

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

Figura 3.5.23 Método de Refuerzo Sísmico por Arrostramiento y Paneles de Acero



Figura 3.5.24 Ejemplo de Refuerzo con Arrostramiento de Acero

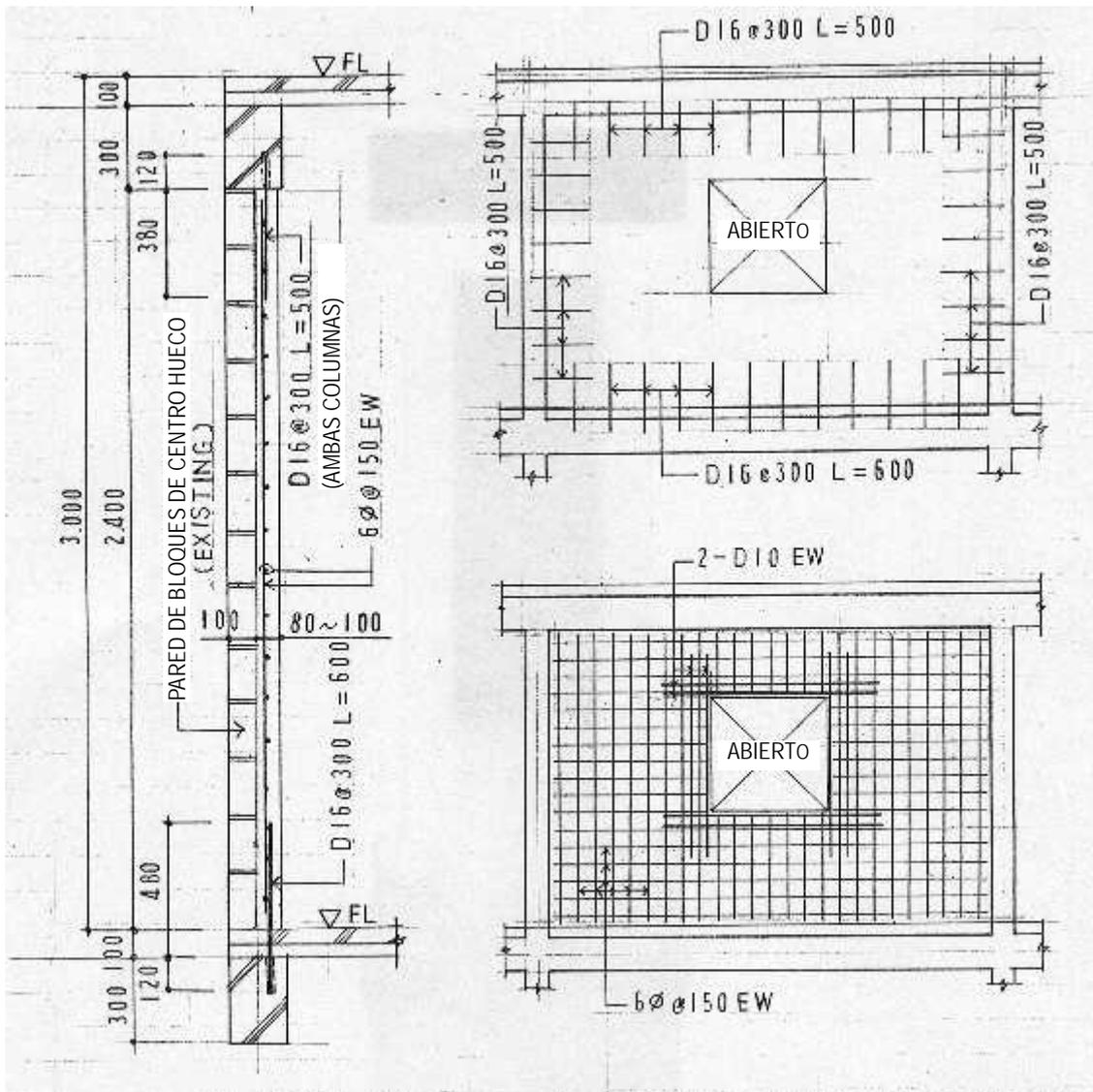


Aislador



Alta Deformación del Aislador

Figura 3.5.25 Sistema de Aislamiento en las Bases



DETALLE TÍPICO 1/20

ARREGLO DE REFUERZOS 1/50

EXTENSIÓN DE PARED ATIRANTADA DE CR (80mm~100mm THK)

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

Figura 3.5.26 Método de Refuerzo Sísmico por Adición Muros de Corte de CR



Fuente: JICA Estudio Equipo

Figura 3.5.27 Refuerzo de Paredes y Columnas Externas por el Método de Enchaquetado

Años	05	06	07	08	09	10	15	16	17	18	19	20	
Sondeo Visual Rápido (SVR)	3 años 100 Ingenieros		Urbano: 62,600 Edif.										
			Rural y Barrio: 184,900 Edif.										
Evaluación Sísmica Detallada	13 años		800 Ingenieros		Urbano: 50,080 Edif.								
			Rural y Barrio: 166,400 Edif.										
Diseño de Reforzamiento Sísmico	13.5 años		640 Ingenieros		Urbano: 40,060 Edif.								
			Rural y Barrio: 142,700 Edif.										
Obras de Construcción			14 años		Urbano: 40,060 Edif								
			Rural y Barrio: 142,700 Edif										

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

Figura 3.5.28 Cronograma del Plan de Refuerzo Sísmico por Edificaciones



Foto 3.5.1 Viviendas de Barrio en Cerro (1) Foto 3.5.2 Viviendas de Barrio en Cerro (2)

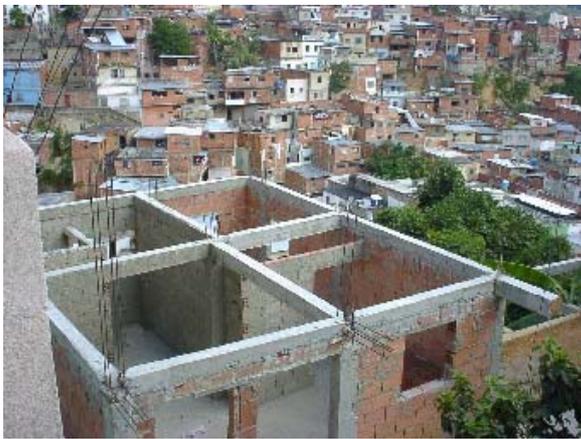


Foto 3.5.3 Una Vivienda de Barrio en Construcción



Foto 3.5.4 Vivienda de Barrio en Pendiente (1)



Foto 3.5.5 Vivienda de Barrio en Pendiente (2)



Foto 3.5.6 Movimiento de Tierra



Foto 3.5.7 Trabajos de Excavación



Foto 3.5.8 Construcción de Columnas



Foto 3.5.9 Construcción de Vigas



Foto 3.5.10 Construcción de Pisos



Foto 3.5.11 Construcción de Columnas



Foto 3.5.12 Construcción de Techos



Foto 3.5.13 Construcción de Paredes



Foto 3.5.14 Mezcla del Concreto



Foto 3.5.15 Agregado Grueso



Foto 3.5.16 Cemento Pórtland (45kg/sac)



Foto 3.5.17 Cilindro de Prueba de Concreto



Foto 3.5.18 Instalación de Cabillas(1)



Foto 3.5.19 Instalación de Cabillas (2)



Foto 3.5.20 Instalación de Cabillas (3)



Foto 3.5.21 Excavación para la Fundación



Foto 3.5.22 Vaciado del Concreto de Fundación



Foto 3.5.23 Cabillas de Columna Corta



Foto 3.5.24 Encofrado Columna Corta (1)



Foto 3.5.25 Encofrado Columna Corta (2)



Foto 3.5.26 Vaciado Columna Corta



Foto 3.5.27 Concreto Columna Corta (1)



Foto 3.5.28 Concreto Columna Corta (2)



Foto 3.5.29 Concreto Columna Corta (3)



Foto 3.5.30 Vaciado Columna Larga



Foto 3.5.31 Concreto Columna Larga



Foto 3.5.32 Viga de Piso



Foto 3.5.33 Instalación Cabillas de Viga



Foto 3.5.34 Junta de Construcción en Viga



Foto 3.5.35 Remoción del Encofrado



Foto 3.5.36 Columnas Largas y Pisos



Foto 3.5.37 Piso de Tabelone y Vaciado



Foto 3.5.38 Encofrado de Columnas (1)



Foto 3.5.39 Encofrado de Columnas (2)



Figure 3.5.40 Encofrado de Viga de Techo



Foto 3.5.41 Construcción del Techo



Foto 3.5.42 Constr. Muro de Arcilla (1)



Foto 3.5.43 Constr. Muro de Arcilla (2)



Foto 3.5.44 Bloque de Arcilla



Foto 3.5.45 Viga de Riostra



Figure 3.5.46 Constr. Muro de Concreto (1)



Foto 3.5.47 Constr. Muro de Concreto (2)



Foto 3.5.48 Muro de Contención



Foto 3.5.49 Finalización de Modelos



Foto 3.5.50 Vista General



Foto 3.5.51 Marco de Acero para Transferencia de Carga



Foto 3.5.52 Gato Hidráulico



Foto 3.5.53 Bomba Hidráulica



Foto 3.5.54 Equipo de Medición (1)



Foto 3.5.55 Equipo de Medición (2)



Foto 3.5.56 Modelo 1-Falla de Columna Corta (1)



Foto3.5.57 Modelo 1-Falla de Columna Corta (2)



Foto 3.5.58 Modelo 1-Falla de Columna Corta (3)



Foto 3.5.59 Modelo 1 Falla de Columna Larga



Foto 3.5.60 Modelo 2



Foto 3.5.61 Modelo 2- Falla por Corte de Columna Corta(1)



Foto 3.5.62 Modelo 2- Falla por Corte de Columna Corta (2)



Foto 3.5.63 Modelo 2- Grieta de Corte en Columna Larga



Foto 3.5.64 Modelo 2- Falla de Columna Larga (2)



Foto 3.5.65 Modelo 2- Columna Corta Bajo la Viga de Riostra



Foto 3.5.66 Modelo 3



Foto 3.5.67 Modelo 3-Grieta Diagonal de Corte en Columna Corta



Foto 3.5.68 Falla de Corte de Columna Muro de Bloque de Arcilla (1)



Foto 3.5.69 Falla de Corte de Columna Muro de Bloque de Arcilla (2)



Foto 3.5.70 Separación del Muro y el Pórtico

Foto 3.5.71 Modelo 4



Foto 3.5.72 Separación de Muro de Bloques de Concreto sin Cabillas del Pórtico

Foto 3.5.73 Falla de Columna y Muro de Bloques de Concreto



Foto 3.5.74 Falla por Corte de Columna y Muro de Bloques de Conc. c/Cabillas (1)

Foto 3.5.75 Falla por Corte de Columna y Muro de Bloques de Conc. c/Cabillas (2)



Foto 3.5.76 Falla de Muro de Bloques de Concreto con Cabillas



Foto 3.5.77 Demolición de los Modelos

CAPÍTULO 4
ESTUDIO DE DESASTRES POR SEDIMENTOS

*“Plan básico de prevención de desastres en Caracas –
Base para las medidas de prevención.”*

Michael Schmitz

CAPÍTULO 4. ESTUDIO DE DESASTRES POR SEDIMENTOS

4.1 Análisis de Amenaza de Desastre por Sedimentos

4.1.1. Definición de los Escenarios de Desastre

(1) Características de las Quebradas de Montaña

1) Topografía

[Serranía del Ávila] Con el nombre de Serranía del Ávila se designa el terreno montañoso que separa el área del Valle de Caracas del Mar Caribe como se muestra en la Fig. 4.1.1.1. Esta Serranía se extiende desde el nivel del mar hasta alcanzar alturas de 2.765 metros en el Pico Naiquatá. Los flancos Norte y Sur tienen pendientes muy acentuadas de más de 20° (Fig. 4.1.1.4), y están cortados por una serie de drenajes de curso muy corto, que forman valles profundos en forma de “V”, y, además, tienen una orientación Norte-Sur, aproximadamente ortogonal al eje de la serranía, con una dirección Este-Oeste. Estructuralmente, la Serranía del Ávila es un horst o pilar tectónico, flanqueado por dos fallas que tienen una orientación Este-Oeste: la falla del Ávila al Sur, y la falla de Macuto al Norte.

El área de estudio, correspondiente a la unidad morfológica del área montañosa del Ávila, comprende toda la falda Sur del Ávila, limitando hacia el Este con el curso del Río Caurimare; hacia el Oeste con la Quebrada Agua Salada; hacia el Sur con la avenida Cota Mil o Boyacá y hacia el Norte, con la línea divisoria entre el flanco Norte y el flanco Sur. El área de estudio se ha subdividido en dos entidades morfológicas que la comprenden: el área montañosa del Ávila y el Valle de Caracas, formado por los abanicos aluviales depositados por los diferentes drenajes que tienen su cabecera en el flanco Sur y desembocan en el Río Guaire. Es de hacer notar, que estos abanicos aluviales se mezclan y funden con los sedimentos aluviales del Río Guaire.

[Sistema de Drenaje] Generalmente, un río y sus tributarios constituyen una red cuyo patrón puede ser influenciado por la posición y forma de los límites que separan las diversas rocas dentro del área de captura. El patrón de drenaje puede ser clasificado en los siguientes seis (6) patrones típicos de drenaje (Figura 4.1.1.3, Imamura et al).

- a) Patrón dendrítico: condición uniforme de drenaje
- b) Patrón tipo pluma
- c) Patrón paralelo

- d) Patrón radial-centrífugo
- e) Patrón radial-centrípeto
- f) Patrón entrelazado/angular

El patrón de drenaje tipo entrelazado/angular se distingue en las pendientes del Sur de la Serranía del Ávila. Esto está relacionado con el desarrollo de fallas en el área. Tomando en cuenta el flujo de escombros en el área, se anticipa que la energía del flujo pudiera ser débil para el caso del patrón de drenaje tipo entrelazado/angular. Sin embargo, los sistemas de drenaje en las cuencas de Catuche y Cotiza parecen, en cambio, ser del tipo dendrítico y más complejos que los sistemas de drenaje en otras cuencas.

[Inclinación de las Quebradas] La Figura 4.1.1.4, muestra los perfiles tomados a lo largo del curso de las quebradas. Los perfiles son curvas irregulares que se hacen más inclinadas cuando el río cruza a través de rocas más resistentes, y más planas cuando fluye sobre rocas más fácilmente erosionables, ya que las quebradas en la Serranía del Ávila son geológicamente jóvenes y activas en su capacidad de erosión.

Los perfiles de las quebradas en el lado Oeste de la cuenca de Chacaíto son más suaves que los de las quebradas en el lado Este de esta cuenca. Esto podría indicar que las quebradas en el lado Oeste se encuentran una etapa más madura y tienen una menor capacidad de transportar escombros.

Si se hace una comparación entre la cuenca de Chacaíto y la cuenca de Tócome, encontramos que el perfil de la Quebrada Tócome tiene una curva más inclinada en la parte baja de la cuenca y algunos escalones. El perfil de la Quebrada Chacaíto es más suave en la parte baja de la cuenca y se vuelve más pronunciado en la parte superior. No hay escalones en la cuenca de Chacaíto, y ésta es más profunda que otras cuencas. Esto puede deberse a la existencia de la Falla de Chacaíto a lo largo del fondo de la Quebrada de Chacaíto.

La Quebrada Catuche no tiene porciones planas en su perfil, así como la Quebrada Tócome.

De acuerdo al Prof. Andre Singer de UCV, la mayoría de escombros en la cuenca Tócome fue depositada en las partes más planas de la quebrada en el desastre de 1999. Esto muestra que las partes más planas tienen cierto efecto de amortiguación contra el flujo de escombros.

2) Geología

[General] Las rocas que forman el área de estudio son de naturaleza metamórfica, y pertenecen a la Asociación Metamórfica Ávila, la cual es descrita por RODRIGUEZ et al. (2002) y URBANI (2002) de la siguiente manera:

La Asociación Metamórfica Ávila cubre toda el área de estudio. Limita al Norte con la Asociación Metamórfica de La Costa en los niveles más altos del flanco Norte de la montaña, y al Sur con la Asociación Metasedimentaria de Caracas. Una falla (Sistema de Fallas del Ávila) es responsable del contacto entre la Asociación Metamórfica Ávila y la Asociación Metasedimentaria de Caracas. El contacto entre la Asociación Metamórfica de La Costa y la Asociación Metamórfica Ávila ocurre también a través de una falla.

Las rocas metamórficas del Complejo San Julián y Augengneis de Peña de Mora forman principalmente la Asociación Metamórfica Ávila. Esquistos micáceos-plagioclásicos-cuarcíferos, de color gris sobre la superficie fresca y de colores verdosos o marrones sobre la superficie meteorizada forman principalmente el Complejo San Julián. También presenta gneis micáceo-plagioclasa-cuarcíferos, con una gradación rápida en su foliación. Además, también hay litologías minoritarias tales como mármol, cuarcita y rocas máficas metaígneas (anfíbolita, gabro, diorita, tonalita y granodiorita).

Las litologías características del Augengneis de Peña de Mora son los gneis con bandas de grano grueso y de cuarzo plagioclásico-epidótico-biotítico, asociados a las rocas anfibólicas.

Aunado a esto, AUDEMARD et al. (2000) señala la presencia de serpentinitas y de litologías del Mármol de Antímamo en el flanco Sur del Ávila. El Mármol de Antímamo está compuesto por esquistos cuarzo-micáceos-grafíticos y esquistos epidóticos intercalados con mármoles. Estas litologías afloran en el área entre Blandín y San Bernardino. Sin embargo, los estudios recientes indican que estas litologías no son tan comunes en la parte sur del Cerro El Ávila (Figura 4.1.1.5, de Ostos 1985).

[Lineamientos] Muchos lineamientos pueden ser vistos en el área de estudio. El lineamiento desde el noreste al suroeste es el que más se distingue en el área, y el del noroeste al sureste es el siguiente. Las cuencas de Tócome y Gamboa tienen relativamente menos lineamiento.

Generalmente, la mayoría de los lineamientos son manifestaciones topográficas de fallas. De acuerdo al mapa geológico mostrado en la Figura 4.1.1.6, las fallas de noroeste a sureste son bien marcadas y las fallas de noreste a suroeste no lo son tanto. No está

claro, en estos momentos, si existe una gran cantidad de fallas de noreste a suroeste que aún no han sido encontradas, o si los lineamientos en esta área no muestran las fallas.

El mayor lineamiento que es consistente con una falla es el localizado a lo largo de la Quebrada Chacaíto–Falla de Chacaíto. El lineamiento no muestra claridad sobre la falla mayor que corre de noroeste a sureste en la cuenca de Tócome.

El lineamiento muestra que puede haber otra gran falla a lo largo de la Quebrada Quintero que no se muestra en el mapa geológico.

[Fallas] El área de estudio está dominada por dos (2) fallas principales (Figura 4.1.1.6):

1. La Falla del Ávila, con orientación E-O, normal y lateral dextral, casi localizada sobre el mismo curso de la avenida Cota Mil. Pone en contacto las litologías de la Asociación Metamórfica del Ávila y de la Asociación Metamórfica de Caracas. Comienza en la Falla de Tacagua (en el Oeste) y termina en la costa Este de Carenero, cerca de Cabo Codera, para una extensión estimada de 110 km.

2. La Falla de Chacaíto con orientación N-S y lateral izquierdo. Coincide con el curso de la Quebrada de Chacaíto. Se extiende por casi 4 km desde la Falla del Ávila hasta la cima de la montaña, y también hacia la costa del Mar Caribe en el Estado Vargas, coincidiendo con el curso del Río San Julián.

La Falla de Chacaíto marca el límite entre varias características observadas a lo largo de la parte meridional del Cerro El Ávila. Por ejemplo, AUDEMARD et al. (2000) menciona que la distribución litológica varía de un lado a otro. En el lado Este de la Falla de Chacaíto hay surgimiento de esquistos del Complejo de San Julián y gneis (del Augengneis de Peña de Mora). Estas rocas son competentes en la formación de grandes bloques. Sin embargo, en el lado Oeste de la falla, hay esquistos del Complejo de San Julián, mármoles y esquisto grafítico (del Mármol de Antímano) y también serpentinitas. Las tres (3) últimas litologías son más susceptibles a la meteorización química y mecánica, por lo que son consideradas como material inestable.

Como evidencia de estas observaciones, se encuentran más cicatrices de deslizamientos en el lado Oeste de la Falla de Chacaíto que del lado Este. Más aún, el material encontrado en el lado Este está conformado principalmente por bloques grandes (esquistos y gneis), mientras en el lado Oeste, el material consta principalmente de árboles, cantos rodados y bloques no tan grandes.

AUDEMARD et al. (2000) también indica que la presencia de materia orgánica (madera, plantas, árboles) en el lado Oeste se debe a la presencia de suelos saprolíticos, sobre los cuales las raíces de plantas y árboles crecen en un nivel poco profundo. Esto produce que la vegetación en el lado Oeste de la Falla de Chacaíto, no esté tan anclada al suelo.

3) Meteorología

Los datos climatológicos generales dentro y alrededor del valle de Caracas se muestran en la Tabla 4.1.1.1.

Existen cuatro (4) sinopsis meteorológicas significativas aparte del ITCZ que podrían acarrear fuertes tormentas a Caracas, en especial la onda tropical, zonas de baja presión en elevaciones altas, frentes fríos y huracanes/cola de depresión tropical como se ilustra en la Figura 4.1.1.7.

Las ondas orientales se producen normalmente entre abril y octubre, moviéndose del Este (Océano Atlántico) al Oeste (Colombia), con fuertes lluvias a lo largo del eje de la onda. Las ondas tropicales son un tipo de depresión producido por las condiciones de presión en el Mar Caribe que pueden emigrar de Este al Oeste aproximadamente en un ciclo de 29 días. La lluvia generada por esta onda oriental generalmente es de corta duración, alta intensidad y está concentrada localmente.

Las Zonas de Baja Presión en elevaciones altas (llamadas Vaguadas en español) ocurren en cualquier época del año, pero son más frecuentes al inicio y al final de la estación lluviosa, y tienen un movimiento del Oeste al Este. Generalmente producen lluvias, pero depende de su posición y movimiento pues también proporcionan días de buen clima.

El frente frío es un patrón climatológico típico cuando se presenta una presión alta en el Océano Atlántico (invierno astronómico). Tiende a producir de 3 a 5 días de lloviznas, pero en algunas ocasiones, si el frente es demasiado inestable, podría provocar lluvias torrenciales en la zona costera del norte. Las condiciones climatológicas de diciembre 1999 y febrero 1951 pertenecen a este modelo. Para estos períodos, las fuertes lluvias duraron pocos días pero saturaron la cuenca de captación generando flujos de escombros debido a la tormenta concentrada.

Generalmente Venezuela no se ve muy afectada por huracanes, habiéndose registrado solamente tres o cuatro tormentas tropicales. Su afectación en el país es complicada, en ocasiones la tormenta tropical afecta trayendo fuertes lluvias a la zona costera. Cuando

un huracán/depresión tropical pasa por el Mar Caribe cerca de la costa, la cola del viento en el centro de la depresión ocasiona fuertes lluvias en Caracas.

Las inundaciones de 1999 y 1951 en el valle de Caracas tuvieron lugar en diciembre y febrero, respectivamente. Éstas son tormentas asociadas con el frente frío situadas en la parte Norte del país (Figura 4.1.1.8). Diciembre y febrero pertenecen a la estación lluviosa en Vargas, mientras que en Caracas es la estación seca. Lo que significa que las fuertes tormentas que ocasionaron las serias inundaciones en el Ávila en Caracas estaban asociadas con el frente frío de la estructura meteorológica en el Mar Caribe.

La estructura meteorológica en Vargas puede expresarse por los vientos alisios del nor-nordeste que traen masas de aire húmedo del Mar Caribe tierra adentro y a la topografía del Ávila. Las nubes de tormenta que producen lluvias en la parte norte del Ávila podrían cubrir la Serranía del Ávila, sin embargo, cuando las nubes se encuentran sobre Caracas después de haber cruzado las montañas, no contienen tanta humedad como cuando se encuentran sobre Vargas. La elevación de la serranía decrece hacia el Oeste, por lo que estas condiciones sugieren que la parte occidental de Caracas puede ser más afectada por las condiciones climatológicas de Vargas. Sin embargo, como ocurrió en 1951, la lluvia estuvo distribuida de la parte occidental a la oriental de la Serranía del Ávila, dependiendo del tamaño de las nubes y la posición del frente frío. Debido a que la escala espacial de estas cuatro (4) sinopsis meteorológicas es mucho mayor que la escala del Valle de Caracas, es difícil representar una diferencia significativa en la cantidad de lluvia entre la parte oriental y occidental del Cerro del Ávila.

4) Hidrología

Las cuencas de las quebradas de montaña están localizadas en la pendiente meridional del Cerro El Ávila y en los abanicos aluviales del Valle de Caracas. Las principales cuencas hidrográficas, en cuanto al tamaño de captura, son de Este a Oeste, las quebradas Caurimare, Tócome, Chacaíto, Arauco, Cotiza y Catuche. Todas ellas desembocan en el Río Guaire, el principal drenaje del Distrito Metropolitano de Caracas. La distribución anual de precipitación está afectada fuertemente por la topografía.

La Figura 4.1.1.9. muestra la distribución anual de la precipitación en la cuenca del Río Guaire derivada del “Atlas de Climatología e Hidrología en el Valle de Caracas, UCV”. La precipitación anual varía desde 850 mm en el área baja, hasta 1.150 mm en la parte Este del Ávila dentro de las cuencas de las quebradas de montaña.

Se han registrado cerca de treinta (30) estaciones pluviométricas dentro y en los alrededores del Valle de Caracas, como se muestra en la Figura 4.1.1.10. Entre ellas, La Estación La Mariposa y la Estación Cajigal son las estaciones meteorológicas primarias claves en cuanto al período de observación. Sin embargo, en Venezuela, para el análisis hidrológico de la pendiente Sur del Ávila, las siguientes cinco (5) estaciones han sido referidas en el Proyecto Ávila: Maiquetía, San José del Ávila, Teleférico, Los Chorros y Caurimare.

La Tabla 4.1.1.2 muestra la precipitación diaria máxima para estas cinco (5) estaciones. Para el Valle de Caracas la precipitación diaria máxima histórica es de 141,6 mm ocurrida en 1971 en la Estación Teleférico.

En el Río Guaire, la medición de la descarga ha sido conducida por AYALA, MARN(R) y el INOS. De acuerdo a las mediciones de AYALA entre 1939 y 1981, la descarga máxima anual fue de 824 m³/s en Los Caobos (área de captación de 360 km²) y ocurrió en 1945.

5) Vegetación

La Figura 4.1.1.11 muestra la imagen satelital de banda infrarroja en donde la parte superior de la Serranía del Ávila se observa de un color rojo vivo. Este color indica una espesa vegetación a una altura de 1.700m. La cima de la montaña, que tiene más de 2.400 a 2.500 m de altura, se observa de un color café y muestra una vegetación cambiante.

La imagen satelital muestra la distribución actual de la vegetación como se observa en esta figura. Se pueden discernir fácilmente los diferentes tipos de vegetación en las franjas horizontales de la Serranía del Ávila.

Las cuencas Catuche y Cotiza se encuentran a una altura relativamente baja. La vegetación de estas cuencas es menos espesa debido a que las áreas de captación están a menos de 1.700m de altura.

Se observan rastros de los derrumbes en las pendientes norte de la Serranía del Ávila como se puede apreciar en la Figura 4.1.1.11. Pudiesen ser derrumbes ocurridos en 1999, y las pendientes aún no se han recuperado. No se aprecian muchos derrumbes en la parte superior del Cerro El Ávila en una altura mayor a 1.700 metros y pudiese ser que menos derrumbes ocurren cuando hay vegetación más espesa.

Las áreas grises en la parte baja y occidental de la cuenca Tócome muestran rasgos de incendios forestales y actualmente esta área se encuentra cubierta de herbaje.

HUBER y ALARCON (1988, en STEPHAN 1991) han definido ocho (8) clases diferentes de vegetación en la Serranía del Ávila: arbustos xerofíticos litorales, bosques tropofíticos bajo montanos deciduos, bosques ambrofíticos sub-montanos, bosques estacionales semi-deciduos, bosques ombrofíticos sub-montanos siempre verdes (o bosque de transición), bosque ombrofítico sub-montano y siempre verde montano (o bosque nublado), sub-planicie árida costera de altura (páramo), sabanas y otras plantas herbáceas y bosques de galería.

Sin embargo, STEYERMARK y HUBER (1978, también en STEPHAN 1991) propusieron una clasificación básica de la vegetación y su distribución en la parte meridional del Cerro El Ávila. La Figura 4.1.1.11 muestra dos transiciones; la primera se presenta a lo largo de la vía del teleférico y la otra desde Altamira hasta el Pico Oriental.

Como muestra la Figura 4.1.1.11, las plantas más altas están localizadas en las alturas medias (bosque de transición y bosque nublado), donde hay más humedad debido a las condiciones nubladas (alrededor de 1.500 a 1.800 m.s.n.m.). En este bosque, son comunes las palmas y las orquídeas. En la parte más alta de las montañas (1.800 m.s.n.m. y más), la vegetación está adaptada a las condiciones hídricas pobres y a los fuertes vientos (planicie árida media). En este nivel, las condiciones son secas y la temperatura es más baja, y las plantas alcanzan de 1 a 3 metros de altura (musgos, pequeños bambúes, rosa del Ávila y algunas plantas herbáceas son comunes). En la parte más baja de las montañas (de 900 a 1.600 m.s.n.m.), la temperatura aumenta y el suelo es más seco. En este nivel, la vegetación no crece tanto, pierde cerca de 25 a 75% de sus hojas durante la estación de sequía, y han ocurrido cosechas o reforestaciones hechas por el hombre en estas áreas (Bosques de sabana o Ambrofíticos Sub-montanos).

6) Resumen

La Tabla 4.1.1.3 muestra el resumen de las características de las quebradas de la montaña, en términos de topografía geología y vegetación.

