Este huracán causo severos daños no solamente a la población sino que también a las principales infraestructuras como a los sistemas de transporte y comunicación. Después del Huracán Fifi, algunas medidas de mitigación de inundación como canales con bordos y bordos fueron implementadas, pero el Area de Estudio continúa siendo extremadamente vulnerable a inundaciones.

El Area de Estudio es parte del Valle de Sula, el cual es uno de las más importantes áreas de producción del país. Actualmente, esta importancia del área esta aumentando debido a la instalación de los parques industriales en ambas áreas de San Pedro Sula y Choloma.

El concepto básico para la planificación de las medidas de mitigación de inundaciones es proteger a las personas, sus pertenencias y bienes sociales de las inundaciones de los ríos pilotos a través de medidas estructurales y no-estructurales, basado en los resultados de la evaluación de las inundaciones que causo el Huracán Fifi.

9.3.2 Medidas Estructurales

1) Río Choloma

a) Descarga de Diseño

Las descargas de diseño en las estaciones principales son como sigue:

- La confluencia con el Canal San Roque (11.25 km): 790 cu. m/s
- El puente de carretera nacional (19.08 km) 620 cu. m/s

b) Perfil Longitudinal de Diseño

El perfil longitudinal de diseño se ha determinado ser I = 1/360 y 1/330 y se ha evaluado como estable de acuerdo al Estudio de Sedimentología (Capitulo 8). Este perfil longitudinal de diseño se muestra en *Fig.* 9.6.

c) Sección de Transversal

La sección transversal compuesta se planifica considerando la fácil operación y mantenimiento. La sección del canal de baja agua se diseña para tener la capacidad de flujo de la frecuencia de inundación de una vez en 2-3 años. El ancho del río se determina basándose en la Teoría de Régimen (B=C*Q^0.5, donde B: ancho del flujo, C: un constante, y Q: descarga de diseño). La sección transversal de diseño es como sigue:

-Ancho del canal del río de bajo agua (B1): 60 m
-Altura del canal de río de aguas bajas (h): 2 m
-Ancho del río (B2): 140 m

d) Nivel de Aguas Altas de Diseño

El nivel de aguas altas de diseño en los puntos principales es como sigue:

-La confluencia del Canal San Roque: 12.00 m sobre el nivel del mar
-El puente de carretera nacional 32.26 m sobre el nivel del mar

El nivel de aguas altas de diseño se muestra en *Fig.* 9.6.

e) Estructuras para la Mitigación de Inundaciones

Las estructuras propuestas se resumen como sigue y se muestran en *Fig.* 9.7.

-Bordo: 15.6 km en total (237,700 m^3)
-Revestimiento: 4 lugares, 4.8 km en total (42,600 m^2)
-Trabajos de canal de aguas bajas: 7.8 km (1,102,000 m^3)
-Rehabilitacion de los puentes: 2 lugares

2) Río Blanco

Cuando el Río Blanco fue mejorado en 1979, el curso río abajo del puente de carretera nacional, fue desviado para fluir en el Lago Carmen, en vez de seguir su curso original; consecuentemente, las crecidas fluyen al Río Chamelecon a través de los canales de drenaje como el Canal de San Roque, el Canal San Roque Cuabanos y el Canal Copen-Higuero Cuabanos.

Se reporta que la inundación del Canal San Roque son mas frecuentes y peores que antes de las mejorías de Río Blanco, y que la Laguna Carmen puede hacerse vado debido a la sedimentacion.

Para los propósitos de mitigación de inundaciones, las siguientes alternativas se han planificado (*Fig.* 9.8):

Alternativa-1 : Mejorar el Río Blanco y el Canal San Roque contra la descarga de inundaciones de diseño,

Alternativa-2 : Desviar el Río Blanco desde un punto localizado a 22.4 km para hacerlo coincidir con un punto tal localizado a 12.60 km del Río El Sauce, o sea, devolver el Río Blanco a su cauce original.

Llevar acabo las obras de mitigación de inundaciones requeridas por el Río Blanco y el Río El Sauce.

a) Descarga de Diseño

Las descargas del Río Blanco se resumen como sigue:

Estación	Alternativa-1 (cu. m)	Alternativa-2 (cu. m)
Canal San Roque (estación 0.0 km)	1,110	840
Estación 20.5 km (parte alta de la Laguna Carmen)	660	-
Estación 21.9 km (propuesta punto de desviación)	420	420
Estación 25.5 km (Confluencia con el Río de Armenta)	420	420

b) Perfil Longitudinal de Diseño

Las inclinaciones de diseño de lecho del río se muestran en *Figs.* 9.9~9.10(2).

c) Sección Transversal

La sección transversal compuesta se planifica considerando la fácil operación y mantenimiento. Por otra parte, un sección transversal singular se aplica para la Quebrada San Agustin, que fluye a través de una área montañosa entre la Laguna Carmen y el Canal San Roque. El canal de agua de la sección compuesta se diseña con una capacidad de flujo de una vez en 2 a 3-anos frecuencia de inundación. El ancho del río se determina como sigue:

(Alternativa-1)

Ubicación	B1(m)	h(m)	B2(m)
Canal San Roque (0.0~6.4 km)	60	3	146
Qda. San Agustin (6.4~9.8)	60	2	134
Río Blanco	Usar el canal en existencia		

(Alternativa-2)

El plan es seguir el canal existente del Río Blanco y construir un canal de desviación de 2.6 km desde el Río Blanco hasta el Río El Sauce. También, una sección compuesta se planifica para un canal de desviación como sigue:

Ubicación	B1(m)	h(m)	B2(m)
Canal de Desviación	40	1.5	126

d) Nivel de Aguas Altas de Diseño

El nivel de aguas altas de diseño en los puntos principales es como sigue:

Alternativa-1

Ubicación	Nivel de Aguas Altas de Diseño (EL)
Canal San Roque (0.0 km)	12.00 m
Canal San Roque (6.4 km)	15.70 m
Río Blanco (20.5 km)	56.10 m
Río Blanco (21.9 km) (desviación propuesta)	62.00 m
Río Blanco (23.9 km) (puente de carretera nacional)	69.50 m

Alternativa-2

Ubicación	Nivel de Aguas Altas de Diseño (EL)
Río Blanco (20.5 km)	60.51 m
Río Blanco (23.9 km)	67.06 m

e) Estructuras de Mitigación de Inundaciones

Las obras de mejoría del Río Blanco se muestran en *Tabla* 9.3 y *Figs.* 9.11 y 9.12. Estas se resumen de la siguiente manera:

(Alternativa-1)

(1) Canal San Roque (0 ~6.4 km)

- Bordo : 12.80 km (1,488,300 m3)
- Mejora de Canal : 6.40 km (998,400 m3)
- Rehabilitación del Puente : 2 lugares (146 m x 5 m x 2 no.)
- Encespado : 12.80 km (429,100 m2)

(2) Qda. San Agustin (6.4 km ~14.0 km)

- Bordo : 2.20 km (147,400 m3)
- Mejora de Canal : 4.40 km (533,400 m3)
- Encespado : 2.20 km (55,700 m2)

- Rehabilitación del Puente : 1 lugar (150 m x 5 m x 1 no.)
- Presa de tierra : 3 lugares (70 m x 4 m x 3 no.)
- Revestimiento (gavión) : 3 lugares (3,600 m2)

(3) Laguna Carmen (14.07 ~ 20.50 km)

- Bordo : 1.85 km (536,000 m3)
- Revestimiento (gavión) : 1.85 km (78,800 m2)
- Encespado : 1.85 km (69,600 m2)
- Alcantarilla : 4 lugares (2 m x 2 m x 15 m x 15 no.)
- Desagüe : 1 lugar (10 m x 8 m x 36 m)

(4) Río Blanco (20.5 ~ 23.9 km)

- Bordo : 1.5 km (85,500 m3)
- Encespado : 1.5 km (28,500 m2)

(Alternativa-2)

(1) Río Blanco (21.4 km ~ 23.9 km)

- Bordo : 1.5 km (85,500 m3)
- Canal de Desviación : 2.60km
  Bordo : 5.20 km (296,400 m3)
  Excavación : 2.60 km (431,600 m3)
  Encespado : 5.20 km (98,700 m2)
  Protección de lecho : 70 m x 50 m
  Azud de desviación y puente (B=10m) : 1 lugar (L = 70 m, H = 3 m)

En la Alternativa 2, también se requieren obras para la mitigación de inundación.

3) Río El Sauce

Cuando el Río El Sauce fue mejorado, el canal del río fue desplazado para fluir en el antiguo canal del Río Blanco. El curso de río arriba de la estación 9.75 km tiene suficiente capacidad de conducción para la descarga de diseño. También, el curso de río entre 12.60 km y 9.75 km tiene suficiente capacidad de conducción para ambos Río El Sauce y Río Blanco. La parte baja de 9.75 km al Río Chamelecon necesita mejoras.

a) Descarga de Diseño

Las descargas de diseño de los puntos principales son como sigue:

Estación	Río El Sauce	Con Río Blanco
0.00 km (confluencia al Río Chamelecon)	1,310 m^3/s	1,660 m^3/s
1.60 km (confluencia al Río Chotepe)	790 m^3/s	1,170 m^3/s
12.60 km (confluencia con Río Blanco)	610 m^3/s	1,050 m^3/s
14.60 km (confluencia con Río Bermejo)	610 m^3/s	610 m^3/s

b) Perfil Longitudinal de Diseño

Las inclinaciones de lecho de río y las secciones longitudinales se muestran en *Fig.* 9.10 (1).

c) Sección Transversal

Una sección transversal compuesta se planifica considerando la fácil operación y manternimiento. Las secciones propuestas para el tramo (0.00 km~9.75 km) con y sin el Río Blanco son como sigue:

Alternativa	B1(m)	h(m)	B2(m)
Sin el Río Blanco	40	2	144
Con el Río Blanco	60	2	184

d) Nivel de Aguas Altas de Diseño

Estación	Sin Río Blanco (EL)	Con Río Blanco (EL)
0.00 km	25.00 m	25.00 m
1.60 km	25.53 m	25.49 m
12.60 km	52.67 m	53.49 m
14.60 km	58.67 m	58.52 m

e) Estructuras de Mitigación de Inundaciones

Las obras propuestas de mejoramiento se muestran en *Tablas* 9.3, *Fig.* 9.11 y *Fig.* 9.12. Las obras principales se resumen como sigue:

-	Bordo (ribera izquierda)	:	5.50 km (296,300 m3)
-	Elevación del bordo existente	:	7.50 km (300,000 m3)
-	Mejora del canal	:	7.50 km (810,000 m3)
-	Encespado	:	11.00 km (563,500 m2)
-	Revestimiento	:	2.00 km (41,100 m2)
-	Puente (Est. 12.60 km)	:	un lugar (150 m x 10 m)

TABLAS

TABLA 9.1 INSTALACIONES EXISTENTES PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES Y ESCOMBROS (1)

A. Drainage Canal/

River/Canal (RV)	Location (LO)	Length(m) (LN)	Dimension(DM) B1(m)	B2(m)	H1(m)	S	Construction(CO) Agency(A)	Date(D)	Remarks (RM)
Canal Montanuela Cuabanos	C1	5.000	5,00	14,00	3,00	1,50	C.V.S	1992	
Canal Copen-Higuero Cuabanos	C2	11.390	21,00	28,50	2,50	1,50	C.V.S	1992	
		5.000	10,00	18,25	2,75	1,50	SECOPT	1990	
Canal San Roque Cuabanos	C3	690	21,00	28,50	2,50	1,50	C.V.S	1992	
		3.810					SECOPT	N.A	
Canal San Roque	C4	6.500	15,00	20,00	2,50	1,00	SECOPT	1992	
Canal Cotepe	C5	4.000	22,00	28,00	2,00	1,50	SECOPT	1990	

B.Embankment/

River/Canal /etc. (RV)	Location (LO)	Length(m) (LN)	Dimension(DM) B1(m)	H(m)	S1	S2	Construction(CO) Agency(A)	Date(D)	Remarks (RM)
Rio Chamelecon	E1	1.800	2,5	3,0/3,5	2	1,5	TELA R.C	*1930	
	E2	37.800	2,5	3,0/3,5	2	1,5	TELA R.C	*1930	
	E3	6.200	2,5	3,0/3,5	2	1,5	TELA R.C	1988	
	E4	5.500	2,5	3,0/3,5	2	1,5	TELA R.C	1988	
	E5	2.760	4	5,1	2	2	SECOPT	1991	
Rio Cholonia	Ec1	3.000	3,0/4,0	3,0/4,0	2	2	SECOPT	1991	
	Ec2	1.000	3,5	2,5	3	2	SECOPT	1975	
	Ec3	1.000	4,5/6,0	2,5	3	3	SECOPT	1975	
Rio Blanco-Canal San Roqe	Eb1	1.000	2,5	3,5	1,5	1,5	SECOPT	1969	
	Eb2	1.000	2	2	1,5	1,5	Private	1970	
	Eb3	3.940	10	3,8	5	3	MUNICIP.	1978	
	Eb4	4.365	10	4	5	3	MUNICIP.	1978	
		3.425	10	4	3	3	SECOPT	1978	
	Eb5	2.400	5	2	3	3	MUNICIP.	1978	
	Eb6	3.400	5	2	3	3	MUNICIP.	1978	
Rio El Sauce	Es1	1.800	2	1,5	2	2	MUNICIP.	1978	
	Es2	5.000	10	4	2	2	SECOPT	1992	
		13.500	10	2,0/4,0	3	3	MUNICIP.	1977	
	Es3	11.890	10	3,0/4,0	3	3	MUNICIP.	1977	
	Es4	5.590	10	3,0/4,0	3	3	MUNICIP.	1977	
	Es5	6.300	10	2,0/4,0	3	3	MUNICIP.	1977	
Rio El Sauce(viejo)-Choiepe	Ev1	7.000	3,5/4,0	3,0/4,0	2	2	SECOPT	1979/1992	
	Ev2	2.800	3	3	2	2	SECOPT	1979	
	Ev3	2.200	10	1,8/4,3	5	5	MUNICIP.	1977	
	Ev4	700	10	4,0/4,2	5	5	MUNICIP.	1977	
Lima Airport	Ea	11.500	4	4	2	2	SECOPT	1981/1990	

Note/Nota:

1.(RV):River/Canal
2.(LO):Location/
3.(LN):Length/
4.(DM): Dimension/
5.(CO):Construction/
(A):Agency/
(D):Date/ :* Approximately
C.V.S:Commission Sula Valley
MUNICIP.:Municipality of SanPedro Sula
TELA R.C:TELA Railway Company
6.(RM):Remarks/

TABLA 9.1 INSTALACIONES EXISTENTES PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES Y ESCOMBROS (2)

C. Sabo Dam

River/Canal (RV)	Location (LO)	Elevation (EL)	Dimension(DM)		Construction(CO)		Remarks (RM)
			L(m)	H(m)	Agency(A)	Date(D)	
Rio La Jutosa	SD1	274	84	11	SECOPT	1984	

D. Water Intake

River/Canal (RV)	Location (LO)	Elevation (EL)	Dimension(DM)		Construction(CO)		Remarks (RM)
			L(m)	H(m)	Agency(A)	Date(D)	
Rio Santa Ana	W1	N.A	15	3,5	MUNICIP.	N.A	
Rio Piedras	W2	N.A	21,6	3,5	MUNICIP.	N.A	

E. River Crossing Roads (Concrete)/DISPERSION WORK

River/Canal (RV)	Location (LO)	Elevation (EL)	Dimension(DM)			Construction(CO)		Remarks (RM)
			L(m)	B(m)	H(m)	Agency(A)	Date(D)	
Rio Choloma	Rc1	N.A	9,1	5,5	0,6	Patronato	1990	
Rio Blanco	Dp1	N.A	56	1,6	1,2	MUNICIP.	1978	
Rio Zapotal	Rz1	N.A	46	8,4	0,8	MUNICIP.	1978	
Rio El Sause	Rs1	N.A	38,6	8,1	1,8	MUNICIP.	1977	
Rio Santa Ana	Ra1	N.A	50	4	0,6	MUNICIP.	1977	
	Ra2	N.A	20	9	0,6	MUNICIP.	1977	
	Ra3	N.A	24	4.2	0.65	MUNICIP.	1977	
Rio Piedras	Rp1	N.A	38	8	0,6	MUNICIP.	1992	
	Rp2	N.A	34,5	9,3	0,8	MUNICIP.	1977	

Note/Nota:

1.(RV):River/Canal
2.(LO):Location/
3.(LN):Length/
4.(DM): Dimension/
5.(CO):Construction/
(A):Agency/
(D):Date/
C.V.S:Commission Sula Valley
MUNICIP.:Municipality of SanPedro Sula
TELA R.C:TELA Railway Company
6.(RM):Remarks/
7.N.A:Data is not Available
8.Choloma .M:Choloma Municipality

TABLA 9.2 CALCULOS DE NIVEL DE AGUA PARA DESCARGA PROBABLE (1)

1)Rio Choloma (UNIT:EL.M)

STA.km	Distance(m)	100-YEAR	50-YEAR	30-YEAR	10-YEAR	5-YEAR	2-YEAR
*11.48	0	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
12.23	750	13.55	13.30	13.14	12.74	12.47	12.11
13.08	850	15.61	15.45	15.33	15.00	14.71	14.15
14.28	1200	19.52	19.37	19.25	18.90	18.57	17.84
15.28	1000	21.90	21.73	21.60	21.23	20.90	20.28
16.28	1000	25.52	25.37	25.25	24.91	24.61	23.64
17.08	800	28.66	28.49	28.36	28.01	27.69	27.02
18.28	1200	32.05	31.89	31.77	31.44	31.15	30.78
*19.08	800	36.10	35.78	35.55	34.84	34.17	32.73
19.58	500	39.43	39.07	38.80	38.07	37.45	36.40
20.08	500	42.34	42.10	41.89	41.39	40.92	40.11
20.58	500	45.17	44.89	44.65	44.01	43.37	42.04
21.08	500	48.59	48.26	47.97	47.24	46.55	45.23
21.78	700	54.24	53.94	53.68	53.04	52.44	51.30
22.08	500	57.52	57.25	57.01	56.42	55.86	54.84
22.58	500	61.42	61.24	61.09	60.70	60.34	59.64
*22.98	400	65.96	65.81	65.66	65.31	64.97	64.33

Note: *

1) Sta 11.48 :Junction of Canal San Roqe

2) Sta 19.08 :Road Bridge (Sabo Control Point)

3) Sta 22.98 :Junction of Tributaries (Sub -Control Point)

(UNIT:M3/S)

STA.	100-YEAR	50-YEAR	30-YEAR	10-YEAR	5-YEAR	2-YEAR
11.48-19.08	890	790	720	530	380	150
19.08-22.98	690	620	560	420	300	120

TABLA 9.2 CALCULOS DE NIVEL DE AGUA PARA DESCARGA PROBABLE (2)

2) CANAL SAN ROQUE - RIO BLANCO (UNIT:EL.M)

STA.	Distance	100-YEAR	50-YEAR	30-YEAR	10-YEAR	5-YEAR	2-YEAR
CANAL SAN ROQUE							
*0	0	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
1.00	1000	13.00	12.80	12.66	12.36	12.19	12.03
2.10	1100	13.46	13.22	13.04	12.63	12.35	12.06
3.20	1100	13.96	13.70	13.49	12.97	12.58	12.11
4.10	900	14.33	14.04	13.82	13.25	12.79	12.17
5.00	900	14.71	14.41	14.17	13.54	13.02	12.24
5.70	700	15.01	14.71	14.46	13.83	13.29	12.41
6.40	700	15.43	15.13	14.88	14.22	13.66	12.63
Qda San Agustin : No Data available Sta.6.4~9.8 (Assumed Cross Section B=60m)							
6.40	0	15.43	15.13	14.88	14.22	13.66	12.63
8.00	1600	16.05	15.75	15.50	14.88	14.33	13.30
9.00	1000	18.50	18.28	18.10	17.66	17.24	16.49
9.80	800	22.66	22.47	22.30	21.86	21.44	20.53
9.80	0	22.66	22.47	22.30	21.86	21.44	20.53
10.30	500	24.77	24.53	24.32	23.79	23.24	21.99
10.80	500	26.38	26.14	25.93	25.41	24.89	23.78
11.30	500	29.04	28.74	28.48	27.83	27.20	25.87
11.80	500	31.44	30.96	30.57	29.62	28.77	27.11
12.30	500	32.96	32.64	32.38	31.75	31.19	30.00
12.80	500	37.05	36.65	36.32	35.48	34.61	32.94
13.07	270	37.64	37.24	36.90	36.09	35.33	33.83
13.57	500	44.20	43.78	43.42	42.59	41.76	40.15
*14.07	500	48.53	48.16	47.87	47.19	46.67	45.74
(LAGUNA EL CARMEN)							
18.90	0	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00
19.70	800	51.46	51.35	51.26	51.05	50.87	50.43
20.50	800	56.16	56.04	55.93	55.64	55.36	54.77
21.40	900	59.51	59.37	59.24	58.94	58.67	58.08
22.40	1000	62.95	62.77	62.61	62.21	61.80	60.64
*23.45	1050	65.30	65.15	65.03	64.77	64.51	63.80
24.45	1000	69.62	69.48	69.37	69.11	68.85	68.18
25.45	1000	75.33	75.19	75.03	74.70	74.38	73.60

