

PN-1113-076

38671

Control de la erosion y escurrimiento
de las laderas del Pichincha

QUEBRADA YACUPUGRU

INFORME FINAL

U.S. Agency For International Development

Contract No. 518-0046-C-00-5002-00

**Cohidro Consultores Cia. Ltda.
Camp Dresser & McKee International Inc.**

CDM

environmental engineers, scientists,
planners, & management consultants

CAMP DRESSER & MCKEE INC.

Post Office Box 9626
2001 Northwest 62nd Street
Fort Lauderdale, Florida 33310
305 776-1731

Quito, Marzo 28, 1985

Ing. Gregory J. Goewey
Jefe de Proyecto
Oficina de Ingeniería
U.S. Agencia de Desarrollo Internacional
Embajada Americana - Quito
APO. Miami 34039

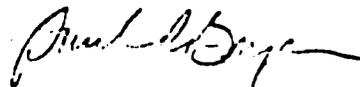
Protección para las laderas
del Pichincha
Finalización del Proyecto
Contrato No. 518-0046-c

Estimado señor Goewey:

Con agrado informamos que CDM ha completado todos los trabajos considerados en el contrato que fue firmado con AID antes de la fecha establecida en dicho documento, de 31 de Marzo de 1985. Hemos aunado esfuerzos a fin de coordinar todo el trabajo requerido con las diversas agencias nacionales, que de alguna manera están relacionadas o tienen interés en éste importante proyecto para la ciudad de Quito. Actualmente estamos elaborando el Informe Final, el mismo que esperamos enviarle la próxima semana a la Oficina de la Agencia de Desarrollo Internacional.

Agradecemos por la ayuda brindada no sólo por la misión de AID en Quito, sino por la Empresa Municipal de Alcantarillado y todos los organismos locales. Estamos dispuestos a satisfacer cualquier aspecto relacionado con éste trabajo, cuando estime conveniente.

Atentamente,



Ing. Paul C. Dreyer

cc. Eco. Marcelo Herdoiza, BEDE
Ing. Luis A. Campuzano R., EMA
Ing. Hugo Cevallos, IMQ
Ing. Mario Avila, OCHIDRO



Control de la Erosión y Escurrimiento de las Laderas del Pichincha

QUEBRADA YACUPUGRU

TABLA DE CONTENIDO

- I. INTRODUCCION
 - a. Propósito del estudio
 - b. Alcance del trabajo

- II. AREA DEL ESTUDIO
 - a. Descripción de la zona del Pichincha
 - b. Breve descripción de los problemas de los aluviones
 - c. Sistema de drenaje existente
 - d. Mejoras al sistema de drenaje de la Quebrada Yacupugru

- III. GEOLOGIA
 - a. Geología regional
 - b. Geología de superficie de la Quebrada Yacupugru
 - c. Riesgos geológicos de la Quebrada Yacupugru
 - d. Flujos de barro potenciales

- IV. VEGETACION Y USO DEL TERRENO
 - a. Condiciones actuales y estudios de preservación
 - b. Usos del suelo, vegetación y procesos de erosión
 - c. Vegetación natural potencial

- V. HIDROLOGIA
 - a. Condiciones climáticas generales
 - b. Datos de lluvia y aforo
 - c. Metodología para el cálculo de la escorrentía

TABLA DE CONTENIDO
(continuación)

- VI. MEDIDAS DE MITIGACION PARA LA QUEBRADA YACUPUGRU
 - a. Objetivos y control del uso del terreno
 - b. Control de los peligros de deslizamientos
 - c. Alternativas para el control de flujos
 - d. Efectos en la Quebrada Runachanga

- VII. PLAN RECOMENDADO DE MITIGACION PARA LA QUEBRADA YACUPUGRU
 - a. Descripción del Plan de Mitigación
 - b. Instalaciones propuestas
 - b. Estimados de costos

- VIII. APENDICE
 - a. Bibliografía
 - b. Datos de las quebradas del Pichincha
 - c. Plantas del Pichincha y de la Quebrada Yacupugru
 - d. Información hidrológica e hidráulica
 - e. Lista de funcionarios entrevistados
 - f. Fotos de la Quebrada Yacupugru

Control de la Erosión y Escurrimiento de las Laderas del Pichincha

QUEBRADA YACUPUGRU

LISTA DE FIGURAS

<u>NO.</u>	<u>TITULO</u>
1	Aerofotografía de Quito 1963
2	Aerofotografía de Quito 1982
3	Areas de drenaje del Pichincha
4	Mapa fotográfico con el actual uso del terreno
5	Ubicación de azudes en la Quebrada Yacupugru
6	Secciones típicas de azudes
7	Mapa geológico de la superficie de la Quebrada Yacupugru
8	Mapa de riesgos geológicos de la Quebrada Yacupugru
9	Tipos de deslizamientos
10	Mapa fotográfico con el uso de vegetación
11	Isoyetas para el promedio anual de lluvias
12	Isoyetas para la tempestad del 30 de abril de 1983
13	Hidrogramas estimados
14	Esquema de crecidas de inundaciones
15	Mapa topográfico con la ubicación de obras potenciales
16	Esquema de obras propuestas/control de arrastre de sólidos
17	Esquema de obra propuesta/disipación de energía

LISTA DE CUADROS

<u>NO.</u>	<u>TITULO</u>
1	Número de curva de escurrimiento de unidad de vegetación
2	Caudales máximos estimados
3	Datos de las estructuras de control bajo consideración
4	Costos estimados del Plan de Mitigación

Control de la erosion y escurrimiento
de las laderas del Pichincha

QUEBRADA YACUPUGRU

I INTRODUCCION



Cohidro Consultores Cia. Ltda.
Camp Dresser & McKee International Inc.

CAPITULO I

INTRODUCCION

a. Propósito del estudio

Quito, la capital de Ecuador, se encuentra en el valle interandino a 2800 metros sobre el nivel del mar. El hecho de estar ubicada en las faldas del Volcán Pichincha ha presentado ciertos riesgos a la ciudad, los mismos que se han agravado por el creciente desarrollo del área urbana de la ciudad.

En las últimas dos décadas, la ciudad de Quito ha sufrido con más frecuencia los graves daños ocasionados por los aluviones que se han formado en las laderas orientales del Pichincha. Este fenómeno se origina por las lluvias intensas de invierno que se producen en ciertas áreas localizadas. Algunos derrumbes ocasionales acumulan material en esas áreas los mismos que son acarreados a la ciudad. La capacidad de los colectores que atraviezan la ciudad generalmente no es suficiente para conducir las aguas lluvias de las quebradas. Los riesgos potenciales que amenazan a la ciudad a lo largo de las faldas del Pichincha es de tal magnitud y extensión que el Gobierno Nacional declaró estado de emergencia en 1983.

El propósito fundamental de estos estudios preliminares es conocer los problemas presentes en las laderas orientales del Pichincha, a través de estudios hidráulicos, hidrológicos y geológicos de la Quebrada Yacupugru.

Estos estudios fueron contratados por la U.S. Agency for International Development (AID) a través de un préstamo no reembolsable (No. 518-0046-C-00-5002-00) al gobierno del Ecuador y al Banco de Desarrollo del Ecuador, S.A. (BEDE). La asistencia principal durante este estudio fue por medio de los representantes de la Ilustre Municipalidad de Quito (IMQ), y la Empresa Municipal de Alcantarillado (EMA). También se consultó y contrató a otras agencias locales durante el período de este estudio y se incluye una lista parcial en el Apéndice e de las personas que cooperaron en el proceso de estos estudios.

La Camp Dresser & McKee Inc. (CDM) firma consultora de Boston, Mass., USA., tiene la responsabilidad principal en este proyecto. La firma COHIDRO consultores Cía Ltda., de Quito, Ecuador colaboró con apoyo de consultores nacionales. La firma Haley & Aldrich Inc. de Cambridge, Mass; USA, brindó su ayuda en la parte geológica y geotécnica.

b. Alcance del trabajo

En 1977, CDM presentó a la Empresa Municipal de Desarrollo Urbano un Plan Maestro para el Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado para el Area Metropolitana de Quito. En ese trabajo se incluyó un estudio preliminar de las quebradas de las laderas orientales del Pichincha.

El alcance del trabajo para este proyecto fue definido en base a conversaciones con AID, y varios organismos de la ciudad. El propósito de este proyecto como se dejó anotado es realizar estudios hidráulicos, hidrológicos y geológicos de la Quebrada Yacupugru para

determinar las posibles soluciones que permitan controlar la erosión y flujos de barros en la quebrada. Esta quebrada fué elegida por EMA para este estudio debido principalmente a que en ella se ha realizado y se están realizando importantes obras para el control de la escorrentía, y además porque esta quebrada provoco uno de los últimos aluviones (30 de abril de 1983) que produjo grandes daños en la ciudad. A pesar de que las quebradas en las laderas orientales del Pichíncha parecen tener características diferentes, este estudio servirá como base para la realización de estudios futuros de otras quebradas.

Aunque este estudio se circunscribe a analizar la Quebrada Yacupugru, se advierte que no se debe descartar el planteamiento de soluciones integradas que incluyan todas las existentes en la vertiente oriental, ó bien en pequeños grupos de quebradas similares que permitan soluciones comunes. Sin embargo, para cualquier solución que se pretenda implementar es necesario conocer el comportamiento de todas y cada una de las quebradas, poniendo énfasis en aquellas que implican mayor peligro bien sea por sus áreas de drenaje o sus características geológicas e hidráulicas. De hecho EMA tiene planteado soluciones que agrupan varias quebradas.

Las actividades incluidas en este alcance de trabajo para la Quebrada Yacupugru son:

1. Análisis e interpretación de las aerofotografías para determinar el uso del terreno, el tipo de vegetación, características generales geológicas y límites de la ciudad.

2. Revisión de datos y materiales para evaluar la información histórica y estudios del terreno, clasificación de suelos y patrones de drenaje.
3. Investigaciones superficiales en el sitio para identificar inestabilidades geológicas, y determinar sus causas.
4. Análisis de la información recopilada a fin de evaluar las características hidrológicas y geotécnicas y determinar la erosión del suelo y la escorrentía potencial.
5. Desarrollo de alternativas para el control de escorrentía, erosión y deslizamiento, así como recomendaciones generales para implementar medidas preventivas de control.
6. Elaboración de un informe preliminar de las alternativas y principales recomendaciones.
7. Elaboración de un informe final de toda la información agronómica, hidrológica y geológica con conclusiones y recomendaciones para la implementación de medidas preventivas.

Control de la erosion y escurrimiento
de las laderas del Pichincha

QUEBRADA YACUPUGRU

II AREA DEL ESTUDIO



Cohidro Consultores Cia. Ltda.
Camp Dresser & McKee International Inc.

CAPITULO II

AREA DE ESTUDIO

a. Descripción de la zona del Pichincha

Más de cincuenta quebradas drenan las aguas del Pichincha a las planicies de la Carolina en la Ciudad de Quito. Muchas de esas quebradas son una permanente y creciente amenaza para la ciudad que se agrava a medida que el proceso de desarrollo urbano avanza hacia arriba de las laderas del Pichincha. La Ciudad de Quito está cada vez más interesada en que se tomen medidas para proteger las vidas y las propiedades de las personas que son afectadas por el continuo problema de erosión, escorrentía y flujos de lodo de las quebradas.

La Ciudad de Quito está ubicada al pie del Pichincha en una cuenca que drena hacia el norte por el Río Machangara que desemboca en el Río San Pedro. La ciudad además está atravesada por una serie de quebradas que drenan hacia el oeste al Río Machangara. Después de la fundación de la ciudad, el primer programa de construcción implementado en la zona central de la ciudad fué la instalación de puentes sobre las quebradas. Más tarde cuando la ciudad creció hacia el norte, otras quebradas fueron encajonadas para conducir las aguas lluvias del Pichincha al Río Machangara.

El Pichincha es un volcán cuyo último registro de erupción del Guagua Pichincha fué en 1881. Por lo tanto la mayoría de las áreas a su alrededor son cubiertas por un depósito grueso de ceniza volcánica y tuff, conocido como Cangagua. Este material es relativamente

impermeable debido a la estratificación y a lo empinado de las laderas del Pichincha. Una vez que se alcanza los depósitos lacustre de las planicies de la Carolina, muchas de esas quebradas desaparecen en los depósitos de arena. La Quebrada Rumipamba, que es la más grande al lado oriental del Pichincha, ha fallado según la historia geológica lo que prueba el gran cono aluvial en la base, este fenómeno puede repetirse. Las quebradas restantes pueden caracterizarse por cursos estrechos de corrientes con laderas altas y paredes casi verticales.

Se pueden comparar las aerofotografías de las faldas del Pichincha tomadas en junio de 1963 y agosto de 1982, que se presentan en las Figuras No. 1 y 2. En estas se evidencia un rápido crecimiento de la ciudad hacia las faldas del Pichincha y además se observa un explotación indiscriminada de las canteras. Desde que se tomaron esas fotografías, el crecimiento ha continuado aumentando el deterioro de estas áreas con grave peligro para la ciudad. Se espera que futuras lluvias fuertes contribuyan a la remoción de una cantidad considerable de material que será arrastrado hacia la ciudad, y si no causa serios daños, por lo menos creará problemas adicionales de mantenimiento a los sistemas de alcantarillado de la ciudad.

Generalmente se piensa que la erosión de los costados de las quebradas cerca de sus lechos provocan desmoronamientos de los lados y el consiguiente bloqueo de sus cuencas. Este fenómeno sumado a una fuerte lluvia provocaría un embalsamiento atrás de este bloqueo que eventualmente puede descargarse causando una inundación aguas abajo. Debido a que las causas de los aluviones no están bien determinadas y a la falta de información con relación a las lluvias, se llevaron a cabo estudios geológicos e hidrológicos de la Quebrada Yacupugru para



Camp Dresser & McKee Inc.
Cochibo Consultores Cia Ltda.

Aerofotografia de Quito 1963

FIGURA 1
Marzo 1986

Best Available Document

14

15

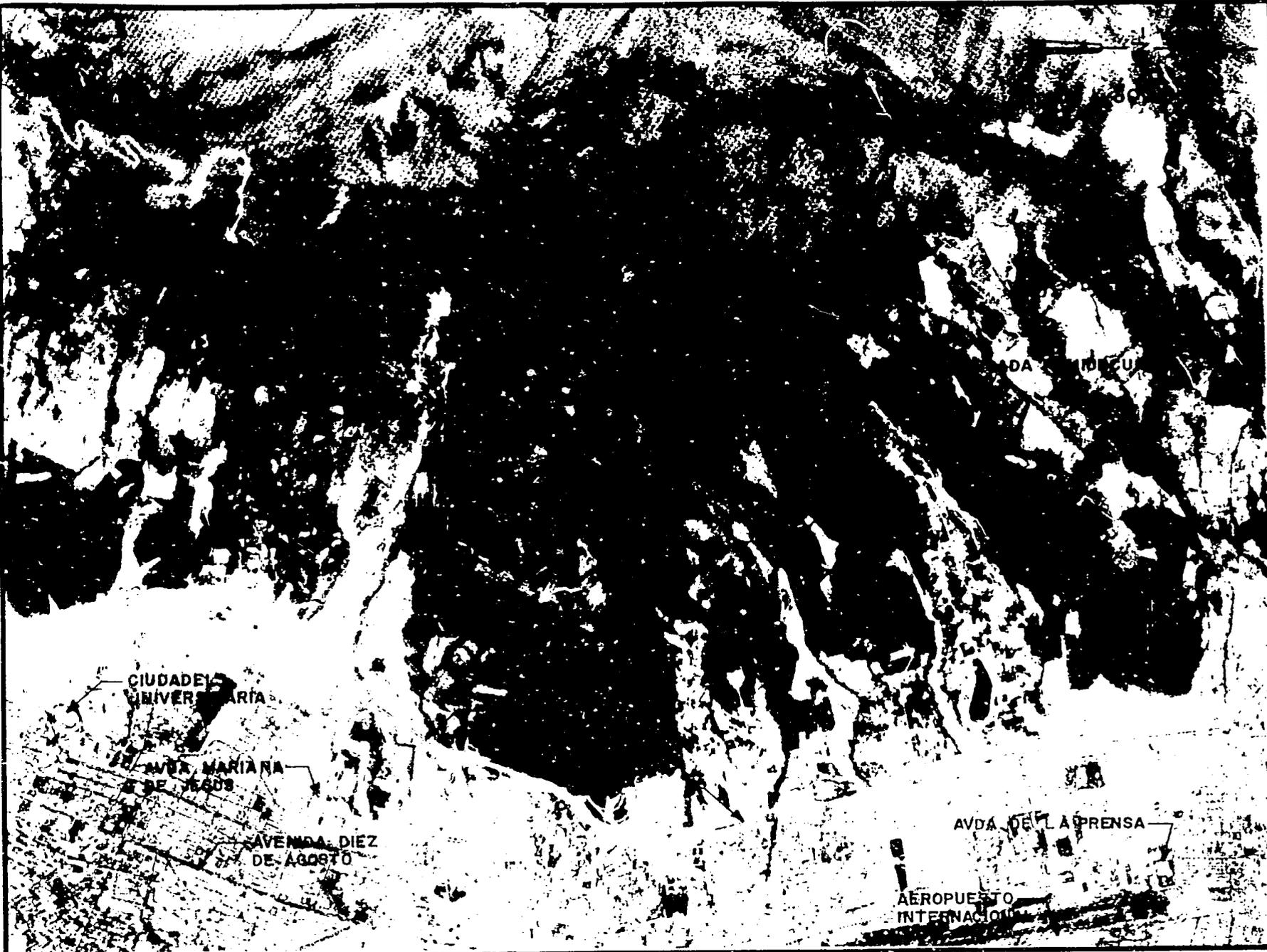


FIGURA 2
 Marzo 1985

Aerofotografía de Quito 1982

Camp Dresser & McKee Inc.
 Confito Consultores Cia Ltda.

Area Avulada Inconstruida

evaluar los peligros potenciales y recomendar medidas para la protección de la Ciudad. Una recomendación general que se plantea es la necesidad urgente de establecer un límite estricto para el futuro desarrollo urbano en las laderas del Pichincha.

Las cuencas de las quebradas ubicadas en la parte oriental del Pichincha fueron limitadas como se indica en la Figura No. 3. Las quebradas se enumeraron de norte a sur junto con las primeras diez quebradas que drenan a la Quebrada El Colegio ó Río Pusuquí, que son tributarios del Río Monjas. El resto de las quebradas que se indican drenan a la planicie de la Carolina y descargan hacia la Quebrada Batán Grande y hacia el Río Machangara.

Los nombres de las quebradas han cambiado a través de los años, y de hecho, los diversos mapas indican diferentes nombres para las mismas quebradas. Se hizo una comparación de nombres que se indican en el Cuadro No. 1 en el Apéndice b. En el Plan Maestro elaborado en 1977, CDM indicó las características físicas de las quebradas del Pichincha. Se incluye un resumen en el Cuadro No. 2 en el Apéndice b.

La vegetación natural, los cultivos y las especies forestales importadas proveen recursos agrícolas, recreativos y de esparcimiento y favorecen la protección básica de suelos y la estabilidad de los taludes en la ladera oriental del Pichincha. La composición de especies, la estructura física y los cambios o dinámica de la vegetación ejercen influencia en el uso de la tierra, y a su vez, influyen en la calidad y la cantidad del escurrimiento de agua en las cuencas de las quebradas y en el proceso y tasa de erosión. Las soluciones para los problemas existentes en el manejo de las aguas superficiales y de los flujos de barro en las quebradas del Pichincha,

y la definición de los problemas futuros, por lo tanto, dependen parcialmente de la relación entre el uso de la tierra y las características de la vegetación.

En términos generales, para la ladera oriental del Pichincha y particularmente para la Quebrada Yacupugru, este informe presenta el uso más reciente de vegetación y los cambios en el uso de la tierra. En la Figura 4 se presenta un mosaico fotográfico con el actual uso del terreno en la Quebrada Yacupugru. Se puede observar en las aerofotografías las condiciones existentes, los trabajos actuales de preservación, el uso potencial de la tierra y los factores de la vegetación que pueden producirse en el futuro. Se describen los mecanismos a través de los cuales la vegetación influye en el escurrimiento de aguas y erosión, y los consiguientes resultados de los sistemas empleados en el manejo de la tierra con relación al problema de protección de las laderas. Los incendios periódicos y las recientes plantaciones de eucalipto afectan a las partes mediana y superior de la Quebrada Yacupugru. En el Capítulo IV se describe la potencial vegetación natural, o la vegetación que puede desarrollarse en ausencia de dichas influencias.

b. Descripción de los problemas de los aluviones

En los años anteriores se han evidenciado un sin número de problemas en las quebradas del Pichincha. Uno de los fenómenos más grandes de los años recientes fué el desastroso aluvión que ocurrió en la Quebrada Pambachupa el 26 de febrero de 1975. Un volumen de material que se estimó en más de 50000 m³, compuesto de agua, lodo y

- 1 Tierra de Pasto
- 2 Ambiente Silvestre
- 3 Plantacion de Eucaliptos
- 4 Terrenos Semidesarrollados
- 5 Canteras, Diversion



M

pedras (hasta de un volumen de 12 m³), bajó por la quebrada y por las calles en los barrios de La Gasca y Pambachupa. Este flujo de material se extendió cerca de tres kilómetros con un ancho máximo de aproximadamente 300 metros, y alcanzó hasta la esquina de las calles Colón y Pinzón. Fotos publicadas en el Diario El Comercio estan incluidas en el Apéndice f. Estudios que se realizaron en la zona después del desastre indicaron que por el lecho de la quebrada bajó un flujo de aproximadamente siete metros de altura. Esta crecida de acuerdo a las marcas y rastros que se encontraron en las paredes de la quebrada, se estimó que se presentó con un flujo máximo de aproximadamente 130 m³/s.

Varios aluviones ocurrieron alrededor de la Quebrada Yacupugru en 1983. El 4 de enero de 1983 ocurrió un aluvión que, según cálculos, estaba centrado en la Quebrada Rumiurcu, ubicada al norte de la Quebrada Yacupugru. Las áreas más afectadas por este aluvión fueron los barrios de San Carlos, El Condado y Paracuyacu. Tres personas murieron a consecuencia de este aluvión. Se reportaron otros desbordes de la quebrada que alcanzaron hasta cuatro metros de altura. El 30 de abril de 1983, ocurrió otro aluvión en esta área. Lluvias fuertes causaron inundaciones en los barrios de la Florida, San Carlos y San Pedro Claver. Se bloqueó la Avenida Occidental entre los barrios el Pinar Alto y San Carlos por las aguas y lodos. Se inundó parte de la pista del Aeropuerto Internacional y por seguridad se suspendieron vuelos por un período de cuatro horas.

Para la Quebrada Yacupugru, no existe información disponible específica de los aluviones que han ocurrido ó el volumen de material depositado como resultado de las recientes tempestades. EMA reportó

que varias piedras grandes de cerca de dos metros en diámetro fueron acarreadas por un aluvión hasta cerca de la Avenida Occidental y causaron graves daños a los azudes de la quebrada. El paso a desnivel cerca del aeropuerto también se inundó y se informó que alrededor de 3000 m³ de sedimentos se removieron del sitio después del aluvión.

Aguas arriba de la Avenida Occidental, la Quebrada Yacupugru fluye en un lecho bien definido, con una profundidad que fluctua entre 2 y 10 metros en tramos cercanos a la Avenida Occidental, y adquiriendo una profundidad de hasta 30 metros en tramos ubicados sobre la cota 3000 metros. El lecho en esta área, por lo tanto, tiene suficiente capacidad para conducir casi todos los caudales y flujos de barros sin sobrepasar los bordes de la quebrada. Así las casas y estructuras que se encuentran mas arriba de la Avenida Occidental probablemente no corren peligro con las inundaciones a no ser que esten ubicadas muy cerca de la quebrada y un derrumbe repentino del borde de la quebrada le afecte.

Bajo la Avenida Occidental, el lecho de la quebrada ha sido reemplazado por un colector subterráneo, a fin de que los caudales y los flujos de barro no tengan una trayectoria bien definida. Así el mayor impacto de los flujos de barro e inundaciones se ocasionaría en el área abajo de la Avenida Occidental. Por el efecto de las construcciones en esta área, los flujos tienden a extenderse, particularmente a lo largo de la Avenida Occidental. Debido a que la pendiente de la Avenida es mucho menor que la de la misma quebrada, la mayoría del material más grande acarreado se asentará en esta área. El agua y el material más fino suspendido sería acarreado más allá pendiente abajo hacia el oriente, principalmente a lo largo de las

calles existentes. El agua de la inundación y el resto de sedimentos, tenderán a acumularse en el área relativamente plana, cerca del aeropuerto.

c. Sistema de drenaje existente

Las aguas lluvias de las laderas orientales del Pichincha fluyen hacia el oriente y hacia el Río Machangara en las partes centrales y sur de Quito ó hacia el río Monjas en la parte norte de Quito. Un sistema de colectores lleva los drenajes naturales del área, el escurrimiento y el desague desde la ciudad hasta los ríos. Conforme Quito crecía, las quebradas que atravezaban la ciudad fueron gradualmente rellenadas y los caudales de drenaje conducidos a través de un sistema de colectores que también sirven para las aguas servidas de la ciudad. La responsabilidad de la construcción y el mantenimiento de estos colectores es de la Empresa Municipal de Alcantarillado (EMA).

El problema del sistema de colectores es que su capacidad es generalmente pequeña cuando se compara con el volumen de aguas lluvias que puede presentarse durante las tempestades fuertes en las laderas del Pichincha. En algunas áreas, especialmente a lo largo de la Avenida Occidental, la entrada de los colectores está ubicado como a 40 metros bajo la parte superior del relleno, así el flujo en exceso puede acumularse a la entrada de los colectores hasta que las lluvias fuertes cesen. En otros colectores, existe poca capacidad de almacenamiento disponible a la entrada, de tal manero que cuando se presnta un flujo alto de agua se desborda y causa daños.

Como los colectores son relativamente pequeños, están propensos a bloquearse especialmente a la entrada con piedras grandes, ramas y una gran cantidad de sedimentos que son arrastrados por el fondo de la quebrada. Adicionalmente, en áreas donde se encuentran barrios ubicados cerca de las quebradas se botan desperdicios sólidos, lo cual también contribuye a bloquear las entradas de los colectores. En algunos casos raros, se ha usado dinamita para limpiar las entradas durante una tempestad fuerte. En todo caso, es un problema grave para EMA mantener las entradas de los colectores totalmente limpias, especialmente en la temporada de invierno. Recientemente EMA ha modificado la entrada de algunos de los colectores con una torre de captación con bocatomas a diferente niveles, a fin de que si se bloquea la entrada normal del colector el agua pueda entrar en una ventana a una altura mas elevada.