(2) Desastres Anteriores por Sedimentos en el Área

1) General

Los desastres históricos por sedimentos se resumen en los siguientes informes:

- PNUD (Edición 2000), “Efectos de las lluvias caídas en Venezuela en diciembre de 1.999”
- MARN-UNDP-Suiza (Mayo 2001), Proyecto PREVENE, Informe Final
- Programa Preventivo y de Actuación en caso de lluvias, 2000, Defensa Civil, DF

El último informe “PREVENE” describe la historia basada en el contenido del informe previo del PNUD.

El Capítulo 9.2.2 del informe PREVENE menciona el evento histórico del flujo de escombros/ sedimentos en Caracas. La Tabla 4.1.1.4 muestra el daño histórico por inundación de escombros o sedimentos para cada quebrada. El proceso de urbanización de Caracas comenzó en el siglo XVI en el área actual entre las quebradas Catuche y Caroata. El registro de desastres de los primeros tiempos se tiene sólo para las quebradas Catuche y Caroata puesto que la población estaba asentada sólo en estas áreas.

De acuerdo a la descripción, no se ha producido un evento en Caracas, desde su fundación en el siglo XVI, como el desastre ocurrido en Vargas en 1999.

El “Programa Preventivo y de Actuación en Caso de Lluvias” se publica anualmente por Protección Civil del Gobierno Metropolitano de Caracas. Su contenido se enfoca en desastres como deslizamientos, derrumbes e inundaciones asociados con fuertes precipitaciones en Caracas, principalmente en el Municipio Libertador.

Número de Viviendas y Familias Afectadas en el Municipio Libertador

Período	Número de viviendas afectadas	Número de familias afectadas
Ene.1984-Dic.1999	10.263	11.265

Inventario de Eventos Asociados a Precipitación en el Municipio Libertador en Dic. 1999

Deslizamiento / Derrumbe	Inundación	Viviendas destruidas	Viviendas afectadas
110 áreas	41 áreas	1.842	2.261

En Libertador, más de 60 % de las viviendas y familias afectadas por deslizamiento e inundación, asociados a precipitaciones, se concentraron en las parroquias Antímáno y Sucre, situadas en la parte Oeste del Municipio Libertador. La parroquia Antímáno está localizada cerca del curso superior del Río Guaire, y la parroquia Sucre está ubicada a lo largo de la Quebrada Tacagua.

- 2) Desastre de Febrero de 1951

[Condición del Tiempo Atmosférico]. La gráfica inferior de la Figura 4.1.1.8 muestra la distribución de la presión el 17 de febrero de 1951. El frente frío del Océano Atlántico Occidental, llegó al Norte de Venezuela, tal y como ocurrió en diciembre de 1999. Pero la ubicación del frente frío en febrero de 1951 estaba hacia el Sur comparada con la posición del frente frío de diciembre de 1999. Aunque la situación fue muy similar al evento de diciembre de 1999, el frente frío de febrero de 1951 causó más precipitaciones sobre el área de Caracas.

[Precipitación] La Figura 4.1.1.12 muestra la distribución de la precipitación sobre el área de Caracas durante los días 15-17 de febrero de 1951. Una diferencia notable de la precipitación no se puede ver entre el Oeste y el Este en el área de estudio. La precipitación máxima diaria fue de 193,0 mm en Maiquetía, 72,9 mm en Cajigal y 36,2 mm en la UCV.

[Área Afectada] De acuerdo a la Tabla 4.1.1.4 tomada del informe PREVENE, los daños ocasionados por las quebradas afectadas por la inundación de febrero de 1951 estuvieron distribuidos extensamente desde la Quebrada Anauco hasta la Quebrada Tócome. Las quebradas afectadas fueron Anauco, Chacaíto, Sebucán y Tócome.

3) Desastre de Diciembre de 1999

[Condición del Tiempo Atmosférico]. La gráfica superior de la Figura 4.1.1.8 muestra la distribución de la presión atmosférica el 14 de diciembre de 1999. Un frente frío, cuya longitud era de varios miles de kilómetros, estaba situado en el Océano Atlántico Occidental, habiendo permanecido en la línea costera de Venezuela por aproximadamente 20 días.

[Precipitación] La observación de la precipitación en el evento de diciembre de 1999 en Caracas fue obtenida solamente sobre mediciones diarias. La Figura 4.1.1.13 (1/2) muestra la localización de las estaciones pluviométricas que funcionaban en Caracas. En la estación de la UCV, la precipitación diaria de 63,7 mm fue registrada el 15 de diciembre de 1999. Las estaciones Cajigal y La Carlota registraron una cantidad menor que en la UCV. Sin embargo, la precipitación diaria el 15 de diciembre en Maiquetía fue de 380,7 mm. Las tres (3) estaciones en Caracas están situadas en la parte baja del Valle de Caracas, de modo que la precipitación en el Cerro El Ávila no se reflejó en estos datos. Ciertamente, los períodos de retorno para estos datos de las tres (3) estaciones de la parte baja del Valle de Caracas fueron bastante bajos.

El Servicio de Inspección Geológica de Estados Unidos (USGS) reveló la interpretación de la imagen satelital de la precipitación total alrededor del Ávila durante los días 14-16 de diciembre de 1999 en su sitio web (Figura 4.1.1.13 (2/2)). La cantidad de precipitación sobre la pendiente del sur del Ávila tiene un rango entre 350 a 100 mm.

[Área Afectada] Una encuesta mediante entrevista fue realizada entre la 1ra y 2da semana de junio de 2003 con el fin de obtener información sobre la condición del flujo de sedimentos en Caracas, especialmente en aguas abajo de la “Cota Mil”.

Los siguientes aspectos se incluyeron en las entrevistas a los residentes de viviendas ubicadas especialmente en las márgenes de las quebradas Catuche, Anauco, Chacaíto y Tócome y del Río Guaire, todos los cuales reportaron haber sufrido daños por inundación en 1999. Los puntos en cuestión incluyeron algunas preguntas generales sobre sus pasadas experiencias con inundaciones para comprobar la frecuencia de inundación en el área. El número de viviendas encuestadas fue aproximadamente de 10-20 por cada quebrada. Esta encuesta mediante entrevista fue realizada por el Equipo de Estudio de JICA.

General	Info. Hidrológica (Inundación de Dic. de 1999)	Info. de daño (Inundación de Dic. de 1999)
Nombre de la población Nombre del entrevistado Tiempo de habitación Fotos de la casa entrevistada	Profundidad de escombros y agua sobre el terreno Fecha y hora del pico de inundación Dirección del flujo de inundación Diámetro de escombros depositados Árboles incluidos en los escombros Fotos en el desastre de 1999	Propiedades dañadas Razones del daño (inundación, depósito de escombros y destrucción por escombros/agua) Actividades previas de evacuación Actividades previas de recuperación

Los resultados de la entrevista fueron analizados por quebrada para observar el mecanismo de la inundación y la amenaza por sedimentos.

Otras Informaciones sobre Daños en Caracas en Diciembre de 1999.

[Evacuación] Según el resultado de una entrevista, el 7 de enero del 2000 después del desastre, 50 familias, de un total de 70 familias afectadas en un sector de Catuche, fueron evacuadas, por un año, hacia algunas bases militares tales como Fuerte Tiuna y Maracay, por orden del gobierno nacional. La estadía en las bases militares fue asumida financieramente por el gobierno nacional.

De acuerdo al resultado de una entrevista en Anauco, justo después del desastre, las personas afectadas fueron evacuadas a escuelas en sus vecindarios. En enero del 2000, el gobierno nacional ordenó que las personas afectadas fueran evacuadas hacia algunas bases militares, tales como Palo Negro y El Tigre, en Anzoátegui, por un período de 10 a 11 meses. El gobierno nacional ofreció casas nuevas para las 700 familias afectadas que fueron trasladadas a El Tigre, pero muchas de las familias rechazaron esta solución habitacional. Treinta (30) de las ochenta y tres (83) familias afectadas regresaron a Anauco de El Tigre.

[Costo del Daño] El resumen de las entrevistas referentes al control de daños se muestra a continuación:

Nombre de la Quebrada	Tipo de Daño	Costo del Daño
Catuche	Mobiliario y pared de casa parcialmente destruida	1 millón a varios millones de Bs. (2000)
Anauco	Casa totalmente destruida	1 millón de Bs. (2000)
Anauco	Precio de una casa nueva	25 millones de Bs. (2003)

esas casas están localizadas en áreas de desarrollos no-controlados.

(3) Estudio sobre Desastre por Sedimentos

1) Area de Estudio y Puntos Básicos

El área de estudio abarca la falda Sur del Cerro El Ávila y sus abanicos aluviales en la parte Norte-Sur y entre las áreas de captura de las quebradas Caurimare y Caroata en dirección Este-Oeste. El área total de la vertiente sur de la Serranía El Ávila es 60 km² como se muestra en la Figura 4.1.1.1.

Es importante identificar la localización del ápice del abanico cuando estudiamos un fenómeno de flujo de escombros y sus medidas; dado que esta ubicación es un punto de referencia importante, en términos tanto del paso, como de la deposición del flujo de escombros. Se dice generalmente que el flujo de escombros pasa sobre el lado superior del ápice del abanico y se deposita sobre el lado inferior del mismo, como consecuencia del cambio abrupto del gradiente de la cuesta.

Aquí en este estudio, cada ápice del abanico se define como “el punto básico” para las quebradas de montaña, y esta definición se usará para la elaboración del plan de prevención de desastres.

Los puntos básicos definen el límite inferior para el balance de sedimentos en la captura de las quebradas de montaña y las condiciones del límite superior para las inundaciones urbanas.

En los casos considerados en este estudio, la mayoría de los ápices de abanicos de las cuarenta y siete (47) quebradas de montaña están situados en la Avenida Boyacá (conocida como Cota Mil). Por lo tanto, la mayoría de los puntos básicos en este estudio corresponden a los puntos de cruce de las quebradas de montaña con la Ave. Boyacá.

2) Análisis de la Orden de la Corriente

Generalmente, el análisis de sedimentos se realiza con base en el concepto de unidad de captura. La Figura 4.1.1.14 muestra el concepto de orden de las quebradas de Strahler. Cuando se aplica este concepto, es conveniente comparar una cantidad de áreas de captura de quebradas de montaña con una condición común para los fenómenos de transporte de sedimentos. Para el caso del área de estudio, las quebradas de 2º orden deben ser tratadas como una unidad de captura para considerar el tamaño de captura completa y la densidad del drenaje.

La Figura 4.1.1.14 muestra el límite de subcaptura para la unidad de captura de la quebrada de 2º orden en las quebradas de montaña. La delineación fue realizada con base en el Mapa Topográfico de escala 1:5.000 de 1984 y de 1954.

El número total de unidades de captura es de 195. Entre las 47 quebradas de montaña, la Quebrada Tócome tiene el máximo de unidades de captura con 26 unidades.

El orden máximo de quebrada que se tiene es de cinco (5) para la Quebrada Tócome. Las cuencas que tienen un 4º orden corresponden a las quebradas Catuche, Cotiza, Chapellín, La Julia, Galindo y Caurimare.

3) Análisis de Precipitación y Descarga

[Estaciones Pluviométricas Representativas] MARN-UNDP condujo un estudio hidrológico detallado, “ESTUDIO DE CRECIDAS EN LAS CUENCAS DE LA VERTIENTE SUR DEL PARQUE NACIONAL ÁVILA (2001)”. Este estudio ha provisto al Proyecto Ávila de la información básica de precipitación y descarga para la preparación de los mapas de amenazas. El hecho importante que debe mencionarse es que este informe es un estudio hidrológico fundamental, oficial, y autorizado por el MARN para el Valle de Caracas y ha sido aplicado para las condiciones básicas del

Proyecto Ávila. De acuerdo al estudio, la precipitación en el área de captura de las quebradas de montaña puede ser representada por cinco (5) estaciones pluviométricas. La Tabla 4.1.1.15 muestra la precipitación probable (Intensidad-Duración y Frecuencia) de las cinco (5) estaciones representativas.

Las estaciones representativas para las principales capturas de las quebradas se muestran a continuación. Las estaciones vecinas de cada quebrada fueron seleccionadas.

Nombre de la Quebrada	Estación Representativa	Nombre de la Quebrada	Estación Representativa
Catuche	Maiquetía, San José Ávila	Quintero	Teleférico, Los Chorros
Anauco	Maiquetía, San José Ávila	Pajaritos	Teleférico, Los Chorros
Cotiza	Maiquetía, San José Ávila	Sebucán	Teleférico, Los Chorros
Beatas	San José Ávila, Teleférico	Torres	Teleférico, Los Chorros
Gamboa	San José Ávila, Teleférico, Maiquetía	Agua de maíz	Teleférico, Los Chorros
Canoas	Teleférico	Tenería	Teleférico, Los Chorros
Maripérez	Teleferico	Tócome	Los Chorros
Guno	Teleférico, Los Chorros	Camburi	Los Chorros
Chapellín-Ávila	Teleférico, Los Chorros	Pasaquire	Los Chorros, Caurimare
Chacaíto	Teleférico, Los Chorros	Galindo	Caurimare
		Caurimare	Caurimare

El método del *U.S. Soil Conservation Service* (llamado aquí “método SCS”) se usa para estimar la precipitación efectiva.

El número de la curva del SCS para cada cuenca se elige principalmente mediante la foto aérea y el gráfico hecho por el *U.S. Soil Conservation Service*, y calibrado para el número de curva del SCS de otra cuenca, el cual es similar a la del Cerro El Ávila, y que ha sido previamente calibrada para el análisis de escorrentía realizado para un informe anterior.

Los números de curva del SCS en esta área de estudio van de 55 a 80

[Análisis de Escorrentía] El método de onda cinemática se aplica para producir los hidrogramas de escorrentía. El método de onda cinemática supone que el peso o la fuerza de gravedad del agua que fluye es simplemente balanceada con la fuerza de resistencia de la fricción del lecho. Se supone que todos los flujos obedecen las ecuaciones de continuidad y momentum como se muestra a continuación.

$$\frac{\partial y}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = i - f = i_e$$

$$q = \frac{1}{n} S_0^{1/2} y^{5/3}$$

Donde y : profundidad del flujo sobre tierra; q : tasa del flujo sobre tierra/unidad de ancho; $i - f = ie$: tasa de precipitación neta; n : coeficiente de rugosidad efectivo; S_0 : inclinación promedio del flujo sobre tierra.

El coeficiente de rugosidad efectivo es de 0,4-0,8 para la cuenca, y 0,04-0,06 para el canal.

[Descarga Probable] Las descargas probables calculadas por período de retorno se muestran en la Tabla 4.1.1.6. La Figura 4.1.1.15 muestra la distribución de la descarga específica para un período de retorno de 100 años para el área de captura aguas arriba de La Cota Mil. Las áreas de captura principales cuya superficie es mayor que 3 km², tienen la descarga específica en el rango entre 10-20 m³/(s*km²).

El equipo de estudio efectuó una comparación entre el pico de descarga para un periodo de retorno de 100 años y la descarga de la fórmula racional para verificar la descarga en el Proyecto Ávila. De acuerdo a esta comparación, existe una buena correlación entre la descarga en el Proyecto Ávila y el método racional. La descarga probable en el Proyecto Ávila fue utilizada en este estudio como la descarga de agua.

4) Levantamiento Geomorfológico

[General] El Equipo de Estudio realizó una serie de inspecciones geomorfológicas y geológicas en el flanco sur de la Serranía del Ávila durante junio y julio de 2003, con la cooperación de FUNVISIS, INGEOMIN y MARN-INPARQUES.

Los objetivos de estas inspecciones son la zonificación de áreas peligrosas y la estimación del volumen de suelo inestable en todas las áreas de captura. Para el primer objetivo, desde el punto de vista geomorfológico, geológico y biológico, el área de estudio debe ser zonificada con base en la condición de peligro utilizando la geomorfología-fotos aéreas, imágenes satelitales, mapas topográficos, geología, reconocimiento del sitio y condición de la flora. Para el último objetivo se debe estimar el volumen de suelo en las áreas de captura, investigando el espesor de la cubierta del suelo y el de las rocas altamente meteorizadas en las áreas colapsadas. Las áreas objeto de derrumbes pueden ser interpretadas por fotos aéreas, y el volumen de suelo inestable puede ser evaluado por reconocimiento de sitio.

Anomalías Geomórficas

Los extremos superiores de las cuencas de Caurimare, Galindo, Quintero y Chacaíto tienen áreas planas con pequeños montículos (Pico Naiguatá, Topo La Danta a Topo

Galindo, Pico Oriental a Asiento de La Silla, Pico Occidental a Lagunazo). De acuerdo al mapa geológico (Figura 4.1.1.6), estas áreas planas no son anomalías geológicas.

Rastros de Derrumbes en las Cuencas

Rastros de derrumbes en las cuencas fueron obtenidos en las fotos aéreas. Los rastros de derrumbes que pueden ser vistos en El Ávila se muestran en la Figura 4.1.1.15. Hay muchos derrumbes Tipo 1 a Tipo 3 en las cuencas de Cotiza y Catuche. Es difícil encontrar el Tipo 1 en otras cuencas. Se produjeron muchos derrumbes en las pendientes de las cuencas de Cotiza y Catuche, donde se presentaron flujos de escombros en 1999. Las pendientes aún no se han recuperado (Figura 4.1.1.17).

Litología y Estructura Geológica

Hay diferencias geológicas entre el lado Este de la cuenca de Chacaíto y el lado Oeste de la misma.

Sedimento y Meteorización

El espesor de la cubierta de suelo y de la roca altamente meteorizada es importante para la estimación del suelo inestable en las cuencas, y se incluye como actividad en el reconocimiento del sitio. La Quebrada Chacaíto tiene más sedimentos a lo largo de su lecho que la Quebrada Tócome (Figura 4.1.1.18). Esto puede deberse a la presencia de la falla de Chacaíto.

5) Evaluación Hidrológica de la Inundación de Diciembre de 1999 en Caracas

General

En términos de desastres por flujo de sedimentos en el Valle de Caracas, el evento de diciembre de 1999 fue el más grave registrado después del de febrero de 1951. Desastres por inundación, como los acontecidos en las áreas urbanas, han ocurrido en muchos lugares a lo largo del Valle de Caracas. Sin embargo, desastres por sedimentos en el lado Sur de El Ávila han ocurrido sólo dos veces durante los últimos 52 años desde 1951.

Obviamente, el flujo de sedimentos de diciembre de 1999 ocurrido en Caracas fue causado por las precipitaciones en El Ávila. Desafortunadamente, los datos de precipitaciones en el Cerro El Ávila no fueron registrados para ese momento, por lo que la evaluación cuantitativa del desastre de diciembre de 1999 en Caracas, en términos de

cantidad de precipitación en El Ávila y de la descarga en el ápice del abanico, no se ha determinado debido a la falta de información hidrológica.

Por lo tanto, en este estudio, para la formulación del plan de prevención de desastres por sedimentos, es necesario hacer algunas suposiciones hidrológicas sobre el evento en El Ávila para la evaluación cuantitativa del desastre de diciembre de 1999 en Caracas.

Las consideraciones hidrológicas que se describen a continuación se basan en varios tipos de evidencia como las marcas de inundación y los volúmenes de sedimentos observados, así como en los resultados de previos estudios autorizados.

Cantidad de Precipitación Registrada

Durante el evento de inundación de diciembre de 1999, cuatro (4) estaciones pluviométricas estaban operando en y en los alrededores del Valle de Caracas, como se muestra en la Fig. 4.1.1.13. Se ha informado que durante este evento, las quebradas Catuche, Anauco, Chacaíto y Tócome resultaron ser las más afectadas por las precipitaciones. Las quebradas Catuche y Anauco sufrieron inundación con flujo de sedimentos en el área urbana por debajo de la avenida Cota Mil.

De acuerdo con las mediciones tomadas por estas 4 estaciones como se muestra en la Figura 4.1.1.13, las cantidades diarias de precipitaciones tuvieron tendencia a aumentar de Este a Oeste. Esta tendencia corresponde con el hecho de que las quebradas Catuche y Anauco fueron seriamente afectadas por la precipitación.

Los datos de precipitación por hora estuvieron disponibles solamente en La Carlota durante el evento. Se registraron 12,2 mm durante las horas 15:00 a las 16:00 el 15 de diciembre.

Para el Valle de Caracas, la precipitación diaria máxima registrada en Cajigal, en diciembre de 1999, fue de 61,5 mm. El período de retorno para esta cantidad de precipitación puede ser evaluado como menos de cinco (5) años basándose en la Tabla 3.15 del “ESTUDIO DE CRECIDAS EN LAS CUENCAS DE LA VERTIENTE SUR DEL PARQUE NACIONAL EL ÁVILA”. Los períodos de retorno para la precipitación diaria registrada en la UCV y La Carlota son también menores a 5 años. Estas estaciones están localizadas en la parte baja del Valle y no son representativas de las condiciones hidrológicas que ocurrieron en El Ávila durante el evento de diciembre de 1999. Considerando el desastre por flujo de sedimentos en el Valle de Caracas, el período de retorno de las precipitaciones en El Ávila debe ser mucho mayor a cinco (5) años.

La Quebrada Catuche

a) Marca de Inundación

En el ápice del abanico de la Quebrada Catuche llamado Sector Los Mecedores, se confirmó una marca de inundación, con base en la investigación a través de entrevistas realizadas por el Equipo de Estudio JICA en junio de 2003. El curso de la corriente en el ápice del abanico serpentea con forma de “S” para iniciar la propagación del flujo de agua corriente abajo. La profundidad del agua en el Sector Los Mecedores era de aproximadamente 4 m, lo cual corresponde a una elevación de 1.035 m.

b) Estimación del Pico de Descarga

Una simulación hidráulica no uniforme fue realizada para el tramo de Los Mecedores a fin de reproducir el nivel de la marca de inundación y estimar el pico de descarga en la inundación de diciembre de 1999.

Las condiciones básicas del cálculo hidráulico fueron las siguientes:

Tramo: Sector Los Mecedores corriente arriba (239 metros en total)

Sección transversal: 6 secciones transversales basadas en el mapa topográfico del año 1984 (escala 1:5.000)

La rugosidad de Manning fue establecida en 0,10. Este valor es mayor al normal determinado a partir de las condiciones del lecho, ya que el flujo considerado contiene escombros, mientras que las ecuaciones de continuidad y el momentum aplicadas en los cálculos no-uniformes son sólo para agua.

Como resultado del cálculo hidráulico no uniforme, el pico de descarga con sedimentos fue calculado en 120 m³/s, aproximadamente.

A fin de separar la descarga de agua del valor calculado (120 m³/s), se utilizó la siguiente relación entre la descarga de agua y la descarga con sedimentos:

$$Q_{sp} = \frac{C_*}{C_* - C_d} Q_p$$

Donde Q_p: pico de la descarga de agua (m³/s), Q_{sp}: pico de la descarga con sedimentos, C*: concentración volumétrica del depósito, C_d: concentración volumétrica del flujo de sedimentos.

La concentración volumétrica del flujo de sedimentos puede ser evaluada de la siguiente manera:

$$C_d = \frac{\gamma_w \cdot \tan \theta}{(\gamma_s - \gamma_w)(\tan \phi - \tan \theta)}$$

Donde γ_w y γ_s son pesos unitarios de agua y sedimento, respectivamente. ϕ : ángulo de reposo del depósito, θ : pendiente del lecho de la quebrada. Si el C_d calculado es mayor que $0,9 C_*$, C_d es igual a $0,9 C_*$, y si el C_d calculado es menor que $0,3$, C_d es igual a $0,3$.¹

Ya que la pendiente del lecho de la quebrada es de aproximadamente 7 grados, C_d es igual a $0,3$. Generalmente C_* es $0,6$, así que:

$$Q_{sp} / Q_p = 2$$

El pico de la descarga de agua fue calculado en $60 \text{ m}^3/\text{s}$.

El Proyecto Ávila realizó la simulación de inundaciones de la Quebrada Catuche para períodos de retorno de 10, 100 y 500 años. Esta simulación no pretendía reproducir el evento de 1999; sin embargo, los resultados en el ápice del abanico de Catuche (Los Mecedores) son una referencia para evaluar el período de retorno del evento de 1999. Comparando las condiciones de la inundación, según los resultados de las entrevistas y los resultados de la simulación que se muestran en las Figuras 17-13 y 17-16 del informe del Proyecto Ávila, se puede considerar que el evento de diciembre de 1999 tiene un período de retorno entre 100 y 500 años, en términos del área inundada en el ápice del abanico. La descarga de agua aplicada para los casos de 100 y 500 años fue de $59 \text{ m}^3/\text{s}$ y $88 \text{ m}^3/\text{s}$, respectivamente (página 396 del Informe).

El valor calculado de $60 \text{ m}^3/\text{s}$ para la descarga de agua debería ser aceptable y ser apoyado por el Proyecto Ávila, según las premisas contenidas en ese proyecto y en el estudio de JICA.

c) Estimación de la Intensidad de Precipitación

Es necesario calcular la intensidad de la precipitación a partir de la descarga de agua para poder evaluar así el evento en términos de precipitación. Se puede estimar la intensidad

¹Libro de Lectura sobre Sabo Vol.6-1, p183

de la precipitación usando una fórmula racional; ésta es una de las formulas de precipitación-escorrentía ampliamente utilizadas para áreas de captura pequeñas, y es adecuada para obtener resultados de referencia con información limitada.

El área de captura del abanico de Catuche es 3,9 km² de acuerdo al plano del IMF. El tiempo de concentración es,

$$T_c = 1.67 \times 10^{-3} \times (L / \sqrt{S})^{0.7}$$

Donde L: longitud de la quebrada principal en m, S: pendiente promedio del lecho. Para usar la fórmula racional,

$$T_c = 1.67 \times 10^{-3} \times (4,087 / \sqrt{0.22})^{0.7} = 0.95 \text{ hour}$$

Usando la fórmula racional:

$$Q_p = \frac{1}{3.6} f \cdot r \cdot A$$

Donde A: área de captura en km², f: coeficiente de escorrentía, r: intensidad de precipitación (mm/h).

La intensidad de precipitación durante el tiempo de concentración es

$$r = \frac{3.6 \cdot Q_p}{f \cdot A} = \frac{3.6 \cdot 60}{0.7 \cdot 3.9} = 79 \text{ mm/h}$$

d) Volumen de Sedimento por Acarreo

Con base en la encuesta mediante entrevistas, el área afectada en la Quebrada Catuche por la inundación de diciembre de 1999 fue trazada en el mapa topográfico con escala 1:5.000. A partir del mapa, el volumen de sedimentos depositados por acarreo fue estimado aproximadamente en 50.000 m³ dentro del tramo de 500 metros corriente abajo del vértice del abanico.

El volumen de sedimento mencionado de 50.000 m³ es aparente sobre el sitio y contiene vacíos (el coeficiente de Vacío es 0.4). El volumen neto es 50.000 m³ * (1-0.4) = 30.000 m³. Este volumen neto puede ser revisado desde el punto de vista hidráulico.

Si se supone un hidrograma triangular con un pico de descarga de 120 m³/s y duración de media hora, como se muestra arriba, el volumen de sedimento por acarreo es,

$$V = Q_{\text{pico}} \cdot DR \cdot 60 \cdot \frac{1}{2} \cdot C_d$$

$$= 120(m^3 / s) \times 30(\text{min.}) \times 60(\text{sec.}) \times \frac{1}{2} \times 0.3 = 32,400 \quad m^3$$

Se supone un tiempo de duración (DR) de media hora como el periodo en que ocurre el acarreo substancial de sedimentos al considerar los fenómenos descritos en las entrevistas.

Corriente de Chacaíto

e) General

De acuerdo a las entrevistas realizadas en junio de 2003, poco sedimento llegó al área urbanizada por debajo de La Cota Mil. En consecuencia, se considera que la concentración de sedimento en el flujo de inundación puede ser descartada para la estimación del pico de descarga.

f) Estimación del Pico de Descarga

De acuerdo a la encuesta por entrevistas, la condición de la inundación corriente abajo de La Cota Mil tenía una profundidad de agua aproximada de tres (3) metros por cuatro (4) metros de ancho. Debido a la dificultad de generar los datos del corte transversal del mapa topográfico, en Chacaíto se asumió el flujo uniforme para mayor simplicidad.

Para usar la ecuación de Manning:

$$Q = A \cdot \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

El pico de descarga puede ser como sigue:

$$Q = \frac{1}{0.06} \cdot \left(\frac{3 \cdot 4}{3 \cdot 2 + 4} \right)^{2/3} \cdot \left(\frac{1}{11} \right)^{1/2} \cdot 3 \cdot 4 = \frac{1.13}{0.06} \cdot 0.30 \cdot 12 = 68 \quad m^3 / s$$

Donde la pendiente del lecho es de cinco (5) grados.

g) Estimación de la Intensidad de Precipitación

El área de captura de la cuenca de Chacaíto, por encima de La Cota Mil es de 6,3 km² y la longitud de la quebrada principal y la pendiente promedio son de 5.550 m y 0,26, respectivamente.

El tiempo de concentración y la intensidad de precipitación son:

$$T_c = 1.67 \times 10^{-3} \times (5550 / \sqrt{0.26})^{0.7} = 1.11 \text{ hour}$$

$$r = \frac{3.6 \cdot Q_p}{f \cdot A} = \frac{3.6 \cdot 68}{0.6 \cdot 6.3} = 65 \text{ mm/h}$$

Donde A es el área de captura en km², f es el coeficiente de escorrentía y r es la intensidad de la precipitación (mm/h).