PROBABLE DISCHARGE DISTRIBUTION

(UNIT:M3/S)

STA.	100-YEAR	50-YEAR	30-YEAR	10-YEAR	5-YEAR	2-YEAR
0.00-6.40	1250	1110	1000	730	520	200
6.40-9.80	1000	890	800	590	420	160
9.80-14.07	880	780	700	520	370	140
18.90-21.40	740	660	590	440	320	120
21.40-25.45	680	600	540	410	300	110

Note: *

1) Sta 0.00 :Junction of Rio Choloma
2) Sta 14.07 :Outlet of Lake El Carmen
3) Sta 23.45 :Near the Road Bridge (Subo Control Point)

TABLA 9.2 CALCULOS DE NIVEL DE AGUA PARA DESCARGA PROBABLE (3)

3) Rio El Sauce (UNIT:EL.M)

STA.	Distance(m)	100-YEAR	50-YEAR	30-YEAR	10-YEAR	5-YEAR	2-YEAR
*0	0	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00	26.00
1.60	1200	27.11	26.78	26.64	26.36	26.19	26.03
2.80	1200	27.60	27.18	27.00	26.61	26.34	26.05
3.90	1100	28.37	27.93	27.74	27.30	26.92	26.29
4.90	1000	29.66	29.28	29.11	28.70	28.33	27.58
5.90	1000	31.39	31.12	31.00	30.71	30.45	29.87
6.90	1000	33.01	32.79	32.68	32.40	32.12	31.56
7.90	1000	35.61	35.47	35.41	35.26	35.12	34.73
8.50	600	39.04	38.87	38.80	38.60	38.40	37.88
9.00	500	41.49	41.19	41.01	40.59	40.18	39.37
9.75	750	43.55	43.28	43.15	42.83	42.54	41.88
10.75	1000	47.63	47.35	47.21	46.84	46.52	45.73
11.55	800	49.26	48.96	48.81	48.43	48.09	47.25
*12.6	1050	52.90	52.66	52.52	52.19	51.88	51.12
13.55	950	56.00	55.71	55.56	55.18	54.83	54.07
*14.6	1050	58.90	58.54	58.38	57.98	57.62	56.78

PROBABLE DISCHARGE DISTRIBUTION

(UNIT:M3/S)

STA.	100-YEAR	50-YEAR	30-YEAR	10-YEAR	5-YEAR	2-YEAR
0.00	1480	1310	1180	860	610	230
1.60-12.60	890	790	710	530	380	140
12.60-14.60	690	610	530	410	300	110

Note: *

1) Sta 0.00 :Junction of Rio Chamelecon
2) Sta 12.60 :Road crossing
3) Sta 14.6 :Junction of Tributaries

TABLA 9.3 ESTRUCTURAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS

Area/River of Alternatives	River Improvement Facilities/Works	Alternative 1	Alternative 2	Major Works
1.Rio.Blanco-Canal San Roqe and Rio Sauce (Alternative 1)				
1.1 Canal San Roqe(0-6.4km)	1).Embankment	H=5.3m,L=12.8km	Out of Basin	Banking Works Sodding Works
	2). Channel Improvement	B1=60m,L=6.4km		Excavation Works
	3).Bridge Improvement	1pls		Miscellaneous
	4).Land Acquision	149.76 ha		1)-2)
1.2 Rio Blanco(Lower)			Out of Basin	
1) .6.4km-9.8km	1).Embankment	H=4m,L=2.2km		Banking Works Sodding Works
	2). Channel Improvement	B1=60m,L=3.4km		Excavation Works
	3).Culvert Improvement	1pls		Miscellaneous
	4).Land Acquision	53.72 ha		1)-2)
2). 9.8km-14.0km	1). Channel Improvement	L=0.5km		Excavation Works
	2).Ground.Sill	3		Concrete Works Gabion Works
1.3 Lake Carmen (14.0-20.5km)	1).Embankment (Closing Dike)	H=5.7-6.4m,1.85 km	Out of Basin	Banking Works Sodding Works
	2).Revetment	1.85 km		Gabion Works
	3).Outlet	1pls		Concrete Works Gate Works
	4).Culvert	4 pls		
	5).Land Acquision	5.15 ha		1)-3)
1.4/2.1 Rio Blanco(Upper) (Alternative 1 &2)	1).Embankment *Left Bank Only	H=3.0m,L=1.5km	H=3.0m,L=1.5km	Banking Works Sodding Works
	2).Revetment	0	0	Revetment Works
	3). Channel Improvement	1.5km	1.5km	Excavation Works Gabion Works
	4).Land Acquision	4.2 ha	4.2 ha	1)-3)
2.2 Diversion Canal (2.6 km) Rio Blanco-El.Sauce (Alternative 2)				
	1).Embankment	0	H=3.0m,L=5.2km	Banking Works Sodding Works
	2). Channel Improvement	0	B1=60m,L=2.6km	Excavation Works
	3).Diversion Weir	0	1 Pls	Concrete Works Gabion Works Bridge Works
	4).Land Acquision	0	56.68 ha	1)-2)
2.3 El.Sauce (Alternative 1 & 2)				
1).Left Bank	1).Embankment	H=3.6m,L=5.5km	H=3.6m,L=5.5km	Banking Works Sodding Works
2).Right Bank	1).Embankment	H=4.5m,L=7.5km Exit.H=3.5m	H=4.5m,L=7.5km Exit.H=3.5m	Banking Works Sodding Works
	2). Channel Improvement	B1=40m,L=2.6km	B1=60m,L=7.5km	Excavation Works
	3).Revetment	2.0 km	2.0 km	Revetment Works
	4).Bridge	1	1	Concrete Works Gabion Works Bridge Works
	5).Land Acquision	95.25 ha	117.75 ha	1)-2)