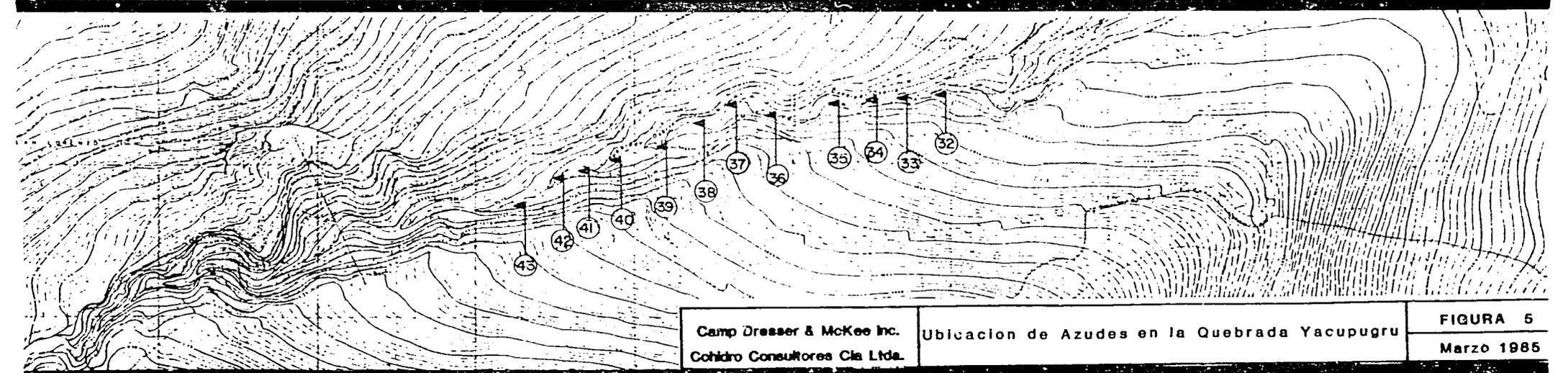
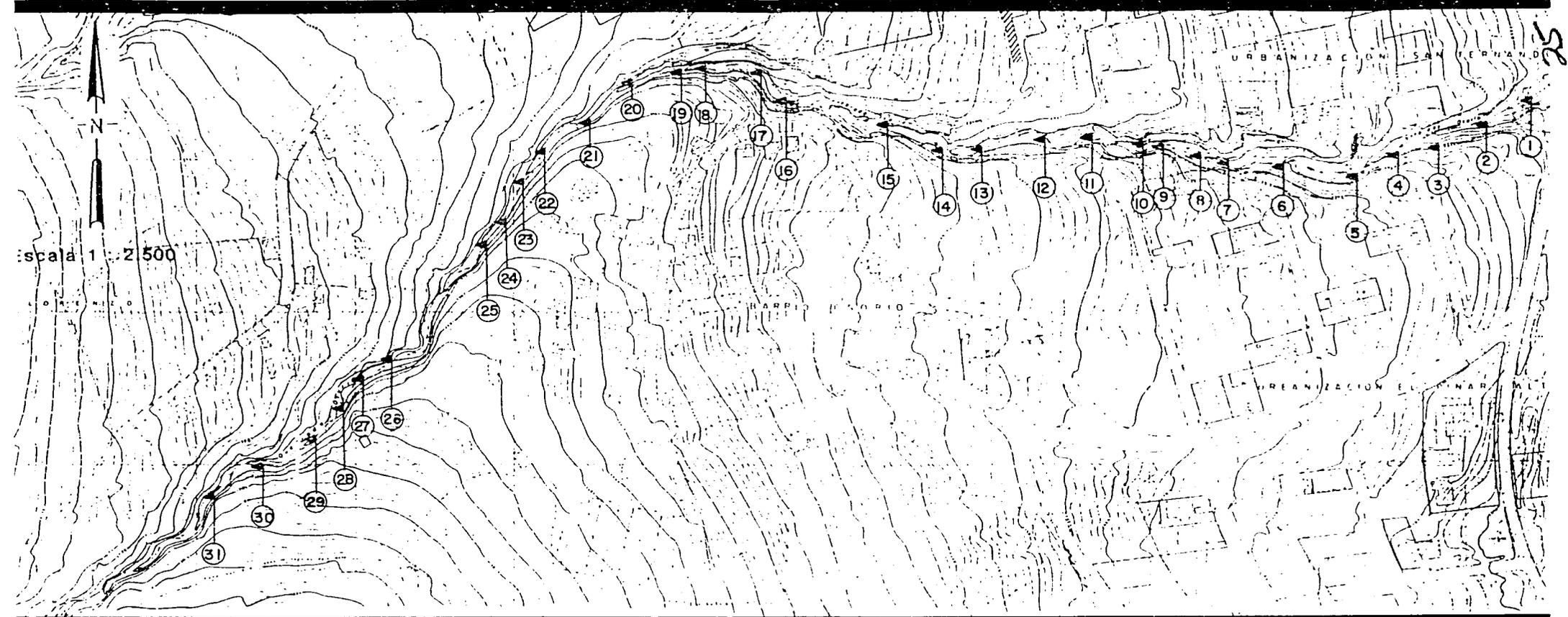
EMA además ha construído azudes en varias de las quebradas para controlar la erosión ascendente del fondo de la quebrada y disminuir la velocidad del flujo. EMA ha planeado la ejecución de esos azudes para mantener una pendiente logitudinal del lecho de aproximadamente dos por ciento comparado con la pendiente natural de 25 por ciento ó mas. Muchos de los azudes tienen descargas de fondo, lo que permite el escurrimiento de aguas en la parte posterior del azud durante períodos de estiaje. Cuando las salidas funcionan apropiadamente, los azudes sirven para reducir los flujos máximos almacenando temporalmente el agua contribuyendo también a reducir los efectos producidos por el flujo de lodos. Sin embargo, por la fuerte pendiente longitudinal de las quebradas, estos azudes tienen una capacidad limitada de almacenamiento y su efecto en crecidas mayores y

flujos de barro es probablemente pequeño. En los azudes mas viejos las descargas de fondo están totalmente bloqueadas y los sedimentos se han acumulado hasta el tope del vertedero. Estos azudes, donde se acumulan sedimentos, ayudan muy poco a reducir los flujos de barro y crecidas, pero producen una disminución de la pendiente longitudinal del lecho que retardará las velocidades del flujo arriba del azud.

En la Quebrada Yacupugru EMA ha instalado un total de 43 azudes que han sido construídos durante un período de varios años. En la Figura No. 5 se presenta un mapa topográfico de la cuenca baja de la quebrada con la ubicación de estos azudes. En el Cuadro 3 del Apéndice b se detalla la información de todos los azudes de la Quebrada Yacupugru, obtenida de las investigaciones de campo en el proceso de estos estudios. Se estima que existe un total disponible de almacenamiento de menos de 5000 m³. La Figura No. 6 indica secciones típicas de algunos azudes de la Quebrada Yacupugru que son gaviones ó hormigón ciclopeo. Todos esta ubicados bajo la cota 3080 debido quizás a razones de orden técnico relacionadas con instalaciones de acceso para la construcción y las labores de mantenimiento.

d. Mejoras al sistema de drenaje de la Quebrada Yacupugru

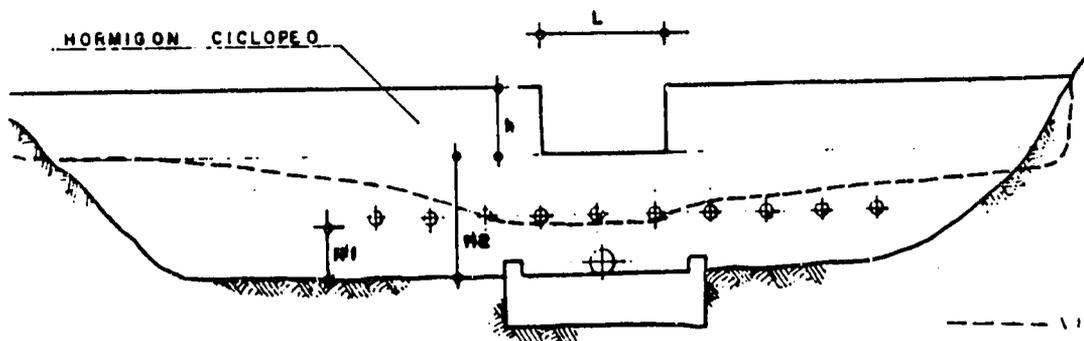
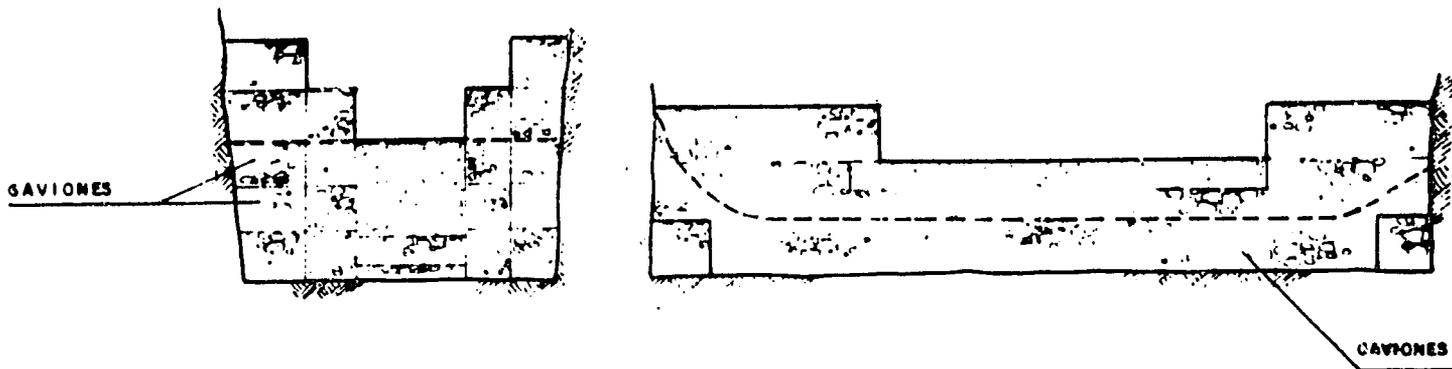
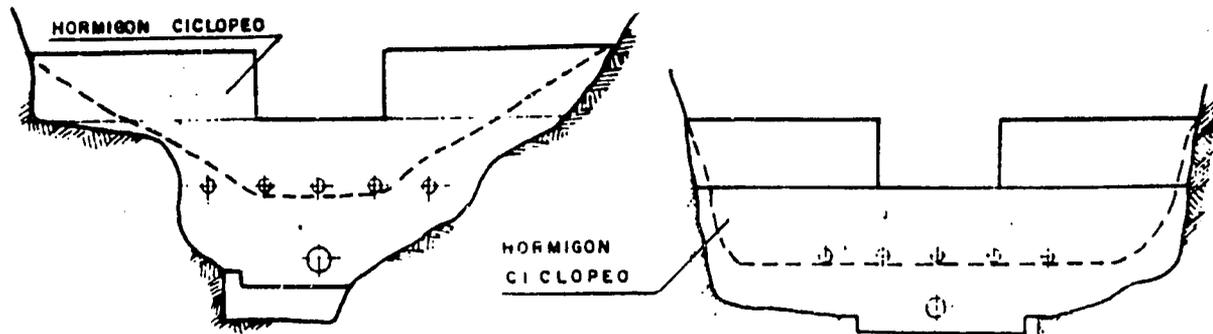
La Quebrada Yacupugru tiene actualmente y están en proceso de construcción obras para mejorar las condiciones del drenaje de la cuenca, pero alteran el flujo natural de la cuenca. La descarga de la quebrada se hizo a través de un colector que se construyó abajo de la Avenida Occidental. La dimensión de este colector es 0.9 metros de ancho y una altura de 1.3 metros con una capacidad de 3 m³/s. Se



Camp Dresser & McKee Inc.
 Cohidro Consultores Cia Ltda.

Ubicacion de Azudes en la Quebrada Yacupugru

FIGURA 5
 Marzo 1985



--- VISTA AGUAS ARRIBA
 --- LINEA DE SEDIMENTOS

Camp Dresser & McKee inc. Cohidro Consultores Cia Ltda.	Secciones típicas de azudes	FIGURA 6
		Marzo 1985

construyó un canal para conducir el flujo de la Quebrada Yacupugru a la Quebrada Runachanga debido al poco espacio de almacenamiento disponible a la entrada. Este canal además recoge las aguas lluvias y servidas de la urbanización el Pinar Alto. Se estima que la capacidad aproximada de este canal es de 2.5 m³/s. Existe otro canal que conduce las aguas lluvias de la Quebrada las Delicias y la Quebrada La Esperanza a la cuenca de la Quebrada Runachanga, utilizando el mismo canal de la Quebrada Yacupugru ya mencionado. La salida antigua de la Quebrada Yacupugru ahora se encuentra separada y las aguas lluvias circularán por esta cuenca únicamente cuando se desborden los canales antes citados.

En respuesta a los problemas de las inundaciones de 1983, EMA está construyendo un canal de desvío que conducirá las aguas lluvias de las Quebradas Las Delicias y La Esperanza, al norte de la quebrada, y de la Quebrada Yacupugru a la Quebrada unachanga al sur. Las tres quebradas tienen colectores con baja capacidad y muy poco almacenamiento a la entrada. La Quebrada Runachanga tiene un colector con mayor capacidad y dispone de mayor volumen para almacenamiento a la entrada. Otro objetivo de EMA es el de combinar la escorrentía de varias cuencas y así modificar el caudal pico proveniente de cada quebrada.

El canal de desvío programado tendrá una forma trapezoidal y será en su totalidad revestido de hormigón. De las Quebradas Las Delicias y La Esperanza y de ahí a la Quebrada Yacupugru el canal tendrá dos metros de ancho en el borde superior, 1,2 metros de ancho en el fondo, y una pendiente longitudinal de dos por ciento. Este canal conducirá aproximadamente 12.8 m³/s. En la Quebrada Yacupugru el flujo del

canal ingresará mediante una rápida, en forma de escalera para disipar la energía, con una altura total de aproximadamente 30 metros.

El canal de la Quebrada Yacupugru a la Quebrada Runachanga se iniciará con un tramo de aproximadamente 100 metros de longitud, de 4.5 metros de ancho en el borde superior, 3.5 metros de ancho en el fondo y una pendiente longitudinal de 2.5 por ciento. Este canal conducirá aproximadamente 49 m³/s a una velocidad de 8.2 m/s. Esta sección está diseñada para llevar el flujo al tanque de retención donde se almacenará el flujo máximo de las lluvias. Aun no se ha preparado un diseño para el tanque de retención, EMA ha estimado que se requiere un volumen disponible de aproximadamente 7000 m³. El canal aguas abajo del tanque de retención hacia la Quebrada Runachanga será idéntico al canal entre la Quebrada Las Delicias y la Quebrada Yacupugru, con excepción de la pendiente longitudinal que es de 2.5 por ciento. El flujo de diseño para esta sección del canal es de 7 m³/s y conducirá aproximadamente 14.3 m³/s a una velocidad de 6.0 m/s. En la Quebrada Runachanga, el flujo del canal ingresará a la quebrada por una rápida, en forma de escalera para disipar la energía, con una altura total de aproximadamente 30 metros.

El flujo de la Quebrada Runachanga ingresa al colector aguas arriba de la Avenida Occidental, donde se encuentra el colector aproximadamente 30 metros abajo el nivel de la carretera. El túnel original en esta parte tiene 0.8 metros de ancho y una altura máxima de 1.4 metros. El túnel se bloqueó parcialmente y un túnel auxiliar se construyó para drenar las aguas abajo de la Avenida Occidental. Este túnel tiene 0.9 metros de ancho y una altura máxima de 1.2 metros y se inicia en la misma entrada del túnel original. El túnel original

fué limpiado y actualmente están operando ambos túneles. La capacidad de cada túnel es de aproximadamente 5 m³/s. El colector para la Quebrada Runachanga, aguas abajo de la Avenida Occidental, tiene una capacidad aproximada de 6 m³/s.

EMA actualmente tiene programado extender el colector de la Quebrada Runachanga aproximadamente 400 metros aguas arriba de su actual entrada. Las dimensiones de este colector serían aproximadamente de un metro por 1.5 metros y conducirá un flujo de 4.6 m³/s. Por las dificultades que ha tenido EMA con la reparación de colectores que se encuentran muy profundos, esta prolongación se está diseñando para ubicarla a un lado de la quebrada existente y a un nivel superior al fondo de la misma.

Control de la erosion y escurrimiento
de las laderas del Pichincha

QUEBRADA YACUPUGRU

III GEOLOGIA



Cohidro Consultores Cia. Ltda.
Camp Dresser & McKee International Inc.

CAPITULO III

GEOLOGIA

a. Geología regional

La Ciudad de Quito se encuentra en un valle controlado tectónicamente y rellenado de material sedimentario, conocido geológicamente como Graben Interandino. Este valle está orientado en una dirección de norte a sur, y al occidente está rodeado por las laderas del Pichincha. El Pichincha es parte de una cadena de volcanos activos y no activos que forman la Cordillera Occidental. El Graben Interandino y la Cordillera Occidental están ubicados en la provincia fisiográfica del Ecuador conocida como Sierra.

La morfología de las laderas del Pichincha se originó por múltiples flujos de lava. Sobre estos flujos de lava se encuentran depósitos de suelos de materiales piroclásticos, ceniza volcánica, flujos de barro y depósitos glaciales. La acción de los hielos glaciales y las aguas lluvias han erosionado los diferentes depósitos formando las numerosas quebradas en las laderas del volcán.

Los flujos de lava se componen de andesita dura y brecha fragmentada. Estos flujos forman los interfluvios altos entre las quebradas. El till fue directamente depositado sobre la superficie de esos flujos de lava dentro de los cauces existentes. Generalmente, el till se presenta en las partes altas dentro de las quebradas.

En el pasado, en el valle de Quito al pie del Pichincha se sedimentaron depósitos de glacio-fluviales lacustres. Estos

materiales fueron depositados por corrientes de glacio-fluviales que bajaban de las quebradas. Además, se depositaron materiales piroclásticos y de flujos de barro a lo largo de las laderas bajas del Pichincha y en el valle.

La unidad de suelo de la superficie con mayor extensión lateral es la ceniza volcánica. Este depósito forma una capa continua sobre la topografía, y generalmente cubre a las demás unidades geológicas. En estos depósitos de ceniza han ocurrido muchos deslizamientos en las laderas superiores del Pichincha. Como resultado de la erosión de esta ceniza, se han producido flujos de barro que afloran y forman las actuales paredes de las quebradas.

b. Geología de superficie de la Quebrada Yacupugru

Durante el período entre el 18 de enero y 8 de febrero de 1985, se realizaron interpretaciones fotogeológicas y levantamientos geológicos en el campo en el área de drenaje de la Quebrada Yacupugru. Se tomaron datos relativos a los depósitos geológicos de la superficie en las aerofotografías infra-rojas a escala de 1:10,000. La información fue transferida a base topográfica preparada a la misma escala que las fotografías.

Como se indica en la Figura No. 7, Mapa Geológico de la Quebrada Yacupugru, los suelos de cobertura y basamente rocoso identificados en el área de drenaje, se describen tres unidades geológicas. Desde la superficie del suelo estas unidades son las siguientes: (1) Ceniza volcánica, (2) depósito coluvial, y (3) flujos de lava. Una o más

escala 1 : 10,000



Loma Pantzo

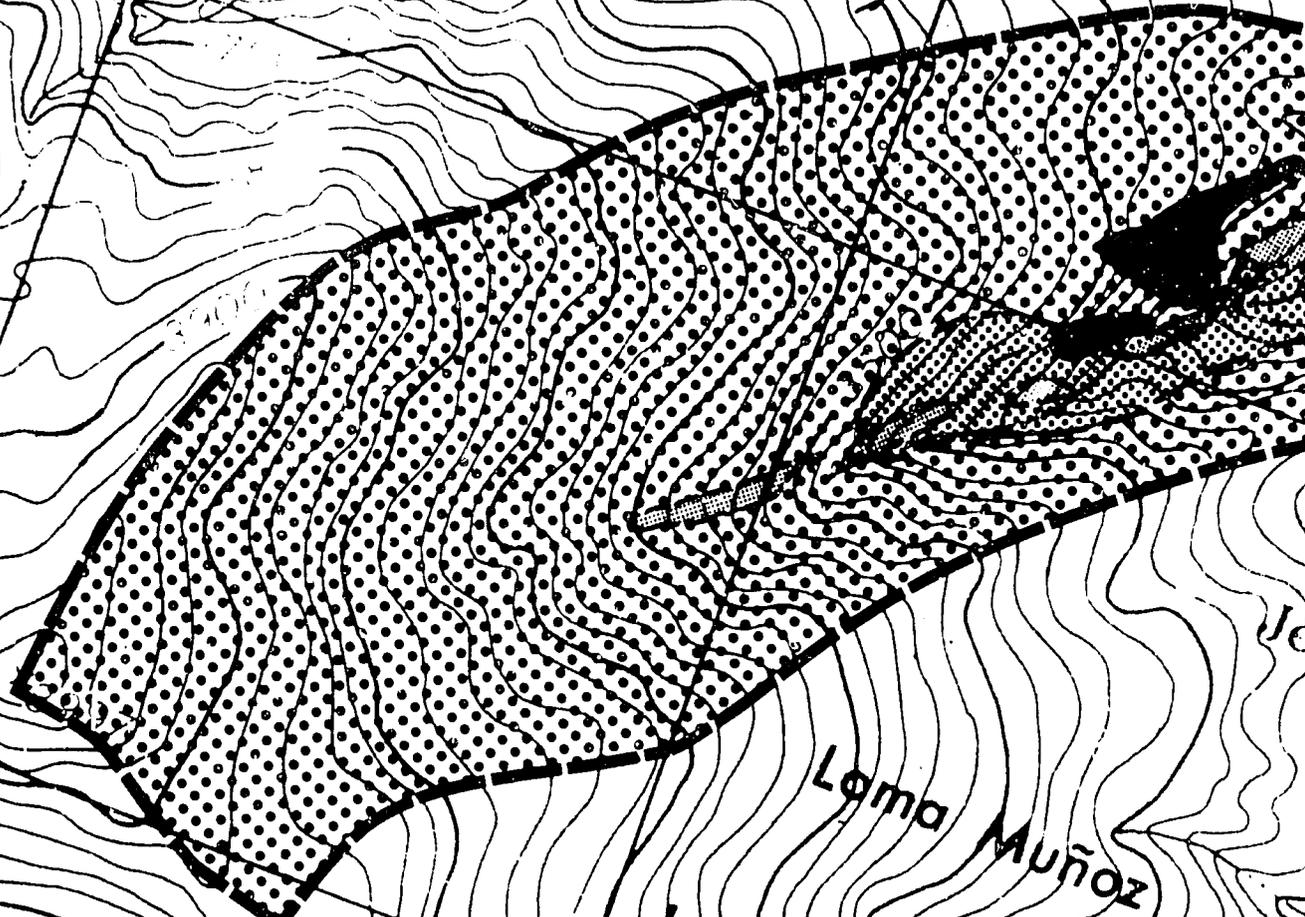
CRANZA

75

76

La Cruz

Zanja

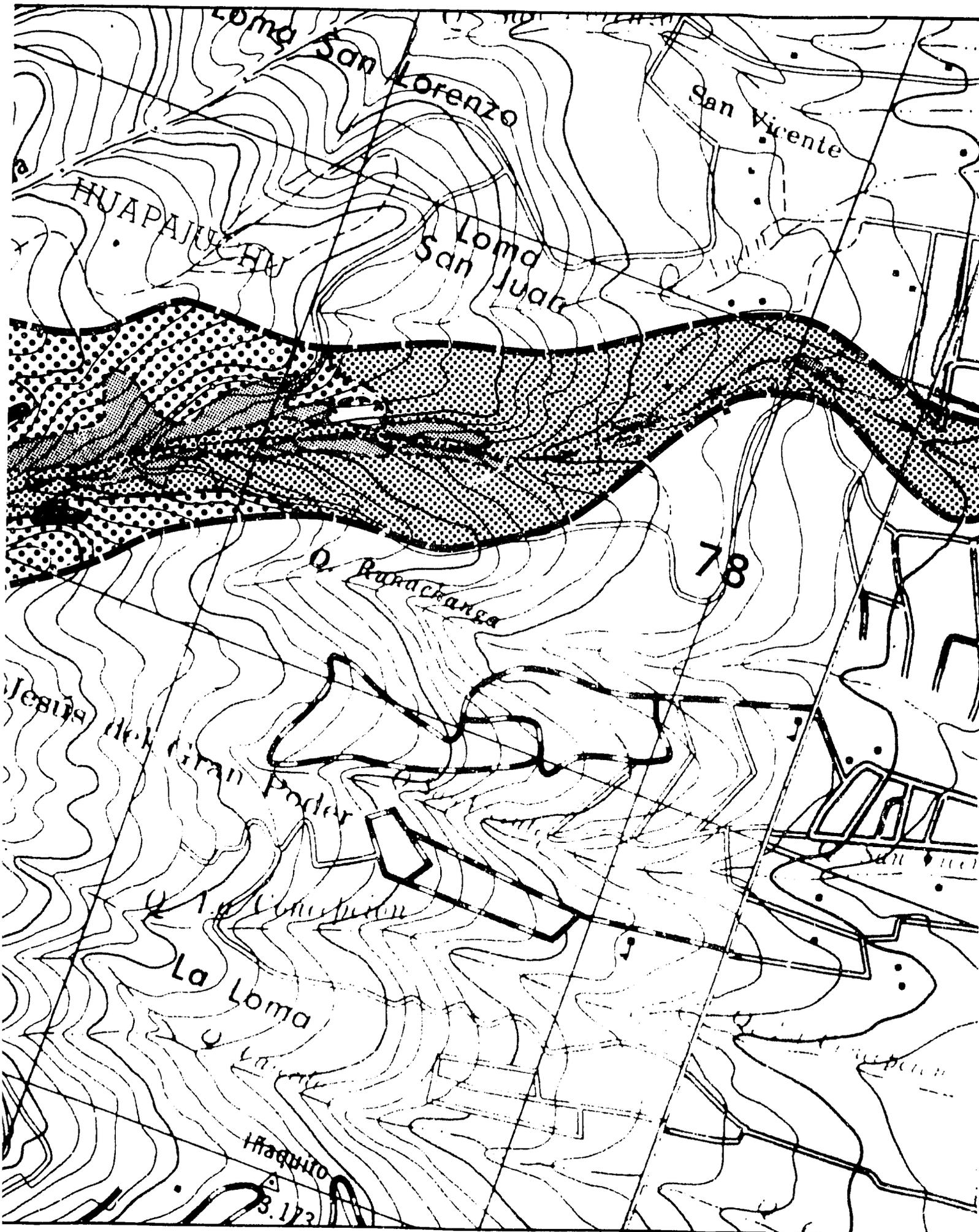


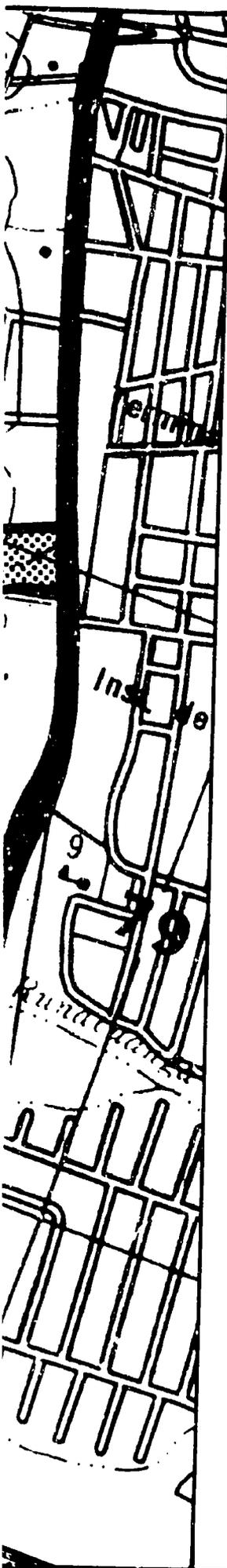
Loma Muñoz

Loma Cóndor

3500

FILE NO. 5623 B2





LEYENDA

UNIDADES GEOLÓGICAS

NOMBRE	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
CAÍDA DE CENIZA	 (VER NOTA 4)	ESTA UNIDAD GEOLÓGICA ES LA MAS CONTINUA DE LOS ACARREOS GEOLÓGICOS OBSERVADOS. LA UNIDAD CONSISTE DE UN ACARREO RECIENTE DE CENIZA SUPERYACENTE UN ACARREO MAS ANTIGUO DE CENIZA (CANGAGUA). AMBOS UNIDADES DE CENIZA FUERON DEPOSITADAS POR AEROSEDIMENTACION DE UNA NUBE VOLCANICA. LA CENIZA COLOCA UN MANTO SOBRE LA TOPOGRAFIA EXISTENTE CREANDO UN MANTO DE UN ESPESOR VARIABLE SOBRE TODO EL SUBSTRATO. CARACTERISTICAMENTE LA CENIZA RECIENTE ES DE COLOR NEGRO Y LA CANGAGUA ES DE COLOR CAFE. AMBAS SE DESCRIBEN COMO LIMO A LIMO ARENOSO FINO CON FIBRAS DE FIBRAS DE RAICES Y CON PRESENCIA FRECUENTE DE CAPAS DE LAPILLI. EN LOS RELIEVES RESIDUALES LA CANGAGUA FORMA AFLORAMIENTOS MACIZOS Y BIEN AGANILADOS.
	 (VER NOTA 5)	
COLUVIÓN		ESTE TERMINO SE REFIERE A LA UNIDAD DE SUELO ALTERADO POR MOVIMIENTOS MACIZOS DE MATERIALES DE SUELO Y ROCAS EN UNA DIRECCION PENDIENTE ABAJO POR LA INFLUENCIA DE LA GRAVEDAD. ESTA UNIDAD CONSISTE DE LIMO DE COLOR CAFE Y LIMO ARENOSO FINO CON CANTIDADES VARIABLES DE ARENA GRUESA A FINA Y LAPILLI Y CON CANTOS RODADOS Y BOLOS OCASIONALES.
FLUJO DE LAVA		LA ROCA FIRME SE ENCUENTRA COMO FLUJOS DE LAVA. EN PARTE COMO RELIEVES RESIDUALES O ABAJO EL MANTO DE LA CAÍDA DE CENIZA. LA ROCA FIRME CONSISTE DE ANDESITA Y BRECHA VOLCANICA. TÍPICAMENTE LA ANDESITA ES DURA A MUY DURA, CON GRANOS MEDIOS A FINOS. LA BRECHA VOLCANICA CONSISTE DE FRAGMENTOS ANDESITICOS DUROS A MUY DUROS, CON GRANOS MEDIOS A FINOS CEMENTADOS EN UNA MATRIZ DE ARENA LIMOSA DE COLOR CAFE.