Conclusiones

h) Pico de Descarga de Agua

Los picos de descarga de agua para las quebradas Catuche y Chacaíto fueron estimados en 60 m³/s y 68 m³/s, respectivamente. De acuerdo a la descarga probable del informe de CGR, los períodos de retorno son los siguientes:

Quebrada	Pico de Descarga (m ³ /s)	Periodo de Retorno (año)
Catuche	60	100
Chacaíto	68	<25

i) Precipitación

Las intensidades de precipitación de las quebradas Catuche y Chacaíto fueron estimadas en 79 mm/h y 83 mm/h, respectivamente. De este resultado se puede concluir que una mayor intensidad de precipitación pudiera darse en el área de montaña, más no así en el área baja del Valle de Caracas. Estas cantidades de precipitación son para el área de montaña. Sin embargo, la comparación con la cantidad probable de precipitación de las estaciones vecinas es como se detalla a continuación:

Quebrada	Precipitación en 1 hora (mm)	Periodo de Retorno (año)
Catuche	79	100 (Maiquetia)

		<300 (San José Ávila)
Chacaíto	65	5 (Teleférico)
		7 (Los Chorros)

Resulta muy difícil estimar duraciones de precipitación más largas, tales como la precipitación diaria, a partir del pico de descarga. Generalmente, la escala de la inundación con sedimentos está relacionada con la cantidad de precipitación diaria o con un mayor período. Lo ideal sería evaluar la precipitación diaria en El Ávila para diciembre de 1999. Sin embargo, es imposible debido a la falta de datos.

j) Conclusión

En cuanto a la confiabilidad de la precipitación o la descarga supuesta para la evaluación del período de retorno, es preferible usar la descarga de agua pues ésta refleja las condiciones de inundación directamente. En este contexto, se puede decir que en términos de la descarga de agua causada por las precipitaciones sobre El Ávila, el desastre por inundación con sedimentos de diciembre de 1999 en el Valle de Caracas es, al menos, un evento con un período de retorno de 25 años para la Quebrada Chacaíto, y de más de 100 años para la Quebrada Catuche. La evaluación del período de retorno para los fenómenos de inundación con sedimentos comprende muchos factores desconocidos, como la concentración volumétrica. No obstante, el período de retorno que se obtiene para inundación con sedimentos debe ser similar al de descarga de agua suponiendo que se mantenga la siguiente relación:

$$Q_{sp} = \frac{C_*}{C_* - C_d} Q_p$$

6) Condición de La Cota Mil para los Desastres por Sedimentos

En el ápice del abanico de las quebradas de montaña del Ávila se encuentra la avenida llamada popularmente “La Cota Mil”, la cual afecta el acarreo de sedimentos corriente abajo de los abanicos aluviales. Sin embargo, las quebradas Catuche y Caroata no son afectadas por La Cota Mil porque se encuentran fuera de la ruta. En el caso de la Quebrada Caurimare, en el ápice de su abanico existen muchas nuevas edificaciones de apartamentos, y La Cota Mil cruza la Quebrada Caurimare en su vía al Río Guaire.

Para la sección de la quebrada debajo de La Cota Mil, hay cuatro (4) tipos de intersecciones:

Puente

Alcantarilla rectangular grande

Alcantarilla rectangular pequeña o ducto

Ruta fuera de La Cota Mil

La Tabla 4.1.1.7 muestra la condición de la intersección en La Cota Mil para cada quebrada de montaña. La información de las dimensiones de las alcantarillas y puentes se obtuvo por reconocimiento de campo realizado por el Equipo de Estudio, por el informe del IMF y por el plano del diseño de La Cota Mil. Sin embargo, numerosos sitios por debajo de La Cota Mil son de difícil acceso porque las rutas se ubican dentro de terrenos privados.

De las 39 quebradas de montaña que cruzan La Cota Mil, sólo tres (3) quebradas cruzan por el canal abierto debajo de la avenida, las quebradas Gamboa, Chacaíto y Tócome. Las quebradas de montaña que pasan por alcantarillas comparativamente grandes (anchura mayor a 2 m) son doce (12).

También en la Tabla 4.1.1.7 se presenta el volumen de almacenamiento, justo aguas arriba de La Cota Mil. El volumen se calculó con base en las líneas de contorno del mapa topográfico de escala 1:5.000 de 1984. La pendiente del depósito de sedimento se asume desde la parte alta de La Cota Mil en dirección corriente arriba con $2/3$ de la pendiente del lecho de la quebrada. Las quebradas Cotiza, Anauco y Maripérez tienen capacidades de almacenamiento comparativamente grandes, debido a lo profundo del lecho a la altura de La Cota Mil.

7) Estudio del Potencial del Flujo de Escombros

Balance de Sedimentos

Para la evaluación de la posibilidad de flujo de escombros en las quebradas de montaña, es importante analizar el mecanismo de acarreo de sedimentos. En el Cerro El Ávila, el desastre de diciembre de 1999 es el único ejemplo disponible para un análisis.

a) Balance de Sedimentos en Diciembre de 1999

Durante el evento de la inundación de diciembre de 1999, el significativo acarreo de sedimentos hacia el área urbanizada ocurrió en las quebradas Catuche, Cotiza y Anauco. En otras quebradas, el movimiento de sedimentos pudo ocurrir dentro del área de captura. Sin embargo, el acarreo hacia el área urbanizada fue bastante escaso. Tomando como ejemplos los fenómenos ocurridos en las quebradas Catuche, Cotiza y

Anauco en 1999, se evalúa la relación del volumen de sedimento por acarreo versus el sedimento inestable en el área de captura.

La Fig. 4.1.1.19 muestra la imagen esquemática del sedimento inestable en el área de captura antes y después del evento de 1999. Antes de 1999 había una cierta cantidad de sedimento inestable en el lecho de la quebrada.

En el evento de diciembre de 1999 se supone que las pendientes pronunciadas de derrumbes activos y nuevos colapsaron y llegaron a las quebradas colectoras. Parte del sedimento derrumbado y del sedimento inestable en el lecho de la quebrada fueron arrastrados corriente abajo hacia el área urbanizada. El volumen de sedimento por acarreo en 1999 fue de 50.000 m³ en Catuche (según el Estudio), 39.000 m³ en Cotiza según PREVENE y 31.000 m³ en Anauco según PREVENE.

Después del evento de diciembre de 1999, no ha habido hasta la fecha mayor acarreo de sedimentos. Los remanentes de sedimento se han estado depositando en el lecho de la quebrada.

La Figura 4.1.1.19 explica la distribución de sedimento en el evento de 1999 para las tres (3) quebradas. La columna de la izquierda de cada quebrada es la suma del acarreo de sedimentos en 1999 (=A) y el sedimento inestable presente en el lecho de la quebrada. La columna de la derecha de cada quebrada es la suma (=B) del sedimento derrumbado en 1999 y el depósito de sedimento en el lecho de la quebrada antes de 1999. El único factor desconocido es el depósito de sedimento en el lecho de la quebrada antes de 1999. Este pudiera ser calculado si las columnas izquierda y derecha fuesen iguales.

El sedimento en cuestión, su espesor supuesto y la relación de acarreo se muestran a continuación:

Tipo de Sedimento	Grueso (m)	Cociente de la salida del sedimento a la corriente que conecta
Sedimento inestable en el lecho de la quebrada	Variado en la orden de la corriente	-
Derrumbamiento Activo	1.5	1.0
Nuevo derrumbamiento cubierto con hierba	2	0.7

La relación entre el acarreo de sedimentos en 1999 y el sedimento inestable antes de 1999 puede ser calculada como sigue:

$$R = \frac{A}{B}$$

A es el volumen de sedimento por acarreo en 1999. B es la suma del sedimento derrumbado en 1999 y el depósito de sedimento en el lecho de la quebrada antes de 1999. El sedimento derrumbado en 1999 significa aquí los derrumbes activos y los nuevos derrumbes cubiertos con hierba. El volumen A de las quebradas Cotiza y Anauco incluye la deposición justo aguas arriba de La Cota Mil.

La relación resultante (=R) es 0,20, 0,25 y 0,27 para las quebradas Catuche, Cotiza y Anauco, respectivamente.

Con base en este resultado y tomando un valor de seguridad, una relación de 0,30 puede ser aplicada para la evaluación del acarreo de sedimentos en el próximo evento de precipitación similar al de diciembre de 1999.

b) Balance del sedimento para futuros eventos

En el caso de un evento de precipitación similar al de diciembre de 1999 para las 47 quebradas de montaña, el volumen de sedimento por acarreo fue estimado como sigue (Figura 4.1.1.20).

El cociente del área de derrumbes activos y toda el área de captación fue calculado como 3.7 % para la parte occidental del Ávila, en la cual los ocurrieron derrumbes importantes en 1999 (Figura 4.1.1.21). Este cálculo fue hecho basado en el mapa geomorfológico realizado durante el estudio.

El área de derrumbes asumida para el escenario fue calculada como el producto de 3.7 % multiplicado por el área de cada cuenca.

El volumen de sedimento generado del área de derrumbes asumida fue calculado como el producto del área derrumbada anterior, del espesor y del cociente del volumen remanente de sedimento.

Espesor (m)	Relación de Volumen de Sedimento Remanente a Volumen de Derrumbes
2.3	0.3

Finalmente para estimar el volumen de acarreo de sedimentos debajo del punto básico de cada cuenca, el cociente de acarreo de sedimentos para el acontecimiento futuro al

sedimento inestable actual se asume como $R = 0.3$ para la cuenca principal cuya área es mayor a 1.0 km^2 , mientras que $R=1.0$ fue aplicado a las cuencas pequeñas restantes.

El volumen de acarreo de sedimentos debajo del punto básico es una clase de valor potencial basado en las condiciones de la parte superior del Ávila. El volumen de acarreo de sedimentos debajo del punto básico es afectado realmente por las condiciones topográficas alrededor del punto básico y las condiciones hidrológicas. Como se hace extensamente en Japón, el volumen de sedimentos siguiente fue calculado como el valor posible a través del punto básico.

$$V_{ec} = \frac{10^3 \cdot Rt \cdot A}{1 - \lambda} \left(\frac{Cd}{1 - Cd} \right) \cdot fr$$

Donde A: Área de la cuenca en km^2 , Rt: 24 horas de precipitación en mm para el período de retorno seleccionado, λ : cociente de vacío(= 0.4), Fr: cociente de acarreo(= $0.05 (\log A - 2.0)^2 + 0.05$), Cd: concentración del sedimento en función de la pendiente del lecho de la quebrada.

Si el Vec calculado es menor que el volumen asumido de acarreo de sedimentos, el Vec es seleccionado como el volumen de sedimentos de diseño.

La Figura 4.1.1.22 muestra el acarreo de sedimentos estimado para cada área mayor de captura. El área de captura No.14 corresponde a la Quebrada Tócome, que tiene el mayor volumen de sedimento por acarreo de todas las quebradas. El segundo mayor volumen se espera para la Quebrada Caurimare (No. 4). Las quebradas Catuche (No.44) y Cotiza (No.42) tienen menores volúmenes estimados de sedimento comparados con los de la parte Este del Ávila porque el sedimento inestable en esas dos quebradas ya fue arrastrado del área de captura en 1999.

La Figura 4.1.1.23 indica la comparación del acarreo de sedimentos estimado en Caracas y los de Vargas y Japón. Los valores específicos por km^2 en Caracas se colocan en la parte inferior comparada con los de Vargas. Esto es porque la cantidad de la precipitación en Vargas es mucho más grande que en Caracas. Las dos (2) líneas rectas paralelas indican el rango del volumen específico de acarreo de sedimentos en Japón para las condiciones geológicas similares a las de Caracas. El volumen asumido de sedimentos en Caracas también se coloca básicamente en la parte inferior comparada con los de Japón.

Potencial del Flujo de Escombros

En cuanto a la pendiente del lecho de la quebrada, no existen diferencias importantes entre las 47 quebradas de montaña, así como tampoco entre las unidades de captura. De esta forma, la cantidad de volumen de sedimento inestable, incluyendo las áreas de derrumbes nuevas y viejas, es un factor importante para indicar el potencial del flujo de escombros.

Por tener el mayor número de unidades de captura, las quebradas Tócome, Caurimare, Galindo, Chacaíto y Cotiza tienen a este respecto mucho sedimento que generar en una futura inundación como se muestra en la Tabla 4.1.1.8.

A continuación se muestra el resumen del estudio en el Cerro El Ávila:

1. A pesar de que se registran rocas relativamente poco competentes como mármol o serpentinita en el lado occidental, no existe gran diferencia en la geología/litología entre el lado occidental y el lado oriental. La densidad de las fallas y lineamientos tampoco difiere tanto entre el Este y el Oeste.
2. Nuevos derrumbes se observan en el Oeste debido a que muchos derrumbes ocurrieron en diciembre de 1999, también se observan algunos antiguos derrumbes en toda el área. Aunque hubo varios derrumbes en febrero de 1951, la vegetación se ha recuperado y en la actualidad se consideran como derrumbes viejos.
3. La zona meteorizada es más espesa en el Oeste que en el Este. Esto pudiera estar causado por el terreno. El material en la zona meteorizada es rico en gravilla y casi no contiene arcilla/cieno.
4. Las quebradas del Este parecen tener más escombros. Esto pudiera estar causado porque las quebradas en el Este tienen escalones en su perfil y patrones de desagüe angulares/espaldas.
5. La vegetación está clasificada de menor a mayor altitud en la Serranía El Ávila. La vegetación en altitudes sobre 1.700m es más espesa que en menor altitud. Por consiguiente, las cuencas de Catuche y Cotiza que se encuentran principalmente debajo de los 1.700m tienen poca vegetación.

Posterior a la observación de la distribución de la vegetación, espesor meteorizado, escombros en las quebradas y distribución de derrumbes, puede decirse que las quebradas en el Oeste, en especial Cotiza y Catuche, son más débiles contra el flujo de escombros que las quebradas al Este. La diferencia en la fuerza de la tierra se debe principalmente a la protección que proporciona la vegetación, puesto que las litologías

tanto al Este como al Oeste no difieren mucho. Sin embargo, la distribución de derrumbes antiguos se esparce uniformemente en el lado oriental mostrando posibilidad de flujo de escombros en este lado. Si fuertes lluvias cayesen solamente en el lado oriental, el flujo de escombros sólo ocurriría en el Este.

4.1.2 Elaboración de Mapas de Amenaza por Sedimentos

Los desastres por sedimento objeto para la elaboración de los mapas de amenaza están sujetos a los derrumbes en pendientes pronunciadas, deslizamientos y flujo de escombros.

(1) Deslizamientos y Derrumbes

El propósito de este estudio es identificar las pendientes que tienen posibilidad a derrumbarse, y hacer el mapa de la clasificación de pendientes. El mapa de la clasificación de pendientes que el equipo de estudio preparó, mostrará las pendientes inestables que pudieran afectar a los habitantes.

Generalmente, la investigación de desastres de pendientes en Japón se conduce de acuerdo con el organigrama que se muestra en la Figura 4.1.1.24. La investigación del desastre de pendientes consiste en dos (2) secciones que son “Estudio Amplio del Área” y “Estudio Individual (Investigación Minuciosa)”. El equipo condujo el estudio hasta la “Evaluación de Amenazas” en el área del estudio de desastres de sedimentos.

En este estudio, los objetivos de desastres identificados son los deslizamientos y los derrumbes, posteriormente, el objetivo de conservación identificado son las viviendas, importantes instalaciones y vías de más de cuatro carriles. Se llevó a cabo una investigación utilizando las fotografías aéreas tomadas en Febrero de 2002 (escala: 1/25.000), los mapas topográficos publicados en 1984 (escala: 1/5.000) y las imágenes satelitales tomadas en abril del 2003 por “ASTER, *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*”. Las pendientes que fueron identificadas por la investigación se consideran que tienen la posibilidad de convertirse en deslizamientos y derrumbes.

La peculiaridad del estudio es el identificar las pendientes como unidades. El mapa existente de amenaza de pendientes que ha sido preparado por INGEOMIN muestra el área de amenaza dividido por la orientación de la pendiente. Por otro lado, se ha identificado cada unidad de pendiente con posibilidad de colapso. La unidad de pendiente está dividida por el punto de cambio de la forma de la pendiente (ver Figura 4.1.1.25). Por lo tanto, la unidad de pendiente forma pendientes convexas, cóncavas o planas. Si la pendiente plana es continua, se dividirá en cada 200 a 250 m de ancho. Este criterio está basado en la investigación de pendiente estándar realizado por el Ministerio de Tierra, Transporte e Infraestructura del Japón. En el

caso de pendientes convexas o cóncavas en barrios y que tengan varios ranchos, se dividen por el punto de cambio de la forma de la pendiente como si fuese una pendiente plana.

El número de pendientes empinadas inestables y deslizamientos interpretados es 230 y 8, respectivamente. Entre las 230 pendientes empinadas, hay 52 pendientes empinadas sobre vías. La Figura 4.1.1.26 muestra el número por Municipios. La mayoría de las pendientes empinadas ocupadas por casas están situadas en Libertador y Sucre.

(2) Flujo de Escombros

1) Elaboración de Mapas de las Quebradas

En el capítulo anterior, se habló de un total de cuarenta siete (47) quebradas principales en el Ávila. El alcance de trabajo del estudio de JICA especifica veinte (20) quebradas, las cuales se encuentran incluidas dentro de las cuarenta siete (47) quebradas principales en el Ávila. Las 20 quebradas pueden ser agrupadas en once (11) abanicos aluviales y han sido seleccionadas para la elaboración de los mapas de amenaza y riesgo en este estudio. La Tabla 4.1.1.9 muestra la relación entre las veinte (20) quebradas y los once (11) abanicos aluviales.

El mapa de amenaza para los once (11) abanicos aluviales también ha sido elaborado por PREVENE, el Proyecto Ávila y el Proyecto Caracas en Venezuela. La Tabla 4.1.1.9 también muestra los nombres de estos once (11) abanicos aluviales.

Entre los once (11) abanicos aluviales, los modelos Cotiza-Anauco-Gamboá y Tócome-La Julia fueron desarrollados por "PREVENE" mientras que los demás se desarrollaron en el "Mapa de Amenaza" por la Universidad Central en Venezuela (UCV), con excepción de la Quebrada Caroata. Además del "Mapa de Amenaza", UCV ha estado efectuando un estudio extensivo del sistema de drenaje para los once (11) abanicos aluviales incluyendo la Quebrada Caroata, para mejorar los modelos de simulación en el Proyecto Caracas.

2) Metodología

Este capítulo describe la metodología para delinear el área de amenaza/riesgo por flujo de escombros para el área de estudio de sedimento.

Los métodos de PREVENE, el Proyecto Ávila y el Proyecto Caracas se explican a continuación (Tabla 4.1.1.10).

En primer lugar, la simulación de precipitación y acarreo para el Ávila es diferente entre PREVENE, y el Proyecto Ávila /Proyecto Caracas. PREVENE aplicó el método hidrográfico unitario, mientras que el Proyecto Ávila/Proyecto Caracas utiliza el método de ondas cinemáticas, efectuado por MARN (CGR Ingenieros).

Con respecto a la simulación de inundación para el Valle de Caracas, se utilizó el modelo FLO-2D para estos proyectos.

La simulación de precipitación-acarreo por MARN (CGR Ingenieros) es un estudio hidrológico comprensivo para toda la Serranía El Ávila, mientras que el de PREVENE era un estudio piloto para un área específica de estudio. El Equipo de Estudio revisó los resultados de la simulación de precipitación-acarreo por MARN (CGR Ingenieros) y los comparó con la fórmula racional convencional como se describió en el Informe de Apoyo S13 (Hidrología). Debido a que el estudio hidrológico por MARN (CGR Ingenieros) ha sido la base para la elaboración del mapa de amenaza en Caracas, el Equipo de Estudio decidió utilizar los resultados como datos de acarreo (agua) del Ávila. Para el mapa de amenaza del flujo de escombros, el Equipo de Estudio tomó en cuenta el volumen de sedimento basándose en el estudio de campo.

Para el modelo hidráulico, el Equipo de Estudio fusionó los once (11) abanicos aluviales en el Oeste y el Este del área modelada. Para cada área modelada, se llevó a cabo el modelo de simulación de inundación usando FLO-2D para cubrir los once (11) abanicos aluviales. El modelo FLO-2D del Equipo de Estudio fue diseñado para analizar el efecto de represas sabo en el Ávila, simplemente tomando en cuenta el nivel del Plan Maestro.

La diferencia entre el modelo del Proyecto Ávila y el modelo por el Equipo de Estudio JICA se muestra en la Tabla 4.1.1.11.

El mapa de amenaza es creado por dos métodos: Método 1 es Ley Japonesa para la Prevención de Desastres por Sedimento, el Método 2 es por medio del Modelo FLO2D.

3) Método 1: Método de la Ley Japonesa para la Prevención de Desastres por Sedimento

La Ley de la Prevención de Desastres por Sedimento fue emitida en el año 2000 en Japón, y las normas relacionadas indican la metodología para delinear el área potencial para el flujo de escombros.

a. Descarga Máxima y Altura del Flujo de Escombros

La descarga máxima potencial del flujo de escombros puede calcularse de la siguiente manera:

$$Q_{sp} = \frac{0.01 \cdot C^*}{Cd} \cdot V$$

$$Cd = \frac{\rho \cdot \tan \theta}{(\sigma - \rho)(\tan \phi - \tan \theta)}$$

Donde Q_{sp} : la descarga máxima potencial por flujo de escombros, V : volumen del sedimento transportado por el flujo de escombros, C^* : concentración volumétrica del depósito (= 0.6), Cd : concentración del flujo de escombros (Takahashi), σ : densidad específica del sedimento (t/m^3) (= 2.6), ρ : densidad del flujo (t/m^3) (= 1.2), ϕ : ángulo de fricción interno (grado), θ : pendiente del lecho de la quebrada (grado) (= 35).

El peso unitario y la velocidad del flujo de escombros son los siguientes::

$$\rho_d = \frac{\rho \cdot \tan \theta}{\tan \phi - \tan \theta}$$

$$U = \frac{h^{2/3} \cdot (\sin \theta)^{1/2}}{n}$$

Donde ρ_d : peso unitario del flujo de escombros (t/m^3), h : profundidad del flujo de escombros (m), U : velocidad promedio del flujo de escombros (m/s), n : aspereza de Manning (= 0.1 para canal natural).

Por consiguiente, la profundidad (altura) del flujo de escombros puede expresarse de la siguiente manera:

$$h = \frac{Q_{sp}}{B \cdot U} = \left(\frac{n \cdot Q_{sp}}{B \cdot (\sin \theta)^{1/2}} \right)^{3/5}$$

b. Ancho del Flujo de Escombros (B)

El ancho del flujo de escombros puede ser evaluada por dos (2) métodos: el método de Manning y el método de Regime.

El método de Manning para calcular el ancho del flujo utiliza la ecuación siguiente.

$$Q_{sp} = \frac{1}{n} \left(\frac{A}{S} \right)^{2/3} (\sin \theta)^{1/2} \cdot A$$

Donde A: área del flujo (m²), S: radio hidráulico de la sección (m).

En el caso de abanicos aluviales lateralmente planos, es difícil evaluar el ancho del flujo con las fórmulas anteriores. Para este caso, la teoría de Regime se puede aplicar:

La teoría de Regime es la siguiente:

$$B = 4\sqrt{Q_{sp}}$$

Si ambos métodos son aplicables para evaluar el ancho del flujo (B) en un corte transversal, se selecciona el menos ancho (B).

c. Cambio Longitudinal del Flujo de Escombros

La siguiente ecuación muestra la relación entre la concentración volumétrica y la descarga máxima del flujo de escombros, cuando el flujo de escombros fluye río abajo.

$$Q_{sp_i} = \frac{C_* - Cd_{i-1}}{C_* - Cd_i} Q_{sp_{i-1}}$$

Donde el sufijo (i) y (i-1) indican río abajo y río arriba, respectivamente.

d. Definición de “Zona Roja”

El área que es seriamente afectada por el flujo de escombros es llamada “Zona Roja” y puede definirse como la sección en la cual la fuerza hidráulica del flujo de escombros es mayor que la fuerza resistente de las casas/construcciones. Significa que las casas en la Zona Roja pueden ser destruidas por el impacto del flujo de escombros.

La fuerza hidráulica en kN/m² se expresa como:

$$F_d = \frac{\rho_d}{g} \cdot U^2$$

Y la fuerza resistente de la casa/construcción es:

$$P_2 = \frac{35.3}{H(5.6 - H)}$$

Donde P₂: fuerza resistente de una casa/construcción ordinaria en kN/m², H,: altura del flujo de escombros cuando la fuerza actúa en la casa/construcción por el flujo de escombros y g: aceleración de la gravedad en m/s².

La ecuación anterior de P₂ ha sido autorizada en Japón por la Ley de Prevención de Desastres por Sedimento, sin embargo, está basada en las estructuras ordinarias de las casas de madera del Japón.

De acuerdo al análisis estructural en este estudio, como se muestra en la Figura 4.1.1.27, la fuerza del rendimiento de las columnas de concreto de las casas del barrio en Caracas, es casi la misma que las casas de madera comunes en Japón, asumiendo que la fuerza comprimida del concreto de las casas de barrio es 80 kgf/cm². Las columnas de concreto en las casas del área urbana (formal) en Caracas, asumiendo que la fuerza comprimida del concreto de las casas de barrio es 180 kgf/cm², son más fuertes que las casas de madera ordinarias en Japón. En este sentido, la zona roja basada en el criterio anterior es conservadora (más segura). En este estudio, las ecuaciones de la fuerza modificada se derivaron para las casas de concreto de barrio y las casas de concreto del área urbana para delinear la zona roja.

La Figura 4.1.1.28 y la Tabla 4.1.1.12 muestran un ejemplo del cálculo. Los cortes transversales de la vista plana y la profundidad y ancho de cada sección se muestran aquí.

e. Definición de “Zona Amarilla”

El área normalmente afectada por el flujo de escombros llamada “Zona Amarilla” puede definirse como la zona en donde el flujo de escombros puede potencialmente llegar, desde el punto de vista topográfico. En principio, la zona amarilla es el punto básico río abajo y la pendiente dos (2) grados río arriba.

El concepto para delinear la zona amarilla en el corte transversal en forma de valle se muestra en la Figura 4.1.1.29. Si la altura de la zona roja es menor de 5m, entonces la altura de la zona amarilla será de 5m. Si la altura de la zona roja es mayor de 5m, entonces la altura de la zona amarilla será 1m más arriba que la zona roja.

La “Regla de Abanico” es aplicable cuando el corte transversal es plano y el área con una altura de 5m no puede ser decidida. La regla de abanico se muestra en la

Figura 4.1.1.30. El vector (línea punteada) con una longitud de 40m se describe como la dirección de pendiente más empinada desde el punto de vista de la zona amarilla. El vector (línea no punteada) para la zona amarilla se describe como 30 grados desde el vector punteado. El vector de la zona amarilla se repite hasta que la pendiente es menor de 2 grados.

f. Mapa de Amenaza por el Método - 1

La Figura 4.1.1.31 muestra el mapa de amenaza del flujo de escombros obtenido por el método-1. El número de casas afectadas y el área total de las casas en las Zonas Amarillas y Rojas se muestran en la Tablas 4.1.1.14 y Tabla 4.1.1.15. De las 2.700 casas en la zona roja, 1.300 están ubicadas en los barrios, de las cuales alrededor de 1.000 casas están construidas en las quebradas por lo que se recomienda que las casas en las quebradas sean reubicadas.

4) Método 2: Método utilizando el Modelo FLO-2D

a) Parte Hidrológica

a. Área Modelada

El informe del estudio hidrológico “Estudio de Crecidas” está enfocado en el área montañosa por encima de los 1.000 metros (arriba de La Cota Mil) para cada quebrada. El informe estudió las isoyetas de diseño de precipitación por período de retorno para las diversas áreas. También el diseño de descarga se calculó para el análisis precipitación-escorrentía.

El producto del estudio hidrológico está configurado como la condición del límite del curso superior de la quebrada para el análisis hidráulico.

b. Análisis de Precipitaciones

El “Estudio de Crecidas” establece que la distribución mensual de precipitación en el Valle de Caracas es muy diferente a la del Estado Vargas, lo cual significa que las características meteorológicas también son diferentes. Mientras las distribuciones de precipitación mensual dentro del Valle de Caracas son similares entre las estaciones pluviométricas, la distribución aérea en cuanto a precipitación de corta duración tiene una gran variación. A partir de esto, cinco (5) estaciones pluviométricas fueron seleccionadas como estaciones representativas para la parte meridional del Cerro El Ávila.

El informe señaló que la fuerte precipitación en Caracas no se prolongó por varios días como sucedió en Vargas.

c. Cálculo de Escorrentía

Para la conversión de la cantidad de precipitación a la descarga de escorrentía, fue usado el método del SCS para estimar la cantidad de precipitación efectiva, y el método de onda cinemático fue aplicado para producir los hidrogramas de escorrentía.

b) Parte Hidráulica (FLO-2D)

a. Aplicabilidad para la Topografía del Área a Ser Modelada

El estudio hidráulico se enfoca en el área urbanizada por debajo de los 1.000 metros (debajo de La Cota Mil) para cada quebrada. El área a ser modelada es el abanico aluvial que se formó con sedimento del Ávila. La pendiente a lo largo de las quebradas es muy pronunciada y las líneas de contorno del área tienen forma de abanico, de forma que la crecienta tiende a descender y a esparcirse muy rápidamente. La crecienta que pasa el ápice del abanico pudiera distribuirse en dos direcciones dependiendo de la topografía. En este sentido, el modelo hidráulico “FLO-2D” de 2 dimensiones es bastante apropiado.

b. Utilidad en Venezuela

“FLO-2D” es un software comercial. Fue desarrollado por el Dr. Jim O’Brien en Estados Unidos de América y por la Universidad Central de Venezuela (UCV). La UCV es una de las contrapartes del Estudio.

La metodología para el uso de FLO-2D fue probada en veintitrés (23) sitios de Caracas y el Estado Vargas, en Venezuela. Los mapas de amenaza del Estado Vargas están siendo empleados por los planificadores del Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales de Venezuela y otras agencias para diseñar planes de emergencia y nuevas políticas de uso de la tierra. La metodología está siendo expandida a otras regiones de Venezuela con amenaza de inundación.

c. Utilidad en el Mundo

FLO-2D es un software hidráulico oficialmente evaluado por la Agencia Federal de Manejo de Emergencias de los Estados Unidos. Es ampliamente usado en una cantidad de países, así como en EUA, para la elaboración de mapas de amenaza de inundación.