Note:
1).H :Height of Embankment
2).L : Length
3).B1:Width of Low Water Channel

FIGURAS

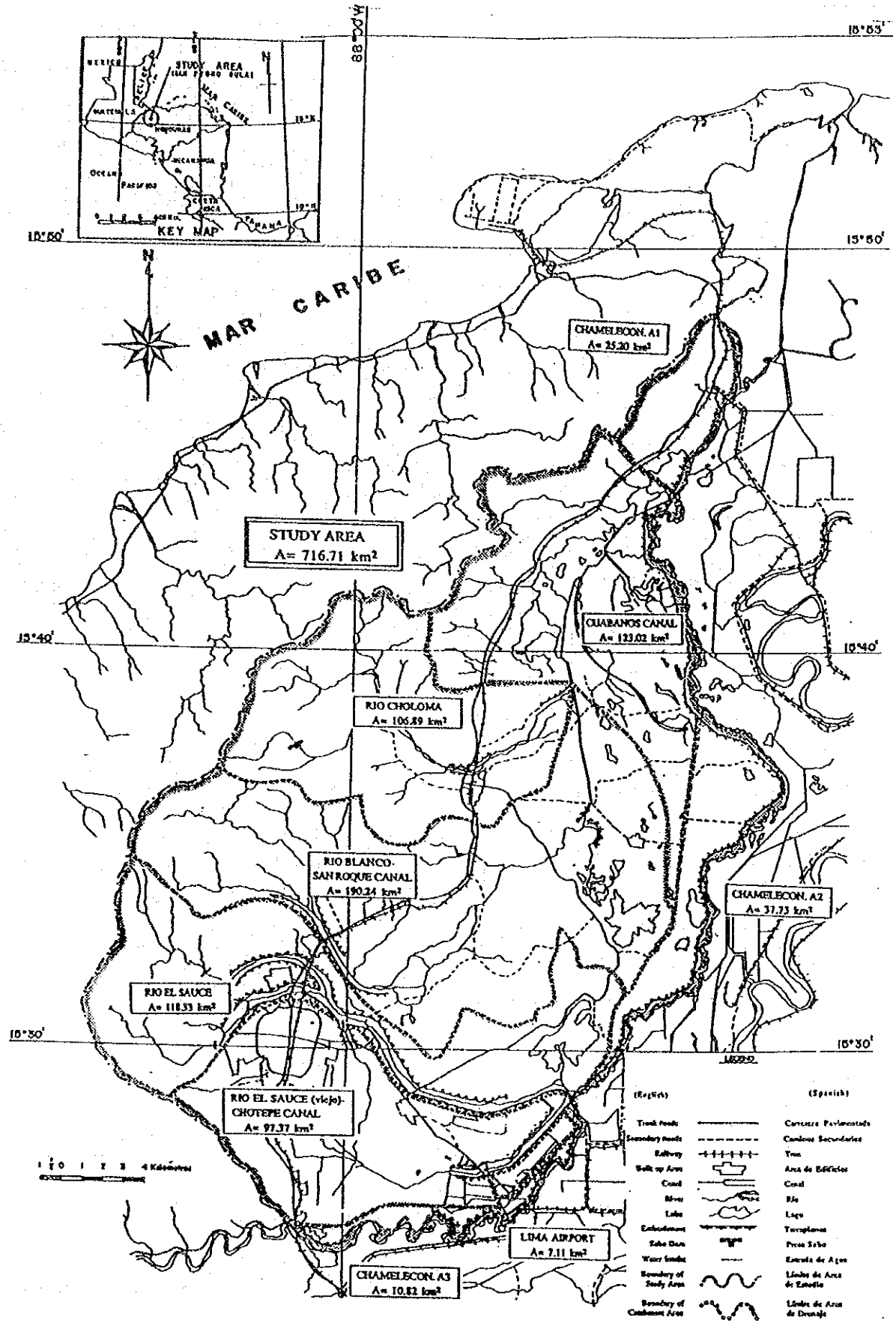


FIG.9.1 SISTEMA DE RIO DEL AREA DE ESTUDIO

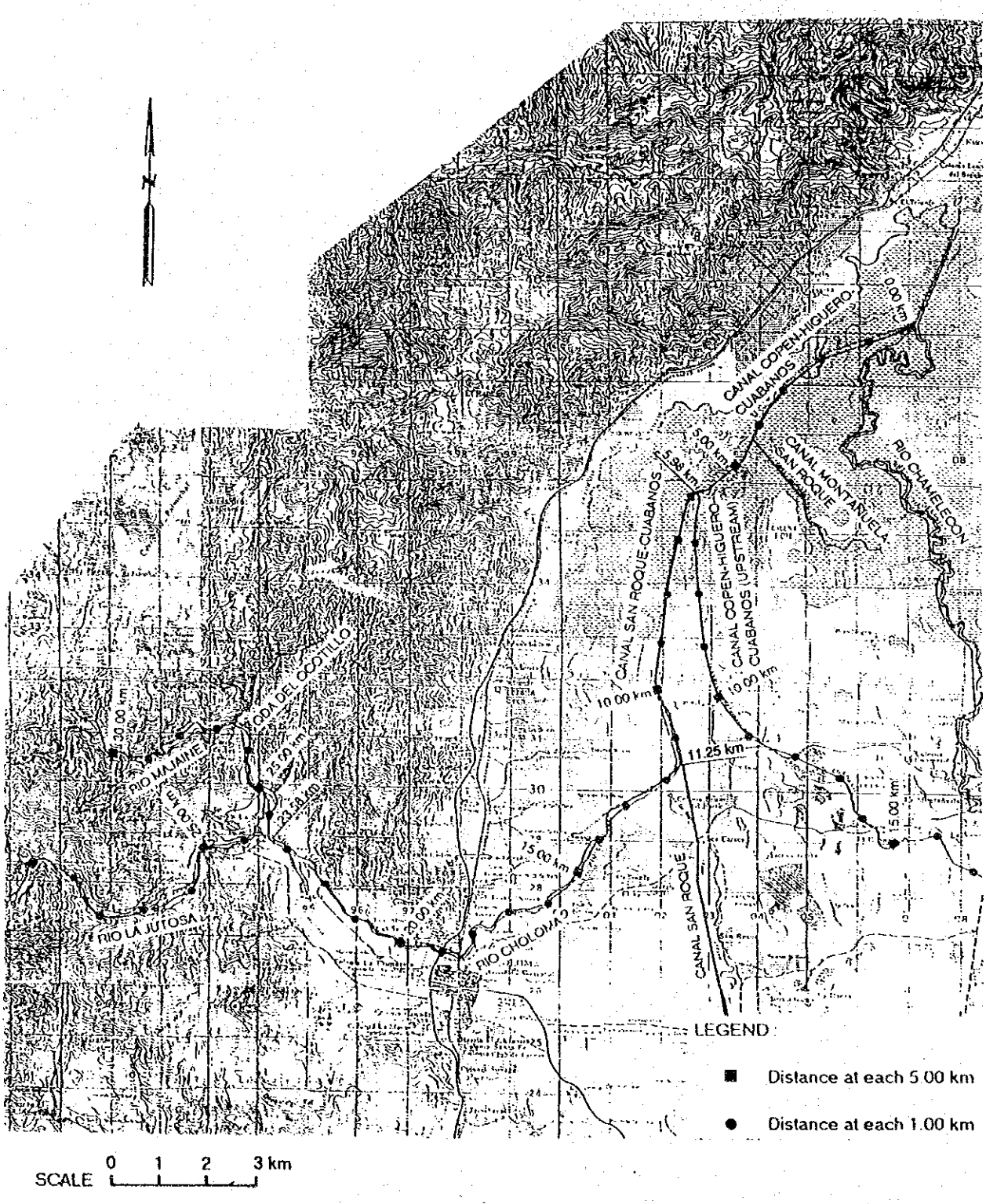


FIG.9.2(1) SISTEMA DE RIO DEL RIO CHOLOMA Y LOS CANALES AGUAS ABAJO

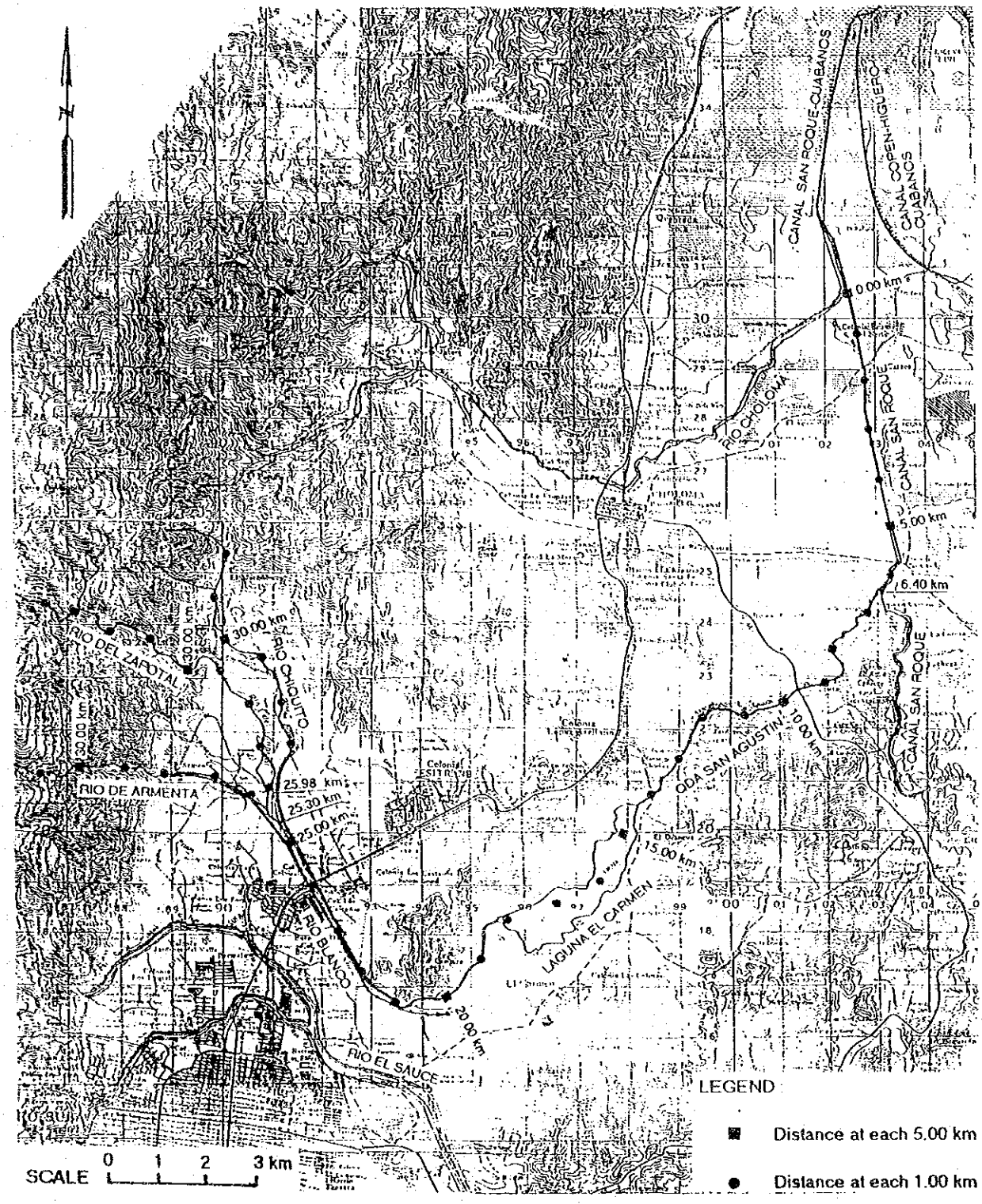


FIG.9.2(2) SISTEMA DE RIO DEL RIO BLANCO Y CANAL SAN ROQUE

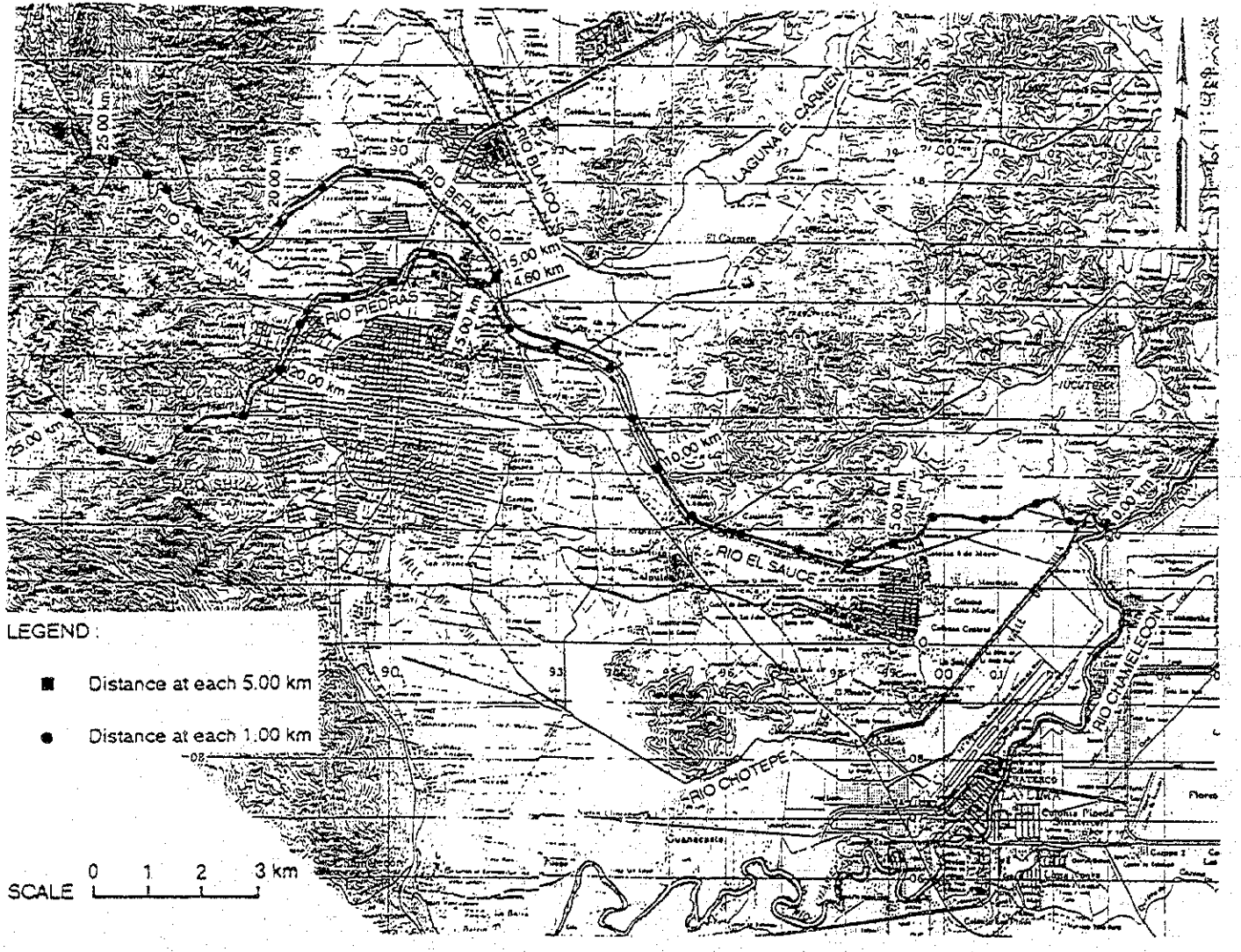


