

## **CAPÍTULO 3. RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DE DAÑOS**

### **3.1 General**

Se realizó la estimación del daño sísmico para la infraestructura y las líneas vitales. Los datos obtenidos de los organismos y autoridades competentes fue bastante limitada, al igual que los obtenidos de la inspección de campo.

Los datos recopilados son los siguientes.

- 1) Puentes
- 2) Viaductos (Autopistas Elevadas)
- 3) Metro
- 4) Acueductos
- 5) Líneas de Telecomunicaciones
- 6) Instalaciones de alto riesgo. (Estaciones de gasolina)

### **3.2 Puentes**

Se seleccionaron ciento quince (115) puentes en las autopistas para estimarles el daño sísmico considerando su importancia en las actividades de emergencia de rescate y transporte en el caso de que ocurra un terremoto.

La mayoría de los puentes fueron construidos antes de 1967 y no se reportaron daños serios cuando ocurrió el terremoto de 1967, con excepción de daños menores al pilar del distribuidor El Pulpo.

Los resultados del estimado de daños a puentes indican que los puentes existentes son lo suficientemente fuertes para soportar un terremoto como el de 1967, lo que concuerda con los datos históricos.

En el caso del escenario de un terremoto como el de 1812, se estima que quince (15) puentes tienen un nivel alto y dos (2) puentes un nivel medio de riesgo sísmico de caerse en caso de un terremoto de esa magnitud. Los detalles de esos puentes y su localización se muestran en las Tablas S9-3.2.1~ S9-3.2.4 y en la Figura S9-3.2.1.

De los quince (15) puentes que se estima tienen alto riesgo sísmico, diez (10) puentes están localizados en el distribuidor La Araña, donde el suelo consiste de depósitos sedimentarios susceptibles a licuación. El distribuidor La Araña es el más grande de Caracas, fue abierto al tráfico en 1966, y la altura del puente es de más de 10 m. en el centro. Este distribuidor juega un papel

importante en el transporte en las direcciones Este-Oeste y Norte-Sur. La seguridad de este distribuidor es vital para las actividades sociales y económicas de la ciudad de Caracas.

### **3.3 Viaductos (Autopistas Elevadas)**

En el estimado de daños sísmicos para los viaductos se hizo referencia a los datos del desastre de Hanshin/Awaji de 1995 en Japón. De acuerdo a lo estimado, dos localizaciones pueden colapsar y tres pueden sufrir daños en el distribuidor La Araña.

El estimado de daños, la intensidad sísmica y el largo del viaducto se muestran en la Tabla S9-3.3.1 y la localización de cada viaducto se muestra en la Figura S9-.3.3.1.

En el distribuidor la Araña, los pasos elevados de la autopista fueron construidos en 1966 y un código sísmico viejo fue aplicado al diseño. Hay tres pasos elevados construidos en el centro del distribuidor La Araña y la altura de la estructura es mayor de 10 m. y ésta puede ser fácilmente afectada por un terremoto.

Se recomienda investigar el código de diseño aplicado a los puentes y las bases de ese código de diseño. También, se necesita tomar medidas para reforzar las estructuras contra terremotos.

### **3.4 Metro**

Existen tres (3) líneas de Metro en el Distrito Metropolitano de Caracas y su longitud total es de 44,3 Km. Información básica del metro se muestra en la Tabla S9-3.4.1 y su localización y la de los túneles de corte abierto y tipo cajón se muestran en la Figura S9-3.4.1.

Línea 1: Aceleración Máxima del Terreno (PGA) es estimada en 581 gal. entre las estaciones Capitolio y Chacaíto (alrededor de 5.8 Km.) en el caso de que ocurriese el escenario de un terremoto como el de 1812. Este PGA es equivalente a una Intensidad Meteorológica de Japón de 6+

En el caso del desastre de Hanshin/Awaji, las columnas medias se colapsaron debido a la fuerza vertical extra producida por el terremoto. Especialmente el peso del terraplén se considera aplicado a la estructura del túnel verticalmente. Se recomienda revisar el diseño y el tipo de estructura del túnel para reforzar las columnas medias considerando fuerzas verticales adicionales en el túnel.

Línea 2: PGA se estima en 721 gal. en la estación de Altimano. En el túnel tipo cajón de corte abierto entre Artigas y Mamera se recomienda reforzar la columna media considerando un escenario de terremoto como el de 1812.

Línea 3: PGA se estima en 409 gal en el túnel tipo cajón en el escenario de un terremoto como el de 1812. Este PGA es equivalente a JMI 6- y para esta intensidad no se registró daños o colapso de

columnas medias en el desastre de Hanshin/Awaji. Pero en el Metro de Caracas puede ser diferente de acuerdo con el espesor del terraplén del túnel tipo cajón. Se recomienda revisar el diseño y reforzar la columna media en caso de que no sea lo suficientemente fuerte para resistir las fuerzas verticales.

No se reportaron daños en el túnel escudo del Metro en el desastre de Hanshin/Awaji, demostrando que el túnel escudo es una estructura muy fuerte contra terremotos.

### **3.5 Acueductos**

La información sobre el material no estaba disponible, por lo tanto la estimación de daños fue realizada bajo la suposición que el material sea hierro fundido dúctil. Recientemente las autoridades encargadas del suministro de agua han estado promocionando como política que gradualmente se utilicen acueductos de hierro fundido dúctil.

El estimado de los daños se muestra en la Figura S9-3.5.1 para un escenario de terremoto como el de 1812.

De acuerdo con el estimado de daños, no se espera que ocurran daños a los acueductos en un escenario de terremoto como el de 1967. En caso de un sismo como el de 1812, el máximo número de puntos de daño por cuadrícula (500 m x 500 m) se estima que sea solo 0,56 puntos.

Las áreas más afectadas son Neverí y San Pedro cuyas localizaciones se muestran en la Figura S9-3.5.1, pero el estimado de puntos dañados es bastante pequeño.

Sin embargo, estos cálculos se basan en la suposición que todos los acueductos están hechos de hierro fundido dúctil y este material es resistente en caso de terremoto. Por lo tanto, se recomienda continuar promoviendo la política de utilizar hierro fundido dúctil.

### **3.6 Telecomunicaciones**

En el caso de escenario de un terremoto como el de 1967, la mayoría de las intensidades sísmicas son iguales a, ó menores de 5 en Intensidad Meteorológica de Japón (JMI) y el daño posible es de solo 0.07% de la longitud total. En caso de un sismo como el de 1812 se dañaría un 0,25% del total de los cables de telecomunicaciones.

La longitud estimada de daños de cables de telecomunicaciones en cada área se muestra en la Tabla S9-3.6.1.

### **3.7 Instalaciones de Alto Riesgo (Estaciones de Gasolina)**

Cincuenta y cuatro (54) estaciones de gasolina están localizadas en el área de estudio y su ubicación se muestra en la Figura S9-3.7.1.

En el escenario de terremoto de 1967 el PGA máximo estimado es menos de 250 gal y la probabilidad de pequeños derrames de los tanques o las juntas de tubería es de solo 0,14% y no se anticipa ningún daño de acuerdo con el Estudio del Gobierno Metropolitano de Tokio, 1977.

El escenario de un sismo como el de 1812 el PGA máximo es de 400-450 gal y hay trece (13) estaciones de gasolina en esa área. La probabilidad de pequeños derrames de los tanques y juntas de tubería es de solo 2,00% y los daños son bastante pequeños de acuerdo con el Estudio del Gobierno Metropolitano de Tokio, 1977.

Aun si se considera toda el área, el número de estaciones de gasolina afectadas sería menos de una.

El área de máximo PGA y la densidad del área de las estaciones de gasolina se muestran en la Tabla S9-3.7.1.

Las estaciones de gasolina en áreas de alta aceleración deben ser mejoradas en sus estructuras para hacerlas sismo resistentes.

El número de estaciones de acuerdo con el PGA se muestra en las Figuras S9-3.7.2 y S9-3.7.3.

En caso del escenario del terremoto de 1967, el PGA de la localización de las estaciones es de menos de 200 gal, pero en el caso del escenario de 1812, el PGA aumenta considerablemente y en estas mismas figuras se muestra que muchas estaciones de gasolina están ubicadas en áreas de alto PGA.

**Tabla S9-3.2.1 Lista de Puentes con Estimado de Riesgo A y B**

Nivel de Riesgo	Nº de Código	Nombre o Número de Puente	Nombre o Nº de Vía	Nombre o Número de Vía/Río/Metro que cruza	Año de Constr. Antes del 87: 1 Desconocido : 2 Después del 87: 3
A	61	Dist. ciempiés, Pte. S/Autopista enlace Norte-Sur	Rampa de entrada Autopista del Este desde Chacao	Autopista Fco. Fajardo (2 vías)	1
	62	Dist. ciempiés, Pte. S/Autopista enlace Sudeste-Oeste	Salida a Autopista Fco. Fajardo sentido Oeste desde Autopista del Este	Salida a las Mercedes desde Chacao ida y vuelta (2 vías)	1
	63	Dist. ciempiés, Pte. S/Autopista enlace Sudeste-Este	Salida desde Autopista del Este hacia Chacao	Salida a las Mercedes desde Chacao ida y vuelta (2 vías)	1
	82	Dist. Baralt, Pte. Oeste	Entrada desde Av. Baralt hacia el Paraíso (1 vía)	Autopista Fco. Fajardo ambos sentidos (2 vías) y Río Guaire	1
	83	Dist. Baralt, Pte. Este	Entrada desde la Av. Baralt hacia Autopista sentido Este (1 vía)	Autopista Fco. Fajardo ambos sentidos (2 vías) y Río Guaire	1
	86	Dist. La Araña, Pte. Paraíso-Planicie	Salida desde Planicie dirección El paraíso (1 vía)	Autopista Fco. Fajardo ambos Sentidos (2 vías)	1
	87	Dist. La Araña, Pte. Caricuao-Paraíso	Vía Caricuao-Paraíso (1 vía)	Una (1 vía)	1
	88	Dist. La Araña, Pte. Paraíso- Qta. Crespo	Vía Qta. Crespo-Paraíso (1 vía)	Autopista Fco. Fajardo ambos sentidos (2 vías)	1
	89	Dist. La Araña, Pte. Caricuao-Planicie	Vía Caricuao-Planicie (1 vía)	Autopista Fco. Fajardo ambos sentidos (2 vías) y entrada a Barrio (1 vía)	1
	90	Dist. La Araña, Pte. Qta. Crespo-Planicie 1	Vía Qta Crespo-Planicie (1 vía)	Paralela una vía del Dist. La Araña	1
	91	Dist. La Araña, Pte. Qta. Crespo-Planicie 2	Vía Planicie-Qta Crespo (1 vía)	Autopista Fco. Fajardo ambos sentidos (2 vías)	1
	92	Dist. La Araña, Pte. Planicie-Caricuao	Vía desde Planicie 1 hacia Caricuao (1 vía)	Paralela una vía del Dist. La Araña	2
	93	Dist. La Araña, Pte. Planicie 2-Qta. Crespo	Vía Planicie-Qta. Crespo (1 vía)	Autopista Fco. Fajardo ambos sentidos (2 vías)	1
	94	Dist. La Araña, Pte. Qta. Crespo-Paraíso	Vía Qta. Crespo-El Paraíso (1 vía)	Río Guaire	1
	95	Dist. La Araña, Pte. Planicie 2-Caricuao	Vía Planicie-Caricuao (1 vía)	Paralela una vía del Dist. La Araña	1
B	15	Puente Santander (Puente Lara)	Avenida Santander	Autopista Fco. Fajardo, Río Guaire	1
	98	Pte. Ricardo Zuluaga	Vía Sta. Mónica-Los Chaguaramos ambos sentidos (2 vías)	Autopista Valle-Coche ambos sentidos (2 vías) y Río Guaire	1

**Tabla S9-3.2.4 Resultados de la Estimación de Daños a Puentes**

Escenario de Terremoto	Terremoto de 1967	Terremoto de 1812
Riesgo Sísmico Alto	0	15
Riesgo Sísmico Medio	0	2
Riesgo Sísmico Bajo	115	98
<b>Total de Puentes</b>	<b>115</b>	<b>115</b>

**Tabla S9-3.2.2 Estimación de Daños a Puentes a Puentes en el Escenario del Terremoto de 1967**

N° Cod	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	Punt. Total	N° Cod
	Tipo de Terreno	Licuección	Tipo de Viga	Tipo de soporte	Máx. Altura de Estribo/Pilar	Numero de Tramos	Ancho Mín. del Asiento del Puente	PGA Intensidad Sísmica de Japón	Fundaciones	Material de Estribo y Pilar		
	Duro : 0,5 Medio: 1,0 Suave: 1,5 Muy Suave: 1,8	Ninguna : 1,0 Posible: 1,5 Probable: 2,0	Rígida : 1,0 Continua : 2,0 Simple : 3,0	Dispositivo conector de viga: 0,6 Fijo y Mov: 1,0 Mov y Mov: 1,15	Menos de 5 m: 1,0 5 a 9,9 m: 1,35 Más de 10m: 1,7	Uno: 1,0 Más de 2: 1,75	Ancho: 0,8 Angosto: 1,2	5* 120-209: 1,0 5,5* 210-349 : 1,7 6* 349-699: 2,4 6,5* 700-1299: 3,0 7* 1300-3299: 3,5	Pila Doblada: 1,4 Otras: 1,0	Ladrillo: 1,4 Otras: 1,0		
15	1,0	1,5	2,0	1,00	1,35	1,75	1,20	1,0	1,0	1,0	8,5	15
61	1,5	1,0	3,0	1,15	1,70	1,75	1,20	1,0	1,0	1,0	18,5	61
62	1,5	1,0	3,0	1,15	1,35	1,75	1,20	1,0	1,0	1,0	14,7	62
63	1,5	1,0	3,0	1,15	1,35	1,75	1,20	1,0	1,0	1,0	14,7	63
82	1,5	1,5	2,0	1,15	1,35	1,75	0,80	1,0	1,0	1,0	9,8	82
83	1,5	1,5	2,0	1,15	1,35	1,75	0,80	1,0	1,0	1,0	9,8	83
86	1,0	1,5	3,0	1,00	1,70	1,75	1,20	1,0	1,0	1,0	16,1	86
87	1,0	1,5	3,0	1,00	1,35	1,75	1,20	1,0	1,0	1,0	12,8	87
88	1,0	1,5	3,0	1,15	1,00	1,75	1,20	1,0	1,0	1,0	10,9	88
89	1,0	1,5	3,0	1,15	1,35	1,75	1,20	1,0	1,0	1,0	14,7	89
90	1,0	1,5	3,0	1,15	1,00	1,75	1,20	1,0	1,0	1,0	10,9	90
91	1,0	1,5	3,0	1,15	1,35	1,75	1,20	1,0	1,0	1,0	14,7	91
92	1,0	1,5	3,0	1,15	1,35	1,75	1,20	1,0	1,0	1,0	14,7	92
93	1,0	1,5	3,0	1,15	1,70	1,75	1,20	1,0	1,0	1,0	18,5	93
94	1,0	1,5	3,0	1,15	1,35	1,75	1,20	1,0	1,0	1,0	14,7	94
95	1,0	1,5	3,0	1,15	1,35	1,75	1,20	1,0	1,0	1,0	14,7	95
98	1,5	1,0	3,0	1,15	1,00	1,75	1,20	1,0	1,0	1,0	10,9	98

Estabilidad	Puntuación Total
Riesgo Sísmico Alto	30 < S
Riesgo Sísmico Medio	26 < S < 30
Riesgo Sísmico Bajo	S < 26

**Tabla S9-3.2.3 Estimación de Daños a Puentes en el Escenario del Terremoto de 1812**

N° Cod	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	Punt. Total	N° Cod
	Tipo de Terreno	Licuección	Tipo de Viga	Tipo de soporte	Max. Altura de Estribo/Pilar	Numero de Tramos	Ancho Mín. de Asiento del Puente	PGA Intensidad Sísmica de Japon	Fundaciones	Material de Estribo y Pilar		
	Duro : 0,5 Medio: 1,0 Suave: 1,5 Muy Suave: 1,8	Ninguna : 1,0 Posible: 1,5 Probable: 2,0	Rígida : 1,0 Continua : 2,0 Simple : 3,0	Dispositivo conector de viga: 0,6 Fijo y Mov: 1,0 Mov y Mov: 1,15	Menos de 5 m: 1,0 5 a 9,9 m: 1,35 Más de 10m: 1,7	Uno: 1,0 2 o Más: 1,75	Ancho: 0,8 Angosto: 1,2	5* 120-209: 1,0 5,5* 210-349 : 1,7 6* 349-699: 2,4 6,5* 700-1299: 3,0 7* 1300-3299: 3,5	Pila Doblada: 1,4 Otras: 1,0	Ladrillo: 1,4 Otros: 1,0		
15	1,0	2,0	2,0	1,00	1,35	1,75	1,20	2,4	1,0	1,0	27,2	15
61	1,5	1,0	3,0	1,15	1,70	1,75	1,20	2,4	1,0	1,0	43,3	61
62	1,5	1,0	3,0	1,15	1,35	1,75	1,20	2,4	1,0	1,0	35,2	62
63	1,5	1,0	3,0	1,15	1,35	1,75	1,20	2,4	1,0	1,0	35,2	63
82	1,5	2,0	2,0	1,15	1,35	1,75	0,80	2,4	1,0	1,0	31,3	82
83	1,5	2,0	2,0	1,15	1,35	1,75	0,80	2,4	1,0	1,0	31,3	83
86	1,0	2,0	3,0	1,00	1,70	1,75	1,20	2,4	1,0	1,0	51,4	86
87	1,0	2,0	3,0	1,00	1,35	1,75	1,20	2,4	1,0	1,0	40,8	87
88	1,0	2,0	3,0	1,15	1,00	1,75	1,20	2,4	1,0	1,0	34,8	88
89	1,0	2,0	3,0	1,15	1,35	1,75	1,20	2,4	1,0	1,0	46,9	89
90	1,0	2,0	3,0	1,15	1,00	1,75	1,20	2,4	1,0	1,0	34,8	90
91	1,0	2,0	3,0	1,15	1,35	1,75	1,20	2,4	1,0	1,0	46,9	91
92	1,0	2,0	3,0	1,15	1,35	1,75	1,20	2,4	1,0	1,0	46,9	92
93	1,0	2,0	3,0	1,15	1,70	1,75	1,20	3,0	1,0	1,0	73,9	93
94	1,0	2,0	3,0	1,15	1,35	1,75	1,20	2,4	1,0	1,0	46,9	94
95	1,0	2,0	3,0	1,15	1,35	1,75	1,20	2,4	1,0	1,0	46,9	95
98	1,5	1,0	3,0	1,15	1,00	1,75	1,20	2,4	1,0	1,0	26,1	98

Estabilidad	Puntuación Total
Riesgo Sísmico Alto	30 < S
Riesgo Sísmico Medio	26 < S < 30
Riesgo Sísmico Bajo	S < 26

**Tabla S9-3.3.1 IMM del Viaducto y Estimación del Daño basado en Datos del Desastre Hanshin/Awaji**

Localización	Largo Total (Km.)	Terremoto de 1967						Terremoto de 1812					
		IMM	JMI	Tasa de Colapso (lugares/Km)	Nº de Lugares Colapsados	Tasa de Daño (lugares/Km)	Nº de Lugares Dañados	IMM	JMI	Tasa de Colapso (lugares/Km)	Nº de Lugares Colapsados	Tasa de Daño (lugares/Km)	Nº de Lugares Dañados
Distribuidor La Araña	13,4	VIII+	5,5 6	0,003	0,04	0,014	0,19	IX-	6	0,086	1,15	0,206	2,76
Distribuidor Ciempiés	4,0	VII+ VII-	5 5,5	0,003	0,01	0,014	0,06	VIII+	5,5 6	0,003	0,01	0,014	0,06
Distribuidor El Pulpo	3,2	VII+	5	-	-	-	-	VIII+	5,5 6	0,003	0,01	0,014	0,04
Francisco Fajardo	3,3	VII- VII+	4,5 5	-	-	-	-	VIII- VIII+	5 6	0,003	0,01	0,014	0,05
Planicie	1,1	VII- VII+	4,5 5	-	-	-	-	VIII+	5,5 6	0,003	0,00	0,014	0,02
Cota Mil	2,2	VII- VII+	4,5 5	-	-	-	-	VII+ VIII-	5 5,5	0,003	0,01	0,014	0,03
Cementerio	0,8	VI+	4,5	-	-	-	-	VIII+	5,5 6	0,003	0,00	0,014	0,01
Total	28,0				0,05		0,25				1,19		2,97

1) IMM Intensidad Modificada de Mercali

2) JMI Intensidad Meteorológica de Japón

Relación entre IMM y PGA

$IMM = (\text{Log}(PGA) - 0,014) / 0,3$

JMI	PGA
5	120 - 209
5,5	210 - 349
6-	350 - 524
6+	525 - 699
6,5	700 - 1299
7	1300 - 3299



**Tabla S9-3.4.1 Información Básica del Metro**

Nombre de la Línea	Longitud Total (Km.)	Año Completada	No. Estaciones	Longitud (Km.)				
				Tipo de Escudo	Tipo Túnel de Montaña	Tipo Corte Abierto	Otros	Estación
Línea 1. Propatria-Palo Verde	20.6	1983	22	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Línea 2. Silencio-Zoológico/Las Adjuntas	18.4	1987	13	1.6	1.7	4.5	8.4	2.2
Línea 3: Plaza Venezuela-El Valle	5.3	1994	5	2.2	1.0	1.2	0	0.9

n.d. : No disponible.