SÍMBOLOS DEL MAPA

- CONTACTO GEOLÓGICO
- UBICACIÓN Y DIRECCIÓN DE LA SUPERFICIE OBSERVADA DE DRENAJE
- UBICACIÓN DE LA CANTERA ABANDONADA DE ROCAS
- LÍMITE DE LA CUENCA DE LA QUEBRADA YACUPUGRU

NOTAS:

1. EL PLAN FUE PREPARADO DE UN MAPA TOPOGRÁFICO DE UNA ESCALA 1:25000, DE TÍTULO COTOCOLLAO Y CHAUPICRUZ CON FECHA DE OCTUBRE DE 1979, POR EL INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR.
2. CONDICIONES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES FUERON IDENTIFICADAS POR FOTOINTERPRETACION DE AEROFOTOGRAFIAS INFRARROJAS (ESCALA DE 1:10000, IGM, 21 DE NOVIEMBRE DE 1984) Y POR PLANIMETRÍA GEOLÓGICA DE CAMPO. ESTA OBRA SE REALIZÓ DURANTE EL PERIODO DEL 18 DE ENERO HASTA EL 8 DE FEBRERO DE 1985.
3. LAS SUPERFICIES DE CONTACTO ENTRE LAS VARIAS UNIDADES GEOLÓGICAS SON APROXIMADAS Y LAS CONDICIONES REALES DE CAMPO VARIAN EN LOCALIDADES ESPECÍFICAS.
4. ÁREA APROXIMADA DE LA ROCA FIRME SUPERFICIAL ANTICIPADA (OCURRIENDO APROXIMADAMENTE DENTRO DE 3 METROS DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO).
5. ÁREA DE CENIZA ESPESA (TÍPICAMENTE MAYOR QUE 10 METROS).

FIGURA 7

Marzo 1985

Mapa geológico de la Quebrada Yacupugru

Camp Dresser & McKee Inc.
Cohidro Consultores Cia Ltda.

de estas unidades pueden faltar en lugares específicos del área estudiada. Una descripción general de cada unidad se detalla a continuación:

Ceniza volcánica: Este depósito es el más continuo que los demás. La unidad geológica consiste de ceniza moderna y antigua (cangagua). Ambas unidades fueron depositadas en un medio aéreo de una nube eruptiva. La ceniza cubre la topografía dando lugar a una capa de espesor variable sobre el substrato. Se caracterizan las cenizas modernas de ser de color negro y la Cangagua de color café. Ambas se han descrito como limos a limos arenosas (arena fina) con traza de fibras de raíces y frecuentes capas de lapilli. En los afloramientos, la Cangagua se presenta en forma masiva y formando paredes verticales.

Depósito coluvial: Los depósitos coluviales consisten en una masa heterogénea de escombros, comprende suelos y fragmentos rocosos depositados al pie de las laderas y en el lecho de la quebrada. Su descripción típica es limo a limo arenoso con cantidades variables de arena gruesa a fina (lapilli), y presencia ocasional de cantos y bloques. El depósito coluvial representa un suelo el cual ha sido transportado ladera-abajo debido a la acción de la gravedad o escorrentía y/o reptación.

Flujo de lava: Los flujos de lavas son identificados en afloramientos dentro de la cuenca de la Quebrada Yacupugru como brechas y lavas andesíticas. Las lavas andesíticas es los afloramientos con rocas de color gris, de grano medio a fino, moderadamente duras a muy duras, y masivas. Las brechas volcánicas consisten en fragmentos andesíticos de color gris, de grano medio a fino, duros a muy duros, cementados en una matriz arena limosa de color café.

c. Riegos geológicos de la Quebrada Yacupugru

Se realizaron interpretaciones fotogeológicas y levantamientos geológicos de campo para identificar los riegos geológicos dentro del área de drenaje de la Quebrada Yacupugru. Se determinó que el principal riesgo geológico eran los deslizamientos, por lo tanto se dió énfasis a identificar la magnitud y detalles de la actividad pasada de éstos. En la Figura No. 8 se presentan los resultados de la interpretación fotogeológica y los levantamientos geológicos de campo. Se encontró 28 deslizamientos distintos en la Quebrada Yacupugru que están indicados en esta Figura. Estas áreas inestables originan escombros del suelo y rocas que pueden llegar a la quebrada por varios mecanismos, y entonces incorporarse a la escorrentía durante fuertes lluvias para producir los peligrosos aluviones o flujos de barro. Se han hecho estimaciones del volumen potencial de los flujos de barro en el futuro.

Se pueden clasificar en cuatro tipos básicos los deslizamientos identificados en la Quebrada Yacupugru: (1) desplomes, (2) deslizamientos, (3) desplazamientos laterales, y (4) flujos de tierra. Las características de cada tipo se describen a continuación y en la Figura No. 9, se presentan detalles de los deslizamientos representativos.

Desplome: Fallas debido a desplomes comprende desprendimiento y volteo del material sin colapsarse la unidad. El punto alrededor del cual se produce el giro y volteo está situado debajo del centro de gravedad de la unidad desprendida. Los desplomes se suceden bajo la influencia de la gravedad en respuesta a las fuerzas que

Escala 1:10,000

hi

75

Loma Panizo

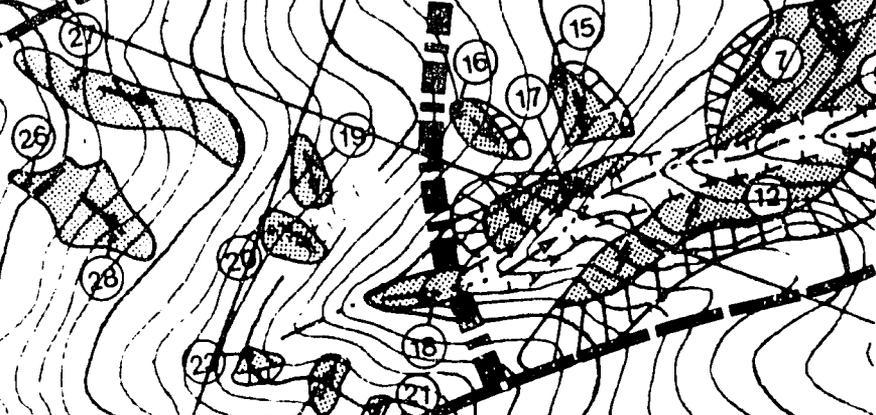
PERANZA

La Cruz Alta

Lanja

76

2



Jesús

Loma Muñoz

Loma Cóndor

3600

FILE NO. 5623 B3

LEYENDA

SÍMBOLOS DEL MAPA

- ⑤ UBICACIÓN Y NÚMERO DE DESLIZAMIENTO
-  LÍMITE APROXIMADO DE DESLIZAMIENTO
-  ESCARPE MAYOR DE DESLIZAMIENTO
-  UBICACIÓN Y DIRECCIÓN OBSERVADAS DE DRENAJE SUPERFICIAL
-  DIRECCIÓN DEL MOVIMIENTO DE TIERRAS
-  LÍMITE APROXIMADO DE LA ZONA DE RIESGO GEOLÓGICO
- ② NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN DE LA ZONA DE RIESGO GEOLÓGICO
-  LÍMITE DE LA CUENCA DE LA QUEBRADA YACUPEGU
-  ESCARPE (RELIZ EMPINADO DE LA CORRIENTE ENCAJADA)
-  UBICACIÓN DE CANTEIRA ABANDONADA DE ROCAS

ZONAS DE RIESGO GEOLÓGICO

ZONA 1 ○ ACARREOS RELATIVAMENTE DELGADOS DE SOBRECARGA DE TIERRAS EN ÁREAS TOPOGRÁFICAMENTE ALTAS Y DEPÓSITOS COLUVIALES ESPESOS ADYACENTE A LA QUEBRADA. LA ÁREA MUESTRA UNA FRECUENCIA RELATIVAMENTE ALTA DE MOVIMIENTOS PRETERITOS DE TALUD.

○ CANAL DE LA QUEBRADA PROFUNDAMENTE ENCAJADO CON TALUDES BIEN ACANTILADOS.

○ GRADIENTE MODERADO DE CORRIENTE (PROMEDIO DE 20%).

○ POTENCIAL ALTO DE FLUJO DE ESCOMBROS.

ZONA 2 ○ ACARREOS DELGADOS DE SOBRECARGA DE TIERRAS SUPERYACENTE LA FOCA FIRME SUPERFICIAL. FRECUENCIA RELATIVAMENTE BAJA DE MOVIMIENTOS PRETERITOS DE TALUD.

○ CANAL DE LA QUEBRADA ENCAJADO CON UNA PROFUNDACIÓN MODERADA CON TALUDES BIEN ACANTILADOS A LO LARGO DE LA PARTE MÁS BAJA DE LA ZONA.

○ GRADIENTE EMPINADO DE CORRIENTE (PROMEDIO DE 40%).

○ POTENCIAL MODERADO A BAJO DE FLUJO DE ESCOMBROS.

ZONA 3 ○ ACARREOS ESPESOS DE SOBRECARGA DE TIERRAS QUE MUESTRAN DE POCOS A NINGUNOS MOVIMIENTOS PRETERITOS DE TALUD.

○ CANAL ENCAJADO DE LA QUEBRADA UN POCO PROFUNDO CON TALUDES BIEN ENCAJADOS.

○ GRADIENTE BAJO DE CORRIENTE (PROMEDIO DE 10%).

○ POTENCIAL BAJO DE FLUJO DE ESCOMBROS.

NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

VOLUMEN

FILE NO. 5623 B3

SUMARIO DE LOS RIESGOS GEOLÓGICOS

QUEBRADA YACUUGRU

NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN	TIPO DE MOVIMIENTO DE TALUD (3)	TIPO DE MATERIAL	ZONA ⬡	RIESGO DE FLUJO DE ESCOMBROS	POTENCIAL ESTIMADO DEL VOLUMEN DE FLUJO DE ESCOMBROS	NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN
1	HUNDIMIENTO	LIMO DE COLOR CAFÉ, TRAZAS DE LAPILLI Y BOLOS	1	ALTO		18
2	HUNDIMIENTO	LIMO DE COLOR CAFÉ, TRAZAS DE LAPILLI Y BOLOS	1	ALTO		19
3	FLUJO DE ARCILLA - VOLCAMIENTO	LIMO DE COLOR CAFÉ, POCAS ARENA Y GRAVA, TRAZAS DE BOLOS	1	ALTO		20
4	FLUJO DE ARCILLA	LIMO DE COLOR CAFÉ, POCAS ARENA FINA	1	ALTO		21
5	FLUJO DE ARCILLA	LIMO DE COLOR CAFÉ	1	ALTO		22
6	HUNDIMIENTO	LIMO DE COLOR CAFÉ	1	ALTO		23
7	HUNDIMIENTO/ DESPRENDIMIENTO DE ROCAS	LIMO DE COLOR CAFÉ, POCOS BOLOS Y BRECHA VOLCÁNICA	1	ALTO		24
8	HUNDIMIENTO/ FLUJO DE ARCILLA	LIMO DE COLOR CAFÉ, POCOS BOLOS Y BRECHA VOLCÁNICA	1	ALTO		25
9	EXTENSIÓN LATERAL DE TIERRA	LIMO DE COLOR CAFÉ	1	ALTO		26
10	EXTENSIÓN LATERAL DE TIERRA	LIMO DE COLOR CAFÉ, POCAS ARENA FINA	1	ALTO		27
11	EXTENSIÓN LATERAL DE TIERRA	LIMO DE COLOR CAFÉ, POCAS ARENA Y GRAVA, TRAZAS DE BOLOS	1	ALTO		28
12	HUNDIMIENTO/ EXTENSIÓN LATERAL DE TIERRA	LIMO DE COLOR CAFÉ, POCAS ARENA FINA	1	ALTO		
13	EXTENSIÓN LATERAL DE TIERRA	LIMO DE COLOR CAFÉ, POCAS ARENA FINA	1	ALTO		
14	HUNDIMIENTO/ EXTENSIÓN LATERAL DE TIERRA	LIMO DE COLOR CAFÉ	1	ALTO		
15	FLUJO DE ARCILLA	LIMO DE COLOR CAFÉ, POCAS ARENA Y GRAVA, TRAZAS DE BOLOS	1	ALTO		
16	FLUJO DE ARCILLA	ARENA GRUESA DE COLOR CAFÉ Y BOLOS	1	ALTO		
17	HUNDIMIENTO	LIMO DE COLOR CAFÉ, POCAS ARENA Y GRAVA, TRAZAS DE BOLOS	1	ALTO		

NOTAS:

- 1) EL PLAN COTOCOLÍ GEOGRÁFICO
- 2) DESLIZAMIENTOS INFRARRIO GEOLOGICO EL 8 DE
- 3) TIPO DE NATURA
- 4) ESTIMADO POTENCIAL RESULTA
- 5) VER LA

VOLUMEN TOTAL DEL ESTIMADO POTENCIAL DE FLUJO DE ESCOMBROS EN ZONA 1 = 60.000 M³(4)

ORIENTE

FLUJO DE ES-

41

MAPA DE LOS RIESGOS GEOLÓGICOS

QUEBRADA YACUPUGRU

IDENTIFICACION DE LOS RIESGOS	NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN	TIPO DE MOVIMIENTO DE TALUD (3)	TIPO DE MATERIAL	ZONA ⬡	RIESGO DE FLUJO DE ESCOMBROS	POTENCIAL ESTIMADO DEL VOLUMEN DE FLUJO DE ESCOMBROS
	18	FLUJO DE ARCILLA	LIMO DE COLOR CAFÉ, POCAS ARENAS Y GRAVA, TRAZAS DE BOLOS	2	BAJO	
	19	FLUJO DE ARCILLA	LIMO DE COLOR CAFÉ, POCAS ARENAS Y GRAVA, TRAZAS DE BOLOS	2	BAJO	
	20	FLUJO DE ARCILLA	LIMO DE COLOR CAFÉ, POCAS ARENAS Y GRAVA, TRAZAS DE BOLOS	2	BAJO	
	21	FLUJO DE ARCILLA	LIMO DE COLOR CAFÉ	2	BAJO	
	22	HUNDIMIENTO/ FLUJO DE ARCILLA	LIMO DE COLOR CAFÉ, POCAS ARENAS FINAS	2	BAJO	
	23	HUNDIMIENTO	LIMO DE COLOR CAFÉ, POCAS ARENAS Y GRAVA, TRAZAS DE BOLOS	2	BAJO	
	24	HUNDIMIENTO/ FLUJO DE ARCILLA	LIMO DE COLOR CAFÉ, POCAS ARENAS Y GRAVA, TRAZAS DE BOLOS	2	BAJO	
	25	HUNDIMIENTO	LIMO DE COLOR CAFÉ, POCAS ARENAS FINAS	2	BAJO	
	26	HUNDIMIENTO	LIMO DE COLOR CAFÉ, POCAS ARENAS FINAS	2	BAJO	
	27	HUNDIMIENTO/ FLUJO DE ARCILLA	LIMO DE COLOR CAFÉ, POCAS ARENAS FINAS	2	BAJO	
	28	FLUJO DE ARCILLA	LIMO DE COLOR CAFÉ, POCAS ARENAS Y GRAVA, TRAZAS DE BOLOS	2	BAJO	

NOTAS:

- 1) EL PLANO FUE PREPARADO DE UN MAPA TOPOGRÁFICO DE UNA ESCALA 1:25000, DE TÍTULO COTACOLLAO Y CHAUPICRUZ, CON FECHA DE OCTUBRE DE 1979, POR EL INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR.
- 2) DESLIZAMIENTOS FUERON IDENTIFICADOS POR FOTOINTERPRETACIÓN DE AEROFOTOGRAFÍAS INFRARROJAS (ESCALA DE 1:10000, IGM, 21 DE NOVIEMBRE DE 1984) Y POR PLANIMETRÍA GEOLOGICA DE CAMPO. ESTA OBRA SE REALIZÓ DURANTE EL PERIODO DEL 18 DE ENERO HASTA EL 8 DE FEBRERO DE 1985.
- 3) TIPO DE MOVIMIENTO DE TALUD SEGÚN VARNES (1973), TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, WASHINGTON, D.C.
- 4) ESTIMADOS DE VOLUMEN SON APROXIMADOS Y REPRESENTAN MATERIALES DE TALUD POTENCIALMENTE INESTABLES QUE SE INCORPORAN EN UN FLUJO DE ESCOMBROS COMO RESULTADO DE LLUVIAS DEL ORDEN DE 1 EN 25 AÑOS.
- 5) VER LA FIGURA 10 PARA LOS DETALLES DE DESLIZAMIENTOS TÍPICOS.

KJO H3(4)

CLAVE DEL PLANO

EN ESCALA



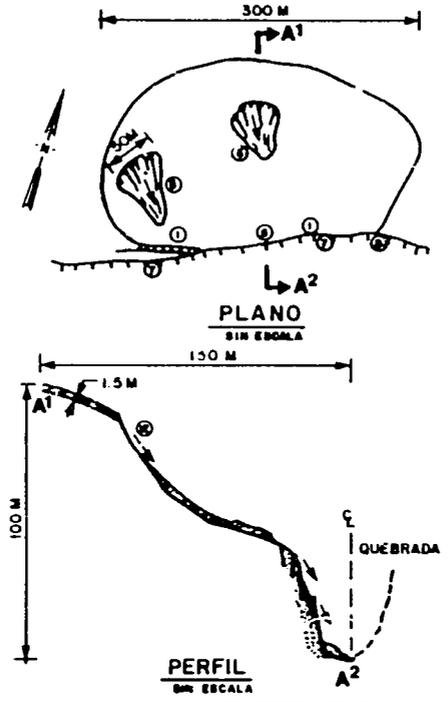
FIGURA 8

Marzo 1985

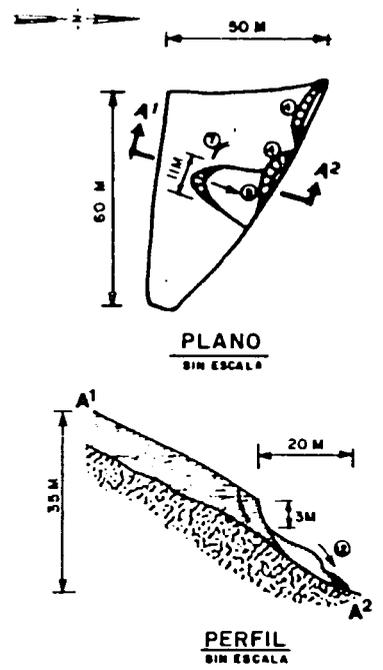
Mapa de los riesgos geológicos

Camp Dresser & McKee Inc.
Cohidro Consultores Cia Ltda.

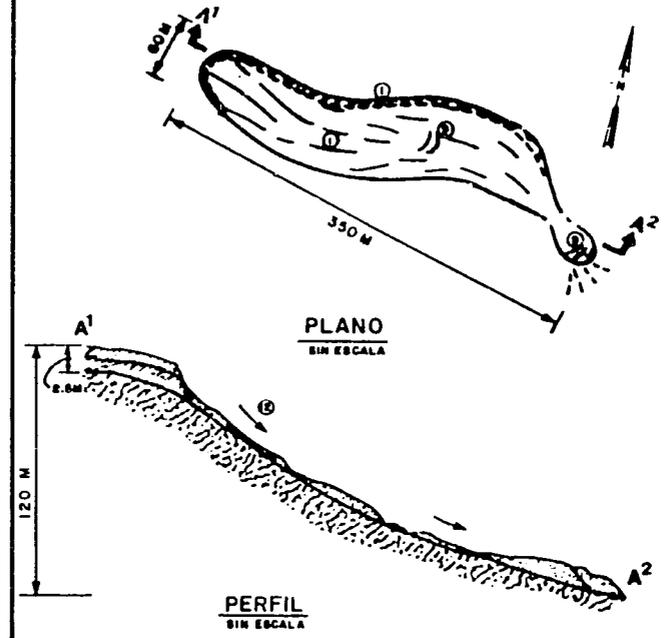
DESPLIZAMIENTO NÚM. 3 (HUNDIMIENTO-VOLCAMIENTO)



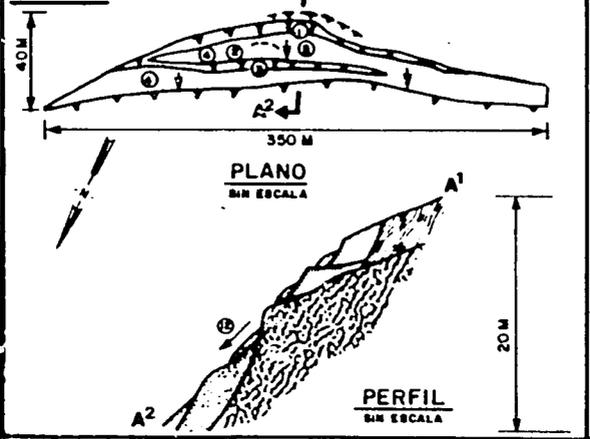
DESPLIZAMIENTO NÚM. 6 (HUNDIMIENTO)



DESPLIZAMIENTO NÚM. 27 (HUNDIMIENTO-FLUJO DE ARCILLA)



DESPLIZAMIENTO NÚM. 4 (EXTENSION LATERAL DE TIERRA)



LEYENDA GEOLÓGICA

NOMBRE Y SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
CAIDA DE CENIZA	LIMO DE COLOR CAFÉ A NEGRO, CON POCAS ARENAS FINAS Y LAPILLI
COLUMBIÓN	LIMO DE COLOR CAFÉ A NEGRO, CON POCAS ARENAS FINAS - CENIZA
	LIMO DE COLOR CAFÉ Y LIMO ARENOSO FINO CON UNA CANTIDAD VARIABLE DE ARENA GRUESA A FINA Y LAPILLI, CANTOS RODADOS Y BÓLOS OCASIONALES - FLUJO DE LAVAS
FLUJO DE LAVA	FRAGMENTOS DE ANDESITA DE COLOR GRIS, FINOS A MEDIOS CEMENTADOS EN UNA MATRIZ DE ARENA LIJOSA DE COLOR CAFÉ - BRECHA VOLCÁNICA

- SÍMBOLOS DEL PLANO DE DESPLIZAMIENTO**
- ① SUPERFICIE DE DESPLAZAMIENTO
 - ② DESPLAZAMIENTO DE ESCOMBROS
 - ③ DESPRENDIMIENTO DE ROCAS
 - ④ DESPLAZAMIENTO SUBSTANTIVO
 - ⑤ MATERIAL DEL DESPLAZAMIENTO DE ESCOMBROS
 - ⑥ ÁREA DE REPTACIÓN
 - ⑦ DEPRESIÓN
 - ⑧ ESCARPE DE ERUSIÓN
 - ⑨ CAJETERIA DE PRESIÓN
 - ⑩ GRIETA DE TRACCIÓN
 - ⑪ DESPLAZAMIENTO ROTATORIO
 - ⑫ DIRECCIÓN DEL MOVIMIENTO DE DESPLAZAMIENTO
- NOTAS:**
1. REFIERENSE A LA FIGURA 9 PARA LA UBICACIÓN DEL DESPLAZAMIENTO EN LA CERCANÍA DE LA QUEBRADA YACUPUGRU.
 2. LAS DIMENSIONES DE DESPLAZAMIENTOS ANOTADAS DURANTE LA PLANIMETRÍA DE CAMPO (29 DE ENERO AL 8 DE FEBRERO DE 1985) SON APROXIMADAS.
 3. LOS PERFILES DE LOS DESPLAZAMIENTOS SON ESQUEMÁTICOS CON LA INTENCIÓN DE REPRESENTAR CONDICIONES GEOLÓGICAS QUE HAN SIDO IDENTIFICADAS.
 4. CLASIFICACIONES DE DESPLAZAMIENTO SEGUN DAVID J. VARNES (1978). TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. WASHINGTON, D.C.

53

ejercitan las unidades adyacentes sobre la unidad a desprenderse, o por la acción del agua en las fisuras del material. El deslizamiento No. 3 (Ver la Figura 9) es representativo de este tipo en las inestabilidades del talud.