FIG.9.2(3) SISTEMA DE RIO DEL RIO EL SAUCE

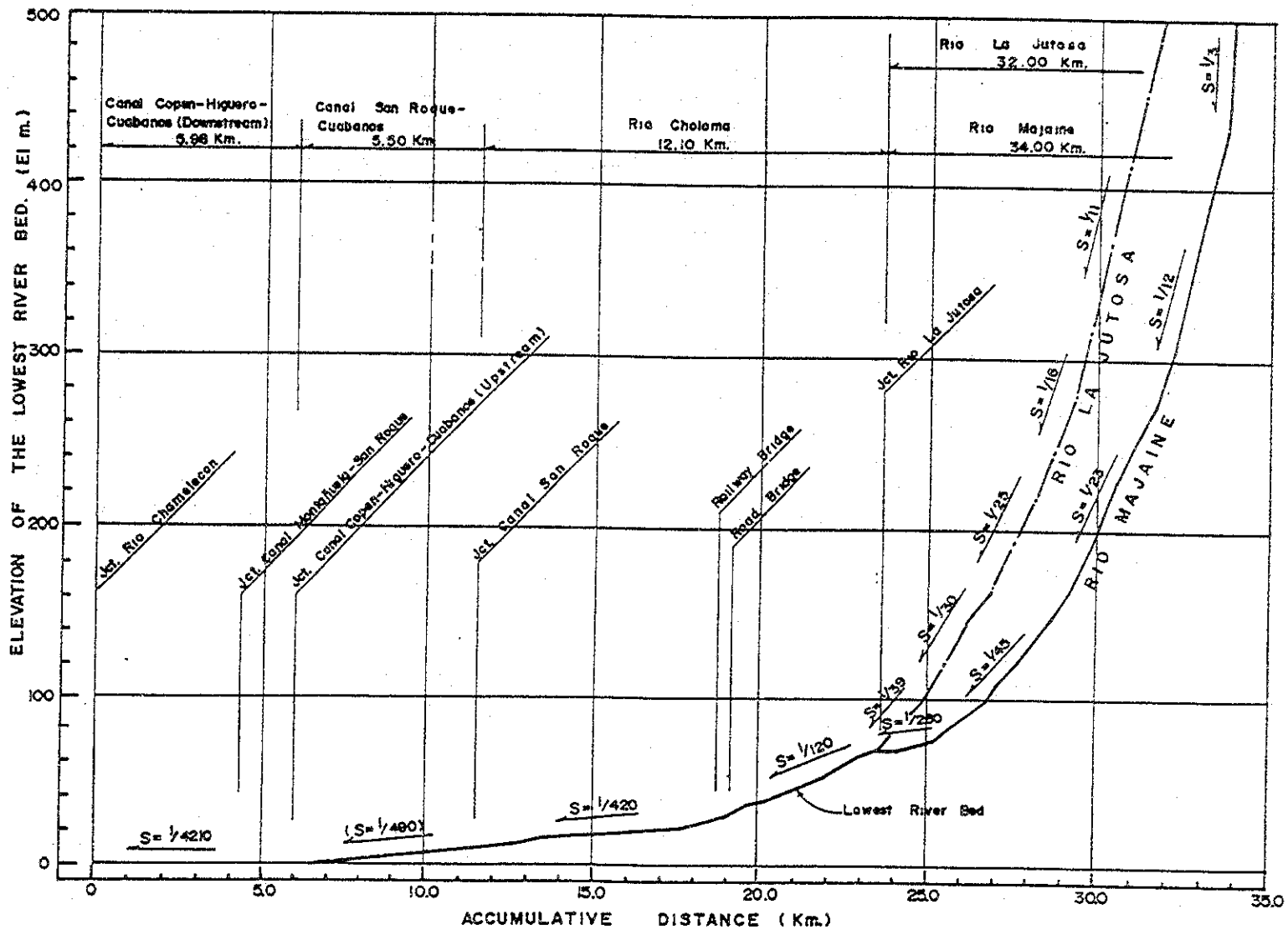


FIG.9.3(1) PERFIL LONGITUDINAL DEL RIO CHOLOMA Y DE LOS CANALES AGUAS ABAJO

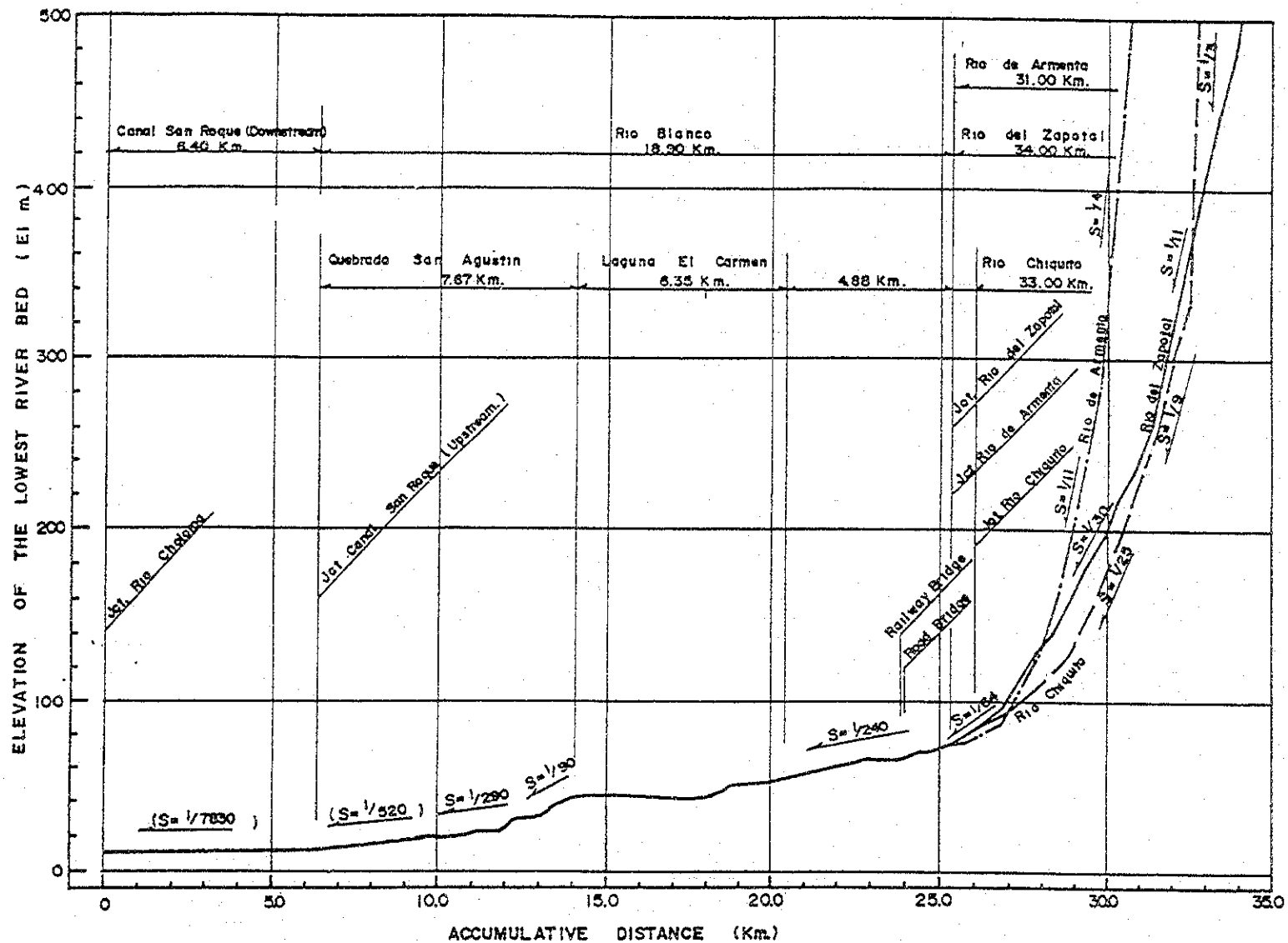


FIG.9.3(2) PERFIL LONGITUDINAL DEL RIO BLANCO Y CANAL SAN ROQUE

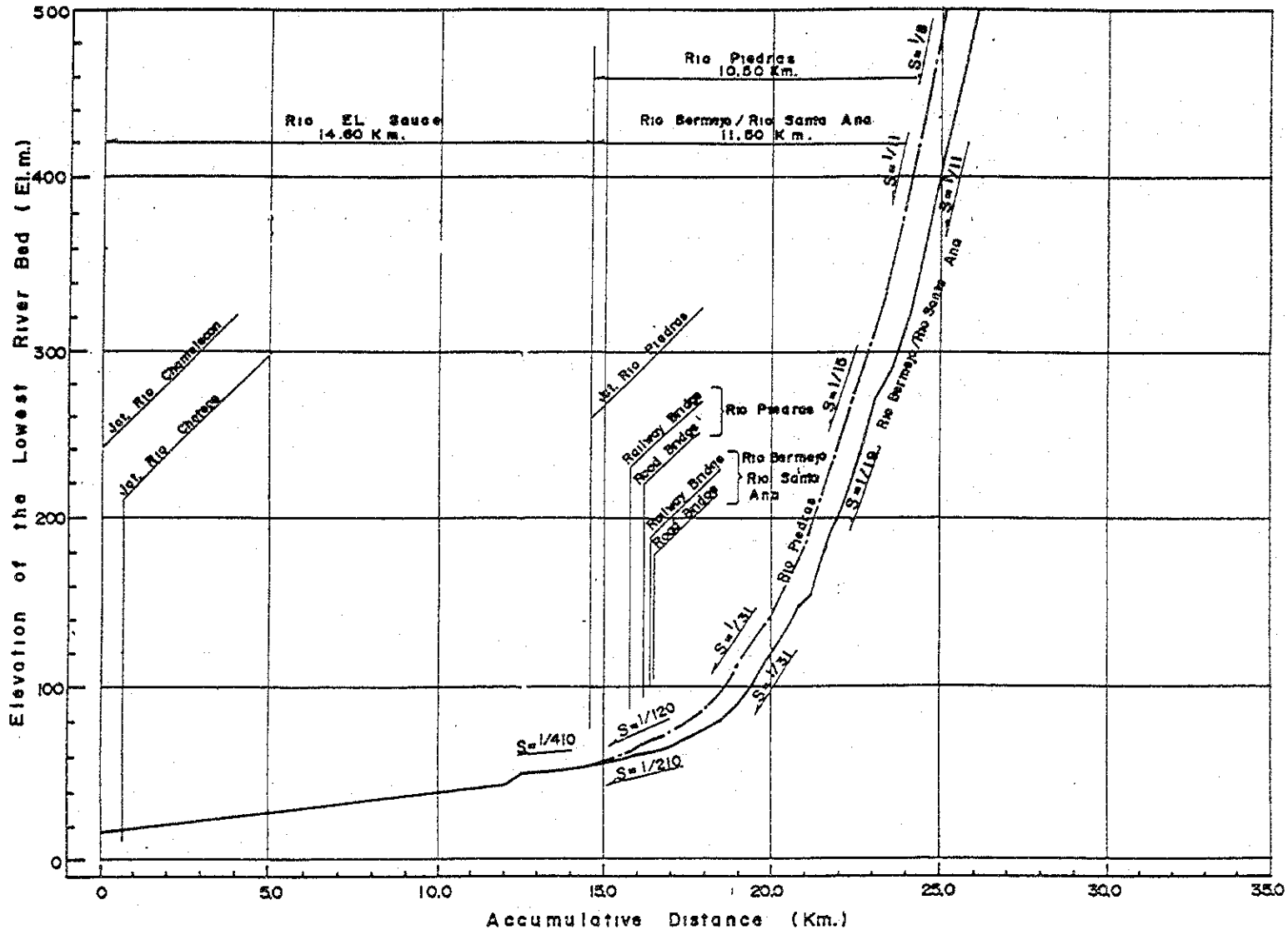


FIG.9.3(3) PERFIL LONGITUDINAL DEL RIO EL SAUCE

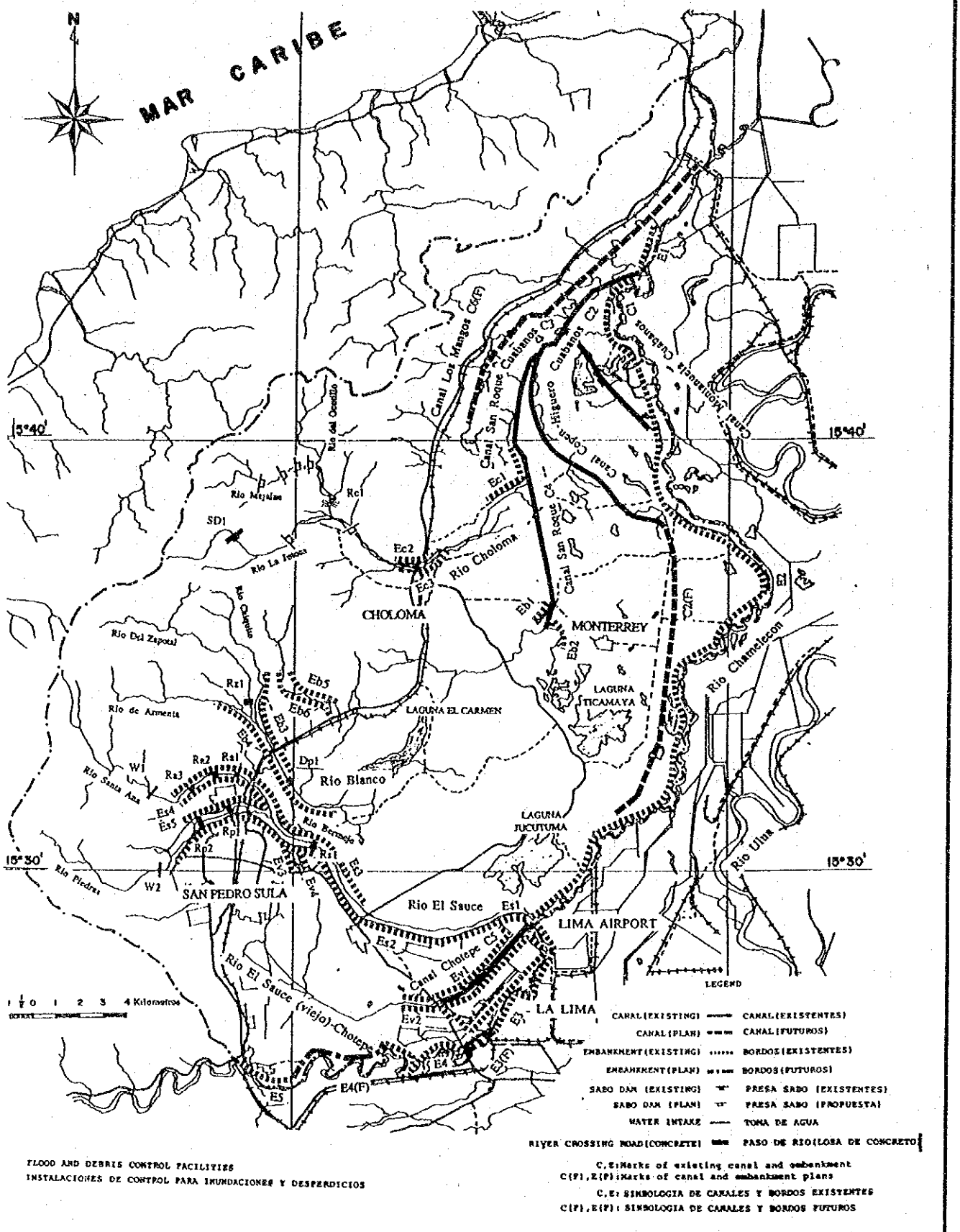


FIG.9.4 ESTRUCTURAS EXISTENTES PARA CONTROL DE INUNDACION Y PLAN DE ESTRUCTURAS