**Tabla S9-3.6.1 Longitud Estimada de Daños de Cables de Telecomunicaciones por Área**

Central	Longitud (Km.)	Escenario de Terremoto de 1967					Escenario de Terremoto de 1967				
		AvMMI	AvJMI	R (%)	C <sub>1</sub>	N <sub>d</sub>	AvMMI	AvJMI	R (%)	C <sub>1</sub>	N <sub>d</sub>
23 de Enero	38,1	7,42	5,0	0,0	1,0	0,00	8,26	5,5	0,3	1,0	0,11
Alta Florida	75,3	7,77	5,5	0,3	1,0	0,23	8,41	6,0	0,3	1,0	0,23
Alto Prado	5,5	6,77	4,5	0,0	1,0	0,00	7,35	5,0	0,0	1,0	0,00
Bello Monte	113,9	7,37	5,0	0,0	1,0	0,00	8,12	5,5	0,3	1,0	0,34
Boleita	184,3	7,37	5,0	0,0	1,0	0,00	7,92	5,5	0,3	1,1	0,61
Caobos	98,7	7,94	5,5	0,3	1,0	0,30	8,52	6,0	0,3	1,0	0,30
Caracas	75,2	8,33	5,0	0,0	1,0	0,00	8,70	6,0	0,3	1,0	0,23
Caricuao	238,0	6,92	5,5	0,3	1,0	0,71	7,71	5,5	0,3	1,0	0,71
Chacao	226,8	7,77	5,0	0,0	1,0	0,00	8,21	5,5	0,3	1,0	0,68
Chaguaramos	73,8	7,44	5,0	0,0	1,0	0,00	8,30	5,5	0,3	1,0	0,22
Chuao	5,0	7,59	5,0	0,0	1,0	0,00	8,35	5,5	0,3	1,0	0,02
Coche	69,0	7,02	4,5	0,0	1,0	0,00	7,81	5,5	0,3	1,1	0,23
El Cafetal	168,6	6,84	5,5	0,3	1,0	0,51	7,35	5,0	0,0	1,0	0,00
El Rosal	46,2	7,85	5,0	0,0	1,0	0,00	8,46	6,0	0,3	1,0	0,14
Fajardo	202,1	7,29	5,0	0,0	1,0	0,00	8,14	5,5	0,3	1,1	0,67
Fco. Salias	2878,0	6,91	5,0	0,0	1,0	0,00	7,50	5,0	0,0	1,0	0,00
Jardines	78,0	7,25	5,5	0,3	1,0	0,23	8,09	5,5	0,3	1,1	0,26
La Florida	130,3	7,91	5,5	0,0	1,0	0,00	8,65	6,0	0,3	1,0	0,39
La Salle	54,9	7,73	5,0	0,0	1,0	0,00	8,46	6,0	0,3	1,0	0,16
La Urbina	33,7	6,90	5,5	0,3	1,0	0,10	7,31	5,0	0,0	1,0	0,00
Las Mercedes	160,7	7,85	4,5	0,0	1,0	0,00	8,52	6,0	0,3	1,0	0,48
Los Guayabitos	13,0	6,70	5,0	0,0	1,0	0,00	7,28	5,0	0,0	1,0	0,00
Los Palos Grandes	156,7	7,60	5,0	0,0	1,0	0,00	8,04	5,5	0,3	1,0	0,47
Macaracuay	57,4	7,18	5,5	0,3	1,0	0,17	7,66	5,0	0,0	1,0	0,00
Maderero	134,6	7,76	5,0	0,0	1,0	0,00	8,52	6,0	0,3	1,3	0,52
Miranda	1,9	6,68	4,5	0,0	1,0	0,00	6,91	5,0	0,0	1,0	0,00
Palo Verde	63,0	6,91	5,0	0,0	1,0	0,00	7,39	5,0	0,0	1,0	0,00
Pastora	282,1	7,65	5,0	0,0	1,0	0,00	8,50	6,0	0,3	1,0	0,85
Petare	11,2	6,91	5,0	0,0	1,0	0,00	7,35	5,0	0,0	1,0	0,00
Prado de María	36,8	7,39	5,0	0,0	1,0	0,00	8,33	5,5	0,3	1,0	0,11
Rdo. Zuloaga	106,1	7,46	5,0	0,0	1,0	0,00	8,31	5,5	0,3	1,1	0,35
San Agustín	30,3	8,16	5,5	0,3	1,0	0,09	8,72	6,0	0,3	1,0	0,09
San Martín	69,2	7,62	5,0	0,0	1,1	0,00	8,34	5,5	0,3	1,3	0,27
Urb. Valle Arriba	98,8	6,59	5,0	0,0	1,0	0,00	7,54	5,0	0,0	1,0	0,00
Total (Km.)	3417,20					2,34					8,43
Total (%)	100%					0,07%					0,25%

**Tabla S9-3.7.1 Máx. PGA y Área de las Estaciones de Gasolina.**

<b>Aspecto</b>	<b>N° de Código Localización</b>	<b>No. of E.G.</b>	<b>PGA</b>	<b>Nombre del Área</b>
Área Máx. PGA.	No.37, No.26	2	714, 723	Antímano, Catedral La Candelaria
Área E.G. En Alto PGA (I)	No.17, No.19 No.21~No.24	6	356~559	Neverí (cerca del Dist. La Araña)
Área E.G. En Alto PGA (II)	No.10~No.13 No.15 No.28~No.30	8	359~590	Las Acacias, Valle Abajo Colinas Las Acacias Los Chaguaramos

Figura S9-3.2.1 Ubicación de Puentes

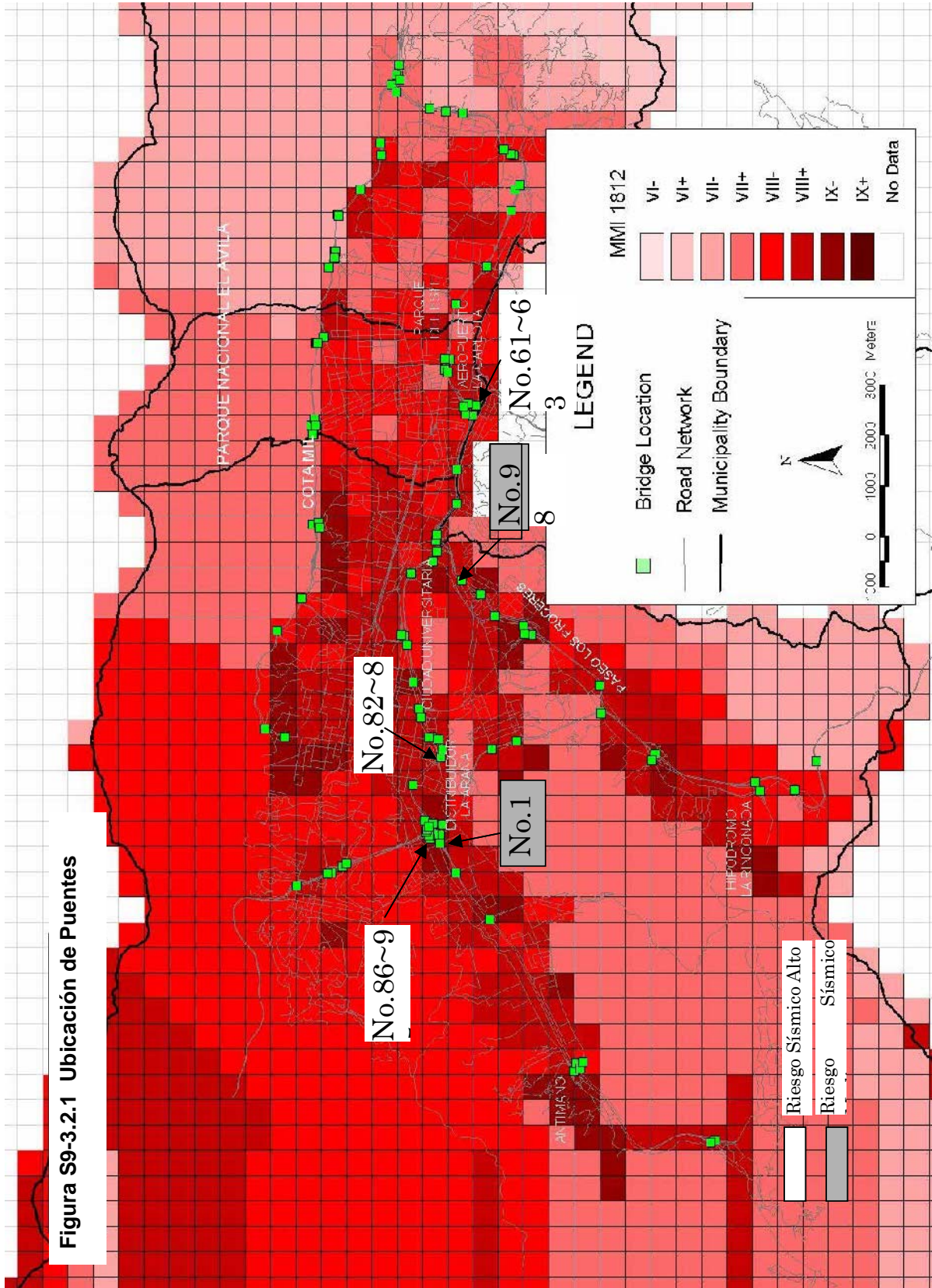
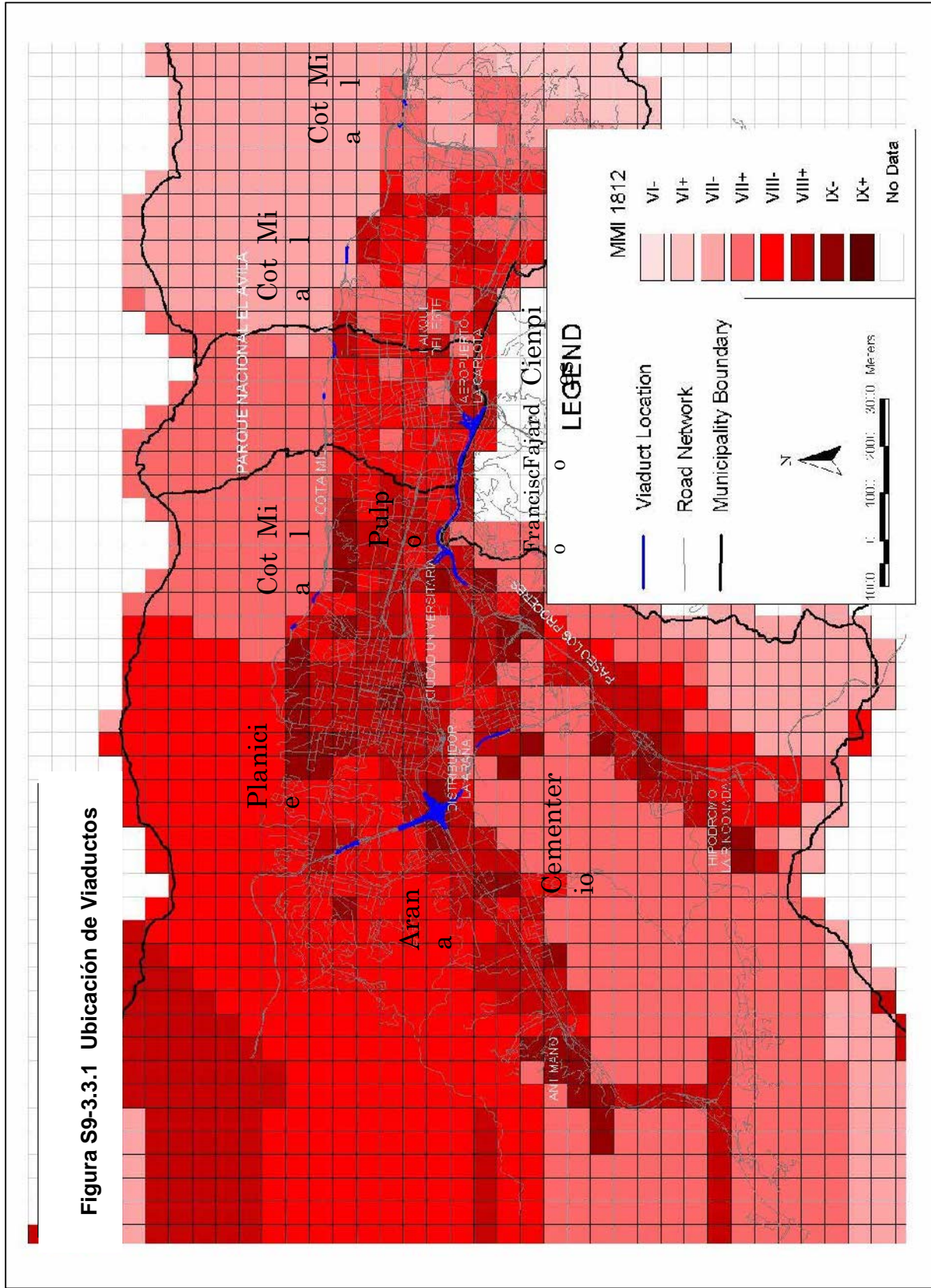


Figura S9-3.3.1 Ubicación de Viaductos



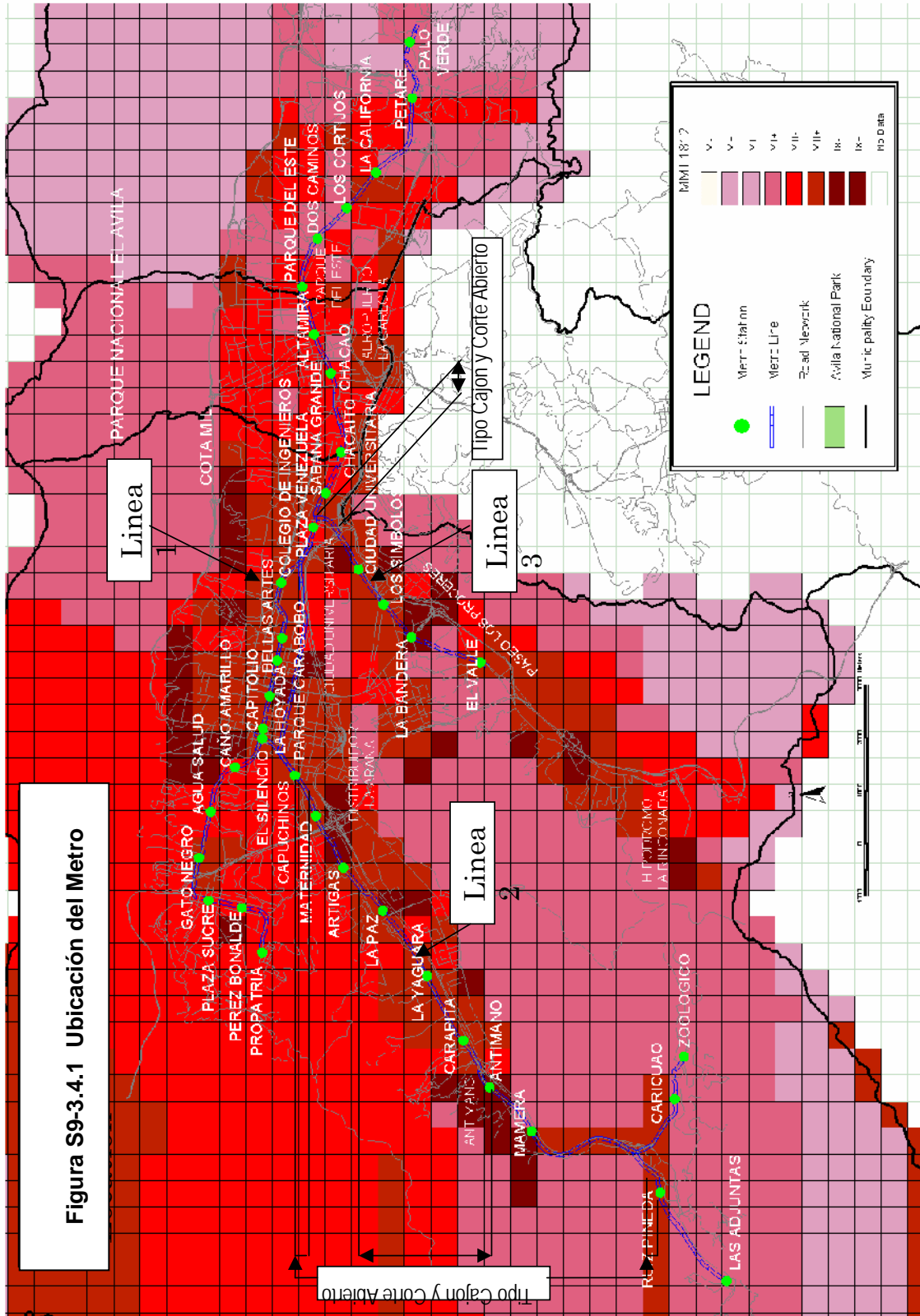
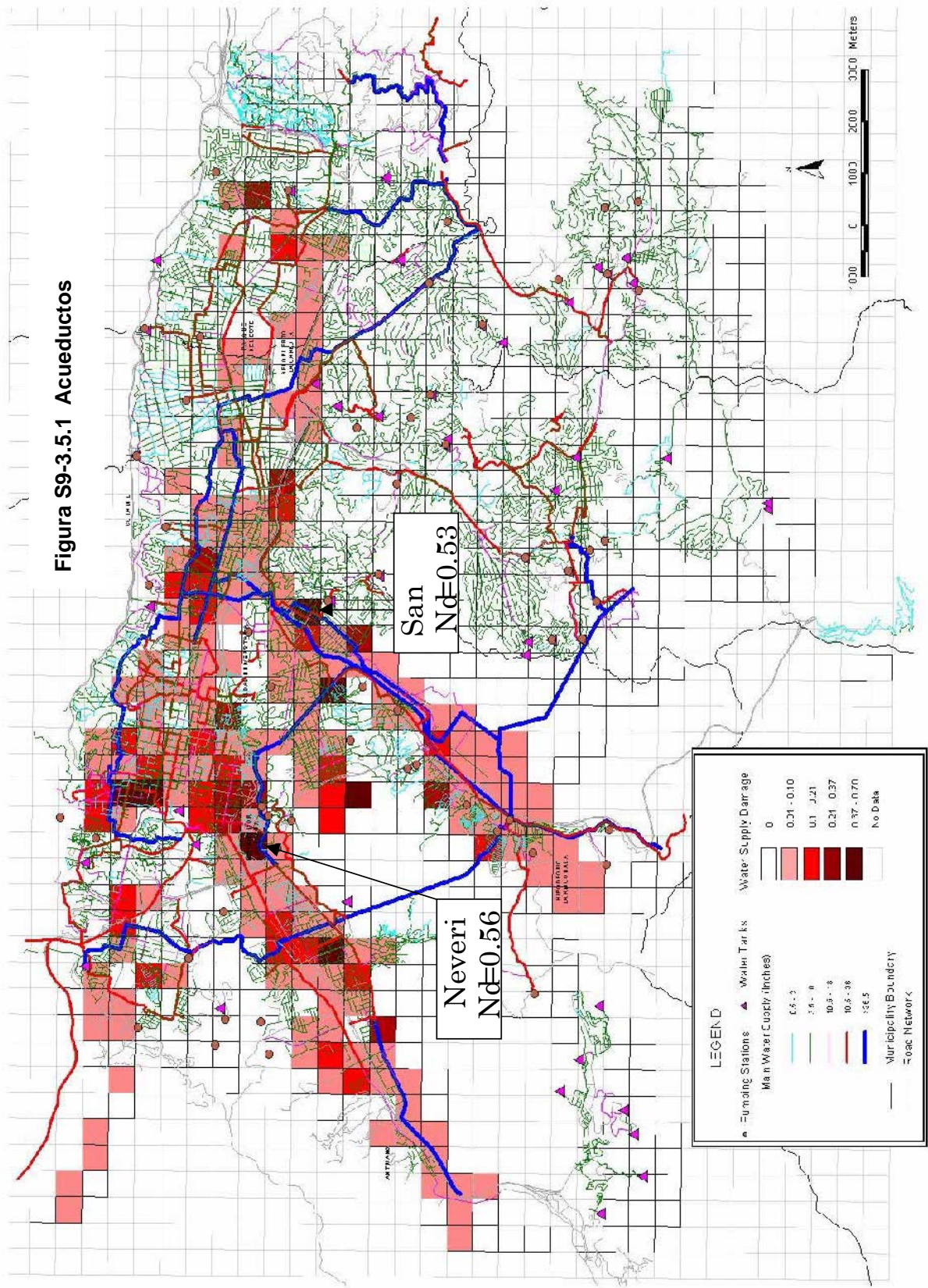
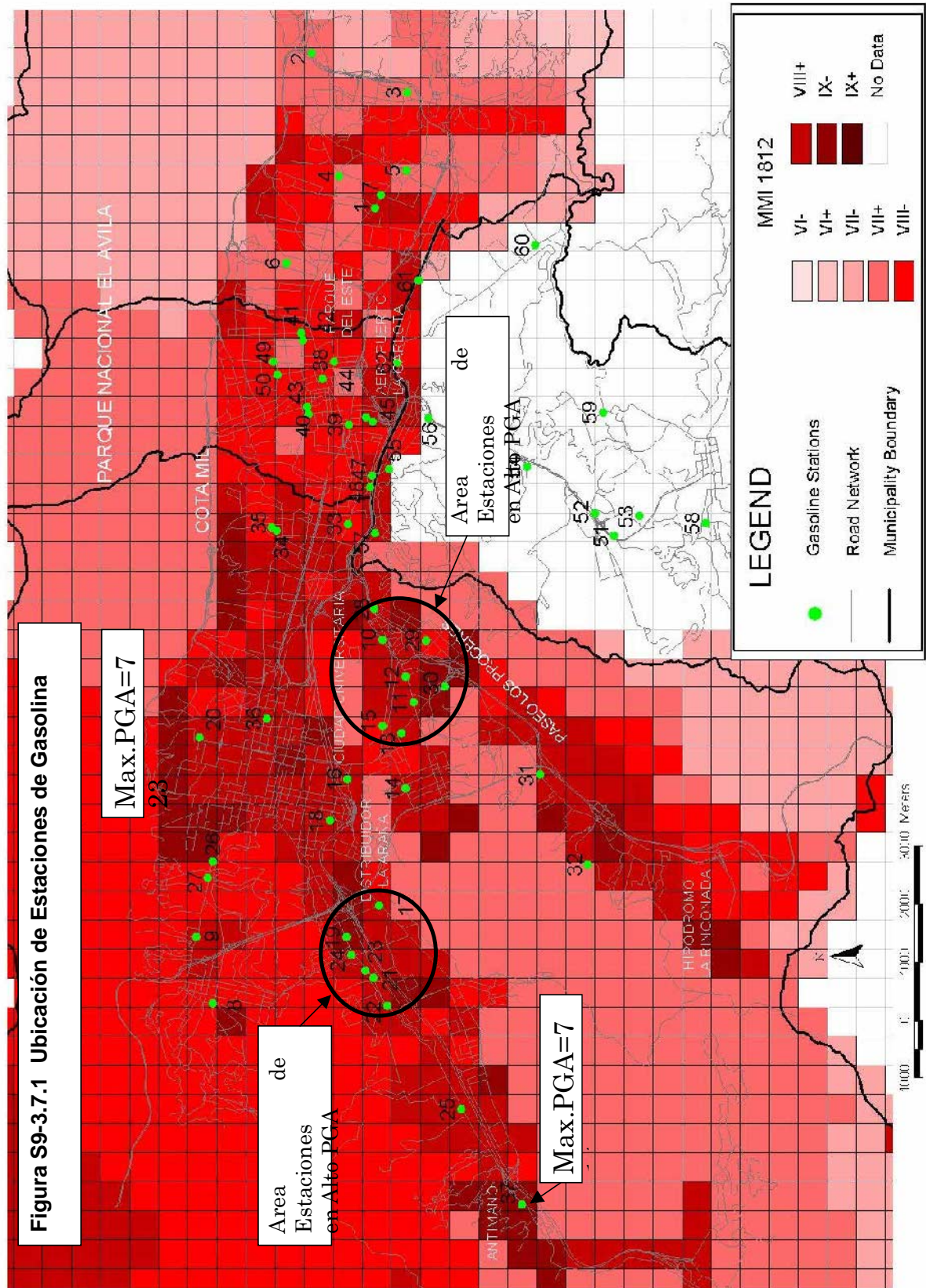
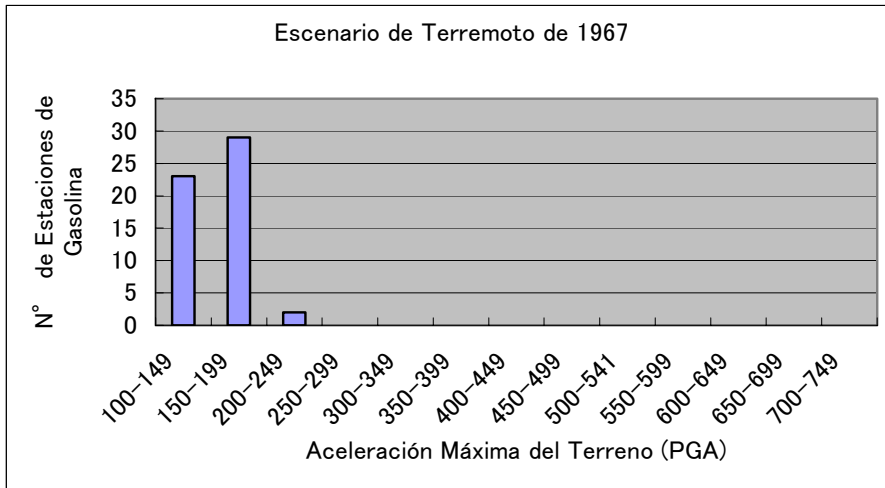


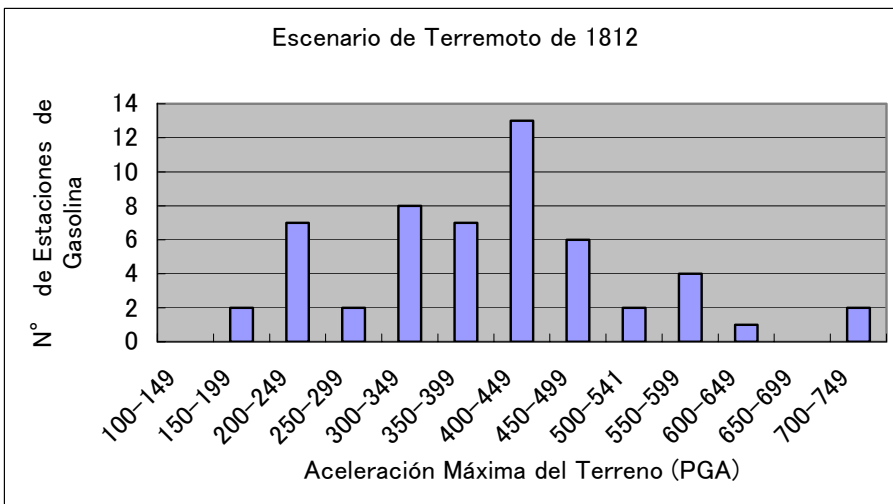
Figura S9-3.5.1 Acueductos







**Figura S9-3.7.2 PGA y No. de Estaciones de Gasolina**



**Figura S9-3.7.3 PGA y No. de Estaciones de Gasolina**



## **CAPÍTULO 4. MEDIDAS PARA EL REFUERZO DE PUENTES**

### **4.1 General**

Los datos recopilados para estimar los daños sísmicos son bastante limitados. Con esta información limitada, se estimó el daño sísmico a puentes, viaductos, Metro, acueductos, líneas de telecomunicaciones e instalaciones peligrosas (estaciones de gasolina).