Esto significa que existe una cantidad de usuarios para el software en el mundo y que se ha aplicado a muchos problemas prácticos.

d. Concepto de Solución Hidráulica

FLO-2D es un modelo de contorno de inundación en dos dimensiones que constituye una valiosa herramienta para delinear amenazas de inundación, regular la zonificación de la planicie de inundación y diseñar la mitigación de la inundación. FLO-2D hace el contorno de un hidrograma de inundación usando las ecuaciones de momento de onda dinámico completo y garantiza la conservación del volumen para predecir exactamente el área de inundación. El fluido viscoso y términos de esfuerzo de deformación se consideran en el modelo. La rugosidad del canal y de la planicie de inundación juega un papel en los esfuerzos turbulentos en la ecuación de onda dinámica completa. El modelo es efectivo para analizar flujos de ríos que se desbordan, pero es también valioso para analizar problemas de inundación no convencionales tales como flujos no confinados sobre topografía y rugosidad compleja, flujos derramados, flujos de escombros / lodo e inundación urbana. La clave de la aplicabilidad del modelo es la conservación del volumen que sigue la progresión de la onda de inundación sobre superficies no confinadas. El detalle de la delineación de amenaza de inundación puede ser aumentado con FLO-2D al modelar la precipitación y la infiltración, aplicando componentes de puentes, alcantarillas y diques, simulando flujos de sedimentos hiperconcentrados o modelando los efectos de edificaciones u obstrucciones de flujo.

e. Ecuaciones Matemáticas y Solución

Las ecuaciones que gobiernan para el cálculo hidrodinámico son las siguientes:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h V_x}{\partial x} + \frac{\partial h V_y}{\partial y} = i$$

$$S_{fx} = S_{ox} - \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{V_x}{g} \frac{\partial V_x}{\partial x} - \frac{V_y}{g} \frac{\partial V_y}{\partial y} - \frac{1}{g} \frac{\partial V_x}{\partial t} \quad S_{fy} = S_{oy} - \frac{\partial h}{\partial y} - \frac{V_y}{g} \frac{\partial V_y}{\partial y} - \frac{V_x}{g} \frac{\partial V_x}{\partial x} - \frac{1}{g} \frac{\partial V_y}{\partial t}$$

Donde h es la profundidad de flujo, Vx y Vy son los componentes de velocidad promedios para la profundidad a lo largo de los ejes x-, y-. La I es la intensidad de precipitación en exceso.

La forma diferencial de las ecuaciones de continuidad y momentum en el modelo FLO-2D se resuelve con un esquema de diferencia finita central. El dominio de la solución se distribuye discretamente en elementos de malla cuadrados y uniformes.

Los componentes de fricción de la pendiente S_{fx} y S_{fy} están formados por el componente de deformación de la pendiente, el componente viscoso de la pendiente y el componente turbulento-dispersivo de la pendiente.

$$S_f = S_y + S_v + S_{td}$$

S_f : *friction slope* S_y : *yield slope* S_v : *viscous slope* S_{td} : *turbulent – dispersive slope*

FLO-2D enruta flujos de sedimentos hiperconcentrados (flujo de lodos y escombros) como una continuación de fluido, al predecir movimiento de fluido viscoso. Para flujos de lodo, el movimiento de la matriz de fluidos está gobernado por la concentración de sedimento. Es empleado un modelo reológico cuadrático para predecir esfuerzos viscosos y de deformación como función de la concentración de sedimentos, y son rastreados volúmenes de sedimentos a través del sistema. Cuando la concentración de sedimento cambia para un elemento de malla dado, son simulados efectos de dilución, cese del flujo de lodos y movilización de depósitos.

f. Criterios de Simulación

El modelo toma en cuenta estructuras hidráulicas tales como canales, alcantarillas y puentes e infraestructura existente como densidad de edificaciones.

El modelo es bidimensional y el tamaño de malla es de 30 m * 30 m excepto para los modelos de Tócome y Anauco. La estructura hidráulica puede ser modelada dentro de una malla.

El hidrograma de descarga para agua que se va a usar se basa en el estudio “Estudio de Crecidas”. Para los períodos de retorno de 10, 100 y 500 años, los mapas de amenaza han sido preparados.

El hidrograma para el material sedimentario en el límite del curso superior de la quebrada se realiza considerando la relación entre la concentración de sedimento y la descarga de agua.

Se toma en cuenta el factor de reducción en el área de edificación, que pudiera afectar la profundidad del agua y del sedimento.

c) Modelo FLO-2D para Caracas

a. Área Modelada

Once (11) abanicos aluviales fueron divididos en dos (2) modelos separados, el modelo Este y el modelo Oeste. El modelo Este cubre los abanicos aluviales de Caurmare, Tócome, Agua de Maíz, Sebucán, Seca y Chacaíto y el modelo Oeste los de Mariperez, Canoas, Anauco, Catuche y Caroata.

Cada modelo puede simular las inundaciones de todos los abanicos aluviales en una ejecución. Por lo que el modelo puede simular el agua de inundación de dos (2) de los abanicos aluviales al converger y formar el área inundada adyacente.

b. Área y Elevación de la Cuadrícula

El área de la cuadrícula se fijó en 100 m * 100 m. Se consideró la escala espacial para la exactitud topográfica, así como el volumen del trabajo para el modelo. Debido a que el tamaño de la cuadrícula en especial puede afectar directamente el volumen del trabajo para el modelo porque es necesario ajustar los datos del modelo tales como la elevación, sección del cauce, aspereza para cada célula de la cuadrícula al ejecutar repetidas simulaciones.

La elevación de la cuadrícula se obtuvo por medio de la elevación promedio de los datos de los puntos de elevación, en una resolución DTM de 5 metros generada del mapa base (escala 1:5,000) para este estudio.

c. Cauce

El cauce dentro de la cuadrícula se configuró para las quebradas principales, en ambos modelos. Todos los cauces se consideran como cauces abiertos de forma rectangular.

d. Concentración del sedimento

Debido a los requisitos del software, la concentración del sedimento debe de ser por lo menos 0.20 para la simulación del flujo de escombros. Para el caso del escenario, en la concentración del sedimento se decidió incluir el volumen del sedimento total como la porción que excede la concentración de sedimento 0.20, igual al volumen del sedimento objetivo.

d) Ejecución del Modelo FLO-2D

a. Casos

Los casos simulados son de 10 años, 100 años en lo que se refiere al período de retorno de la precipitación diseño bajo las condiciones existentes. Las condiciones del

sedimento que se consideraron fueron: sin ocurrencia del flujo de escombros ($C_v = 0.2$ constante) para 10 años, con un volumen de escorrentía de sedimento para 100 años.

Como referencia, se ejecutó la simulación de un (1) caso para un periodo de retorno de 100 años, asumiendo que todas las represas Sabo se construyen en el Ávila.

b. Resultados

La Figura 4.1.1.32 y Figura 4.1.1.33 muestran la profundidad y velocidad para un periodo de retorno de 100 años bajo las condiciones existentes. Los valores de profundidad y velocidad son el valor promedio para cada célula de la cuadrícula.

La Figura 4.1.1.34 muestra la profundidad para un periodo de retorno de 100 años asumiendo que todas las represas Sabo serán construidas en el futuro. La descarga máxima fue reducida debido a una menor concentración del sedimento, como resultado de la reducción del área inundada.

4.2 Desarrollo del Mapa de Riesgos por Sedimentos

El mapa de riesgos será preparado basándose en la amenaza física en relación con la información socioeconómica del área urbana. Para la preparación de los datos socioeconómicos, los siguientes estudios de daño y de propiedad fueron realizados.

4.2.1 Derrumbes y Deslizamientos

La Figura 4.2.1.1 muestra el concepto de como decidir el área afectada (en riesgo) por derrumbes. El área amenazada debajo de la pendiente es la que se encuentra dentro de dos veces la altura de la pendiente, mientras que el área arriba de la pendiente cubre una (1) altura de la pendiente. Este concepto se basa en las ordenanzas de Japón sobre prevención de desastres por sedimentos.

En el caso de deslizamientos (Figura 4.2.1.2), el área afectada por un deslizamiento tiene un alcance del 50% de la longitud de la pendiente, basándose en otra referencia japonesa. Sin embargo, deberá notarse que la magnitud del área afectada varía de acuerdo a las características geológicas, topográficas y a su vegetación.

Basándose en el concepto anterior, el área afectada fue delineada para cada derrumbe de precipicio y deslizamiento potencial. El mapa de amenaza para los deslizamientos y derrumbes de precipicio se muestran en la Figura 4.2.1.3 (1/4-4/4).

El mapa de riesgo se muestra en la Fig. 3.2.1.4. Este mapa está clasificado por colores de acuerdo a la densidad de casas en el área de amenaza en base al mapa de amenaza.

4. 2. 2 Flujo de Escombros

(1) Daños Físicos en “Zona Roja”

La Zona Roja en la Figura 4.1.1.31 corresponde al riesgo en términos de destrucción de casas y edificios. El número de casas afectadas y el área total de las casas en las Zonas Amarilla y Roja aparecen en las Tablas 4.1.1.14 y 4.1.1.15.

La primera tabla se basa en el cauce principal, en que los números de propiedades contadas se duplican en abanicos aluviales. Se podrá referir a la esta tabla cuando cada cauce principal se compara en términos de amenazas potenciales.

La segunda se basa en abanicos aluviales, en que los números contados no tienen ninguna duplicación en abanicos aluviales. Como un caso del escenario, si ocurren flujos de escombros en todos los cauces principales, se puede ver el área de amenaza en esta tabla.

(2) Encuesta de Daños de Inundación

1) Propósito

Esta encuesta está dirigida a estimar, tanto en moneda local como en US\$, los daños ocurridos en las cuencas de las quebradas Anauco, Catuche, Tócome, Caroata, y Chacaíto, durante la inundación de diciembre de 1999.

2) Metodología

Los mapas topográficos digitales serán usados para delinear la siguiente información:

- Área afectada,
- Desarrollos controlados y no controlados,
- Tipo de sedimento (grueso, medio y fino),
- Desarrollo no controlado está clasificado en A, B, y C, de acuerdo al valor de propiedad de la casa,
- Se mostrará el área de cada parroquia, y
- Se mostrarán los barrios con sus nombres.

Será usada el **área afectada** para las cuencas de Catuche, Anauco y Caroata, preparada por el Cuerpo de Bomberos. En Chacaíto y Tócome, la encuesta del área afectada hecha por el Equipo de Estudio de JICA será usada, de igual manera.

El Estudio separará o diferenciará el área urbana afectada por la inundación de los conocidos desarrollos no controlados. Se considera **área urbana o desarrollo controlado** la parte de la cuenca donde las edificaciones son construidas de acuerdo a las regulaciones municipales, donde existen documentos formales de propiedad en el Registro local, y donde el Departamento de Ingeniería del Gobierno Municipal supervisa y otorga permisos de construcción. Se considera **desarrollo no controlado** la parte de la cuenca donde la población vive en ranchos, en donde las edificaciones son construidas sin cumplir ninguna regulación, es decir, sin estudios de ingeniería, permisos municipales, ni documentos de propiedad.

El Estudio determinará el tipo de daño sufrido en cada cuenca indicando si fue:

- Totalmente destruida,
- Parcialmente destruida, ó
- Sólo inundada con algún sedimento en el suelo.

En ambos desarrollos, el tipo de edificación será identificado como:

- Residencial
- Comercial
- Pública.

3) Cuantificación del Monto de Pérdidas en los Desarrollos No Controlados

En estos desarrollos, el precio de la edificación depende principalmente de su ubicación. Las personas de la zona prefieren pagar más por una edificación que esté localizada en un área más segura, y más cerca de la ciudad formal, que por una edificación localizada en otro sitio. Por lo tanto, precios de daño unitario serán establecidos para los sectores (A, B, y C) y, entonces, serán usados para determinar el precio total del daño.

Se realizará una encuesta para calcular los daños a los automóviles en cada cuenca.

La encuesta en el desarrollo controlado incluirá el sótano de las diferentes edificaciones afectadas.

4) Cuantificación del Monto de Pérdidas

La cuantificación del monto de pérdidas para los desarrollos no controlados se basará en una encuesta realizada en cada cuenca.

No hay información registrada en absoluto acerca del valor de las viviendas en desarrollos no controlados. Su estilo de construcción varía significativamente de uno a otro lugar.

5) Resultados de la Encuesta de Daños de Inundación

a) Viviendas / Propiedades Afectadas

El número de viviendas y propiedades afectadas es de 977 en Catuche, 993 en Anauco (el total de Anauco, Cotiza y Gamboa), 10 en Chacaíto, 92 en Tócome y 37 en Caroata. En cuanto al número de afectados, la mayoría del daño se concentró en las cuencas de Catuche y Anauco en el desastre de diciembre de 1999, puesto que esas áreas están compuestas de casas informales de pequeño tamaño.

En Catuche, el número de casas totalmente destruidas es de 218, el 22 % del total. En Anauco el número de casas totalmente destruidas es de 321, el 32 % del total.

b) Precio de Daño Unitario

El monto de pérdidas para una casa totalmente destruida en los desarrollos no controlados asentados en las cuencas de Catuche y Anauco varía entre 5 millones de Bs. y 15,5 millones de Bs. a precios del año 1999. En el caso de las cuencas de Chacaíto, Tócome y Caroata, el monto de pérdidas para una casa totalmente destruida es de 9,5 millones Bs. Estos precios incluyen el mobiliario.

En el desarrollo controlado, el daño para una casa totalmente destruida fue estimado con base en la revista "Reporte Inmobiliario AKROS, Nov. 1999". La revista muestra el valor real para tipos específicos de casa como el área por piso y el precio por m². Para el área comercial, el precio fue establecido en un 140 % del residencial. Este porcentaje fue obtenido como resultado de una inspección de muestra en Caracas.

c) Monto Total de Pérdidas

El monto total de pérdidas para las cinco quebradas es el que se especifica a continuación:

Unidad: millón de Bs. en 1999(1US\$=558Bs.)

Quebrada Afectada en 1999	Desarrollo No Controlado	Desarrollo Controlado	Total
Catuche	2.953(5,3)	664(1,2)	3.617(6,5)
Anauco (Cotiza, Gamboa)	2.700(4,8)	1.618((2,9)	4.318(7,7)
Chacaíto	38(0,07)		38(0,07)
Tócome	199(0,36)		199(0,36)
Caroata	208(0,37)		208(0,37)

El daño en diciembre de 1999 ocurrió principalmente en las quebradas Catuche y Anauco. Dicho daño en esas 2 quebradas se concentró en los desarrollos no controlados. El daño en otras quebradas fue pequeño, menos de 10 % del de Catuche y Anauco. El resultado detallado de la encuesta de daños se muestra en la Tabla 4.2.2.1.

(3) Mapa de Riesgo

El Mapa de Riesgo se muestra en la Figura 4.2.1.5. Este mapa está clasificado por los colores de acuerdo a la densidad de casas en el área de amenaza en el mapa de amenaza.

4.3 Estudio de Prevención de Desastres por Sedimentos

4.3.1. General

(1) Identificación de Desastres

Los desastres por sedimentos e inundaciones ocurren en diferentes localizaciones y afectan las actividades sociales y económicas en el área de estudio de desastres por sedimentos en el Distrito Metropolitano de Caracas. Los desastres se clasifican en las siguientes tres (3) categorías de acuerdo al tipo y magnitud.

- Desastres debido a derrumbes y deslizamientos que ocurren de manera local pero afectan grandemente las actividades económicas y sociales, así como las vidas humanas por el derrumbe de casas / edificaciones y la interrupción del tráfico.
- Desastres debido a flujo de escombros o flujo de sedimentos que se originan en el Ávila y se esparcen sobre un área amplia sobre los abanicos aluviales y que afectan grandemente las actividades económicas y sociales, así como las vidas humanas por el derrumbe de casas / edificaciones y la interrupción del tráfico.
- Desastres debido a inundaciones locales en el área urbana causadas por fuertes tormentas como el desastre ocurrido en Agua de Maíz en el 2003.

Debido a que el daño a los activos y vidas humanas en las dos primeras categorías tendrían serias consecuencias en las actividades sociales y económicas así como en las vidas humanas

dentro del área de estudio, y la tercera categoría se considera fuera del alcance de trabajo de este estudio, los desastres cubiertos por las primeras dos (2) categorías fueron seleccionadas como objetivos del Plan Maestro.

(2) Manera de Formular el Plan Maestro

1) Plan Maestro y Plan de Acción

El plan maestro para las medidas de prevención de desastres que incluye los tres desastres por sedimento sujetos a estudio, primero se formula con un año objetivo establecido en 2020. Dentro del marco del plan maestro, también se formula un plan de acción a corto plazo para el año objetivo 2012 para los proyectos urgentes seleccionados.

2) Proyectos del Área de la Cuenca y Proyectos Locales.

El área de planificación para los trabajos de prevención de desastres depende de los activos, como se describe a continuación.

Los desastres debido a derrumbes y deslizamientos ocurren en puntos de las pendientes independientemente unos de otros. El área de planificación para cada desastre está, por lo tanto, limitada a un área relativamente pequeña.

En el caso de desastres por derrumbes y deslizamientos, el área de planificación puede ser especificada localmente. Por consiguiente, el área de planificación está limitada a una pequeña área de la cuenca.

Los desastres debido al flujo de escombros o de sedimentos son básicamente causados por la descarga de agua y sedimentos del Ávila y por la inundación del ápice del abanico aguas abajo.

En el caso de desastres debido al flujo de escombros, el área afectada supuesta y el área de generación de inundaciones y sedimentos están distribuidas en toda la cuenca, desde la cima del Ávila hasta la confluencia con el río Guaire. Por lo que el área de planificación deberá cubrir toda la cuenca, bajo el concepto de proyectos del área de la cuenca.

4.3.2. Concepto de la Formulación del Proyecto

Tanto los proyectos del área de la cuenca sujetos al flujo de escombros como los proyectos locales sujetos a derrumbes y deslizamientos, serán los componentes del plan maestro. La Figura 4.3.2.1 muestra el diagrama de flujo de trabajo para el estudio del plan maestro.

El objetivo del proyecto del área de la cuenca es mitigar daños por flujos de sedimentos e inundaciones en los abanicos aluviales. Para alcanzar este objetivo, se deben controlar tanto el aporte de sedimentos en el Ávila como el agua de inundación en el abanico aluvial para prevenir la deposición de sedimentos, la cual resulta en una disminución de la capacidad de flujo del canal de agua en el abanico aluvial.

El proyecto local tiene como objetivo la protección de los caminos y de las viviendas contra daños ocurridos por derrumbes y deslizamientos.

Las amenazas y riesgos por derrumbes y deslizamientos han sido evaluados preliminarmente en las secciones anteriores. Para las propiedades afectadas por riesgo, se estudiará primero si alguna medida estructural es económicamente factible o no.

Las amenazas y riesgos por flujo de escombros también han sido evaluados preliminarmente en las secciones anteriores. El área de estudio de sedimentación se ha dividido en diez (10) cuencas de captación primarias. Para cada cuenca se estudiará si alguna medida estructural es económicamente factible o no.

Para la formulación del plan maestro, la factibilidad económica es uno de los aspectos más prioritarios, sin embargo, otros factores de evaluación como los técnicos, financieros, sociales y ambientales, así como la opinión de la contraparte venezolana serán considerados exhaustivamente.

4.3.3. Medidas Estructurales contra Derrumbes y Deslizamientos

(1) Propiedades que Se Protegerán

De acuerdo al mapa preliminar de riesgo preparado en la sección 4.2, el número de casas/edificaciones que serán protegidos se muestra en la Tabla 4.2.1.1.

La mayoría de las propiedades afectadas pertenecen a la zona de barrios de las áreas informales. El número indicado arriba es el número de “casas”, lo que significa que el tamaño de las casas tiene una gran variación, especialmente en las áreas formales.

(2) Medidas Concebidas

Una de las características en el área de estudio de desastres por sedimento es que la mayoría de las zonas de derrumbes y deslizamientos potenciales están ocupados por casas. Esas casas deben estar sujetas a la relocalización para poder realizar los trabajos de protección de pendientes. También es necesario realizar algunos trabajos de protección sobre la pendiente misma para proteger las propiedades que se encuentran abajo y sobre la pendiente. En este

sentido, la medida concebida está compuesta de la reubicación de las casas que ocupan la pendiente y los trabajos de protección de pendientes.

Los trabajos estándares de protección se muestran en la Figura 4.3.3.1.

El costo unitario que se muestra en la Figura 4.3.3.1 incluye mano de obra y maquinaria, y se deriva de algunos ejemplos del sudeste de Asia, cuyo nivel de precios es similar al de Venezuela. El costo unitario real en Caracas fue investigado en la 4° Fase de Trabajo de Campo en Venezuela.

(3) Comparación del Costo y del Valor de las Propiedades

Para estudiar la viabilidad económica de los trabajos de protección y de reubicación, se asume una pendiente empinada típica como se muestra en la Figura 4.3.3.2.

En el caso anterior, el área afectada abajo de esta pendiente es aproximadamente 1,500 m². Si en el barrio una casa ocupa 100 m², el valor total de la propiedad es US\$150,000 (=15 casas * US\$10,000 por casa), que es mucho más barato que el costo de los trabajos de protección.

El costo de los trabajos de protección es mayor cuando el área de la pendiente es mayor. Debido a que hay un límite superior al área afectada, la factibilidad económica para los trabajos de protección de las pendientes en las áreas informales (barrios) se puede considerar como baja.

Sin embargo, en las áreas formales este tipo de trabajos de protección puede ser económicamente posible para usos de suelo de extremadamente alta intensidad, como en las áreas con edificios torre de departamentos múltiples.

La Tabla 4.3.3.1 muestra la lista de pendientes de riesgo cuando los trabajos de protección de pendientes pudiesen ser factibles, basándose en la comparación entre el costo de los trabajos de protección y los valores de las propiedades protegidas.

4.3.4. Medidas Estructurales contra el Flujo de Escombros

(1) Concepto Básico

En la sección 4.1.1(3) se estimó el volumen potencial del acarreo de sedimentos de la parte meridional del Ávila. Asimismo, se calculó la descarga de agua de inundación de cada quebrada de montaña sobre su punto básico, para varios períodos de retorno.

En el área de estudio de desastres por sedimento, el área abajo de los puntos de control está ya altamente urbanizada y casi todas las quebradas de la montaña han sido confinadas y ocupadas

por casas y edificios. Por lo tanto, el volumen asumido de acarreo de sedimentos se debe controlar en el área aguas arriba de los puntos de control, que están en el Ávila.

También el área urbana en Caracas se ha desarrollado históricamente en los abanicos aluviales, que fueron formados por el acarreo de sedimentos del Ávila. Los cursos naturales de las quebradas en los abanicos aluviales no son tan estables y son vulnerables a la erosión de los bancos. Estas corrientes naturales, especialmente en la sección aguas arriba por debajo de los puntos básicos, deben ser mejorados por medio de trabajos de canalización. Además, los canales de agua en el área urbana tienen poca capacidad de flujo, ocasionando que las inundaciones se extiendan. Los canales de agua con poca capacidad de flujo se deberán mejorar para reducir al mínimo el daño por inundación.

(2) Medidas Estructurales Concebidas

La Figura 4.3.4.1 muestra el diagrama del flujo para el trabajo necesario en la selección de las medidas estructurales para el flujo de escombros del Ávila, y a continuación se explica brevemente.

La posibilidad de que haya una ocurrencia del flujo de escombros se puede saber para todas las quebradas de montaña en el área de estudio de desastres por sedimento. Las estructuras para el control de sedimento serán estudiadas para todas las quebradas de montaña (47 cauces).

Cada quebrada de montaña se puede dividir en dos (2) segmentos en su punto básico. El segmento aguas arriba desde el punto básico tiene un lecho con una pendiente mayor de tres (3) grados, es el que corresponde al Ávila. El otro segmento aguas abajo del punto básico tiene un lecho con pendientes comparativamente más suaves, menores de tres (3) grados y corresponde al área urbana en Caracas.

En el Ávila hay posibilidad de tres (3) medidas estructurales.

- Medida (1) para el control de la generación de sedimentos (Trabajos de ladera/groundsill o Trabajos de protección contra derrumbes)
- Medida (2) para atenuar la energía del flujo de escombros (Presas Sabo)
- Medida (3) para atrapar el flujo de escombros (Presas Sabo)

Las medidas (1) y (2) requieren la disposición de las estructuras en la amplitud de la cuenca por lo que no son apropiadas en el Ávila en términos de la escala de la estructura. La medida (3) tiene como objetivo la interceptación del flujo de escombros por una serie de presas sabo aguas abajo, dentro del Ávila y es la medida que se recomienda para el Ávila.

En el área urbana de Caracas, hay cuatro (4) medidas estructurales posibles.

- Medida (4) para atrapar el sedimento (Trampa de Sedimento)
- Medida (5) para dirigir el flujo de escombros (Canal de Entrenamiento)
- Medida (6) para estabilizar el curso de la quebrada (Trabajos de Canalización)
- Medida (7) para hacer que la inundación fluya con seguridad (Trabajos de Canalización del Agua)

Si el acarreo de sedimentos no se puede controlar en el Ávila, se requieren las medidas (4) y (5) en el área urbana. En Caracas, no es práctico construir tales estructuras de gran escala por la falta de disponibilidad de espacios abiertos. En este contexto, el acarreo de sedimentos se debe controlar aguas arriba dentro del Ávila.

La medida (6) tiene como objetivo la estabilización de los cursos de la quebrada en el abanico aluvial. Las quebradas que cruzan la Cota Mil en su punto básico no necesitan la medida (6) porque la Cota Mil podría fijar el curso de la quebrada. La medida (6) se debe aplicar en el ápice del abanico de Catuche, de Chacaíto, de Tócome y de Caurimare.

La medida (7) se podría aplicar a todos los cursos de quebradas en el área urbana.

(3) Nivel Propuesto

El escenario para el desastre por sedimentos se fija en un nivel comparable al acontecimiento de diciembre de 1999 en Caracas con respecto a sedimentos, al mismo tiempo que se fija a un período de retorno de 100 años para la descarga del agua del Ávila.

La capacidad del flujo existente del río Guaire se ha evaluado para un período de retorno de 25 a 50 años según se demuestra en el Figura 4.3.4.3 basado en el Proyecto Caracas².

Además del caso escenario, se propondrá un periodo de retorno de 25 años para el sedimento y un periodo de retorno de 10 años para el canal de agua para el caso a corto plazo (Plan de Acción).

(4) Represas Tipo Sabo en el Ávila

1) Función de las Presas Sabo

² UCV-IMF, Impacto y Prevención de Inundaciones y Aludes Torrenciales en El Valle de Caracas, Informe Técnico No.1, 2003

Generalmente las presas tipo Sabo tienen las siguientes funciones:

	FUNCIONES	APLICABILIDAD EN EL ÁVILA
1	Evitar erosión vertical (longitudinal) al dar una elevación fija por las presas	No
2	Evitar erosión de la orilla al guiar el flujo hacia el centro por las presas	No
3	Evitar derrumbes al elevar el lecho del río por las presas.	No
4	Almacenamiento y contención del aporte de sedimentos	Si
5	Control de aporte de sedimentos al depositarse temporalmente durante inundaciones	No

De las cinco (5) funciones antes mencionadas, la función N° 4 es aplicable al Ávila. Debido a que el Ávila es comparativamente estable y tiene poca frecuencia en términos de procesos de aporte de sedimentos, solo flujos de escombros generados por precipitaciones extremadamente fuertes son sujetos a la función de las presas Sabo. Las funciones No. 1, 2, 3 y 5 son aplicables para las quebradas de montaña inestables con alta frecuencia de pequeñas inundaciones.

2) Diseño Preliminar

(1) General

El diseño preliminar de las presas Sabo fue preparado enfocándose en la disponibilidad de materiales de construcción cerca de la ubicación de la presa, economía, eficiencia de la construcción y experiencias en Venezuela.

El tipo de estructura de la presa Sabo fue estudiada tomando en consideración el método de construcción, las vías de acceso, los trabajos de mantenimiento, etc.

La ubicación y la altura de la presa Sabo propuesta fueron decididas basándose en el objetivo de la presa y en las condiciones del sitio. Debido a que el lecho de las quebradas en El Ávila será la base de la represa y está compuesto de arena y gravilla, la altura se definió como menor de 15 m.

La función de la presa Sabo propuesta para El Ávila es el almacenamiento y retención del acarreo de sedimento como se discutió en la sección 2.4.1. Generalmente la metodología para determinar la ubicación y la altura de la presa Sabo es diferente de acuerdo a los objetivos. Aquí la metodología se basa en la función de la presa Sabo de almacenar y retener el acarreo del sedimento como se explica a continuación.

Es de mayor ventaja el que la presa tenga una mayor capacidad para atrapar sedimento y un área superficial de la trampa por unidad de volumen de concreto de la presa. Por consiguiente,

la mejor ubicación para la presa es el cauce con un corte transversal angosto en un valle tipo V, con un corte más ancho aguas arriba y con una pendiente suave en el lecho.

(2) **Diseño Preliminar**

La presa Sabo de concreto fue diseñada, siendo un tipo de estructura más general, con el propósito de estimar el número de presas Sabo y la cantidad de trabajo requeridos en El Ávila. La estructura básica de una presa Sabo se muestra en la Figura 4.3.4.4.

Los principios de diseño básicos en el Estudio son los siguientes:

- La altura de la presa es menor de 15 m.
- La altura efectiva de la presa es 2 m más baja que la altura de la presa.
- La pendiente lateral aguas abajo de una presa generalmente es 1:0.2, mientras que la pendiente lateral aguas arriba se decidió mediante el cálculo de estabilidad.

La dimensión de la presa Sabo diseñada se resume en la Tabla 4.3.4.1(1/2 y 2/2).

(3) **Esquema de la Presa Sabo**

Para el volumen designado de sedimento decidido en la Sección 4.1.1, se diseñaron las presas Sabo necesarias. El volumen de sedimento atrapado por cada presa Sabo fue calculado como se muestra en la Figura 4.3.4.5. El tamaño y número de presas Sabo fueron diseñados de tal manera que el volumen de sedimento atrapado sea mayor que el volumen de sedimento designado.

$$Q - E - (C + D + B) = 0$$

Donde Q: Volumen del sedimento designado

E: Transporte de sedimento aceptable designado (=0)

C: Volumen designado atrapado

D: Volumen designado de depósito

B: Volumen de reducción designado para la generación del flujo de escombros (=0)

El transporte de sedimento aceptable designado (E) es el volumen de sedimento que puede ser transportado sin causar daños río abajo del punto básico. En Caracas, debido a que el punto básico aguas abajo se encuentra localizado en el área urbana, E se ha fijado en cero (=0).

El volumen designado atrapado (C) es el volumen de sedimento que puede ser depositado en la presa Sabo cuando ocurre un flujo de escombros. En Caracas, este volumen fue considerado. La capacidad de volumen atrapado puede recuperarse naturalmente después de ocurrir una inundación de mediana escala, después de que el escombros haya fluido. Sin embargo, en el caso de un área de captación pequeña y una descarga de inundación pequeña, o en el caso en que la ranura de la presa esté bloqueada por peñones grandes, la recuperación de la capacidad del volumen atrapado no se puede recuperar. En estos casos, se requiere de una excavación inmediata después del flujo de escombros.