Deslizamientos: El deslizamiento No. 6 (Ver la Figura No. 9) es representativo de este tipo de inestabilidad. Los deslizamientos ocurren más frecuentemente en la ceniza superficial y ellos comprenden un alto porcentaje de los deslizamientos observados en la cuenca de drenaje de la Quebrada Yacupugru. El desplazamiento del material comprende una falla tangencial a lo largo de una superficie singular o dentro de una zona angosta de falla. La falla y los movimientos subsiguientes ocurren como respuesta a las fuerzas que actúan sobre el centro de gravedad de la unidad deslizada.

Desplazamiento: Este tipo de deslizamiento es el No. 14, (Ver la Figura 9), que ocurre en el área adyacente al cauce de la quebrada. Frecuentemente, empieza como un singular deslizamiento y continúa retrogresivamente más y más hacia el borde de la quebrada, lejos del sitio inicial de falla. El principal tipo de movimiento es translacional.

Flujo de Tierra: Los flujos de tierra tal como el No. 27 (indicado en la Figura 9) consiste de un fluido viscoso, de flujo rápido y denso (60 a 70 por ciento de peso sólido), contiene al menos 50 por ciento de partículas de tamaño de arena y limo. Los deslizamientos generalmente ocurrirán durante los períodos de anormales precipitaciones intensas. Usualmente, los flujos de tierra ocurren en los suelos de ceniza ubicados en las laderas muy empinadas de la cuenca de la quebrada.

La Quebrada Yacupugru se dividió en tres zonas de riesgo, basado principalmente a las condiciones geológicas, intensidad de deslizamiento y topografía. Estas zonas se indican en la Figura No. 8 y se describen a continuación:

Zona 1: La Zona 1 está localizada en la parte central de la Quebrada Yacupugru, aproximadamente entre las cotas de 2990 y 3380 metros. El cauce de la quebrada está en un profundo canal con una moderada gradiente (promediando aproximadamente en 20 por ciento) con taludes empinados laterales. Generalmente, las áreas topográficamente altas lejos de la quebrada dentro de esta zona consiste en un suelo (ceniza) relativamente delgado que cubre el basamento rocoso subaflorante, mientras que adyacente a la quebrada consiste en suelo coluvial potente. Numerosos deslizamientos han ocurrido en los suelos de cobertura en el pasado geológico. Como se indica en la Figura 8, un total de 17 áreas de deslizamiento de varios tamaños han sido identificados. Basado en el grado de actividad en el pasado, se considera que la Zona 1 viene a constituirse en "alto riesgo" y podría ser causante de futuros flujos de barro o aluviones.

Zona 2: La Zona 2 se extiende aproximadamente entre las cotas 3380 y 4000 metros. El cauce de la quebrada no está bien definido en la parte superior de esta zona, en cambio en la parte baja de la misma el cauce se abarranca en forma moderada con paredes verticales. El gradiente hidráulico promedio aproximadamente en un 40 por ciento. Los suelos de cobertura son relativamente delgados (menos de unos 3 metros de espesor) y se sobrepone a un basamento rocoso subaflorante. La actividad de deslizamiento en el pasado es mucho menor que los observados en la Zona 1. La Figura 8 indica la ubicación de 11 deslizamientos identificados en esta zona. Las áreas de deslizamiento están generalmente con nueva

cobertura vegetal y aparece estable. La Zona 2 es considerada de "bajo riesgo" en relación a la producción de materia que podría llegar a ser incorporado en futuros aluviones. Sin embargo, debido a la naturaleza aparentemente única en la parte alta de la quebrada (junto con la fuerte gradiente hidráulica) pueden esperarse durante períodos de lluvias torrenciales anormales, escorrentias de gran caudal y altas velocidades.

Zona 3: La Zona 3 esta ubicada en la parte baja de la quebrada, aproximadamente entre las curvas de nivel 2870 metros (Avenida Occidental) y 2990 metros. El gradiente hidráulico tiene un promedio aproximado de 10 por ciento, y aunque el cauce no esta profundamente canalizado, las paredes de la quebrada son empinadas. Los suelos de cubiertas son gruesos, pero ninguna actividad de deslizamiento significativa ha sido observada en estos suelos. La Zona 3 es considerada de "bajo riesgo" en relacion a la generación de materiales para los futuros aluviones. Esta zona esencialmente ha funcionado como medio para que pasen los aluviones hacia la Ciudad de Quito generados en las Zonas 1 y 2. No hay duda, sin embargo, que las numerosas presas de control construidas a través de esta zona por EMA han ayudado a reducir los efectos erosivos por los flujos de agua en el tramo inferior del cauce de la quebrada.

d. Flujos de barro potenciales

Como se indica en el resumen de la Figura No. 8, la Zona 1 tiene mayor posibilidad de aportar materiales para los futuros aluviones. El material de suelo y de roca se acumula por un período de tiempo a lo largo del canal, debido principalmente a los derrumbes que ocurren en las pendientes cercanas a la quebrada. Cada uno de los cuatro

tipos de deslizamientos identificados en el área de drenaje de la Quebrada Yacupugru (Ver Figura No. 9) puede ocurrir en el futuro con variadas frecuencias. Además, el tipo y lugar de los aluviones futuros determinarán el volumen de material que llegará al cauce de la quebrada.

Las observaciones realizadas durante el levantamiento geológico de campo indican que, por lo general, los derrumbes identificados dentro del área de drenaje de la quebrada ocurren como resultado de una combinación de factores. A continuación se describen esos factores junto con la evaluación del material potencialmente producido de los varios tipos de movimientos:

Deslizamientos y flujos: Tres factores controlan la ocurrencia de movimiento de deslizamientos y flujos. Estos factores son: (1) lluvia, (2) ángulo del talud, y (3) tipo de material. Estos dos tipos de movimiento ocurren en los depósitos de ceniza que típicamente están situados en la parte alta en la quebrada. Es frecuente, como se ilustra en la Figura No. 9 (deslizamiento No. 27), que ocurra como un pequeño derrumbe que se desarrolla en un gran flujo de material. Estos movimientos son capaces de generar grandes desplazamientos de material originado en un solo movimiento superficial de ladera, pero en vista de que estos generalmente ocurren en la "parte alta", lejos del cauce de la quebrada, no son considerados capaces de contribuir con un volumen significativo de material de arrastre en los flujos de materiales.

Desplomes y desplazamientos: Este tipos de movimientos ocurren en los suelos que forman las paredes de la quebrada, sea como resultado a lo largo del tiempo en: (1) erosión lateral al pie del talus, ó (2) erosión vertical del cauce

lo cual produce taludes verticales y se desarrollan fracturas de tensión que se llenan con agua durante las fuertes lluvias. En el caso último, por efecto del exceso de la presión hidrostáticas se produce el movimiento de la masa de suelo. Este tipo de falla, especialmente de desplazamiento lateral, ocurre frecuentemente en la Zona I de la quebrada. Debido a que el volumen del material removido es grande y va directamente al cauce de la quebrada, este tipo de movimiento tiene la mayor capacidad de producir material para la generación de aluviones.

Socavamiento del talud: Aunque no está clasificado como un tipo de deslizamiento, éste es otro mecanismo que ha sido observado y es causa de las inestabilidades locales de la quebrada. Los taludes de la quebrada contienen depósitos de lapille (arena pomacea suelta) que ocurren en capas dentro de la ceniza volcánica. Estas capas son fácilmente erosionadas y con el tiempo se desarrollan cavernas dentro de la ceniza volcánica de los taludes de la quebrada. Según como la erosión progresa y más y más lapille es socavado del talud, y del suelo encima de la caverna se asienta y el material cae dentro del cauce de la quebrada. Aunque probablemente éste proceso ocurre frecuentemente, esto contribuye solamente en pequeña cantidad de material que llega al cauce comparado con los otros tipos de movimientos. Por lo tanto, la cantidad de material que puede ser incorporado en el aluvion es relativamente pequeño.

Con el objeto de predecir el volumen de material que posiblemente se incorporaría en los aluviones futuros y que pudieran ocurrir como resultado de las lluvias con un período de retorno de 25 años o más, se realizó el cálculo de este volumen a fin de contribuir a la formulación de un plan de mitigación ó moderación. Es difícil predecir

debido a la complejidad del problema, sin embargo, para cuantificar los flujos potenciales de lodo dentro de las zonas identificadas como peligrosas se hicieron las siguientes suposiciones:

- Solo la Zona 1 tiene la capacidad de producir volúmenes significativos de materiales que pueden ser incorporados en los aluviones futuros,
- Los deslizamientos de tipos "desplome y desplazamientos" contribuirían en la mayor cantidad de material para los futuros aluviones, y
- Los deslizamientos de tipo "deslizamientos y flujos" contribuirían en los futuros aluviones pero en menor grado que los anteriores.

En estos casos, los cálculos de volumen se basan en la geometría de recientes aluviones (por ejemplo, los ocurridos dentro de los últimos 50 años), y generalmente se asumen similares formas geométricas de los deslizamientos para el futuro en igual período de tiempo. En base a estas suposiciones, el volumen de material potencialmente inestables de la Zona 1 que pueden producir futuros flujos de lodo es del orden de los 60,000 M³. Este volumen es estimado y supone la ausencia de medidas de mitigación para la erosión y deslizamientos dentro de los límites del área de drenaje de la Quebrada Yacupugru, aparte de una serie de pequeños azudes en la Zona 3.

Control de la erosion y escurrimiento
de las laderas del Pichincha

QUEBRADA YACUPUGRU

**IV VEGETATION
Y USO DEL TERRENO**



Cohidro Consultores Cia. Ltda.
Camp Dresser & McKee International Inc.

CAPITULO IV

VEGETACION Y USO TERRENAL

a. Condiciones actuales y estudios de preservación

La vegetación natural, los cultivos, las especies forestales importadas, y la introducción forestal de bosques ajenos proveen recursos agrícolas, recreativos, y recursos estéticos que contribuyen a la protección básica de los suelos y la estabilidad de las pendientes occidentales de Pichincha. La Quebrada Yacupugru y los drenajes alrededor del Pichincha se desarrollan entre aproximadamente los 2800 a 4000 metros. A través de este desnivel total de 1200 metros, la vegetación responde a los suelos, el clima, la topografía y las costumbres históricas del uso de la tierra. De acuerdo con Canadas (1983) y PRONAREG (1978) a la región interandina, la Quebrada Yacupugru atraviesa las zonas de vida Bosque húmedo-montaña, Bosque muy húmedo-montaña y Bosque pluvial-subalpino según el sistema de Holdridge.

Las condiciones climáticas a través de esas zonas son relativamente favorables para el crecimiento de plantas, y como resultado, la erosión es impedida naturalmente por pastos bien desarrollados, pasto achaparrado y vegetación forestal. En las canteras y otras áreas donde la vegetación ha sido removida, la recolonización natural de plantas parece ser rápida. En las laderas de la montaña hay pastizales que vigorosamente sostienen terrazas de pastos introducidos (hierbas extranjeras). Cada uno de esos hechos

indican que las condiciones del medio ambiente son generalmente favorables para el empleo de la vegetación con el propósito de controlar la escorrentía frente a la presencia de laderas extremadamente empinadas.

Basado en la interpretación de aerofotografías infra-rojo de 1984 y en las observaciones de campo en enero de 1985, se preparó la Figura No. 10 la cual presenta las variedades de vegetación que se encuentra en la Quebrada Yacupugru. Los nombres de las unidades en los mapas siguen los adoptados por Acosta-Solis (1977).

La estructura física de la vegetación se ve en la interpretación de las unidades de mapas y directamente influye en las características hidrológicas de cada unidad. Parte de las planas y la capa vegetal que se encuentran sobre el terreno pueden interceptar y dispersar tanto la energía de precipitación como las laminaciones de escurrimiento. Las áreas identificadas como Páramo o Tierra de Pasto tiene una capa singular de vegetación que alcanza hasta 50 cm de altura. La zona de la Ceja Andina y los Bosques Subandinos tienen múltiples capas que suben hasta cuatro metros de altura y proveen una cobertura densa de tierra. Los bosques de eucalipto tienen un techo de 15 a 25 metros de altura, pero generalmente tienen una cobertura vegetal muy esparcida. La falta de vegetación debajo de los eucaliptos es característico y puede ser el resultado de agentes químicos (alelopáticos) y de otras interacciones con otras especies de plantas. La tierra cultivada, las canteras, y las áreas urbanizadas son las que tienen menos cobertura vegetal y son las menos efectivas en el control de escurrimientos.

- 1 Paramo 2 Ceja Andina
- 3 Bosques Subandinos
- 4 Plantacion de Eucaliptos
- 5 Tierra de Pasto

- 6 Pasto o Paramo Achaparrado
- 7 Terrenos Semidesarrollados
- 8 Canteras y Canal de Diversion
- 9 Terrenos Cultivados

Best Available Document



Camp Dresser & McKee Inc. Cohidro Consultores Cia Ltda.	Mapa fotografico con el uso de vegetacion	FIGURA 10 Marzo 1985
--	--	-------------------------

El mapa de vegetación indica que la cobertura de vegetación mas efectiva para propósito de control de la escorrentia, se presenta en el nivel medio de la Quebrada Yacupugru y sobre suspendientes interiores. Una vegetación menos efectiva se presenta en las partes superiores, laterales, y bajas de la cuenca. Esta distribución de la vegetación puede ser característica de otras quebradas al este del Pichincha.

El crecimiento de la vegetación en las laderas del Pichincha refleja la topografía y la interacción del uso humano. las laderas superiores de la Quebrada Yacupugru están cubiertas principalmente por la vegetación típica del Páramo. Sin embargo, es probable que las especies Achaparradas ó de la Ceja Andina podrían reemplazar los pastos de Páramo a tiempo sino hay incendios. La práctica natural de apacentamiento implica quemar frecuentemente al Páramo para aumentar la producción de plantas forrajeras para la ganadería. Por esta práctica, el chaparro y los bosques naturales del Pichincha son restringidos a áreas que no son afectadas por dichos incendios. En la Quebrada Yacupugru, solo las laderas interiores mas empinadas de la quebrada son cubiertas por ese tipo de vegetación natural. Los pastos y plantaciones de eucalipto (*Eucalyptus globulatur*s) ocupan menos las laderas más empinadas a lo largo de las cimas de las lomas entre quebradas. Las laderas al pie de la quebrada están sujetas al uso urbano y agrícola.

Durante el período desde 1963 hasta el presente el aumento de viviendas ha avanzado en una longitud de cerca de 2 km desde el aeropuerto de Quito hacia la base de la Quebrada Yacupugru. En el Capítulo II se presentaron aerofotografías del año 1963 y del año

1982, las cuales indican los cambios que han ocurrido en el uso de la tierra. Una investigación de esas fotos además demuestra que las plantaciones de eucalipto han aumentado. En la foto de 1982, las plantaciones de eucalipto aparecen como áreas oscuras matizadas donde antes existía pasto verde claro en 1963. Los cambios en la vegetación pueden haber afectado las condiciones hidrológicas, por lo tanto han ocurrido en el pasado reciente como también en el pasado histórico.

El valor de la tierra para la producción agrícola y otros propósitos pueden ser un factor importante en la evaluación de las alternativas propuestas para controlar el escurrimiento y otros problemas del Pichincha. Los usos actuales de la tierra se indican en el mapa fotográfico de la Figura No. 4. Los Pastos y los Páramos de las laderas superiores del Pichincha actualmente son intensamente utilizados en pastoreo. Al pie de la montaña, el uso típico de la tierra es para pastoreo y el cultivo de maíz y otros granos en pequeña escala. El aprovechamiento industrial dentro de la Quebrada Yacupugru parece limitarse a pequeñas canteras de piedra. Sin embargo, el número de viviendas cerca de la base de la Quebrada Yacupugru está aumentando rápidamente e involucra casas costosas en urbanizaciones con calles pavimentadas. Estas casas no son directamente amenazadas por las inundaciones de la quebrada como las que están situadas abajo de la Avenida Occidental.

El Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) ha establecido políticas que restringen el corte de árboles en las laderas del Pichincha. Así el uso actual de las plantaciones de eucaliptos sirven para proteger las laderas y para controlar la erosión. Actualmente están estudiando políticas específicas de preservación para el Bosque

Protector del Pichincha, el cual, dentro de la Quebrada Yacupugru, incluye principalmente todo el terreno no urbanizado de la montaña. El Plan de Manejo Bosque Protector de Pichincha (Moore, Quesada y Corbut, 1984), preparado bajo los auspicios del Programa Nacional Forestal (FRONAF), identifica los acontecimientos de las inundaciones del año 1983 como punto principal para la instalación de un Bosque Protector. Para llevar a cabo un plan de administración FRONAF además reconoce otros valores del terreno que no se relacionan directamente a la explotación agrícola ó de silvicultura. Dada la proximidad del área a Quito, aparentemente está aumentando el uso de las laderas del Pichincha para el uso turístico y recreacional. Estos usos tienen resultados positivos económicos y sociales, y son considerados en el contenido de este informe ya que apoyan la necesidad de controlar el terreno del Pichincha.

Se puede obtener ayuda adicional para establecer el control del uso de estos terrenos reconociendo los recursos naturales importantes, particularmente en lo relacionado con la fauna y la avifauna. Igual que las Islas Galápagos, los terrenos altos del Pichincha y los otros picos volcánicos, son como islas climáticas, que por su aislamiento han permitido o facilitado el desarrollo de las especies que ahora no se encuentran en ninguna otra parte (especies endémicas). La Ceja Andina y los Bosque Subandinos son particularmente zonas abundantes en especies de plantas y proporcionan una región importante para la vida silvestre. Esas comunidades de plantas cubren las laderas empinadas de las quebradas, incluyendo la Quebrada Yacupugru, donde el uso agrícola ha sido limitado debido a su inaccesibilidad.

En el Apéndice c, se presenta una lista de las especies de plantas que se recopiló durante esta investigación. El Museo de Historia Natural considera varias de esas especies al riesgo de extinción incluyendo: (1) la Quijuar (*Gynoxis buxifolia*), (2) la Pumumaqui (*Oreopanax*), (3) la Quinoa (*Polylepsis*) y (4) la Capuli (*Prunus serotina* var. *capullin*). Por a presencia de estas especies y otros elementos numerosos de la flora indígena, las quebradas tienen áreas naturales que poseen valores científicos, estéticos y recreacionales.

b. Usos del suelo, vegetación y procesos de erosión

Para determinar la relativa eficacia de las diferentes clases de vegetación de la Quebrada Yacupugru en el control de escurrimeinto, se comparó cada tipo de vegetación presente con una similar y con las unidades del uso del terreno, en base a la información empírica de escurrimiento disponible. De acuerdo a los métodos descritos en el Manual de Ingeniería Nacional preparado por el U.S. Soil Conservation Service (SCS) en 1969, se utilizó un análisis de las condiciones de la vegetación y el uso del terreno para fijar los números de las curvas de escurrimiento a usarse para cada tipo de vegetación dentro de los grupos representativos de suelos hidrológicos. En el Cuadro 1 se indica los tipos reconocidos de vegetación, la extensión actual del área, y los números de curvas de escurrimiento para cada unidad de vegetación para el Grupo C del suelo hidrológico. Las curvas más bajas que corresponden a la zona de Ceja Andina y de los Bosques Subandinos indican que esos tipos de vegetación pueden producir menos

Control de la Erosión y Escurrimiento de las Laderas del Pichincha

CUADRO 1

NUMERO DE CURVA DE ESCURRIMIENTO DE UNIDAD DE VEGETACION^a

No. de Mapa	Tipo de Vegetación	Area en Hectares ^b		Número de Curva	Número Ponderado	
		Arriba	Abajo		Arriba	Abajo
1.	Paramo	45.0	0	75	27.4	0
2.	Ceja Andina	25.1	0	60	12.2	0
3.	Bosque Subandino	11.8	0	60	5.7	0
4.	Plantación de Eucalipto	20.4	3.9	77	12.7	14.5
5.	Tierra de Pasto	14.2	0.1	79	9.1	0.4
6.	Pasto Achaparrado	6.4	0	72	3.7	0
7.	Terrenos Semi-desarrollados	0	16.7	84	0	67.8
8.	Canteras, etc.	0.3	0	86	0.2	0
	TOTAL	123.7	20.7		71.0	82.7

a. Número de curvas para cada unidad de vegetación para el grupo C del suelo hidrológico.

b. Area arriba o abajo del canal de diversión.

escorrentía que otros tipos de vegetación bajo condiciones similares. Las áreas que carecen de vegetación ó con superficies impermeables tienen el número más alto de curva y son menos efectivas en el control de escurrimiento. El proceso de urbanización que avanza en la parte inferior de la quebrada ha contribuido a agravar los problemas de escorrentia, sin embargo, este hecho puede ser insignificante frente a la construcción de viviendas sobre pendientes potencialmente inestables y adyacentes a las quebradas.

Uno de los mecanismos aparentes que producen la formación de flujos de lodo dentro de la Quebrada Yacupugru tiene relación con las fallas a lo largo de las paredes del cañon junto con un represamiento temporal de agua hasta que este cede o falla. Este proceso se agrava por la presencia de canteras dentro de la quebrada, así como cortes abiertos para caminos, rellenos, escombros de construcciones observados en otras quebradas, que desestabilizan las laderas y descargan escombros dentro del lecho de la quebrada. Estos efectos geológicos son examinados con mas detalle en el Capítulo III, y han sido señalados porque representan una importante interacción de las prácticas del uso del suelo y los problemas de protección de las laderas.

c. Vegetación natural potencial

El grado de mejoramiento de las condiciones hidrológicas que puede lograrse a través de la vegetación está dado por el grado máximo de mejoramiento de las unidades de vejtación con los números mas bajos

de curvas. Las mejores clases de vegetación para este propósito que pueden producirse en la Quebrada Yacupugru parecen estar en la zona de Ceja Andina y los Bosques Subandinos. Los procesos naturales de los cambios de la vegetación aparentemente favorecen el desarrollo de los tipos de vegetación de chaparro después de un cierto tiempo. La invasión de chaparros en el Páramo y Tierra de Pasto eventualmente provocan el crecimiento de terrenos de chaparros en la ausencia de incendios. Este proceso mejoraría las características hidrológicas de la Quebrada Yacupugru ó en términos técnicos, la disminución de la curva de número ponderado de drenaje. De acuerdo a la información disponible (SCS) sería favorable substituir plantaciones de eucalipto por chaparro.

Para determinar los resultados de los cambios de la vegetación en las características hidrológicas de la Quebrada Yacupugru, se valoró la vegetación natural con relación a la existente, según se indica en las observaciones de campo. Virtualmente, las unidades de vegetación chaparro con un número de curvas bajas favorables podrían ocupar todas las áreas interpretadas como Páramo, Tierra de Pasto, Páramo o Pasto Achaparrado, y las Plantaciones de Eucalipto. Usando esta forma de vegetación, se calculó una curva de número ponderado para comparar con las condiciones existentes y con aquellas afectadas por el crecimiento futuro de las urbanizaciones a lo largo de las Plantaciones de Eucalipto en la Quebrada Yacupugru. En el Capítulo V se presentan los resultados hidrológicos de los cambios importantes en la cobertura de la vegetación.

Control de la erosion y escurrimiento
de las laderas del Pichincha

QUEBRADA YACUPUGRU

V HIDROLOGIA



Cohidro Consultores Cia. Ltda.
Camp Dresser & McKee International Inc.

CAPITULO V

HIDROLOGIA

a. Condiciones climáticas generales

El área de estudio se encuentra en una zona de clima tropical modificado por la altitud de alrededor de 3000 metros. Está ubicada en la región interandina y las lluvias provienen ya sea del oeste (Región Océanica) ó del este (Región Amazónica). Las precipitaciones se presentan en cualquier época del año, pero existen dos períodos de lluvias continuas, el uno de febrero a marzo y el otro de octubre a noviembre.

La topografía del área parece tener gran influencia en las cantidades de lluvia registradas. En el Ecuador, la mayor intensidad de las lluvias se presenta en el área donde la cuenca amazónica se junta con las montañas de los Andes. Las lluvias en el área interandina, donde se encuentra el área de estudio, son considerablemente menores que las que se presentan al pie de las montañas. Dentro de la región interandina, parece que las lluvias son afectadas por la altura y son más abundantes en las zonas más altas. También pueden ser afectadas por la orientación y exposición de la cuenca al patrón de circulación de los vientos.

En el área de estudio, la lluvia es fuertemente afectada por la presencia de la cordillera occidental y particularmente por el Volcán Pichincha, el cual sirve de obstáculo para los vientos húmedos que vienen del oeste y suroeste. En el área de Quito, se puede observar

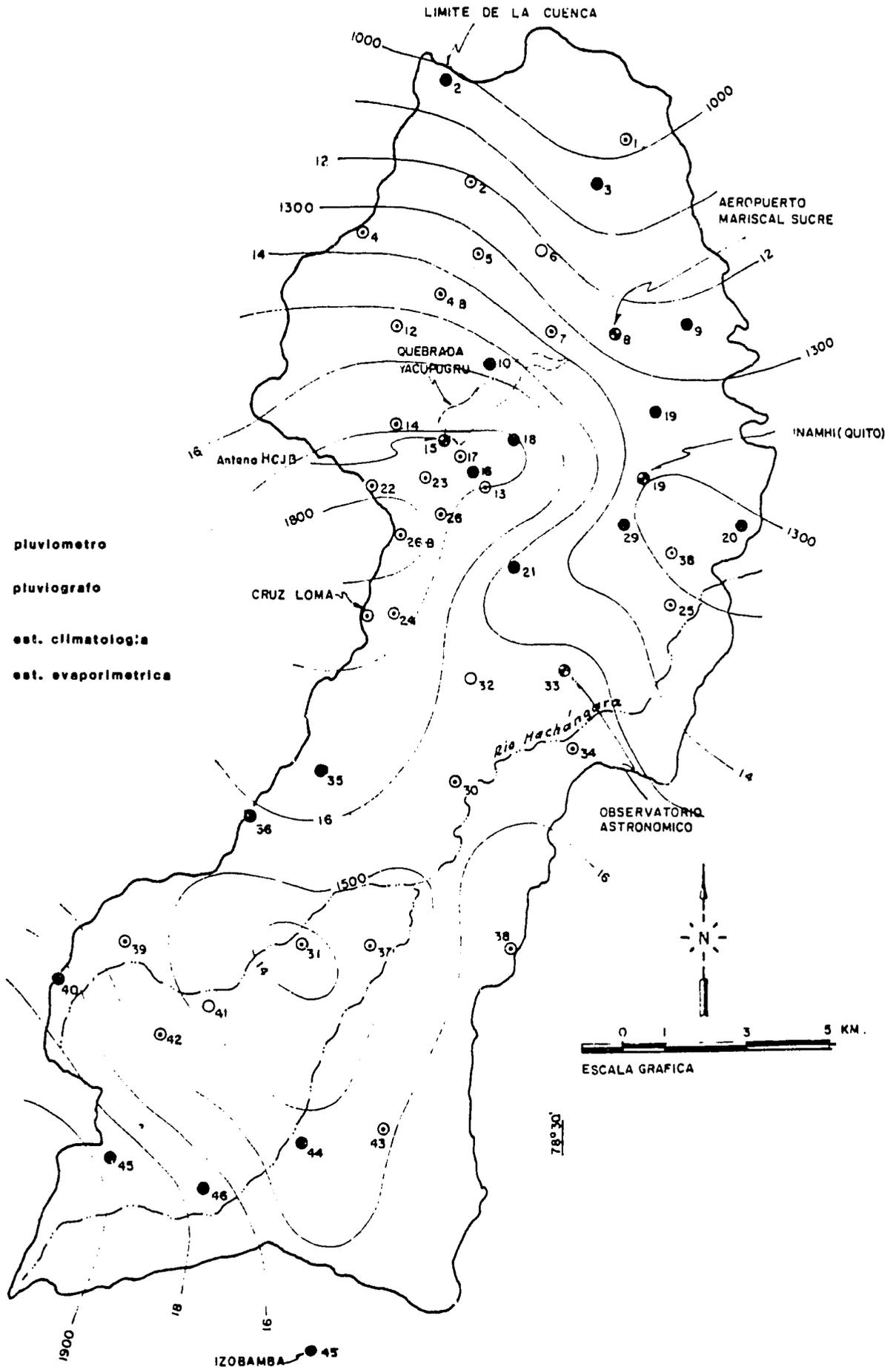
una disminución en la cantidad de precipitación en sentido sur al norte, y en sentido en elevación de arriba hacia abajo en el Volcán Pichincha mismo.

b. Datos de lluvia y aforo

En la Figura No. 11 se indica la ubicación de las estaciones hidrometeorológicas en el área del Pichincha. El Cuadro No. 1 en el Apéndice d se presenta una lista de estaciones meteorológicas y pluviométricas con las características importantes de cada una de ellas. También se presenta en la Figura No. 11 las isoyetas para el promedio anual de lluvias en el área del Pichincha y la Ciudad de Quito. La lluvia varía entre 1000 y 1900 mm anuales y generalmente son más altas en el área del Pichincha. No existen registros hidrométricos en la Quebrada Yacupugru, pero existen dos estaciones de caudales relativamente cerca de esta quebrada en la Pulida Chica y en Rumipamba. Sin embargo, sólo tienen registros de hace pocos años y sirven para establecer la curva de descarga y únicamente para caudales relativamente pequeños. Por lo tanto, estas estaciones no son adecuadas para calcular los caudales en la Quebrada Yacupugru. Para calcular las crecidas de la Quebrada Yacupugru, se usaron datos de lluvias en vez de los registros de caudales. Se estudió la precipitación para las lluvias en vez de los registros de caudales. Se estudió la precipitación para las lluvias más intensas registradas en 1983 y las cantidades máximas de precipitación para largos períodos de retorno.