Estas estimaciones de daño, revelan que los puentes serían los más afectados y dañados en el escenario de un terremoto como el de 1812 y se requiere tomar unas medidas adecuadas para el refuerzo de puentes.

No se esperan daños serios en el caso del escenario de un terremoto como el de 1967, pero en el caso del escenario de un terremoto como el de 1812, quince (15) puentes se consideran como de alto riesgo sísmico y dos (2) puentes se consideran como de riesgo sísmico medio. Riesgo Sísmico quiere decir la posibilidad de que se caiga el puente.

Estos puentes son importantes para las actividades de rescate, el transporte de insumos de emergencias, y la recuperación rápida de las líneas vitales. Por lo tanto se recomienda tomar las medidas necesarias para reforzar los puentes contra terremoto.

### **4.2 Puentes**

#### **4.2.1. Medidas para la Prevención de la Caída de Puentes.**

Si el desplazamiento de las vigas maestras inducido por el terremoto excede el largo del asiento del puente, la losa se caería y el puente no podría cumplir con su función, aun cuando la subestructura y las fundaciones no sufran daños.

La medida para prevenir la caída del puente es diferente dependiendo del tipo y del propósito del puente. Existen dos medidas principales, una es permitir el desplazamiento pero prevenir que se caiga la losa alargando el asiento y la otra es controlar el movimiento de las vigas manteniéndolo dentro del largo del asiento.

Ejemplos típicos de sistemas contra el desasentado se muestran en la Tabla S9-4.2.1.

Se recomienda la medida de alargar el largo del asiento como medida más efectiva para prevenir la caída del puente ya que ninguna fuerza debida al desplazamiento de las vigas actuaría en la subestructura, y podría de esta manera proteger la subestructura.

En la Figura S9-4.2.1 se muestra un ejemplo de soporte de concreto contra el desasentado.

Las medidas contra el desasentado se deben decidir después de una investigación detallada del diseño, donde se estudia el espacio disponible para la instalación del soporte y las condiciones de trabajo como el espacio y altura para trabajar y el control del tráfico.

#### **4. 2. 2. Fortalecimiento del Pilar**

Se recomienda el fortalecimiento del pilar en base a la experiencia del desastre de Hanshin/Awaji. La fuerza sísmica vertical en ese desastre excedió la fuerza de diseño y los pilares colapsaron al compartir las fuerzas adicionales especialmente los pilares de una sola columna sufrieron daños graves. Después de experimentar el terremoto los puentes ubicados en las vías troncales y autopistas fueron reforzados en sus pilares.

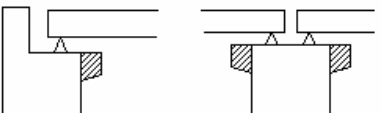
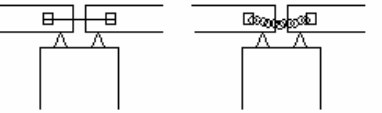
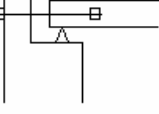
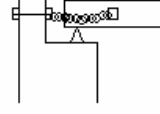
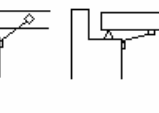
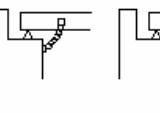
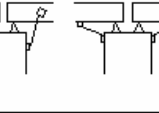
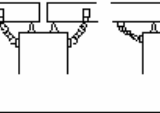
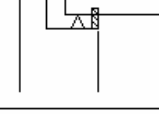
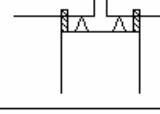
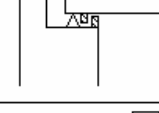
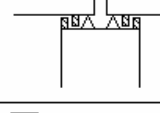
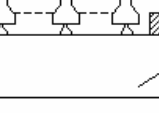
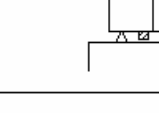
Los puentes ubicados en el área más vulnerable, los distribuidores la Araña y el Pulpo, fueron construidos antes de 1967 y la superestructura está soportada por pequeños pilares de marco rígido y por pilares sencillos.

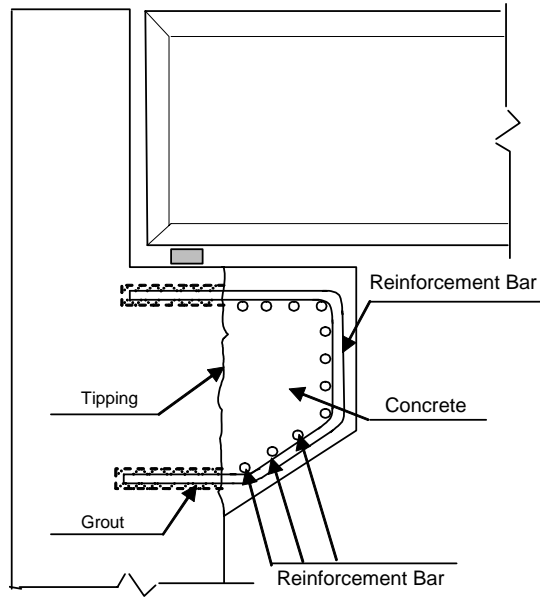
En cuanto a daños en las fundaciones de los puentes, no se reportó ninguno en el desastre de Hanshin/Awaji. Se considera que las fundaciones bajo el suelo no son fácilmente afectadas por terremotos y la resistencia de las fundaciones es bastante grande y no son dañadas tan fácilmente como las estructuras sobre el suelo. Desde este punto de vista se recomiendan las medidas de prevención contra la caída del puente y el reforzamiento de los pilares.

En la Figura S9-4.2.2 se muestra el ejemplo de un método de reforzamiento de pilar.

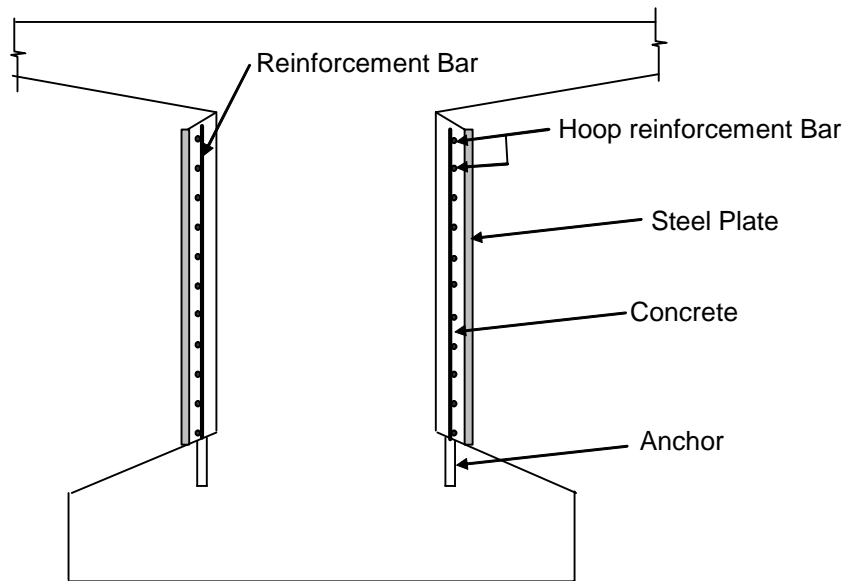
El tamaño, forma y tipo de cada puente es diferente por lo que se necesita un estudio detallado para la selección de las medidas apropiadas.

**Tabla S9- 4.2.1 Ejemplos Típicos de Sistemas contra el Desasentado**

Tabla S9-4.2.1 Muestras Típicas del Sistema de Derribamiento				Material	Configuración Esquemática	Observaciones	
Dirección Longitudinal del Puente	Ampliación del diámetro de Silla			RC o Placa de Acero		Tipo de Soporte	
	Dispositivo de Prevención de Derribamiento		Dispositivo de Conexión entre la Viga y la Viga Colindante				
	Dispositivo de Prevención de Derribamiento y Restricción de Desplazamiento	Tipo de Conexión	Estribo	Viga Conectora y baranda	Cable PC o Cadena de Acero		
			Pila	Viga Conectora y sub-estructura			
		Proyección sobre Sub-estructura					Anexo al lado de la viga o bajo la superficie
		Proyección bajo Viga y sobre Sub-estructura					Anexo al lado de la viga o bajo la superficie
	Dirección Lateral del Puente	Dispositivo de Prevención de Derribamiento y Restricción de Desplazamiento		Tipo de Proyección		RC o Soporte de Acero	
		Proyección sobre Sub-estructura					
		Proyección bajo Viga y sobre la Sub-estructura					
	Agregando espacio de descanso		Proyección sobre Sub-estructura				Agregando afuera o entre las Vigas
							



**Figura S9-4.2.1 Ejemplo de Soporte de Concreto contra el Desasentado**



**Figura S9-4.2.2 Ejemplo de Reforzamiento de Pilar.**

## **CAPÍTULO 5. RECOMENDACIONES**

### **5.1 General**

Con el propósito de estimar el daño sísmico a la infraestructura y a las líneas vitales, es indispensable conocer su información detallada. Se recomienda que la información sobre infraestructura y líneas vitales sea fundamentalmente manejada y actualizada por las organizaciones involucradas no sólo para su operación, sino también para la planificación de medidas de prevención de daños sísmicos.

Esas listas de inventario siempre se necesitan para las actividades de recuperación después de la ocurrencia de un desastre por terremoto.

### **5.2 Puentes y Viaductos (Autopistas Elevadas)**

Las evaluaciones de daño sísmico revelaron que los puentes y los viaductos sufrirían daños severos en el escenario de un terremoto como el de 1812 por lo que se necesita reforzar esos puentes y viaductos.

La primera prioridad es instalar dispositivos contra el desasentado en los puentes. Las razones son las siguientes:

- 1) Los puentes en los distribuidores la Araña y el Pulpo fueron construidos antes de 1967 y adoptaron el código sísmico viejo. El largo del asiento del Puente no es suficiente para el desplazamiento de la superestructura durante la ocurrencia de un terremoto.
- 2) Los puentes y viaductos en el distribuidor la Araña tienen más de 10m de alto y el desplazamiento de la superestructura causado por un terremoto se considera bastante grande.
- 3) El distribuidor fue construido sobre depósitos sedimentarios y esa área es susceptible a la licuación por lo que se esperan grandes desplazamientos.

El distribuidor el Pulpo fue construido antes de 1967. El tamaño de los pilares del distribuidor el Pulpo es comparativamente pequeño y se necesita verificar su resistencia sísmica para ver si es necesario un refuerzo adicional de los pilares para cumplir con el código sísmico actual..

Existe un puente grande tipo arco, Viaducto No 1, cerca del lado norte del túnel de la Planicie al cual se le están realizando trabajos de protección de pendientes en el estribo del lado de Caracas. Después que se completen estas medidas, se recomienda realizar una inspección periódica al puente para verificar las condiciones de los anclajes y el concreto /mortero y una inspección especial después de la ocurrencia de un sismo.

### **5.3 Metro**

Las estructuras subterráneas son comparativamente más seguras que las estructuras en la superficie debido a que las fuerzas sísmicas son menores bajo el suelo. No se reportaron daños a la sección de túnel escudo en el desastre de Hanshin/Awaji en Japón.

Pero se reportaron algunos daños al túnel de cajón tipo cortar y cubrir debido a las fuerzas verticales adicionales rompiéndose la columna media y las paredes laterales.

Se recomienda revisar el diseño de la columna media del túnel de cajón tipo cortar y cubrir, y si es necesario reforzarla con barras de refuerzo de acero y concreto como en el método de refuerzo del pilar de los puentes.

Se deben decidir las medidas apropiadas después de un estudio detallado del método de diseño, espesor de la cubierta de tierra y la fuerza sísmica aplicada.

### **5.4 Túneles Viales**

Existen seis (6) túneles en el área de estudio y un túnel está ubicado en el límite del municipio al sur. La ubicación y el largo de los seis túneles se muestran en la Tabla S9-5.4.1.

De acuerdo con la experiencia del desastre de Hanshin/Awaji no ocurrieron daños serios dentro del túnel. Dentro del túnel es más estable en comparación con el área abierta, debido a que la fuerza sísmica es menor en el subsuelo.

La mayoría de los cortes de pendiente en la entrada de (5) túneles están protegidas por medidas como anclajes y rociado de concreto/mortero. Por lo tanto no se espera que sufran daños severos durante un terremoto.

Es de notar que algunas casas están ubicadas en la parte superior de la pendiente del lado sur del túnel la Planicie II y por la seguridad de esas casas es necesario reubicarlas a un lugar seguro. Esto hay que hacerlo no solo por la seguridad de las mismas, sino también por la seguridad del la autopista y el túnel.

En los túneles la Planicie I y el Valle se observaron filtraciones en el túnel y necesitan un tratamiento adecuado del agua, para prevenir el deterioro de la cubierta de concreto y consecuentemente se mantenga la condición del concreto.

En el túnel de Boquerón se observaron daños en el techo. Se recomienda instalar una barra de protección adecuada enfrente del túnel para proteger las instalaciones del túnel y la estructura Es

importante verificar la altura de los vehículos de emergencia que pudieran necesitar pasar por el túnel para realizar actividades de emergencia y transporte durante un terremoto..

En el túnel del Valle se observó poca iluminación en el túnel. Se necesita de una iluminación adecuada en el túnel para prevenir accidentes debido a baja visibilidad y prevenir el fenómeno llamado agujero negro al entrar en el túnel.

Los túneles viales fueron construidos en el área de montaña y están rodeados de roca por lo que son seguros como la sección de escudo del Metro.

Se recomienda que se realicen inspecciones periódicas para detectar cambios como nuevas grietas en el concreto de la protección de pendientes para tomar medidas tempranas, especialmente después de ocurrir un terremoto se necesita una inspección de las pendientes.

## **5.5 Medidas para las Líneas Vitales**

Las líneas vitales son indispensables para las funciones de la ciudad de Caracas. No solo se necesita de la operación y mantenimiento, sino también acciones en caso de emergencia. La rápida recuperación de las líneas vitales es una responsabilidad de cada compañía.

Los datos de las líneas vitales son imprescindibles para estimar los daños sísmicos y planificar el refuerzo contra terremotos y su mantenimiento.

Para formular un plan y tomar medidas efectivas contra desastres por terremotos, se recomiendan los siguientes aspectos.

- 1) Manejo y actualización de la lista de inventario de líneas vitales como el suministro de agua, electricidad y gas, las líneas de telecomunicación, etc. Esta información es necesaria para el mantenimiento diario y periódico y para la pronta recuperación después de una emergencia.
- 2) Manual de acciones de emergencia en caso de terremoto. Para las actividades de rescate varias líneas vitales son indispensables como el agua, la electricidad y los sistemas de comunicación. Se debe establecer un manual considerando la cooperación en caso de terremoto.
- 3) Mejora de las líneas vitales mediante la incorporación de materiales y sistemas de juntas sísmo resistentes durante los trabajos de mantenimiento. No es realista cambiar todos los materiales de una sola vez, pero se pueden hacer esfuerzos de mejorar las líneas vitales gradualmente.
- 4) Sistema de redes entre las compañías encargadas de las líneas vitales para el intercambio de políticas de prevención de desastres y recuperación después de los desastres. Cada línea vital

deberá estar conectada con las otras. Para lograr una rápida recuperación es necesario el intercambio de información.

## 5.6 Materiales Peligrosos

Pudiesen existir instalaciones peligrosas en donde se almacenen materiales peligrosos tales como líquidos y gases flameables, gases tóxicos o nitrógeno líquido. Sin embargo, los datos recolectados para las instalaciones peligrosas solamente incluyen las estaciones de gasolina.

Se recomienda hacer una lista de las instalaciones peligrosas para preparar un manual de emergencia en caso de que ocurriese un terremoto o se requiera saber si el refuerzo de la estructura será suficientemente resistente contra terremotos.

## 5.7 Caminos Alternos

El lado occidente de la carretera Cota Mil no se encuentra conectada a la carretera Caracas-La Guaira. Si el distribuidor la Araña sufriese algún daño, no existe ningún camino alternativo para conectar el área del sur. El conectar Cota Mil con Caracas-La Guaira proporcionará una ruta alternativa (aproximadamente 5,2 km) para las actividades y el transporte de emergencia.

**Tabla S9-5.4.1 Lista de Túneles Viales en Caracas**

Nombre del Túnel	Ubicación	Largo del Túnel (m)	Año Completado
Boquerón I	Autopista Caracas – La Guaira	1800	1953
La Planicie I	Autopista Caracas – La Guaira	600	1965
La Planicie II	Autopista Caracas – La Guaira	625	1986
El Paraíso	Autopista La Arana - Coche	(750)*	n.d.
El Valle	Autopista La Arana - Coche	(1050)*	n.d.
Turumo	Autopista Petare - Guarenas	600	1978

\* El largo del túnel se mide en un mapa comercial  
n.d. : no disponible



## CAPÍTULO 6. ESTIMACIÓN DE COSTOS

### 6.1 General

Considerando la prioridad de las medidas de prevención de desastres por terremoto, se estimaron los costos de las medidas de refuerzo de puentes.

El Metro es una estructura comparativamente segura porque está construida subterráneamente, y para el refuerzo de la columna media de túneles del tipo cortar y cubrir debe ser revisado el diseño en consideración de las fuerzas verticales causadas por el terremoto y tomar las medidas necesarias.

El costo de otros proyectos debe ser estimado después que estén disponibles los datos detallados. En cuanto a las líneas vitales, cada compañía debe tomar sus propias medidas de prevención de desastres.

### 6.2 Estimado de Costos

Los costos estimados de las medidas de refuerzo de puentes se muestran en la Tabla S9-6.2.1.

El estimado de costos indica el costo aproximado, y es estimado basado en medidas estándar. Estos costos son una referencia para la evaluación del plan maestro y para tomar decisiones sobre las políticas. Estos estimados no se basan en el diseño de las medidas y el costo detallado debe ser calculado luego de estudios más detallados.

**Tabla S9-6.2.1 Nombre del Proyecto y Estimado de Costos**

Nombre del Proyecto	Objetivo	Acción	Costo (Millones Dólares)
Estudio de Puentes y Plan de Refuerzo	Investigar el diseño de puentes y sus condiciones en sitio y formular un plan de refuerzo	Investigación del método de diseño y el código de diseño, planos y condiciones reales de los puentes	0.04
Refuerzo de Puentes (I)	Prevención de la caída del puente	Alargamiento del asiento de los puentes o restricción del desplazamiento de la superestructura	5.6
Refuerzo de Puentes (II)	Fortalecimiento de los pilares	Encamisado de los pilares con acero, barras de refuerzo y concreto	5.4

## CAPÍTULO 7. CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN

### 7.1 General

El año objetivo de planificación es el año 2020. Considerando el tamaño del proyecto, el cronograma está planificado para dos etapas, al corto y al largo plazo.

En el corto plazo se incluyen las medidas contra la caída de puentes y en las de largo plazo se incluye el refuerzo de los pilares de los puentes y el refuerzo de la columna media de los túneles del Metro.

### 7.2 Cronograma

La lista de los planes relevantes a la prevención de desastres por terremoto con respecto a la infraestructura y líneas vitales y su cronograma de implementación se muestra en la Tabla S9-7.2.1

<b>Tabla 7.2.1 Cronograma de Implementación</b>																				
Plan de Implementación	A Corto Plazo				A Mediano Plazo				A Largo Plazo											
	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
Investigación y Plan de Refuerzo del Puente																				
Refuerzo de Puente (I) - Prevención de Derrumbe del Puente																				
Refuerzo de Puente (II) - Fortalecimiento de la Pila																				
Refuerzo del Metro - Fortalecimiento de la Columna Media																				
Lineas de Salvamento (I) - Inventario																				
Lineas de Salvamento (II) - Manual de Emergencia																				
Lineas de Salvamento (III) - Mejora de Material y Sistema de Abrazadera																				
Lineas de Salvamento (IV) - Sistema de Red de Prevención de Desastres																				
Instalaciones o Locales Peligrosos (I) - Lista de Instalaciones o Locales Peligrosos																				
Instalaciones o Locales Peligrosos (II) - Manual de Emergencia																				
Instalaciones o Locales Peligrosos (III) - Fortalecimiento de la Estructura																				

## **CAPÍTULO 8. EVALUACIÓN DEL PROYECTO**

### **8.1 General**

La infraestructura y las líneas vitales son indispensables para la vida ciudadana en Caracas donde viven 2.7 millones de personas. Si estas infraestructuras y líneas vitales son dañadas por un terremoto, la función de la ciudad sería seriamente afectada.

La red vial es una de las partes más importantes de la infraestructura no solo para las actividades sociales y económicas sino también para las actividades de emergencia en el área golpeada por el desastre.

Entre la infraestructura y las líneas vitales, los proyectos prioritarios deben ser seleccionados desde el punto de vista del proyecto más efectivo para la prevención de desastres y del proyecto más efectivo para contribuir con las actividades de emergencia después de la ocurrencia de un terremoto, además de la evaluación costo beneficio.

### **8.2 Proyecto Prioritario**

Cuando ocurre un terremoto severo, las actividades de rescate y el transporte son críticos para salvar vidas.

El colapso de un puente causaría la falla más seria en el funcionamiento de la red vial y tomaría cierto tiempo para recuperarlo. Interrumpiría el flujo de vehículos para las actividades de emergencia. Para asegurar las vías troncales para el transporte de emergencia, la primera prioridad es reducir al mínimo el colapso de los puentes.