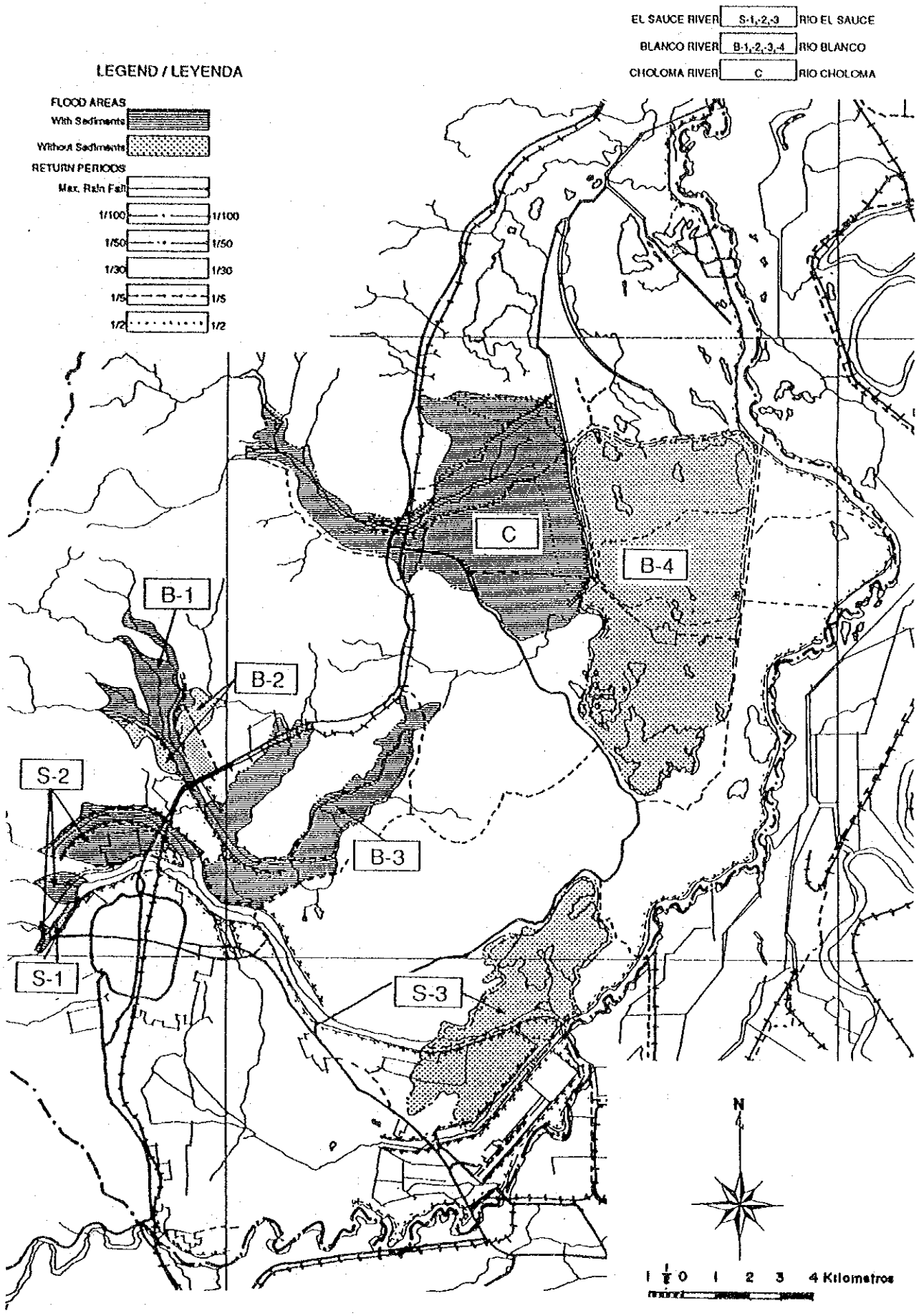


FIG.9.5 AREA DE INUNDACION ESTIMADA POR ESCALAS DE INUNDACION

JICA

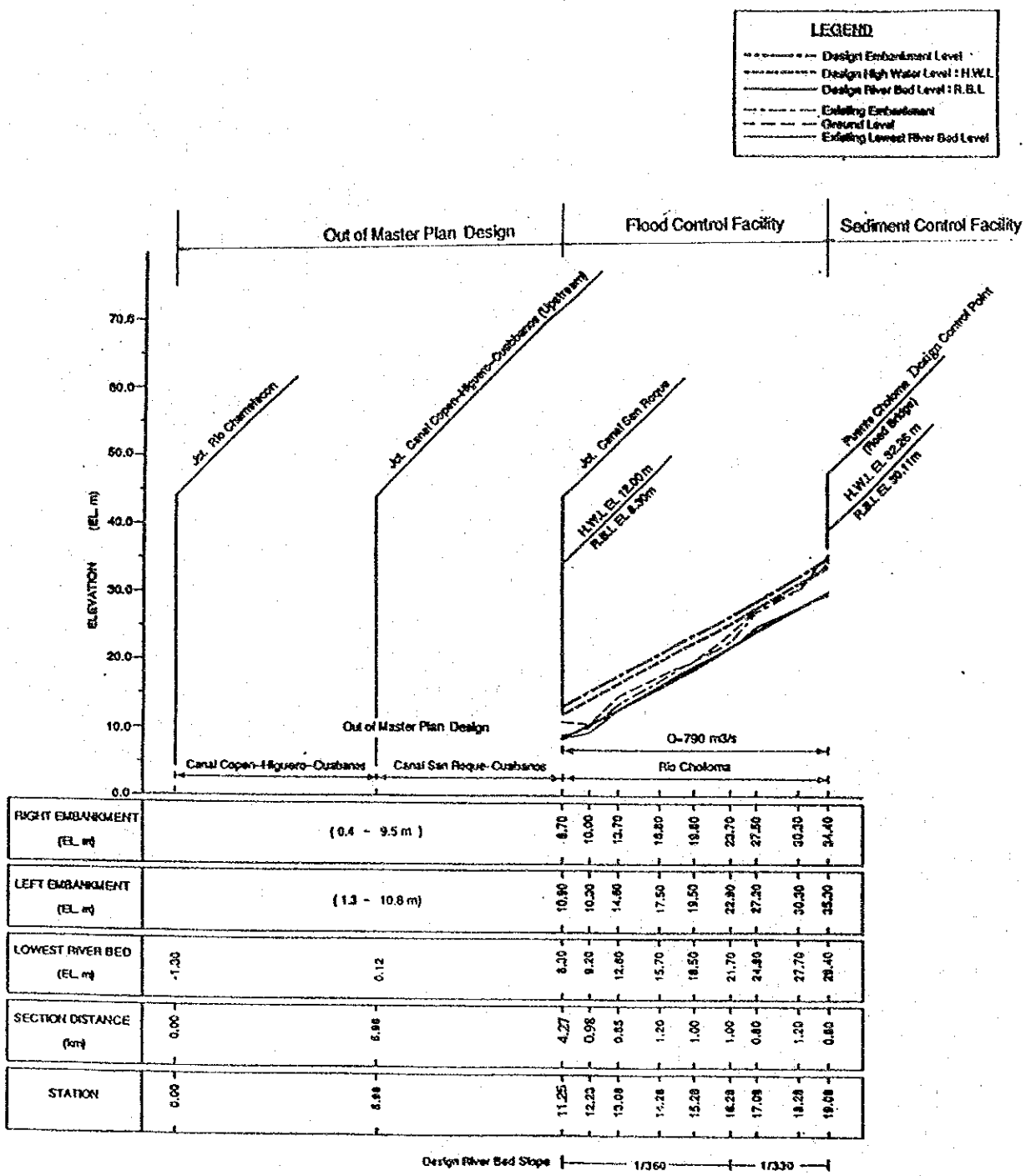


FIG.9.6 DISEÑO LONGITUDINAL SECCIONAL DEL RIO CHOLOMA

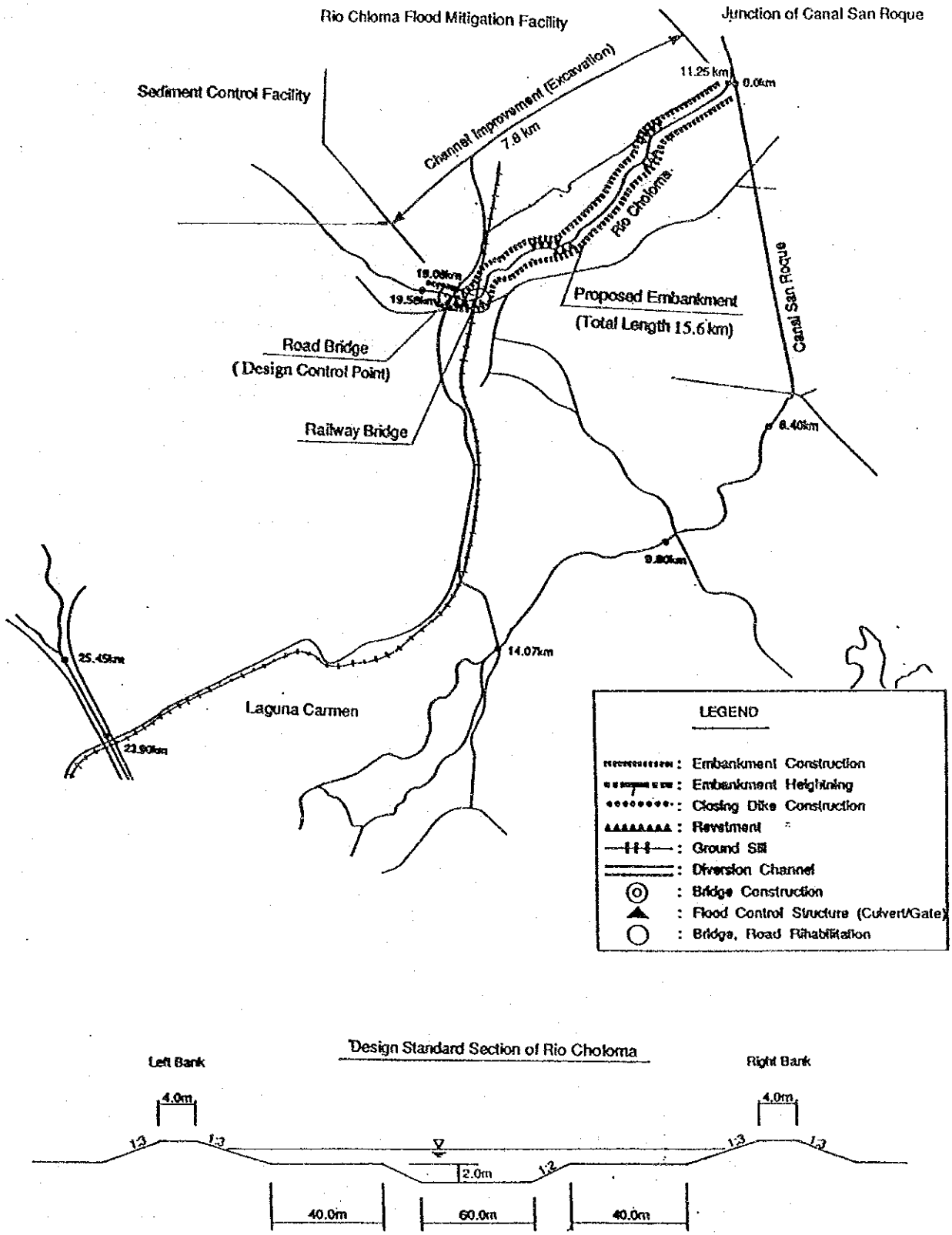


FIG.9.7 ESTRUCTURAS Y MITIGACION DE INUNDACIONES PROPUESTAS Y DISEÑO DE SECCIONES TRANSVERSALES DEL RIO CHOLOMA

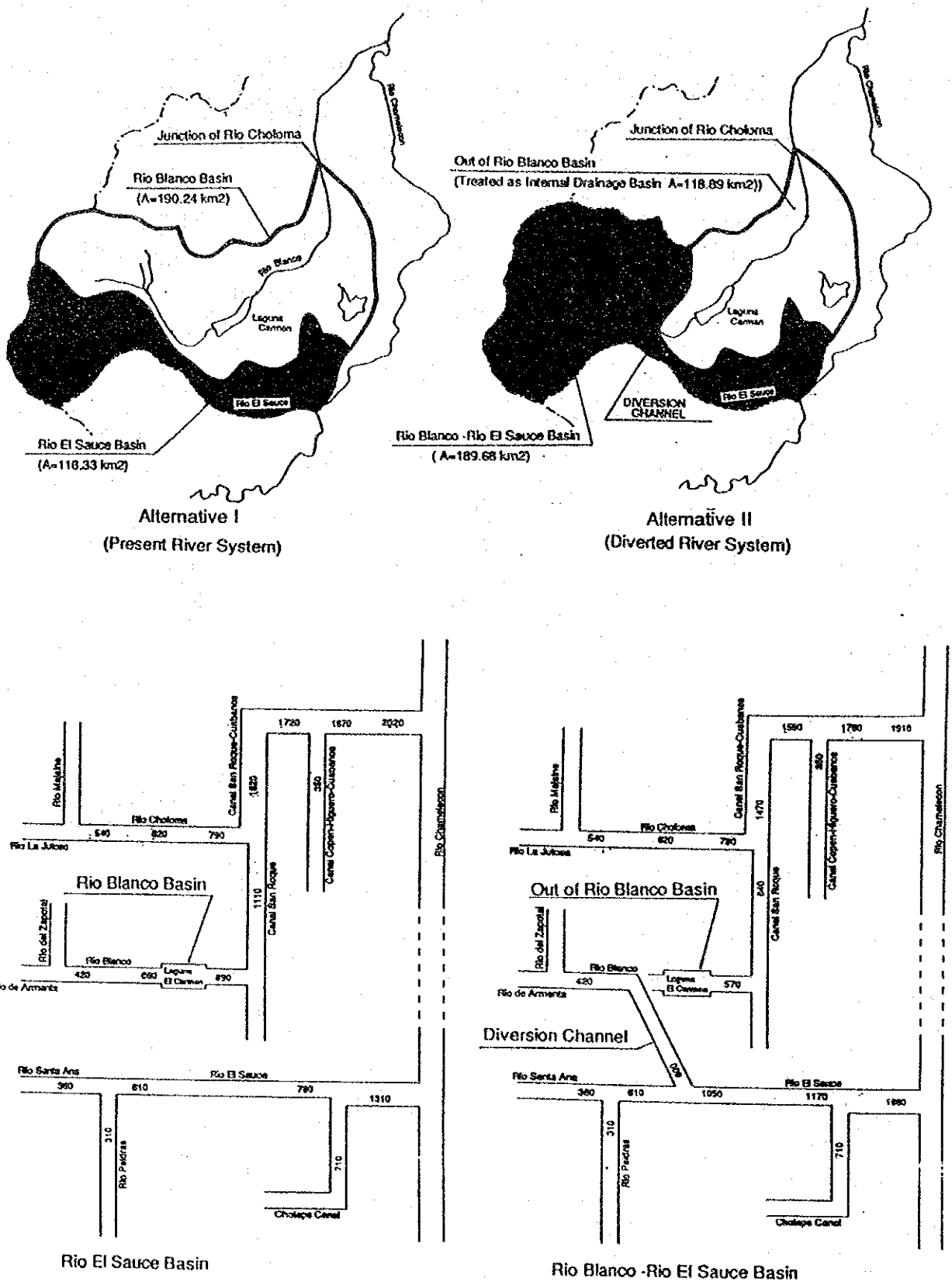