05'

15'



<p>Camp Dresser & McKee Inc. Cohidro Consultores Cia Ltda.</p>	<p>Isoyetas para el promedio anual de lluvias</p>	<p>FIGURA 11 Marzo 1985</p>
---	--	--

De las dos tempestades fuertes que ocurrieron en 1983 cerca de la Quebrada Yacupugru, la del 4 de enero no registró una cantidad extraordinaria de precipitación en la vecindad de dicha quebrada. Pese a que se produjeron moderados aluviones en algunas cuencas vecinas, la tempestad parece muy localizada. La tempestad del 30 de abril de 1983, sin embargo, produjo una fuerte precipitación en el área de la Quebrada Yacupugru. La Figura 12 presenta un mapa de isoyetas de la tempestad en base a la precipitación total en 24 horas registradas en las estaciones del área. Se registró una precipitación de aproximadamente 70 mm la cual cayó durante un período de tres horas. Aproximadamente 40 mm de este total se registró en la primera hora de la tempestad y durante un período de 6 minutos, se registro 22 mm. Esto es equivalente a la intensidad 220 mm/hr en la estación La Pulida.

Para calcular los picos máximos para crecidas de largos períodos de retorno, se requirió elaborar curvas de intensidad-duración-frecuencia de las lluvias. La estación registradora de lluvias mas importante en el área de estudio es la del Observatorio de Quito que cuenta con registros diarios desde 1891, y registros de corta duración desde 1929. Se han actualizado los estudios sobre la frecuencia de las lluvias de esta estación.

En base a información disponible y estudios preivos, se establece claramente que la precipitación pluvial es mas alta en las laderas del Pichincha que en Quito. En el informe de la CDM del Plan Maestro para el Abastecimiento de Agua y Alcantarillado (1977) se estimó preliminarmente que las lluvias en la estación de Cruz Loma en el Pichincha durante el período de 1931 a 1937 era 37 por ciento mas alto que la

05'

LIMITE DE LA CUENCA

AEROPUERTO
MARISCAL SUCRE

INAMHI(QUITO)

LEYENDA

- Pv pluviometro
- ⊙ Pg pluviografo
- ⊕ Pm est. climatologia
- Pt est. evaporimetrica

C.G.J.B.

CRUZ LOMA

Rio Machángara

OBSERVATORIO
ASTRONOMICO



0 1 3 5 KM.
ESCALA GRAFICA

78°30'

IZOBÁMBA 47

Camp Dresser & McKee Inc.
Cofidro Consultores Cia Ltda.

Isoyetas para la tempestad
del 30 de abril de 1983

FIGURA 12

Marzo 1985

15'

precipitación registrada en el Observatorio Astronómico de Quito. Las isoyetas dibujadas con el promedio anual de lluvias y que se indican en la Figura No. 11 demuestran una mayor precipitación en el Pichincha que en áreas aledañas.

Existen registros de las lluvias en estaciones cercanas a la cuenca de la Quebrada Yacupugru (Antena Canal 10), pero son recientes y por un período mucho mas corto que del Observatorio de Quito (vease Cuadro No. 1 en el Apéndice d). No fue posible establecer la frecuencia de lluvias con esta información. Sin embargo, se estableció una relación entre las estaciones de registros recientes y la estación del Observatorio de Quito, a fin de que se puedan hacer los ajustes apropiados sobre la información de la frecuencia de lluvias para aplicar a la cuenca de la Quebrada Yacupugru.

Para varias estaciones cerca del área de estudio, se hizo una correlación entre las precipitaciones máximas registradas con respecto a las del Observatorio de Quito durante el mismo período. Debido a que el tiempo de concentración de la Quebrada Yacupugru es muy pequeño se debe efectuar correlaciones de lluvias de corta duración de una ó dos horas. Algunas estaciones de los alrededores de la cuenca esta equipadas con hidrográficos, pero no se ha logrado todavía traducir y procesar toda la información continua. Por eso, se obtuvo una relación entre precipitaciones máximas mensuales de 24 horas para las estaciones en el Canal 10 y El Sombrero. La correlación para esas dos estaciones con la estación del Observatorio de Quito fueron relativamente buenas para el período 1982-1983 y se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.75. La dispersión que se observó se puede explicar por el hecho de que las lluvias fuertes en el área del

estudio pueden ser puntales y bien localizadas con una considerable diferencia con los registros de las alturas de precipitación en las diferentes estaciones.

Un estudio de regresión lineal que se hizo para estas estaciones indicó que la máxima precipitación en esta área es de aproximadamente 20 por ciento mayor que la del Observatorio de Quito. Por lo tanto, las alturas de precipitación registradas en el Observatorio de Quito fueron aumentadas por un 20 por ciento para usar en la cuenca de la Quebrada Yacupugru. Se debe dar énfasis a que esta relación se observó solamente para una duración de 24 horas, y se desarrolló para valores mensuales con sólo un período de registro de dos años y este ajuste debe considerarse sólo como aproximado. Sin embargo, se piensa que ésta es una mejor representación de la precipitación que ocurre en el área de estudio que la registrada en el Observatorio de Quito. En el Cuadro No. 2 en el Apéndice d se presentan los parámetros meteorológicos de las zonas. En el Cuadro 3 del mismo Apéndice la intensidad duración y frecuencia de lluvias que han sido usadas en este estudio.

c. Metodología para el cálculo de escorrentía

No existen aforos de la Quebrada Yacupugru, por lo tanto y a fin de estimar las cantidades de escorrentía para diversas tempestades, se usó un modelo precipitación/escorrentía. Para este propósito, se usó un programa elaborado por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos (1981). Este programa, llamado "HFC-1:Flood Hydrograph Package" utiliza las características físicas de una cuenca y modelos de precipitación para generar hidrogramas de escorrentía. El programa

además permite que se combinen hidrogramas de lluvias de varias cuencas dirigidos a través de reservorios y operar considerando las condiciones (naturales o humanas) que se pueden encontrar en la cuenca.

La cuenca de principal interés en este estudio es la parte de la Quebrada Yacupugru situada arriba de la Avenida Occidental. Debido a la importancia del canal actualmente en construcción que desviará el flujo de la Quebrada La Esperanza, Quebrada Las Delicias y Quebradas Yacupugru a la Quebrada Runachanga, se modelaron estas quebradas vecinas y la Quebrada Yacupugru en dos partes, una arriba del canal nuevo y la otra abajo del canal.

La información que se introdujo en el modelo para cada cuenca incluyó el área de drenaje, el número de la curva de escurrimiento SCS (determinado en base a las características de la vegetación y uso del terreno descritos en el Capítulo IV), la diferencia en la duración de las lluvias, y el pico del hidrograma. El tiempo de registro se calculó en el principal curso de agua determinando su longitud y asumiendo un coeficiente representativo de la rugosidad de la cuenca. Las cuencas se analizaron para las condiciones durante la tempestad del 30 de abril de 1983, y para los períodos de retorno de lluvias de 10, 50 y 100 años. Para los períodos mencionados, se analizaron las cuencas de tres diferentes condiciones de vegetación y el uso del terreno: (1) existente, (2) futuro favorable y (3) futuro no favorable, descritos en el Capítulo IV.

El Cuadro No. 2 presenta los resultados de los análisis hidrológicos para los períodos de retorno de lluvias de 10, 50 y 100

Control de la Erosion y Escurrimiento de las Laderas del Pichincha

CUADRO 2

CAUDALES MAXIMOS ESTIMADOS

Ubicación	10 años			50 años			100 años		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Q. La Esperanza (canal arriba)	5.6	5.4	5.8	7.0	6.8	7.1	7.6	7.4	7.7
Desvio a la Q. Delicias	5.6	5.4	5.8	7.0	6.8	7.1	7.6	7.4	7.7
Q. Delicias (canal arriba)	3.2	3.1	3.3	4.0	3.9	4.0	4.3	4.2	4.3
Desvio a la Q. Yacupugru	8.3	8.1	8.5	10.3	10.1	10.5	11.2	11.0	11.4
Q. Yacupugru (canal arriba)	16.6	16.0	17.0	20.6	19.9	21.0	22.4	21.8	22.8
Caudal en el canal de desvio	22.9	22.1	23.5	28.4	27.5	29.0	30.9	30.1	31.5
Desvio a la Q. Runachanga	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3
Q. Yacupugru (canal abajo)	2.8	2.8	2.8	3.5	3.5	3.5	3.8	3.7	3.8
Quebrada Runachanga	30.9	30.6	33.1	34.8	34.5	37.0	36.5	36.3	38.7

- A. Vegetación Existente
- B. Vegetación Futura Favorable
- C. Vegetación Futura No Favorable

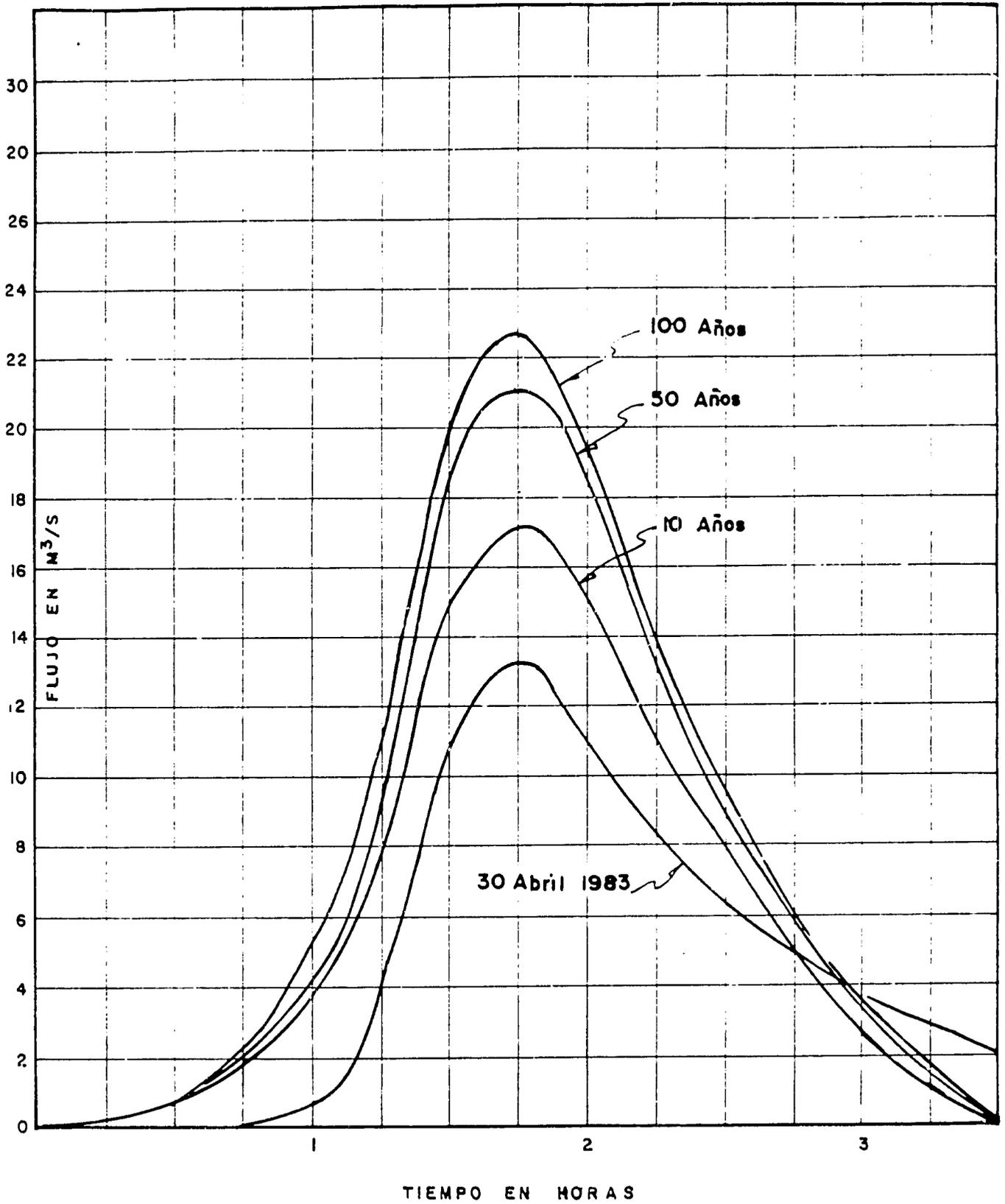
Nota: Los caudales máximos canal abajo pudieran ser menor que la suma de los afluentes debido a la diferencia de tiempo en los hidrogramas. Todos los caudales se indican en m³/s.

años, y la Figura No. 13 indica los hidrogramas estimados para las lluvias para la cuenca de la Quebrada Yacupugru arriba del nuevo canal de drenaje.

En el afán de presentar esta información de una manera mas resumida y para las condiciones actuales en la Quebrada Yacupugru, se prepararon esquemas de crecidas de inundaciones para los periodos de retorno de lluvias de 10, 50 y 100 años. Estos esquemas se presentan en la Figura No. 14 con las capacidades de los canales de desvío.

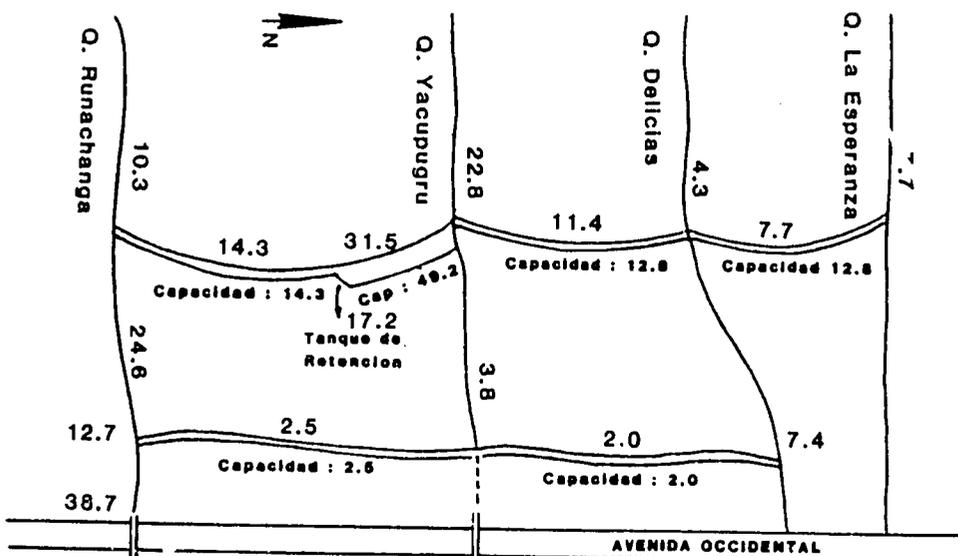
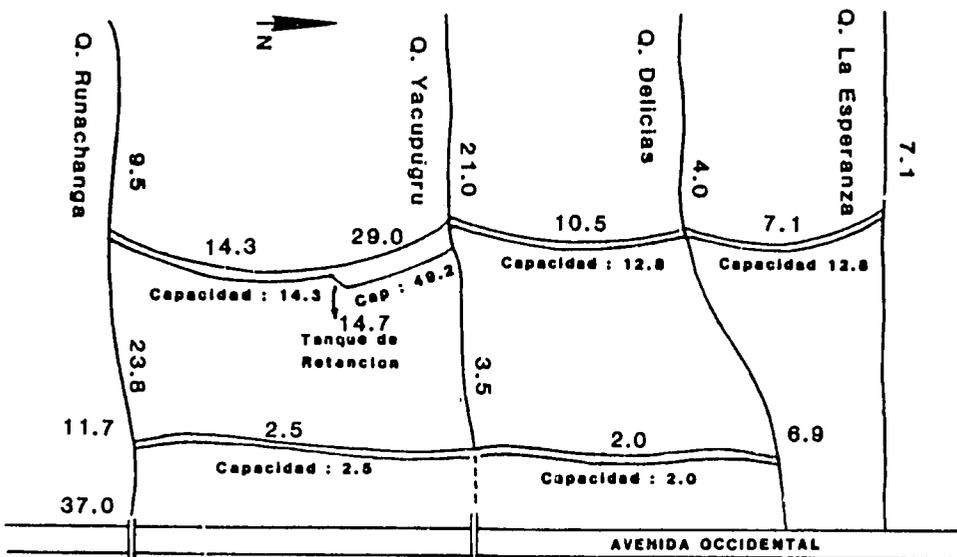
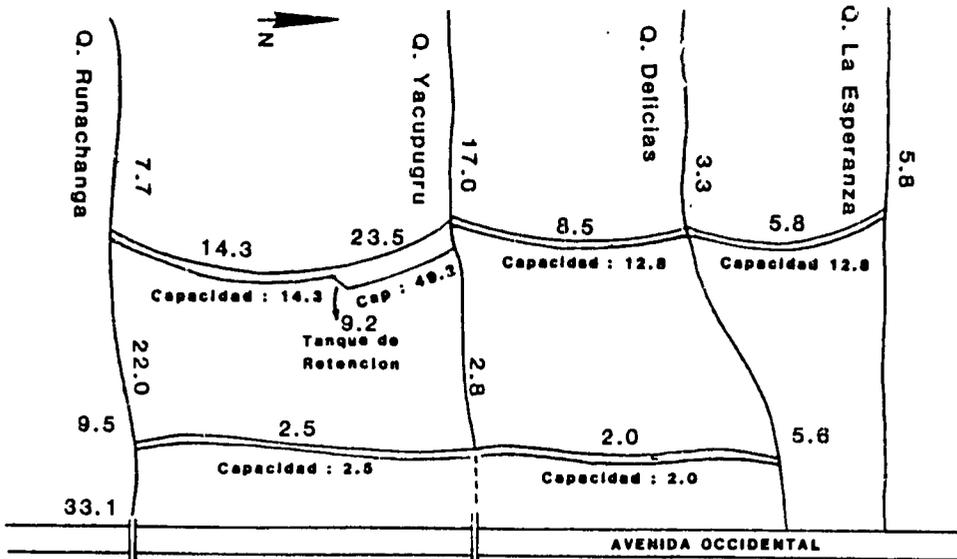
De los análisis hidrológicos e hidráulicos del área de estudio, se desprende que el sistema de drenaje actualmente en construcción podrá soportar aparentemente todos los caudales hasta por lo menos en frecuencia centenaria que podrían presentarse en las cuencas de las Quebradas Las Delicias y La Esperanza. Sin embargo, en la cuenca de la Quebrada Yacupugru los flujos combinados de las tres cuencas excederán la capacidad del canal de conducción a la Quebrada Runachanga con una tempestad de 10 años de frecuencia.

Es interesante notar que las diferencias entre las crecidas para periodos de retorno de 10, 50 y 100 años son relativamente pequeños. El máximo para el de 50 años es de aproximadamente 25 por ciento mayor que el máximo para el de 10 años y el máximo para el de 100 años es sólo cerca de 10 por ciento mayor que el máximo de 50 años.



Camp Dresser & McKee Inc. Cohidro Consultores Cia Ltda.	Hidrogramas estimados	FIGURA 13
		Marzo 1985

12



Caudal máximo en metros cúbicos por segundo

FIGURA 11

Marzo 1988

Esquema de crecidas de inundaciones

Camp Dresser & McKee Inc.
Cahidro Consultores Cia Ltda.

Control de la erosion y escurrimiento
de las laderas del Pichincha

QUEBRADA YACUPUQRU

VI MEDIDAS DE MITIGACION



Cohidro Consultores Cia. Ltda.
Camp Dresser & McKee International Inc.

19

CAPITULO VI

MEDIDAS DE MITIGACION PARA LA QUEBRADA YACUPUGRU

a. Objetivos y control del uso del terreno

Los problemas en la Quebrada Yacupugru incluyen el flujo de agua durante las tempestades que exceden la capacidad de las obras de drenaje existentes y un volumen grande de potenciales flujos de barro en la cuenca. Mientras estos problemas se relacionan en muchos aspectos, existen diferencias en las soluciones que se consideraron para cada problema. Por lo tanto, a continuación se describen las soluciones separadamente. La medida de mitigación recomendada es una solución completa que puede ser implementada para resolver ambos problemas de la cuenca de la Quebrada Yacupugru.

El control del uso del terreno en las laderas orientales del Pichincha puede ser necesario para lograr los dos objetivos siguientes:

- o Evitar la construcción de viviendas y otros tipos de desarrollo urbano cerca de los bordes de la quebrada, y
- o Reducir los peligros de los aluviones y flujos de lodos por el manejo del uso del terreno y vegetación.

El desarrollo de la cobertura de la vegetación dentro de la Quebrada Yacupugru sería más efectivo en el control de la escorrentía y podría lograrse, solamente a través de un programa de manejo de la tierra a largo plazo. Los propósitos de dicho programa deberán incluir el aumento ó mantenimiento de los tipos de vegetación que

proveen las coberturas de suelo más densas. Se debe discontinuar o controlar la práctica de quemar pastos de páramo y chaparro a elevaciones sobre 3400 metros. Mientras no ocurran incendios o se tomen medidas que eviten esta práctica, los pastos de chaparro crecerán de nuevo a lo largo de la zona de la Ceja Andina. Igualmente, los pastos densos naturales de chaparro de la Ceja Andina y los Bosques Subandinos deberán crecer gradualmente desde el cauce de la quebrada a las áreas que actualmente tienen plantaciones de eucalipto y pastos.

Se debe reducir e impedir la remoción de la vegetación para la construcción, y se debe replantar inmediatamente ya sea con plantas locales o especies recomendadas en la literatura para la erosión interandina (por ejemplo, Acosta Solis, 1971). Existen numerosas especies disponibles de semillas de pasto para este propósito. El establecer un control del manejo del uso de la tierra que es esencial para preservar la degradación de la vegetación natural, significará un alto costo administrativo. Los propósitos en el manejo de la tierra para mejorar las características hidrológicas en la cuenca deberían relacionarse con objetivos similares como la protección de recursos naturales y desarrollo de usos científico, recreacionales y de esparcimiento del Pichincha como se indica en el Plan de Manejo del Bosque Protector del Pichincha. Además, debería ser posible integrar esos propósitos en la expansión y protección de las áreas de la vegetación natural que implica los mismo objetivos de mejorar las oportunidades de recreación, protección de la vida silvestre y la preservación de la flora natural. Ya que el principal uso de las plantaciones de eucalipto es el control de erosión, la invasión de los

pastos de chaparro ayudaría a este propósito pero reduciría el uso en silvicultura de estos árboles. El eucalipto parece ser un inhibidor del desarrollo de la capa vegetal necesaria para un mejor control de la escorrentía, y por esto, se puede reemplazar con especies forestales como el Pino Monterrey (*Pinus radata*).

b. Control de los peligros de deslizamiento

Según se indicó en el Capítulo III, en base a estimaciones mas bien conservadoras, el volumen del material proveniente de los deslizamientos potenciales de la Zona 1 (Figura No. 8) que pueden incorporarse a futuros flujos de lodos, es de aproximadamente 60000 m³. Se considero no muy práctico implementar un extenso programa para estabilizar las laderas a lo largo de la Zona 1 a fin de mitigar los peligros de deslizamiento. Existen, sin embargo, varias medidas efectivas que pueden considerarse para reducir el peligro potencial de los deslizamientos y reducir también el volumen del material que puede ser arrastrado y que requerirá un control adecuado.

Se han identificado dos principales categorías de deslizamientos en esta quebrada: (1) deslizamientos y flujos y (2) desplomes y desplazamientos. Los primeros son realmente impredecibles y pueden ocurrir en cualquier pendiente y condición geológica que favorezca este tipo de inestabilidad. No se considera práctico adoptar medidas para el control de deslizamientos en este tipo de inestabilidad a lo

largo de la quebrada. Los desplomes y desplazamientos son fenómenos cuya ocurrencia puede predecirse y que son ocasionados por socavamiento de las bases de las paredes de la quebrada y el consiguiente derrumbe. Medidas efectivas de mitigación pueden ser implementadas para este caso.

Se cree que las siguientes técnicas de control para deslizamientos pueden reducir considerablemente la producción potencial de desplomes y deslizamientos en la Zona 1:

- o Construcción de azudes a intervalos regulares a lo largo del lecho de la quebrada reducirán el socavamiento y el deslizamiento de las paredes de la quebrada. Se considera que estas estructuras puedan ser de gabiones.
- o Un reconocimiento geológico detallado puede identificar áreas críticas donde la tensión superficial de rotura existe (ver el Capítulo III), o puede ocurrir. Medidas no complicadas relacionadas con el drenaje superficial pueden ser implementados para alejar el escurrimiento de estas áreas y prevenir un exceso de presión hidrostática, fenómeno que tiene un papel importante en este tipo de falla, identificadas como desplome y deslizamiento.
- o Otra medida importante es la protección contra la erosión de las paredes de la quebrada, a lo largo de sus bases en las áreas reconocidas geológicamente como críticas. Esta medida probablemente puede realizarse con algún tipo de revestimiento con gabiones.