Existen dos medidas para el refuerzo de puentes, una es instalar un dispositivo contra el desasentamiento y la otra es reforzar los pilares encamisándolos con acero, barras de refuerzo y concreto.

El distribuidor la Araña está ubicado en el centro de la autopista este-oeste y de la autopista norte-sur. Este distribuidor consiste de muchos puentes y viaductos y la mayoría de ellos fueron construidos antes de 1967 y el largo del asiento del puente no es suficiente para resistir el desplazamiento de la superestructura que sería inducido por un terremoto. Se necesitan las medidas mínimas de prevención contra el desasentado en los puentes

De acuerdo con el estimado de daños sísmicos, quince (15) puentes presentan alto riesgo sísmico y dos (2) presentan riesgo medio. Especialmente los puentes ubicados en el distribuidor la Araña tienen alto riesgo y necesitan ser reforzados como primera prioridad.

### 8.3 Evaluación Costo Beneficio

Se realizará la evaluación de costo beneficio para comparar el costo del proyecto de medidas de prevención contra el desasentamiento y los costos sin el proyecto.

La comparación de costos se realiza basándose en las siguientes suposiciones:

- 1) Los costos de construcción de un puente nuevo son de aproximadamente 7 millones de Bs. (1USD=1920Bs.) por metro cuadrado de superestructura, ya que el costo está sujeto al tipo de puente, tamaño, altura y tipo de fundación, etc. Con el propósito de simplificar la comparación de los costos, se supone que los tramos estándar de los puentes son de 25m de largo y 12m de ancho, de acuerdo con esta suposición, los costos de construcción serían de 2.1 millardos de Bs. incluyendo el costo de la subestructura y la superestructura.
- 2) Los dispositivos para prevenir el desasentado del puente requeridos son 10 piezas para el puente supuesto anteriormente y el costo de los dispositivos por pieza es estimado en 2.8 millones de Bs., por lo que el costo total sería 28 millones de Bs.
- 3) Si los daños son solo en la superestructura, se supone que el costo de reconstrucción se reduciría a la mitad de uno nuevo, por lo que el costo de reconstrucción sería de 1 millardo de Bs.

Se entiende claramente que la instalación de dispositivos contra el desasentado de puentes produciría grandes beneficios, costo:28 millones de Bs. y beneficio 1 millardo de Bs. Este estimado se basa en la suposición de que los dispositivos funcionaran para prevenir la caída del puente y que otras subestructuras no se dañarían en el terremoto.

La caída del puente causaría serios congestionamientos de tráfico que inducirían grandes pérdidas económicas para los vehículos que transitan la autopista. El número estimado de vehículos que pasan por el distribuidor la Araña es de más de 40.000 por día. Si se toma seis (6) meses para reconstruir el puente, dependiendo de la extensión de los daños y tamaño del puente, más de 40,000 personas serían afectadas por la reconstrucción y el tiempo de viaje, el total de personas afectadas será de siete (7) millones en seis meses. Además las condiciones pobres de transporte causadas por el congestionamiento afectaría 2.7 millones de personas en el área metropolitana de Caracas.

Las medidas de prevención contra la caída de puentes son un proyecto adecuado con costos mínimos y beneficios máximos. El costo total estimado de la instalación de dispositivos contra el desasentado de los puentes para los diecisiete (17) puentes es de 10.7 millardos Bs.

## APÉNDICE

## DETALLE DE LA ESTIMACIÓN DEL COSTO

### Introducción

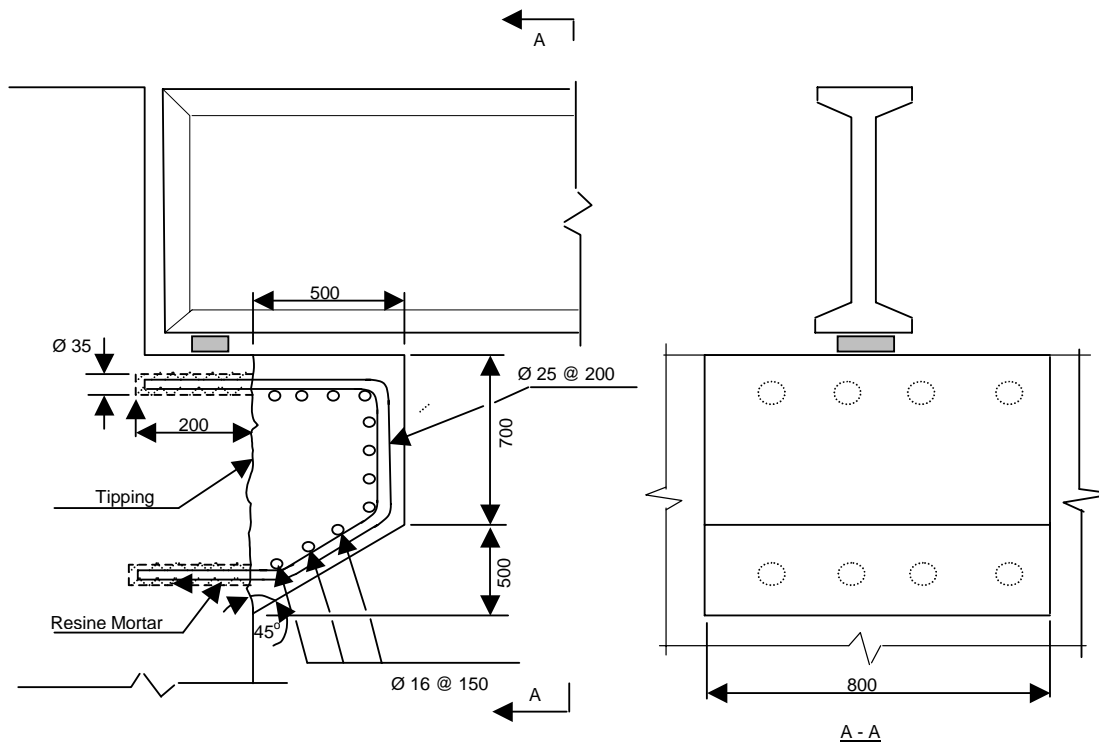
El propósito de la estimación del costo que se muestra en el Capítulo 6 es para evaluar la eficiencia de la medida de prevención para que los puentes se colapsen. La estimación del costo que se muestra en este apéndice es por consiguiente una estimación *a grosso modo* para evaluar el Costo-Beneficio.

### Costo Unitario del Puente

Para evaluar el costo de construcción de un puente, se ha adoptado la cantidad de aproximadamente 400,000 yenes japoneses por metro cuadrado para la construcción de un puente con una superestructura de acuerdo a la experiencia del Japón. Si  $1 \text{ US\$} = 110 \text{ JPY}$  y  $1 \text{ US\$} = 1.900 \text{ Bs}$ , el costo del puente por metro es  $\cdot 400.000 / 110 \times 1.900 = 6,9 \text{ Millones}$ , o sea 7 Millones de Bs. Entonces el costo de un puente con un palmo de 25 metros y 12 m de ancho es  $25 \times 12 \times 7 \text{ Millones de Bs.} = 2,1 \text{ millardos de Bs.}$

### Detalle de la Estimación del Costo

La estimación del costo de 2,8 Millones de Bs. para prevenir que un puente colapse, se muestra en el Anexo-1 y el costo total de 10.7 millardos de Bs. se muestra en el Anexo-2.



## Anexo-1 Estimación del Costo Unitario para la Prevención del Colapso de un Puente

Item	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs)	Costo (Bs)
Tipping	m <sup>2</sup>	0,96	3.000,00	2.880,00
Perforación de Anclaje	pieza	8,00	1.800,00	14.400,00
Lechada	ml	1507,20	263,00	396.393,60
Barra de Refuerzo	kg	72,03	2.071,56	149.223,25
Trabajos de Forma	m <sup>2</sup>	2,08	44.415,56	92.192,49
Concreto	m <sup>3</sup>	0,38	588.206,69	223.518,54
Incremento del Trabajo en Alturas Elevadas (50% del Costo)	L.S.	1,00		439.303,94
Montaje Temporal (30% del Costo)	L.S.	1,00		263.582,36
Control del Tráfico (10% del Costo)	L.S.	1,00		87.860,79
Costo Indirecto (25% del Costo Total)	L.S.	1,00		417.338,74
Impuesto (17% del Costo Total)	L.S.	1,00		354.737,93
Costo Administrativo del Proyecto (15% del Costo)	L.S.	1,00		366.214,75
			Total	2.807.646,38

## Anexo-2 Costo Total de los Braquets y del Fortalecimiento de los Estribos

Cantidad de Braquets			
Num. de Puente	Braquet de Concreto	Braquet de Acero	Cadena de Acero o Cable PC
61		80	
62		320	
63		230	
82			48
83			80
86	224		
87	32		
88	320		
89		320	
90	320		
91	80		
92	400		
93	320		
94	320		
95	320		
15	98		
98	12		24
Total	2446	950	152

Costo Total:

\*Braquets Costo Total Bs. 10.679.200.000

Nota: El costo de los braquets de acero, cadena de acero o cable PC incrementará por 20% y 50% para el braquet de concreto, respectivamente.

\*Fortalecimiento del Estribo Costo Total Bs. 10.400.000.000

Nota: El número total de estribos para el fortalecimiento es 400

Se asume una longitud total de 28km, longitud del palmo de 25m, ubicación del estribo  
 $28000/25 = 1120$

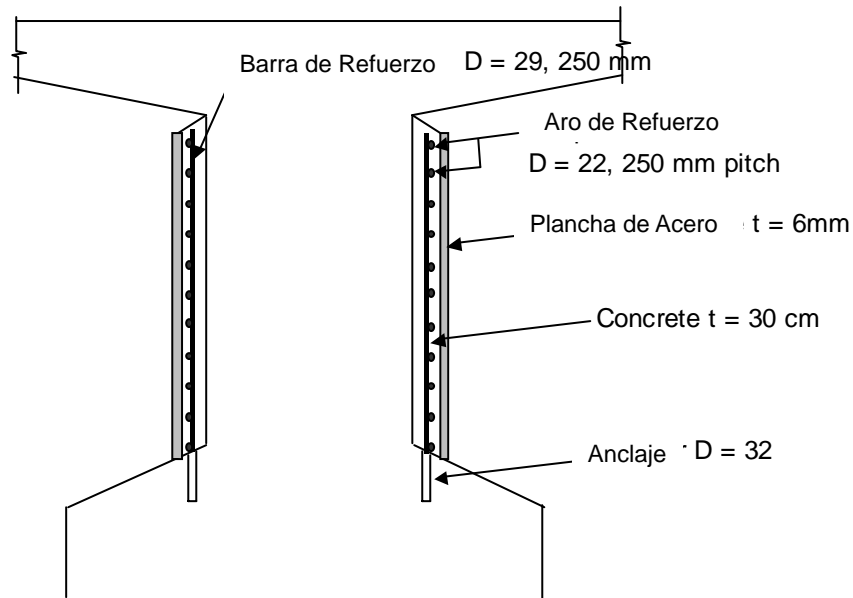
: Se require un estribo para el fortalecimiento de 30%,  $1120/3 = 373$

Costo unitario para el fortalecimiento del estribo se estima como se muestra en Anexo -3.

### Anexo-3 Estimación del Costo Unitario para el Fortalecimiento de los Estribos

Ejemplo en caso de  $D = 1.0\text{m}$ ,  $H = 7.5\text{m}$

Item	Unidad	Cantidad	Precio Unit. (Bs)	Costo (Bs)
Anclaje	kg	170,37	2.071,56	352.939,73
Acero Reforzado	kg	1.106,08	2.071,56	2.291.307,31
Perforación	pieza	18,00	1.800,00	32.400,00
Lechado	ml	6.273,72	263,00	1.649.988,36
Concreto	m <sup>3</sup>	9,18	588.206,69	5.402.384,34
Plancha de Acero	kg	1.774,73	2.233,56	3.963.961,47
Montaje (10% del Costo)	L.S.	1,00		1.369.298,12
Costo Indirecto (25% del Costo Total)	L.S.	1,00		3.765.569,83
Impuesto (17% del Costo Total)	L.S.	1,00		3.200.734,36
Costo Adm. del Proyecto (15% del Costo)	L.S.	1,00		3.304.287,53
			Total	25.332.871,06



Refuerzo de Columna de un Pilote

**S10**

**TOPOGRAFIA Y GEOLOGIA**

*“Los desastres ocurren - nosotros estamos preparados”*

*Michael Schmitz*



ESTUDIO SOBRE  
EL PLAN BASICO DE PREVENCION DE DESASTRES  
EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE CARACAS

INFORME FINAL

INFORME DE SOPORTE

S10

TOPOGRAFIA Y GEOLOGIA

**CONTENIDO**

CAPITULO 1. PERFIL DE LAS MONTAÑAS DE EL AVILA

1. 1	Geomorfología-----	S10-1
1. 2	Geología-----	S10-3
1. 3	Flora -----	S10-5

CAPITULO 2. ESTUDIO GEOMORFOLOGICO Y GEOLOGICO

2. 1	Resumen del Estudio -----	S10-10
2. 1. 1.	Propósito del Estudio -----	S10-10
2. 1. 2.	Método del Estudio-----	S10-10
2. 2	Resultado del Estudio-----	S10-12
2. 2. 1.	Topografía -----	S10-12
2. 2. 2.	Geología (Litología)-----	S10-14
2. 2. 3.	Derrumbes -----	S10-15
2. 2. 4.	Meteorización de las Montañas de El Ávila -----	S10-16
2. 2. 5.	Escombros -----	S10-17
2. 2. 6.	Vegetación-----	S10-18

CAPITULO 3. ESTUDIO SOBRE EL DESASTRE DE VARGAS DE 1999 Y EL  
DESASTRE DE MARACAY EN 1987

3. 1	El Desastre de Vargas -----	S10-38
3. 2	El Desastre de Maracay -----	S10-39

CAPITULO 4.	FACTOR PRINCIPAL DE FLUJO DE ESCOMBROS EN LAS MONTAÑAS DE EL AVILA -----	S10-44
-------------	---	--------

**S10**

**LISTA DE TABLAS**

Tabla S10-2.2.1    Resumen del Análisis de Tamaño de Grano ----- S10-19

## S10

### LISTA DE FIGURAS

Figura S10-1.1.1	Ubicación de la Cordillera de La Costa -----	S10-7
Figura S10-1.1.2	Topografía del Valle de Caracas -----	S10-7
Figura S10-1.1.3	Geomorfología de los Abanicos Aluviales del Valle de Caracas-----	S10-8
Figura S10-1.2.1	Mapa Geológico de las Montañas de El Ávila-----	S10-9
Figura S10-1.2.2	Fallas en las Montañas de El Ávila -----	S10-9
Figura S10-1.3.1	Transición de la Vegetación en la Pendiente Sur de las Montañas de El Ávila-----	S10-9
Figura S10-2.2.1	Orden de Quebradas -----	S10-20
Figura S10-2.2.2	Sistema de Drenaje (Imamura et al.)-----	S10-21
Figura S10-2.2.3	Patrón Angular de drenaje Típico en las Montañas de El Ávila (Foto Aérea) -----	S10-21
Figura S10-2.2.4	Gradiente de las Quebradas -----	S10-22
Figura S10-2.2.5	Lineamientos-----	S10-22
Figura S10-2.2.6	Mapa Geológico de la Montaña El Ávila (Preparado por el Equipo de Estudio) -----	S10-23
Figura S10-2.2.7	Interpretación de la Pendiente -----	S10-24
Figura S10-2.2.8	Falla Potencial de Pendiente -----	S10-25
Figura S10-2.2.9	Suelo Remanente del Colapso -----	S10-26
Figura S10-2.2.10	Representación Diagramática de un Perfil Meteorizado Simplificado en una Roca de Gran Tamaño (Estándar Británico: BS5930)-----	S10-26
Figura S10-2.2.11	Esquemas para el Estudio de la Meteorización-----	S10-27
Figura S10-2.2.12	Grado de Meteorización de Rocas en las Montañas de El Ávila -----	S10-28
Figura S10-2.2.13	Espesor de la Zona Meteorizada a lo largo de cada Cuenca -----	S10-29
Figura S10-2.2.14	Espesor de la Zona Meteorizada - Elevación -----	S10-29
Figura S10-2.2.15	Espesor de la Zona Meteorizada (Grado VI – IV) en las Montañas de El Ávila-----	S10-30
Figura S10-2.2.16	Análisis de Tamaño de Grano -----	S10-31
Figura S10-2.2.17	Sedimento Inestable en el Lecho de la Quebrada -----	S10-32

Figura S10-2.2.18	Secciones Transversales de las Quebradas Dibujadas por el Estudio de Campo -----	S10-33
Figura S10-2.2.19	Fotos del Lecho de la Quebrada -----	S10-34
Figura S10-2.2.20	Imagen Satelital con Banda Infrarroja -----	S10-35
Figura S10-2.2.21	Imagen de la Vegetación -----	S10-35
Figura S10-2.2.22	Temperatura Media Anual y Precipitación Anual en los Alrededores de las Montañas de El Ávila -----	S10-36
Figura S10-2.2.23	Transición de la Vegetación en las Pendientes Norte y Sur de las Montañas de El Ávila -----	S10-37
Figura S10-3.1.1	Mapa de Localización de los Desastres de Vargas y Maracay -----	S10-39
Figura S10-3.1.2	Colapsos en la Cuenca San Julián Utilizando una foto aérea tomada el 14 de diciembre, 2000 -----	S10-40
Figura S10-3.1.3	Imagen Satelital y Foto Aérea de la Cuenca de San Julián Hay Cuatro (4) Tipos de Derrumbes en la Cuenca San Julián -----	S10-41
Figura S10-3.2.1	Colapsos en la Cuenca del Río Limón Usando foto aérea tomada en septiembre 9, 1987 -----	S10-42
Figura S10-3.2.2	Mapa Geológico -----	S10-43
Figura S10-3.2.3	Mapa de Distribución de la Vegetación -----	S10-43

## S-10 TOPOGRAFÍA Y GEOLOGÍA

### CAPÍTULO 1 PERFIL DE LAS MONTAÑAS DE EL ÁVILA

#### 1.1 Geomorfología

El área de Caracas se puede subdividir en tres (3) unidades topográficas, las cuales integran parte de la Cordillera de la Costa (Figura S10-1.1.1). Estas unidades topográficas, de Norte a Sur, son:

- *Unidad Topográfica 1*, representada por el Macizo Ávila, con una altitud de 2.765 metros como altura máxima (en el Pico Naiguatá) .
- *Unidad Topográfica 2*, integrada por el Valle de Caracas, con alturas que no sobrepasan los 900m.
- *Unidad Topográfica 3*, integrada por colinas al Este, Oeste y Sur de Caracas, con alturas entre 1.200 y 1.500 metros.

#### Unidad Topográfica 1. Macizo Ávila

El Macizo Ávila (Montañas de El Ávila) forma solamente una pequeña parte de la Cordillera de la Costa, la cual se extiende desde Cabo Codera (al Este) a la depresión de Barquisimeto (vestal Oeste) con orientación E-O, que corre paralelamente a la costa central de Venezuela. Cubre un área aproximada de 30 Km<sup>2</sup>, que se extiende desde el Pico Humboldt al Pico Naiguatá con una longitud de cerca de 5 Km., formando las altitudes más altas de la Cordillera de La Costa.

Este trabajo se enfoca solamente sobre el área más cercana a la ciudad de Caracas; los límites de esta área son: el Río Catuche (al Oeste), el Río Caurimare (al Este), la Avenida Cota Mil o Boyacá (al Sur) y el tope de la montaña El Ávila (al Norte).

Las altitudes más altas del área se encuentran al Este de las montañas, y éstas son: el Pico Naiquatá (el punto más alto, con 2.765 m.), el Pico Oriental (2.637 m.), el Pico Occidental (2.478 m.) y el Pico Humboldt (2.153 m.), también llamado Pico Ávila (Figura S10-1.1.2). Las altitudes menores están al Oeste del Pico Humboldt; por ejemplo Topo Infiernito, con 1.945 m. En este punto las montañas parecen ser más anchas.

La parte sureña de la montaña tiene pendientes más empinadas que la parte norteña. Adicionalmente, la cresta de la montaña presenta casi un patrón recto al lado Este del Pico Naiquatá; este patrón se torna en forma de pequeña curva en el lado occidental de este punto.

Las cuencas hidrográficas más importantes en el área de estudio (de Este a Oeste) son: la Quebrada Tócome, la Quebrada Chacaíto, la Quebrada Cotiza y la Quebrada Catuche. Todas ellas desembocan en el Río Guaire, localizado al Sur de la ciudad de Caracas. Asimismo, están orientadas de N-S y algunas de ellas siguen líneas de fallas; por ejemplo, el curso de la Quebrada Chacaíto sigue la línea de la Falla de Chacaíto.

#### Unidad Topográfica 2. Valle de Caracas:

El Valle de Caracas está ubicado en la parte Sur del Macizo Ávila., y está principalmente formado de sedimentos cuaternarios que provienen de las montañas adyacentes, fundamentalmente del Macizo Ávila. Sus altitudes están entre 600 y 900 metros. Limita al Norte con el Macizo Ávila, al Sur con las colinas de El Hatillo, al Este con la cima de Mariches y al Oeste con la montaña de Los Teques. Esta unidad presenta un área estimada de 144 Km<sup>2</sup>. Los principales ríos son el Guaire y el Valle; el primero corre a través del Valle de Caracas desde el Oeste al Este, a lo largo de 21 Km en Caracas, luego gira hacia el Sur a los Valles del Tuy, donde desemboca en el Río Tuy. El río el Valle viene del suroeste de Caracas y luego desemboca en el Río Guaire en el centro de la ciudad.

La Figura S10-1.1.3 muestra la geomorfología de los abanicos aluviales en la parte oriental de Caracas, de acuerdo al Dr. Singer. Esta unidad morfológica es una trinchera tectónica o graben simétrico, limitado hacia el Norte por la falla del Ávila, normal con dirección Este-Oeste; las fallas que limitan este graben hacia el Sur son menos pronunciadas, lo cual es la razón porqué, en muchos casos, ésta sería denominada como semi-graben.

En el límite entre el área montañosa del Macizo Ávila y el Valle de Caracas, las quebradas, afluentes del Río Guaire, que tienen su propio origen en la zona montañosa, cambian abruptamente de pendiente dando lugar a la deposición de abanicos aluviales. .

Unidad Topográfica 3. Colinas del Este, Oeste y Sur de Caracas. Esta es la unidad topográfica más hacia el Sur y limita al Norte con el Valle de Caracas y al Sur con los Valles del Tuy. Esta unidad está formada por la montaña Los Teques (alrededor de 1.500 m.) al Oeste de Caracas, las colinas del Sur (las colinas El Hatillo y Volcán: 1.491 m.) y por la cima de Mariches al Este (alrededor de 1.200 m). La montaña Los Teques tiene una orientación estimada de SO-NE, las colinas del Sur una orientación E-O (casi paralela al Macizo Ávila), y la Cima de Mariches tiene una orientación estimada de N-S.

## 1.2 Geología

El área de Caracas está litológicamente formada por rocas que pertenecen a la Asociación Metamórfica del Ávila y a la Asociación Metasedimentaria de Caracas (Rodríguez et. al, 2002). Estas distribuciones litológicas alrededor de las montañas de El Ávila se muestran en la Figura S10-1.2.1.

La Asociación Metamórfica del Ávila se extiende desde el Estado Carabobo al Cabo Codera, Estado Miranda (desde Oeste al Este, respectivamente) y cubre la parte sureña del Macizo Ávila, en el área entre la cima de El Ávila hasta el contacto con los sedimentos cuaternarios que integran el Valle de Caracas, en los alrededores de los 900 a 1.000 metros. Está compuesta por rocas metamórficas del Complejo San Julián y Augengneiss Peña de Mora.