El volumen designado de depósito (D) es el volumen de sedimento que puede ser depositado en el área de la trampa de sedimento al ocurrir un flujo de escombros. En Caracas, no puede proponerse un área de trampa de sedimento porque el punto básico río abajo se encuentra en un área muy urbanizada, por lo que D se ha fijado en cero (=0).

El volumen de reducción designado para la generación del flujo de escombros (B) es el volumen de sedimento que puede ser reducido por los trabajos de protección de pendiente o *ground sill* en el segmento donde se genera y transporta el flujo de escombros. En Caracas, debido a que las presas Sabo han sido propuestas en los tramos inferiores de cada cuenca, B se ha fijado en cero (=0).

El esquema básico de los principios para las presas Sabo en el Estudio es el siguiente:

- La presa Sabo se propondrá en el tramo inferior en donde el flujo de escombros puede ser depositado fácilmente, y en la topografía en donde el volumen de sedimento atrapado sea mayor.
- Cuando sean necesarias múltiples presas Sabo debido a la limitación de altura de 15 metros, estarán localizadas de tal manera para que no compartan el área de depósito de sedimento. La pendiente del lecho designado se estableció en 50% de la pendiente del lecho original.
- Solamente el volumen de sedimento atrapado se consideró como la capacidad de sedimento de la presa.

La Tabla 4.3.4.1 muestra las presas Sabo propuestas en El Ávila y la Figura 4.3.4.6 muestra la ubicación de cada presa Sabo.

Existe un índice llamado “proporción entre el sedimento atrapado y el acarreado”, que puede indicar la efectividad de las presas Sabo. Esta proporción es calculada por la fórmula

siguiente. Cuando todas las presas Sabo se han construido en una cuenca, la proporción es 100%.

Proporción entre el sedimento atrapado y el de acarreado (%) = $\frac{\text{Suma (Volumen Atrapado Designado)}}{\text{Volumen de Sedimento Objetivo}} * 100$

La Tabla 4.3.4.2 muestra la proporción propuesta del sedimento atrapado y el acarreado para cada quebrada de montaña importante.

(4) Estimación del Costo

El coste del proyecto para los trabajos de la presa de Sabo (Figura 4.3.10) está estimado sobre la base del volumen de concreto. La Tabla 4.3.4.3 es un costo real para una presa construida en Vargas en el año 2000. El costo es expresado en Bs. en el año 2000. En este caso, el volumen concreto para la presa principal es 2.095 m³. El costo parcial solamente para los trabajos de la presa del sabo es 600 millones de Bs. en 2000 incluyendo los costos indirectos. El proyecto costado de 1 m³ de concreto es 286.400 Bs.en 2000. Para el estudio del plan maestro, 300.000 Bs./ m³ de concreto para la presa de Sabo será utilizado como el nivel de precio del año 2000.

El coste de la presa Sabo propuesta se muestra en la Tabla 4.3.4.1.

(5) Trabajos de Canalización y Trabajos del Canal de Agua

1) Trabajos de Canalización

Los trabajos de canalización (referirse a la Figura 4.3.4.7) se propusieron para estabilizar el curso de la corriente en los abanicos aluviales para la sección aguas abajo del punto básico. Las quebradas, que no cruzan la Cota Mil en el punto básico ni pasan por la abertura de un puente de la Cota Mil, deben tener trabajos de canalización aguas abajo de su punto básico. Entre las 47 quebradas de la montaña, las quebradas de Catuche, de Chacaíto, de Tócome y de Caurimare necesitan los trabajos de canalización. Las corrientes al oeste de Catuche no necesitan los trabajos de canalización porque su ápice del abanico están claramente formando un valle recto en forma de V.

El corte transversal propuesto y las dimensiones detalladas se muestran en la Figura 4.3.4.8 y en la Tabla 4.3.4.4, respectivamente.

2) Trabajos del Canal de Agua

Los trabajos del canal del agua se propusieron para hacer que la inundación fluya con seguridad del extremo en sentido aguas abajo de la sección del trabajo de canalización hasta el río de Guaire. La mayoría de los canales existentes aguas abajo del punto básico tienen poca capacidad de flujo contra la descarga de la inundación del escenario. La UCV ha estado investigando la capacidad del flujo de los canales existentes en Caracas bajo el proyecto Caracas financiado por el gobierno venezolano³. La Figura 4.3.4.9 muestra la capacidad del flujo de los canales existentes en Catuche. Para la sección donde la capacidad del flujo es más pequeña que la descarga de diseño, los trabajos apropiados del canal de agua deben ser propuestos.

3) Estimación del Costo

El coste del proyecto para los trabajos del canal y los trabajos del canal de agua fueron estimados en base al volumen de concreto. El precio unitario para 1 m³ de concreto (80 kgf/cm²) es de 120.000 Bs. en 2000 según la Tabla 4.3.4.3. Tomando en consideración los costos intangibles, el precio unitario se fija en 240.000 Bs. para así estimar el coste del proyecto para los trabajos del canal y los trabajos del canal de agua en Caracas.

El coste de los trabajos de canalización se muestra en la Tabla 4.3.4.2.

(6) Patio Temporal para Construcción

La Figura 4.3.4.9 muestra el proceso para la determinación de la ubicación de un patio temporal y una ruta temporal entre el patio y el sitio de la construcción. El requisito mínimo para el patio temporal y la ruta de acceso se describe a continuación.

Con respecto al patio temporal, debe verificarse la disponibilidad del sitio apropiado, con un tiempo de acceso de menos de una (1) hora. Si no existe algún sitio apropiado, se deberá construir un nuevo patio temporal. Actualmente dentro del área de estudio de sedimento, el único sitio candidato para el patio temporal es el espacio abierto río arriba en Cotiza y Anauco.

Asimismo, una ruta temporal para los vehículos comunicando el patio y el sitio de la presa está disponible en Cotiza. En el caso de Anauco, otro tipo de ruta como una ruta en cable se deberá construir.

Para otras quebradas, no existen sitios temporales apropiados cerca de los sitios para las presas. Si se proponen nuevos patios temporales y rutas de acceso, el coste de construcción y el impacto ambiental será bastante más elevado.

³ UCV-IMF, Borrador Informe FONACIT

La Figura 4.3.4.10 muestra los trabajos temporales propuestos para la presa Sabo y los trabajos de canalización.

La Tabla 4.3.4.5 muestra la cantidad de trabajo para los trabajos temporales.

La Tabla 4.3.4.6 muestra el programa de construcción propuesto.

(7) Tipo de Presa Sabo en el Ávila

1) Manera del Acarreo de Sedimento y Cotramedidas

La manera en que se transporta el sedimento puede categorizarse basado en la pendiente del lecho de la quebrada como se muestra en la Tabla 4.3.4.7. El tipo de cotramedidas tales como el método de construcción y el tipo de estructura puede decidirse de acuerdo a la categoría.

La Figura 4.3.4.12 muestra la sección de cada pendiente de montaña basándose en la pendiente del lecho. La sección del sitio de la presa Sabo se muestra en la Tabla 4.3.4.1.

2) Esquema de la Presa Sabo

Existen dos (2) tipos de presa Sabo, las abiertas y las cerradas.

La Tabla 4.3.4.9 explica el esquema de la presa sabo sobre la base de las características del flujo de escombros. Según este concepto, el tipo de la presa se decidió como se muestra en la Tabla 4.3.4.1.

Como referencia, la Figura 4.3.4.13 muestra los esquemas básicos para las represas de tipo Sabo en el Ávila.

3) Tipos de Presas

Las presas abiertas son las que permiten el paso del agua y los sedimentos más pequeños a través de las ranuras, manteniendo la continuidad del flujo entre la sección río arriba y río abajo de las quebradas. Estas presas pueden atrapar y almacenar el primer flujo de escombros después de comenzar su operación. En el caso de las quebradas de montaña en las que pequeñas inundaciones ocurren frecuentemente, el sedimento atrapado es fácilmente transportado aguas abajo, lo que resulta en el vaciado de la presa antes del próximo flujo de escombros. De esta manera la función de la presa se mantiene por mucho tiempo. Esta situación es muy común en Japón. Sin embargo, en Caracas,

estas pequeñas inundaciones no son muy comunes así que cuando ocurre el segundo flujo de escombros, debido a que la presa todavía está llena, no puede cumplir con su función. Por lo tanto, en Caracas es necesario un dragado de mantenimiento para mantener la funcionalidad de la presa abierta.

La presa cerrada es la convencional sin ranuras. Este tipo es apropiado para los sitios donde aguas abajo se encuentran áreas urbanas y cuyas condiciones geológicas son susceptibles a la alteración del lecho o cauce de la quebrada y la erosión de sus orillas.

La efectividad en términos del volumen de sedimentos controlado es muy diferente entre las presas abiertas y las cerradas. En las presas abiertas se puede considerar el volumen almacenado y el volumen controlado, mientras que en las cerradas sólo se puede considerar el almacenado. Por lo tanto, las presas abiertas son más efectivas en términos de volumen de sedimentos.

Considerando las características anteriores, las presas abiertas deben ser ubicadas aguas abajo, sin embargo, las cerradas deben ser ubicadas en las quebradas que fluyen hacia el área urbana directamente sin pasar por puentes o por la Cota Mil.

(8) Presas Sabo Abiertas

Las represas abiertas que tienen como propósito el almacenamiento del sedimento y el atrapar el flujo de escombros deben localizarse en la quebrada en los lugares en donde el flujo de escombros podría ocurrir, fluir río abajo y depositarse. Se considera que la sección abierta puede estar bloqueada después de que la presa ha atrapado el flujo de escombros. Si el sedimento atrapado permanece río arriba de la presa, se reduce su función de almacenamiento y retención del sedimento, requiriendo inevitablemente el que sea dragado.

Para la selección del sitio de la presa Sabo, el principio básico es el mismo para ambos tipos de presa, ya sea el abierto o el cerrado. Deberá evitarse el ubicar la presa abierta río arriba de la propiedad a ser protegida, ya que el sedimento pudiera atravesar la sección abierta o fluir fácilmente sobre la presa debido al sedimento restante que queda río arriba.

Para las presas abiertas, en este momento se consideran dos tipos: las de concreto con ranuras y las de estructura de acero. En el caso de las presas de concreto con ranuras, algunas veces es difícil de controlar el sedimento durante la recesión de la inundación, mientras que las de estructura de acero pueden controlar hasta esos problemas debido a que la estructura es más densa. La Tabla 4.3.4.10 muestra la comparación entre los tipos de estructuras de las presas abiertas. Entre los cuatro (4) tipos que se muestran en la tabla, la presa de concreto con ranuras y la estructura de acero con ranuras son las más apropiadas.

(9) Presas Sabo Cerradas

Varios tipos de presas sabo cerradas se han considerado como las de concreto de gravedad, marco de acero y grouting como se muestra en la Tabla 4.3.4.11. Se concluye que la del tipo concreto de gravedad es la más apropiada.

(10) Diseño en quebradas de montaña seleccionadas

La Figura 4.3.4.13(1/2-2/2) muestra el diseño típico de una presa sabo con ranura de concreto y una presa sabo de marco de acero, respectivamente.

4.3.5. Medidas No Estructurales

(1) General

El estudio en la prevención de desastres por sedimento se llevó a cabo para las medidas estructurales. Los desastres por sedimento sujetos a este Estudio son los desastres ocasionados por el flujo de escombros y deslizamientos/desastres por derrumbes de precipicio en el área de estudio de sedimentos. Para estos desastres, las amenazas y el riesgo se estudiaron e identificaron basándose en el estudio de la topografía, geología, hidrología y meteorología.

La amenaza por el flujo de escombros es causada directamente por el acarreo de sedimentos asociado con fuertes lluvias en el Cerro El Ávila. El sedimento del Ávila fluye por los abanicos aluviales del Valle de Caracas, ocasionando daños físicos y sociales en la población y propiedades de Caracas. La magnitud y gravedad de la amenaza del flujo de escombros fueron identificadas y mostradas en los mapas de amenaza.

También se identificaron las amenazas por deslizamiento y derrumbes de precipicio en el mapa de amenaza incluyendo las áreas afectadas por cada pendiente con riesgo.

Las contramedidas para la mitigación y reducción de las amenazas/riesgo por los desastres de sedimento son de varios tipos. El programa general para la prevención de desastres por sedimento se muestra en la Figura 4.3.5.1 que fue derivada de un libro de texto japonés editado por el Sr. Yasuo Nakano, anterior Presidente del Comité Asesor de JICA para este estudio. Como se muestra en esta figura, hay varios ítems para la prevención de desastres por sedimento. Hay cuatro (4) fases en el ciclo de desastre. La columna media muestra el Plan Comprensivo para la Prevención de Desastres por Sedimentos en Japón. Las fases de mitigación y preparación incluyen medidas estructurales tales como trabajos de sabo y medidas no-estructurales como el sistema físico para alerta temprana y evacuación, el arreglo institucional para el traslado de información de desastre y reubicación, así como actividades de

investigación. La fase para la respuesta de emergencia incluye el arreglo institucional para la respuesta de emergencia.

En principio, la prevención de desastres por sedimento debe ejecutarse de manera comprensiva. También en Caracas, la importancia del establecimiento de un sistema apropiado de alerta temprana y evacuación para el desastre por sedimento son indiscutibles, así como la importancia de las medidas estructurales como las presas Sabo. El establecimiento del alerta temprana y evacuación podría ser eficaz para salvar vidas humanas mientras que no sería eficaz para reducir sustancialmente el daño a las propiedades. Es cierto que las medidas estructurales como las estructuras para el control de sedimentos es solamente una medida para proteger propiedades de la amenaza de sedimento.

(2) Dificultad del Sistema de Alerta Temprana y Evacuación

El alerta temprana y la evacuación son un tipo de preparación que debe ser realizado conjuntamente entre el gobierno y las comunidades cuando se anticipa un desastre de sedimento. Esta preparación podría describirse como una lucha contra el tiempo, un período margen de seguridad o período de tiempo entre un evento crítico como la lluvia y el desastre actual (leading time en Inglés). Este período varía según las condiciones meteorológicas, así como la topografía del área (Figura 4.3.5.2).

Caracas se encuentra ubicada en la región subtropical de baja presión. Como se describe en el Informe de Apoyo S13, existen cinco (5) factores meteorológicos que causan fuertes lluvias dentro y alrededor del Valle de Caracas. Básicamente estos factores están asociados a fenómenos espaciales pequeños y de corta duración. Entre estos factores, ya que el frente frío en el Mar Caribe es de larga duración y con una gran escala espacial que la precipitación acumulativa por el factor meteorológico puede ser anticipada. Sin embargo, la precipitación crítica (umbral) como las lluvias de corta duración a veces es causada por factores meteorológicos locales. La tendencia meteorológica es difícil de anticipar. Para obtener un pronóstico meteorológico preciso, se puede decir que Caracas es un área comparativamente difícil.

Asimismo, el Cerro El Ávila está contigua al área urbana en el Valle de Caracas, por lo que el tiempo margen de seguridad (leading time) o el periodo de tiempo entre un evento crítico como la lluvia y el desastre, es muy corto.

Como se describió anteriormente, Caracas es un área comparativamente difícil con respecto a la aplicación de un sistema de alerta temprana y evacuación desde el punto de vista técnico. Sin embargo, es indiscutible la importancia del arreglo institucional para la preparación del alerta

temprana y evacuación. El equipo de estudio cree que es importante empezar con un arreglo institucional mínimo, así como el análisis hidrológico necesario para establecer en el futuro un sistema apropiado de alerta temprana y evacuación para salvar vidas humanas en Caracas, como se ha propuesto en este informe.

Básicamente, los desastres por sedimento tales como los flujos de escombros y los derrumbes son causados por lluvia. La ocurrencia del flujo de escombros y los derrumbes es, en especial, momentánea y súbita, por lo que es muy importante pronosticar la ocurrencia de fuertes lluvias para emitir una orden temprana de alerta y evacuación.

Realmente la relación entre la cantidad de lluvia y la ocurrencia del flujo de escombros o los derrumbes de precipicio es bastante complicada pues incluyen muchos factores. Debido a que todavía es muy difícil el pronosticar la ocurrencia del flujo de escombros y el derrumbe de precipicio, es importante enfocarse en las condiciones requeridas en términos de las lluvias antecedentes y lluvias desencadenantes, así como su ocurrencia.

(3) Componentes del Estudio para el Alerta Temprana y Evacuación

En este estudio, los siguientes componentes del estudio se seleccionaron:

Arreglo institucional

El estudio en el arreglo institucional cubre desde el gobierno nacional hasta los municipios, que son miembros de la contraparte en este estudio. El estudio incluye la propuesta en el sistema de mediciones hidrológicas.

Precipitación Crítica

El estudio en precipitación crítica (umbral) se efectuó considerando la situación de Vargas y Maracay (Río Limón). Para la recolección de datos y el estudio de flujos de escombros pasados, el área de estudio se extendió hasta Vargas y Maracay (Río Limón). Maracay debe ser incluido porque el área ha padecido de desastres de flujos de escombros y también tiene un sistema avanzado de alerta temprana de MARN.

Actividad Comunitaria

El estudio de la comunidad fue llevado a cabo para seleccionar dos (2) comunidades como parte de un estudio social en el estudio de JICA (Informe Principal Capítulo 5 y el Informe de Apoyo S24).

(4) Definición

En Venezuela, el alerta meteorológica se ha usado a nivel nacional, global y regional. En la actualidad, la página web de MARN emite diariamente un boletín meteorológico, pronóstico que algunas veces contiene alertas para las condiciones meteorológicas significantes. De hecho, esta alerta es aplicada por región, como para toda Caracas y el área central costera en Vargas.

En este informe, cuando la palabra “alerta” es utilizada, significa “alerta local” cubriendo solamente el valle de Caracas o un área más detallada, como la parte occidental del Ávila.

(5) Estudio en el Arreglo Institucional para el Alerta Temprana y Evacuación

Por lo que se refiere al pronóstico de lluvia, se ha implementado el proyecto llamado VENEHMET por MARN para empezar operaciones parciales en 2005. VENEHMET tiene un sistema de radar sobre el Distrito Metropolitano de Caracas que puede ser usado para el pronóstico de lluvias. El proyecto VENEHMET terminará en 2005 y una institución llamadas INAMEH será creada para la operación y mantenimiento del equipo instalado por el proyecto. La ley provisional de INAMEH ha sido discutida con MARN y el programa de implementación actual no está muy claro. En la propuesta de este estudio, se propusieron algunos proyectos duplicados con la responsabilidad del INAMEH.

En la actualidad, generalmente el pronóstico meteorológico es emitido por MARN dos veces al día, en el sitio Web, a escala nacional y regional. El pronóstico incluye avisos hidrometeorológicos y alertas. Este pronóstico diario ha sido preparado por la interpretación de imágenes satelitales proporcionadas por EE.UU. por tres (3) meteorólogos venezolanos que están trabajando en la Oficina de Caracas de MARN. Estos tres (3) meteorólogos están a cargo del pronóstico meteorológico para toda Venezuela, por lo que algunas veces este boletín diario es interrumpido por falta de disponibilidad en la oficina.

En el 4o y 5o período de estudio de campo en Venezuela, el Equipo de Estudio efectuó reuniones periódicas con los miembros de contraparte y las organizaciones relacionadas al sistema de alerta temprana. Basándose en los resultados de estas reuniones y en la evaluación del actual sistema, se llegó a las limitaciones y recomendaciones para alerta temprana y evacuación que se resumen en la Tabla 4.3.5.1.

En base a la evaluación anterior de la situación existente en el sistema de alerta temprana en Caracas, el equipo de estudio propuso un acuerdo borrador para el sistema de alerta temprana y evacuación entre las organizaciones relacionadas. El texto completo del acuerdo se muestra en la Tabla 4.3.5.2.

El concepto básico del acuerdo fue preparado en referencia a la Ley Básica para la Prevención de Desastres en Japón. La Ley Básica cubre el arreglo institucional para el gobierno central y local, así como a la manera en que las personas responden a un desastre natural anticipado.

Las características principales del acuerdo borrador son las siguientes:

- Designar a MARN como la función primaria para supervisar, analizar y distribuir información hidrológica y para crear la Oficina Regional de Caracas (CRO) de MARN-INAMEH.
- Designar a ADMC (Centro de Control Operativo) como la función primaria para recibir y manipular la información hidrológica de MARN y distribuirla a los municipios. ADMC está a cargo de emitir el alerta local de acuerdo con MARN y emitir las recomendaciones para la evacuación.
- Designar a los municipios como el cuerpo local más cercano a las comunidades para la transferencia de la información de ADMC a las comunidades y apoyar las actividades comunitarias.
- Debe asegurarse que el Centro de Control Operativo (CCO) será activado cuando surja la necesidad de emitir el alerta local. La imagen esquemática de la elección adecuada del momento para la activación y emisión del alerta local se ilustra en Figura 4.3.5.3. El momento adecuado para la activación del Centro de Control Operativo y la emisión del alerta local se discute en la próxima sección.
- El sistema físico para el sistema de alerta temprana antes descrito se ilustra en la Figura 4.3.5.4. En este sistema, MARN será la organización primaria del sistema de información hidrometeorológico. MARN reunirá toda la información hidrometeorológica coleccionada por otras instituciones como UCV, FAV, la ARMADA, etc.
- Basándose en los datos hidrometeorológicos recopilados y observados, MARN los analizará y los enviará a ADMC para decidir si se deberá emitir el alerta y la orden de evacuación en Caracas.
- MARN proporcionará la información apropiada con respecto al orden así como alguna información observada vía la red de computadora, facsímile y teléfono para el alerta y la evacuación del Distrito Metropolitano de Caracas.

- El Centro de Control Operativo es activado por AMDC en el Centro de Comando de Emergencia basado en la información de MARN. La activación significa el nivel de operación 1 como se muestra en la Figura 4.3.5.3. Se propone que cuando el alerta regional sea emitida para Caracas o el Área Costera Central, el Centro de Control Operativo deberá ser activado. En este momento, el CCO recibirá los recursos necesarios de los Municipios para que la operación se lleve a cabo sin problemas. Las órdenes oficiales se emiten por la persona a cargo en ADMC y los municipios, y son apoyados por Protección Civil y bomberos en el sitio.
- Mientras el centro está recibiendo la información hidrometeorológica de MARN, el centro proporcionará un poco de información a las comunidades sin considerar las alertas o evacuación.
- El centro decidirá si el alerta o la orden de evacuación se emite o no basada en la información hidrológica de MARN, en referencia al Nivel de Alerta (WL), Nivel de la Evacuación (EL) y el Nivel Crítico (CL). Al mismo tiempo el centro deberá decidir el municipio y la comunidad a los que se le deberá dar la recomendación porque la información proporcionada por MARN generalmente contiene distribución aérea.
- También se escucha mucho que las personas locales deberán proteger sus propias comunidades por sí mismos. Se recomienda que las personas locales organicen sus propios grupos de prevención de desastre para trabajar con el nivel administrativo tanto en tiempos normales como durante las emergencias.
- Dentro de cada comunidad, el nivel de agua de los limnómetros debe observarse en tiempos normales así como después de que el alerta sea emitida. La lectura del nivel de agua será reportada a los líderes comunitarios y al Centro de Control Operativo para considerar la decisión de emitir la evacuación.
- Para ejecutar la operación anterior entre las instituciones y comunidades, la educación de desastres es necesaria en tiempos normales tanto en las escuelas como en las reuniones de la comunidad. Asimismo, las personas deben familiarizarse con los mapas de amenaza y riesgo para cada comunidad para saber su propio riesgo. Se recomienda poner los mapas de amenaza y riesgo en las tiendas, panadería local, etc.
- En el caso de la fase post-desastre, el arreglo institucional requerido para la respuesta a la emergencia difiere un poco de la fase de mitigación y preparación. En esta fase se necesitan insumos adicionales para el rescate y servicio de emergencia, así como para la prevención de un desastre secundario.

(6) Estudio sobre Precipitación Crítica

1) General

El sistema de alerta temprana puede jugar un papel primordial en la mitigación de amenaza del flujo de escombros alertando al público cuando las condiciones de lluvia alcanzan niveles críticos. Estos sistemas de alerta dependen de la comparación de pronósticos y observaciones de lluvia en tiempo-real con los valores críticos que denuncian el inicio del flujo de escombros. Empíricamente derivados de los datos históricos de precipitaciones y ocurrencia del flujo de escombros, los umbrales son valores combinados de intensidad y duración de lluvias que predicen el inicio del flujo de escombros en los sitios susceptibles dentro de áreas específicas.

Los umbrales del flujo de precipitación/escombros dependen del espesor, carácter y propiedades mecánicas de los materiales de las pendientes de la montaña, que dependen a su vez de la geología, topografía, vegetación, y clima del área.

El estudio en precipitación crítica (umbral) se realizó considerando la situación de Vargas y Maracay (Río Limón). Para la colección de datos y el estudio de los flujos de escombros anteriores, el área de estudio fue extendida para incluir Vargas y Maracay (Río Limón). Maracay debe ser incluido porque el área ha sufrido de desastres por flujos de escombros y cuentan con un sistema avanzado de alerta temprana de MARN.

2) Metodología

Es posible pronosticar la ocurrencia de un flujo de escombros con los datos de lluvia, pero su nivel de exactitud difiere bastante dependiendo del nivel de datos obtenido. En Caracas, el registro de la ocurrencia del flujo de escombros es muy raro. Aún para el evento de diciembre de 1999, no existen los datos de la precipitación observada en El Ávila. Para llevar a cabo un pronóstico práctico de la ocurrencia de un desastre relacionado a sedimentos, es un prerrequisito el calibrar la precipitación cada hora.

En áreas en donde se obtienen datos de precipitación por hora y previos registros de desastres relacionados a sedimentos, es factible un pronóstico de desastres relacionado a sedimentos, si esos datos son analizados.

En Japón, hoy en día cuentan con varios métodos para determinar la precipitación crítica para el flujo de escombros. Entre ellos, el Método de Normas, llamado el Método A es el que ha sido aplicado en este estudio tomando en cuenta la disponibilidad de datos y su aplicación en Maracay (Río Limón). Debido a que el Método A se ha usado en el Río

Limón en Maracay, se puede comparar cuando el mismo método sea aplicado en Caracas.

El Método de Normas o Método A se presentó en las “Normas (tentativa) para el establecimiento de precipitaciones para la emisión de alertas e instrucción de evacuación contra desastres por flujo de escombros” que se preparó por el anterior Ministerio de Construcción en 1984. Este método se usa para el pronóstico de la ocurrencia de un flujo de escombros utilizando los índices de precipitación, los cuales se obtienen combinando la intensidad de lluvia y la lluvia total. Este tipo de índice fue derivado porque se conoce por el estado real de los desastres de flujo de escombros que un flujo de escombros tiende a ocurrir aún cuando la lluvia total es pequeña, si la intensidad de lluvia es grande, y que tiende a ocurrir incluso cuando la intensidad de lluvia es pequeña si el total de lluvia es grande. Este método se desarrolló originalmente para los flujos de escombros, pero también es aplicable para derrumbes de precipicio porque el proceso de ocurrencia de un flujo de escombros es similar al de un derrumbe.

La Figura 4.3.5.6 es una imagen esquemática de la línea crítica. El índice de precipitación se expresa por la combinación de la intensidad de lluvia y la lluvia total (lluvia acumulativa). Como se muestra en la figura, la intensidad de lluvia se muestra en la ordenada (eje Y) y la lluvia total en la abscisa (eje X). La precipitación que causa un flujo de escombros, y la precipitación que no lo causa se trazan en la figura con símbolos diferentes. Posteriormente, estos dos grupos de lluvia se separan con una línea o una curva que desciende hacia el lado derecho. Esta línea de límite se le llama la Línea Crítica (CL) la cual distingue la ocurrencia y no-ocurrencia de un flujo de escombros. El lado izquierdo de esta línea, que es más baja, es la zona segura en donde un flujo de escombros no puede ocurrir. El lado derecho superior de esta línea es la zona insegura en donde un flujo de escombros puede ocurrir. Las definiciones de los valores de lluvia trazados se explican en la Tabla 4.3.5.3

Los métodos para establecer la precipitación estándar para la emisión de un alerta y la precipitación estándar para la recomendación de una evacuación se explican más adelante. La línea estándar que indica la precipitación estándar para las alertas se le denomina “Línea de Alerta (WL)” y la línea estándar que indica la precipitación estándar para la evacuación se le denomina “Línea de Evacuación” (EL).

Antes de establecer estas dos líneas (WL y EL), es necesario determinar el momento adecuado para la emisión del alerta o la recomendación de evacuación. Esto significa que algunas horas antes del tiempo de la ocurrencia pronosticada, una emisión de alerta o la recomendación de evacuación deberá darse, para que las personas y las organizaciones

relacionadas puedan tomar las acciones necesarias para la seguridad. Después de que WL y EL sean fijados en la consideración de la precipitación estimada durante el período margen de seguridad (*leading time*). La Tabla 4.3.5.4 muestra las condiciones usadas en el "Método A" en Japón. En este estudio se usaron las condiciones en Japón debido a que ha habido pocos eventos de flujos de escombros en Caracas. Sin embargo, el momento adecuado para la emisión de alerta y la recomendación de evacuación deberá ser determinado basado en las condiciones de Caracas.

3) Nivel de Alerta Propuesto y Nivel de Evacuación para Caracas

La Figura 4.3.5.10 muestra el Nivel de Alerta propuesto y el Nivel de Evacuación para Caracas. Los detalles se describieron en el Informe de Apoyo S18.

(7) **Diseminación de Mapas de Amenaza/Riesgo para la Regulación del Uso de Suelo**

Los mapas de amenaza y riesgo para los derrumbes de precipicio, deslizamientos y flujo de escombros en este Estudio han despejado áreas peligrosas en Caracas. Estas áreas peligrosas son bastante locales y se anticiparon mayores peligros de acuerdo a los hechos históricos y a los mapas. Está claro que entre menos gente ocupe esas áreas de riesgo, menos daño por desastre se generará en el futuro. La reubicación se recomienda para las condiciones en donde las personas reconocen su propio riesgo al vivir en las áreas peligrosas.