Se estima que la implementación de este tipo de medidas puede reducir el volumen de futuros flujos de barro (por ejemplo, como resultado de lluvia intensa de un período de retorno de 25 años o más) a un volumen comprendido entre 30,000 y 40,000 metros cúbicos.

c. Alternativas para el control

Se estima que el caudal pico en la Quebrada Yacupugru excederá la capacidad de las obras de drenaje existentes y propuestas por un volumen aproximado de 9 m³/s para una lluvia con un período de retorno de 10 años de 15 m³/s para lluvia con período de retorno de 50 años, y de 17 m³/s para una lluvia similar de 100 años. A fin de prevenir las inundaciones como resultado de los flujos altos, se presentan tres alternativas básicas:

- o Reducir el volumen de escorrentía por control del uso del terreno y vegetación,
- o Aumentar la capacidad de los canales de drenaje aguas abajo,
- o Instalar obras de retención para almacenar la escorrentía máxima.

A continuación se describe en detalle cada una de las alternativas básicas:

Reducir el volumen de escurrimiento. En base al análisis hidrológico de éstos potenciales cambios indicados en el Capítulo V, la reducción que se puede obtener en los valores del caudal pico de los cambios en el uso del terreno y vegetación es aparente, pero el efecto neto es solamente una disminución del 4 al 6 por ciento de los caudales que ocurrirían en condiciones no favorables de la cuenca. Por tanto, estas medidas sirven solo como solución parcial de los problemas de inundaciones y medidas adicionales de control para eliminar los problemas de inundación serán necesarios. Los cambios en la vegetación y el uso de la tierra se consideran convenientes debido a que reducen la magnitud y el costo de otras medidas de mitigación.

Aumentar la capacidad del sistema aguas abajo. Para la Quebrada Yacupugru, las mejoras para el canal de drenaje

aguas abajo serán difíciles. La distancia desde la entrada del colector que sirve a esta quebrada a la salida del Batán es de aproximadamente 5 kilómetros. Tal vez no es necesario construir obras adicionales para toda esta distancia, pero existe la necesidad de construir ciertas obras importantes. Para este estudio no se realizó un análisis detallado de la capacidad del sistema de drenaje existente, pero en base a las evaluaciones realizadas por CDM como parte del Informe del Plan Maestro (1977) solamente algunos colectores existentes tienen capacidad para conducir flujos adicionales de aguas lluvias para el período de retorno de 10 años. Otros en cambio carecen de capacidad para las aguas lluvias con este período de retorno. Se estima que para un colector nuevo que pueda conducir el exceso de caudal tendrá que ser de aproximadamente 1.2 metros por 1.5 metros de alto para llevar el escurrimiento proveniente de una lluvia con un período de retorno de lluvia de 10 años, y de 1.5 metros por 2.0 metros de alto para el período de retorno de lluvia de 100 años. Los colectores nuevos tendrán que construirse principalmente en calles existentes y área residenciales.

Obras de retención. Para la Quebrada Yacupugru y otras cuencas del Pichincha, el uso de estructuras de retención parece ser una solución apropiada para evitar los problemas y costos altos asociados con las mejoras del sistema aguas abajo. Estos tanques de retención pueden almacenar hasta que la esorrentía máxima haya pasado y el agua pueda ser descargada con un flujo bajo en el sistema de drenaje existente. Debido a que las cuencas de drenaje son pequeñas, los caudales pico normalmente ocurren durante un período de varias horas ó menos. El almacenamiento temporal de estos caudales pico permitirán el uso de las obras de drenaje existentes. Sin embargo, debido a la fuerte pendiente longitudinal de las laderas del Pichincha será difícil encontrar sitios adecuados para el volumen requerido de almacenamiento. La mayoría de las áreas planas adecuadas

para la instalación de un tanque de retención ya han sido utilizadas para el desarrollo urbano por el crecimiento de la ciudad de Quito.

EMA ha seleccionado un sitio para construir un tanque de retención a lo largo del nuevo canal que conducirá el agua desde la Quebrada Yacupugru a la Quebrada Runachanga. En esta área existe una cantidad limitada de espacio nivelado con fuertes pendientes longitudinales a los alrededores. Por las condiciones difíciles del sitio, tendrá que construirse un tanque de retención lo mas profundo posible. Si el desvío del flujo de agua al tanque solo se requeriría despues de que la capacidad maxima del canal se llene (14.3 m³/s), se estima que el almacenamiento de retención será aproximadamente 21000 m³ para almacenar escorrentía de una lluvia con un período de retorno de 10 años, será de 37000 m³ para un período de retorno de 50 años, y 46000 m³ para el período de 100 años. Suponiendo que la longitud del tanque sea de 150 metros, este podría tener 5.2 metros de profundidad (1.5 metros para la profundidad del canal y 3.7 metros para la caída del canal sobre una distancia de 150 metros) y aún permitir que el agua vuelva a entrar al canal. Las dimensiones del tanque para controlar el flujo en exceso de un período de retorno de lluvia de 10 años tendría que ser de 27 metros por 150 metros y por 5.2 metros de profundidad, y practicamente el doble en tamaño para el período de retorno de lluvia de 50 años. Casi el volumen total del tanque tendrá que ser excavado y se requerirá revestimiento de hormigón para el piso y paredes.

Un lugar alterno para el tanque de retención sería en la quebrada Yacupugru, aguas arriba del punto de desvío para el nuevo canal. El

caudal en este lugar sería solamente el de la Quebrada Yacupugru y no se almacenaría aguas de las Quebradas Las Delicias y La Esperanza. Sin embargo, ya que el canal de la Quebrada Yacupugru a la Quebrada Runachanga será adecuado para conducir todo el flujo de las Quebradas Las Delicias y La Esperanza, el almacenamiento de aguas de la Quebrada Yacupugru será suficiente para eliminar los problemas de las inundaciones.

Debido a las paredes empinadas de la quebrada, se requerirá una presa de estructura relativamente estrecha. Sin embargo, por sus fuertes pendientes longitudinales, se requerirá una estructura relativamente alta a fin de obtener el espacio de almacenamiento necesario. El cañon de aguas arriba del canal nuevo tiene aproximadamente 30 metros de profundidad, pero el costo y problemas que significan una estructura alta se ha pensado en una estructura de 15 a 20 metros para esta área. Se calcula que una estructura de 15 metros podría almacenar alrededor de 7000 m³, y una de 20 metros almacenaría cerca de 15000 m³. Si se requiere espacio adicional para almacenar, se podría construir otras estructuras en la quebrada.

En las épocas de lluvias fuertes, se acumularán en la cuenca grandes cantidades de material de arrastre y se tendrá que remover materiales de mayor tamaño. La construcción de una carretera en el sitio será necesario para la construcción y limpieza del represamiento. El volumen de almacenamiento en un tanque de retención como este no es eficazmente utilizado como el de una estructura de tipo vertedero como es la propuesta por EMA. Una parte de este volumen de almacenamiento tiende a llenarse con agua de los caudales de entrada iniciales

relativamente bajos, sin dejar mucho volumen para los caudales pico de lluvias. Por consiguiente, se necesita un volumen mayor de almacenamiento en este lugar.

Se usó el programa de computación HEC-1 para estimar los hidrogramas de crecida para la cuenca de la Quebrada Yacupugru, y también para estudiar los resultados de la reducción de los caudales de pico en un tanque de retención de esta quebrada. Se incluyó en este programa la curva de elevación-almacenamiento para el tanque de retención y se investigaron los tamaños y salidas de varios aliviaderos. Se estableció que usando dos estructuras de 20 metros de altura, el caudal pico para un período de retorno de lluvia de 10 años en la Quebrada Yacupugru puede reducirse de 17 m³/s a casi 9 m³/s. Este caudal pico ocurriría después que el flujo máximo de las Quebradas Las Delicias y La Esperanza hayan pasado, para que el nuevo canal pueda desviar el caudal de la Quebrada Runachanga. Las dos estructuras reducirían los flujos de 21 a 16.6 m³/s y de 22.8 a 20.1 m³/s para los períodos de retorno de lluvia de 50 y 100 años, respectivamente. Cuando se combinen dichos caudales regulados con los caudales provenientes del norte, estos excederán la capacidad del canal. Por lo tanto, se necesitarán estructuras adicionales para controlar los flujos de agua de los períodos de retorno de lluvia de 50 y 100 años.

Se debe dar énfasis en el análisis hidráulico que se realizó usando solamente hidrogramas de esorrentía estimados, sin tomar en cuenta el volumen de los materiales de arrastre que se puedan presentar. Ya que durante las lluvias fuertes se produce un cantidad significativa de arrastre y estos probablemente aumentarían el volumen

del caudal pico en la quebrada y reducirían el volumen para almacenamiento en el tanque de retención, la protección dada a las estructuras probablemente será menor que las que indica el análisis hidráulico.

Estudios anteriores han indicado que la precipitación y el flujo en las quebradas tienden a producir deslizamientos, derrumbes y flujos de barro por su acción en suelos inestables dentro de las cuencas. Las altas pendientes de las quebradas provocan que aun los caudales bajos transporten las aguas a altas velocidades. Estas velocidades provocan que las aguas conduzcan sedimentos y otras partículas del suelo las cuales a su vez socarían el fondo del canal causando fallas en las laderas adyacentes a lo largo de la quebrada como también el movimiento del lecho del canal.

Existen varios tipos de estructuras de control que se pueden utilizar para impedir que las corrientes rápidas de flujo transporten partículas del suelo ó de lodo. La estructura de control consiste de una presa de hormigón ó de tierra con un estanque de suficiente capacidad para retener los materiales provenientes de los derrumbes de lodos, e impedir que puedan ser transportados a grandes distancias produciendo daños aguas abajo de las laderas o laderas adyacentes. La presa tiene un vertedero de emergencia como también salidas en los varios niveles de la presa para permitir la descarga de los flujos del estanque una vez que se sedimenten las partículas del suelo y otros lodos. La estructura de disipación de energía consiste de una presa de tierra u hormigón construído dentro del lecho de la quebrada con el propósito de crear un estanque para reducir la velocidad de las

corrientes. La represa también tiene un vertedero de emergencia con descarga a la estructura de disipación de energía a fin de disipar totalmente la energía de la caída.

Otro método para controlar la velocidad es la construcción de diques de retención a intervalos apropiados a lo largo del lecho de la cuenca que pueden ser hechos de gabiones o cestos de alambres rellenos de piedra. Esos gabiones están orientados a traves de la corriente y unidos con alambre y rellenos de piedra obtenidos en la misma cuenca. Una vez terminados son permeables, permiten un drenaje libre y retienen sólidos sedimentables a un grado de flexibilidad que admite asentamientos pequeños del suelo sin causar daños notables.

El cauce de la Quebrada Yacupugru aumento en la elevación de cerca de 900 metros con una pendiente promedio de aproximadamente 25 por ciento. La pendiente aumenta rápidamente por un promedio del 25 por ciento (entre elevación 3100 y 3400 metros) a un promedio del 50 por ciento (entre elevación 3400 y 3800 metros). Debido a que esta última sección se encuentra aguas arriba del área de más preocupación geológica (Zona 1), es muy acertado ubicar una estructura en la vecindad del canal a una elevación de 3400 metros para el propósito de controlar las velocidades torrenciales ya sí reducir la posibilidad de movilizar suelos y lodos que se transportan aguas abajo. Además, hemos considerado necesario ubicar dos, y posiblemente tres, estructuras para controlar los flujos en sitios estratégicos en la Zona 1 con el objeto de retener material sólido de esas áreas propensas a derrumbes. Este material si no se controla, se moviliza y constituye una amenaza al desarrollo aguas abajo al remover mas material por efecto de estas altas velocidades. Estas estructuras se ubicarían en

sitios donde podrían ser cimenadas sobre roca estables para asegurar la estabilidad de éstas y que no sean una amenaza potencial en caso de un posible movimiento. Se considera que las instalaciones para el control de flujo de lodos aguas arriba se ubiquen a una cota de 3200 metros y otra aguas abajo a una cota de 3085 metros. Otra estructura, si es necesario para control, podría ubicarse entre esas dos estructuras a una cota de 3160 metros.

d. Efectos de la Quebrada Runachanga

El alcance del trabajo de este estudio se concentró solamente en la Quebrada Yacupugru, sin embargo, debido a que las obras que actualmente se están construyendo en el sistema de drenaje afectarán en gran medida a las cuencas cercanas, se deberán considerar brevemente los problemas de las otras cuencas. Las mejoras en el sistema de drenaje eliminarán los problemas de los aluviones en las dos quebradas ubicadas al norte de la Quebrada Yacupugru. Sin embargo, los problemas de aluviones se revertirán a la Quebrada Runachanga debido al agua que se conducirá en las obras que mejoran el sistema de drenaje.

Como se indica en el Capítulo V, se estima que el caudal pico en la Quebrada Runachanga, una vez que se concluya con el canal de drenaje, será de 31 m³/s para el período de retorno de lluvia de 10 años. Este caudal es considerablemente mayor que la capacidad del colector existente, que es de aproximadamente de 10 m³/s en la Avenida Occidental y solo cerca de 6 m³/s en el área aguas abajo de la misma avenida.

En base a los hidrogramas elaborados y la desviación propuesta del agua de las quebradas, se estima que se requerirá por lo menos 100,000 m³ de almacenamiento en esta Quebrada para el período de retorno de lluvia de 10 años con la actual capacidad de los colectores aguas abajo.

La entrada del colector en la Quebrada Runachanga se encuentra aproximadamente a 30 metros bajo el nivel de la Avenida Occidental. El embarque del relleno para la Avenida forma en realidad una presa en este sitio. Por lo tanto, esta área sirve como un tanque de retención natural, en el cual el agua se embalsa durante los períodos de frecuencia máxima. No se conoce la estabilidad del relleno de la Avenida Occidental para operar como una presa y mantener este gran calado de agua. Probablemente, el relleno no fue construido y diseñado como una presa, y existe la posibilidad de que sufra daños, y falle el relleno. No se realizó un análisis de estabilidad pues no forma parte del estudio de la Quebrada Yacupugru.

Control de la erosion y escurrimiento
de las laderas del Pichincha

QUEBRADA YACUPUQRU

**VII PLAN RECOMENDADO
DE MITIGACION**



Cohidro Consultores Cia. Ltda.
Camp Dresser & McKee International Inc.

CAPITULO VII

PLAN RECOMENDADO DE MITIGACION PARA LA QUEBRADA YACUPUGRU

a. Descripción del Plan de Mitigación

Debido a las ventajas que para la protección contra las inundaciones ofrecen las estructuras de retención construídas en el lecho de la Quebrada Yacupugru, y que además pueden retener flujos de lodo, se recomienda la construcción de estructuras de retención. Adicionalmente, se recomienda construir una estructura para disipación de energía y reducir las velocidades aguas arriba de la zona considerada como mas crítica en la producción potencial de material de arrastre. Se deben considerar mas de dos estructuras si la protección adicional que brindarían justifican el costo adicional. El número óptimo de estructuras, su ubicación, dimensiones, obras de vertederos y salidas serán considerados en mas detalle en la etapa de diseño.

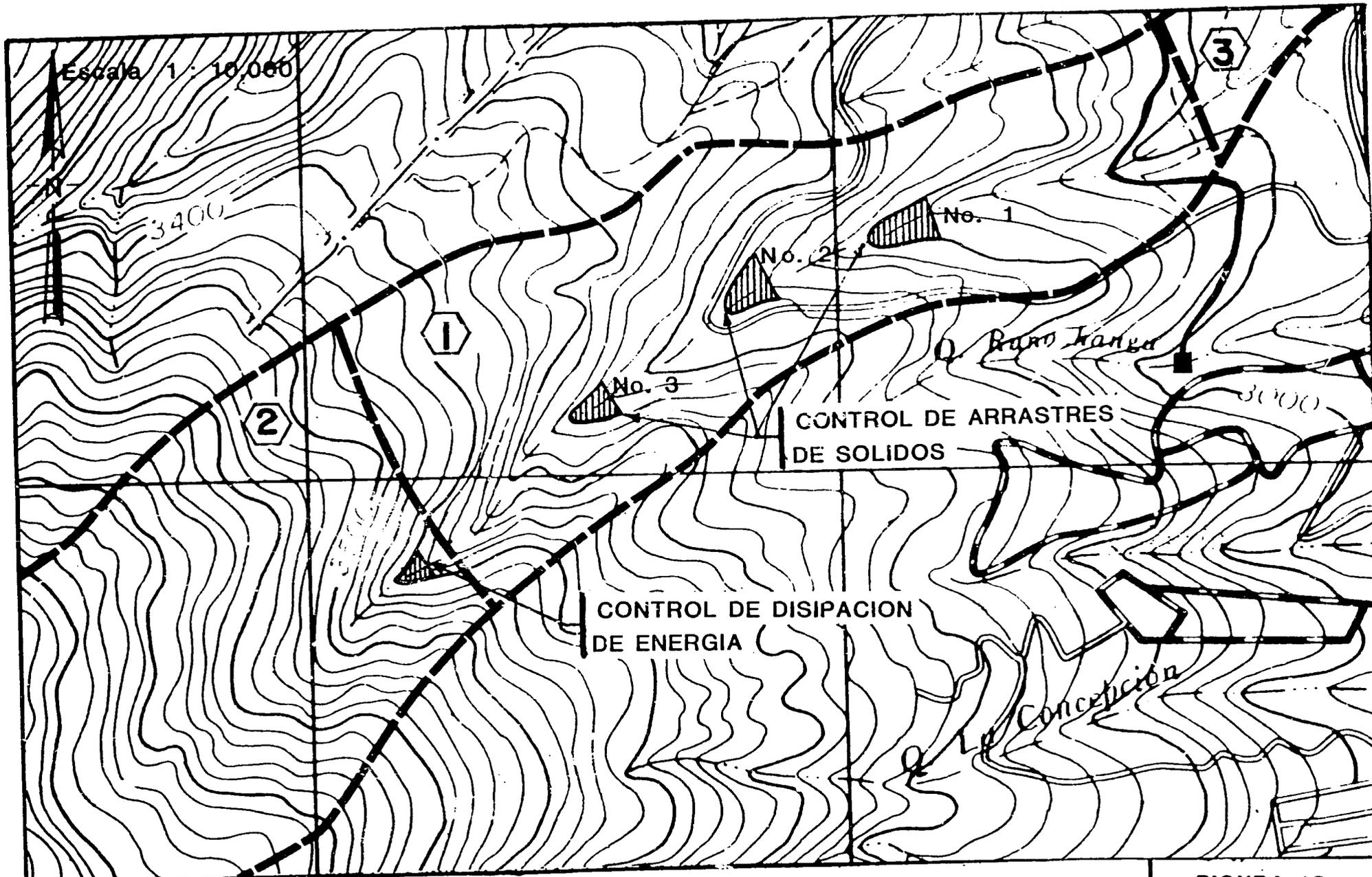
Considerando que aún con las mejoras recomendadas, el nuevo canal de drenaje no tendrá la capacidad para transportar los caudales extraordinarios de las inundaciones, como las de los períodos de retorno de tormentas de 50 y 100 años, se recomienda la construcción de un aliviadero lateral en el nuevo canal de drenaje que descargue el cauce de la quebrada aguas abajo del sitio de desviación. Este control con aliviadero evitará los daños al canal que de otra manera destruirían una parte del mismo. El aliviadero podría ser construído ya sea en el punto donde el canal se estrecha o en un punto de desvío

de la misma quebrada. En este último caso, se debe colocar un estrechamiento en el canal a fin de que el flujo que entra se limite a 14.3 m³/s que es la capacidad del canal pequeño que conduce el agua a la Quebrada Runachanga.

Cabe resaltar que toda obra hidráulica se construye para un determinado período de retorno el cual determina el grado de protección que se quiera dar a la estructura. La obra de protección y control de inundaciones son susceptibles de sobrecargarse, desbordarse y provocar inundaciones cuando se produzcan lluvias de intensidades altas y que superen a aquellas consideradas en el período de retorno adoptado, sin embargo gracias a estas obras de protección, los eventuales desbordamientos o inundaciones habrán sido mitigados.

Se investigó varios sitios donde se puede instalar las obras de control en la Quebrada Yacupugru. Debido a las características morfológicas y geológicas, la ubicación de las estructuras es sumamente importante para un correcto funcionamiento de las obras. Como se indica anteriormente, la zona mas crítica para la producción potencial de material de arrastre es la Zona 1. Se encuentran tres sitios para la instalación de estructuras de control de arrastres en esta zona. Estos sitios se indican en la Figura No. 15, así como el sitio para la estructura de disipación de energía en la Zona 2 que reduciría la velocidad del escurrimiento en esta área de alta pendiente.

Se prepararon diseños conceptuales para cada sitio. Un resumen de datos importantes de estas obras se presenta en el Cuadro No. 3.



Camp Dresser & McKee Inc.
 Colidro Consultores Cia Ltda.

Mapa topografico con obras propuestas recomendadas

FIGURA 16

Marzo 1985

11

Control de la Erosion y Escurrimiento de las Laderas del Pichincha

CUADRO 3

DATOS DE LAS ESTRUCTURAS DE CONTROL BAJO CONSIDERACION

Estructura No. 1 de Control de Arrastres a una Elevación de 3085 metros

Nivel Superior	3104	Nivel del Aliviadero	3102
Nivel de la Base	3084	Largo del Aliviadero	20 m
Largo de la Estructura	44 m	Altura del Aliviadero	18 m
Altura de la Estructura	20 m	Volumen de Almacenamiento	9400 m ³

Estructura No. 2 de Control de Arrastres a una Elevación de 3160 metros

Nivel Superior	3182	Nivel del Aliviadero	3180 m
Nivel de la Base	3158	Largo del Aliviadero	20 m
Largo de la Estructura	124 m	Altura del Aliviadero	22 m
Altura de la Estructura	24 m	Volumen de Almacenamiento	15200 m ³

Estructura No. 3 de Control de Arrastres a una Elevación de 3220 metros

Nivel Superior	3240	Nivel del Aliviadero	3238 m
Nivel de la Base	3281	Largo del Aliviadero	20 m
Largo de la Estructura	80 m	Altura del Aliviadero	22 m
Altura de la Estructura	22 m	Volumen de Almacenamiento	20000 m ³

Estructura de Disipación de Energía a una Elevación de 3380 metros

Nivel Superior	3390	Nivel del Aliviadero	3388 m
Nivel de la Base	3378	Largo del Aliviadero	15 m
Largo de la Estructura	41 m	Altura del Aliviadero	10 m
Altura de la Estructura	12 m	Volumen de Almacenamiento	1200 m ³

97

b. Instalaciones propuestas

Se han detallado las obras propuestas de una manera muy preliminar usando los mapas disponibles y sin levantamientos adicionales de campo. El objeto es el de suministrar un diseño conceptual de estas obras que permita estimar el costo aproximado, y así establecer la viabilidad del proyecto propuesto. Por lo tanto, los diseños conceptuales que se han logrado tienen que definirse una vez que se haya determinado su ubicación, detalles y dimensiones con la información de investigaciones que serán parte de la fase del diseño final. A continuación se detalla las estructuras hidráulicas preliminares:

Obras para controlar los arrastres y flujos. Esas estructuras se ubicarán a una elevación de 3085 (No. 1) y 3320 (No. 3) metros y se componen de una presa de contrafuerte de hormigón agua abajo y un dique con una altura máxima dependiendo del sitio. La presa tendrá salidas a bajo nivel para descargar el agua. El aliviadero tendrá una longitud en la cima de 20 metros que permitirá una capacidad para descargar el caudal máximo de 28 metros cúbicos por segundo con 1.3 metros de borde libre usando las puertas de descarga a través de la presa. Esta estructura tendrá un volumen de almacenamiento aproximado de 9400 metros cúbicos hasta la cima del aliviadero a la elevación de 3102 metros. La estructura para el control de arrastres en la elevación de 3220 metros tendrá un volumen de almacenamiento de 20,000 metros cúbicos hasta la cima del aliviadero a la elevación de 3238 metros. La construcción de una tercera estructura (No. 2) para el control de arrastres, si es necesaria, proveería un volumen adicional de 15,200 metros cúbicos. Este será suficiente para contener el total estimado de los materiales producidos por

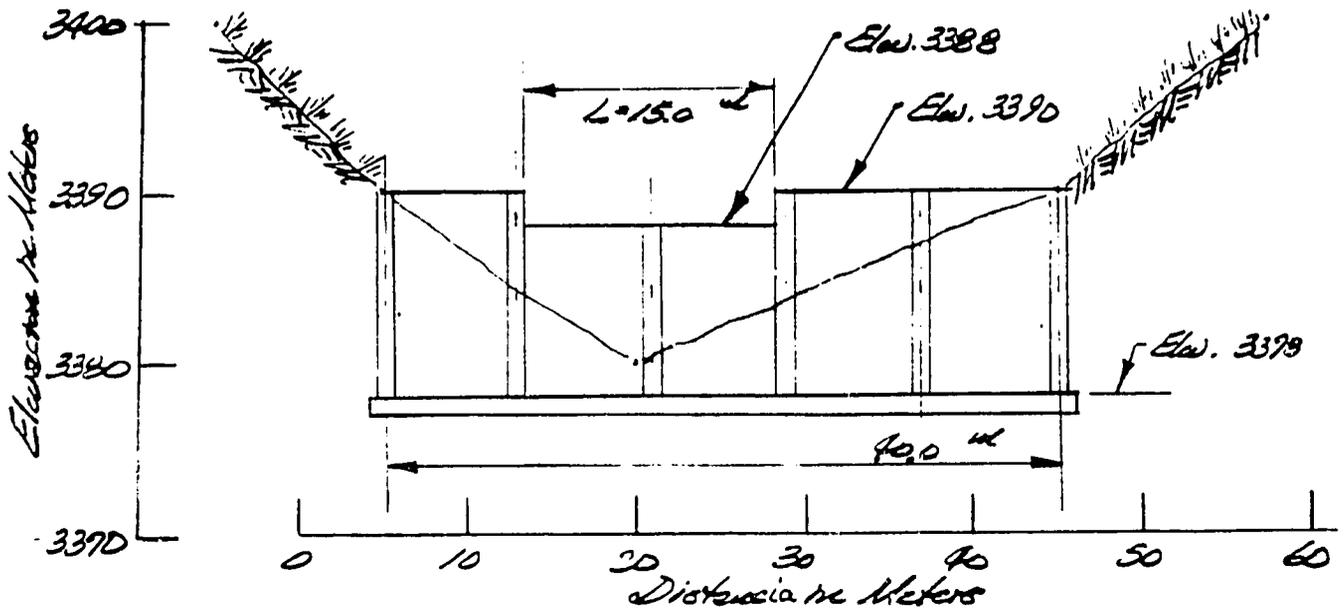
los derrumbes y flujos de lodo que pudieran mobilizarse en caso de lluvias intensas. Se dan detalles generales de las estructuras en la Figura 16 para la obra de control de arrastres.

Obra para la de Disipación de Energía. Esta estructura, ubicada a una cota de 3380 metros, se compone de una presa contrafuerte de hormigón armado con una altura aproximada de 12 metros y 41 metros de largo. El vertedero tendría 15 metros en la cresta y una capacidad de 25 metros cúbicos por segundo con casi un metro de borde libre para la descarga del caudal pico. Esta estructura servirá para almacenar un volumen de 1200 metros cúbicos hasta la cima del aliviadero que estaría a una cota de 3388 metros. Se dan detalles generales de la estructura en la Figura No. 17.