El *Complejo de San Julián* tiene su ubicación oficial en el Río San Julián (Caraballeda, Estado Vargas), que nace en la Silla de Caracas. Está principalmente compuesto por esquistos cuarzo-plagioclasa-micáceos, de color gris sobre la superficie fresca y verdosa o tono marrón sobre la superficie meteorizada (expuesta a la intemperie). También presenta gneisses cuarzo-plagioclasa-micáceas, con una rápida gradación en su foliación, siendo más foliada en el contacto con los esquistos. Adicionalmente, hay también algunas litologías menores tales como mármol, cuarcita y rocas meta-ígneas máficas (anfíbolita, gabro, diorita tonalita y granodiorita).

La ubicación oficial de las “*Augen Gneiss*” de Peña de Mora es el área de Peña de Mora, en la Carretera Vieja Caracas-La Guaira. Las características litológicas de esta unidad son: grano grueso congregado y gneisses cuarzo-plagioclasa-microclínico, y finas y semifinas gneisses grano-cuarzo-plagioclasa-epidótico-biotítico, asociadas a rocas anfibólicas.

Las rocas de la Asociación Metamórfica del Ávila son de las eras Precámbrica y Paleozoica, y forman un margen pasivo de la corteza continental, representando cámara subterránea exhumada, donde la foliación muestra una estructura amorfa a gran escala. El Macizo del Ávila es una estructura tectónica tipo “horst”, principalmente controlada por las fallas de Macuto, San Sebastián y El Ávila (Urbani 2002).

La Asociación Sedimentaria de Caracas es un cinturón continuo en sentido E-O, que se extiende desde el estado Yaracuy a la cuenca de Barlovento, Estado Miranda; cubre las unidades topográficas 2 y 3, con una falla de contacto con la Asociación Metamórfica del Ávila al Norte (Falla del Ávila). Esta asociación está formada por los esquistos de Las Mercedes y Las Brisas.

*Los Esquistos de Las Brisas* están formados por rocas ligeramente coloreadas, que son en su mayoría esquistos con una combinación de moscovitas, clorita, cuarzo, y albita. Hay también metareniscas y meta-conglomerados (Urbani 2002).

Este mismo autor dice que *Los Esquistos de Las Mercedes* están principalmente representados por filitas y esquistos de grafito. Estos son de colores que van del gris oscuro al negro, y también tienen importantes cantidades de cuarzo, moscovita, albita y calcita. Eventualmente se pueden encontrar meta-areniscas.

Ambas unidades (los Esquistos de Las Mercedes y Las Brisas tienen cuerpos de mármol, mayoritariamente dolomitas en Las Brisas (Mármol Zenda) y calcitas en Las Mercedes (Mármol Los Colorados).

Las Rocas de los Esquistos de Las Brisas se corresponden con los sedimentos de ambientes topográficos de aguas poco profundas, mientras que los Esquistos de las Mercedes representan ambientes marinos más profundos y condiciones pobres en oxígeno, con algunos cuerpos areniscos transportados por corrientes de turbidez.

La sedimentación ocurrió en un margen continental pasivo, en una cámara subterránea poco conocida (Sebastopol Gneiss), que podría corresponderse con el límite de la placa Suramericana sobre la extensión del Macizo de Guayana.

Adicionalmente, Audemard et al. (2002) indica la presencia de serpentinitas y litologías del *Mármol de Antemano* sobre el flanco Sur de El Ávila. El Mármol de Antemano está formado por esquistos de cuarzo-micáceas-grafito y esquistos epidóticos intercalados con mármoles. Estas litologías se manifiestan en el área entre Blandín y San Bernardino. Sin embargo, estudios recientes indican que estas litologías no son comunes en la parte Sur de las montañas de El Ávila.

#### Unidades de Sedimentación

Kantak et. al.(2002) divide las unidades geológicas dentro del Valle de Caracas en tres grupos: depósitos en abanicos aluviales, que pueden ser sub-divididos en facies proximales y dístales, tierras de inundación, y terrazas de depósitos. El tamaño de los granos estos abanicos sedimentarios disminuye hacia el Sur, para mezclarse y fundirse con los sedimentos fluviales del Río Guaire. Según Singer (1977), en las partes apicales y proximales de estos depósitos, cerca de la Cota Mil, pueden observarse materiales de diferentes tamaños de granos, con bloques de varios metros cúbicos barridos por avalanchas torrenciales y que deberían su origen a la ocurrencia de fenómenos climáticos excepcionales (lluvias torrenciales). Para este autor, el volumen de material transportado por flujos holocénicos torrenciales en el valle de Caracas sería de 30 millones de metros cúbicos sobre la base de una media de espesor de 3 metros. Hasta hace aproximadamente 25 años atrás, bloques rocosos de gran magnitud podían observarse en El Pedregal, Altamira, San Miguel, Sebucán y Los Palos



Grandes. En el caso de El Pedregal, esos bloques fueron reducidos mediante el uso de dinamita en el proceso de urbanización.

### Fallas:

La cordillera de La Costa, incluido el Macizo del Ávila, ha sufrido orogénesis y muchas fallas se formaron en las masas rocosas como se muestra en la Figura S10-1.2.2.

El área de estudio está dominada por dos (2) fallas principales (Figura S10-1.2.1):

- 1) La Falla del Ávila, orientada de E-O, normal y lateral derecha, localizada casi en el mismo curso de la Avenida Cota Mil. Ésta 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 aproximada de 110 Km.
- 2) La falla de Chacaíto, orientada de N-S y lateral izquierda. Coincide el curso de la Quebrada Chacaíto. Se extiende casi 4 Km. desde la falla del Ávila a la cima de la montaña, y también se extiende a la orilla, 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 Sur de la montaña El Ávila. Por ejemplo, AUDEMARD et al. (2002) dice que la distribución litológica varía de un lado a otro.

### **1.3 Flora**

Huber & Alarcón (1988, en Stephan 1991) han definido ocho (8) diferentes clases de vegetación sobre las montañas de El Ávila: arbustos xerófitos del Litoral, bosques deciduos de las bajas montañas, bosques densos de la montaña media, semi-deciduos de estación, casi-siempre verdes bosques densos de montaña (o bosques de transición), planos áridos medio-altos de la costa (páramo), sabanas y otras plantas herbáceas y galerías boscosas.

Sin embargo, Steyermark & Huber (1978, también en Stephan 1991) propusieron una clasificación básica de la vegetación y su distribución en la parte Sur de las montañas de El Ávila. La Figura S10-1.3.1 muestra dos transiciones: la primera figura a lo largo de la ruta del Teleférico y la otra de Altamira al Pico Oriental. Como lo muestra la Figura S10-1.3.1, las plantas más altas están localizadas alrededor de las altitudes medias (*bosques de transición* y *bosques nublados*), donde hay más humedad debido a las condiciones de nubosidad (altitudes alrededor de 1.600 a 2.200 metros). En este bosque es común encontrar palmeras y orquídeas. En la parte más alta de las montañas (2.200

m. y más), la vegetación está adaptada a pobres condiciones hídricas y fuertes vientos (Planos Áridos Medios). En este nivel las condiciones son secas y la temperatura es más baja, y las plantas tienen una altura de 1-3 metros (musgo, bambúes pequeños, rosas del Ávila y algunas plantas herbáceas típicas). En la parte baja de las montañas (de 900 a 1.600 metros) la temperatura aumenta y el suelo es más seco. En este nivel la vegetación crece poco y pierde cerca del 25 al 75% de su follaje durante la sequía; en estas áreas el hombre ha cosechado o realizado reforestaciones (*sabanas* o bosques densos de sub-montaña).

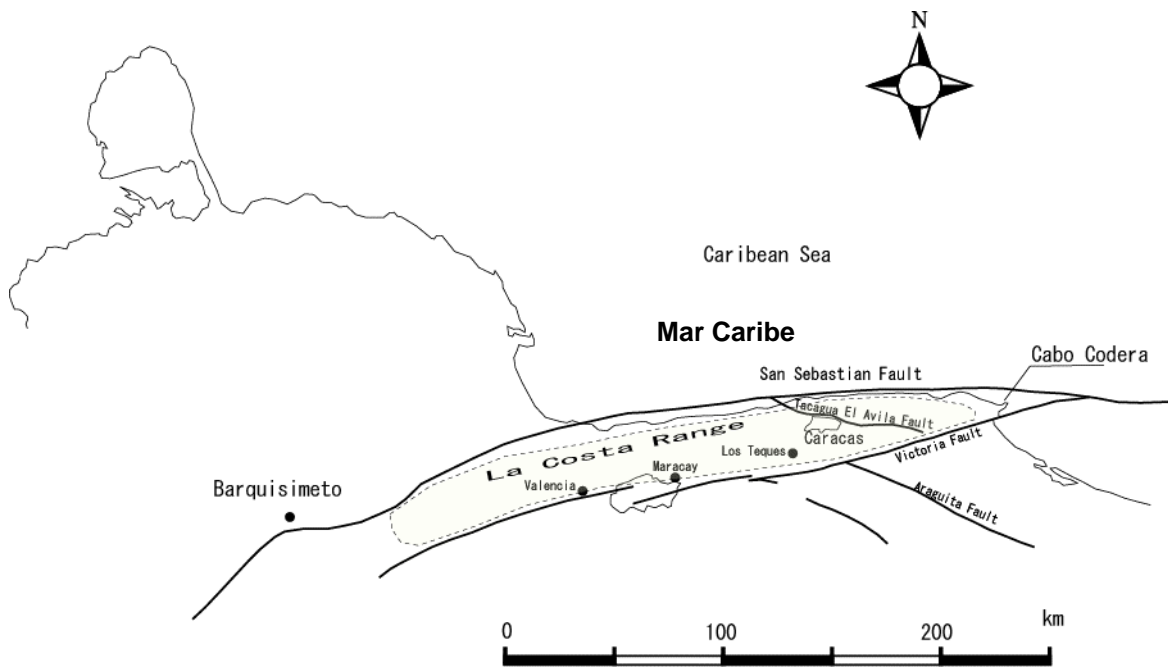


Figura S10-1.1.1 Ubicación de la Cordillera de La Costa

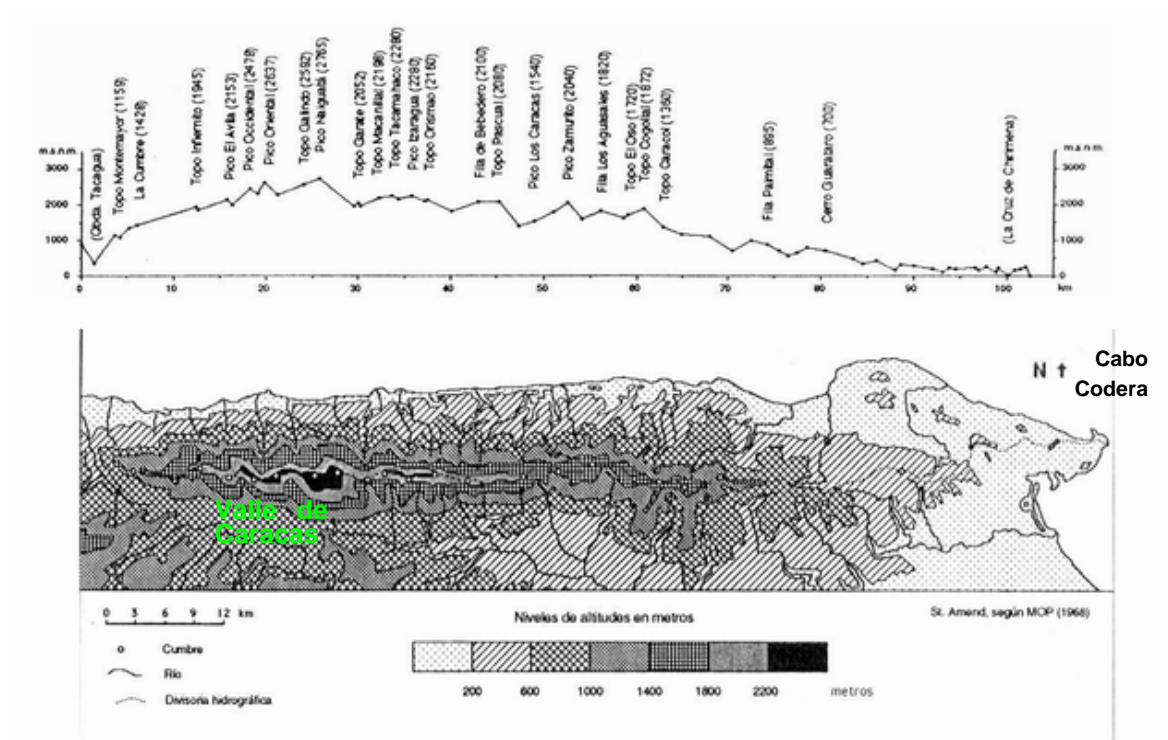
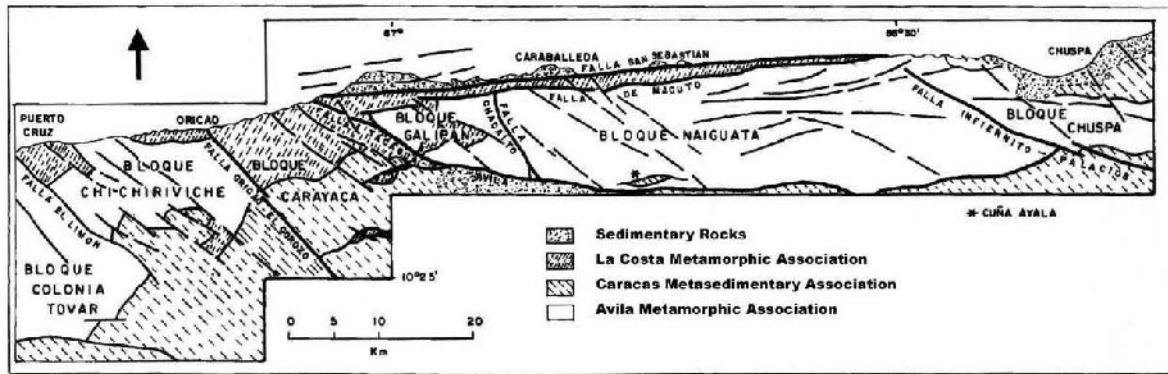
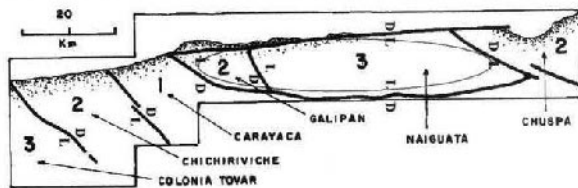


Figura S10-1.1.2 Topografía del Valle de Caracas <sup>S10-6)</sup>





DIB. M. PEÑA



**Diagram of Tectonic Blocks**

**Degree of Upheaval**

- 3. Older
- 2. Intermediate
- 1. Younger

Figura S10-1.2.1 Mapa Geológica de las Montañas de El Ávila

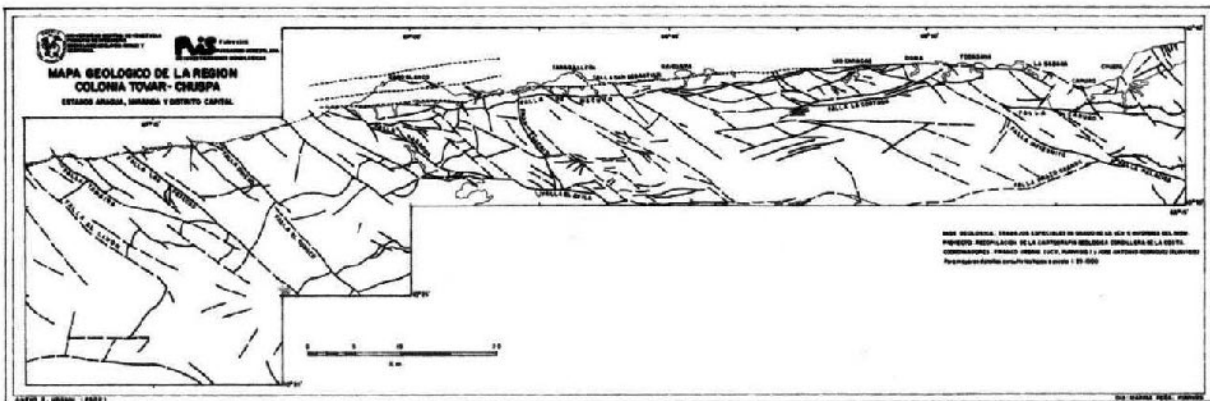


Figura S10-1.2.2 Fallas en las Montañas de El Ávila

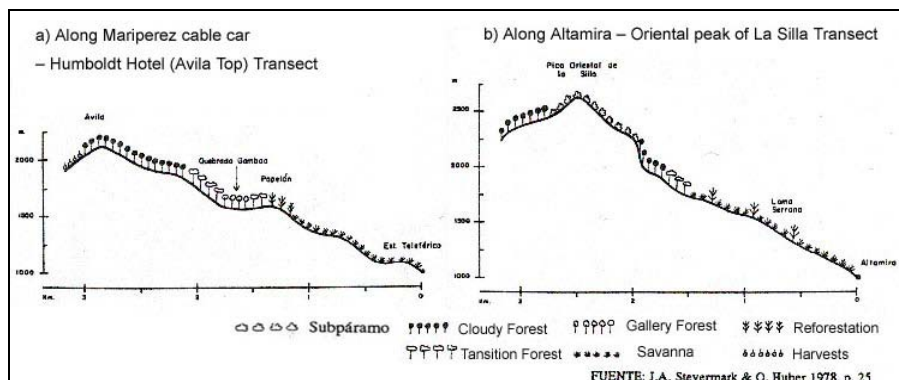


Figura S10-1.3.1 Transición de la Vegetación en la Pendiente Sur de las Montañas de El Ávila

## CAPÍTULO 2 ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO Y GEOLÓGICO

### 2.1 Resumen del Estudio

#### 2.1.1. Propósito del Estudio

El propósito del estudio geomorfológico y geológico es determinar cuántos escombros podrían ser arrastrados en el próximo desastre. Para hacer esto, la zonificación de las áreas peligrosas y la cuantificación de los suelos inestables en las cuencas fueron ejecutadas.

##### a. Zonificación de Áreas Peligrosas

Desde el punto de vista geomorfológico, geológico y biológico, el área de estudio debería ser zonificada sobre la base de la condición de peligro mediante el uso de la siguiente información:

Geomorfología – fotos aéreas, imágenes satelitales, mapa topográfico

Geología – información existente, reconocimiento del sitio

Flora – información existente, imágenes satelitales

##### b. Cuantificación del volumen de suelo inestable en las cuencas

Mediante la investigación del espesor del suelo cubierto y el espesor de las rocas altamente meteorizadas en el área colapsada, el volumen del suelo en las cuencas podría ser cuantificado.

Área colapsada – fotos aéreas

Volumen de suelo inestable – reconocimiento del sitio

#### 2.1.2. Método del Estudio

##### Análisis del Mapa Topográfico

Los sistemas de drenaje, el gradiente de las quebradas y las anomalías geomórficas fueron analizados mediante el uso de mapas topográficos. Los mapas usados para el análisis fueron mapas topográficos a escala 1:5000 publicados en 1954 y 1984. La lista de los mapas topográficos se muestra en la Figura S10-2.1.1.

##### Análisis por Fotos Aéreas

El siguiente análisis topográfico ha sido realizado mediante el uso de estereoscopios sobre fotos aéreas:

- a. Signos geomorfológicos de flujos de escombros,
- b. Material cubierto en las cuencas tal como vegetaciones,
- c. Existencia de reservorios, deforestaciones en las cuencas,
- d. Existencia de obras/construcciones civiles en las cuencas,

- e. Estado de los colapsos en las cuencas,
- f. Estado del material del lecho, y
- g. Lineamientos.

Las siguientes fotos aéreas fueron empleadas:.

Escala 1:25.000, fotografiado en marzo de 2002

Escalas 1:25.000 y 1:5.000, fotografiado en diciembre de 1999

Escala 1:25.000, fotografiado en febrero de 1994

### Análisis por Imágenes Satelitales

Las imágenes satelitales son empleadas para los siguientes propósitos:

- a. Mirar un área extensa con una visión homogénea de perspectiva de precisión
- b. Identificar los lineamientos
- c. Analizar el estado de la vegetación con la banda infrarroja
- d. Analizar el contenido relativo de agua del suelo en tierras sin vegetación
- e. Como imágenes suplementarias a la fotos aéreas

Las imágenes satelitales empleadas son ASTER (Radiómetro Avanzado de Emisión y Reflexión Térmica Aerotransportada) desarrollado por el Ministerio de Economía, Comercio e Industria de Japón. ASTER es el sensor de observación de recursos de la tierra con 14 bandas y 15 m. de resolución cargado sobre Terra, el cual fue lanzado en diciembre 1999.

Las imágenes satelitales empleadas en este proyecto fueron tomadas el 20 de mayo de 2003.

### Estudio de Campo

Los siguientes aspectos/elementos fueron estudiados en el primer estudio en las Montañas de El Ávila en el 2003:

- a. Esbozos de las secciones transversales de las quebradas (varios bosquejos de cada quebrada)
- b. Estimados de la profundidad y volumen de los colapsos de pendientes (derrumbes)
- c. Estimado del espesor de los sedimentos en los lechos de las quebradas y clasificación del material en gravilla, arena y arcilla
- d. Medición del tamaño de las rocas rodantes más grandes
- e. Existencia de suelo inestable
- f. Detalles de la estructura de prevención de flujos de escombros
- g. Geología
- h. Estado del flujo de agua y nacientes

- i. Detalles de los derrumbes quebradas arriba.

Los siguientes aspectos/elementos fueron estudiados principalmente en el cuarto (4º) estudio de campo en las montañas de El Ávila en el 2004:

- j. Meteorización de las rocas sobre las pendientes
- k. Tamaño de los granos de las rocas meteorizadas

## **2.2 Resultado del Estudio**

### **2.2.1. Topografía**

#### Sistema de Drenaje

Generalmente, un río y sus tributarios/afluentes constituyen una red cuyo patrón puede ser influenciado por la posición y forma de los límites que separan las diferentes rocas dentro de un área de captura/cuenca. El patrón de drenaje puede ser clasificado en los siguientes 6 Patrones típicos: (Figura S10-2.2.2).

- a. Patrón dendrítico: condición uniforme del drenaje
- b. Patrón tipo pluma
- c. Patrón paralelo
- d. Patrón radial-centrífugo
- e. Patrón radial-centrípeto
- f. Patrón enrejado/angular

Los sistemas de drenaje en las montañas de El Ávila se muestran en la Figura S10-2.2.1.

El patrón dendrítico es significativo en las laderas sureñas de las montañas de El Ávila. Éste está relacionado al desarrollo de las fallas en el área. Tomando en cuenta los flujos de escombros en el área, se anticipa que la energía del flujo de escombros podría ser débil en el tipo de patrón de drenaje enrejado/angular. Los sistemas de drenaje en las cuencas de Catuche y Cotiza, sin embargo, parecen ser del patrón dendrítico y ser más complicados que los sistemas de drenaje en otras cuencas.

#### Clasificación de las Quebradas

La Figura S10-2.2.4 muestra los patrones que corren a lo largo del curso de las principales quebradas. Los patrones que muestran curvas irregulares son más empinados donde el río cruza las rocas más resistentes, y son más planas donde éste fluye sobre rocas más fácilmente erosionables, dado que las quebradas en las montañas de El Ávila son geológicamente jóvenes y activamente erosionantes.



