen rellenos heterogéneos muy blandos ($2 < N < 6$ golpes/pie) que no deben ser tenidos en cuenta para la fundación de las estructuras de protección que se proyecten. Bajo estos rellenos existen estratos granulares compuestos por gravas areno limosas y arenas limosas, cuya fracción fina es Nula y donde la Resistencia a la Penetración Estándar clasifica como media en los dos primeros metros del estrato ($12 < N < 17$ golpes/pie) y Alta ($N > 30$ golpe/pie) para el resto del suelo. La Densidad relativa se estima superior al 70 %. Apartir de los 4.0 mts de profundidad, con respecto a la "playa" del rio.

El potencial licuable de los estratos granulares es relativamente bajo, ya que se encuentran bastante densos.

4.2. Tramo Río Meléndez

a. La Humedad Natural del suelo cohesivo, se encontró inferior al límite plástico, presentando un valor promedio de 25 %. Por correlación con el índice de liquidez, se estima una presión de preconsolidación superior a 10 Kg/cm².

b. El índice de plasticidad (IP) del suelo cohesivo clasifica como medio, y presenta un valor promedio de 21%. de acuerdo a lo anterior y a la clasificación de suelo, indica que este posee un potencial contrato expansivo bajo que no afectara las estructuras a construir.

c. La resistencia a la penetración estándar del suelo varía entre media y alta para el primer metro de profundidad con valores de N entre los 13 y 40 golpes/pie, y Alta a muy alta para el resto del suelo (Gravas areno limosas de río), encontrándose valores superiores a los 50 golpes/pie; de acuerdo a los anteriores valores se tiene que la consistencia del suelo cohesivo varia entre firme y dura y la compacidad del suelo granular es media, para el primer metro y densa para el resto de la profundidad investigada (Dr>60%).

5. CAPACIDAD PORTANTE

La Resistencia del suelo se evaluó tanto para cimientos superficiales como profundos, mediante el método Gráfico de Schmertmann(1), el cual proporciona en el primer caso (Zapatas) la presión de contacto máxima suelo cimiento, para obtener un asentamiento No mayor de 1 pulgada.

(1) SCHMERTMANN, J. H. "Guidelines for the use in the Soil Investigation and Design of Foundations". Research Bulletin 121 A. Florida DOT, 1967.

3931

Los valores de resistencia se obtienen a partir de los resultados del ensayo de Penetración Estándar (valores de N: # de golpes/pie), correlacionándolos con el tipo de suelo, forma del cimiento y la relación Df/B (profundidad del cimiento/ancho de la zapata).

La capacidad de carga vertical (Qn) de los cimientos profundos (Pilotes Hincados) se evalúo mediante el método de la Florida, desarrollado por Schmertmann y basados en los resultados del ensayo de penetración estándar. La resistencia a carga lateral y el momento resistente, se calcularon por el método de Broms.

La Resistencia Neta (Qn) de un caisson se evalúa a partir de la siguiente expresión:

$$Qneta = Qfricción + Qpunta - W$$

En donde:

Qneta: Resistencia neta del Caisson .

Qfricción: Resistencia por fricción = área perimetral x fap
fap = Resistencia por fricción.

Qpunta: Resistencia por la punta = área de la punta x qap
qap = Resistencia por la punta

W: Peso del caisson.

En la memoria de cálculo se muestran los parámetros empleados.

6. RECOMENDACIONES

6.1. Muros de contención

Los muros de contención deben ser lo suficientemente resistentes para soportar el ataque del agua y deben estar cimentados a una profundidad tal que la socavación No los afecte. Los Muros se diseñaran para trabajar en voladizo y para soportar un empuje de tierras del tipo activo, el cual se puede calcular a partir de una distribución triangular de presiones .

Parámetros de diseño:

- Ka = 0.35
- Kp = 1/Ka
- γ = 1.9 ton/mt^3
- F = Fricción = μ x w
- μ = 0.45 Zona río meléndez y 0.35 zona río Lili
- w = Peso del muro

Se aconseja, dejar pases o lloraderos a través de la pared del muro, consistentes en tubos de 2" en pvc espaciados cada 2.0 mts en el sentido longitudinal y cada 1.0 metro en el sentido vertical, colocados en zig zag.

En el sector del río Meléndez donde los taludes presentan hasta 5.0 mts de altura con una fuerte inclinación, se recomienda construir un muro de contención de aproximadamente 3.0 mts de altura, peinando el resto del talud con inclinación no mayor a 45 grados, empradizando para evitar la erosión.

6.2. Cimentación recomendada

6.2.1. Tramo Río Lili

a. Zapata Corrida

La cimentación de los muros de contención consistirá en una Zapata corrida embebida por lo menos 1.70 mts bajo el fondo del rio, garantizando además que quede cimentada por lo menos 0.70 mts por debajo del nivel de socavación del río, el cual se debe estimar. La presión de contacto suelo cimiento No será mayor de 1.30 Kg/cm².

Nota ; La profundidad de la zapata podrá ser aun mayor, si así lo exigen las condiciones hidráulicas del rio.

b. Pilotes Hincados

El empleo de Pilotes Hincados es otra alternativa técnica y económicamente factible. Los pilotes Hincados serán de 5.0 mts de longitud contados a partir del fondo de río y su capacidad de carga se muestra en la siguiente tabla :

LADO (mts)	LONGITUD (mts)	RESISTENCIA NETA (Ton) VERTICAL	HORIZONTAL
0.30	5.0	12.3	3.1
0.35	5.0	17.0	3.6

6.2.1. Tramo Río Meléndez

La cimentación de los muros de contención se podrá realizar mediante Zapatas corridas, enterradas por lo menos 70 cms. por debajo del nivel de socavación del río. La presión de contacto suelo cimiento No será mayor de 2.50 Kg/cm².

6.3. Estructuras de protección

Para evitar la erosión continua de algunos sectores de la ribera del río, y proteger los taludes y las estructuras a construir, se deben proyectar y construir espolones o dentellones con el fin de desviar la corriente del río alejándola de las orillas y facilitando la sedimentación de los materiales.

Los espolones o dentellones deben cimentarse de acuerdo a las recomendaciones dadas en la sección 6.2. Se debe tener en cuenta la longitud mínima de empotramiento de acüerdo con el ancho del río, que garantice la estabilidad a la barrida en las crecientes.

Adicionalmente, los taludes se podrán proteger mediante cubrimiento con bolsacretos o protección con gaviones, los cuales deben cubrir la ribera, hasta el nivel de aguas máximas. Debajo del gavión, es conveniente colocar un geotextil del tipo Pavco 2500 no tejido o similar, con el fin de evitar la erosión debajo de este

6.4. Recomendaciones de construcción

Para la construcción de las diversas estructuras, muros y espolones se sugiere lo siguiente:

a. Construcción de ataguías para desviar la corriente y permitir un mejor sitio de trabajo.

b. Las excavaciones para la cimentación se harán con retroexcavadora potente, ya que los estratos granulares son densos; la inclinación de los taludes será de 45 grados para alturas de corte no mayores de 3.0 mts. Terminada la excavación se fundirá un solado en concreto pobre de 1.500 psi y 5 cms. de espesor, al igual que se harán por lo menos dos fosos de bombeo en cada tramo excavado.

Dentro de las excavaciones para las zapatas habrá presencia de nivel freático, por lo que se debe disponer en obra de por lo menos dos motobombas, preferiblemente eléctricas y de 3 pulgadas de diámetro, para mantener seco el fondo. En caso de que el agua sea abundante, la fundición de la zapata se hará bajo agua, utilizando el sistema Tremi. Los concretos a utilizar deben llevar incorporados aditivos impermeabilizantes y deben ser fluidos.

Los Muros se excavarán y fundirán por tramos no mayores de 8 mts. donde se marcará una junta de contracción vertical. Cada 16.0 mts. se deben proyectar y construir juntas de expansión verticales.

c. En las zonas donde actualmente existen estructuras en mal estado, estas se demolerán y se procederá al retiro del material suelto detrás de estos muros, para proceder a la construcción del nuevo muro formaleteandolo ambas caras.

d. Para rellenar por detras de los muros se empleará material granular tipo rocamuerta o balasto de río sin sobretamaños. El material se colocará en capas de 20 cms. bien compactadas e irá protegido por un geotextil del tipo No Tejido 1400, que evitará su arrastre.

e. En el caso de la cimentación sobre pilotes Hincados, se deben seguir las siguientes recomendaciones:

- La separación mínima de los pilotes, centro a centro, debe ser por lo menos 2.5 veces el diámetro y deben entrar en el cabezal —zapata o viga que distribuye la carga— un mínimo de 0.20 mts. Para pilotes hincados la cabeza debe estar alejada del refuerzo del cabezal al menos 10 cm.

- Para garantizar el amarre de los cimientos profundos al cabezal y para soportar los esfuerzos de tensión originados por el efecto de vuelco que causan las fuerzas horizontales, se debe anclar el refuerzo a tensión en el cabezal.

- Los pilotes deben ser de concreto de cemento Portland, con una resistencia mínima de 4000 Psi a los 28 días.

- Entre el proceso de fabricación de pilotes y el proceso de hincamiento debe dejarse transcurrir un tiempo, que garantice el alcance de la resistencia de diseño.

- En el concreto con el que se elaboren los pilotes debe incluírsele aditivos impermeabilizantes, para evitar la corrosión del acero de refuerzo.

- El proceso de hincamiento en los primeros metros en donde se penetra el suelo Limo arenoso, será relativamente fácil, pues se penetra en suelo blando y finalmente al ingresar al estrato de Arena, se encontrará dificultad para hincar el pilote. Por estas razones se recomienda hacer un zuncho metálico en la punta del pilote y usar un martillo de mínimo 5000 lbs-pie, de acuerdo con la regla del Tennesse Valley Authority que propone que la energía del martillo en libras-pie, debe ser por lo menos igual al peso del pilote en libras.

- La longitud de los pilotes debe ser la especificada, más la longitud de descabece, que se sugiere sea mínimo de 0.50 mts. Con esta longitud, se garantiza que el pilote se incruste al menos 1.5 mts en el estrato de arena densa.

- Los pilotes sufrirán esfuerzos de compresión, cuando la onda de impacto baje y esfuerzos de tensión iguales, cuando la onda rebote, además, de acuerdo con el sistema de izado, se presentarán esfuerzos de flexión; por lo que el elemento debe diseñarse para soportar cada una de estas condiciones de carga.

6.5. Parámetros Sísmicos

La evaluación de la Interacción Suelo-estructura, durante sismos, se hará de acuerdo con el Código Colombiano de Construcciones Sismo-Resistentes, usando los siguientes parámetros:

- TIPO DE PERFIL DEL SUELO: S-2
- COEFICIENTE DE SITIO: 1.2
- COEFICIENTE DE ACELERACIÓN (Aa) Y VELOCIDAD (Av) PICO EFECTIVAS: 0.25

7. LIMITACIONES

La información consignada en este reporte y las conclusiones y recomendaciones dadas, se basan en el análisis de los resultados de la investigación realizada, en conjunto con las características del proyecto.

Cambios en este último que afecten cargas o excavaciones y cambios notables en las condiciones locales del suelo se, comunicarán a **GRUPO SUELOS LTDA**, que estudiará la nueva situación y presentará las recomendaciones adicionales necesarias.

EMERSON LEMOS VELASCO
INGENIERO CIVIL
MATRÍCULA 76202-23007

ABEL DARIO OLAVE GRAJALES
INGENIERO CIVIL
MATRÍCULA 76202-06046

Santiago de Cali,
Noviembre 5 1997.
MuroCont. Ríos Lili y Meléndez/

TABLA 1

PARAMETROS DEL SUELO

OBRAS DE PROTECCIÓN - RÍO MELÉNDEZ
HIDROESTUDIOS LTDA

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)		(10)	(11)
TIPO DE SUELO	H.N. %	L.L.	L.P.	I.P.	I.L.	Pc Kg/cm²	N Golpes/pie	% que pasa en peso # 4	# 200	Tmáx. A.G.	Dr %
LIMO ARCILLOSO	25	57	36	21	-0,52	+10	18	—	—	1 1/2"	—
GRAVA EN MATRIZ LIMO ARCILLOSO	9	—	—	—	—	—	+60	45	8	3 1/2"	>80

(1) Clasificación USC.
(2) Humedad Natural.
(3) Límite Líquido.
(4) Límite Plástico.
(5) Indice de Plasticidad.
(6) Indice de Fluidez.
(7) Presión de Preconsolidación.
(8) Resistencia promedio a la Penetración Estándar.
(9) Porcentaje en peso que pesan los tamices.
(10) Tamaño máximo del agregado grueso.
(11) Densidad Relativa.