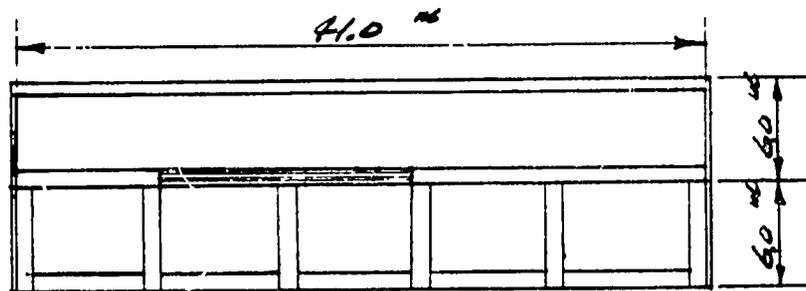
c. Estimados de costos

Los costos unitarios de construcción preparados para esta fase de los estudios se han basado en los precios unitarios actuales de materiales, así como en los salarios o jornales vigentes para el componente de la mano de obra, y suponiendo el empleo más bien pequeño dada la magnitud de las obras civiles que se recomienda implementar para controlar el escurrimiento previsto en la Quebrada Yacupugru.

Estos costos unitarios tentativos, sirven únicamente para elaborar un estimado aproximado de los costos de construcción de las obras previstas dentro de éstos estudios preliminares, y cubren apenas los rubros de construcción más importante, aceptando un porcentaje por imprevistos de un 15 por ciento para garantizar un buen margen de confiabilidad.



ELEVACION



PLAN

Camp Dresser & McKee Inc. Cohidro Consultores Cia Ltda.	Obra propuesta dispacion de energia	FIGURA 17
		Marzo 1985

Los costos unitarios analizados se refieren a:

- o Movimiento de tierras en corte abierto con un sobreacarreo de cuatro kilometros en material con un contenido de piedra de un 20 por ciento,
- o Hormigón armado premezclado de 210 Kg/m²,
- o Encofrado de madera reutilizable dos veces,
- o Vías de acceso lastradas con corte abierto de un promedio de 25 cm³ por metro lineal,
- c Aridos consiste en ripio triturado y arenas.

Los precios estimados en base a los cuales se ha elaborado son los siguientes:

<u>Material</u>	<u>Precio</u>
Acero de refuerzo colocado	3.600 / quintal
Aridos	1.500 / m ³
Cemento	350 / saco de 52 kg.
Encofrado	340 / m ²
Hierro	2.250 / quintal
Hormigón premezclado	4.800 / m ³
Vías de acceso	
movimiento de tierras	4.000 / metro
tratamiento capa de rodadura	1.200 / metro
Mano de obra	
albañil	700 / día
obrero especializado	600 / día
peón	400 / día

En base a los precios de material se estima los costos unitarios para establecer un costo preliminar de cada obra. Estos costos unitarios son los siguientes:

<u>Unidad</u>	<u>Precio Unitario</u>
Excavación	S/. 180 / m ³
Hornigón	16.000 / m ³
Acceso	5.200 / metros
Obras complementarias	12 por ciento

Los costos prelimianres estimados de la estructuras de control se presentan en el Cuadro No. 4. Las obras recomendadas suman un costo total estimado de S/. 271.200.000 (US\$ 2,260,000).

Control de la Erosión y Escurrimiento de las Laderas del Pichincha

CUADRO 4

COSTOS ESTIMADOS DEL PLAN DE MITIGACION

<u>ESTRUCTURA</u>	<u>NIVEL</u>	<u>CANTIDADES ESTIMADAS</u>	<u>COSTOS ESTIMADOS DE CONSTRUCCION</u>
Control de Arrastres	3085	Excavation 6400 m3	S/ 1'152.000
		Hormigon 4200 m3	67'200.000
		Acceso 200 m	1'040.000
		Obras Complementarias	<u>8'608.000</u>
		TOTAL EN SUCRES	S/ 78'000.000
		TOTAL EN DOLARES	US\$ 650,000
Control de Arrastres	3220	Excavación 8000 m3	S/ 1'440.000
		Hormigón 7600 m3	121'600.000
		Acceso 200 m	1'040.000
		Obras Complementarias	<u>13'920.000</u>
		TOTAL EN SUCRES	S/138'000.000
		TOTAL EN DOLARES	US\$ 1,150,000
Disipación de Energía	3380	Excavación 3500 m3	S/ 630.000
		Hormigón 2980 m3	47'680.000
		Acceso 180 m	936.000
		Obras Complementarias	<u>5'954,000</u>
		TOTAL EN SUCRES	S/ 55'200.000
		TOTAL EN DOLARES	US\$ 460,000

a) Todos los costos están basados en los precios de marzo 1985. Para efectos de estimar los costos en dólares se usa US\$ 1.00 = S/ 120.00.

Control de la erosion y escurrimiento
de las laderas del Pichincha

QUEBRADA YACUPUGRU

VIII APENDICES



Cohidro Consultores Cia. Ltda.
Camp Dresser & McKee International Inc.

APENDICE a
BIBLIOGRAFIA

1. Acosta-Solis, M., Conferencias Fitogeográficas. Biblioteca Ecuador, Instituto Geográfico Militar, Quito, 1977.
2. Acosta-Solis, M., Bases ecológicas para clasificar áreas fitogeográficas. Instituto Panamericano de Geografía e Historia, Quito, 1975.
3. Acosta-Solis, M., Lucha contra la sequía y la erosión en la mitad del mundo, Casa de la Cultura Ecuatoriana, Quito, 1971.
4. Burker, George V.; Informe Sobre los Estudios Preliminares del Nuevo Sistema de Provisión de Agua Potable a la Ciudad de Quito, Ecuador S.A., julio de 1948.
5. Camp Dresser & McKee Inc.; Urban Highway Storm Drainage Model, prepared for U.S. DOT Federal Highway Administration, march, 1981.
6. Camp Dresser & McKee Inc. y Consultores Asociados Ecuatorianos Cia. Ltda.; Planes Maestros y Estudios de Factibilidad de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado, marzo 1977.
7. Camp Dresser & McKee Inc. y Consultores Asociados Ecuatorianos Cia. Ltda.; Estudios de la Segunda Etapa y Diseños Preliminares Para El Sistema de Agua Potable Para Quito, junio 1981.
8. Canadas, L. Cruz, El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador. MAG-PRONAREG, Quito, 1983.
9. Cevo G., Juan Humberto y Saborio de Cevo, Patricia; Problemas de Erosión y Reforestación en las Pendientes Orientales del Volcán Pichincha, CEPIEGE, Quito, agosto 1975.
10. Chin Allen E.; Landslide and Debris Flow Hazard Mitigation Measures for Existing Development, USCOE, no date.
11. Committee on Natural Disasters, Debris Flows, Landslides, and Floods in the San Francisco Bay Region, Stanford University, august 23-26, 1982.
12. Constructora Calicanto Ltda.; Planos del Proyecto de Alcantarillado Longitudinal, Vía Occidental de Quito, agosto 1975.

BIBLIOGRAFIA
(continuacion)

13. Diario El Comercio; No. 25.624, Quito, febrero 27, 1975.
14. Diario HOY; Año 1, No. 319, Quito, mayo 1, 1983.
15. Empresa Municipal de Alcantarillado, Archivos de Diseño y Estudio.
16. Encalada Reyes, Marco A.; Medio Ambiente y Desarrollo en el Ecuador, Reflexiones sobre un Diagnóstico, Quito 1983.
17. Feininger, Dr. Thomas; El Flujo de Escombros en la Gasca, Un Informe Científico, Boletín de la Sección Nacional del Ecuador, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, Nos. 5-6, Quito, enero-junio, 1976.
18. Gómez E., Eduardo; Abastecimiento de Agua Subterránea de Quito, Tesis de Grado para el Título de Ingeniero Civil; Universidad Central, Quito, abril 1956.
19. Gómez, R.; Resumen de la lluvia máxima en 24 horas en las estaciones pluviométricas, II/522/81, junio 1981.
20. Haley and Aldrich, Inc.; Informes Sobre Investigaciones Geotécnicas Preliminares - Planes Maestros y Estudios de Factibilidad para Agua y Alcantarillado. Ciudad de Quito, Ecuador. Archivo No. 3764, Cambridge, Mass., mayo 1976.
21. Holy, Milos, Erosion and Environment, Pergamon Press, 1980.
22. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, Anuario Meteorológico, 1979, 1980 y 1981.
23. Ilustre Municipalidad de Quito; Plan Quito, 1980.
24. Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos; Oficio No. 330-DRH, Quito, marzo 10, 1975.
25. King, Horace W., Brater, Ernest F.; Handbook of Hydraulics, McGraw-Hill Book Co., 1963.

BIBLIOGRAFIA
(continuacion)

26. Kojan, Dr. Eugene; Evaluación Geológica y de Ingeniería de Actuales y Probables Desastres tales como Deslaves, Avalanchas de Lodo e Inundaciones, Ecuador, mayo 1983.
27. Lindsley, Ray K., Kohler, Max A., and Paulhus, Joseph L.H.; Hydrology for Engineers, McGraw-Hill Book Co., 1975.
28. Moore, Alan, Quesada, Ruth y Corbert, Marlene; Informe Final del Asesor Para el Plan de Manejo Bosque Protector de Pichincha, abril, 1984.
29. Mosquera C., Carlos F.; Carta a Decano de la Facultad de Ingeniería Universidad Central, No. s/n D66M, Quito, marzo 31, 1975.
30. Observatorio Astronómico de Quito, Archivo de los datos meteorológicos, 1891 a 1985.
31. Ryan, Dr. John D.; Potencial de Derrumbes en El Pichincha, Memorando a la Comisión Fulbright, octubre, 1971.
32. Sauer, Dr. Walter; Geología del Ecuador, Ministerio de Educación Pública, Quito, 1965.
33. Sosa, Dr. Galo Humberto; Informe Sobre la Visita a la Quebrada de Panbachupa, Memorandum No. 604 DCGM, Quito, marzo 3, 1975.
34. United States Soil Conservation Service (SCS), National Engineering Handbook, Washington, D.C., 1969.
35. U.S. Corps of Engineers; HEC-1 Flood Hydrograph Package, Users Manual, september 1981.
36. Whympers, Edward; Travels Amongst the Great Andes of the Equator, Charles Scribner & Sons, New York, 1982.
37. Wieczorek, G.F., Klien, S., Lips, E.W., Cannon, S.H. and Short D.N.; Potential for debris flow and debris flood along the Wasatch Front between Salt Lake City and Willard, Utah, and measures for their mitigation, U.S.G.S. Report 83-635, 1983.

APENDICE b

CUADRO 1

NOMBRES DE LAS QUEBRADAS DEL PICHINCHA

<u>No</u>	<u>CDM</u>	(a)	(b)	(c)	(d)
			<u>IGM</u>	<u>H T S</u>	<u>SGM</u>
1	La Carnicería		La Carnicería	-	S/N
2	San Antonio		San Antonio	-	Derrumbo
3	San José		S/N	-	San José
4	Parcayacu		Parcayacu	-	Cachipata
5	Singuna		Singuna	-	Singuna
6	Rumiurcu		Rumiurcu	-	Rumiurcu
7	Bellavista		S/N	S/N	S/N
8	Atacucho		Atacucho	S/N	S/N
9	San Carlos		Pulida Grande	San Carlos	San Carlos
10	La Posta		S/N	S/N	S/N
11	Habas Corral		Pulida Chica	Habas Corral	Habas Corral
12	San Lorenzo		San Lorenzo	La Esperanza	La Esperanza
13	San Juan		San Juan	San Lorenzo	San Lorenzo
14	Yacupugru		Río Osorio	Yacupugra	Yacupugru
15	San Isidro		Islita	San Isidro	San Isidro
16	San Vicente		Cochapamba	San Vicente	San Vicente
17	La Concepción		Runachanga	La Concepción	La Concepción
18	Osorio		-	Osorio	Osorio
19	Caicedo		Iñaquito	Caicedo	Caicedo
20	Mirador		-	-	S/N
21	Chimichaba		-	Chimichaba	Chimichaba
22	Manzanachupa		-	Manzanachupa	Manzanachupa
23	Rumichaca		-	Rumichaca	Rumichaca
24	Nunguilla		-	Nunguilla	Nunguilla
25	Rumipamba		Río Ingapirca	Rumipamba	Chinchicuchu
26	Pambachupa		S/N	Pambachupa	Pambachupa
27	De la Comunidad		-	De La Comunidad	De La Comunidad
28	El Tejado		Huanga Huaycu	El Tejado	El Tejado
29	Vásconez		S/N	Vásconez	Vásconez
30	Ascázubi		S/N	Ascázubi	Ascázubi
31	Alcantarilla		-	-	Alcantarilla
32	Miraflores		S/N	Miraflores	Miraflores
33	El Tejar		-	-	El Tejar
34	Manosalvas		-	-	S/N
35	De La Canteras		S/N	-	De La Canteras

- (a) Nombre adoptado por CDM
 (b) Mapas del Instituto Geográfico Militar, 1974
 (c) Nombre del Informe por Harold T. Smith, 1948
 (d) Mapas del Servicio Geográfico Militar.

APENDICE b

CUADRO 2

CARACTERISTICAS DE LAS QUEBRADAS DEL PICHINCHA

<u>No.</u>	<u>Nombre</u>	<u>Orden</u>	<u>Area Km²</u>	<u>Cauce Princ. Km</u>	<u>Cauce Total Km</u>	<u>Pendiente en- tre extremos %</u>	<u>Densidad de Drenaje</u>
1	La Carnicería	2	3.26	4.0	6.30	16.8	0.51
2	San Antonio	1	1.03	2.3	2.30	21.3	0.44
3	San José	1	1.91	4.4	4.40	21.9	0.43
4	Parcayacu	1	0.60	1.6	1.60	21.2	0.37
5	Singuna	3	6.26	7.8	12.70	19.7	0.51
6	Rumiurcu	8	11.67	9.1	16.37	19.6	0.71
7	Bellavista	1	0.62	1.1	1.10	22.7	0.56
8	Atucucho	1	2.87	5.1	5.10	23.9	0.56
9	San Carlos	1	2.50	4.8	4.80	25.9	0.52
10	La Posta	1	0.43	1.2	1.20	18.3	0.35
11	Habas Corral	1	3.00	5.6	5.60	23.7	0.53
12	San Lorenzo	1	1.31	3.7	3.70	27.1	0.35
13	San Juan	1	0.47	2.0	2.00	19.5	0.23
14	Yacupugru	1	1.44	4.0	4.00	28.5	0.36
15	San Isidro	1	1.15	3.7	3.70	28.1	0.31
16	San Vicente	1	0.77	2.4	2.40	23.7	0.32
17	La Concepción	1	0.66	2.8	2.80	26.4	0.23
18	Osorio	1	0.06	0.5	0.50	14.0	0.12
19	Caicedo	1	1.27	3.4	3.40	29.1	0.37
20	Mirador	1	0.34	1.1	1.10	27.3	0.30
21	Chimichaba	1	0.18	0.8	0.80	25.1	0.22
22	Manzanachupa	1	0.95	2.1	2.10	30.4	0.45
23	Rumichaca	1	0.72	2.9	2.90	34.1	0.24
24	Nunguilla	1	0.82	2.6	2.60	34.7	0.31
25	Rumipamba	5	6.97	6.3	9.64	23.7	0.72
26	Pambachupa	1	0.69	2.0	2.00	39.5	0.34
27	De la Comunidad	1	0.91	2.6	2.60	37.7	0.35
28	El Tejado	1	1.06	3.3	3.30	35.1	0.32
29	Vásconez	1	0.77	2.6	2.60	37.7	0.29
30	Ascázubi	1	0.77	2.7	2.70	33.3	0.28
31	Alcantarilla	1	0.32	1.1	1.10	21.9	0.29
32	Miraflores	2	1.96	3.0	4.02	26.0	0.48
33	El Tejar	2	0.57	1.5	2.14	22.7	0.23
34	Manosalvas	1	0.13	0.9	0.90	28.9	0.14
35	De la Cantera	6	4.99	4.4	10.39	24.5	0.48

NOTA: Quebradas 1 a 10 descargan a Quebrada El Colegio y Río Monjas.
 Quebradas 11 a 28 descargan a Quebrada Batán Grande y Río Machángara.
 Quebradas 29 a 35 descargan al Río Machángara.

105

APENDICE b
Cuadro. 3

CARACTERISTICAS DE LOS AZUDES DE LA QUEBRADA YACUPUGRU

No.	Abscisa	Elevación (msnm)	Altura (m)	Volumen (m ³)	Sedimento	Tipo	Observaciones
1	0 + 000	2986	1.00	145	145	H.C.	Destruído
2	0 + 033	2988	1.70	130	130	H.C.	Destruído
3	0 + 063	2890	2.00	135	135	H.C.	Destruído
4	0 + 092	2892	3.25	490	140	H.C.	
5	0 + 124	2895	3.35	460	0	H.C.	
6	0 + 174	2900	3.60	475	475	H.C.	
7	0 + 210	2903	3.60	145	145	H.C.	
8	0 + 239	2905	4.00	155	80	H.C.	
9	0 + 265	2907	3.40	230	35	H.C.	
10	0 + 280	2908	1.00	25	25	H.C.	Destruído
11	0 + 316	2913	3.50	405	85	H.C.	
12	0 + 350	2916	3.70	290	40	H.C.	
13	0 + 389	2918	3.70	225	20	H.C.	
14	0 + 416	2921	3.70	250	140	H.C.	
15	0 + 454	2925	0.10	20	20	H.C.	Destruído
16	0 + 526	2933	3.70	145	0	H.C.	
17	0 + 552	2935	3.40	130	130	H.C.	
18	0 + 584	2938	3.00	150	0	H.C.	
19	0 + 613	2942	3.10	200	0	H.C.	
20	0 + 641	2945	2.80	60	0	H.C.	
21	0 + 674	2950	3.60	245	0	H.C.	
22	0 + 706	2953	3.00	135	0	H.C.	
23	0 + 734	2955	3.30	105	0	H.C.	
24	0 + 766	2959	3.00	191	21	H.C.	
25	0 + 785	2960	3.70	65	5	H.C.	
26	0 + 890	2970	0.00	50	50	G	
27	0 + 911	2973	6.00	35	35	G	
28	0 + 935	2976	4.20	65	65	G	
29	0 + 965	2984	4.60	100	100	G	
30	1 + 003	2989	3.30	80	80	G	
31	1 + 044	2992	4.30	60	60	G	
32	1 + 338	3031	4.00	170	0	H.C.	
33	1 + 365	3036	3.90	210	0	H.C.	
34	1 + 387	3039	4.00	135	0	H.C.	
35	1 + 405	3041	3.90	110	0	H.C.	
36	1 + 453	3046	4.00	200	0	H.C.	
37	1 + 483	3051	4.00	150	0	H.C.	
38	1 + 513	3053	4.00	360	0	H.C.	
39	1 + 550	3057	3.00	135	0	G	
40	1 + 574	3063	3.00	80	25	G	
41	1 + 595	3067	3.00	115	10	G	
42	1 + 612	3069	3.00	50	50	G	
43	1 + 632	3073	3.00	55	40	G	

HC: HORMIGON CICLOPEO

G: GAVIONES

106

APENDICE c

PLANTAS DE PICHINCHA Y DE LA QUEBRADA YACUPUGRU

<u>NOMBRE CIENTIFICO</u>	<u>NOMBRE VULGAR</u>
● <u>Paramo - 3850 a 4100 metros</u>	
Apiaceae - <u>Ottoa oenanthoides</u>	"Cebolla del Monte"
" <u>Eryngium humile</u>	-
" <u>Azorella pedunculata</u>	-
" <u>Azorella sp.</u>	-
Asteraceae - <u>Hypochoeris sonchoides</u>	"Achikorea"
" <u>Senecio repens</u>	-
" <u>Loricaria thuyoides</u>	-
" <u>Werneria humilis</u>	-
" <u>Werneria (rosada)</u>	-
" <u>Gnaphalium purpureum</u>	-
" <u>Dorobaea pimpinellifolia</u>	-
" <u>Gynoxis buxifolia</u>	"Quijuar" o "Piquil"
" <u>Baccharis floribunda</u>	"Chilca Blanca"
" <u>Baccharis buxifolia</u>	"Pungí"
" <u>Bidens humilis</u>	"Ñachag"
" <u>Ageratina azangaroensis</u>	-
Caryophyllaceae - <u>Cerastium sp.</u>	-
Cyperaceae - <u>Scirpus californicus</u>	"Totora"
Ericaceae - <u>Vaccinium floribundum</u>	"Mortiño"
Fabaceae - <u>Lupinus arboreus</u>	"Chocho"
" <u>Trifolium sp.</u>	"Trebol Blanca"
" <u>Vicia angustifolia</u>	-
Gentianaceae - <u>Gentiana sedifolia</u>	-
" <u>Gentianella cerastioides</u>	-
" <u>Gentianella diffusa</u>	-
" <u>Halenia weddeliana</u>	"Gancho de Venado"
" <u>Halenia sp. (verde)</u>	-
Geraniaceae - <u>Geranium sp.</u>	-
Hypericaceae - <u>Hypericum laricifolium</u>	"Romerillo"
Iridaceae - <u>Orthoxanthus chimbaroensis</u>	-
Lamiaceae - <u>Stachys elliptica</u>	-
Liliaceae - <u>Bomarea caldasii</u>	-
Lobeliaceae - <u>Siphocampylus giganteus</u>	"Fucuna"
Lycopodiaceae - <u>Lycopodium thuyoides</u>	-
Melastomataceae - <u>Brachyotum ledifolium</u>	"Escolba Dulce"
Oxalidaceae - <u>Oxalis sp.</u>	-
Poaceae - <u>Bromopsis sp.</u>	-
" <u>Ceratochloa sp.</u>	-
Polypodiaceae - <u>Polypodium angustifolium</u>	"Lechu"
Polygalaceae - <u>Monnina salicifolia ssp. pilostylis</u>	"Igüilán"
Polygonaceae - <u>Rumex acetosella</u>	"Picantillo"
Plantaginaceae - <u>Plantago linearis</u>	"Llantén"
Ranunculaceae - <u>Ranunculus pilosus</u>	-
" <u>Ranunculus peruvianus</u>	-
Rosaceae - <u>Acaena argentea</u>	-
" <u>Lachemilla orbiculata</u>	"Tanangfilu"
" <u>Lachemilla vulcanica</u>	-
Scrophulariaceae - <u>Bartsia stricta</u>	-
" <u>Calceolaria thymifolia</u>	-
" <u>Calceolaria crenata</u>	-
" <u>Castilleja fissifolia</u>	-
Saxifragaceae - <u>Ribes andicola</u>	-
Valerianaceae - <u>Valeriana microphylla</u>	-
" <u>Phyllactis rigida</u>	-

APENDICE c
(continuacion)

- Ceja Andilla - 3500 - 3850 metros
 - Apiaceae - Eryngium humile
 - " Hydrocotyle bonplandii var. bonplandii "Pungí"
 - Asteraceae - Baccharis buxifolia "Quijuar" o "Piquil"
 - " Gynoxis buxifolia "Romerillo"
 - Hypericaceae - Hypericum laricifolium "Fucuna"
 - Lobeliaceae - Siphocampylus giganteus "Escolba Dulce"
 - Melastomataceae - Brachyotum ledifolium "Sisic"
 - Poaceae - Cortaderia nitida
 - Rosaceae - Acaena argentea
 - " Lachemilla orbiculata -
 - " Polylepsis sp. "Tanangfilu"
 - Saxifragaceae - Ribes andicola -
 - Valerianaceae - Valeriana microphylla -

 - Araliaceae - Oreopanax sp. "Pumumaqui"
 - Asteraceae - Barnadesia sp. "Puyango"
 - Berberidaceae - Berberis sp. "Cushcajo"
 - Boraginaceae - Tournefortia sp. "Zaramote"
 - Brassicaceae - Capsella sp. "Culanchillo"
 - Caesalpiniaceae - Senna multiglandulosa "Llín Llín"
 - Eleocarpaceae - Vallea stipularis "Palo Rosa"
 - Ericaceae - Pernettya prostrata "Lucutucuna"
 - " Vaccinium floribundum "Mortifño"
 - Fabaceae - Psoralea mutisii "Trinitaria"
 - Lobeliaceae - Siphocampylus giganteus "Fucuna"
 - Loranthaceae - Tristerix longebracteata "Popa"
 - Melastomataceae - Miconia papillosa "Colca"
 - Passifloraceae - Passiflora mixta "Taxo del Monte"
 - Rosaceae - Hesperomeles heterophylla "Seroté"

 - Bosques Subandinos - 3000 - 3500 metros
 - Araliaceae - Oreopanax sp. "Pumumaqui"
 - Asteraceae - Gynoxis buxifolia "Quijuar"
 - Boraginaceae - Tournefortia sp. "Zaramote"
 - Eleocarpaceae - Vallea stipularis - dominante "Palo Rosa"
 - Lobeliaceae - Siphocampylus giganteus "Fucuna"
 - Loranthaceae - Tristerix longebracteata "Popa"

 - Asteraceae - Baccharis polyantha "Pincí"
 - Caryophyllaceae - Stellaria sp. -
 - Coriariaceae - Coriaria thymifolia "Shanshi"
 - Cyperaceae - Rhynchospora sp. -
 - Fabaceae - Dalea mutisii "Flor de Iso"
 - Lamiaceae - Bistropogon molis "Tipo Blanco"
 - Liliaceae - Bomarea caldasii -
 - Melastomataceae - Miconia spp. "Colca"
 - Myricaceae - Myrica sp. "Laurel del Monte"
 - Polygonaceae - Muhlenbeckia tamnifolia "Anguyuyu"
 - Rosaceae - Margyricarpus setosus "Piquiyuyu"
 - " Prunus serotina var. capullin "Capulí"
 - Rubiaceae - Arcytophyllum thymifolium -

APENDICE c
(continuacion)

Apiaceae - <u>Araccacia moschata</u>	-
Araliaceae - <u>Oreopanax</u> sp.	"Pumumaqui"
Aspidiaceae - <u>Polystichum poliferum</u>	"Lechu"
Asteraceae - <u>Verbesina subcordata</u>	-
" <u>Gnaphalium</u> spp.	-
" <u>Baccharis floribunda</u>	"Chilca Blanca"
" <u>Barnadesia</u> sp.	"Puyango"
" <u>Gynoxis buxifolia</u>	"Quijuar"
" <u>Liabum</u> sp.	-
" <u>Cardua</u> sp.	-
" <u>Oligactis coriacea</u> var. <u>coriacea</u>	-
" <u>Ageratina</u> spp.	-
Blechnaceae - <u>Blechnum</u> spp.	"Lechu"
Bromelliaceae - <u>Tillandsia</u> spp.	-
Caprifoliaceae - <u>Viburnum</u> sp.	-
Coriariaceae - <u>Coriaria thymifolia</u>	"Shanshi"
Equisetaceae - <u>Equisetum</u> sp.	"Zurillo"
Ericaceae - <u>Cavendishia bracteata</u>	"Sagala"
Lobeliaceae - <u>Centropogon</u>	-
" <u>Siphocampylus giganteus</u>	"Fucuna"
Melastomataceae - <u>Brachyotum ledifolium</u>	"Escolba Dulce"
" <u>Miconia papillosa</u>	"Colca"
Oxalidaceae - <u>Oxalis</u> sp.	"Chulco"
Piperaceae - <u>Peperomia blanda</u> var. <u>blanda</u>	-
" <u>Piper angustifolium</u>	"Cordoncillo"
" <u>Piper</u> sp.	-
Polypodiaceae - <u>Polypodium angustifolium</u>	"Calawala"
Ranunculaceae - <u>Thalictrum podocarpum</u>	-
Rosaceae - <u>Rubus</u> sp.	"Mora"
Rubiaceae - <u>Relbunium hypocarpium</u>	"Corral del Monte"
Scrophulariaceae - <u>Calceolaria</u> spp.	-
Solanaceae - <u>Solanum umbellatum</u>	-
Verbenaceae - <u>Duranta macrantha</u>	"Moticasha"