Los patrones de las quebradas en el lado Oeste de la Quebrada de Chacaíto tienden a ser más suaves que los de las quebradas en el lado Este de la Quebrada de Chacaíto. Esto puede mostrar que las quebradas en el lado occidental están en etapas más maduras y tienen menor capacidad para transportar escombros. Las quebradas Tócome y Caurimare tienen puntos de transición sobre sus gradientes y forman grandes escalones donde los escombros pueden permanecer.

Según el Profesor Andre Singer de la UCV, en el Desastre de 1999, la mayoría de los escombros en la Cuenca de Tócome fue depositada en las porciones planas/llanas de la quebrada. Esto demuestra que las porciones llanas tienen barreras resistentes al flujo de escombros.

### Lineamientos

Muchos lineamientos pueden ser vistos sobre las fotos aéreas y las imágenes satelitales del área de estudio. La Figura S10-2.2.5 muestra las particularidades en el área de estudio. Los lineamientos del Noreste al Suroeste son más visibles en el área, y siguen los del Noroeste al Sureste.

Las cuencas de Tócome y Gamboa tienen relativamente menos particularidad. Generalmente, la mayoría de los lineamientos son manifestaciones topográficas de fallas. Según el mapa de fallas en la Figura S10-1.2.2, las fallas del Noroeste al Sureste son visibles, y las fallas del Noreste al Suroeste son menos visibles. No está claro por qué hay muchas fallas del Noreste al Suroeste que no han sido consideradas como particularidades, o que las particularidades en esta área no muestran fallas. Sin embargo, los lineamientos sugieren la existencia de más fallas en dirección Noreste-Suroeste en las Montañas de El Ávila.

El lineamiento principal que es consistente con la falla está a lo largo de la Quebrada Chacaíto-Falla de Chacaíto. El lineamiento no son visibles claramente sobre las principales fallas que corren en la cuenca Tócome de Noroeste a Sureste. .

La particularidad muestra que puede haber otra gran falla a lo largo de la Quebrada Quintero, donde no se muestra ninguna falla en el mapa geológico.

### Anomalías Geomórficas

Los extremos superiores de las cuencas de Caurimare, Galindo, Quintero y Chacaíto tienen áreas llanas con pequeñas montículos (Pico Naiguatá, Topo La Danta a Topo Galindo, Pico Oriental al Asiento de la Silla, Pico Occidental a Lagunazo). Según el mapa geológico (Figura S10-2.2.6), estas áreas llanas no representan anomalías geológicas.

### 2. 2. 2. Geología (Litología)

La Figura S10-2.2.6 muestra el mapa geológico de las laderas del Sur de las Montañas de El Ávila preparado por el estudio de campo sobre la base del mapa geológico que fue publicado por la UCV, FUNVISIS (2001).

La lista de las litologías se muestra adelante. La descripción general de la litología de las montañas de El Ávila se encuentra en el Capítulo 1.2.

Mediante el estudio de campo en las montañas de El Ávila, no se encontraron ningunas diferencias grandes en la litología. La cuestión más importante en la litología es si existen diferencias geológicas entre el lado Este de la Cuenca de Chacaíto y el lado Oeste de la misma cuenca. En el lado Este de la falla de Chacaíto, hay esquistos del complejo San Julián y brotes de gneisses (de la Aungen Gneiss de Peña Mora). Estas rocas son compactas y se rompen formando grandes bloques. En el lado Oeste de la falla, hay principalmente esquistos del complejo de San Julián. Algunos mármoles, esquistos de grafito (del mármol de Antímamo) y también serpentinita pueden verse en el lado Oeste. Estas tres (3) litologías son más susceptibles a meteorización química y mecánica, lo que equivale a material inestable. Mediante este estudio, un mármol pequeño y serpentinita fueron halladas en el lado Oeste. Sin embargo, mármol y serpentinita no son las principales rocas en el lado Oeste. La mayoría de las rocas en las montañas de El Ávila, aún el lado Oeste, son miembros de esquistos o gneiss, tal y como se muestra más adelante, y estas no son muy diferentes en características ingenieríles, por ejemplo dureza y resistencia a la meteorización.

#### Lista de Litologías Halladas en las Montañas de El Ávila

<u>Asociación Metamórfica de La Costa (Mesozoico)</u>	
CN	Nirgua Anfibolita
<u>Asociación Meta-Sedimentaria de Caracas (Mesozoico)</u>	
CaM	Esquistos de Las Mercedes
<u>Asociación Metamórfica del Ávila (Pre-Mesozoico)</u>	
A	Asociación Metamórfica del Ávila
AN	Meta-grafito Naguayatá
ATc	Tócome Meta-ígneos
ASJ	Complejo San Julián
ASJe	Esquistos de Cuarzo-Moscovita
ASJa	Esquisto Anfibolito y Esquisto Plagioclasa Epidótico
ASJap	Esquisto Anfibolito-Plagioclasa-Epidótico
ASJp	Esquisto Plagioclasa-Epidótico
ASJt	Meta-tonalitas
APM	Augengneiss de Peña de Mora

APMp	Augengneiss Plagioclasa-Micáceos-Epidótico
APMc	Augengneiss Plagioclasa-Cuarzo-Micáceos

### 2.2.3. Derrumbes

Generalmente, los derrumbes en las montañas ocurren durante lluvias fuertes y pueden generar flujos de escombros. Para estudiar los derrumbes en la montaña, debe conocerse la historia de los flujos de escombros y calcularse el potencial de los mismos.

Muestras de derrumbes fueron recolectadas de las fotos aéreas y el estudio de campo y señalados sobre un mapa, tal y como se muestra en la Figura S10-2.2.8. Estas muestras de derrumbes en las cuencas de las Montañas de El Ávila pueden ser clasificadas en los siguientes 5 tipos, basados en la frescura de la vegetación. La Figura S10-2.2.7 también muestra los tipos de colapsos.

Tipo 1: Derrumbe Muy Activo:	Derrumbe activo con exposición del suelo/roca, sin cubierta vegetal
Tipo 2: Derrumbe Activo 1:	Derrumbe reciente recubierto con arbustos o grama, el derrumbe ocurrió en años recientes
Tipo 3: Derrumbe Activo 2:	Derrumbe reciente recubierto con árboles dispersos, un derrumbe pudo haber ocurrido debajo de los árboles en años recientes
Tipo 4: Derrumbe Antiguo 1:	Derrumbe antiguo cubierto con arbustos o grama
Tipo 5: Derrumbe Antiguo 2:	Derrumbe antiguo cubierto con árboles

Muchos de los derrumbes del Tipo 1 y Tipo 2 pueden observarse en las cuencas de Cotiza y Catuche. El Tipo 1 es difícil de ver en otras cuencas, y los Tipos 2 y 3 son relativamente menores en otras cuencas. Los Tipos 1 al 3 pueden ser cicatrices del Desastre de 1999 y los otros son cicatrices más antiguas, anteriores a este desastre. La existencia de muchos derrumbes Tipo 1 en las cuencas demuestra que éstas no se han recuperado. Los Tipos 4 y 5 se encuentran dispersas en el área completa del sitio, sin embargo, son más numerosos en las bajas alturas de las montañas de El Ávila que en las más elevadas. Esto demuestra que los derrumbes y los flujos de escombros generados por éstos pueden ocurrir en cualesquiera otros lugares en las montañas de El Ávila.

Parece que muchos de los derrumbes Tipo 2 y Tipo 3 se encuentran en la parte Oeste o Norte de cada cuenca, especialmente en la Cuenca Tócome. (Figura S10-2.2.8).

La proporción de volumen de suelo remanente en derrumbes sobre el volumen total del suelo derrumbado es alrededor de 0,3 según el estudio de campo (Figura S10-2.2.9)

#### 2. 2. 4. Meteorización de las Montañas de El Ávila

La meteorización de las rocas en las montañas de El Ávila fue estudiada en concordancia con BS 5930, el cual se muestra en la Figura S10-2.2.10. Dibujos de la meteorización sobre las pendientes/laderas en todas las montañas de El Ávila fueron realizados en el estudio de campo, cuyos ejemplos se muestran en la Figura S10-2.2.11. Las fotografías de la Figura S10-2.2.12 muestran las imágenes reales de cada grado de meteorización. El material que pertenece a los Grados de Meteorización VI a IV sobre las laderas tiende a caerse/despegarse o ser arrastrado por lluvias fuertes; y el Gado III, que es rocoso bastante duro, se puede mantener sobre las pendientes. En este informe, se denominan a los Grados VI al IV como “Zona Meteorizada.”

La Figura S10-2.2.13 muestra el espesor de las zonas meteorizadas en cada cuenca. El espesor de la zona meteorizada en las cuencas orientales es más delgado y en las del oeste es más grueso. El espesor de la zona meteorizada del lado oriental de Chacaíto es de menos de 5 metros y una media aproximada de 2,5 metros; y el del lado occidental de Chapellín es mayor de 10 metros y una media aproximada de 7,5 m. Esto puede deberse al gradiente de las pendientes de la montaña. Las pendientes en el lado Este de las Montañas de El Ávila son más empinadas y el material meteorizado difícilmente se mantiene sobre las laderas.

La Figura S10-2.2.14 muestra la relación entre el espesor de la zona meteorizada y la elevación. En el lado Este de Chacaíto, la relación no está clara. En el lado Oeste de Cotiza, el espesor de la zona meteorizada parece tornarse más grueso a medida que la elevación aumenta. Entre Chacaíto y Cotiza, el espesor de la zona meteorizada parece tornarse más delgado en la medida que se incrementa la elevación. Las montañas de El Ávila pueden ser zonificadas en tres (3) niveles de espesor de la zona meteorizada, como se muestra en la Figura S10-2.2.15.

La Figura S10-2.2.16 y la Tabla S10-2.2.1 muestran el tamaño del grano del suelo recolectado de las zonas meteorizadas. La mayoría de las muestras se clasifican en gavilla y barro, el contenido de arcilla es menor del 10%.

Las rocas se tornan estables a través del proceso de meteorización, desde roca base hasta arcilla. El proceso estándar de la meteorización es: roca base, masa de roca, rocas de gran tamaño, gravilla, arena y arcilla. En condiciones reales, sin embargo, hay discontinuidades del proceso de meteorización, y las rocas naturales no siguen todo el proceso de meteorización estándar. El granito se presenta como la única masa de roca o de arena mayoritariamente. La discontinuidad de la meteorización se debe a la existencia de fases estables e inestables del proceso de meteorización sobre las rocas. La meteorización es un proceso mecánico (físico) y químico complejo. La meteorización mecánica reduce las rocas en pequeñas partículas mediante la acción de la temperatura, del impacto

de las gotas de lluvia y por abrasión de partículas minerales transportadas en el viento. En climas muy calientes y fríos, los cambios de temperatura producen descamación de las superficies expuestas de las rocas. La meteorización química es la reducción de minerales en nuevos componentes por la acción de agentes químicos; ácidos en el aire, en la lluvia y en el agua de ríos; aunque estos actúan lentamente, producen efectos visibles especialmente en las rocas solubles. Las rocas reducidas en pequeñas partículas mediante el proceso mecánico hacen su área de contacto con el agua más amplia, y la desintegración química de las rocas se torna más activa con un área de contacto más extensa. Por lo tanto, las rocas reducidas en pequeñas partículas mediante el proceso mecánico se torna más pequeña y arcillada por el proceso químico. El agua tiene un papel importante en el proceso químico. Por lo cual, el proceso químico no se activa bajo un clima seco.

En Caracas y las montañas de El Ávila donde no existe un área húmeda, el proceso químico no es activo en comparación con el húmedo Japón. El suelo meteorizado en Japón contiene una gran cantidad de barro y arcilla, mientras que el suelo meteorizado en las montañas de El Ávila contiene menos barro y arcilla.

El evento que dispara o genera un flujo de escombros es el movimiento del suelo empapado en la parte superior de la quebrada o corriente de agua, no es la caída de rocas ni la avalancha de rocas, sino el colapso o derrumbe del suelo. Por otra parte, existen muchas piedras redondeadas grandes en el lecho de las quebradas, como se muestra en la Figura S10-2.2.19. La mayoría de estas piedras no fueron transportadas o arrastradas por la corriente, sino que muchas se han desprendido de las laderas o precipicios a los lados de las quebradas. El hecho de que la mayoría de las piedras redondeadas grandes se encuentran debajo de precipicios o laderas rocosas sugiere esto. Estas piedras pueden caer o desprenderse a causa de terremotos, lluvias fuertes o árboles agitados por fuertes vientos. Algunas no cayeron en las quebradas y se detuvieron en las laderas. Cuando el flujo de escombros ocurre, por lo tanto, muchas de estas grandes piedras que se encuentran sobre el lecho de la quebrada serán arrastradas con agua y escombros, y menos de estas rocas se desprenderán de las pendientes.

### **2. 2. 5. Escombros**

La Figura S10-2.2.17 muestra los escombros depositados sobre el lecho de la quebrada. Esta fue dibujada en el estudio de oficina utilizando fotos aéreas, mapas topográficos y el estudio de campo. La Figura S10-2.2.18 los ejemplos de las secciones transversales de las quebradas en las montañas de El Ávila, dibujadas en el estudio de campo. El espesor de los escombros también es cuantificado mediante las secciones transversales.

El principal material de escombros parece ser igual al material de las zonas meteorizadas, tal y como se muestra en la Figura S10-2.2.19.

El material de escombros encontrado al Este está integrado principalmente de grandes bloques (esquistos y gneiss), mientras que en el lado Oeste, el material mayoritariamente se compone de árboles, grandes piedras redondeadas y bloques no tan grandes.

Según la Figura S10-2.2.17, las cuencas del lado oriental de Chacaíto tienen más escombros sobre el lecho de la quebrada que del lado occidental. Los gradientes de las pendientes en el lado Este son más pronunciados que los del lado Oeste, y el suelo sobre las laderas (la parte de la roca altamente meteorizada) fluye hacia el lecho del río como se mencionó en la sección previa. Las quebradas en el lado Este tienen escalones de gradientes más suaves y el suelo arrastrado puede mantenerse en estos escalones.

### **2. 2. 6. Vegetación**

La Figura S10-2.2.20 muestra una imagen satelital de banda infrarroja. La parte superior de las montañas de El Ávila se ve cubierta con un color rojo vivo. El color vivo indica vegetación espesa y se encuentra sobre una altitud aproximada de 1.700 metros. La cima de las montañas de El Ávila, sobre los 2.400-2.500 m. de altitud, es de color marrón y muestra cambios de vegetación.

La imagen satelital concuerda con la distribución de la vegetación que se muestra en la Figura S10-1.3.1 o la Figura S10-2.2.23. Es fácil discernir los diferentes tipos de vegetación ordenados en franjas horizontales en las Montañas de El Ávila.

La cuenca de Catuche y la cuenca de Cotiza se encuentran en una altitud relativamente más baja. La vegetación en estas cuencas podría ser menos espesa, debido a que la mayoría de las áreas de captura está por debajo de 1.700 m. de altitud.

Muchos rastros/cicatrices de derrumbes en las laderas del Norte de las montañas de El Ávila en vargas pueden ser vistas en la imagen satelital de la Figura S10-2.2.20. Estos son los derrumbes del Desastre de 1999, que no se han recuperado. No hay muchos derrumbes en la parte superior de las montañas de El Ávila. Esto puede mostrar que menos derrumbes ocurren en vegetaciones espesas sobre 1.700 m. de altitud (detalles en el próximo Capítulo).

Parches/manchas grises en la parte baja y occidental de la Cuenca de Tócome son huellas cicatrices de incendios forestales y vegetación herbácea cubre estas áreas.

Diferentes tipos de vegetación ordenadas en franjas horizontales en las Montañas de El Ávila pueden ser causadas por franjas horizontales de temperatura media y precipitación anual que van cambiando con la altitud. La Figura S10-2.2.22 muestra la distribución de la temperatura media anual y la

precipitación anual alrededor de las Montañas de El Ávila. Ésta muestra franjas claras de temperatura y precipitación, que son paralelas al contorno topográfico. .

Audemard et al. (2002) dice que la presencia de materia orgánica (madera, plantas y árboles) en el lado Oeste es causada por la presencia de suelos saprolíticos, en los cuales las raíces de las plantas y árboles crecen en un nivel superficial. Esto causa que la vegetación en el lado occidental de la Falla de Chacaíto no esté tan aferrada/ anclada al suelo.

**Tabla S10-2.2.1 Resumen del Análisis de Tamaño de Grano**

Mm.		E-4-1	E-5-2	E-11-1	E-12-5	E-14-1	E-15-2	E-17-1	E-19-3	E-19-3M31v	E-19-3III	E-22-2	E-23-1	E-25-1
gravilla	>200mm	58,6	56,1	49,6	69,5	68,8	32,0	57,1	54,5	60,5	63,5	51,3	58,0	69,4
arena	0,075-200mm	36,6	38,4	46,6	29,0	26,8	58,1	40,6	37,9	35,3	33,1	41,0	40,2	28,1
sólido	<0,075mm	4,8	5,5	3,8	1,5	4,5	9,9	2,3	7,6	4,2	3,4	7,7	1,8	2,5
		G	G	G	G	G	S-F	G	G-F	G	G	G-F	G	G

Mm.		E-28-2	E-30-2	E-33-3	E-37-1	E-41-6	E-41-9	E-42-2	E-44-2	E-44-4	E-44-6
gravilla	>200mm	42,4	47,9	93,9	24,3	86,4	50,7	74,2	79,0	48,2	52,2
arena	0,075-200mm	49,1	48,4	5,7	69,3	11,9	45,3	22,7	18,2	44,7	42,3
sólido	<0,075mm	8,5	3,7	0,4	6,4	1,7	3,9	3,1	2,7	7,1	5,5
		S-F	S	G	S	G	G	G	G	G-F	G

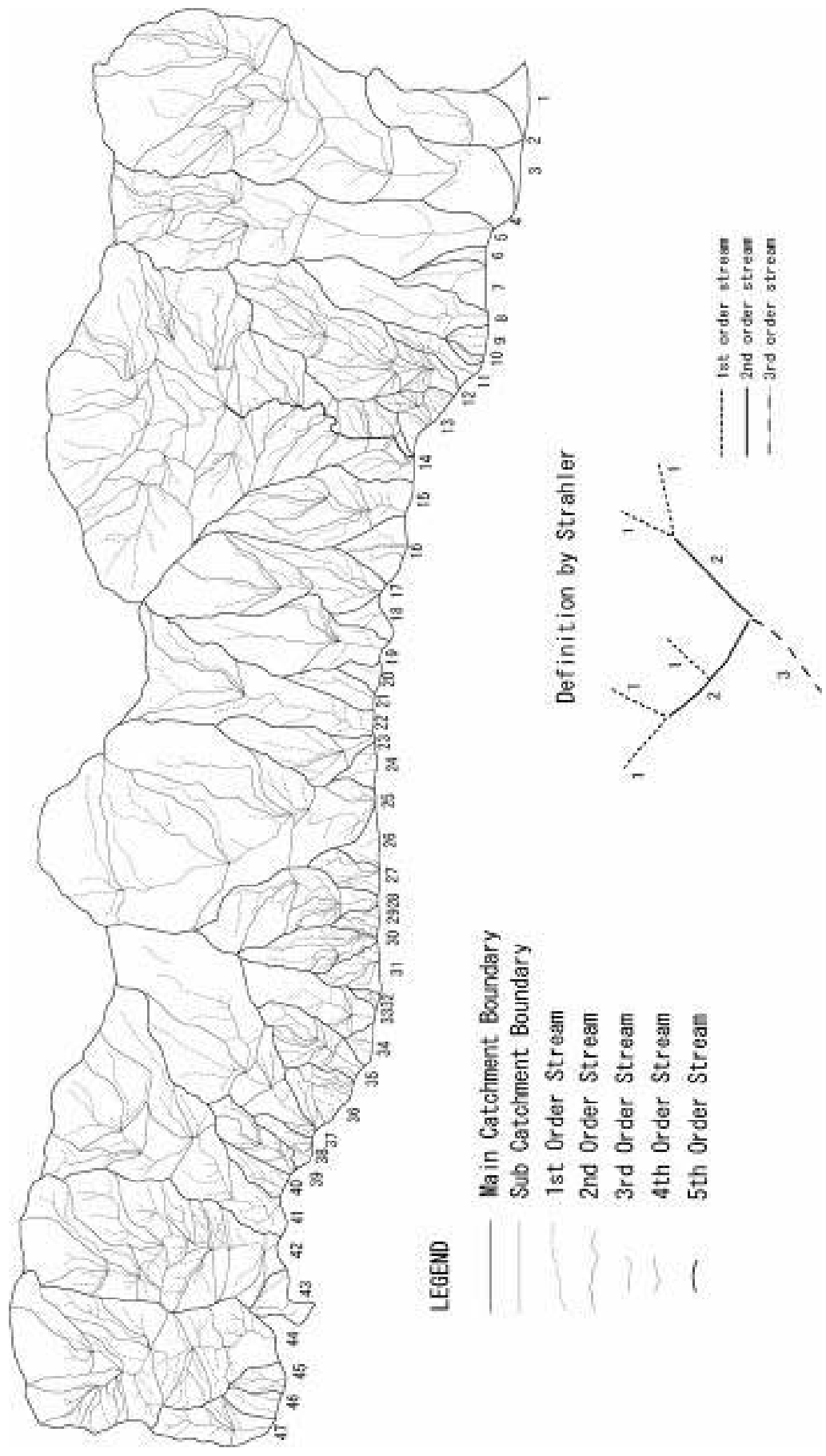
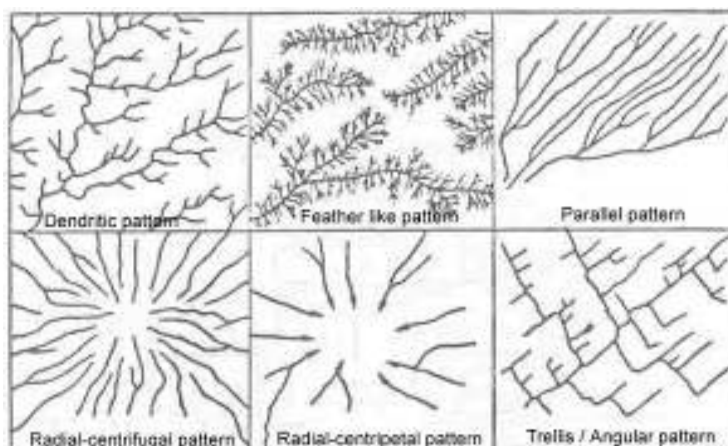
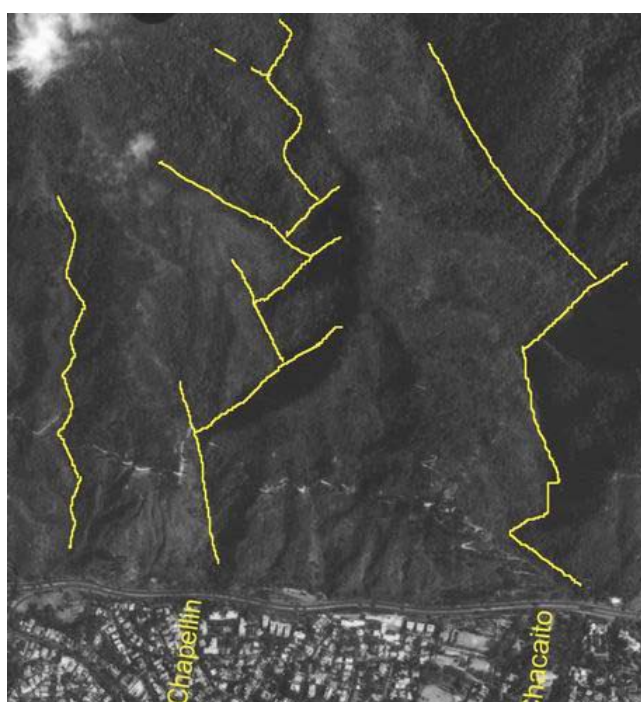