En cuanto a la reubicación, en la Figura 4.3.5.11 aparece un proceso que sugiere la Ley de Prevención de Desastres por Sedimentos del Japón, en que se ve la responsabilidad de los niveles nacional, prefectural, local y de ciudadanía. Los prefectural y local corresponderán a los de ADMC y de municipios, respectivamente. El estudio básico en la figura corresponde al estudio de desastres por sedimentos en este Estudio de JICA para preparar los mapas de amenaza y riesgo. Antes de recomendar la reubicación a la gente, las administraciones prefecturales realizan un estudio básico y prepara un mapa de amenazas a fin de especificar las Zonas Amarilla y Roja. Basado en la zonificación, las administraciones recomiendan la reubicación o medidas necesarias de mitigación a los propietarios de casas y edificios. Si un propietario acepta dicha recomendación, podrá solicitar un programa financiero al gobierno prefectural. Por su parte, el programa prefectural está apoyado por el nivel nacional.

El mapa de amenaza/riesgo para desastres de sedimentos incluirá la información sobre la evacuación. Conforme al estudio social de Este Estudio, las comunidades y municipalidades sienten la necesidad de compartir la información sobre rutas y refugios disponibles para la evacuación. De acuerdo con el proceso en la Figura 4.2.5.11, las municipalidades deberían organizar la información sobre rutas de evacuación y refugio basada en los mapas de amenazas

y riesgos en sus correspondientes áreas, y especificar datos parciales sobre los mapas, trabajando conjuntamente con las comunidades.

(8) Otros

[Inspección de Derrumbes de Precipicio Potenciales y Deslizamientos] En este Estudio de JICA, se realizaron los mapas de amenaza y riesgo de derrumbes de precipicio y deslizamientos dentro del área de estudio de sedimento. Para el área de riesgo restante dentro de los tres (3) municipios, el mapa de clasificación de pendientes se ha preparado con los resultados del escrutinio. Para completar el mapa de amenaza y riesgo para el derrumbe de precipicio y deslizamientos, los trabajos de inspección de sitio deben hacerse para cada una de las pendientes interpretadas.

[Colaboración en la investigación académica para el desastre de sedimento] deberá promoverse para promover un desarrollo de tecnología más extenso en Venezuela. La Universidad Central de Venezuela ha estado trabajando con las Universidades en Japón en el campo de desastre de sedimento con fondos del Ministerio Japonés de Ciencia y Educación, intercambiando información de investigaciones sobre la simulación del flujo de sedimento y pruebas del modelo físico, etc. Este tipo de colaboración es bastante beneficioso para ambas partes en la aplicación de la planificación de prevención de desastres. Se discutirán los artículos de investigación específicos deseados, en el 5º trabajo del campo en Venezuela, tomando en cuenta la recomendación de este estudio.

4.3.6. Operación y Mantenimiento

(1) Trabajos para el Control de Sedimento

El dragado de mantenimiento para la presa Sabo propuesta, los trabajos de canalización y los trabajos del canal de agua deben proponerse para mantener la función de estas estructuras. Se propone ejecutar el dragado en la presa aguas arriba para el flujo de escombros anticipado y para remover escombros y basura del cauce antes de cada estación lluviosa.

(2) Sistema Físico para el Alerta Temprana y Evacuación

El sistema físico propuesto está compuesto de varios sectores como VENEMET de MARN, UCV, MDC y Municipios, comunidades, etc. Cada sector necesitará un plan de operación y mantenimiento para preservar su función individual y para la asignación del personal, reemplazo y reparación de equipo, así como el entrenamiento de los recursos humanos.

4.3.7. Programa de Implementación

La Figura 4.3.6.1 muestra el programa de implementación propuesto de los proyectos relacionados con sedimento en este estudio.

4.4 Instalación del Equipos Hidro-Meteorológicos

4.4.1. General

Para la preparación del futuro establecimiento de un sistema de alerta temprana para el Distrito Metropolitano de Caracas, la instalación de equipo hidrometeorológico es bastante importante. En el Estudio, un (1) pluviómetro auto-registrante y veinte (20) limnómetros se instalaron en el área de estudio, a fin de conocer las características hidrológicas del área, así como para mejorar los sistemas de alerta temprana y de evacuación.

4.4.2. Instalación del Pluviómetro

(1) Selección del Sitio

Los sitios escogidos fueron seleccionados tomando en cuenta los siguientes puntos de vista:

- Consideración de las estaciones pluviométricas existentes. El sitio debe encontrarse a cierta distancia de las estaciones pluviométricas existentes y se debe considerar la distribución regional de precipitaciones en el Ávila.
- El sitio debe encontrarse dentro de un área de captura de alto potencial para el flujo de escombros.
- Se desea que el sitio pueda contribuir a aumentar los datos de precipitaciones pasadas.
- El sitio debe estar localizado en un área de fácil acceso para su mantenimiento.

En cuanto al potencial de producción de flujo de escombros, casi todas las quebradas de montaña en el Ávila no presentan diferencias importantes.

Las estaciones existentes alrededor del área de estudio se muestran en la Tabla 4.4.2.1.

Actualmente, hay 4 estaciones dentro del Cerro El Ávila, y son Los Venados en Anauco, Hotel Humboldt en la cima del Ávila, Chacaíto en la quebrada Chacaíto y Caurimare en la quebrada Caurimare. La estación del Hotel Humboldt tiene un sistema telemétrico para transferir los datos a la UCV.

Se desea que estaciones como las de San José del Ávila, Teleférico y Los Chorros, que habían operado por muchos años hasta la década de los 80, reestablezcan la observación desde el punto de vista de la continuidad de los datos.

Como puede verse, los cursos superiores de las quebradas Catuche/Caraota y de las quebradas Tócome y Caurimare no cuentan actualmente con estaciones que registren datos pluviométricos.

Considerando la situación anterior, y tomando en cuenta seguridad y accesibilidad se sugieren cinco (5) sitios potenciales para la localización de la estación, a saber:

- Campo Alegre (Catuche)
- San José del Ávila
- Teleférico
- Los Chorros (Tócome)
- Topo Santa Rosa (Caurimare)

Las características de cada sitio propuesto se describen en la Tabla 4.4.2.2.

(2) Equipo

El pluviómetro a instalarse es del tipo auto-registrante con cubo de volteo y estará equipado con data logger y batería.

(3) Operación y Mantenimiento

La operación y mantenimiento serán realizados por el Equipo de Estudio en cooperación con la Contraparte durante el trabajo de campo en Venezuela

4. 4. 3. Instalación de Limnímetros

(1) Selección del Sitio

Los sitios para los limnímetros se seleccionaron de acuerdo a los puntos enumerados debajo con la ayuda de la Contraparte:

- Visibilidad para las personas locales,
- Corriente arriba tanto como sea posible, y

- Fácil acceso para mantenimiento.

Los sitios seleccionados se enumeran en la Tabla 4.4.3.1.

(2) Equipo

El limnómetro en sí mismo está hecho de material acrílico y las dimensiones de una (1) pieza son 1 m de alto por 8 cm de ancho por 8 mm de espesor. La longitud máxima es de 5 m y la longitud promedio es de 3 m. Los limnómetros están unidos a una barra de acero en forma de H que se coloca en una pared de concreto en el sitio, para protegerlos contra el flujo.

Las lecturas del limnómetro están pintadas de rojo y blanco alternadamente cada 10 cm para hacer fácil la observación.

(3) Operación y Mantenimiento

La operación y mantenimiento serán realizados por la Contraparte y las comunidades relacionadas.

Referencias

RODRIGUEZ J. A., F. URBANI, F. AUDEMARD, H. STOCKHAUSEN, L. BARBOZA, S. RODRIGUEZ, L. MELO, V. CANO, J.C. SUAREZ, A. CASTILLO y H. FOURNIER (2002): El Macizo del Ávila, geología y procesos de agradación ocurridos en Diciembre 1999 (The Avila Massif, geology and aggradation's processes happened in December 1999). Caracas, GEOS 35, Págs. 4-12.

URBANI Franco (2002): Geología del área de la autopista y carretera vieja Caracas-La Guaira Distrito Capital y estado Vargas, guía de excursión (Geology of Caracas-La Guaira highway and old road, Capital District and Vargas state, Field trip guide). Caracas, GEOS 35, 27-Pág. 41.

STEPHAN, Amend (1991): Parque Nacional El Ávila (El Ávila National Park), Caracas, Inparques, Pág. 86.

AUDEMARD F., J. A. RODRIGUEZ & H. W. STOCKHAUSEN (2000): La vertiente Caracas del Macizo del Ávila en el espejo del desastre de Vargas de Diciembre 1999 (The southern part of Avila Massif on December 1999 Vargas disaster). XVI Seminario Venezolano de Geotecnia, Calamidades Geotécnicas Urbanas con visión al siglo XXI, Págs. 213-230.

UCV-IMF, Impacto y Prevención de Inundaciones y Aludes Torrenciales en El Valle de Caracas, Informe Técnico No.1, 2003

Tabla 4.1.1.1 Clima General en Todo el Valle de Caracas

Station	Item	Jan.	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Average	Total
Maiquetia Airport	Temp. Media	24.5	24.5	24.9	25.7	26.6	26.7	26.4	27.1	27.5	27.3	26.6	25.4	26.1	
0503	Temp. Max.	28.4	28.3	28.4	29.1	30.1	30.2	30.1	30.9	31.5	31.2	30.5	29.3	29.8	
	Temp. Min.	21.7	21.7	22.0	22.6	23.9	23.9	23.6	24.2	24.4	24.3	23.7	22.4	23.2	
	Evaporation	133.0	134.5	172.0	152.4	156.9	154.7	157.7	181.0	175.9	160.4	146.1	135.9	155.0	1860.5
	Rainfall	40.1	26.5	20.2	24.1	35.8	53.4	54.8	51.2	54.9	50.7	58.8	59.9	44.2	530.4
Los Caracas	Temp. Media	23.7	24.3	24.7	25.5	26.7	26.8	25.6	25.8	26.1	26.2	25.6	24.2	25.4	
5011	Temp. Max.	27.7	28.3	28.1	27.4	30.3	30.6	30.1	30.6	31.3	30.9	29.8	28.4	29.5	
	Temp. Min.	16.8	17.5	17.8	19.4	20.5	20.6	20.0	20.3	20.1	19.7	19.1	17.4	19.1	
	Evaporation	135.0	134.7	165.9	162.2	174.8	172.2	177.7	172.6	169.9	152.5	133.0	128.7	156.6	1879.2
	Rainfall	104.0	68.0	55.1	55.6	46.4	88.1	106.3	80.1	57.2	80.3	158.1	192.0	90.9	1091.2
Cagigal	Temp. Media	19.2	19.6	20.4	21.3	21.9	21.6	21.2	21.5	21.7	21.4	20.7	19.8	20.9	
0531	Temp. Max.	25.4	26.4	27.6	28.3	28.1	27.4	27.1	27.5	27.9	27.4	26.4	25.6	27.1	
	Temp. Min.	15.1	15.3	15.9	17.2	18.2	18.1	17.6	17.6	17.7	17.6	16.9	16.0	16.9	
	Evaporation	117.5	123.5	162.9	158.8	143.8	139.2	141.0	137.1	132.9	122.1	112.6	114.8	133.9	1606.2
	Rainfall	19.4	11.7	12.3	35.2	81.1	106.7	105.8	115.3	106.4	115.2	84.9	40.8	69.6	834.8
La Mariposa	Temp. Media	19.1	20.0	20.7	21.6	22.1	21.4	21.0	21.4	21.4	21.4	20.9	19.7	20.9	
0563	Temp. Max.	24.8	26.7	27.7	28.0	27.2	26.2	25.7	26.3	27.0	27.8	26.4	25.2	26.6	
	Temp. Min.	12.7	14.3	13.2	15.6	15.5	16.6	15.2	14.9	15.8	14.6	14.1	13.1	14.6	
	Evaporation	115.7	127.1	157.7	144.3	140.9	119.3	127.6	134.6	131.6	127.1	107.7	105.9	128.3	1539.5
	Rainfall	20.1	12.5	13.6	42.2	93.8	131.2	118.6	124.4	97.7	112.3	82.4	42.4	74.3	891.2

Source: MARN, Aspectos Sinopticos y Climatologicos del Desastre Natural Ocurrido en la Region Norte Costera de Venezuela en diciembre de 1999, Table N-3 and N-66

Tabla 4.1.1.2 Precipitación Diaria Máxima

	Maiquetía*				Cagigal				San José Avila				Hotel Humboldt			
	(1948-2002)				(1891-1987)				(1967-1983)				(1959-1974)			
	Y	M	D	(mm/day)	Y	M	D	(mm/day)	Y	M	D	(mm/day)	Y	M	D	(mm/day)
1	1999	12	16	410.4	1892	10	7	98.0	1981	7	6	86.9	1970	3	1	97.0
2	1951	2	16	193.0	1972	3	28	93.9	1981	4	23	76.5	1960	8	24	91.7
3	1949	12	26	150.8	1943	9	1	86.3	1976	10	11	74.7	1969	11	16	85.7
4	1970	3	3	142.3	1920	9	4	83.2	1974	9	1	69.0	1971	8	26	73.5
5	1978	6	17	132.5	1980	9	18	83.1	1980	9	19	66.5	1974	5	24	73.0

	Teleférico				La Carlota				Los Chorros				Caurimare			
	(1968-1980)				(1964-2003)				(1967-1983)				(1949-2003)			
	Y	M	D	(mm/day)	Y	M	D	(mm/day)	Y	M	D	(mm/day)	Y	M	D	(mm/day)
1	1971	4	28	141.6	1981	2	22	96.7	1981	9	10	93.0	1988	8	2	112.6
2	1975	9	23	126.7	1993	8	7	94.7	1975	10	14	90.3	1976	10	10	92.2
3	1976	10	11	103.4	1968	6	7	79.3	1971	4	28	85.9	1953	5	20	87.2
4	1979	9	4	92.6	1987	5	18	78.9	1980	9	3	85.4	1993	8	7	87.2
5	1980	9	19	79.1	1981	4	20	74.8	1981	2	22	81.1	1985	12	4	84.4

*Maiquetía(MARN)1948-1960, Maiquetía(FAV)1961-2002

Tabla 4.1.1.3 Características de las Principales Quebradas en El Ávila

		Catuche (44)	Cotiza (42) Anauco (41) Gamboa (37)	Canoas (35) Mariperez (33)	Chacaito (25)	Seca (23) Sebucan (17) Agua de Maiz (16)	Tocome (14)	Caurimare (4) Galindo (5)	
Topografía, Geología y Vegetación	Cima de la Cuenca Hidrográfica (Elevación)	Infiernito (1,945m)	Humboldt (2,153m)		Occidental (2,478m)		Oriental (2,637m)	Naiguata (2,765m)	
	Diferencia de Elevación	872 m	958 - 1,173 m	570 – 767 m	1,290 m	440 - 1.635m	1,400 m	1,712 - 1,843 m	
	Pendiente Promedio	15.1 grados	17.2 - 19.4 grados	22.7 - 23.5 grados	25.1 grados	24.8 - 30.4 grados	25.4 grados	19.5 - 20.7 grados	
	Sistema de Quebradas	El sistema de quebradas es fino y tiene una configuración dendrítica irregular.	El sistema de quebradas tiene muchos tributarios, y tiene una configuración dendrítica irregular (Cotiza). Otras quebradas muestran una configuración burda y de cuadrícula, básicamente en forma de hoja de árbol.	El área de captación es pequeña y la configuración del sistema es de forma trellis-angular.	El curso principal de la quebrada es recto y tiene dos curvas principales en la sección aguas abajo.	El sistema de quebradas tiene una configuración trellis-angular. El curso de la quebrada es suave y curvada, pero principalmente es recto.	Es la mayor área de captación. La configuración del sistema de quebradas es trellis angular. El sistema principal de quebradas tiene muchos tributarios y es curvado.	El sistema de quebradas es trellis-angular. La parte aguas abajo de Caurimare y el tramo medio bajo de Galindo es recto.	
	Perfil Longitudinal	En general el perfil es suave, escarpado río arriba y de pendiente suave río abajo. El perfil es convexo en la parte baja, y no está escalonado..	El perfil es suave en general. Tiene varios escalones.	En general, las quebradas son cortas y escarpadas. Suaves río abajo y el perfil es convexo en la parte baja.	Es escarpado aguas arriba y suave en los tramos río abajo. El perfil es convexo en la parte baja y no es escalonado.	Muy escarpado. Tiene varios escalones pequeños.	La pendiente no es ni escarpada ni suave. Hay ciertos sitios con cambios de pendiente.	Muy escarpado. Hay ciertos sitios con cambios de pendiente.	
	Geología	Litológicamente está compuesto de rocas que pertenecen a la Asociación Metamórfica del Ávila de esquios y gneiss. Hay mármol y serpentinita distribuida localmente.				Litológicamente está compuesto de rocas que pertenecen a la Asociación Metamórfica del Ávila de esquios y gneiss.			
	Lineamiento de la Falla	En el área se distinguen más los lineamientos del noreste al suroeste, seguidos por los del noroeste al sudeste. La falla corre principalmente de noroeste a sudeste.				La falla de Chacaito está distribuida a lo largo de la quebrada Chacaito y está conectada con Vargas del otro lado de la cuesta.	Tiene pocas fallas. Los lineamientos del noreste al suroeste se distinguen más en las secciones medias y río abajo.	Hay pocas fallas y lineamientos. Los lineamientos y fallas que se distinguen más son los que van de noreste al suroeste en la parte noreste de la cuenca.	Los lineamientos que van del noreste al suroeste son los que se distinguen más; después son los que van de noroeste a sudeste. Las fallas y los lineamientos tienen las mismas posiciones.
	Espesor de Meteorización	En general: 5-10m	Tramo río arriba: 1-3m Tramo medio: 3-5m Tramo río abajo: 5-10m En Cotiza: 5-10m en general.	Tramo medio alto: 3-5m Tramo río abajo: 5-10m	Tramo río arriba: 0-1m Tramo medio bajo: 1-3m		Tramo río arriba: 0-1m Tramo medio: 1-3m Tramo río abajo: 3-5m		
	Quebradas en las montañas	Es muy poca la diferencia en la elevación con las cuestas circundantes, por lo que la gradiente en la pendiente es suave. El valle es ancho.	En Cotiza es muy poca la diferencia en la elevación con las cuestas circundantes, por lo que la gradiente en la pendiente es suave. El valle es ancho. En otras quebradas el valle es más profundo.	El valle no es profundo.	En las quebradas rectas, el valle es bastante profundo, en forma de V. La pendiente occidental es muy profunda y la pendiente oriental es suave.	En la parte más superior del tramo río arriba, aún no se ha desarrollado la disección. En la parte media baja el valle es muy profundo.	En la parte más superior del tramo río arriba, aún no se ha desarrollado la disección. En la parte media baja el valle no es más profundo que Chacaito.	En el tramo río arriba de Galindo, la disección aún no se ha desarrollado. En el tramo medio bajo, la disección se ha desarrollado en línea recta. En la parte media de Caurimare la disección se ha desarrollado ampliamente y el lecho de la quebrada es ancho.	
	Depósitos en el Lecho	Pocos	Pocos depósitos. En Cotiza hay más depósitos que en Anauco y Gamboa.	Pocos depósitos en los tramos río abajo y quedan algunos depósitos en los tramos río arriba.	Pocos depósitos en las quebradas del lado derecho. Hay muchos depósitos en las quebradas del lado izquierdo y en la quebrada principal.	Muchos depósitos en los tramos río abajo y pocos en los tramos río arriba.	Muchos depósitos en los puntos de confluencia río arriba.	Muchos depósitos en los puntos de confluencia río arriba.	
	Vegetación (Observación de Imágen Satelital)	Muy densa vegetación en áreas de más de 1,700m de altura, con excepción del precipicio circundante a la cima occidental. Debido a que la elevación de las cuestas es mayor en el lado este que en el lado oeste, el área de mayor altura en toda el área de captación está en el lado este.							
	Derrumbes	Existen muchos derrumbes activos.	Existen muchos derrumbes activos en Cotiza. En Anauco los hay en el lado noroeste de la pendiente y hay pocos derrumbes nuevos y viejos en el tramo río arriba.	Solamente hay derrumbes viejos.	Hay pocos derrumbes activos y no muchos derrumbes nuevos. Los derrumbes viejos están distribuidos uniformemente.				Existen muchos derrumbes viejos en los tramos río abajo y pocos en los tramos medios y río arriba.
	Área Plana	Existe una terraza entre el área de la montaña y la planicie. La quebrada fluye disectando esta terraza.				Los abanicos aluviales están empujando hacia afuera las quebradas del este. Aquí podrían ocurrir escorrentías de sedimentos.		La erosión está más desarrollada al compararla con la de Chacaito.	Hay trazos de depósito y erosión entre las quebradas de Petare y Caurimare.
Otros	Relación con la Cota Mil	No lo cruza	Cruza con una gran alcantarilla	Cruza con una pequeña alcantarilla	Cruza con un puente.	Cruza con una pequeña alcantarilla	Cruza con un puente.	No la cruzan.	

Tabla 4.1.1.4 Eventos Históricos de Daños por Flujo de Escombros / Sedimentos en Caracas

Año-Fecha	Caroata	Catuche	Anauro	Maripérez	Chacao/Chacaito	Sebuacán	Tócome	Caurimare
1781		2 puentes destruidos						
1812			inundación					
1830		derrumbe						
1833							Vía férrea destruida	
1842								Camino interrumpido
1847	1 puente destruido							
1866		Represa destruida						
1878/10/04	1 puente destruido							
1932/3/9	1 puente destruido							
1951/2/17			100 casas inundadas y 10 personas muertas		1 persona muerta	1 casa destruida y un viejo dique derrumbado que arrasó 15 ranchos	24 casas destruidas	
1974/10/1			Edificaciones dañadas					
1975/10/30						edificios dañados		
1976/10/9 y 10, 11			60 familias afectadas	40 casas informales destruidas	15 casas destruidas			Daño en Hospital
1976/11/9								Daño en Hospital
1977/11/21			80 casas dañadas					
1978/4/9								Daño en Hospital
1978/10/8			algunas casas informales destruidas		8 casas informales destruidas			
1978/11/11						3 edificios inundados		
1979/8/23						25 carros enterrados en escombros		
1979/9/3			Puente derrumbado					
1979/9/28			Estación Eléctrica dañada					
1980-Sep.								California Sur cerca del Rjo Guaire afectada
1993-Ago. (Depresión Tropical)					Inundación			
1999-Dec.	Inundación de Sedimentos	Inundación de Sedimentos	Inundación de Sedimentos		Inundación Local		Inundación Local	

Fuente: UNDP-MARN, Proyecto PREVENE, Informe Final, pp. 128

Nota: Información sobre 1999, 1980 y 1993 fue agregado por Equipo de Estudio JICA.

Tabla 4.1.1.5 Precipitación Probable en las 5 Estaciones Representativas

Estación: Caurimare

Periodo de Retorno (año)	Tiempo de Duración (minutos)										
	5	10	15	30	60	120	180	360	540	720	1440
2,33	9.9	17.7	24.5	32.6	39.9	46.2	52.5	58.3	62.3	65.3	74.3
5	12.0	20.6	29.4	41.2	48.8	56.5	64.2	74.4	78.2	80.4	90.1
10	15.0	23.0	33.4	48.1	56.0	64.8	73.7	87.5	91.2	92.8	102.9
25	18.0	25.9	38.4	57.0	65.0	75.4	85.7	104.0	107.6	108.4	119.2
50	20.0	28.2	42.2	63.5	71.8	83.2	94.6	116.2	119.7	119.9	131.2
100	22.0	30.4	45.9	70.0	78.5	91.0	103.5	128.4	131.8	131.4	143.1
200	30.0	32.6	49.6	76.5	85.2	98.7	112.3	140.5	143.8	142.8	155.0
500	32.0	35.4	54.4	85.0	94.0	108.9	123.9	156.5	159.7	157.9	170.7
1000	30.0	37.6	58.1	91.4	100.6	116.7	132.7	168.5	171.7	169.3	182.6

Estación: Los Chorros

Periodo de Retorno (año)	Tiempo de Duración (minutos)										
	5	10	15	30	60	120	180	360	540	720	1440
2,33	10.5	18.0	24.6	36.3	47.2	54.9	62.6	68.8	70.1	72.3	80.0
5	13.0	22.0	29.6	43.2	59.7	69.6	79.5	89.3	94.9	98.8	112.2
10	15.0	25.0	33.8	48.8	69.9	81.5	93.2	105.9	115.2	120.5	138.4
25	18.0	30.0	39.0	55.9	82.7	96.6	110.5	127.0	140.7	147.8	171.5
50	20.0	32.0	42.8	61.2	92.2	107.8	123.4	142.6	159.7	168.1	196.0
100	22.0	36.0	46.6	66.4	101.7	118.9	136.2	158.1	178.5	188.2	220.4
200	24.0	40.0	50.5	71.6	111.1	130.0	148.9	173.6	197.2	208.3	244.7
500	26.0	42.0	55.5	82.0	120.0	142.8	165.7	194.0	222.0	234.8	276.7
1000	30.0	50.0	65.0	95.0	133.0	155.7	178.4	209.4	240.7	254.8	300.9

Estación: Teleferico

Periodo de Retorno (año)	Tiempo de Duración (minutos)										
	5	10	15	30	60	120	180	360	540	720	1440
2,33	10.5	19.0	26.9	36.6	49.4	55.8	62.1	65.0	65.3	65.9	71.7
5	13.0	23.0	32.8	46.5	67.5	79.0	90.4	95.1	95.5	95.6	98.5
10	16.0	29.0	37.5	54.6	82.3	97.9	113.5	119.6	120.1	119.8	120.3
25	18.0	32.0	43.6	64.8	100.9	121.7	142.6	150.6	151.2	150.4	147.8
50	20.0	34.0	48.1	72.3	114.7	139.5	164.2	173.5	174.3	173.1	168.3
100	22.0	38.0	52.5	81.0	128.4	157.1	185.7	196.3	197.1	195.6	188.5
200	24.0	42.0	56.9	90.0	142.1	174.6	207.1	219.1	219.9	218.1	208.6
500	26.0	47.0	62.8	100.0	160.1	197.7	235.3	249.0	250.0	247.7	235.4
1000	30.0	54.0	67.2	104.6	173.7	215.2	256.6	271.7	272.8	270.1	255.6

Estación: San Jose de Avila

Periodo de Retorno (año)	Tiempo de Duración (minutos)										
	5	10	15	30	60	120	180	360	540	720	1440
2,33	9.1	15.1	19.5	30.6	39.1	43.8	48.4	51.9	54.5	55.1	58.7
5	10.1	18.3	22.4	36.0	47.0	53.1	59.2	64.1	68.9	69.3	73.2
10	11.0	20.9	24.8	40.4	53.4	60.7	68.0	74.1	80.6	80.9	85.0
25	12.1	24.3	27.9	46.0	61.5	70.3	79.1	86.6	95.4	95.5	100.0
50	13.0	26.7	30.1	50.1	67.5	77.4	87.3	95.9	106.4	106.3	111.1
100	14.0	29.1	35.0	54.2	73.4	84.5	95.5	105.2	117.3	117.1	122.1
200	16.0	30.0	37.0	58.3	79.4	91.5	103.6	114.4	128.1	127.8	133.1
500	18.0	32.0	42.0	63.7	87.2	100.8	114.3	126.6	142.5	141.9	147.6
1000	16.4	37.2	39.7	67.8	93.1	107.8	122.5	135.7	153.3	152.6	158.5

Estación: Maiquetía 0502

Periodo de Retorno (año)	Tiempo de Duración (minutos)										
	5	10	15	30	60	120	180	360	540	720	1440
2,33	9.0	14.0	18.0	27.0	39.0	46.2	54.0	62.0	69.0	70.0	82.0
5	11.0	17.0	22.0	34.0	48.0	59.8	71.0	83.0	96.0	98.0	132.0
10	13.0	19.0	26.0	39.0	56.0	70.9	86.0	101.0	117.0	120.0	173.0
25	15.0	23.0	30.0	45.0	65.0	85.0	105.0	124.0	144.0	148.0	225.0
50	17.0	26.0	33.0	50.0	73.0	95.4	118.0	145.0	175.0	200.0	263.0
100	19.0	28.0	36.0	55.0	80.0	105.7	132.0	157.0	185.0	189.0	301.0
200	21.0	30.0	39.0	60.0	87.0	116.0	145.0	174.0	205.0	210.0	339.0
500	23.0	34.0	43.0	66.0	96.0	129.6	163.0	195.0	231.0	237.0	389.0
1000	25.0	37.0	46.5	71.3	103.1	139.9	176.6	211.9	250.9	257.8	427.3