Dr11-tam

TABLA 2

PARAMETROS DEL SUELO

OBRAS DE PROTECCIÓN - RÍO LILI
HIDROESTUDIOS LTDA

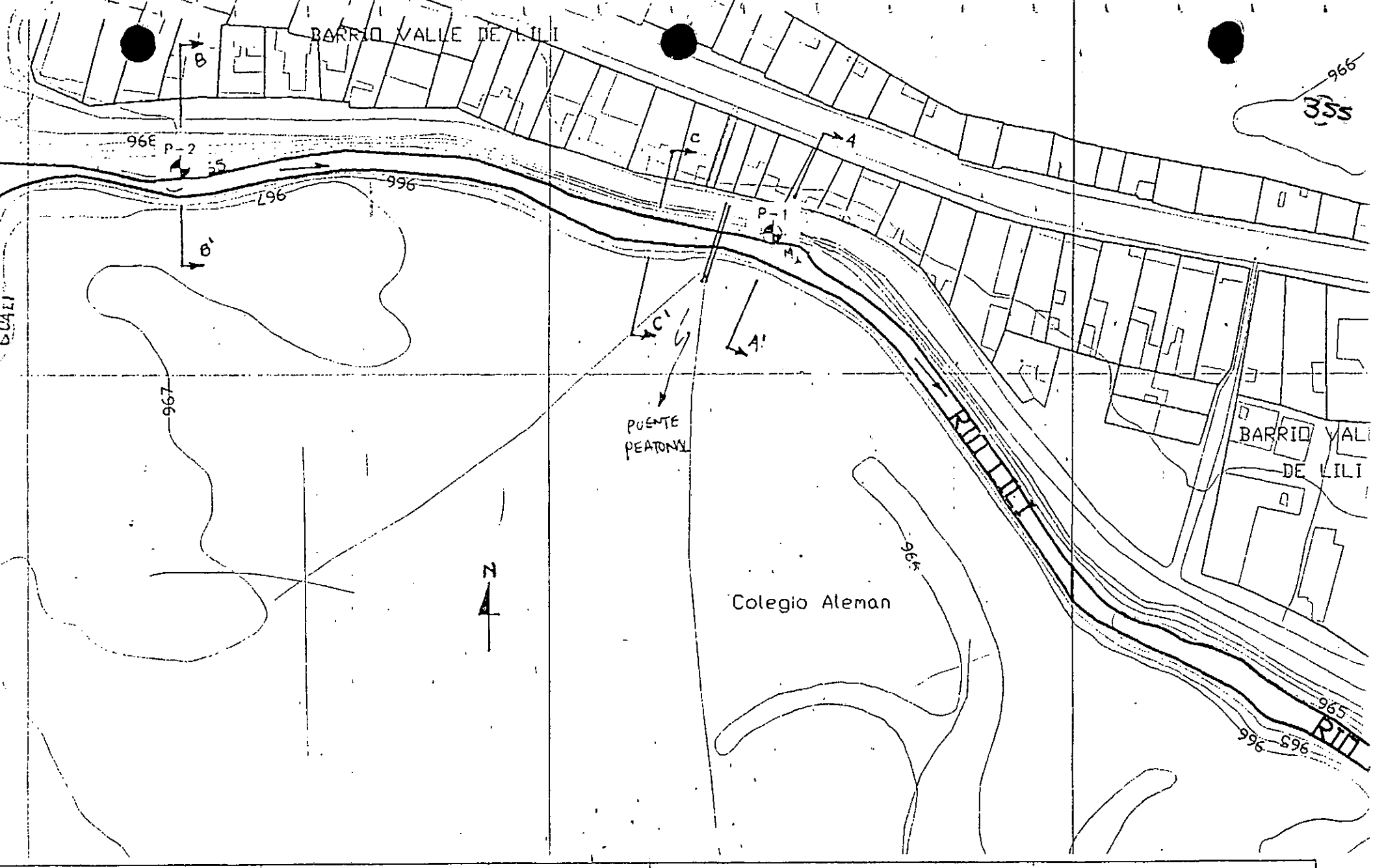
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)		(10)	(11)
TIPO DE SUELO	H.N. %	L.L.	L.P.	I.P.	I.L.	Pc Kg/cm²	N Golpes/pie	% que pasa en peso # 4	# 200	Tmáx. A.G.	Dr %
RELLENO	—	—	—	—	—	—	6(2)	84	25	1"	—
GRAVA ARENO LIMOSA	6	—	—	—	—	—	13	53	13	1"	20-47
ARENA LIMOSA CON GRAVAS Y GRAVILLAS	15	—	—	—	—	—	57	68	15	1"	>80

(1) Clasificación USC.
(2) Humedad Natural.
(3) Límite Líquido.
(4) Límite Plástico.
(5) Indice de Plasticidad.
(6) Indice de Fluidez.
(7) Presión de Preconsolidación.
(8) Resistencia promedio a la Penetración Estándar.
(9) Porcentaje en peso que pesan los tamices.
(10) Tamaño máximo del agregado grueso.
(11) Densidad Relativa.

Dr11-tam

ANEXO 1

FIGURAS



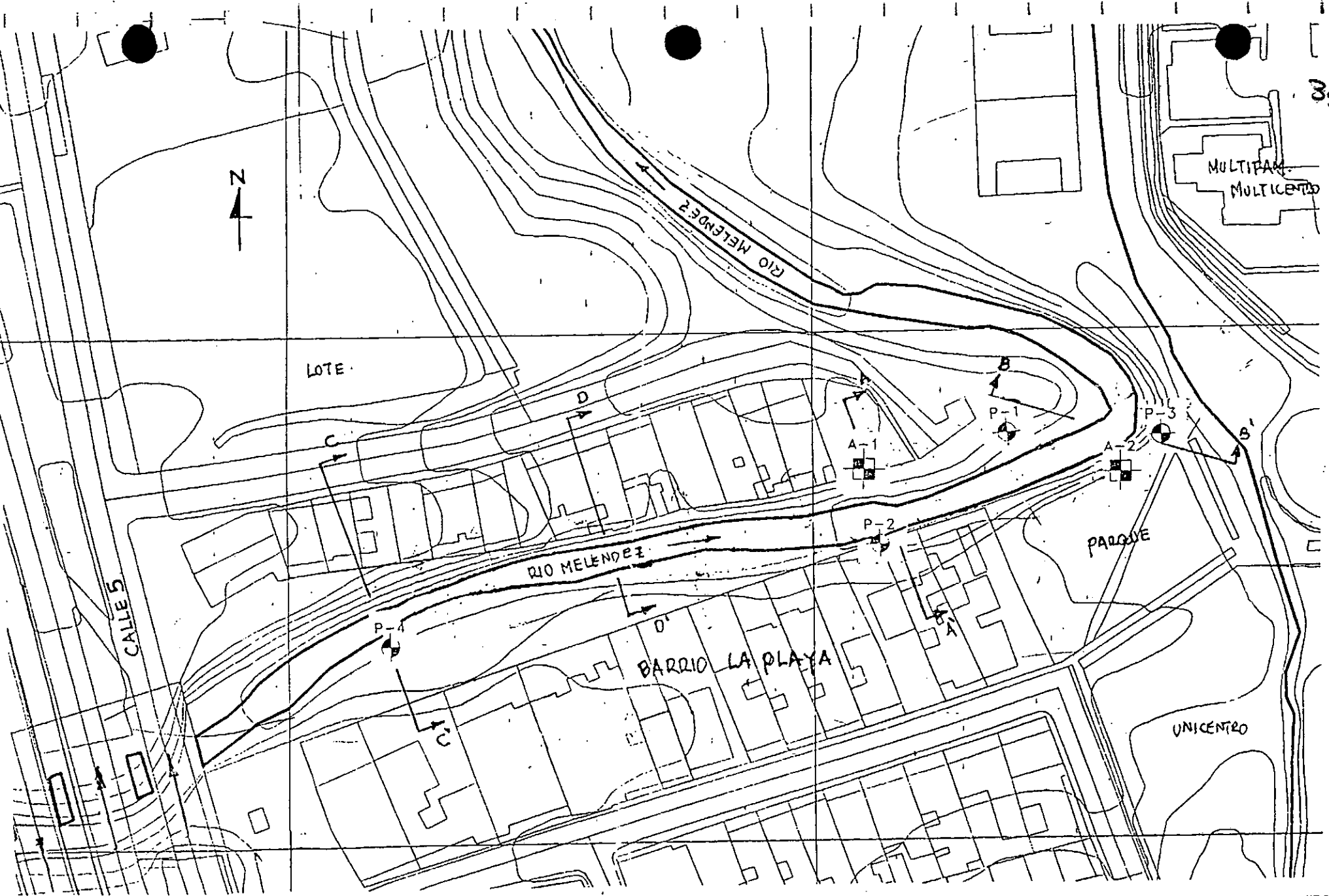
Grupo Suelos Ltda.

CLIENTE:
HIDROESTUDIOS LTDA

OBRA:
ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN RÍO LILI

FIGURA: 1

LOCALIZACIÓN DE PERFORACIONES



Grupo Suelos Ltda.

CLIENTE:
HIDROESTUDIOS LTDA

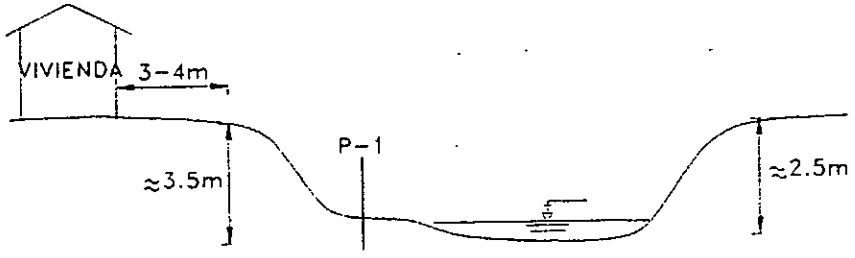
OBRA:
ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN RÍO MELÉNDEZ

FIGURA: 2

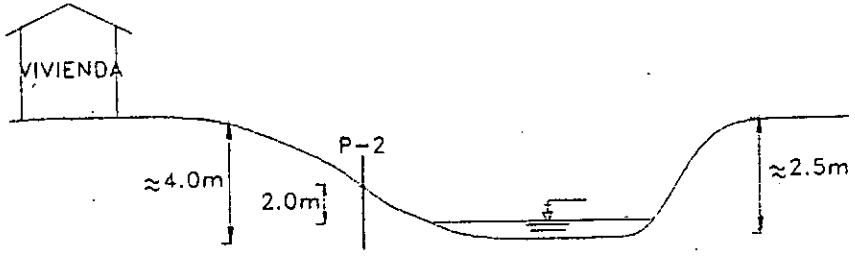
LOCALIZACIÓN DE PERFORACIONES

RÍO LILI

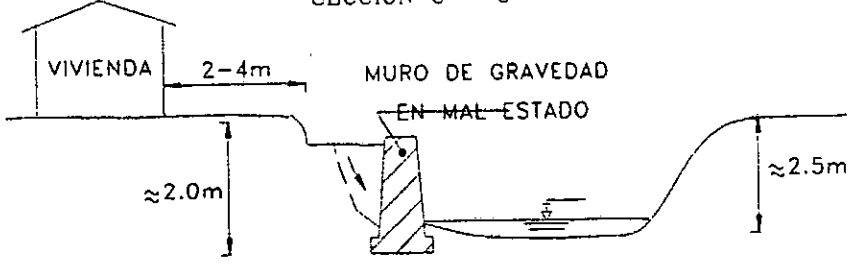
SECCIÓN A – A'



SECCIÓN B – B'

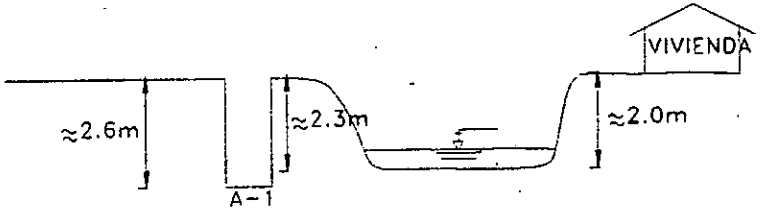


SECCIÓN C – C'



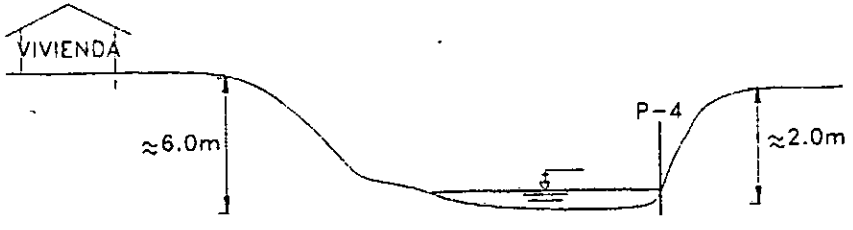
RÍO MELÉNDEZ

SECCIÓN A – A'



SECCIÓN B – B'

SECCIÓN C – C'