Figura S10-2.2.1 Orden de Quebradas





**Figura S10-2.2.2 Sistema de Drenaje (Imamura et al.)**

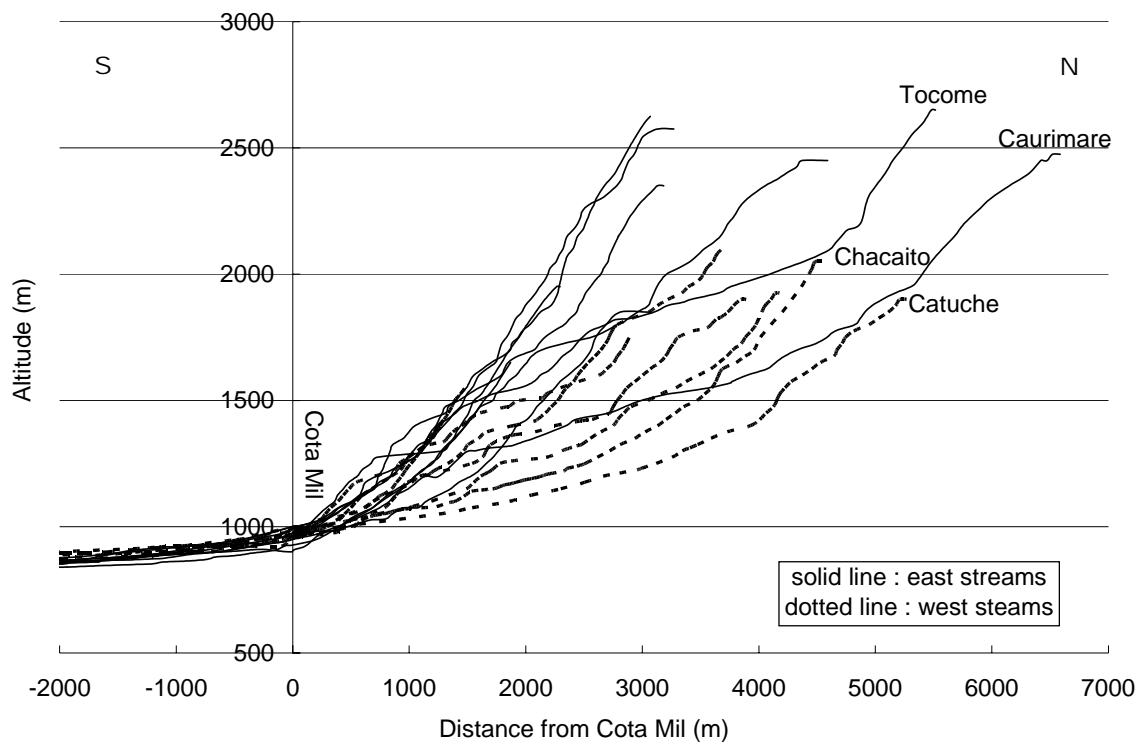


**Patrón de Drenaje**

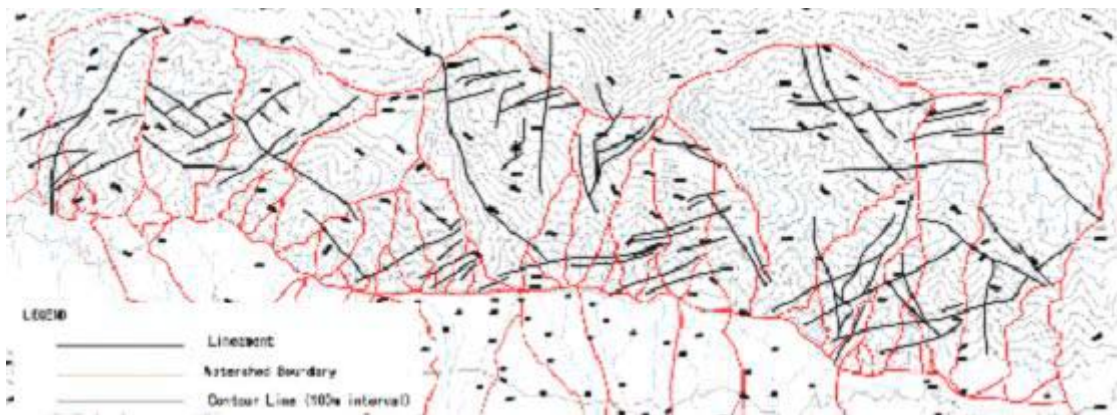


**Foto Original**

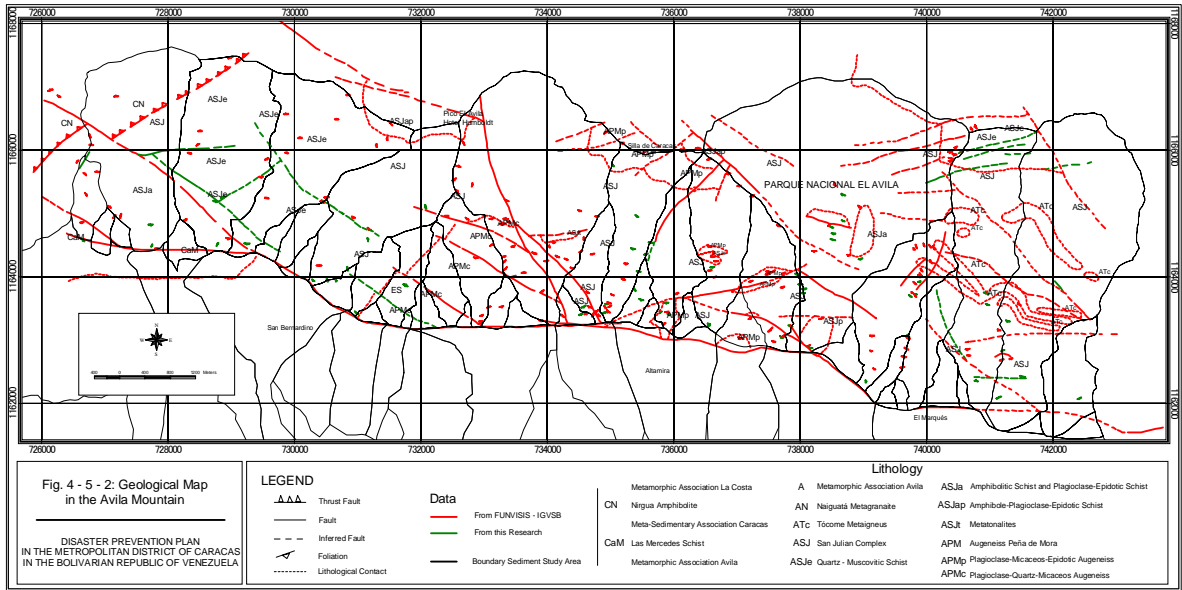
**Figura S10-2.2.3 Patrón Angular de Drenaje Típico en las Montañas de El Ávila (Foto Aérea)**



**Figura S10-2.2.4 Gradiente de las Quebradas**



**Figura S10-2.2.5 Lineamientos**



**Figura S10-2.2.6 Mapa Geológico de la Montaña El Ávila  
(Preparado por el Equipo de Estudio)**

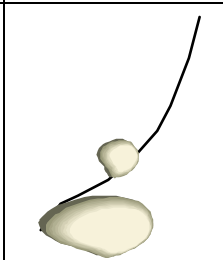

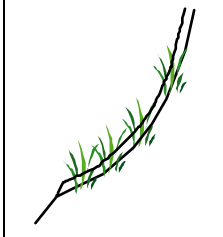

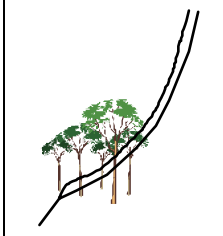

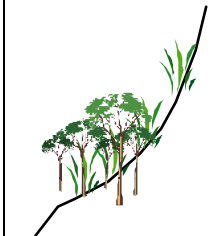

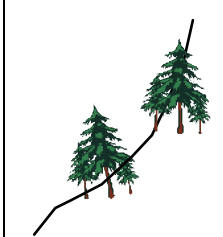

Tipo	Condición de Pendiente	Leyenda	Símbolo	Descripción
1		Active Collapse		Un colapsos activo con exposición del suelo rocoso, sin cubierta vegetal
2		Colapsos nuevos cubiertos de arbustos o grama		Un colapsos activo cubierto con arbustos o grama vegetal, el colapso ocurrió en años recientes
3		Colapsos nuevos debajo de árboles		Un colapsos activo cubierto árboles dispersos, el colapso pudo ocurrir en años recientes bajo los árboles
5		Colapso antiguo sin árboles		Un colapsos antiguo cubierto con grama o arbustos
4		Colapso antiguo cubierto con árboles		Un colapsos antiguo cubierto con árboles

Figura S10-2.2.7 Interpretación de la Pendiente

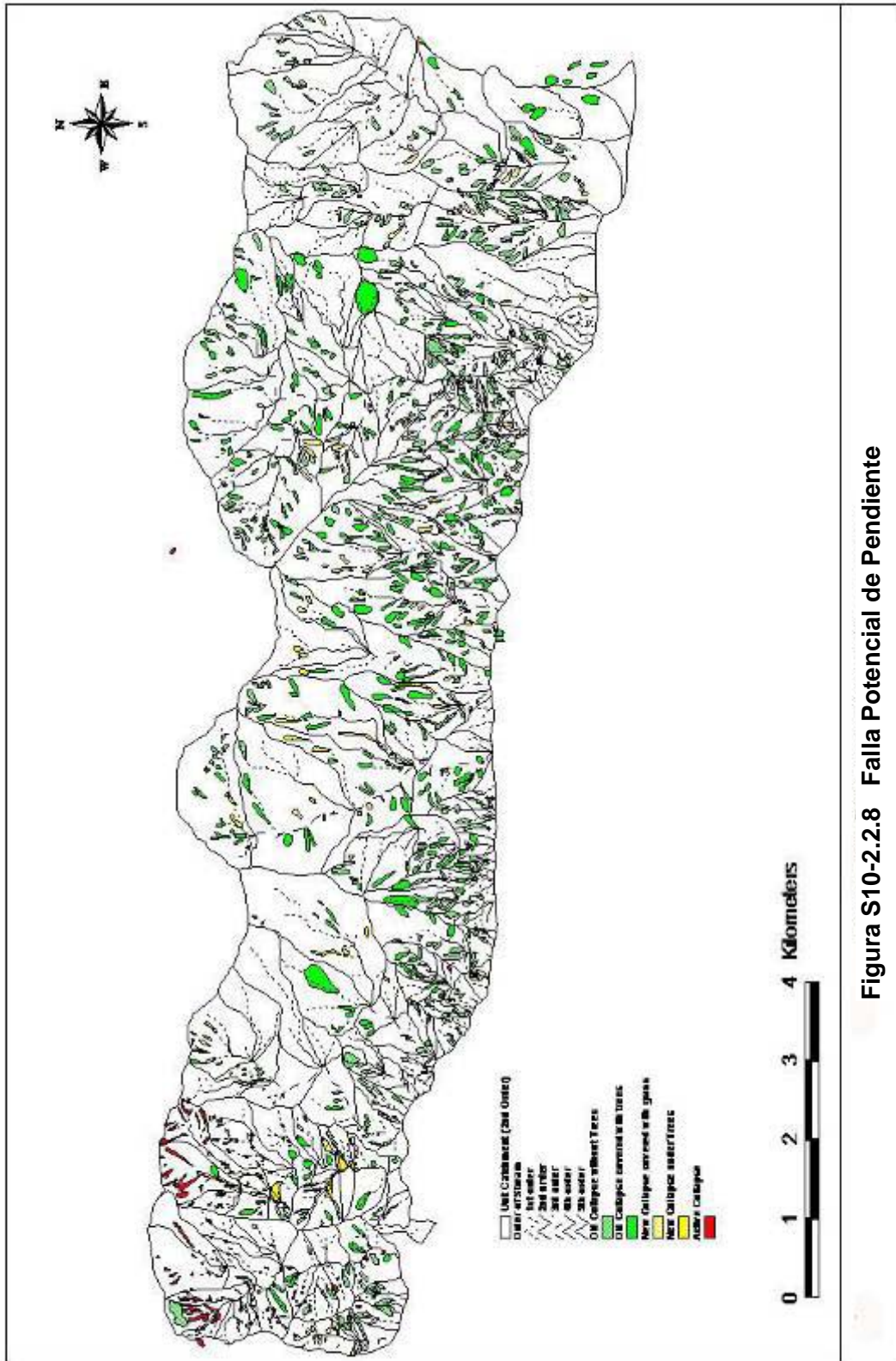
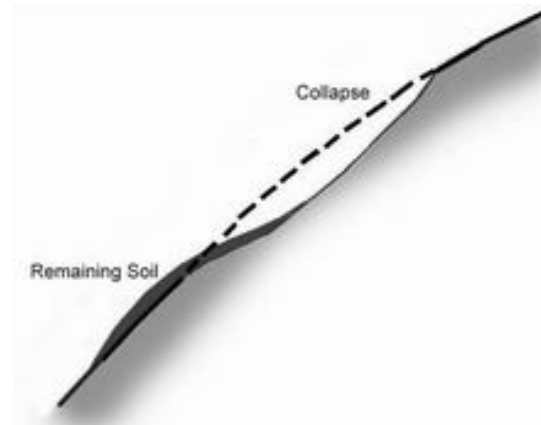
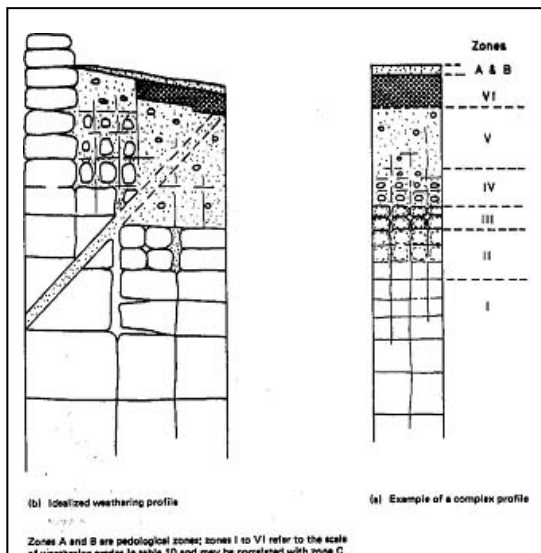


Figura S10-2.2.8 Falla Potencial de Pendiente



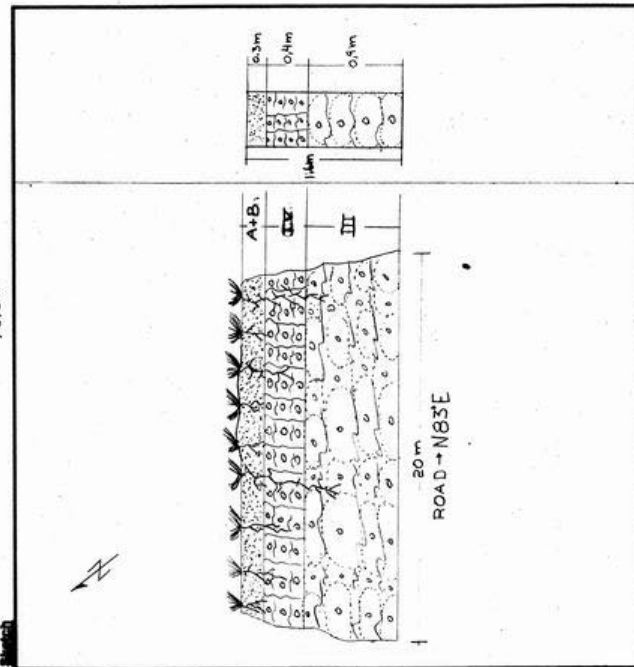
**Figura S10-2.2.9 Suelo Remanente del Colapso**



Término	Descripción	Grado
Suelo Residual	Todo el material rocoso se ha convertido en tierra. La estructura de la masa y el tejido material están destruidos. Hay un gran cambio en volumen, pero el suelo no ha sido significativamente transportado.	VI
Completamente meteorizado	Todo el material rocoso está descompuesto y/o se ha desintegrado al suelo. La estructura de la masa original está intacta en gran medida.	V
Altamente meteorizado	Más de la mitad del material rocoso está descompuesto y/o desintegrado al suelo. La roca fresca o decolorada está aún presente ya sea como un marco discontinuo o como piedras nucleadas.	IV
Moderadamente meteorizado	Menos de la mitad del material rocoso está descompuesto o desintegrado al suelo. La roca fresca o decolorada está aún presente ya sea como un marco discontinuo o como piedras nucleadas.	III
Poco meteorizado	La decoloración indica meteorización del material rocoso y superficies discontinuas. Todo el material rocoso puede estar decolorado por la meteorización.	II
Fresco	No hay signo visible de meteorización del material rocoso. Quizá poca decoloración en la mayor parte de las superficies discontinuas.	I

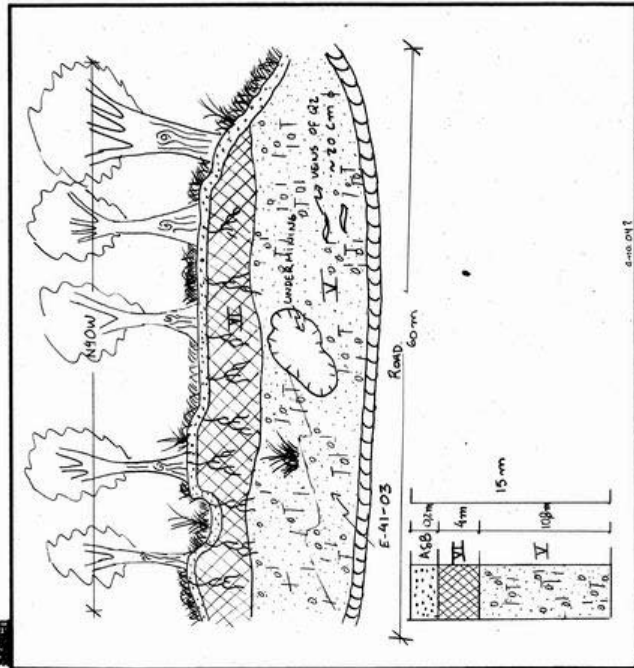
**Figura S10-2.2.10 Representación Diagramática de un Perfil Meteorizado Simplificado en una Roca de Gran Tamaño (Estándar Británico ; BS5930)**

<b>JICA</b>		<b>INTERNATIONAL SECURITY</b>	
Sheet No.	703	Date	20/06/2004
Name of Basin	TENERIA (15)	Inspected by	PRADAYDELGADO
Location: distance from Code MI	510 M.		1510 m



<b>Remarks</b>	COLOR: SAMPLE N° E-15-03
Legend:	A+B → DARK BROWN
	III → YELLOW
	IV → GREY-BROWN
	N-S 305

<b>JICA</b>		<b>INTERNATIONAL SECURITY</b>	
Sheet No.	5-91-04	Date	18/06/2004
Name of Basin	ANAUCO (41)	Inspected by	SANTAGO HAVELICIO
Location: distance from Code MI			1870 m