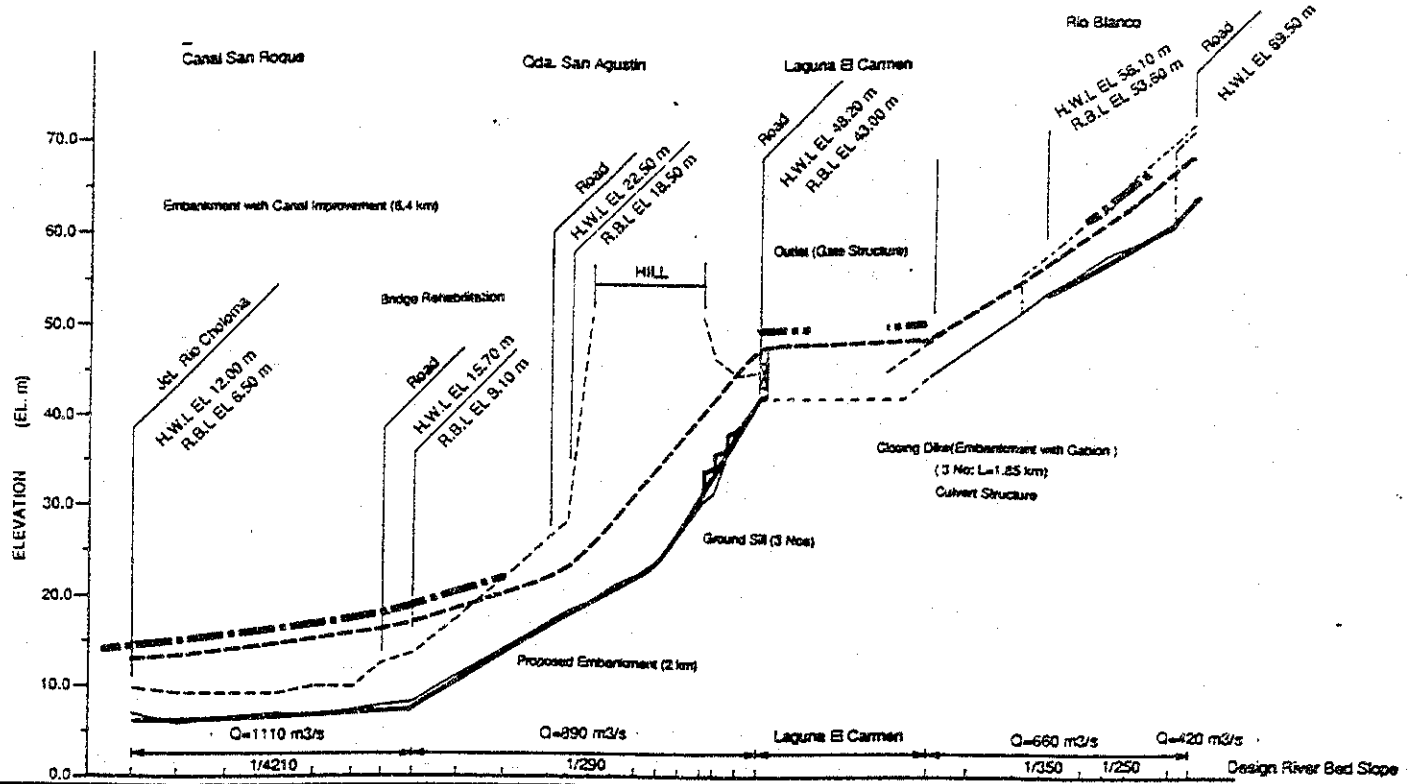


FIG.9.8 RASGOS PRINCIPALES DE ALTERNATIVAS DEL SISTEMA DE RIO


Canal San Roque
Qda. San Agustin
Laguna El Carmen
Rio Blanco
Road
H.W.L EL 59.50 m
H.W.L EL 56.10 m
R.B.L EL 53.50 m
H.W.L EL 48.20 m
R.B.L EL 43.00 m
H.W.L EL 22.50 m
R.B.L EL 18.50 m
H.W.L EL 15.70 m
R.B.L EL 9.10 m
H.W.L EL 12.00 m
R.B.L EL 6.50 m
Jct. Rio Cholona
Embankment with Canal Improvement (6.4 km)
Bridge Rehabilitation
HILL
Outlet (Gate Structure)