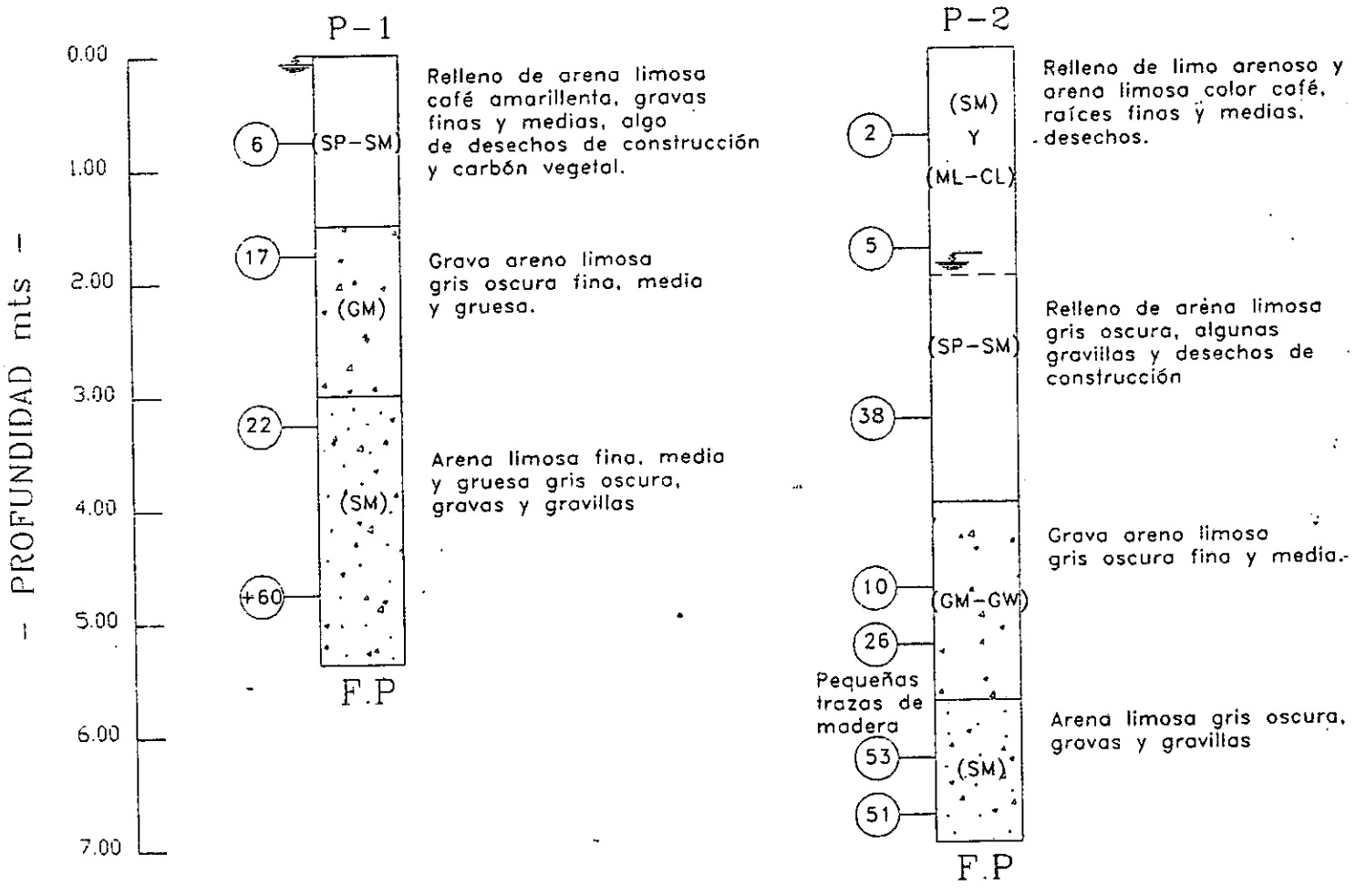
Grupo Suelos Ltda.

CLIENTE:
HIDROESTUDIOS LTDA

OBRA:
ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN RÍO MELÉNDEZ

FIGURA: 3

SECCIONES TRANSVERSALES APROXIMADAS

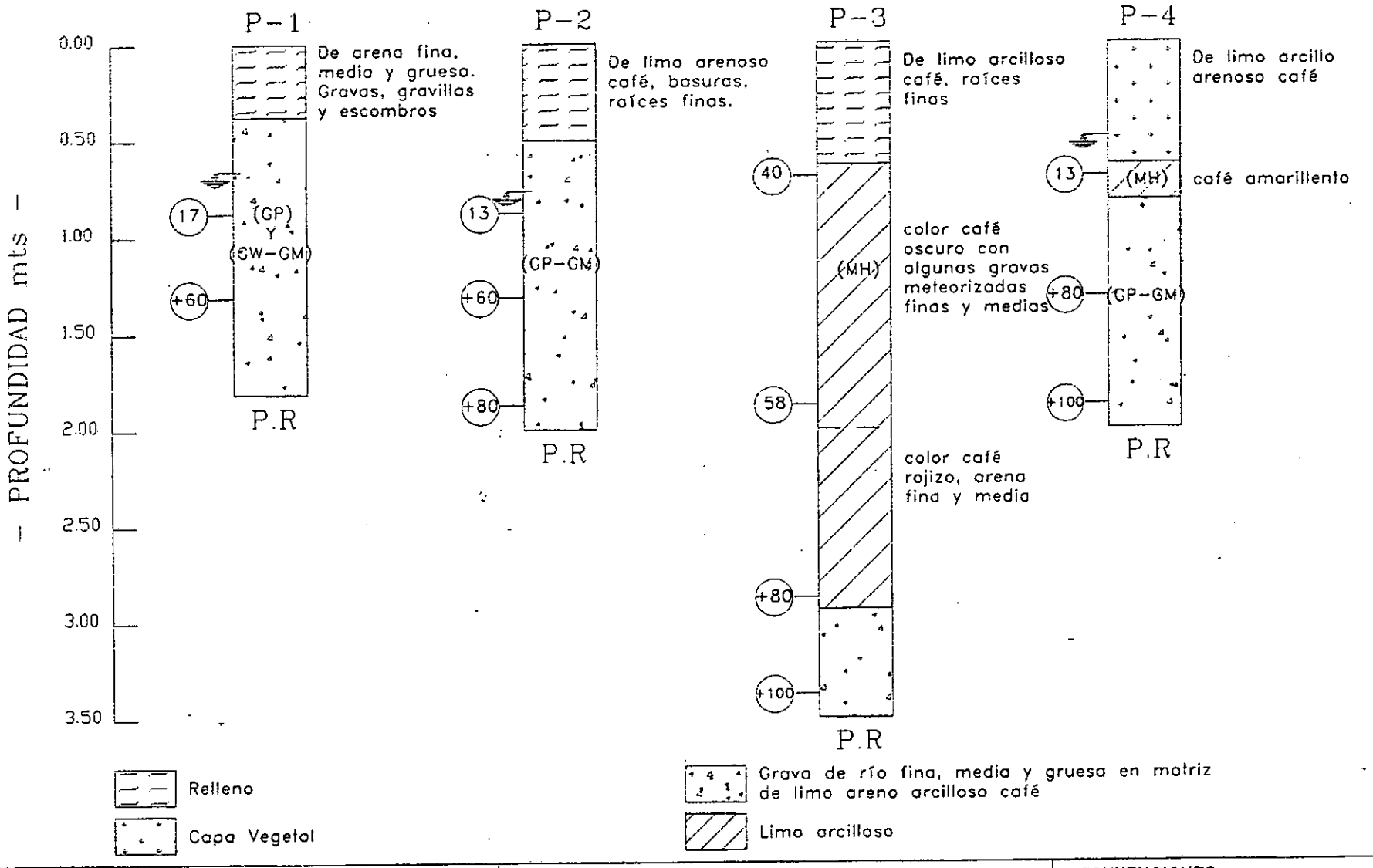


Grupo Suelos Ltda.	CLIENTE: *HIDROESTUDIOS LTDA*	OBRA: *ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN RÍO LILI*
	FIGURA: 4	*COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS*

CONVENCIONES:

- (6) VALOR DE N (#Golpes/pie) SPT
- (MH) CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS
- POSICION DEL NIVEL FREATICO
- F.P. FIN DE PERFORACION

LILI4



Grupo Suelos Ltda.

CLIENTE:
HIDROESTUDIOS LTDA

OBRA:
ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN RÍO MELÉNDEZ

FIGURA: 5

COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS

CONVENCIONES:

- (12) VALOR DE N (#Golpes/pie) SPT
- (MH) CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS
- POSICION DEL NIVEL FREATICO
- P.R. PROFUNDIDAD DEL RECHAZO

LILIS

ANEXO 2

REGISTROS DE PERFORACIÓN Y ENSAYOS DE LABORATORIO

GRUPO SUELOS LTDA

HOJA No 1 DE 9

LABORATORIO DE SUELOS

REGISTROS DE PERFORACION DEL SUBSUELO

CLIENTE: HIDROESTUDIOS LTDA
OBRA: OBRAS DE PROTECCIÓN
LOCALIZACION: RIO LILI (SEGÚN FIGURA 1)

NOMENCLATURA DE SONDEO: P-1
FECHA: NOVIEMBRE 7 DE 1997

PROFUNDIDAD (mts)	MUESTRA Nomenclatura	GOLPES TUBERIA REVEST.	DESCRIPCION DEL MATERIAL	Observaciones
	C-1 6-4-2 B-1 70%		Relleno de arena limosa color café amarillento, gravas finas y medias, algo de desechos de construcción y carbón vegetal.	
1.00			(SP-SM)	
	C-2 18-9-8 B-2 70%		Grava arena limosa color gris oscuro, fina, media y gruesa.	
2.00			(GM)	
3.00	C-3 8-4-18 B-3 70%		Arena limosa fina, media y gruesa gris oscura, gravas y gravillas.	color café.
4.00			(SM)	
	C-4 35-46-53 B-4 60%			
5.00	C-5 58/+80			
			A 5.40 mts rechazó.	

MUESTREADORES: Tipos y Tamaños _____ Profundidad de la Capa Freática 0.10 mts

a) Cuchara Peso Martillo 140lbs Caida 30"

b) _____

c) _____

TUBERIA DE REVESTIMIENTO: Tamaño _____ Peso Martillo _____ Caida _____

S – Shelby
C – Cuchara
B – Barreno Manual

ISS

GRUPO SUELOS LTDA

HOJA No 2 DE 9

LABORATORIO DE SUELOS

REGISTROS DE PERFORACION DEL SUBSUELO

CLIENTE: HIDROESTUDIOS LTDA

OBRA: OBRAS DE PROTECCION

LOCALIZACION: RIO LILI (SEGÚN FIGURA 1)

NOMENCLATURA DE SONDEO: P-2

FECHA: NOVIEMBRE 7 DE 1997

PROFUNDIDAD (mts)	MUESTRA Nomenclatura	GOLPES TUBERIA REVEST.	DESCRIPCION DEL MATERIAL	Observaciones
			Relleno de limo arenoso y arena limosa color café, raíces finas y medias, desechos.	
	C-1 3-1-1 B-1 70%			
1.00			(SM) Y (ML-CL)	
	C-2 2-3-2 B-2 70%			
2.00			Relleno de arena limosa gris oscura, algunas gravillas y desechos de construcción.	
3.00	C-3 19-29-19 B-3 70%		(SP-SM)	
4.00			Grava arena limosa gris oscura, fina y media.	
	C-4 4-5-5 B-4 60%		(GW-GM)	
5.00				
	C-5 8-6-20 No recuperó		Arena limosa gris oscura, gravas y gravillas	Pequeñas trazas de madera
6.00				

MUESTREADORES: Tipos y Tamaños _____ Profundidad de la Capa Freática 2.20 mts

a) Cuchara Peso Martillo 140lbs Caida 30"

b) _____

c) _____

TUBERIA DE REVESTIMIENTO: Tamaño _____ Peso Martillo _____ Caida _____

S - Shelby
C - Cuchara
B - Barreno Manual

LIL12

GRUPO SUELOS LTDA

LABORATORIO DE SUELOS

REGISTROS DE PERFORACION DEL SUBSUELO

CLIENTE: HIDROESTUDIOS LTDA
OBRA: OBRAS DE PROTECCIÓN
LOCALIZACION: RIO LILI (SEGÚN FIGURA 1)

NOMENCLATURA DE SONDEO: P-2
FECHA: NOVIEMBRE 7 DE 1997

PROFUNDIDAD (mts)	MUESTRA Nomenclatura	GOLPES TUBERIA REVEST.	DESCRIPCION DEL MATERIAL	Observaciones
	C-5 25-28-26 B-5 60%		Arena limosa gris oscura, gravas y gravillas.	
	C-6 23-24-27 No recuperó		(SM)	
7.00			A 7.00 mts rechazó.	