Tabla 4.1.1.6 Características Hidrológicas de las Quebradas de Montaña

Número de Abanicos Aluviales	Nombre del Abanico Aluvial	Área del Abanico Aluvial (km ²)	No. De Desagües	20 IMF	Nombre del Desagüe	Área de Desagüe (km ²)	Longitud de la Corriente Principal (km)	Pendiente (m/m)	Estaciones de Medición de Lluvias	Caída de Lluvia (mm) por 100 años	Descarga Pico Probable (m)		
											25 años	50 años	100 años
69	Caroata	12.45	47	*	Agua Salud	0.48	1.20	0.37	San Jose Avila, Teleferico	155	10.0	12.2	14.7
			46	*	Agua Salud	0.08	0.37	0.60	San Jose Avila, Teleferico	155	1.9	2.3	2.7
67	Catuche	2.21	44	*	St. Isabel	0.09	0.36	0.56	San Jose Avila, Teleferico	155	2.1	2.5	3.0
			43	*	Catuche	4.50	4.09	0.22	San Jose Avila, Maqueta	212	34.0	47.0	59.0
			42	*	Cotiza	3.80	4.17	0.21	San Jose Avila, Teleferico	155	7.5	8.9	10.4
			41	*	Anauro	3.69	3.90	0.24	San Jose Avila, Maqueta	212	33.0	45.0	58.0
66	Anauro	3.00	39	*	Beatas	0.19	0.79	0.49	San Jose Avila, Teleferico	155	4.4	5.3	6.4
			38	*	Beatas	0.43	1.47	0.37	San Jose Avila, Teleferico	155	7.0	9.0	10.0
			37	*	Gamboea	3.07	0.73	0.45	San Jose Avila, Teleferico	155	4.4	5.4	6.4
			36	*	Gamboea	0.27	4.25	0.33	San Jose Avila, Teleferico	155	31.8	40.9	52.8
63	Canoas	1.23	35	*	Canoas(Sarria)	0.57	0.69	0.30	San Jose Avila, Teleferico	155	6.1	7.4	8.9
			34	*	Canoas(Sarria)	0.09	1.58	0.39	Teleferico	189	20.0	24.0	28.0
			33	*	Mariperez	0.70	0.28	0.25	Teleferico	189	3.0	3.6	4.3
62	Mariperez	0.60	32	*	Mariperez	0.06	1.69	0.37	Teleferico	189	23.0	28.0	34.0
			31	*	Cuno	0.24	0.73	0.40	Teleferico	189	7.6	9.3	10.9
			30	*	Cuno	0.60	1.90	0.42	Teleferico, Los Chorros	204	15.6	18.7	24.3
58	Chacaito	2.86	29	*	Chapellin	0.07	0.40	0.55	Los Chorros	220	2.4	2.8	3.3
			28	*	Chapellin	1.19	2.68	0.28	Teleferico, Los Chorros	204	26.0	32.0	40.0
			27	*	Chacaito	0.25	0.97	0.35	Los Chorros	220	7.1	8.7	10.3
			26	*	Chacaito	0.16	0.40	0.52	Los Chorros	220	4.6	5.7	6.7
			25	*	Chacaito	6.33	5.55	0.26	Teleferico, Los Chorros	204	70.0	92.0	117.0
			24	*	Chacaito	0.21	0.56	0.52	Los Chorros	220	6.1	7.4	8.8
56	Seca	2.07	23	*	Seca	0.78	1.49	0.40	Teleferico, Los Chorros	204	17.1	20.7	25.9
			22	*	Guintero	1.97	3.80	0.40	Teleferico, Los Chorros	204	24.1	31.5	41.2
54	Sebucan	2.82	21	*	Pajarito	0.27	0.97	0.50	Teleferico, Los Chorros	204	7.9	9.6	11.5
			20	*	Pajarito	0.11	0.47	0.45	Los Chorros	220	3.3	4.0	4.8
			19	*	Sebucan	1.37	3.03	0.53	Teleferico, Los Chorros	204	27.0	33.0	42.0
			18	*	Sebucan	0.17	0.54	0.44	Los Chorros	220	4.9	6.0	7.1
52	Sebucan	2.32	16	*	Sebucan	1.57	2.66	0.57	Teleferico, Los Chorros	204	32.0	41.0	53.0
			15	*	Agua de maiz	0.38	0.70	0.42	Teleferico, Los Chorros	204	8.5	10.0	12.0
			14	*	Tenerias	1.40	2.40	0.47	Teleferico, Los Chorros	204	31.0	37.0	47.0
50	Tocome	4.14	13	*	Tocome	9.45	6.60	0.24	Los Chorros	220	105.0	139.0	182.0
			12	*	Tocome	0.33	0.70	0.41	Los Chorros	220	9.6	11.7	13.9
			11	*	La Julia	2.10	3.18	0.37	Los Chorros	220	49.0	60.0	74.0
			10	*	Gamburi	0.25	1.16	0.29	Los Chorros	220	7.5	9.0	10.6
			9	*	Gamburi	0.06	0.42	0.41	Los Chorros	220	6.1	7.4	8.8
			8	*	Pasaquire	1.14	0.45	0.42	Gaurimare, Los Chorros	182	1.7	2.0	2.4
			7	*	Pasaquire	0.09	2.21	0.47	Gaurimare, Los Chorros	182	3.6	4.3	5.1
48	Caurimare	4.75	6	*	Caurimare	0.09	0.53	0.38	Gaurimare, Los Chorros	182	22.0	28.0	34.0
			5	*	Galindo	3.85	4.51	0.19	Gaurimare, Los Chorros	143	10.1	12.2	14.4
			4	*	Caurimare	6.35	5.40	0.29	Caurimare	143	2.2	2.7	3.2
			3	*	Caurimare	0.08	0.39	0.12	Caurimare	143	50.0	58.0	68.0
			2	*	Caurimare	0.99	2.12	0.34	Caurimare	143	48.0	58.0	75.0
			1	*	Caurimare	0.16	0.42	0.10	Caurimare	143	2.8	3.3	3.7
					Total	60.84	13.18	0.42	Caurimare	143	17.0	20.8	24.8
					Total	60.84	60.84		Caurimare	143	6.0	7.0	8.0

Tabla 4.1.1.7 Condiciones de Intersección de las Quebradas de Montaña en La Cota Mil

No. de Captación	Nombre de Captación	Área de Captación	Volumen de Almacenamiento en la Cota Mil aguas arriba	Condiciones de Cruce en la Cota Mil				
				(km2)	(m3)	Puente	Alcantarilla Grande	Alcantarilla Pequeña
-	Agua Salud							
47	Agua Salud	0.48						
46		0.08						
45	St. Isabel	0.09						
44	Catuche	4.50						
43		0.27						
42	Cotiza	3.80	444,852		*			3.5m*2.3m 2 Caja
41	Anauco	3.69	116,246		*			5.5m*9m 1 Caja
40		0.19	176				*	
39	Beatas	0.43	680				*	
38		0.19	14,941				*	
37	Gamboa	3.07	-	*				Bridge with pier (Open)
36		0.27					*	
35	Canoas(Sarria)	0.57	21,338			*		1300mm 1nos.
34		0.09					*	
33	Mariperez	0.70	72,161				*	
32		0.06					*	
31		0.24	3,270		*			2.0m*2.0m 1 Caja
30	Cuno	0.60	9,462		*			2.0m*2.0m 1 Caja
29		0.07				*		Dia.1070mm 1 nos.
28	Chapellin	1.19	7,353		*			Dia.2440mm 1 nos.
27		0.25				*		Dia.1520mm 1 nos.
26		0.16				*		Dia.1520mm 1 nos.
25	Chacaito	6.33	-	*				Puente (Alcantarilla 6m*10m)
24		0.21				*		Dia.1520mm 1 nos.
23	Seca	0.78			*			2.2m*2.2m 1 Caja
22	Quintero	1.97			*			2.5m*2.5m*1 Caja
21		0.27			*			Dia.1520mm 1 nos.
20		0.11				*		
19	Pajarito	1.37					*	
18		0.17					*	
17	Sebucan	1.57			*			2.0m*2.7m 1 Caja
16	Agua de maíz	0.38				*		1500mm 1 nos.
15	Tenerias	1.40	10,835		*			4m*3m 1Caja
14	Tocome	9.45	-	*				Puente con muelle (Abierto)
13		0.33					*	
12	La Julia	2.10				*		1 Box
11	Gamburi	0.25					*	
10		0.06					*	
9		0.12					*	
8	Pasaquire	1.14					*	
7		0.36					*	
6		0.09					*	
5	Galindo	3.85			*			Represa de Suministro de Agua H=15m
4	Caurimare	6.35			*			5m*3m 2 Caja
3		0.08						
2		0.99						
1		0.16						
TOTAL		60.84		3	12	8	16	

Tabla 4.1.1.8 Volumen de Escorrentía de Sedimentos

Quebrada Principal	Área de Captación	Potencial				Período de Retorno de 100 años			Período de Retorno de 25 años			Cota Mil Capacidad de Bolsa o Bolsillo
		Sedimento Inestable	Derrumbe de Sedimento	Escorrentía de Sedimento (Ve)	Escorrentía de Sedimento Específico	Sedimento Transportable (Vec)	El más pequeño entre Ve y Vec	Volumen de Sedimento Específico	Sedimento Transportable (Vec)	El más pequeño entre Ve y Vec	Volumen de Sedimento Específico	
	km2	m3	m3	m3	m3/km2	m3	m3	m3/km2	m3	m3	m3/km2	m3
1	0.16	0	9,591	9,591	59,570	9,299	9,299	57,756	7,751	7,751	48,144	
2	0.99	11,596	58,796	21,117	21,396	25,318	21,117	21,396	21,105	21,105	21,383	
3	0.06	0	4,468	4,468	59,570	3,830	3,830	51,067	3,193	3,193	42,571	
Caurimare 4	6.35	726,522	378,508	331,509	52,173	101,429	101,429	15,963	84,548	84,548	13,306	
Galindo 5	3.85	484,019	229,047	213,920	55,636	58,960	58,960	15,334	49,147	49,147	12,782	
6	0.09	1,613	5,183	6,796	78,115	12,171	6,796	78,115	10,145	6,796	78,115	
7	0.36	26,018	21,445	47,463	131,842	16,314	16,314	45,316	13,029	13,029	36,190	
8	1.14	45,810	68,089	34,169	29,895	35,448	34,169	29,895	28,309	28,309	24,768	13,400
9	0.12	0	6,970	6,970	59,570	16,039	6,970	59,570	12,809	6,970	59,570	
10	0.06	0	3,276	3,276	59,570	9,792	3,276	59,570	7,820	3,276	59,570	
11	0.25	17,199	14,714	31,913	129,201	15,134	15,134	61,270	11,797	11,797	47,763	
12	2.10	403,843	125,097	158,682	75,563	62,947	62,947	29,975	49,070	49,070	23,367	
13	0.33	20,238	19,479	39,717	121,460	50,512	39,717	121,460	39,377	39,377	120,418	
Tocome 14	9.45	1,716,695	562,817	683,854	72,381	152,175	152,175	16,107	118,627	118,627	12,556	
15	1.40	67,151	83,577	45,218	32,230	45,318	45,218	32,230	35,465	35,465	25,278	
16	0.38	9,464	22,637	32,100	84,475	52,003	32,100	84,475	40,698	32,100	84,475	
17	1.57	154,682	93,525	74,462	47,428	48,669	48,669	30,999	38,088	38,088	24,260	10,700
18	0.17	8,346	9,948	18,294	109,544	31,317	18,294	109,544	24,413	18,294	109,544	
19	1.37	128,422	81,849	63,061	45,911	44,718	44,718	32,546	34,996	34,996	25,470	
20	0.11	1,085	6,672	7,757	69,258	23,398	7,757	69,258	18,240	7,757	69,258	
21	0.27	15,243	16,084	31,327	116,025	24,891	24,891	92,187	19,479	19,479	72,146	4,900
22	1.97	102,990	117,532	66,157	33,531	56,156	56,156	28,462	43,948	43,948	22,275	
23	0.78	48,798	46,167	94,964	122,535	30,802	30,802	39,744	24,105	24,105	31,104	
24	0.21	2,759	12,331	15,090	72,900	36,549	15,090	72,900	28,492	15,090	72,900	
Chacaito 25	6.33	428,734	377,197	241,779	38,184	112,394	112,394	17,750	87,960	87,960	13,891	
26	0.16	647	9,412	10,059	63,662	30,085	10,059	63,662	23,453	10,059	63,662	
27	0.25	4,046	15,071	19,118	75,563	42,165	19,118	75,563	32,869	19,118	75,563	
28	1.19	95,641	71,007	49,994	41,942	67,986	49,994	41,942	53,205	49,994	41,942	1,000
29	0.07	0	4,110	4,110	59,570	14,850	4,110	59,570	11,576	4,110	59,570	
30	0.60	21,511	35,623	57,134	95,542	70,924	57,134	95,542	55,505	55,505	92,818	3,800
31	0.24	0	13,999	13,999	59,570	34,374	13,999	59,570	26,881	13,999	59,570	
32	0.06	0	3,395	3,395	59,570	10,539	3,395	59,570	8,241	3,395	59,570	
Mariperez 33	0.70	16,868	41,461	58,328	83,805	26,564	26,564	38,167	20,773	20,773	29,847	
34	0.09	0	5,480	5,480	59,570	17,010	5,480	59,570	13,302	5,480	59,570	
35	0.57	41,973	33,895	75,869	133,337	23,196	23,196	40,767	18,140	18,140	31,880	
36	0.27	1,234	15,846	17,079	64,207	30,780	17,079	64,207	24,604	17,079	64,207	
Gamboa 37	3.07	91,399	182,939	82,302	26,800	94,532	82,302	26,800	73,030	73,030	23,781	
38	0.19	0	11,437	11,437	59,570	24,398	11,437	59,570	19,503	11,437	59,570	
39	0.43	10,855	25,436	36,292	84,993	15,636	15,636	36,618	12,499	12,499	29,271	
40	0.19	0	11,378	11,378	59,570	24,307	11,378	59,570	19,430	11,378	59,570	
Anauro 41	3.69	136,514	219,613	106,898	28,970	233,670	106,898	28,970	179,110	106,898	28,970	68,500
Cotiza 42	3.80	331,373	226,247	167,286	44,046	144,514	144,514	38,050	110,771	110,771	29,166	93,000
43	0.27	3,515	16,024	19,540	72,638	11,326	11,326	42,106	9,054	9,054	33,657	
Catuche 44	4.50	203,068	268,005	141,322	31,412	95,859	95,859	21,307	73,477	73,477	16,332	
45	0.09	0	5,421	5,421	59,570	13,798	5,421	59,570	11,080	5,421	59,570	
46	0.08	0	4,885	4,885	59,570	12,434	4,885	59,570	9,939	4,885	59,570	
47	0.48	18,774	28,474	47,248	98,846	21,708	21,708	45,414	17,352	17,352	36,302	
Total	60.84	5,398,644	3,624,358	3,232,250	-	-	1,709,716	-	1,454,133	-	197,700	

Tabla 4.1.1.9 Quebradas Objeto para el Mapeo de Amenaza de Flujo de Escombros

	20 quebradas del ADT*de JICA	Nombre del Abanico Aluvial	Estudio Venezolano
1	Caroata, Agua Salud, Agua Salada	Caroata	“Project Caracas”
2	Catuche	Catuche	“Mapa de Amenaza”
3	Cotiza, Anauro, Gamboa	Cotiza-Anauro-Gamboa	“PREVENE”
4	Sarria (Canoas)	Canoas	“Project Caracas”
5	Mariperez	Mariperez	“Mapa de Amenaza”
6	Chapellin, Chacaito	Chacaito-Chapellin	“Mapa de Amenaza”
7	Quintero	Quebrada Seca	“Mapa de Amenaza”
8	Pajaritos, Sebucan	Pajaritos-Sebucan	“Mapa de Amenaza”
9	Tenería	Agua de Maíz	“Mapa de Amenaza”
10	Tocome, La Julia	Tócome-La Julia	“PREVENE”
11	Pasaquire, Galindo, Caurimare	Caurimare-Galindo-Pasaquire	“Mapa de Amenaza”

*ADT: Alcance de Trabajo

Tabla 4.1.1.10 Estructura Modelo

	PREVENE	Proyecto Ávila / Caracas	Estudio JICA
Modelo de Escorrentía de Precipitación	Hidrógrafo Unitario	Onda cinemática (Informe MARN-CGR)	Onda cinemática (Informe MARN-CGR)
Modelo Hidráulico	FLO-2D (Tocome, Anauco)	FLO-2D (11 abanicos aluviales, cada uno tiene un modelo separado)	FLO-2D (11 abanicos aluviales, combinados en dos modelos)
	Cuadrícula 25 m	Cuadrícula 30 m	Cuadrícula 100m

Tabla 4.1.1.11 Diferencia entre el Modelo FLO-2D por el Proyecto Ávila y por el Equipo de Estudio

	Proyecto Ávila / Caracas	Equipo de Estudio
Hidrógrafo de Influjos	Hidrógrafo de Agua (Informe CGR) + valor estándar de concentración de sedimento	Hidrógrafo de Agua (Informe CGR)+ volumen de sedimento propuesto
Tamaño de cuadrícula	30 m	100 m
Canal dentro de la cuadrícula	considerado	considerado
Alcantarilla, calle		

Tabla 4.1.1.12 Volumen de Escorrentía de Sedimentos por el Método-1 y el Método-2

No. de Captaciones	Nombre de la Captación	Área (km2)	Volumen de Escorrentía de Sedim. (m3)	Ajuste (m3)	Cota Mil Capacidad de bolsa, río arriba (m3)	Volumen de Escorrentía de Sedimento para el Método 1 y 2 (m3)		Q p para el Método 1 (m3/s)			
						(m3)	(m3/km2)				
1	48	Caurimare	0.161		9,300		58,000	Vec	8.0		
2-0	48	Caurimare	0.987	0.107	21,100	2,400	21,000	Ve	24.8		
2-1			0.955	0.155		3,400	3,400				
2-2				0.071		1,600	1,600				
2-3				0.622		13,700	13,700				
3	48	Caurimare	0.075		3,800		51,000	Vec	3.7		
4	48	Caurimare	6.354		101,400		101,400	16,000	Vec	75.0	
5	48	Galindo	3.845		59,000		59,000	15,000	Vec	68.0	
6	48	Caurimare	0.087		6,800		6,800	78,000	Ve	3.2	
7	48	Caurimare	0.36		16,300		16,300	45,000	Vec	14.4	
8	48	Pasaquire	1.143		34,200	13,400	20,800	30,000	Ve	34.0	
9	48	Caurimare	0.117		7,000		7,000	60,000	Ve	5.1	
10	48	Caurimare	0.055		3,300		3,300	60,000	Ve	2.4	
11	50	Gamburi	0.247		15,100		15,100	61,000	Vec	10.6	
12	50	La Julia	2.1		62,900		62,900	30,000	Vec	74.0	
13	50	Tocome	0.327	0.142	39,700	17,240	17,240	121,000	Ve	13.9	
14	50	Tocome	9.448		152,200		152,200	16,000	Vec	182.0	
15	50	Tenerías	1.403		45,200		45,200	32,000	Ve	47.0	
16	52	Agua de maiz	0.38	0.142	32,100	12,000	12,000	84,000	Ve	12.0	
17	54	Sebucan	1.57		48,700		38,000	31,000	Vec	53.0	
18	54	Sebucan	0.167	0.1	18,300	10,960	10,960	110,000	Ve	7.1	
19	54	Pajarito	1.374		44,700		44,700	33,000	Vec	42.0	
20	54	Sebucan	0.112		7,800		5,400	70,000	Ve	4.8	
21	54	Sebucan	0.27	0.223	24,900	20,570	4,900	15,670	92,000	Vec	11.5
22	56	Quintero	1.973		56,200		56,200	28,000	Vec	41.2	
23	56	Seca	0.775		30,800		30,800	40,000	Vec	25.9	
24	56	Seca	0.207	0.84	15,100	6,130	6,130	73,000	Ve	8.8	
25	58	Chacaito	6.332		112,400		112,400	18,000	Vec	117.0	
26	58	Chacaito	0.158		10,100			64,000	Ve	6.7	
27	58	Chacaito	0.253	0.18	19,100	13,590	13,590	75,000	Ve	10.3	
28	58	Chapellin	1.192		50,000		1,000	49,000	42,000	Ve	40.0
29	58	Chacaito	0.069		4,100			59,000	Ve	3.3	
30	58	Cuno	0.598		57,100		3,800	53,300	95,000	Ve	24.5
31	58	Chacaito	0.235	0.136	14,000	8,100	8,100	60,000	Ve	10.9	
32	62	Mariperez	0.057		3,400			60,000	Ve	2.7	
33	62	Mariperez	0.696		26,600		26,600	38,000	Vec	34.0	
34	63	Canoas	0.092	0.034	5,500	2,030	2,030	60,000	Ve	4.3	
35	63	Canoas	0.569		23,200		23,200	41,000	Vec	28.0	
36	66	Anauco	0.266	0.107	17,100	6,880	6,880	64,000	Ve	8.9	
37	66	Gamboa	3.071		82,300		82,300	27,000	Ve	52.8	
38	66	Anauco	0.192		11,400		11,400	59,000	Ve	6.4	
39	66	Beatas	0.427		15,600		15,600	37,000	Vec	10.0	
40	66	Anauco	0.191		11,400		11,400	60,000	Ve	6.4	
41	66	Anauco	3.69		106,900		68,500	38,400	29,000	Ve	50.0
42	66	Cotiza	3.798		144,500		93,000	51,500	38,000	Vec	56.0
43	67	Catuche	0.269		11,300			42,000	Vec	10.4	
44	67	Catuche	4.499		95,900		95,900	21,000	Vec	59.0	
45	69	St.Isabel	0.091		5,400		5,400	59,000	Ve	3.0	
46	69	Catroata	0.082		4,900		4,900	60,000	Ve	2.7	
47	69	Agua Salud	0.478		21,700		21,700	45,000	Vec	14.7	

Tabla 4.1.1.13 Ejemplo del Resultado del Cálculo (Catuche)

Sección Transversal	h: Altura del Flujo de Escombros (m)	B: Ancho del Flujo de Escombros (m)	U: Velocidad del Flujo de Escombros	Fd: Fuerza Hidráulica (kN/m ²)	P2: Fuerza de Resistencia (kN/m ²)
1	5,16	34,24	8,04	101,52	4,50
2	4,52	38,92	6,92	69,62	4,50
3	4,71	36,34	6,45	58,85	4,50
4	5,04	32,87	6,38	57,41	4,50
5	4,27	48,40	5,04	33,55	4,50
6	4,22	49,42	5,88	45,62	4,50
7	4,18	50,13	5,74	43,61	4,50
8	4,17	50,31	5,36	37,98	4,50
9	2,18	148,54	4,72	29,48	4,74
10	2,28	145,71	3,99	20,66	4,66
11	2,82	102,61	5,18	34,87	4,50
12	2,44	129,97	4,34	24,48	4,58
13	2,58	118,53	5,16	34,59	4,53
14	2,28	145,71	4,79	29,76	4,66
15	2,48	127,10	5,08	33,54	4,56
16	2,86	100,30	5,95	45,94	4,50
17	2,53	122,46	4,55	26,83	4,54
18	2,28	145,71	4,65	28,12	4,66
19	2,28	145,71	4,65	28,03	4,66
20	2,32	145,71	3,93	19,99	4,64
21	2,36	141,52	4,10	21,77	4,62
22	2,32	145,71	4,64	27,88	4,64
23	2,33	144,35	3,87	19,30	4,63
24	3,34	79,43	4,68	28,26	4,50
25	3,30	80,85	5,13	33,92	4,50
26	3,44	89,45	3,55	15,89	4,50
27	2,69	134,57	4,39	24,25	4,51
28	2,61	141,75	3,46	15,03	4,52
29	2,61	141,75	4,17	21,91	4,52
30	2,78	127,37	5,20	33,95	4,50
31	2,61	141,75	3,87	18,84	4,52
32	2,61	141,75	4,59	26,49	4,52
33	2,61	141,75	5,03	31,84	4,52
34	5,30	43,57	5,16	33,43	4,50
35	3,58	83,89	5,72	41,20	4,50
36	2,81	125,48	5,33	35,78	4,50
37	2,61	141,75	3,87	18,80	4,52
38	3,84	77,86	3,40	14,47	4,50
39	3,23	139,29	2,44	7,33	4,50
40	3,23	139,29	5,24	33,74	4,50
41	4,12	93,14	5,19	33,01	4,50
42	4,34	85,45	5,50	37,10	4,50
43	4,27	87,82	4,89	29,29	4,50
44	3,36	130,88	3,69	16,66	4,50
45	3,62	115,41	3,70	16,79	4,50
46	3,66	113,20	3,20	12,56	4,50
47	3,23	139,29	4,41	23,81	4,50
48	3,23	139,29	2,97	10,83	4,50
49	3,23	139,29	3,16	12,23	4,50
50	3,64	114,59	4,45	24,34	4,50
51	3,23	139,29	3,97	19,36	4,50
52	3,23	139,29	4,30	22,69	4,50
53	3,23	139,29	3,79	17,63	4,50
54	3,23	139,29	3,14	12,10	4,50
55	3,23	139,29	3,98	19,44	4,50
56	3,23	139,29	4,29	22,58	4,50
57	3,23	139,29	5,21	33,28	4,50
58	3,23	139,29	5,43	36,20	4,50
59	3,23	139,29	4,90	29,45	4,50
60	3,23	139,29	4,35	23,24	4,50
61	3,23	139,29	3,25	12,98	4,50
62	3,70	138,10	1,94	4,58	4,50
63	3,70	138,10	3,12	11,85	4,50
64	3,70	138,10	3,73	16,90	4,50
65	3,70	138,10	4,16	21,02	4,50
66	3,70	138,10	4,84	28,53	4,50
67	3,70	138,10	4,37	23,18	4,50
68	3,70	138,10	3,64	16,15	4,50
69	3,70	138,10	3,58	15,60	4,50
70	3,70	138,10	3,13	11,95	4,50
71	3,70	138,10	1,94	4,60	4,50
72	3,70	138,10	2,46	7,34	4,50

Tabla 4.1.1.14 La Propiedad en las Zonas Amarilla y Roja (Base en Principales Quebradas)

Cuenca Principal	No.	Nombre	Zona Amarilla						Zona Roja					
			Cuento de Edificaciones			Area de Edificaciones			Cuento de Edificaciones			Cuento de Area		
			Barrio nos.	Formal nos.	Total nos.	Barrio m2	Formal m2	Total m2	Barrio nos.	Formal nos.	Total nos.	Barrio m2	Formal m2	Total m2
02 1			46	0	46	2,272	0	2,272			0			0
02 2			231	168	399	11,312	55,591	66,903			0			0
02 3			195	96	291	10,348	48,343	58,691	9	27	36	339	10,272	10,610
4		Caurimare	316	271	587	20,981	121,969	142,950	109	103	212	6,107	79,994	86,101
5		Galindo	0	18	18	0	5,702	5,702			0	16	4,733	4,733
6			0	198	198	0	46,569	46,569			0			0
7			0	90	90	0	21,377	21,377			0	41	5,741	5,741
8		Pasaquire	0	233	233	0	54,548	54,548			0	60	7,355	7,355
9			0	171	171	0	51,812	51,812			0			0
10			0	336	336	0	141,091	141,091			0			0
11		Gamburi	0	246	246	0	66,192	66,192			0	12	1,937	1,937
12		La Julia	10	696	706	888	187,272	188,159	8	397	405	838	97,416	98,255
13			0	92	92	0	29,800	29,800			0	9	3,803	3,803
14		Tocome	0	638	638	0	160,183	160,183			42	42	11,909	11,909
15		Tenerias	0	92	92	0	24,275	24,275			0			0
16		Agua de maiz	115	247	362	5,487	64,580	70,068			0	2	610	610
17		Sebucan	0	742	742	0	255,255	255,255			0			0
18			0	507	507	0	152,338	152,338			0			0
19		Pajarito	0	517	517	0	210,755	210,755			1	1	503	503
20			0	805	805	0	352,716	352,716			0	1	460	460
21			0	900	900	0	389,840	389,840			0			0
22		Quintero	9	1,157	1,166	62	454,710	454,772			0	184	37,703	37,703
23		Seca	24	529	553	683	186,530	187,213			57	57	7,639	7,639
24			69	397	466	6,355	140,453	146,808			0	1	548	548
25		Chacaito	63	454	517	5,487	162,209	167,696	39	209	248	2,635	55,814	58,450
27			303	484	787	23,016	127,160	150,176			4	4	781	781
28		Chapellin	255	139	394	18,325	30,036	48,361			0	2	152	152
29			278	143	421	19,247	26,440	45,687			0			0
30		Cuno	248	106	354	17,581	21,626	39,207			0	10	1,700	1,700
31			259	105	364	17,843	21,796	39,639			0			0
33		Mariperez	0	106	106	0	23,550	23,550			3	32	6,545	6,545
34			920	154	1,074	61,584	45,133	106,717			0	1	1	1
35		Canoas(Sarria)	551	341	892	34,297	69,282	103,578	5	5	163	4,471	7,132	11,602
36			463	755	1,218	20,953	174,237	195,190			0			0
37		Gamboa	83	315	398	11,277	68,997	80,274			2	17	2,179	2,179
38			191	433	624	22,346	99,098	121,444			0			0
39		Beatas	184	169	353	15,849	28,282	44,131			0			0
40			319	255	574	28,308	40,941	69,249			8	8	815	815
41		Anauco	339	340	679	32,774	58,615	91,389	290	188	478	26,218	23,045	49,263
42		Cotiza	64	69	133	3,636	12,680	16,316			0			0
44		Catuche	659	696	1,355	59,691	194,692	254,383	660	399	1,059	59,967	111,363	171,330
45		St. Isabel	224	0	224	13,050	0	13,050			0			0
46			299	275	574	20,588	26,812	47,400	23	10	33	828	443	1,271
47		Agua Salud	158	224	382	11,774	23,590	35,364	134	0	299	8,665	13,071	21,736

Tabla 4.1.1.15 La Propiedad en las Zonas Amarilla y Roja (Base en Abanicos Aluviales)

Sistema de Cuenca	Zona Amarilla										Zona Roja											
	Cuento de Edificaciones			Area de Edificaciones			Zona de Area			Cuento de Edificaciones			Area de Edificaciones			Zona de Area						
	Barrio nos.	Urbana nos.	Total nos.	Barrio m2	Urbana m2	Total m2	Barrio m2	Urbana m2	Total m2	Barrio nos.	Urbana nos.	Total nos.	Barrio m2	Urbana m2	Total m2	Barrio nos.	Urbana nos.	Total nos.	Barrio m2	Urbana m2	Total m2	
Caurimare	458	965	1423	27,800	370,200	398,000	1,784,800	118	130	248	6,400	50,000	56,400	595,200								
Tocome	10	1,303	1313	900	331,300	332,200	997,500	8	440	448	800	100,000	100,800	394,000								
Agua de Maiz	115	415	530	5,500	111,700	117,100	459,800															
Sebucan	0	1,525	1525	0	524,000	524,000	1,643,600															
Seca	30	879	909	700	337,100	337,900	1,088,500															
Chacaito	483	1,063	1546	37,000	312,200	349,200	1,285,700	39	215	254	2,600	55,000	57,600	353,900								
Mariperez	0	106	106	0	23,600	23,600	124,600	3	3	3	0	600	600	53,800								
Canaos	1,270	592	1862	83,300	127,200	210,600	556,600	5	5	10	4,500	700	5,200	36,600								
Anauco	688	1,006	1694	56,200	226,100	282,300	867,900	290	190	480	26,200	22,000	48,200	168,300								
Catucho	659	502	1161	59,700	164,500	224,200	559,200	660	394	1,054	60,000	111,100	171,100	393,900								
Caroata	596	433	1029	39,100	40,800	79,900	172,900	157	10	167	9,500	1,000	10,500	57,200								
51	0	4	4	0	300	300	600															
55	0	38	38	0	17,200	17,200	71,300															
57	0	284	284	0	86,500	86,500	268,400	0	1	1												
64	207	517	724	9,000	104,400	113,400	270,900															
68	0	201	201	0	27,800	27,800	62,500															
Total	4,516	9,833	14,349	319,300	2,804,800	3,124,100	10,214,800	1,277	1,438	2,715	110,100	378,900	489,000	2,228,400								

Tabla 4.2.1.1 Número de Casas Afectadas por Deslizamientos y Derrumbes

	Número de casas ubicadas en la pendiente interpetada		Número de casas afectadas por la falla		Total	
	Area Formal	Area Informal	Area Formal	Area Informal	Area Formal	Area Informal
Falla de Derrumbe	49	6,797	304	5,197	353	11,994
Deslizamiento	2	383	16	139	18	522

Tabla 4.2.2.1 Resultados de la Encuesta de Daños

Precio Unitario del Daño

Área No-Urbana Unidad:Bs./1 casa

Nombre de Quebrada	Totalmente Destruida			Parcialmente Destruida			Inundación		
	Sec. A	Sec. B	Sec. C	Sec. A	Sec. B	Sec. C	Sec. A	Sec. B	Sec. C
Catuche	15.500.000	8.000.000	5.000.000		3.000.000			1.000.000	
Anaico	15.500.000	8.000.000	5.000.000		3.000.000			1.000.000	
Chacaito		9.500.000			3.500.000			1.000.000	
Tócome		9.500.000			3.500.000			1.000.000	
Caroata		9.500.000			3.500.000			1.000.000	

Área Urbana Unidad:Bs./m2

Nombre de Quebrada	Totalmente Destruida			Parcialmente Destruida			Inundación		
	Residencial	Comercial	Pública	Residencial	Comercial	Pública	Residencial	Comercial	Pública
Catuche	277.000	388.000	388.000		50.000			10.000	
Anaico	530.000	742.000	742.000		50.000			10.000	
Chacaito	547.000	766.000	766.000		50.000			10.000	
Tócome	520.000	728.000	728.000		50.000			10.000	
Caroata	213.000	298.000	298.000		50.000			10.000	

Número de Casas Afectadas

Área No-Urbana Unidad: nos.