APENDICE b
CUADRO No. 1

LISTA DE ESTACIONES METEOROLOGICAS Y PLUVIOMETRICAS

No.	Nombre	Latitud	Longitud	Altitud	Fecha Instalación	Institución
Pg1d	El Condado	0°05'58"S	78°29'24"W	2 710 m	30-03-82	EMAP-PRONAREG
Pv2	Cucho Hacienda	0°05'16"S	78°31'35"W	3 070 m	19-01-82	EMAP-PRONAREG
Pv3	Cotocollao	0°06'31"S	78°29'41"W	2 850 m	17-03-63	INAMHI
Pg4m	Contadero (Alto Perú)	0°07'03"S	78°32'32"W	3 750 m	12-04-82	EMAP-PRONAREG
Pg5md	Loma Gorda	0°07'26"S	78°31'09"W	3 020 m	6-04-82	EMAP-PRONAREG
PT6d	San Carlos (Tanques)	0°07'18"S	78°30'19"W	2 895 m	13-11-81	EMAP-PRONAREG
Pg7md	Pulida Chica (Estación)	0°08'21"S	78°30'08"W	2 870 m	5-04-82	EMAP-PRONAREG
Pg8Bd	Aeropuerto (D.A.C.)	0°08'24"S	78°29'16"W	2 810 m	1-01-59	D.A.C.
Pv9	Aviación Civil (Antenas)	0°08'12"S	78°28'25"W	2 885 m	13-01-82	EMAP-PRONAREG
Pv10	El Sombrerito	0°08'53"S	78°30'58"W	3 200 m	7-12-81	EMAP-PRONAREG
Pg11m	Sobre Sombrerito	0°09'13"S	78°31'13"W	3 580 m	15-04-82	EMAP-PRONAREG
Pg12m	Chiniloma	0°08'10"S	78°32'04"W	3 780 m	12-04-82	EMAP-PRONAREG
Pg12m-B	Chiniloma - Nueva	0°06'55"S	78°31'30"W	3 000 m	07-82	EMAP-PRONAREG
Pg13d	Rumanaccha	0°10'36"S	78°30'40"W	3 000 m	5-04-82	EMAP-PRONAREG
Pg14m	Cerro Ventanilla	0°09'32"S	78°32'20"W	4 080 m	14-04-82	EMAP-PRONAREG
Pg14m-B	Cerro Ventanilla - Nueva	0°08'25"S	78°31'45"W	3 580 m	07-82	EMAP-PRONAREG
Pg15d	H.C.J.B. Antenas	0°09'50"S	78°31'24"W	3 900 m	1-08-81	EMAP-PRONAREG
Pg16s	Canal 10 TV	0°09'53"S	78°31'21"W	3 780 m	1-11-77	INERHI
Pv17	Canal 4 TV	0°10'00"S	78°31'09"W	3 500 m	1-06-75	INAMHI
Pv18	Mi Cielo Hacienda	0°09'57"S	78°30'35"W	3 220 m	10-12-81	EMAP-PRONAREG
Pg19d	Quito-Bodegas Bellavista	0°10'29"S	78°28'55"W	2 810 m	1-06-75	INAMHI
Pv20	Bellavista (Tanques)	0°10'57"S	78°27'24"W	2 900 m	28-01-82	EMAP-PRONAREG
Pv21	Ecuador-Tenis	0°11'26"S	78°30'37"W	2 900 m	27-05-82	EMAP-PRONAREG
Pg22m	Pichincha	0°10'08"S	78°32'43"W	4 200 m	16-04-82	EMAP-PRONAREG
Pg23s	Rumipamba (Planta)	0°10'19"S	78°31'42"W	3 310 m	20-10-77	INERHI
Pg24d	La Chorrera	0°12'06"S	78°32'06"W	3 165 m	1-04-77	INAMHI
Pg25s	Guápulo	0°11'45"S	78°28'27"W	2 645 m	1-10-77	INERHI
Pg26m	Mirador Loma	0°10'45"S	78°31'37"W	3 780 m	19-04-82	EMAP-PRONAREG
Pg26m-B	Mirador Loma -Nueva	0°11'00"S	78°32'05"W	3 500 m	07-82	EMAP-PRONAREG
Pg27s	San Francisco Hacienda	0°12'06"S	78°32'33"W	3 480 m	1-10-77	INERHI
Pg28m	El Batán	0°11'13"S	78°28'22"W	2 780 m	6-04-82	EMAP-PRONAREG
Pv29	Cruz "V"	0°10'53"S	78°29'07"W	2 770 m	25-11-81	EMAP-PRONAREG
Pv30	La Magdalena	0°14'05"S	78°31'19"W	2 800 m	1-11-77	INERHI
Pg31s	Chillogallo	0°16'16"S	78°31'28"W	2 865 m	1-10-77	INERHI
PT32d	El Placer (Planta)	0°12'44"S	78°31'01"W	2 930 m	12-11-81	EMAP-PRONAREG
Pg33d	Observatorio	0°12'40"S	78°30'00"W	2 820 m	1-01-81	OBSERVATORIO
Pg34s	Puengasí (Planta)	0°13'57"S	78°29'39"W	2 985 m	1-06-78	INERHI
Pv35	Cachucto	0°13'58"S	78°32'49"W	3 050 m	19-01-82	EMAP-PRONAREG
Pv36	Guairapungo	0°14'31"S	78°33'58"W	3 250 m	4-12-81	EMAP-PRONAREG
Pg37d	Santa Rita	0°16'11"S	78°32'28"W	2 840 m	11-12-81	EMAP-PRONAREG
Pg38s	Miravalle	0°16'18"S	78°30'27"W	3 140 m	1-11-77	INERHI
Pg39d	La Dolorosa Hacienda	0°16'11"S	78°35'35"W	3 250 m	19-11-81	EMAP-PRONAREG
Pv40	El Rosario Hacienda	0°16'38"S	78°36'22"W	3 380 m	19-11-81	EMAP-PRONAREG
PT41d	La Libertad - Tránsito	0°17'05"S	78°34'16"W	2 945 m	11-11-81	EMAP-PRONAREG
Pv42	Cevallos Hacienda	0°17'32"S	78°35'00"W	3 060 m	25-11-81	EMAP-PRONAREG
Pv43	Radio Colón - Antenas	0°18'30"S	78°32'07"W	2 910 m	9-12-81	EMAP-PRONAREG
Pv44	Ortega Hacienda	0°18'45"S	78°33'17"W	2 920 m	3-12-81	EMAP-PRONAREG
Pv45	Atacazo - Antenas	0°18'52"S	78°35'58"W	3 800 m	13-11-81	EMAP-PRONAREG
Pv46	Tiricucho	0°19'19"S	78°34'31"W	3 165 m	1-01-77	INERHI
Pg47d	Izobamba (Estación)	0°21'45"S	78°33'05"W	3 060 m	1-02-62	INAMHI
-	Canal 8 TV	0°09'52"S	78°34'04"W	3 650 m	1-07-75	INERHI
-	Cruz Loma	0°11'07"S	78°31'58"W	3 945 m	06-31	OBSERVATORIO

EMAP: Empresa Municipal de Agua Potable de Quito
 INAMHI: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
 D.A.C.: Dirección de Aviación Civil
 INERHI: Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos
 OBSERVATORIO: Observatorio Astronómico de Quito
 PRONAREG: Programa Nacional de Regionalización Agraria

Pv: Pluviómetro
 Pg: Pluviógrafo
 PM: Estación Climatológica
 PT: Estación Evaporimétrica
 d: Registros diarios
 A: Registros semanales
 m: Registros mensuales

CUADRO 2

PARAMETROS METEREOLÓGICOS

Zona ^b	Precipitación (mm)		Temperatura (°C)			Humedad (por ciento)	Evap. Tanq. (mm)	Promedio Viento (m/s)	Heliofanía (hor:min)
	Anual	Media Máx. 24 hrs.	Mín. abs	Media	Máx. abs				
1	1 600	90	-1.2	10.9	23.6	82	1 170	2,6	
2	1 700	75	-5.0	6.8	20.0	84	1 100	3,6	4:15
3	1 480	64	1.0	12.2	25.2	80	1 225	2,3	
Quito	1 215	58	2.2	13.4	25.9	77	1 450	0,8	5:40

APPENDIX D

a. Fuente, EMAP-PRONEROG.

b. Las zonas corresponden a la zona de los riesgos geológicos en la Quebrada Yacupugru. Quito corresponde al Observatorio Astronómico de Quito.

APENDICE d

Control de la Erosión y Escurrimiento de las Laderas del Pichincha

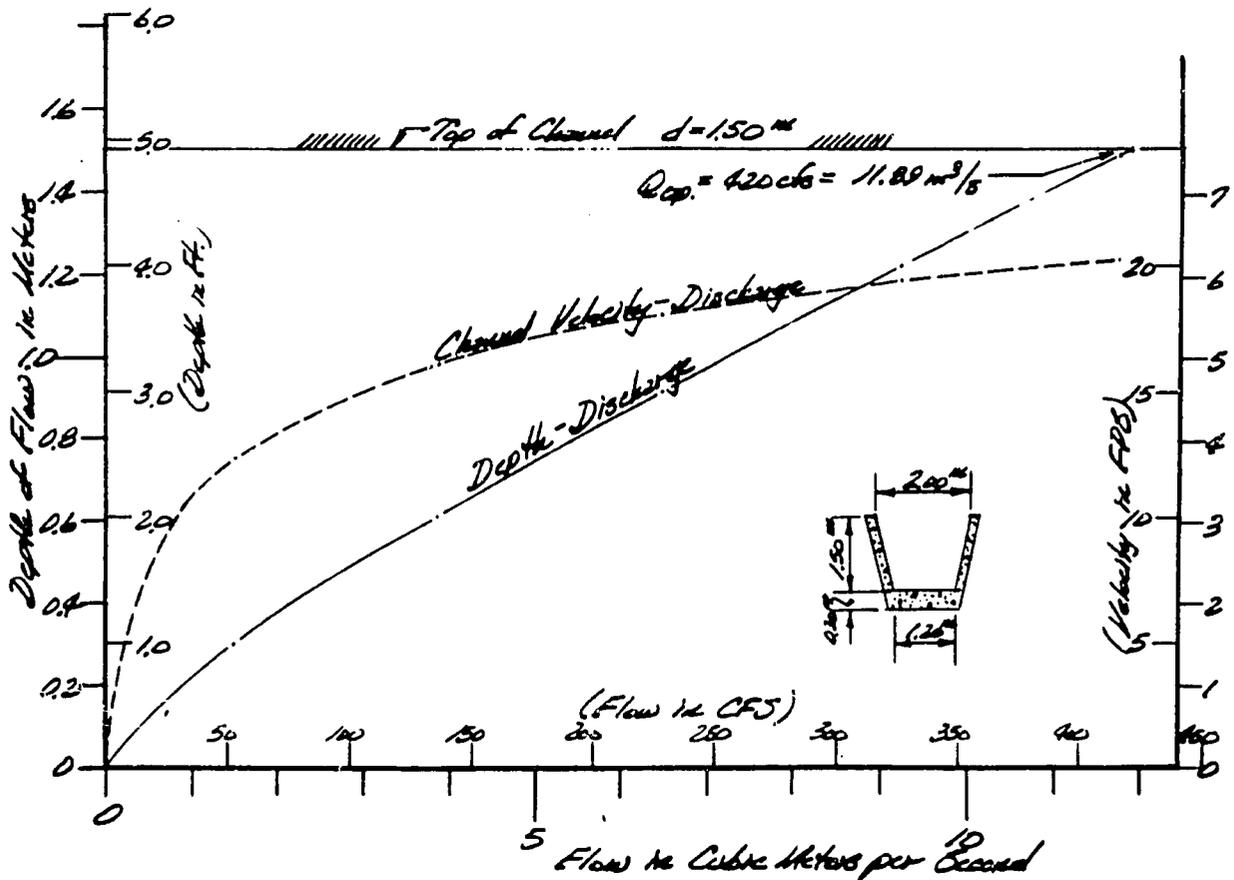
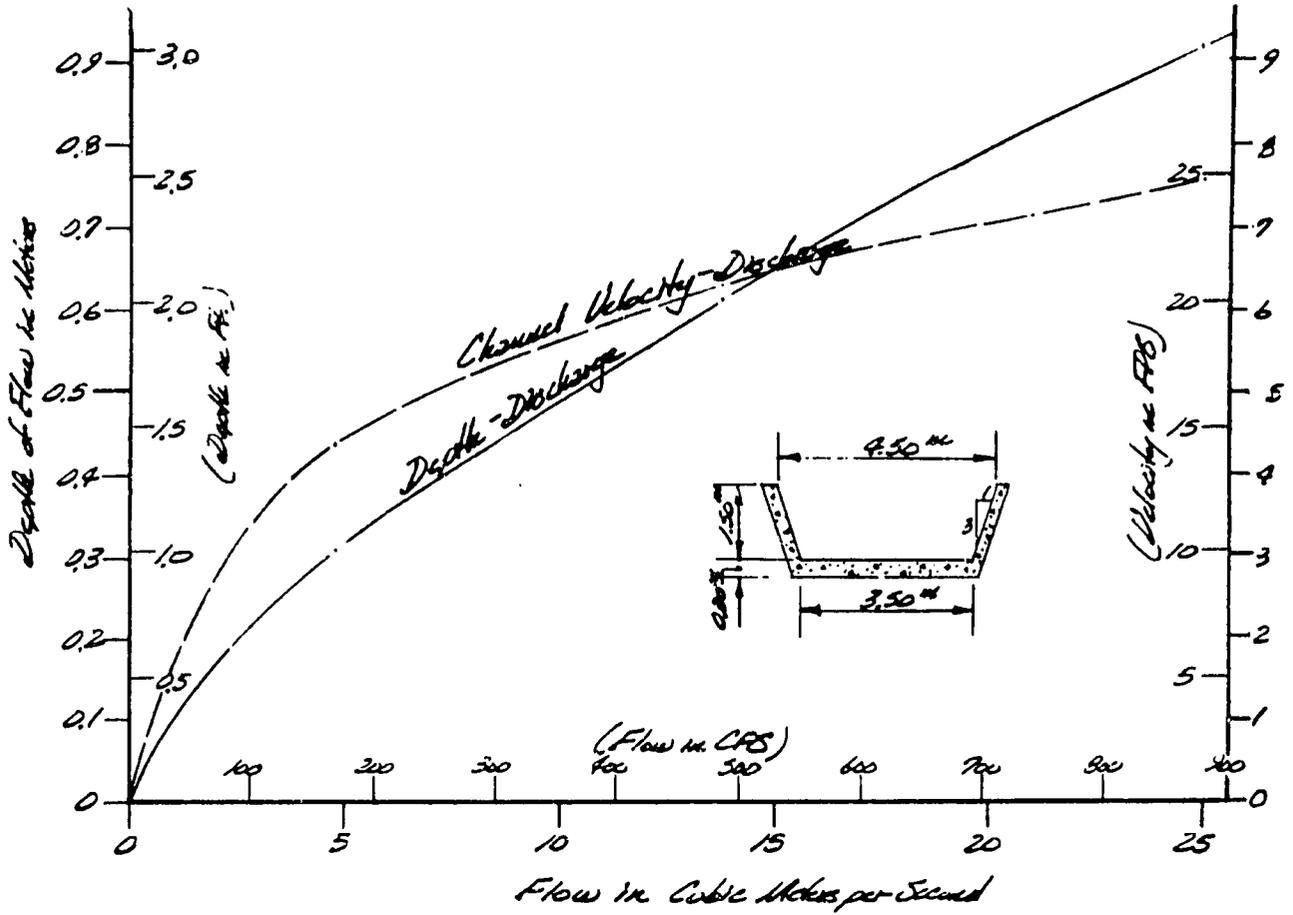
CUADRO 3

INTENSIDAD, DURACION Y FRECUENCIA DE LLUVIA^a

PERIODO DE FRECUENCIA Años	DURACION EN MINUTOS					
	5	10	15	20	30	60
10	132	99	81	72	57	36
50	165	123	100	89	70	44
100	179	134	108	96	76	47

^a Datos registrados en el Observatorio Astronómico de Quito.
La intensidad de las lluvias expresadas en mm/por hora.

Características Hidráulicas



APENDICE e

CONTROL DE LA EROSION Y ESCURRIMIENTO DE LAS LADERAS DEL PICHINCHA

LISTA DE FUNCIONARIOS ENTREVISTADOS

<u>NOMBRE</u>	<u>AGENCIA</u>	<u>TELEFONO</u>
Geo. Victor Aguayo O.	COHIDRO	544-692
Ing. Rafael Alulema	EMAP	519-200
Ing. Miguel Arias O.	EMAP	519-200
Esp. Peter Arnold	PRONAF	219-220
Ing. Mario Avila M.	COHIDRO	544-692
Arq. Milton Barrigan D.	IMQ	237-489
Ing. Gerard Bouchet	C et B	549-000
Ing. Luis A. Campuzano R.	EMA	215-366
Ing. Hugo Cevallos	IMQ	510-408
Esp. Marlene Corbut	PRONAF	548-924
Ing. Roberto Cruz A.	PROMAREG	554-122
Ing. Hugo Davila	OAQ	211-282
Sr. Joseph Dorsey	AID/DC	521-100
Ing. Jaime Enriquez	PRONAF	548-924
Ing. Juan Espinoza	IMQ/C	212-766
Ing. Betty Morris Facey	AID	521-100
Ing. Gregory J. Goewey	AID	521-100
Ing. Ramiro Gomez C.	COHIDRO	544-692
Ing. Gustavo Gomez A.	INAMHI	526-222
Dr. Minard L. Hall	EPN	238-820
Eco. Marcelo Herdoiza	BEDE	551-470
Esp. Arturo Játiva M.	Cartatécnica	391-585
Arq. Wilson Jimenez	IMQ/C	212-766
Srta. Yolanda Kakabaise N.	NATURA	239-177
Sr. Victor Lasso	DAC	243-666
Esp. Bruce Kernan	AID	521-100
Esp. Helena Landazuri T.	NATURA	239-177
Eco. Carlos Paredes B.	IMQ	510-408
Ing. Victor Pasaca	INERHI	545-621
Ing. Genoveva Pazmiño	IMQ/C	212-766
Sr. Vernon Perdue	IAGS	239-562
Ing. Jorge Poveda	EMA	215-366
Sr. Patrick Ravilly	C et B	244-260
Esp. Pablo Rendon G.	BID	546-033
Ing. Rafael Rivadeneira L.	BEDE	551-870
Geo. Michael Rowland	GEOLAP	551-635
Ing. Gustavo Ruiz	EMAP	244-384
Ing. Rodrigo Salvador	EMAP	519-200
Dr. Alejandro Torres	IEOS	544-400
Ing. Gustavo Troya M.	EMA	215-366
Ing. Gabriel Unda	DGGM	529-656
Arq. Alberto Vitieri	IMQ/P	519-000

15 febrero 1985

Control de la erosión y escurrimiento
de las laderas del Pichincha

QUEBRADA YACUPUQRU



(Foto SANDOVAL Raos).

Un tramo de la quebrada de Pambachupa por el cual descendió el aluvión después que en la parte alta de la misma se produjo un represamiento de las aguas, debido a la erosión del lecho de la que-

brada. A la izquierda se puede apreciar el corte que se produjo cuando la fuerza del agua produjo un derrumbe, cuyo material se aumentó al que bajaba en el alud.



Providencialmente, estas piedras siguieron a su curso sin tocar a un solo edificio.
El impacto habría sido devastador

Control de la erosion y escurrimiento
de las laderas del Pichincha

QUEBRADA YACUPUGRU



Quebrada Yacupugru a una elevación de 3500 metros con vista del sector norteño de la Ciudad de Quito y el Aeropuerto Mariscal Sucre.



Cantera abandonada de rocas a una elevación de 3100 metros en el lado norte de la Quebrada Yacupugru. Notar la plantación de eucaliptos en la parte superior de la cuenca.

Control de la erosion y escurrimiento
de las laderas del Pichincha

QUEBRADA YACUPUGRU



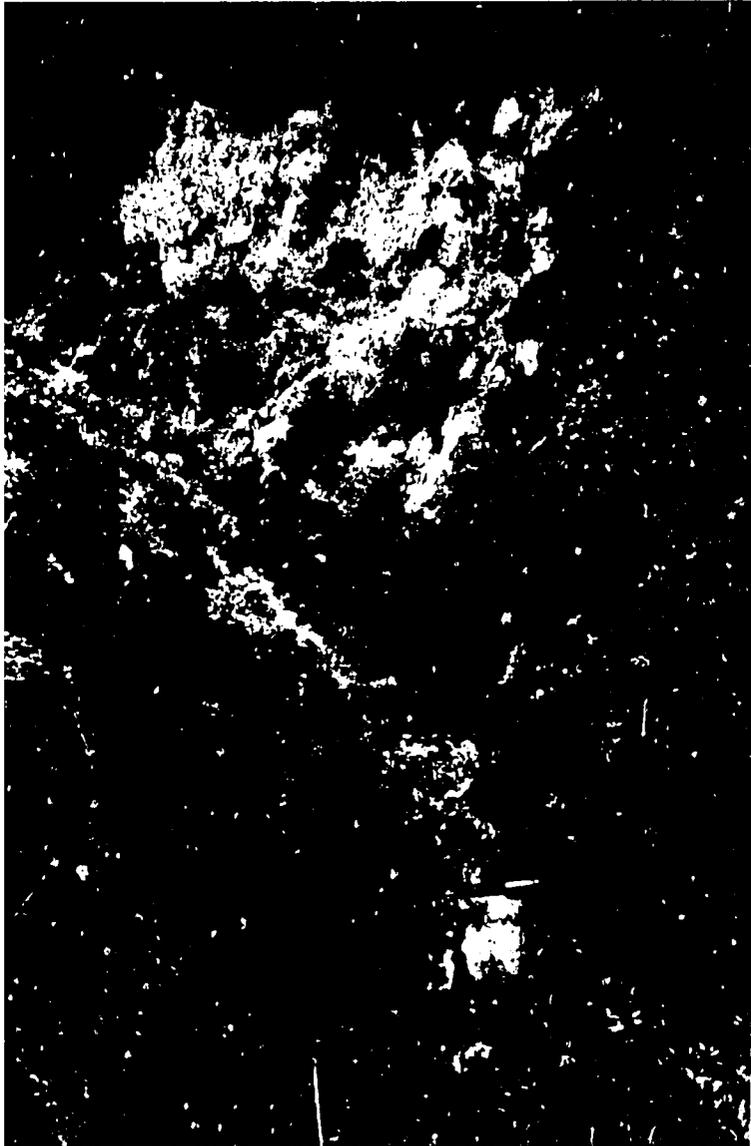
Quebrada Yacupugru a una elevación de 3020 metros, donde se construye el canal de desvío desde las Quebradas La Esperanza y Delicias.



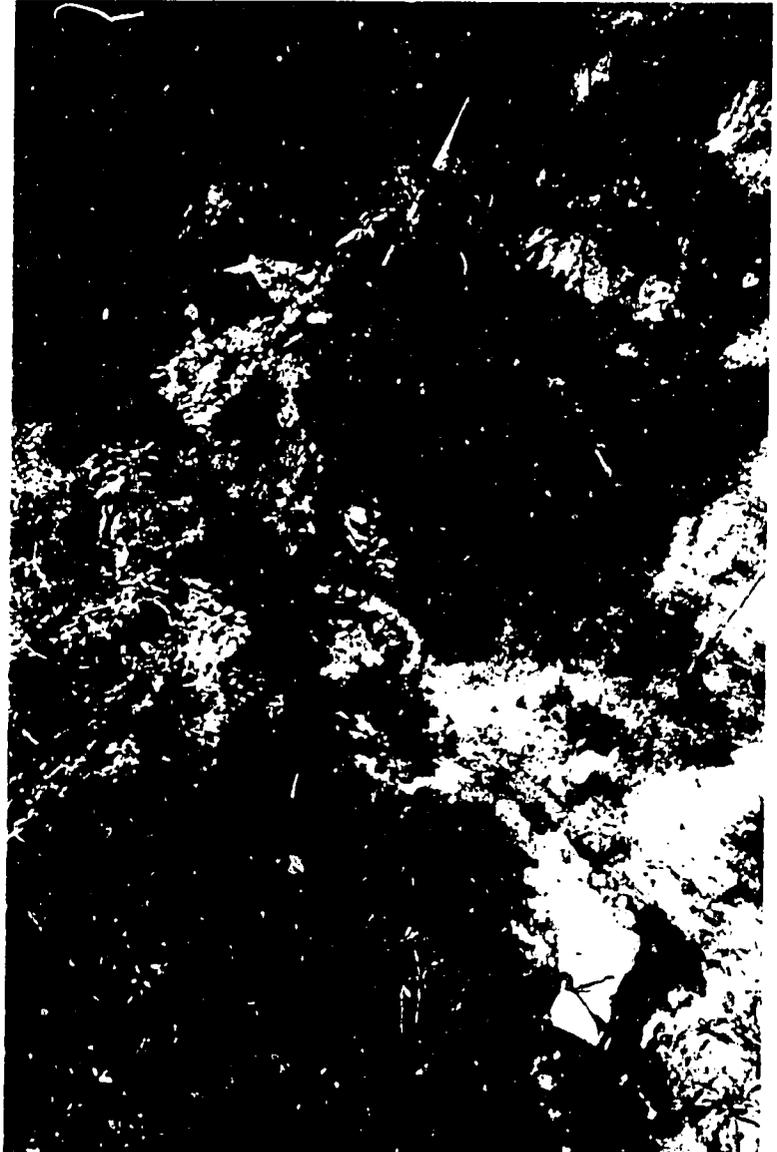
Quebrada Yacupugru a una elevación de 3690 metros con vegetación natural de ceja andina no afectada por incendios. Notar evidencia de una lamina de escurrimiento de 50 m de altura.

Control de la erosion y escurrimiento
de las laderas del Pichincha

QUEBRADA YACUPUGRU



Azud a 2.5 metros de altura construido por EMA en 1983 en el lecho de la Quebrada Yacupugru. Notar deslizamiento con una altura de mas de 50 metros.



Fondo de la Quebrada Yacupugru con un deslizamiento de 10 metros. Notar el tamaño de la roca.

115

Control de la erosion y escurrimient
de las laderas del Pichincha

QUEBRADA YACUPUGRU



Canal de desvio bajo construcción en la Quebrada Yacupugru. Este canal tendrá una dimensión de 4.5 m x 1.5 m y una capacidad máxima de 9 m³/s.



Canal de desvio a la Quebrada Runachanga desde la Quebrada Yacupugru. El canal tendrá una dimensión de 2.0 m x 1.5 m y una capacidad de 14 m³/s.