MUESTREADORES: Tipos y Tamaños _____ Profundidad de la Capa Freática 2.20 mts

a) Cuchara Peso Martillo 140lbs Caida 30"

b) _____

c) _____

TUBERIA DE REVESTIMIENTO: Tamaño _____ Peso Martillo _____ Caida _____

S - Shelby
C - Cuchara
B - Barreno Manual

LILI3

1864

GRUPO SUELOS LTDA

LABORATORIO DE SUELOS

REGISTROS DE PERFORACION DEL SUBSUELO

CLIENTE: HIDROESTUDIOS LTDA

OBRA: OBRAS DE PROTECCIÓN

LOCALIZACION: RIO MELÉNDEZ (SEGÚN FIGURA 2)

NOMENCLATURA DE SONDEO: P-1

FECHA: NOVIEMBRE 24 DE 1997

PROFUNDIDAD (mts)	MUESTRA Nomenclatura	GOLPES TUBERIA REVEST.	DESCRIPCION DEL MATERIAL	Observaciones
			Relleno de arena fina, media y gruesa color café, gravas y gravillas con escombros.	
	C-1 7-10-15 B-1 80%		Grava de río fina, media y gruesa en matriz de limo arenoso café.	
1.00	C-2 25-41-56 B-2 50%		(GP) y (GW-GM)	
			A 1.80 mts rechazó.	
2.00				

MUESTREADORES: Tipos y Tamaños _____ Profundidad de la Capa Freática 0.70 mts

a) Cuchara Peso Martillo 140lbs Caida 30"

b) _____

c) _____

S – Shelby
C – Cuchara
B – Barreno Manual

TUBERIA DE REVESTIMIENTO: Tamaño _____ Peso Martillo _____ Caida _____

LIL14

GRUPO SUELOS LTDA

HOJA No 5 DE 9

LABORATORIO DE SUELOS

REGISTROS DE PERFORACION DEL SUBSUELO

CLIENTE: HIDROESTUDIOS LTDA

OBRA: OBRAS DE PROTECCIÓN

LOCALIZACION: RIO MELÉNDEZ (SEGÚN FIGURA 2)

NOMENCLATURA DE SONDEO: P-2

FECHA: NOVIEMBRE 7 DE 1997

PROFUNDIDAD (mts)	MUESTRA Nomenclatura	GOLPES TUBERIA REVEST.	DESCRIPCION DEL MATERIAL	Observaciones
			Relleno de limo arenoso café, raíces finas y medias, contiene algunos basuras.	
	C-1 3-5-10 B-1 70%		Gravas y gravillas de río en matriz de limo arenoso café rojizo.	
1.00	C-2 35-48-53 B-2 60%		(GP-GM)	
	C-3 59-63/+80 No recuperó			
2.00			A 2.00 mts rechazó.	

MUESTREADORES: Tipos y Tamaños _____ Profundidad de la Capa Freática 0.80 mts

a) Cuchara Peso Martillo 140lbs Caida 30"

b) _____

c) _____

TUBERIA DE REVESTIMIENTO: Tamaño _____ Peso Martillo _____ Caida _____

S - Shelby
C - Cuchara
B - Barreno Manual

LILIS

GRUPO SUELOS LTDA

LABORATORIO DE SUELOS

REGISTROS DE PERFORACION DEL SUBSUELO

HOJA No 6 DE 9

CLIENTE: HIDROESTUDIOS LTDA
OBRA: OBRAS DE PROTECCIÓN
LOCALIZACION: RIO MELÉNDEZ (SEGÚN FIGURA 2)

NOMENCLATURA DE SONDEO: P-3
FECHA: NOVIEMBRE 7 DE 1997

PROFUNDIDAD (mts)	MUESTRA Nomenclatura	GOLPES TUBERIA REVEST.	DESCRIPCION DEL MATERIAL	Observaciones
			Relleno de limo arcilloso café oscuro, raíces finos.	
	C-1 17-18-23 B-1 80%		Limo arcilloso café oscuro. HN inferior al LP. (MH)	
1.00				
			Limo arcilloso café oscuro, trazas negras y amarillas, algunas gravas meteorizadas finas y medias.	
	C-2 25-33-39 B-2 70%			
2.00			Limo arcilloso café rojizo, trazas habanas y negras, arena fina y media. HN inferior al LP. (MH)	
	C-3 48-53-51 B-3 60%			
3.00			Grava de río fina, media y gruesa en matriz de limo arcillo arenoso café rojizo.	
	C-4 59/+80 No recuperó			
			A 3.40 mts rechazó.	
4.00				

MUESTREADORES: Tipos y Tamaños _____ Profundidad de la Capa Freática No. apareció

a) Cuchara Peso Martillo 140lbs Caida 30"

b) _____

c) _____

TUBERIA DE REVESTIMIENTO: Tamaño _____ Peso Martillo _____ Caida _____

S – Shelby
C – Cuchara
B – Barreno Manual

LIL16

GRUPO SUELOS LTDA

LABORATORIO DE SUELOS

REGISTROS DE PERFORACION DEL SUBSUELO

CLIENTE: HIDROESTUDIOS LTDA

OBRA: OBRAS DE PROTECCIÓN

LOCALIZACION: RIO MELÉNDEZ (SEGÚN FIGURA 2)

NOMENCLATURA DE SONDEO: P-4

FECHA: NOVIEMBRE 24 DE 1997

PROFUNDIDAD (mts)	MUESTRA Nomenclatura	GOLPES TUBERIA REVEST.	DESCRIPCION DEL MATERIAL	Observaciones
			Capa Vegetal de limo arcillo arenoso café, raíces finas, medias y gruesas.	
	C-1 4-5-13 B-1 80%		Limo arenoso café amarillento. (MH)	
1.00	C-2 35-38-36 No recuperó		Grava de río fina, media y gruesa en matriz de limo areno arcilloso café amarillento.	
	C-3 45-58/+80 B-2 60%		(GP-GM)	
2.00			A 2.00 mts rechazó.	

MUESTREADORES: Tipos y Tamaños _____ Profundidad de la Capa Freática 0.50 mts

a) Cuchara Peso Martillo 140lbs Caida 30"

b) _____

c) _____

TUBERIA DE REVESTIMIENTO: Tamaño _____ Peso Martillo _____ Caida _____

S - Shelby
C - Cuchara
B - Barreno Manual

LIL17

GRUPO SUELOS LTDA

LABORATORIO DE SUELOS

REGISTROS DE PERFORACION DEL SUBSUELO

CLIENTE: HIDROESTUDIOS LTDA

OBRA: OBRAS DE PROTECCIÓN

LOCALIZACION: RIO MELÉNDEZ (SEGÚN FIGURA 2)

NOMENCLATURA DE SONDEO: P-5 (Apique 2)

FECHA: NOVIEMBRE 24 DE 1997

PROFUNDIDAD (mts)	MUESTRA Nomenclatura	GOLPES TUBERIA REVEST.	DESCRIPCION DEL MATERIAL	Observaciones
			Relleno limo arcilloso café, algunas gravas y gravillas.	
	M - 1		Limo arcilloso café, vetas negras.	
			HN inferior al LP.	
1.00			(MH)	Excavación Manual (Apique 2)
				Muy Denso
2.00			Grava de río fina, media y gruesa en matriz de limo arcillo arenoso café rojizo, algunos cantos.	
	M - 2		(GM)	
3.00	C-1 5-6-7 B-1 80%		Limo arcillo arenoso café amarillento, gravillas.	
	C-2 15-24-25		(MH)	
			Gravas y gravillas en matriz de limo arcillo arenoso café amarillento.	Perforación a percusión
4.00	C-3 23-24-15 B-2 70%		(GM)	
	C-4 44-56/+80			
5.00			A 5.00 mts rechazó.	

MUESTREADORES: Tipos y Tamaños _____ Profundidad de la Capa Freática No apareció

a) Cuchara Peso Martillo 140lbs Caida 30"

b) _____

c) _____

TUBERIA DE REVESTIMIENTO: Tamaño _____ Peso Martillo _____ Caida _____

S - Shelby
C - Cuchara
B - Barreno Manual

LIL18

GRUPO SUELOS LTDA

HOJA No 9 DE 9

LABORATORIO DE SUELOS

REGISTROS DE PERFORACION DEL SUBSUELO

CLIENTE: HIDROESTUDIOS LTDA

OBRA: OBRAS DE PROTECCIÓN

LOCALIZACION: RÍO MELÉNDEZ (SEGÚN FIGURA 2)

NOMENCLATURA DE SONDEO: Apique 1

FECHA: NOVIEMBRE 24 DE 1997

PROFUNDIDAD (mts)	MUESTRA Nomenclatura	GOLPES TUBERIA REVEST.	DESCRIPCION DEL MATERIAL	Observaciones
			Capa Vegetal de limo arenoso café, raíces finas, media y gruesas.	
	M – 1			
1.00			Grava de río fina, media y gruesa en matriz de limo arenoso café amarillento. Algunos cantos tamaño máximo 30 cms.	
	M – 2		(GM) Y (GW)	Muy Denso
2.00				
			A 2.60 mts rechazó.	
3.00				

MUESTREADORES: Tipos y Tamaños _____ Profundidad de la Capa Freática No apareció

a) Cuchara Peso Martillo 140lbs Caida 30"

b) _____

c) _____

TUBERIA DE REVESTIMIENTO: Tamaño _____ Peso Martillo _____ Caida _____

S – Shelby
C – Cuchara
B – Barreno Manual

LIL19

GRUPO SUELOS LTDA

LABORATORIO DE SUELOS

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

CLIENTE: HIDROESTUDIOS LTDA

HOJA No 1 DE 2

OBRA: OBRAS DE PROTECCION RIO LILI

PERFORACIÓN	MUESTRA	PROFUNDIDAD (mts)	ANALISIS GRANULOMÉTRICO % QUE PASA EN PESO			LÍMITES DE ATTERBERG			CLASIFIC U.S.C.	HUMEDAD NATURAL %	PESO UNITARIO ton/mt³	q_u Kg/cm²	Pe Kg/cm²	N golpes/pie
			Tmáx	No 4	No 200	L.L.	L.P.	I.P						
P-1	M-1	0.50 - 1.00	1"	68.30	11.40	NP	NP	NP	SP-SM	RELLENO				6
	M-2	1.50 - 2.00	1"	57.10	15.60	NP	NP	NP	GM	5.30				17
	M-3	3.00 - 3.50	3/4"	72.40	13.10	NP	NP	NP	SM	5.30				22
	M-4	4.50 - 5.00	1"	71.00	12.10	NP	NP	NP	SM	6.50				+60
P-2	M-1	0.50 - 1.00	No 10	100.00	38.70	NP	NP	NP	SM	RELLENO				2
	M-2	1.50 - 2.00				39.80	27.20	12.60	ML-CL	RELLENO				5
	M-3	3.00 - 3.50	1"	64.00	11.20	NP	NP	NP	SP-SM	RELLENO				38
	M-4	4.50 - 5.00	1"	50.10	9.70	NP	NP	NP	GW-GM	6.00				10
	M-3	6.00 - 6.50	3/4"	67.00	17.20	NP	NP	NP	SM	24.30				53

OBSERVACIONES: Pe = Presión de Expansión en el aparato de Lambe
N.P = Material fino no plástico

GRUPO SUELOS LTDA

LABORATORIO DE SUELOS

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

CLIENTE: HIDROESTUDIOS LTDA

HOJA No 2 DE 2

OBRA: OBRAS DE PROTECCION RIO MELENDEZ

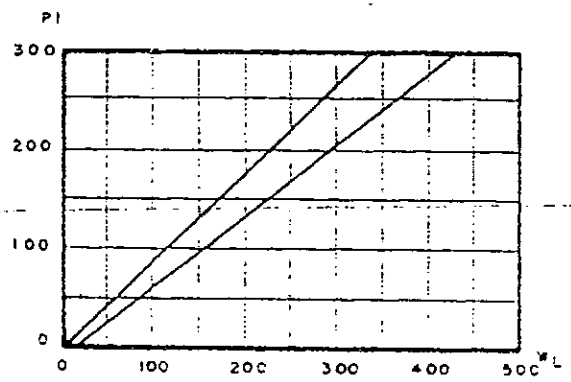
PERFORACIÓN	MUESTRA	PROFUNDIDAD (mts)	ANALISIS GRANULOMÉTRICO % QUE PASA EN PESO			LÍMITES DE ATTERBERG			CLASIFIC U.S.C.	HUMEDAD NATURAL %	PESO UNITARIO ton/mt³	q_u Kg/cm²	Pe Kg/cm²	N golpes/pie
			Tmáx	No 4	No 200	L.L.	L.P.	I.P						
P-1	M-1	0.50 - 1.00	11/2"	25.90	4.70	NP	NP	NP	GP	8.20				17
	M-2	1.00 - 1.50	1"	44.90	5.50	NP	NP	NP	GW-GM	14.80				+60
P-2	M-1	0.50 - 1.00	11/2"	45.30	8.90	NP	NP	NP	GP-GM	7.90				13
	M-2	0.50 - 1.00	11/2"	42.60	7.70	NP	NP	NP	GP-GM	7.40				+60
P-3	M-1	0.50 - 1.00				53.80	34.00	19.80	MH	20.00				40
	M-2	1.50 - 2.00				58.20	34.30	23.90	MH	27.70				58
	M-3	2.50 - 3.00				57.20	33.90	23.30	MH	29.70				+80
P-4	M-1	0.50 - 1.00				57.40	34.50	22.90	MH	34.40				18
	M-2	1.00 - 1.50	11/2"	47.80	9.30	NP	NP	NP	GP-GM	8.30				61
P5 - Apique2	M-1	1.00 -1.50				55.40	35.30	20.10	MH	24.40				-
	M-2	2.50 - 3.00	2"	30.60	15.00	NP	NP	NP	GM	8.60				-
	M-3	3.00 -3.50				53.90	33.20	20.70	MH	23.20				13
	M-4	4,00 - 4,50	11/2"	48.50	11.80	NP	NP	NP	GP-GM	22.10				+80
Apique 1	M-1	0.60 -1.00	11/2"	49.80	13.50	NP	NP	NP	GM	7.70				-
	M-2	1.50 -2.00	31/2"	15.20	3.40	NP	NP	NP	GW	8.80				-

OBSERVACIONES: Pe = Presión de Expansión en el aparato de Lambe

N.P = Material fino no plástico

GRUPO SUELOS.