Nombre de Quebrada	Totalmente Destruida			Parcialmente Destruida			Inundación			Total
	Sec. A	Sec. B	Sec. C	Sec. A	Sec. B	Sec. C	Sec. A	Sec. B	Sec. C	
Catuche	4	214	0	12	154	44	36	481	32	977
Anaico	3	29	289	10	68	74	37	2	481	993

Área Urbana y No-Urbana Unidad: nos.

Quebrada	Totalmente Destruida	Parcialmente Destruida	Inundación	Total
Chacaito	3	1	6	10
Tócome	12	2	78	92
Caroata	13	24	0	37

Área Afectada en el Área Urbana Unidad: m2

Quebrada	Totalmente Destruida	Parcialmente Destruida	Inundación	Total
Catuche	675	4.052	27.441	32.168
Anaico	140	23.781	35.497	59.418

Costo del Daño

Área No-Urbana Unidad: Bs.

Nombre de Quebrada	Totalmente Destruida			Parcialmente Destruida			Inundación			Total
	Sec. A	Sec. B	Sec. C	Sec. A	Sec. B	Sec. C	Sec. A	Sec. B	Sec. C	
Catuche	62.000.000	1.712.000.000	0	36.000.000	462.000.000	132.000.000	36.000.000	481.000.000	32.000.000	2.953.000.000
Anaico	46.500.000	232.000.000	1.445.000.000	30.000.000	204.000.000	222.000.000	37.000.000	2.000.000	481.000.000	2.699.500.000
Chacaito										
Tócome										
Caroata										

Área Urbana Unidad: Bs.

Quebrada	Totalmente Destruida	Parcialmente Destruida	Inundación	Total
Catuche	186.975.000	202.600.000	274.410.000	663.985.000
Anaico	74.200.000	1.189.050.000	354.970.000	1.618.220.000
Chacaito	28.500.000	3.500.000	6.000.000	38.000.000
Tócome	114.000.000	7.000.000	78.000.000	199.000.000
Caroata	123.500.000	84.000.000	0	207.500.000

Gran Total 8.379.205.000

Tabla 4.3.3.1 Lista de Pendientes Riesgosas en el Área Urbana

Código de Pendiente	Municipio	Area de Pendiente (m ²)	Area de Casas en Pendiente (m ²)	Número de Casas en la Pendiente	Area de Casas en Area Afectada (m ²)	Número de Casas en Area Afectada
40 091	Libertador	5,655	1235	1	12,404	5
40 148	Libertador	932	664	1	3,742	4
40 149	Libertador	563	773	2	2,016	5
40 161	Sucre	4,130	58	4	3,663	10
40 162	Sucre	2,953	107	4	6,052	6
40 225	Sucre	1,412	131	4	1,774	9
40 226	Sucre	1,361	507	3	3,457	7
40 228	Sucre	1,365	271	1	1,485	5
40 230	Sucre	2,123	18	2	4,129	10
40 232	Sucre	2,537	65	3	3,505	8
40 233	Sucre	1,890	391	1	10,616	7
40 272	Libertador	3,330	143	3	5,510	32
43 172	Sucre	868	79	2	886	11

Tabla 4.3.4.2 (1/2) Resumen de Presas Sabo para las Principales Quebradas (Período de Retorno de 100 Años)

No de Captación	Nombre de Captación	Área (km ²)	Volumen de Escorrentía de Sedimentos (m ³)	Op (m ³ /s)	No. de Represa	Volumen de Concreto (m ³)	Volumen de Sedimento Atrapado (m ³)	Proporción de Atrapado a Volumen de Escorrentía (%)	Costo de Represa (×10 ⁶ ES)	Costo de Trabajos de Canalización (×10 ⁶ ES)	Costo Total (×10 ⁶ ES)	Duración de la Construcción (Año)	
1	48	Caurimare	0,161	59,000	Vec	9,300	0	0	0	0	0	0	
2	48	Caurimare	0,987	21,000	Vec	21,100	11,396	0	248	11,880	684,000	15	
3	48	Caurimare	0,075	3,800	Vec	3,800	0	0	37	0	0	0	
4	48	Caurimare	6,354	101,400	Vec	101,400	0	0	75.0	102,130	6,378,000	7.5	
5	48	Gaínob	3,845	59,000	Vec	59,000	0	0	68.0	59,650	2,536,000	3.0	
6	48	Caurimare	0,087	78,000	Vec	6,800	0	0	32	2,070	821,000	1.0	
7	48	Caurimare	0,360	16,300	Vec	16,300	0	0	14.4	16,670	939,000	1.5	
8	48	Pasaquire	1,143	34,200	Vec	34,200	0	0	34.0	35,220	1,542,000	2.0	
9	48	Caurimare	0,117	7,000	Vec	60,000	0	0	51	2,050	615,000	1.0	
10	48	Caurimare	0,055	3,300	Vec	60,000	0	0	24	1,700	510,000	1.0	
11	50	Tocome	0,247	15,100	Vec	61,000	0	0	106	31,200	936,000	1.5	
12	50	La Julia	2,100	62,900	Vec	30,000	0	0	74.0	63,750	1,874,000	2.5	
13	50	Tocome	0,327	39,700	Vec	17,240	0	0	139	17,330	543,000	1.0	
14	50	Tocome	9,448	152,200	Vec	182.0	0	0	101	18,480	313,200	6.5	
15	50	Tenerías	1,403	32,000	Vec	45,200	0	0	47.0	4,900	1,470,000	2.0	
16	52	Agua de maíz	0,380	84,000	Vec	12,000	0	0	12.0	4,080	1,224,000	1.5	
17	54	Sebucan	1,570	48,700	Vec	31,000	0	0	53.0	49,700	2,697,000	3.5	
18	54	Sebucan	0,187	18,300	Vec	110,000	0	0	71	11,670	771,000	1.0	
19	54	Pajarito	1,374	44,700	Vec	33,000	0	0	42.0	44,900	2,799,000	3.5	
20	54	Sebucan	0,112	7,800	Vec	70,000	0	0	48	2,590	6,550	1.0	
21	54	Guimero	0,270	24,900	Vec	20,570	0	0	11.5	4,620	1,386,000	2.0	
22	56	Seba	1,973	56,200	Vec	28,000	0	0	41.2	2,290	2,187,000	2.5	
23	56	Seba	0,775	30,800	Vec	40,000	0	0	25.9	3,880	1,158,000	1.5	
24	56	Seba	0,207	15,100	Vec	61,300	0	0	88	1,750	525,000	1.0	
25	58	Chacalito	6,332	112,400	Vec	18,000	0	0	117.0	113,470	2,790,000	4.0	
26	58	Chacalito	0,158	10,100	Vec	64,000	0	0	6.7	0	0	0	
27	58	Chacalito	0,253	19,100	Vec	13,590	0	0	103	2,260	1,578,000	2.0	
28	58	Chapellín	1,192	50,000	Vec	42,000	0	0	40.0	10,490	3,147,000	4.0	
29	58	Chacalito	0,089	4,100	Vec	59,000	0	0	33	3,120	936,000	1.5	
30	58	Cuno	0,598	57,100	Vec	245	0	0	245	13,700	4,110,000	5.0	
31	58	Chacalito	0,235	14,000	Vec	8,100	0	0	109	2,720	816,000	1.5	
32	62	Mariperez	0,057	3,400	Vec	60,000	0	0	2.7	0	0	0	
33	62	Mariperez	0,696	29,600	Vec	39,000	0	0	34.0	3,790	27,210	1,137,000	1.5
34	63	Cambaos	0,082	5,500	Vec	60,000	0	0	43	1,140	342,000	1.0	
35	63	Cambaos	0,589	23,200	Vec	41,000	0	0	28.0	24,750	570,000	1.0	
36	66	Anauro	0,266	17,100	Vec	6,880	0	0	89	2,190	657,000	1.0	
37	66	Gamba	3,071	82,300	Vec	28,800	0	0	528	84,880	4,008,000	5.5	
38	66	Anauro	0,192	11,400	Vec	59,000	0	0	6.4	2,570	771,000	1.0	
39	66	Bestas	0,427	15,600	Vec	37,000	0	0	100	2,570	771,000	1.0	
40	66	Anauro	0,181	11,400	Vec	60,000	0	0	6.4	3,940	1,182,000	2.0	
41	66	Anauro	3,690	108,900	Vec	29,000	0	0	50.0	107,570	2,811,000	4.0	
42	66	Cotiza	3,798	144,500	Vec	39,000	0	0	56.0	15,970	4,770,000	6.0	
43	67	Catuche	0,269	11,300	Vec	42,000	0	0	10.4	0	0	0	
44	67	Catuche	4,499	95,900	Vec	21,000	0	0	59.0	96,140	3,251,400	3.0	
45	69	St. Isabel	0,081	5,400	Vec	59,000	0	0	30	2,190	657,000	1.0	
46	69	Catroata	0,082	4,900	Vec	60,000	0	0	27	1,680	504,000	1.0	
47	69	Agua Salud	0,478	21,700	Vec	45,000	0	0	14.7	3,930	1,179,000	2.0	
87													
										243,650	1,604,750	75,190,200	89
										72,482,000	2,085,200		

Tabla 4.3.4.2 (2/2) Resumen de Presas Sabo para las Principales Quebradas (Período de Retorno de 25 Años)

No de Captación	Nombre de Captación	Área (km ²)	Volumen de Escorrentía de Sedimentos (m ³)	Gp (m ³ /s)	No. de Represa	Volumen de Concreto (m ³)	Volumen de Sedimento Atrapado (m ³)	Proporción de Atrapado a Volumen de Escorrentía (%)	Costo de Represa ×10 ³ (B\$)	Costo de Trabajos de Canalización ×10 ³ (B\$)	Costo Total ×10 ³ (B\$)	Duración de la Construc- ción (año)	
1	48	Caurimare	0,161	7,751	48,000	6,0	0	0	0	0	0		
2	48	Caurimare	0,987	21,105	11,399	17,0	2,270	11,880	681,000	0	681,000	1,5	
3	48	Caurimare	0,075	3,193	43,000	2,8	0	0	0	0	0		
4	48	Caurimare	6,354	84,548	13,000	46,0	16,650	85,220	4,985,000	0	4,985,000	6,0	
5	48	Galindo	3,845	49,147	13,000	50,0	7,110	49,550	2,133,000	0	2,133,000	2,5	
6	48	Caurimare	0,087	6,796	78,000	2,2	2,060	7,560	618,000	0	618,000	1,0	
7	48	Caurimare	0,36	13,029	36,000	10,1	2,990	16,670	887,000	0	887,000	1,5	
8	48	Pesquiere	1,143	28,908	25,000	22,0	4,400	28,950	1,320,000	0	1,320,000	2,0	
9	48	Caurimare	0,117	6,970	60,000	3,6	1,980	7,660	594,000	0	594,000	1,0	
10	48	Caurimare	0,055	3,276	60,000	1,7	1,700	3,800	510,000	0	510,000	1,0	
11	50	Gamburi	0,247	11,797	48,000	7,5	2,500	11,990	750,000	0	750,000	1,0	
12	50	La Julia	2,1	49,070	23,000	48,0	5,740	51,080	1,722,000	0	1,722,000	2,5	
13	50	Tocome	0,327	39,377	17,089	9,6	1,730	17,330	2920	519,000	519,000	1,0	
14	50	Tocome	9,448	118,627	13,000	105,0	16,680	123,980	1,111	5,040,000	3,132,000	6,0	
15	50	Tenerías	1,403	35,465	25,000	31,0	4,040	36,210	2,210	1,212,000	1,212,000	2,0	
16	52	Agua de miel	0,36	32,100	84,000	8,5	3,900	13,020	2,237	1,170,000	1,170,000	1,5	
17	54	Sebucan	1,57	38,068	24,000	32,0	6,970	39,910	2,038	2,081,000	2,081,000	3,0	
18	54	Sebucan	0,167	18,294	110,000	4,9	2,570	11,670	2,922	771,000	771,000	1,0	
19	54	Pajrito	1,374	34,996	25,000	27,0	7,420	35,840	1,865	2,226,000	2,226,000	3,0	
20	54	Sebucan	0,112	7,757	69,000	3,3	2,590	8,550	2,920	777,000	777,000	1,0	
21	54	Sebucan	0,27	19,479	72,000	7,9	3,910	16,740	2,907	1,173,000	1,173,000	2,0	
22	56	Quintero	1,973	43,948	22,000	24,1	4,390	45,360	1,221	1,317,000	1,317,000	2,0	
23	56	Seca	0,775	24,105	31,000	17,1	3,110	24,780	2,200	938,000	938,000	1,5	
24	56	Seca	0,207	15,090	6,124	6,1	1,740	6,920	2,923	522,000	522,000	1,0	
25	58	Chacalito	6,332	87,960	14,000	70,0	4	7,710	93,200	11,05	2,313,000	771,600	3,5
26	58	Chacalito	0,158	10,059	64,000	4,6	0	0	2,924	0	0		
27	58	Chacalito	0,253	19,118	76,000	7,1	5,240	13,610	2,787	1,572,000	1,572,000	2,0	
28	58	Chapelín	1,182	49,894	42,000	26,0	10,430	50,160	2,181	3,129,000	4,0	3,129,000	4,0
29	58	Chacalito	0,089	4,110	80,000	2,4	3,110	5,180	3,435	933,000	933,000	1,5	
30	58	Chacalito	0,598	55,505	83,000	15,6	13,070	57,500	2,609	3,921,000	3,921,000	5,0	
31	58	Chacalito	0,295	13,989	8,102	7,6	2,600	9,000	3,234	780,000	780,000	1,0	
32	62	Mariperez	0,057	3,395	60,000	1,8	0	0	3,228	0	0		
33	62	Mariperez	0,696	20,773	30,000	23,0	3,050	21,240	3,395	915,000	915,000	1,5	
34	63	Caroas	0,082	5,480	2,025	3,0	1,100	2,250	3,239	330,000	330,000	1,0	
35	63	Caroas	0,569	18,140	32,000	20,0	1,680	20,060	3,515	504,000	504,000	1,0	
36	66	Caroas	0,266	17,079	6,870	6,1	2,180	7,560	2,305	664,000	664,000	1,0	
37	66	Gambua	3,071	73,080	24,000	31,8	10,810	73,310	1,034	3,243,000	3,243,000	4,5	
38	66	Anauco	0,192	11,437	60,000	4,4	2,570	11,670	2,907	771,000	771,000	1,0	
39	66	Beatas	0,427	12,489	29,000	7,0	2,050	12,680	1,638	615,000	615,000	1,0	
40	66	Anauco	0,181	11,378	80,000	4,4	3,930	12,060	2,304	1,179,000	1,179,000	2,0	
41	66	Anauco	3,69	106,898	29,000	30,0	9,280	107,570	813	2,784,000	2,784,000	4,0	
42	66	Cotiza	3,788	110,771	29,000	35,0	11,170	123,220	869	3,351,000	3,351,000	4,5	
43	67	Catuche	0,269	9,054	34,000	7,5	0	0	2,803	0	0		
44	67	Catuche	4,499	73,477	16,000	34,0	6,120	79,200	756	1,836,400	1,010,400	2,5	
45	69	St Isabel	0,091	5,421	60,000	2,1	2,190	5,400	2,308	657,000	657,000	1,0	
46	69	Catroata	0,082	4,895	60,000	1,9	1,670	5,540	2,305	501,000	501,000	1,0	
47	69	Agua Salud	0,478	17,952	36,000	10,0	3,140	18,110	2,094	942,000	942,000	1,5	

Tabla 4.3.4.3 Ejemplo de la Valoración del Costo para la Presa de Sabo
 FONTUR Proyecto: Gda. Guanape (Estado Vargas)

Trabajo Principal	Descripción	Unid	Cant.	Precio Unit (Bs. en 2000)	Total	Total Trabajos Solamente de la Presa
Excavación	Remoción de Vegetación	m3	1,200	1,775	2,130,492	2,130,492
	Excavación de Obras Comunes 1	m3	66	5,034	332,227	332,227
	Excavación de Obras Comunes 2	m3	2,317	5,034	11,663,176	11,663,176
	Excavación Obras Presa	m3	10	19,291	192,912	192,912
	Excavación Obras Canal 1	m3	50,000	3,185	159,270,000	-
	Excavación Obras Canal 2	m3	100,000	4,666	466,604,000	-
	Obras Temporales	m3	15,000	2,590	38,844,750	38,844,750
	Sub TOTAL				679,037,557	53,163,557
Obras Concreto	Concreto (80kg/cm2) para Presa Cerrada	m3	1,100	120,697	132,766,216	132,766,216
	Concreto (80kg/cm2) para Presa Abierta	m3	995	120,697	120,093,077	120,093,077
	CR Concreto (250kg/cm2) para Presa Cerrada	m3	80	187,111	14,968,917	14,968,917
	CR Concreto (250kg/cm2) para Presa Abierta	m3	250	190,322	47,580,485	47,580,485
	CR Concreto (250kg/cm2) para Obras de Canal	m3	4,130	176,793	730,153,768	-
	CR Concreto (250kg/cm2) para Canal de Transición	m3	800	192,232	153,785,632	153,785,632
	Sub TOTAL				1,199,348,095	469,194,327
TOTAL					1,878,385,652	522,357,884
Gastos Indirectos (15% Total)					281,757,848	78,353,683
Gran Total					2,160,143,500	600,711,566

Tabla 4.3.4.4 Trabajos de Canalización

No	Nombre	Sección	Coordenada		Distancia		Canal Existente		Canal Propuesto					
			X (m)	Y (m)	Acumulado (m)	Intervalo (m)	Elevación del Lecho (m)	Pendiente del Lecho (1/n) (grado)	Elevación del Lecho Propuesta (m)	Altura de Cair da Propuesta (m)	Pendiente Original del Lecho (1/n)	Pendiente de Lecho Propuesta (1/n) (grado)		
14	to come	1	738223	1162484	0.00		903.00		903.00		49.14		50.00	1.15
14	to come	2	738202	1162580	98.27	98.27	905.00	49.14	1.17	905.00	0.00	49.14	50.00	1.15
14	to come	3	738197	1162622	140.57	42.30	907.50	16.92	3.38	907.50	1.65	23.64	50.00	1.15
14	to come	4	738221	1162694	216.46	75.89	910.00	30.36	1.89	910.00	0.98		50.00	1.15
14	to come	5	738249	1162754	282.67	66.21	915.00	13.24	4.32	912.99	1.67	22.11	50.00	1.15
14	to come	6	738347	1162874	437.60	154.93	920.00	30.99	1.85	920.00	3.91		50.00	1.15
25.Chacaito														
No	Nombre	Sección	Coordenada		Distancia		Canal Existente		Canal Propuesto					
			X (m)	Y (m)	Acumulado (m)	Intervalo (m)	Elevación del Lecho (m)	Pendiente del Lecho (1/n) (grado)	Elevación del Lecho Propuesta (m)	Altura de Cair da Propuesta (m)	Pendiente Original del Lecho (1/n)	Pendiente de Lecho Propuesta (1/n) (grado)		
25	chacaito	1	733786	1162298	0.00		910.00		910.00					
25	chacaito	2	733801	1162364	67.68	67.68	912.50	27.07	2.12	0.00	26.41	26.00		
25	chacaito	3	733836	1162418	132.03	64.35	915.00	25.74	2.22	0.02		26.00		
25	chacaito	4	733883	1162472	203.62	71.59	920.00	14.32	3.99	1.04		26.00		
25	chacaito	5	733938	1162526	280.70	77.08	925.00	15.42	3.71	1.12		26.00		
25	chacaito	6	733962	1162592	350.93	70.23	930.00	14.05	4.07	1.02	18.89	26.00		
25	chacaito	7	733989	1162664	427.83	76.90	932.50	30.76	1.86	1.11		26.00		
25	chacaito	8	734046	1162724	510.59	82.76	935.00	33.10	1.73	1.20		26.00		
25	chacaito	9	734098	1162802	604.33	93.74	940.00	18.75	3.05	1.35		26.00		
25	chacaito	10	734130	1162838	652.50	48.17	945.00	9.63	5.93	1.88		26.00		
25	chacaito	11	734169	1162898	724.06	71.56	950.00	14.31	4.00	2.79		26.00		
25	chacaito	12	734191	1162940	771.47	47.41	955.00	9.48	6.02	1.86		26.00		
25	chacaito	13	734201	1162994	826.39	54.92	960.00	10.98	5.20	2.14		26.00		
25	chacaito	14	734212	1163018	852.79	26.40	962.50	10.56	5.41	1.03	12.90	26.00		
25	chacaito	15	734219	1163054	889.46	36.67	965.00	14.67	3.90	1.43		26.00		
25	chacaito	16	734224	1163090	925.81	36.35	967.50	14.54	3.93	1.42		26.00		
25	chacaito	17	734240	1163138	976.41	50.60	970.00	20.24	2.83	1.97		26.00		
25	chacaito	18	734248	1163174	1013.29	36.88	972.50	14.75	3.88	1.44		26.00		
25	chacaito	19	734254	1163216	1055.72	42.43	975.00	16.97	3.37	1.67		26.00		
25	chacaito	20	734268	1163264	1105.72	50.00	980.00	10.00	5.71	3.08	10.00	26.00		

Tabla 4.3.4.6 Cronograma de Implementación Propuesto

No de Captación	Trabajos de Represas Sabo				Trabajos de Canalización			Costo de Construcción Anual																		
	Nos	Volumen de Concreto (m ³)	Costo de Construcción (10 ⁶ Bs)	Período de Construcción (year)	Longitud (m)	Volumen de Concreto (m ³)	Costo de Construcción (10 ⁶ Bs)	Período de Construcción (año)	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Suma		
14	5	19.480	5.844,000	6,5	450	2.610	3.132	8,0	889,077	889,077	889,077	889,077	889,077	889,077	449,538	392	392	392	392	392	392	392	392	392	5.844,000	
25	4	9.300	2.790,000	4,0	1.100	6.430	7.716	11,0	697,500	697,500	697,500	697,500	701	701	701	701	701	701	701	701	701	701	701	701	2.790,000	
44	3	7.470	2.241,000	3,0	1.600	8.420	1.010,400	12,0	847,000	847,000	847,000	847,000	847,000	847,000	847,000	847,000	847,000	847,000	847,000	847,000	847,000	847,000	847,000	847,000	2.241,000	
4	6	21.260	6.378,000	7,5					850,400	850,400	850,400	850,400	850,400	850,400	850,400	425,200										6.378,000
42	5	15.900	4.770,000	6,0					795,000	795,000	795,000	795,000	795,000	795,000												4.770,000
30	4	13.700	4.110,000	5,0					822,000	822,000	822,000	822,000	822,000													4.110,000
37	6	13.360	4.008,000	5,5					728,727	728,727	728,727	728,727	728,727	364,384												4.008,000
28	4	10.480	3.147,000	4,0					786,750	786,750	786,750	786,750	786,750													3.147,000
41	4	9.370	2.811,000	4,0					702,750	702,750	702,750	702,750	702,750													2.811,000
17	3	8.890	2.697,000	3,5					770,571	770,571	770,571	770,571	770,571													2.697,000
19	3	9.330	2.789,000	3,5					789,714	789,714	789,714	789,714	789,714													2.789,000
5	2	8.460	2.538,000	3,0					846,000	846,000	846,000	846,000	846,000													2.538,000
12	2	6.580	1.974,000	2,5					789,600	789,600	789,600	789,600	789,600													1.974,000
22	2	7.290	2.187,000	2,5					874,800	874,800	874,800	874,800	874,800													2.187,000
6	2	5.140	1.542,000	2,0					771,000	771,000	771,000	771,000	771,000													1.542,000
15	2	4.900	1.470,000	2,0					785,000	785,000	785,000	785,000	785,000													1.470,000
21	2	4.620	1.386,000	2,0					693,000	693,000	693,000	693,000	693,000													1.386,000
27	2	5.260	1.578,000	2,0					789,000	789,000	789,000	789,000	789,000													1.578,000
40	2	3.840	1.182,000	2,0					591,000	591,000	591,000	591,000	591,000													1.182,000
47	2	3.930	1.179,000	2,0					589,500	589,500	589,500	589,500	589,500													1.179,000
2	1	2.280	684,000	1,5					456,000	456,000	456,000	456,000	456,000													684,000
7	1	3.130	939,000	1,5					626,000	626,000	626,000	626,000	626,000													939,000
11	1	3.120	936,000	1,5					624,000	624,000	624,000	624,000	624,000													936,000
16	1	4.080	1.224,000	1,5					816,000	816,000	816,000	816,000	816,000													1.224,000
23	1	3.860	1.158,000	1,5					772,000	772,000	772,000	772,000	772,000													1.158,000
29	1	3.120	936,000	1,5					624,000	624,000	624,000	624,000	624,000													936,000
31	1	2.720	816,000	1,5					544,000	544,000	544,000	544,000	544,000													816,000
33	1	3.790	1.137,000	1,5					759,000	759,000	759,000	759,000	759,000													1.137,000
6	1	2.070	621,000	1,0					621,000	621,000	621,000	621,000	621,000													621,000
9	1	2.050	615,000	1,0					615,000	615,000	615,000	615,000	615,000													615,000
10	1	1.700	510,000	1,0					510,000	510,000	510,000	510,000	510,000													510,000
13	1	1.810	543,000	1,0					549,000	549,000	549,000	549,000	549,000													549,000
18	1	2.570	771,000	1,0					771,000	771,000	771,000	771,000	771,000													771,000
20	1	2.590	777,000	1,0					777,000	777,000	777,000	777,000	777,000													777,000
24	1	1.750	525,000	1,0					525,000	525,000	525,000	525,000	525,000													525,000
34	1	1.140	342,000	1,0					342,000	342,000	342,000	342,000	342,000													342,000
35	1	1.900	570,000	1,0					570,000	570,000	570,000	570,000	570,000													570,000
36	1	2.190	657,000	1,0					657,000	657,000	657,000	657,000	657,000													657,000
38	1	2.570	771,000	1,0					771,000	771,000	771,000	771,000	771,000													771,000
39	1	2.570	771,000	1,0					771,000	771,000	771,000	771,000	771,000													771,000
45	1	2.190	657,000	1,0					657,000	657,000	657,000	657,000	657,000													657,000
46	1	1.650	504,000	1,0					504,000	504,000	504,000	504,000	504,000													504,000
suma	87	243.650	73.085,000	98,5	31,50	17.460	1.021,248	31,0	4.941,693	4.810,877	5.539,704	5.539,704	4.876,904	4.866,856	4.847,606	4.809,989	5.205,879	4.866,629	5.147,193	5.120,793	5.176,293	4.576,293	3.445,293	74.116,248	730.850	

Nota: BS esta en la divisa de Bolívar en 2000.

Tabla 4.3.4.7 Características del Sedimento Transportado

Segmento Principal	Modo de Transporte de Sedimento	Segmento Detallado	Pendiente	Fenómeno	Efectividad de las represas sabo para el transporte de flujo de escombros	Tipo de Represa Sabo Aplicable
Segmento de flujo de escombros	Transporte Masivo	Generación	Inclinación mayor a 20 grados	Generación Inicial de flujo de escombros Derrumbes Erosión del depósito del cauce de la quebrada	C	A: Tipo Abierta (hendidura tipo ancha) B: Tipo Abierta (hendidura tipo estrecha)
		Generación - Transporte	15~20	Desarrollo de flujo de escombros Erosión del depósito del cauce de la quebrada Producción y ruptura de represa natural Concentración de pedruscos en el frente del flujo de escombros	C	A: Tipo Abierta (hendidura tipo ancha) B: Tipo Abierta (hendidura tipo estrecha)
Segmento de flujo de escombros	Transporte Masivo	Transporte - Depósito	10~15	Transporte de pedruscos o canto rodado Producción y ruptura de represa natural	B	A: Tipo Abierta (hendidura tipo ancha) B: Tipo Abierta (hendidura tipo estrecha)
		Depósito	3~10	Desarrollo de Aluévicos Aluviales	A	A: Tipo Abierta (abertura tipo abierta) A: Tipo Cerrada (cerca de las propiedades objetivo)
Segmento arrastre de fondo	Transporte Individual	-	menor a 3 grados	Depósito y atascamiento en canal resultando en un desbordamiento	-	B: Tipo Cerrada B: Atrapado de madera a la deriva B: Trabajos de Canalización