<b>Remarks</b>	VEINS OF Qtz UNDERMINING ON THE HORIZONTAL II PHOTO (38)
----------------	--

Figura S10-2.2.11 Esquemas para el Estudio de la Meteorización



**Meteorización Grado VI – V**

Parte superior de la pendiente (color pálido) es Grado VI



**Meteorización Grado V**

Esta pendiente consiste en Grado V solamente



**Meteorización Grado V – IV**

Un tercio de la parte superior de esta pendiente es Grado V



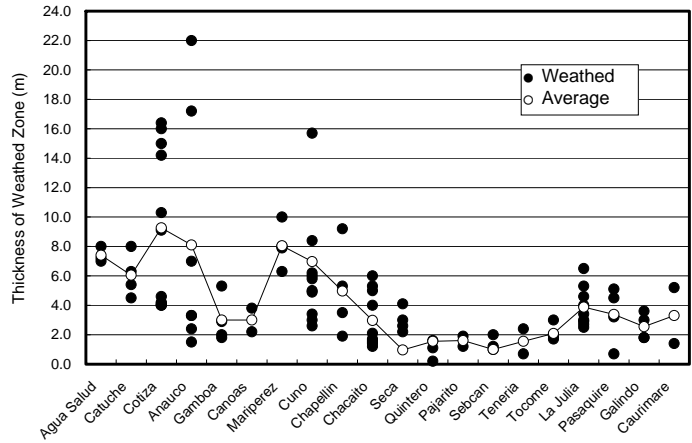
**Meteorización Grado III**



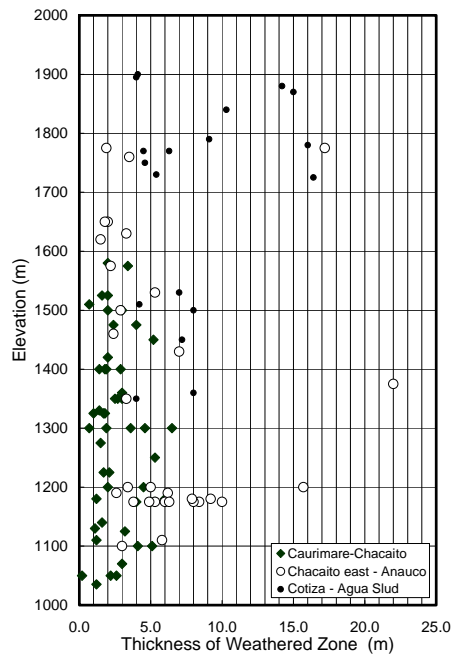
**Meteorización Grado II**

**Figura S10-2.2.12 Grado de Meteorización de Rocas en las Montañas de El Ávila**

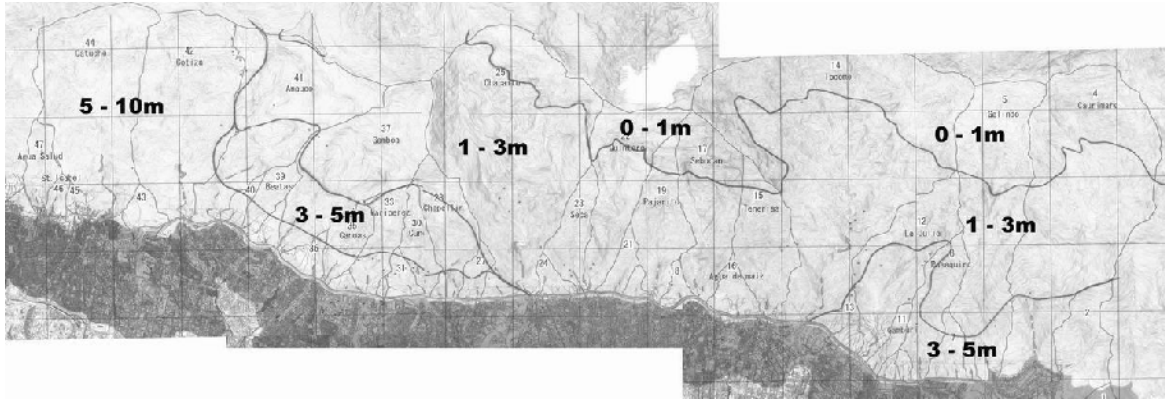




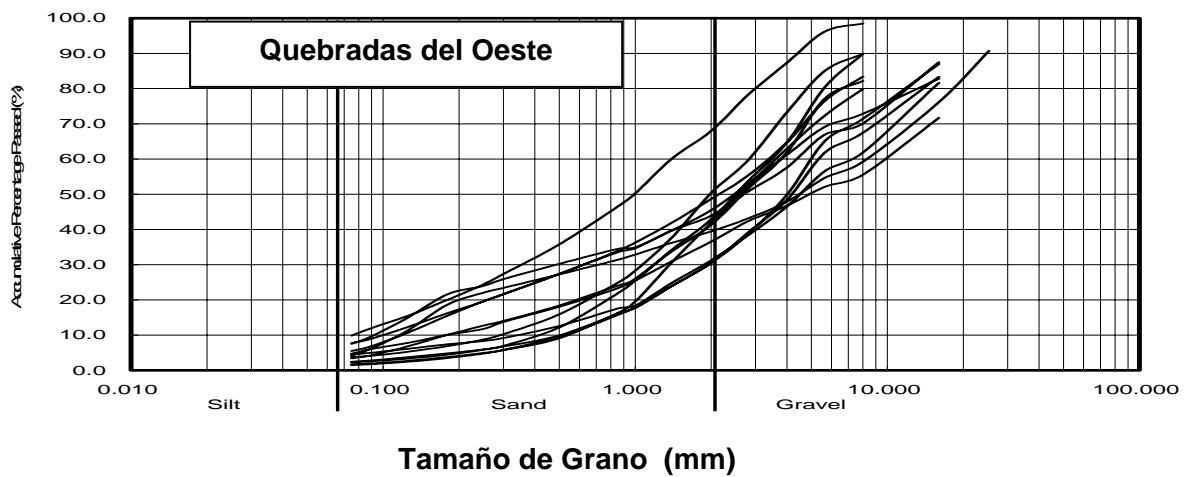
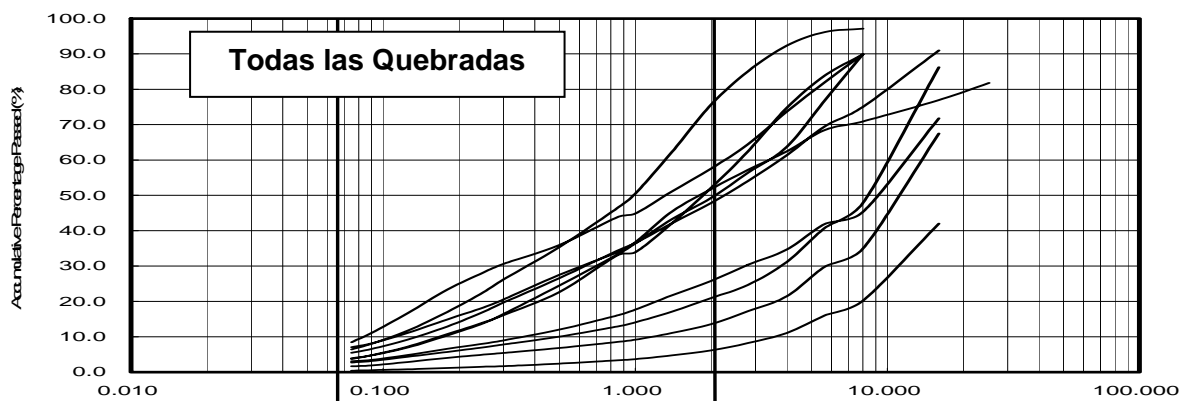
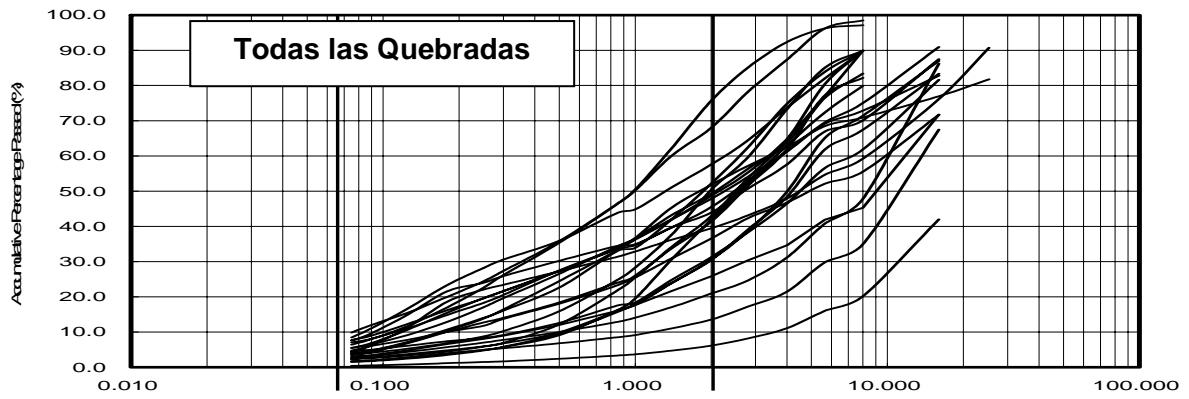
**Figura S10-2.2.13 Espesor de la Zona Meteorizada a lo largo de cada Cuenca**



**Figura S10-2.2.14 Espesor de la Zona Meteorizada – Elevación**



**Figura S10-2.2.15 Espesor de la Zona Meteorizada (Grado VI – IV)  
en las Montañas de El Ávila**



**Figura S10-2.2.16 Análisis de Tamaño de Grano**

**Quebradas del Este : Caurimare – Chacaíto**

**Quebradas del Oeste : Chapellin – Catuche**

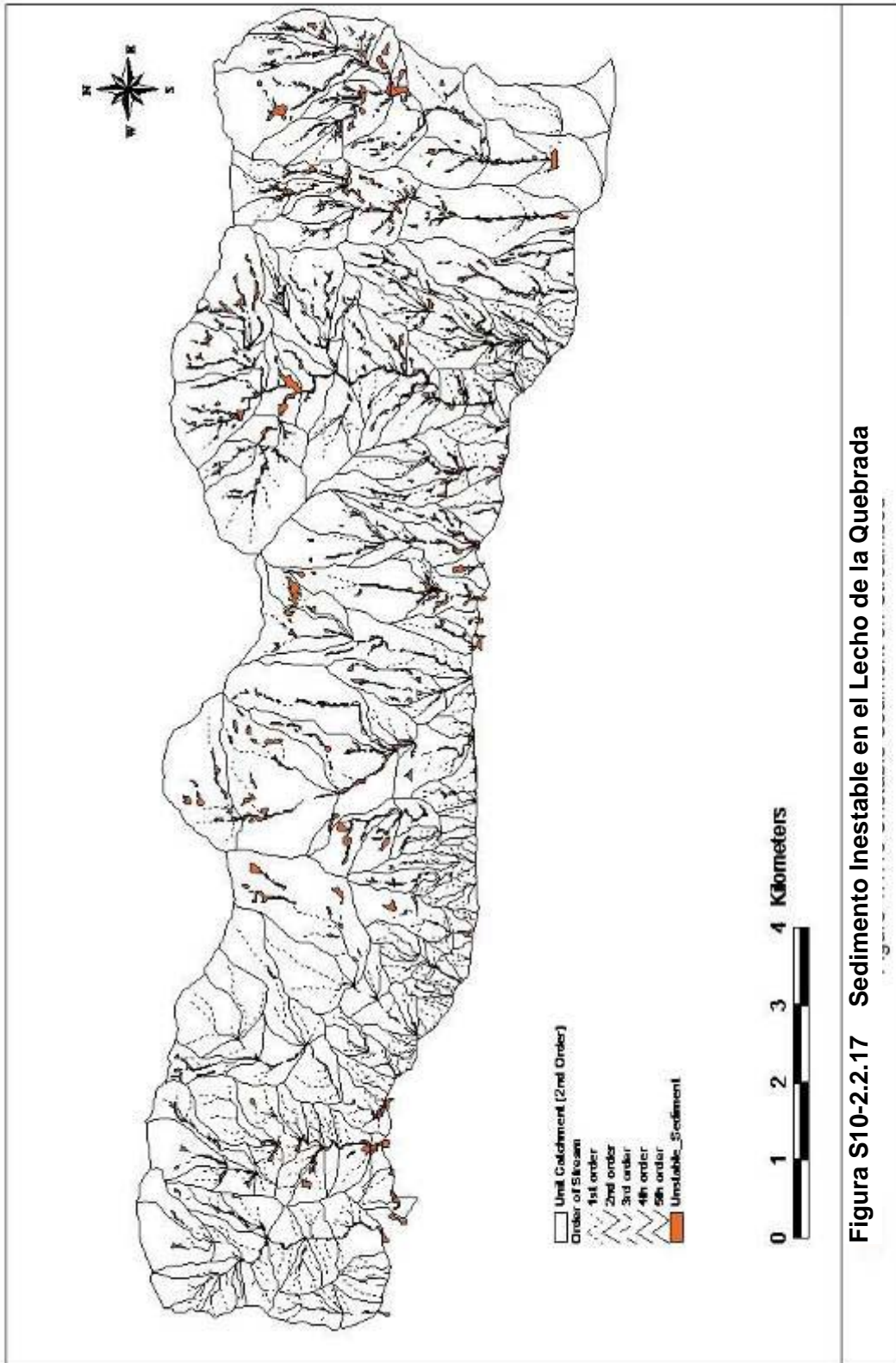


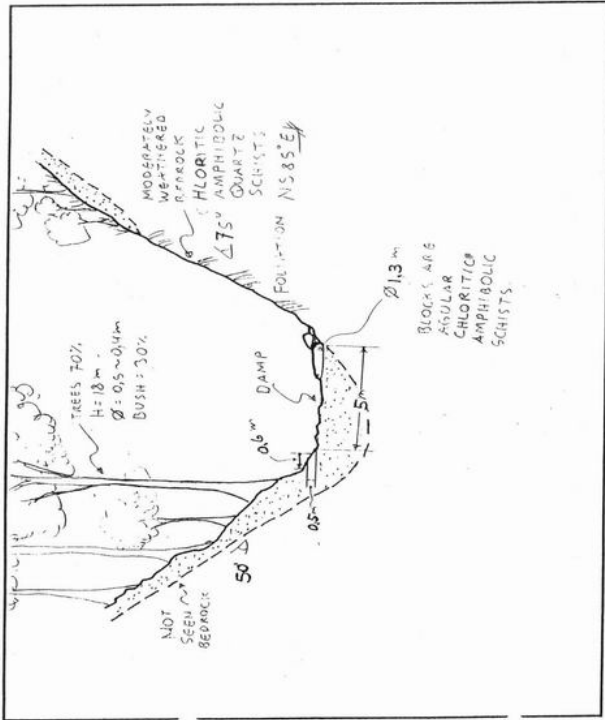
Figura S10-2.2.17 Sedimento Inestable en el Lecho de la Quebrada

**JICA** SHEET NO. **DEBRIS FLOW INSPECTION SHEET**

Stream Name: **CAMBURITA** SHEET: **1-CAM14** Date: **03/08/03**

Location: **150** m from Cota Mill Inspected by: **JUAN C. SANCHEZ**

**Sketch**



**Remarks**

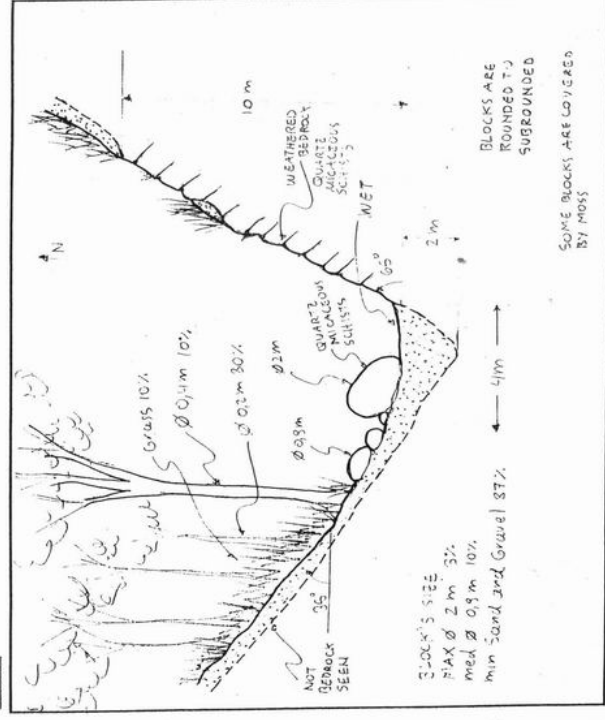
THE RIVERBED IS DAMP BECAUSE THERE IS A 8 INCHES DIAMETER PIPE RECEIVING ALL THE WATER FROM A DAM LOCATED ON THE UPPER STREAM

**JICA** SHEET NO. **DEBRIS FLOW INSPECTION SHEET**

Stream Name: **CAMBURITA** SHEET: **1-LJ-21** Date: **06/07/03**

Location: **250** m from Cota Mill Inspected by: **JUAN C. SANCHEZ**

**Sketch**



**Remarks**

SOME BLOCKS ARE COVERED BY MOSS

Figura S10-2.2.18 Secciones Transversales de las Quebradas Dibujadas por el Estudio de Campo



**Escombros  
relativamente  
ricos, Chacaíto**

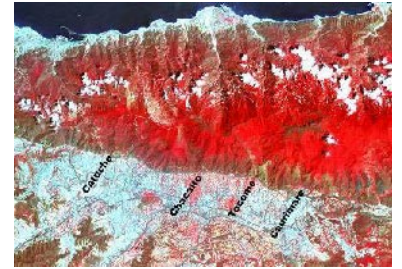
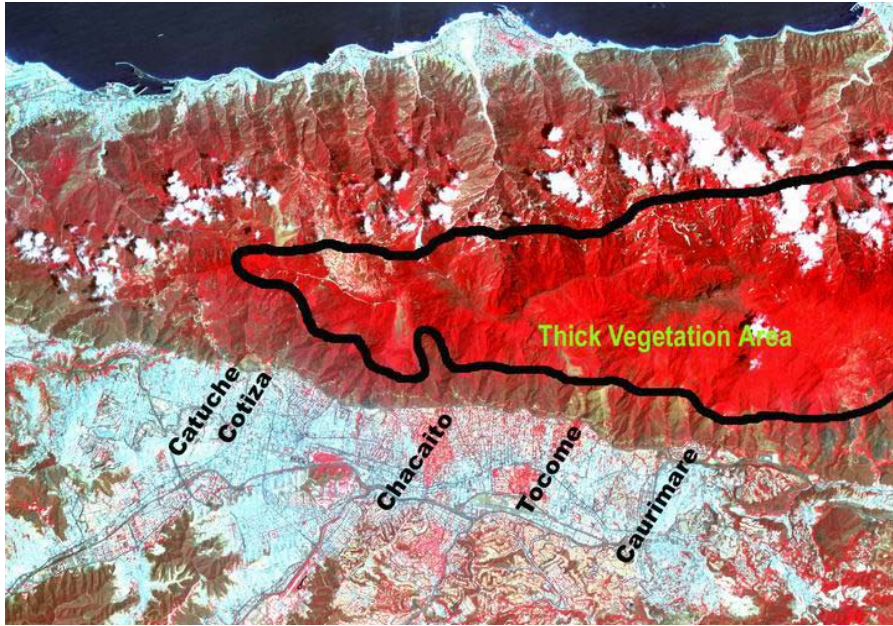


**Grandes Rocas  
parecen haber caído  
de la pendiente al  
lado de la Quebrada  
de Tócome**



**Rocas  
redondeadas y  
angulares pueden  
verse en Tócome**

**Figura S10-2.2.19 Fotos del Lecho de la Quebrada**



**Imagen original**

**Figura S10-2.2.20 Imagen Satelital con Banda Infrarroja**

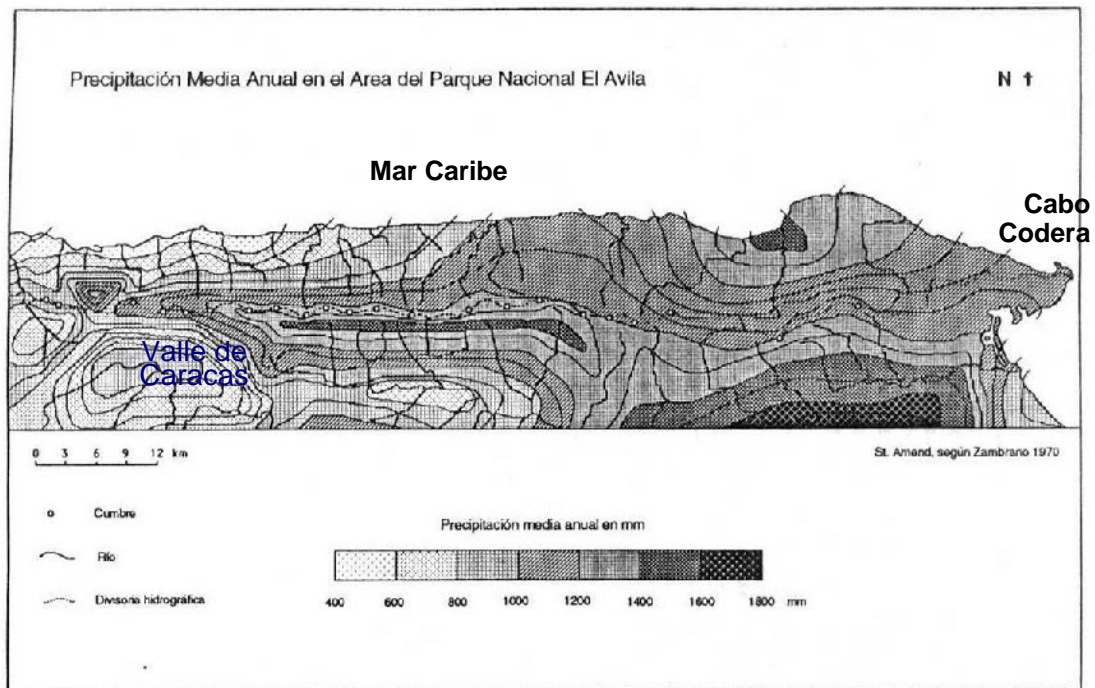
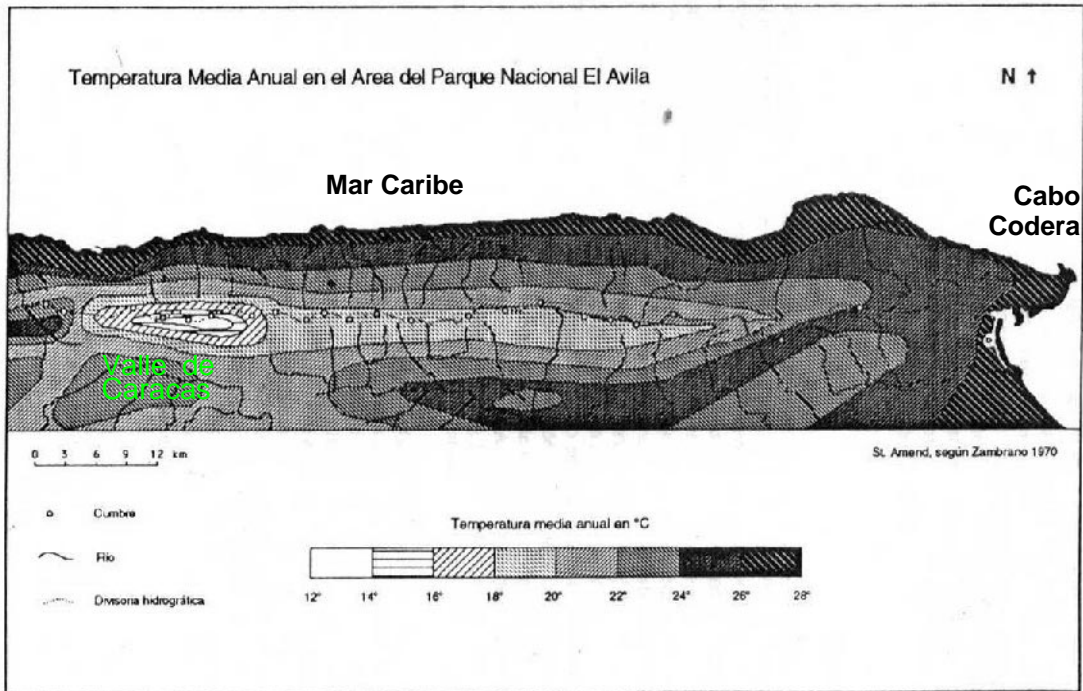


**Vegetación espesa (altitud media)**



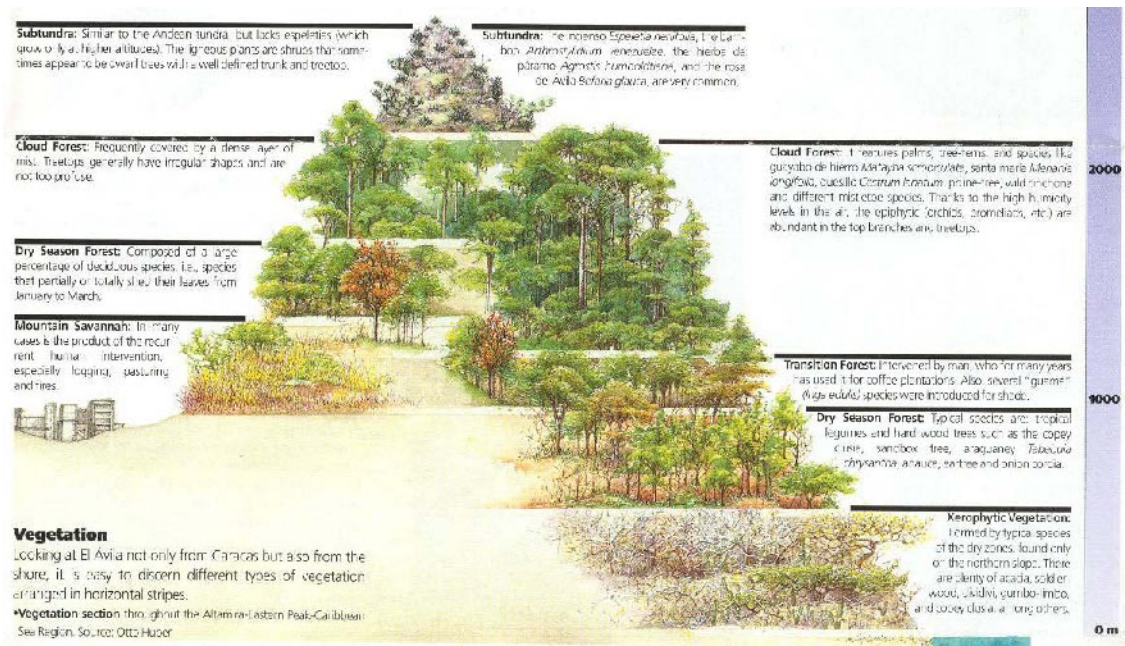
**Vegetación ligera/débil (altitud más baja)**

**Figura S10-2.2.21 Imagen de la Vegetación**



**Figura S10-2.2.22 Temperatura Media Anual y Precipitación Anual en los Alrededores de las Montañas de El Ávila**





**Figura S10-2.2.23 Transición de la Vegetación en las Pendientes Norte y Sur de las Montañas de El Ávila**

**(Eco-gráfica, Caracas, Imparques, Provita)**