LABORATORIO DE SUELOS
Y MATERIALES



LINEA-U: $PI = 0.9(W_L - 8)$

LINEA-A: $PI = 0.73(W_L - 20)$

U

A

CH

MH u OH

CL

CL - ML

ML

ML u OL

INDICE DE PLASTICIDAD PI

LIMITE LIQUIDO W_L

OBRA OBRAS PROTECCION RIO MELENDEZ

CLIENTE HIDROESTUDIOS LTDA

FECHA OCT/97 Por WS

CARTA DE PLASTICIDAD

GRADACIONES MUESTRAS DEL LECHO DEL RIO

GRADACION RIO LILI

M# 1

PESO NETO = 1077.6

TAMIZ	PESO	% PESO	% PASA
1 1/2	——	——	100.0
1"	127.5	11.8	88.2
3/4	16.5	1.5	86.7
3/8	104.5	9.7	77.0
4	122.7	11.4	65.6
8	143.2	13.3	52.3
16	156.5	14.5	37.8
30	191.7	17.8	20.0
50	150.3	14.0	6.0
100	56.1	5.2	0.8
200	3.6	0.3	0.5
-200	5.0	0.5	——

GRADACION RIO MELENDEZ

M# 2

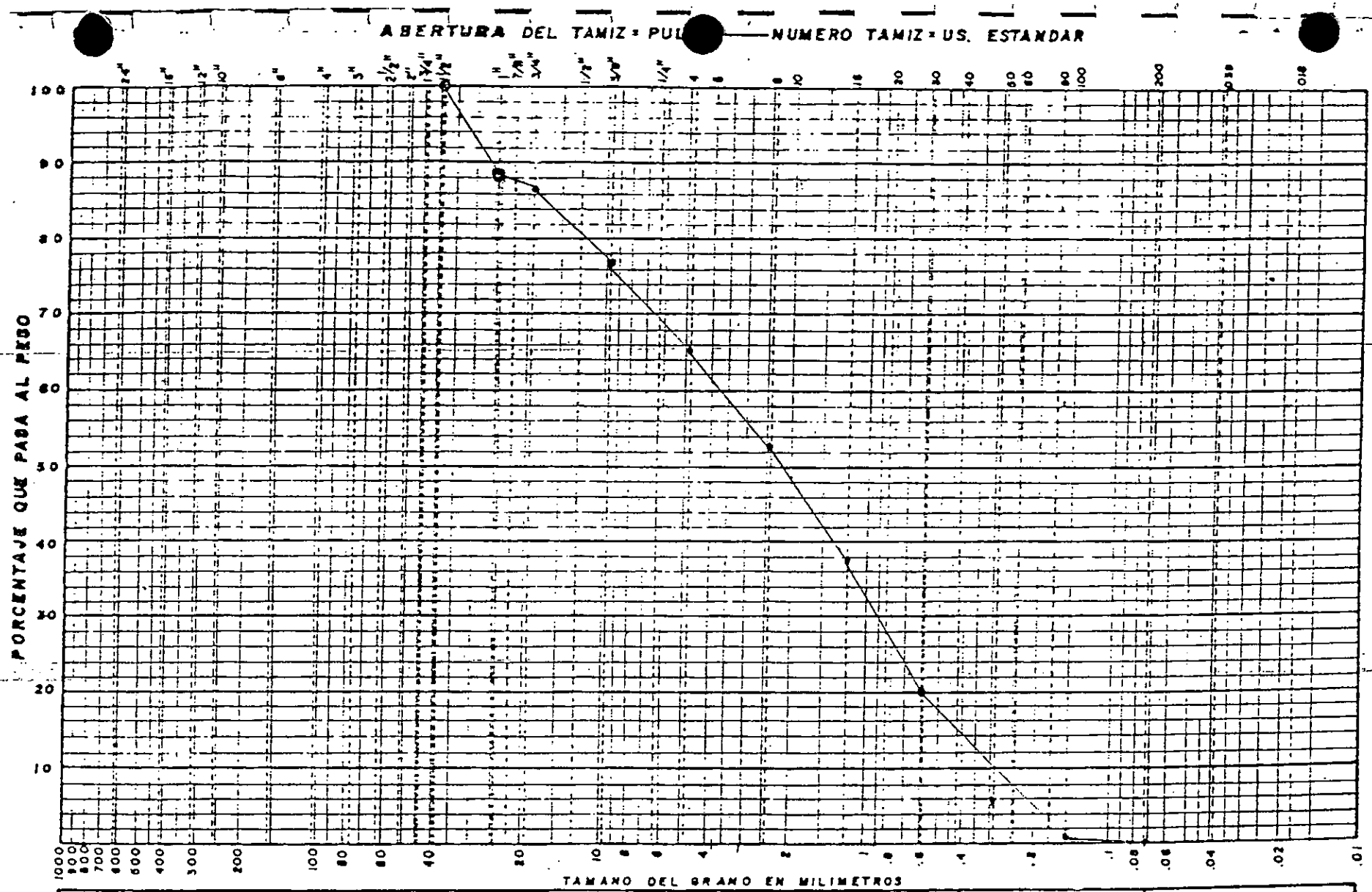
PESO NETO = 2321.8

374

TAMIZ	PESO	% PESO	% PASA
2"	——	——	100.0
1 1/2	233.2	10.0	90.0
1"	315.0	13.6	76.4
3/4	139.5	6.0	70.4
3/8	435.0	18.7	51.7
4	285.9	12.3	39.4
8	307.2	13.2	26.2
16	248.0	10.7	15,5
30	134.1	5.8	9,7
50	75.3	3.3	6,4
100	81.0	3.5	2,9
200	30.3	1.3	1,6
-200	37.3	1.6	——

MUESTRAS DEL FONDO DEL RIO

375



CANTOS RODADOS	GRAVA		ARENA			LIMO
	Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS

Localización del Fondo del Rio, en la orilla

Muestra Nº M-1 Tipo de material SP

$Cu = \frac{D60}{D10} = \frac{3.70}{0.3} = 12.3$ $Cc = \frac{(D30)^2}{D10 \times D60}$ Arena

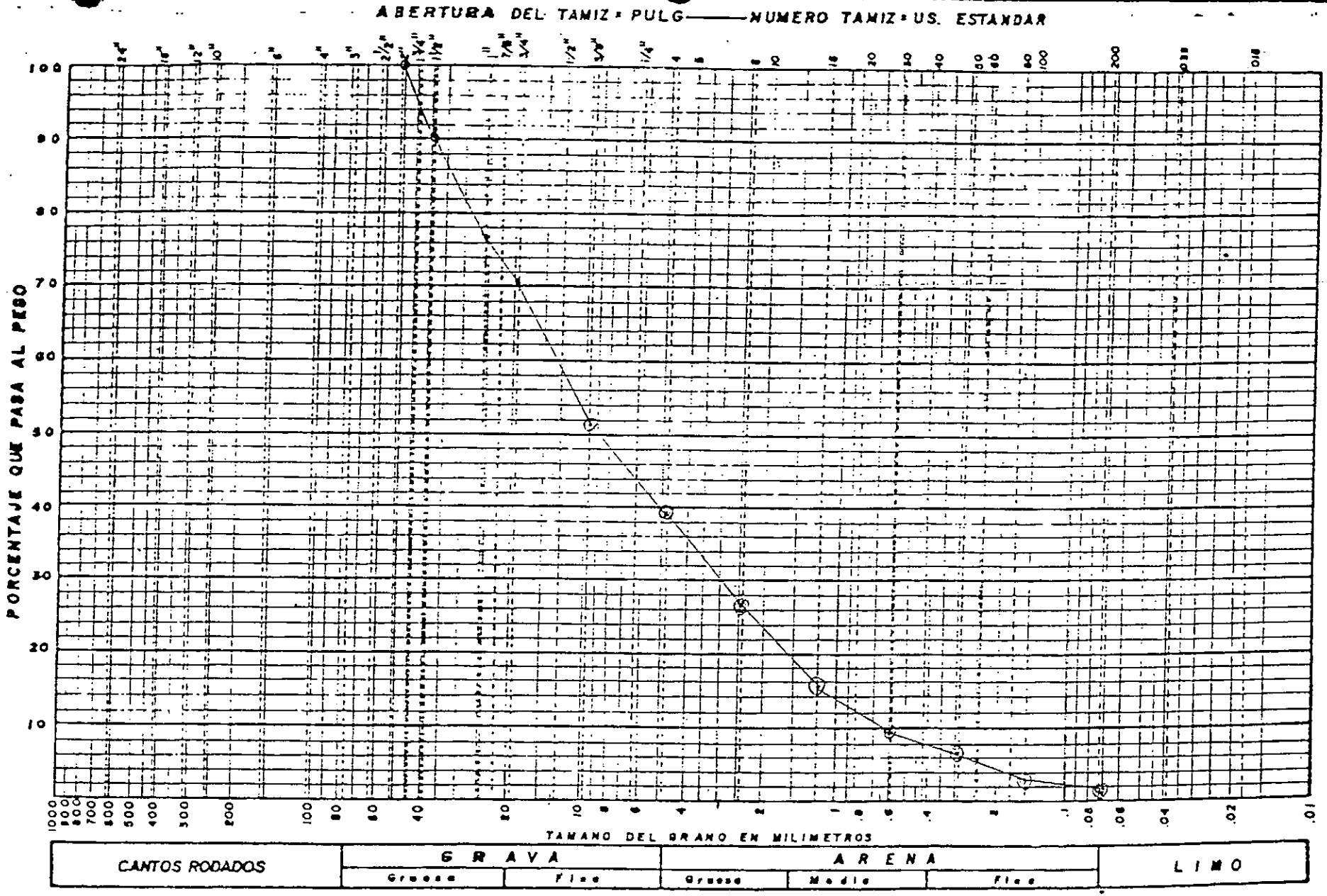
$= \frac{(0.90)^2}{0.3 \times 3.70} = 0.73 < 1.0$

Arena Pobremente Gradada con gravas.

M# 1

CURVA DE GRADACION

Rio Lili - Cerca a P-2



CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS

Localización M # 2 Cerca a P-2

Muestra Nº _____ Tipo de material SW

$Cu = \frac{D60}{D10} = \frac{13.5}{0,65} = 20,8$ $Cc = \frac{(D30)^2}{D10 \times D60} = \frac{(3.0)^2}{13.5 \times 0,65} = 1.03$

CURVA DE GRADACION

R. Melendez -

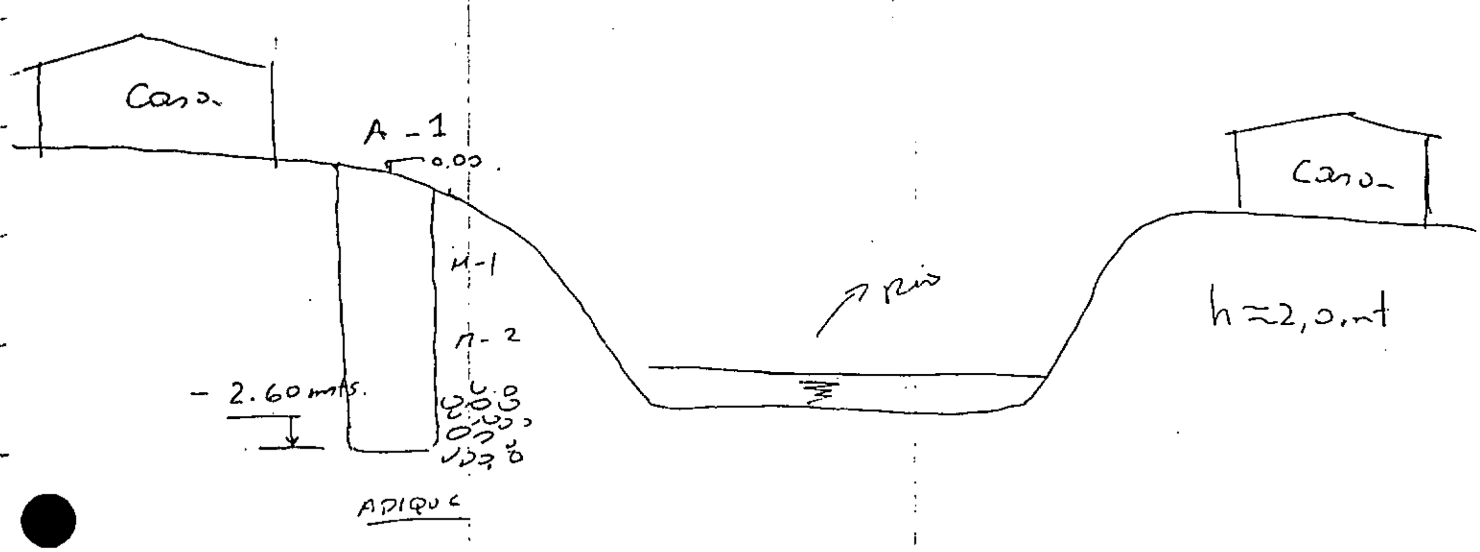
GRADACIONES MUESTRAS DE APIQUES

RIO MELENDEZ

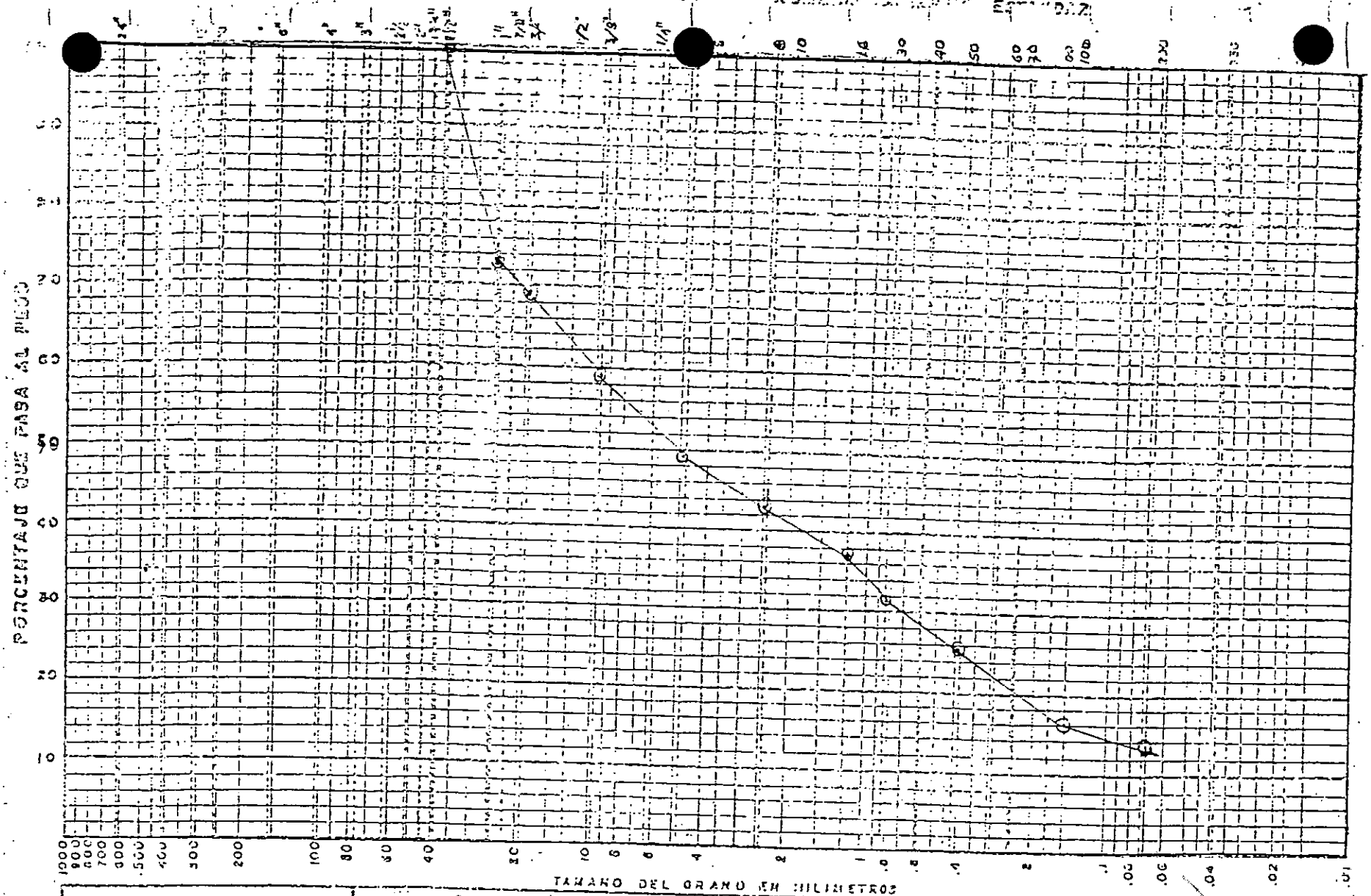
A - 1   0,60 - 0,80   CORTE = 01

PESO NETO 1896.8

TAMIZ	PESO	% PESO	% PASA.
1 1/2	——	—	100.0
1	504.1	26.6	73.4
3/4	82.1	4.3	69.1
3/8	197.5	10.4	58.7
4	169.6	8.9	49.8
8	130.6	6.9	42.9
16	108.0	5.7	37.2
30	108.0	5.7	31.5
50	115.8	6.1	25.4
100	175.6	9.3	16.1
200	49.6	2.6	13.5
-200	255.9	13.5	——



Cantos — TMAX = 30cmt



CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS

Localización Río Melendez - Sector La Playa

Muestra NR 1 Tipo de material A-1 (6H) prof. 0,60 - 0,80 mt

Cu = — Cc = —

CURVA DE GRADACION

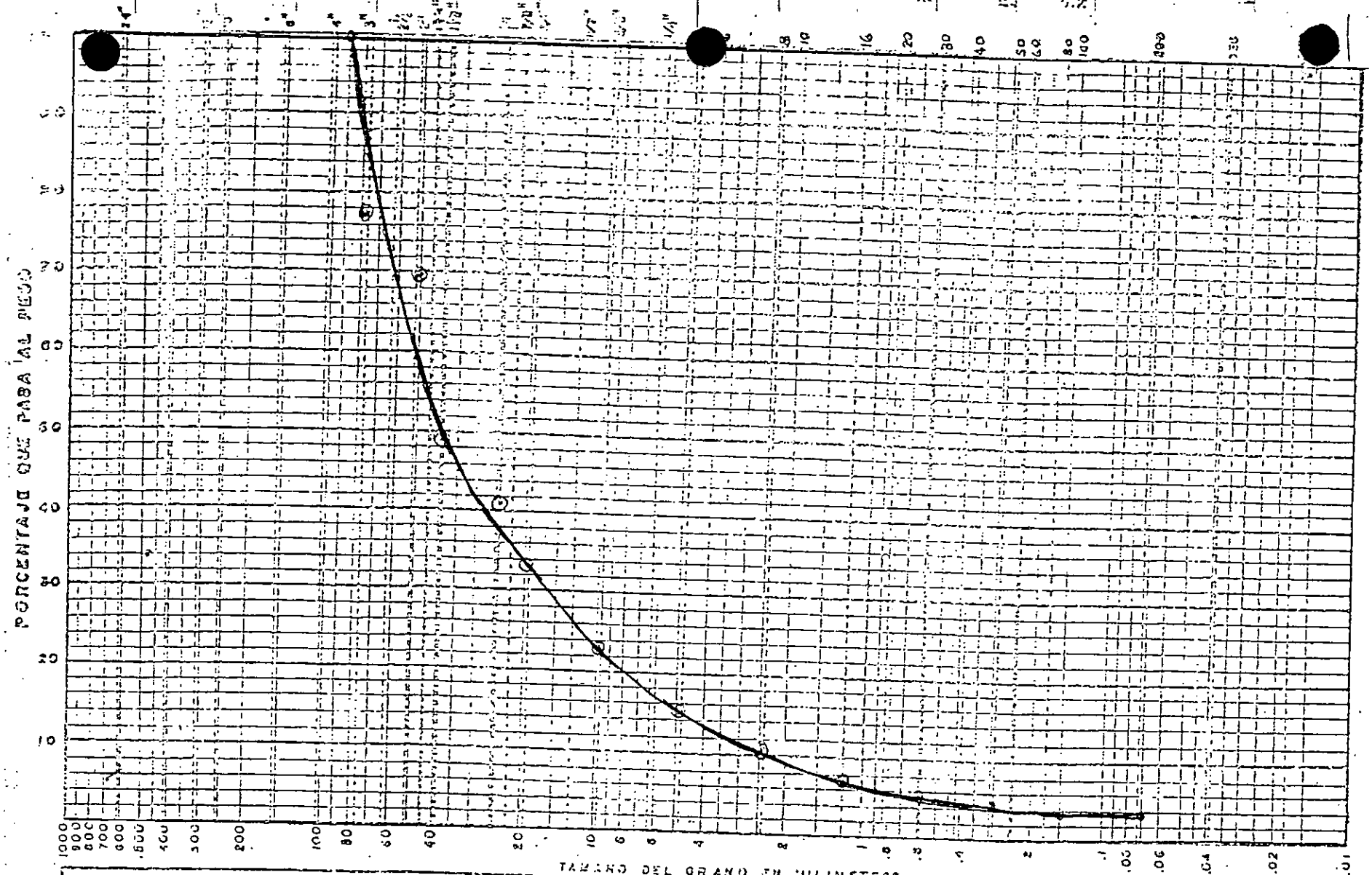
RIO MELENDEZ

A - 1 M2 1.5 - 1.0 REPTE = 03

PESO NETO 3189.0

TAMIZ	PESO	APESO	% PASA
3 1/2	—	—	100.0
3"	718.0	22.5	77.5
2"	246.0	7.7	69.8
1 1/2	655.7	20.6	49.2
1	253.7	8.0	41.2
3/4	246.2	7.7	33.5
3/8	333.2	10.6	22.9
4	244.3	7.7	15.2
8	157.1	4.9	10.3
16	95.3	3.0	7.3
30	54.3	1.7	5.6
50	29.4	0.9	4.7
100	30.2	0.9	3.8
200	12.1	0.4	3.4
-200	107.9	3.4	—

Ing Freddy Mantilla



CANTOS RODADOS	GRAVA		ARENA			LIMO
	Grueso	Fino	Grueso	Medio	Fino	

CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS

Localización Rio Melendez - Sector Los Playos

Muestra Nº 1 (1.5-2.0 mts) Tipo de material (GW) A-1 (Apique Nº 1)

Cu = 50/2.5 = 20 Cc = 17²/(50-2.5) = 2.31 Prof: 1.50 - 2.0 mt

CURVA DE GRADACION

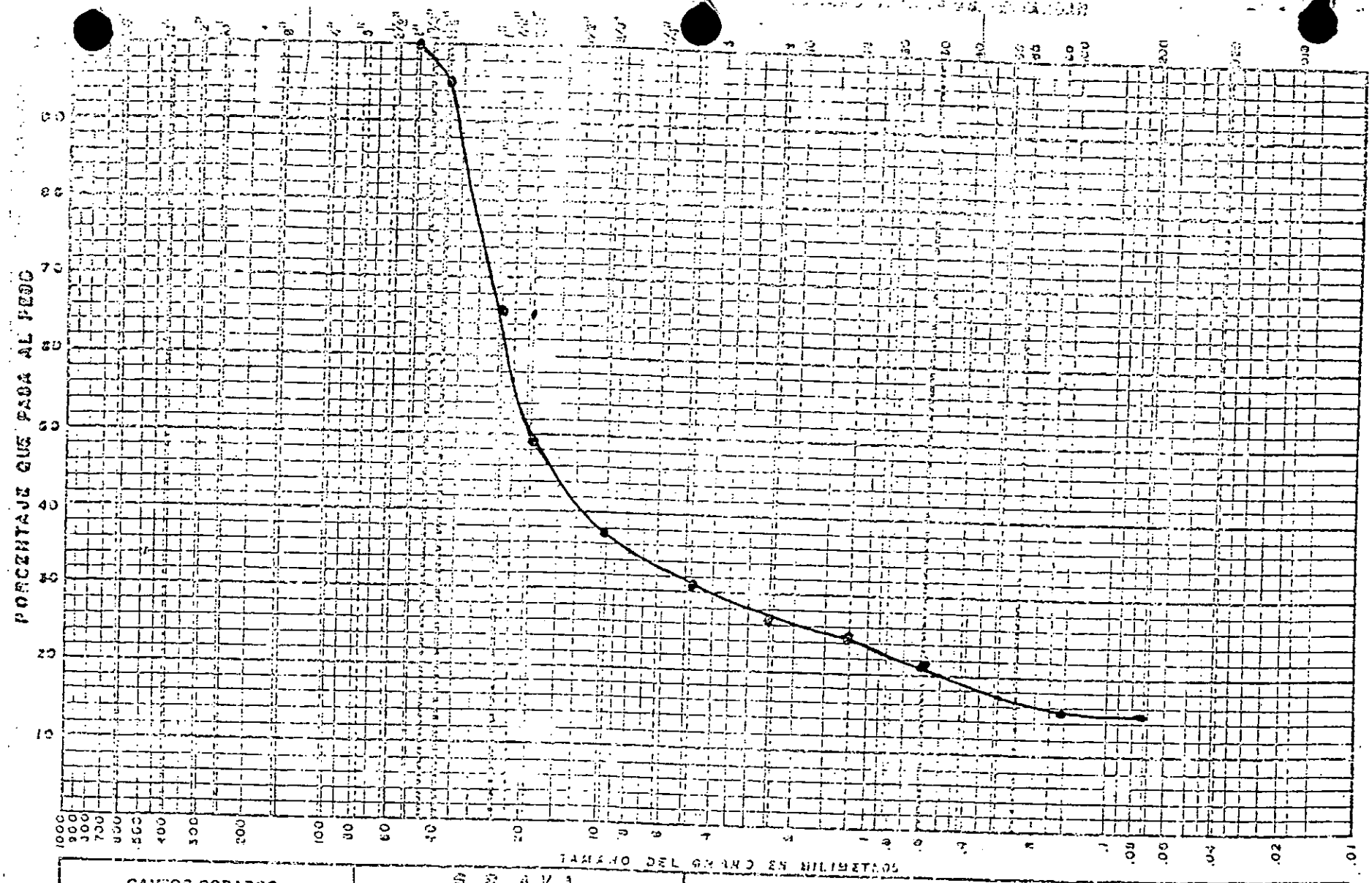
RIO MELENDEZ

P(A2) M2 25-30. PEPRE = 02

PESO NETO 2231.4

TAMIZ	PESO	% PESO	% PASA
2"	——	——	100.0
1½	320.3	14.4	85.6
1	463.5	20.8	64.8
3/4	367.1	16.5	48.3
3/8	251.5	11.3	37.0
4	142.5	6.4	30.6
8	94.2	4.2	26.4
16	65.3	2.9	23.5
30	61.4	2.7	20.8
50	55.6	2.5	18.3
100	54.7	2.5	15.8
200	19.1	0.8	15.0
-200	336.2	15.0	——

EL P(A2) N4L 100-150
NO SE LE HIZO GRADACION PORQUE ERA UN LIMO ARCILLOSO AMARILLO CON TRAZAS CAFES Y PINTAS NEGRAS.



CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS

Localización RIO MELENDEZ SEGUN UBICACION

Muestra Nº M-2 (APIQUE 2) 2.5-3.0 mts

Tipo de material GM

Cu = —

Cc = —

CURVA DE GRADACION

ANEXO 3

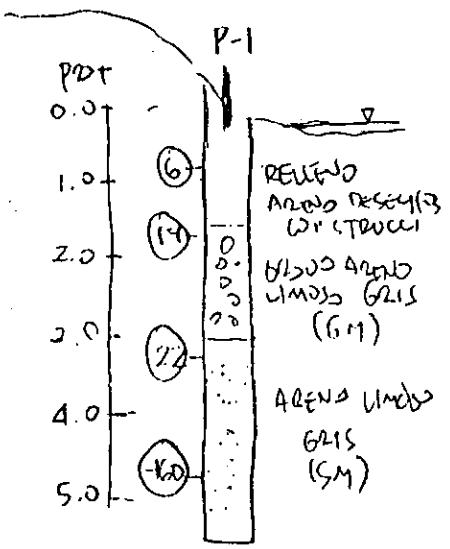
MEMORIA DE CALCULO

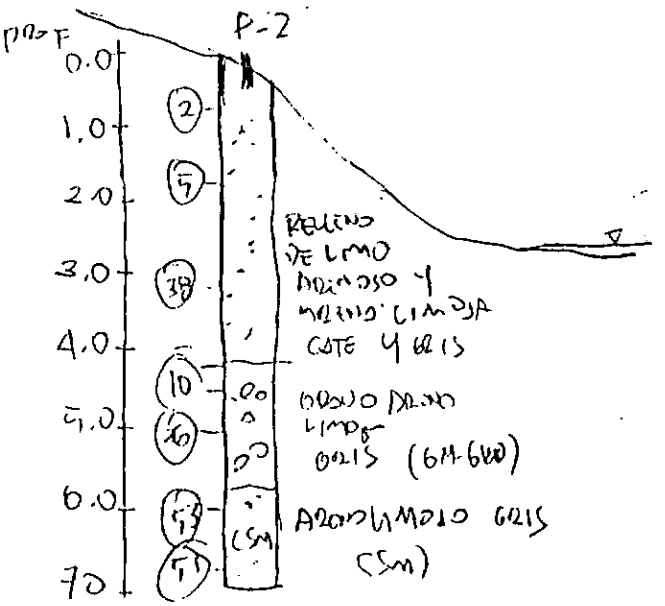
MEMORIA DE CALCULO

OBRAS DE PROTECCION RIOS MELENDEZ Y LLIU

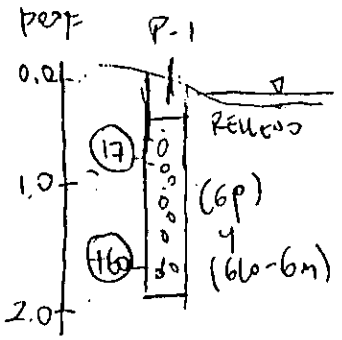
PERFILES ESTRATIGRAFICOS

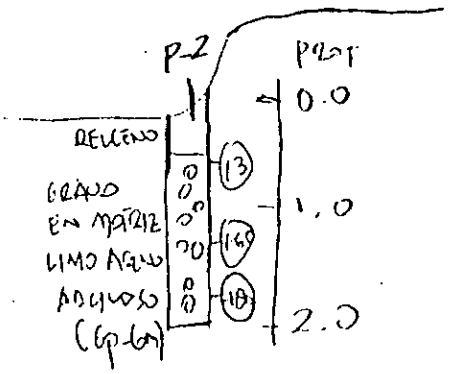
RIO LLIU

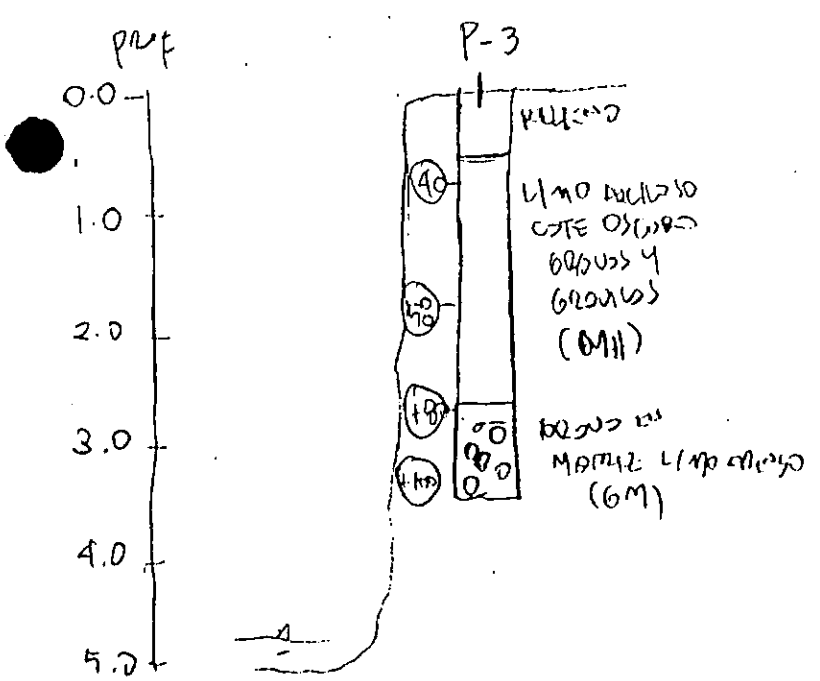


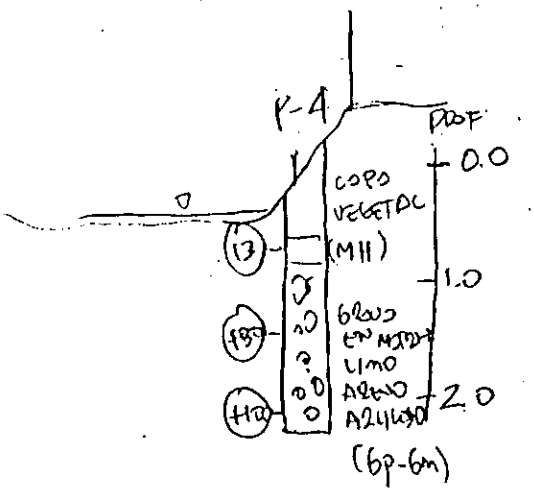


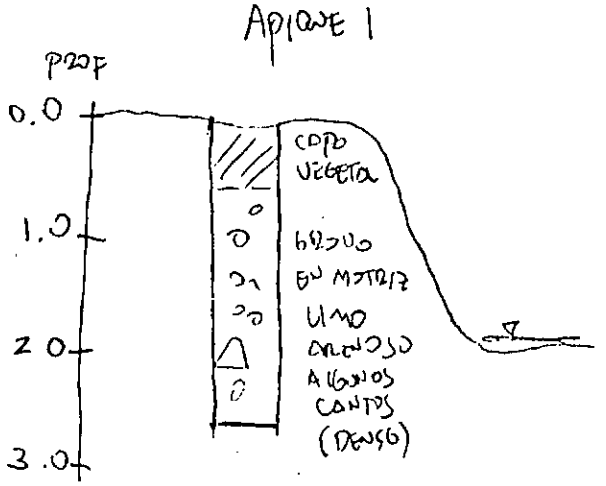
RIO MELENDEZ

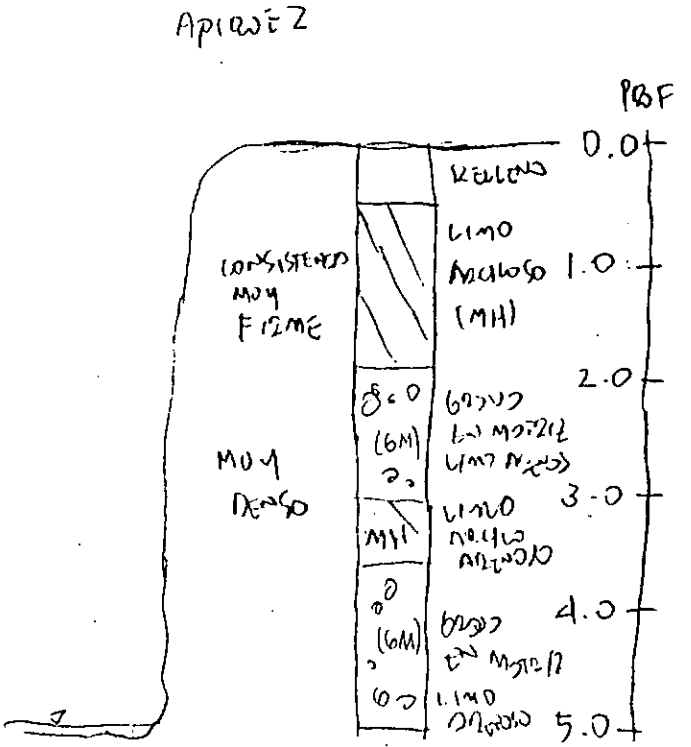





P-3
PCF
0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
(MH)
(6M)


P-4
PCF
0.0
1.0
2.0
COPA VEGETAL
(MH)
(6p-6m)


APIQUE 1
PCF
0.0
1.0
2.0
3.0
COPA VEGETAL
(DENSO)


APIQUE 2
PCF
0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
MUY FIRME
MUY DENSO
(MH)
(6M)

RIO MELEDEZ:

TIPO CIMIENTO ESTRUCTURAS - ZAPATAS CORRIDAS

PROFUNDIDAD DE CIMENTACION - 0.7 mts BAJO EL NIVEL DE SOCAVACION RIO

$\bar{N} = 50$ $Df/B = 0.8$ $p_{max} = 2.5cm$ CIMIENTO CORRIDO

$\Rightarrow$ USE $q_{adm} = 2.5 kg/cm^2$

RIO LILI:

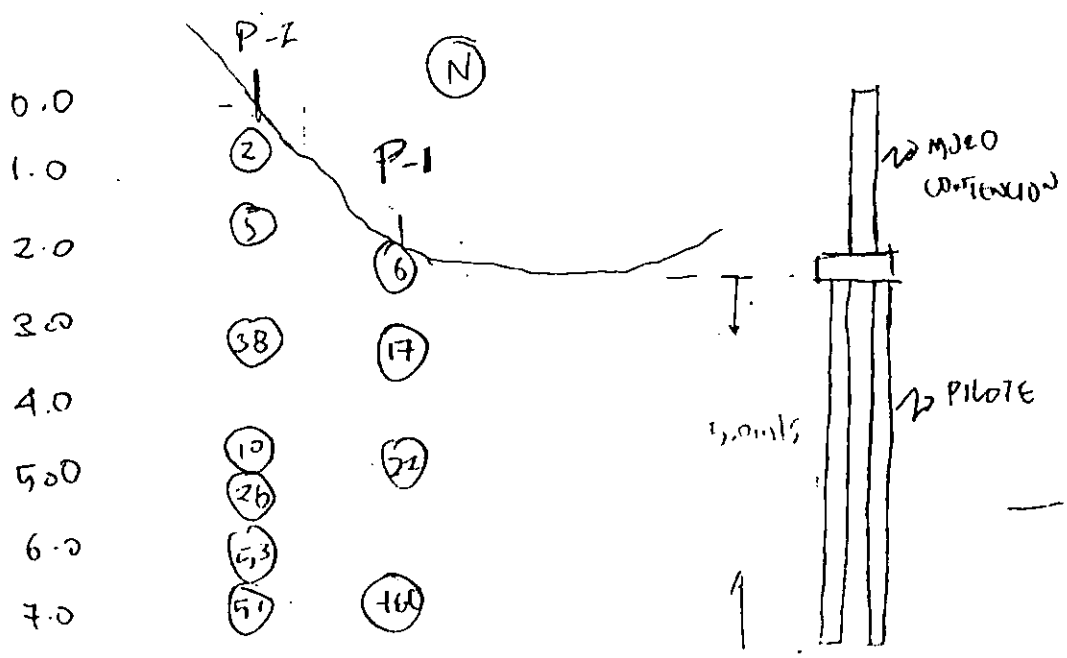
1) • CIMIENTO ZAPATA CORRIDA

PROF CIMENTACION - 1.7 mts BAJO EL FONDO DEL RIO Y 0.7 mts BAJO EL NIVEL DE SOCAVACION

$N = 13$ $Df/B = 1.0$ $p_{max} = 2.5m$ CIMIENTO CORRIDO

$\Rightarrow$ USE $q_{adm} = 6.3 kg/cm^2$

2) • PILOTES INCADOS:



fap ton/m^2	qap ton/m^2
0	—
4.5	100

CAPACIDAD DE CARGA VERTICAL

$Q_T = Q_F + Q_p - W$

- PILOTE $L = 5\,mts$ $LADO = 0.3\,mts$

$Q_p = q_{ap} \times A_p = 100 \times 0.12 = 12\,ton$

$Q_F = \bar{fap}_{estrato} \times A_f$ $\quad \bar{fap} = (4.5+0)/2 = 2.25$

$Q_F = 5.4\,ton/m^2$ $\quad A_f = 2 \times 0.3 \times 4 = 2.4\,m^2$

$W = A_p \times L \times \gamma_c = 1.08\,ton$ ↳ peso concreto

$Q_{TOTAL} = 12.3\,ton$

- PILOTE $L = 5\,mts$ $LADO = 0.35\,mts$

$Q_p = q_{ap} \times A_p = 100 \times 0.09 = 9\,ton$

$Q_F = \bar{fap}_{estrato} \times A_f = 6.3\,ton$ $\quad A_f = 2 \times 0.35 \times 4 = 2.8\,m^2$

$W = A_p \times L \times \gamma_c = 1.44\,ton$

$Q_{TOTAL} = 17.0\,ton$

CAPACIDAD CARGA LATERAL

- PILOTE $L = 5.0\,mts$ $LADO = 0.3$, $L/d = 5/0.3 = 16.6$, CABEZA RESTRINGIDO, $\phi = 34°$

$H_{adm} = \frac{.55 \cdot K_p \, d^3 \gamma_{suelo}}{F_s} = \frac{55 \times 3.54 \times 0.3^3 \times 1.8}{3}$ $\quad \gamma_{suelo} = 1.8$ $\quad K_p = \frac{1+\text{sen}\phi}{1-\text{sen}\phi} = 3.54$

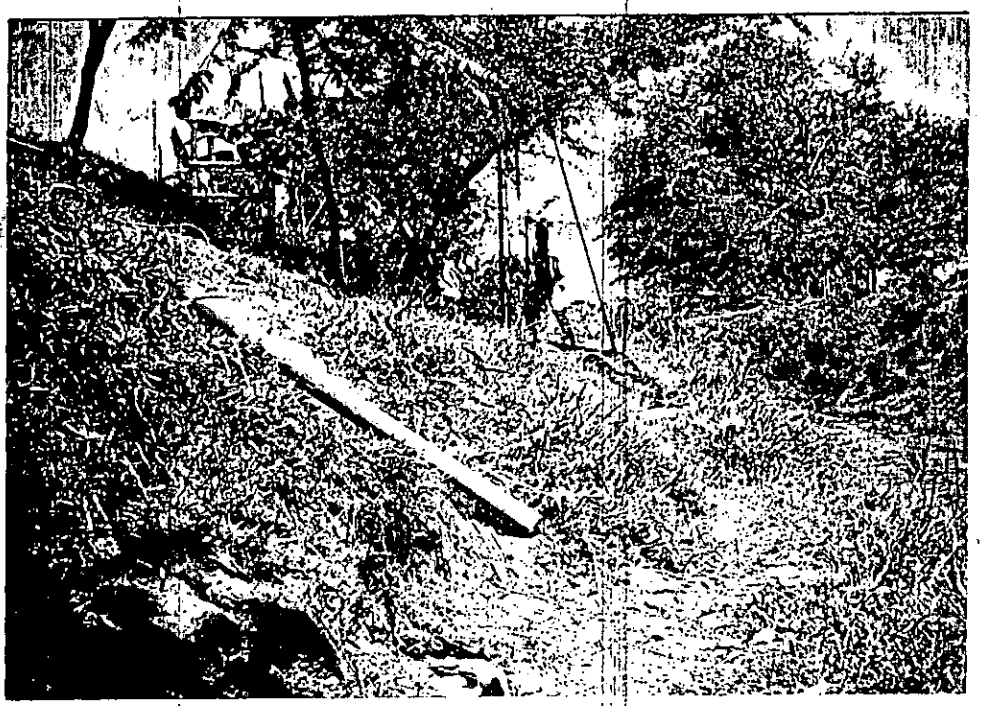
$H_{adm} = 3.14\,ton$

- PILOTE $L = 5.0\,m$, $d = 0.35$ $\quad L/d = 5.7$, CABEZA RESTRIN, $\phi = 34°$, $\gamma = 1.8 \frac{ton}{m^3}$

$H_{adm} = \frac{40 \, K_p \, d^3 \gamma_{suelo}}{F_s} = \frac{40 \times 3.54 \times 0.35^3 \times 1.8}{3} = 3.64\,ton$

ANEXO 4

REGISTRO FOTOGRAFICO



FOTOS 1 Y 2

Personal de **GRUPO SUELOS LTDA,** en sitios de perforación P-1 y P-2 del río Lili. Se observa el grado de deterioro de las estructuras existentes.

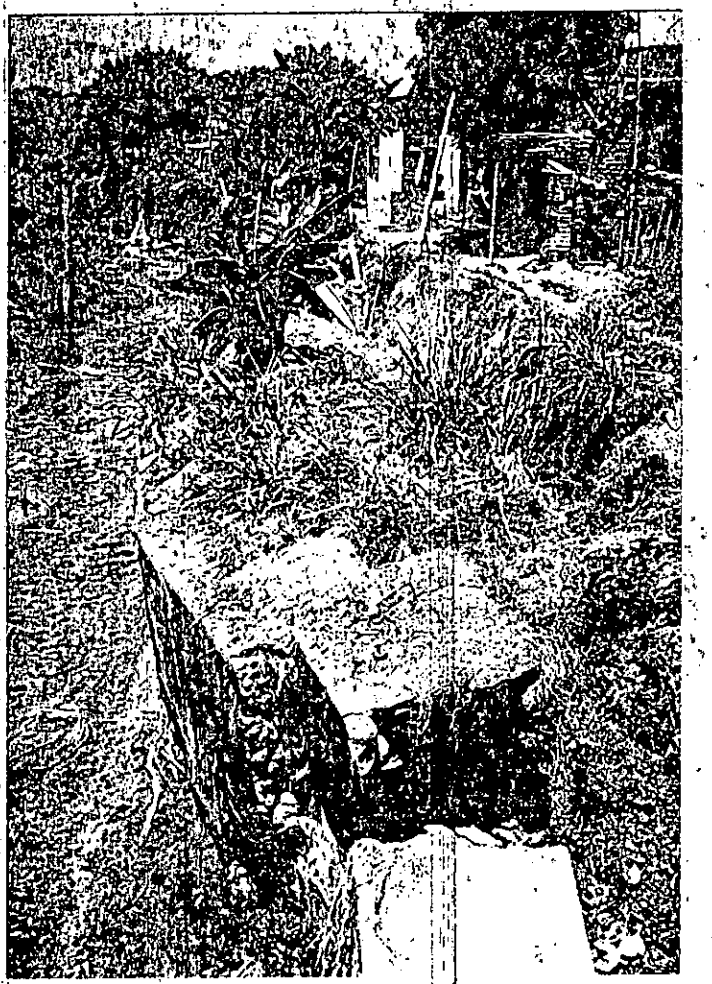
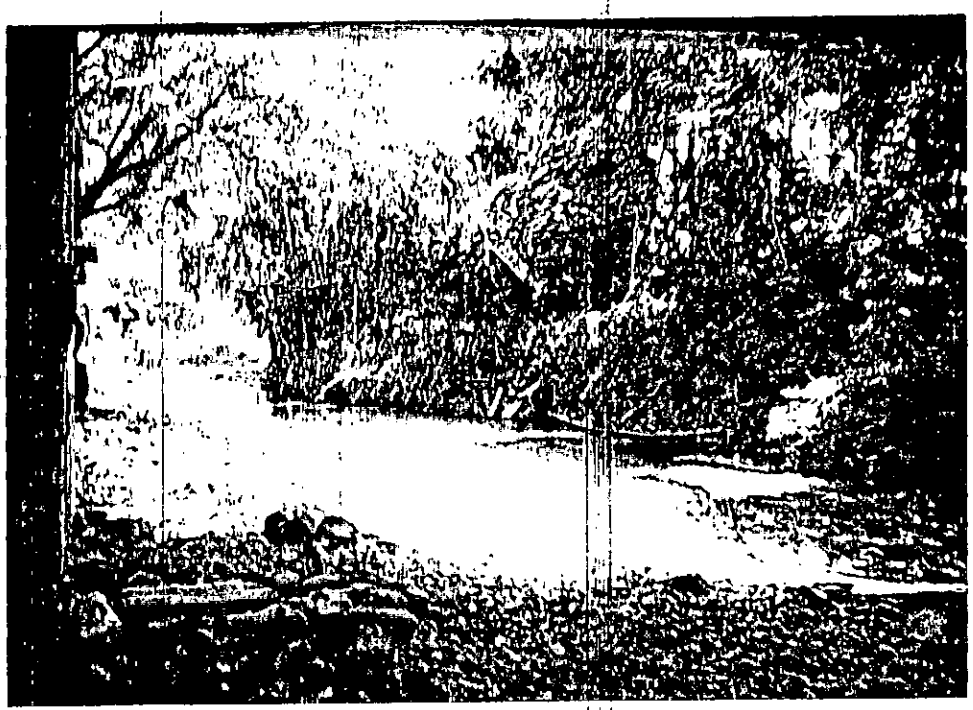


FOTO 3

Vista general de la margen izquierda del río Lili, se observa como el muro de contención existente ha fallado colocando en peligro las edificaciones aledañas.



FOTOS 4 Y 5

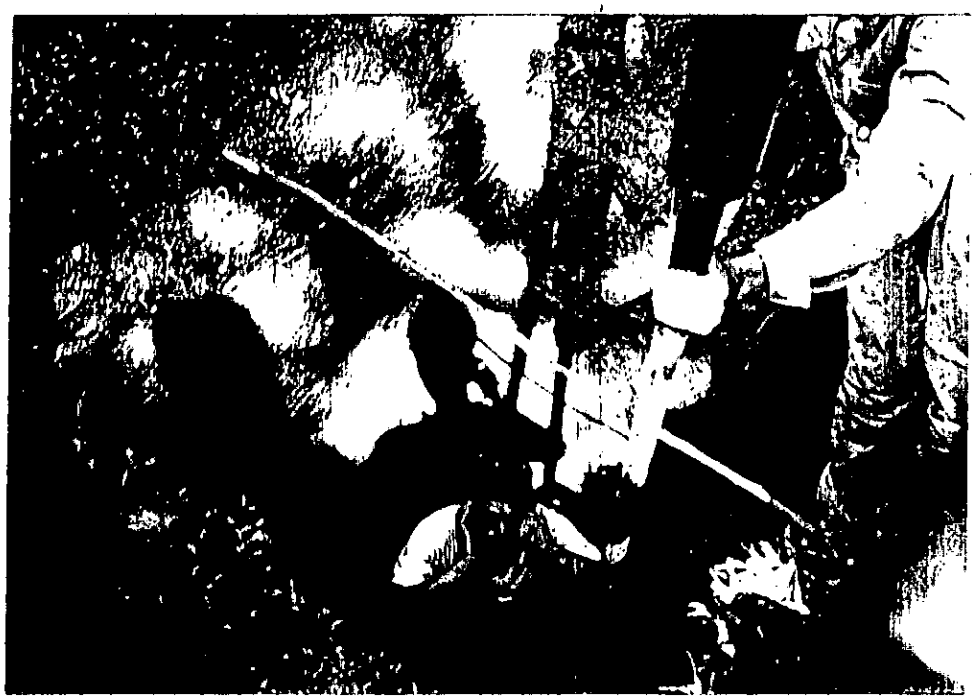
Vista general del río Meléndez en el sector del barrio la Playa. Se observa la cercanía de las edificaciones al borde del río y el mal estado de sus estructuras de protección.

FOTO 6

Personal de **GRUPO SUELOS LTDA,** en el sitio de perforación P-3 (río Meléndez).

FOTOS 7 Y 8

Vista de la curva en el río Meléndez cercano a multicentro. Se aprecia como los taludes se encuentran verticales debido a la erosión y lo deteriorado que se encuentra la estructura de protección existente.



FOTOS 9 Y 10

Personal de **GRUPO SUELOS LTDA,** en el sitio del Apique P-2.

FOTOS 10 Y 11

Se observa el Apique 1.