Closing Dike(Embankment with Gabion)
(3 Nos: L=1.85 km)
Culvert Structure
Ground Sill (3 Nos)
Proposed Embankment (2 km)
ELEVATION (EL. m)
70.0
60.0
50.0
40.0
30.0
20.0
10.0
0.0
Q=1110 m3/s
Q=890 m3/s
Laguna El Carmen
Q=660 m2/s
Q=420 m3/s
1/4210
1/290
1/350
1/250
Design River Bed Slope

| | | |

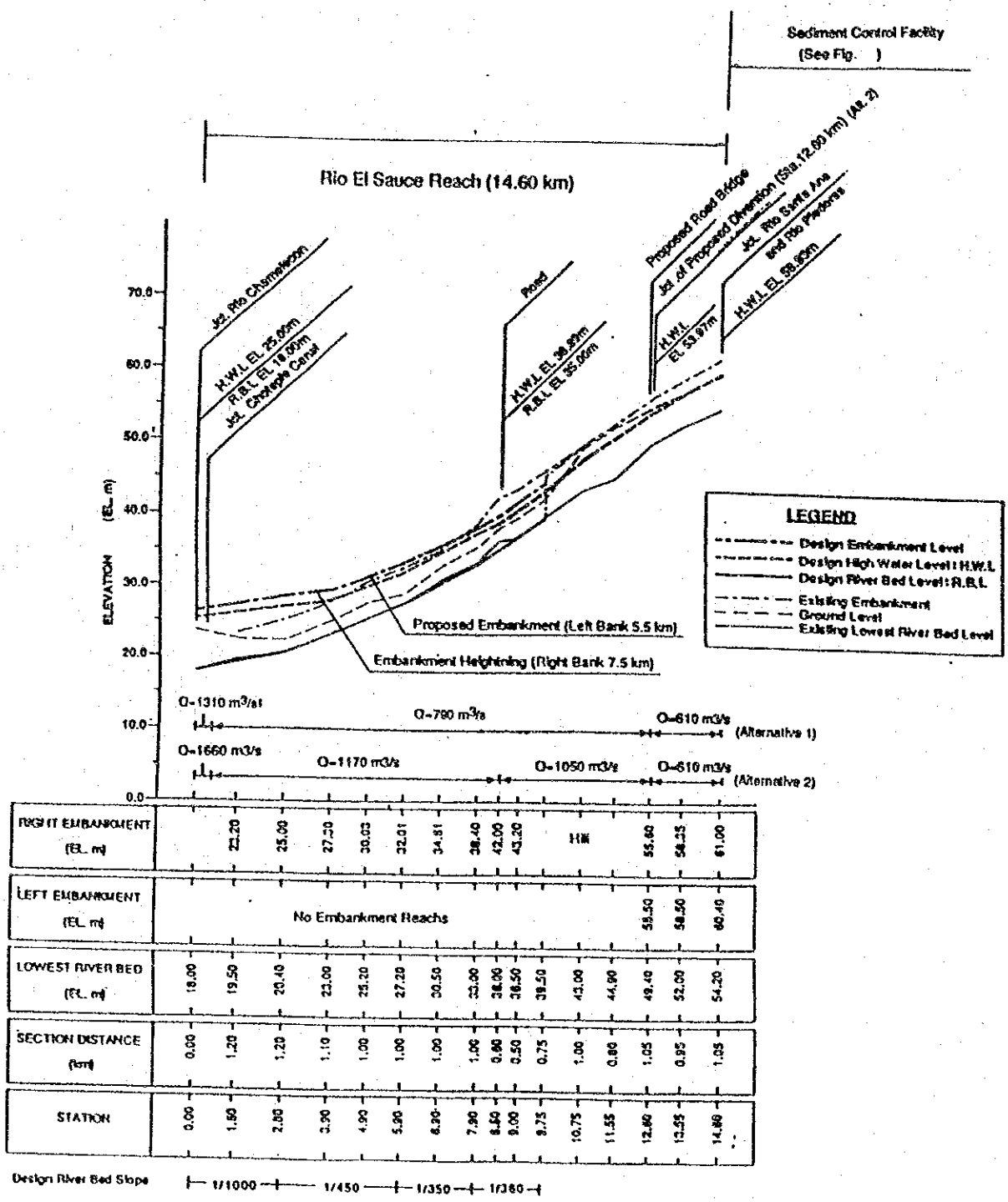


FIG.9.10(1) DISEÑO LONGITUDINAL SECCIONAL DEL RIO BLANCO Y RIO EL SAUCE (ALTERNATIVA 1, ALTERNATIVA 2)

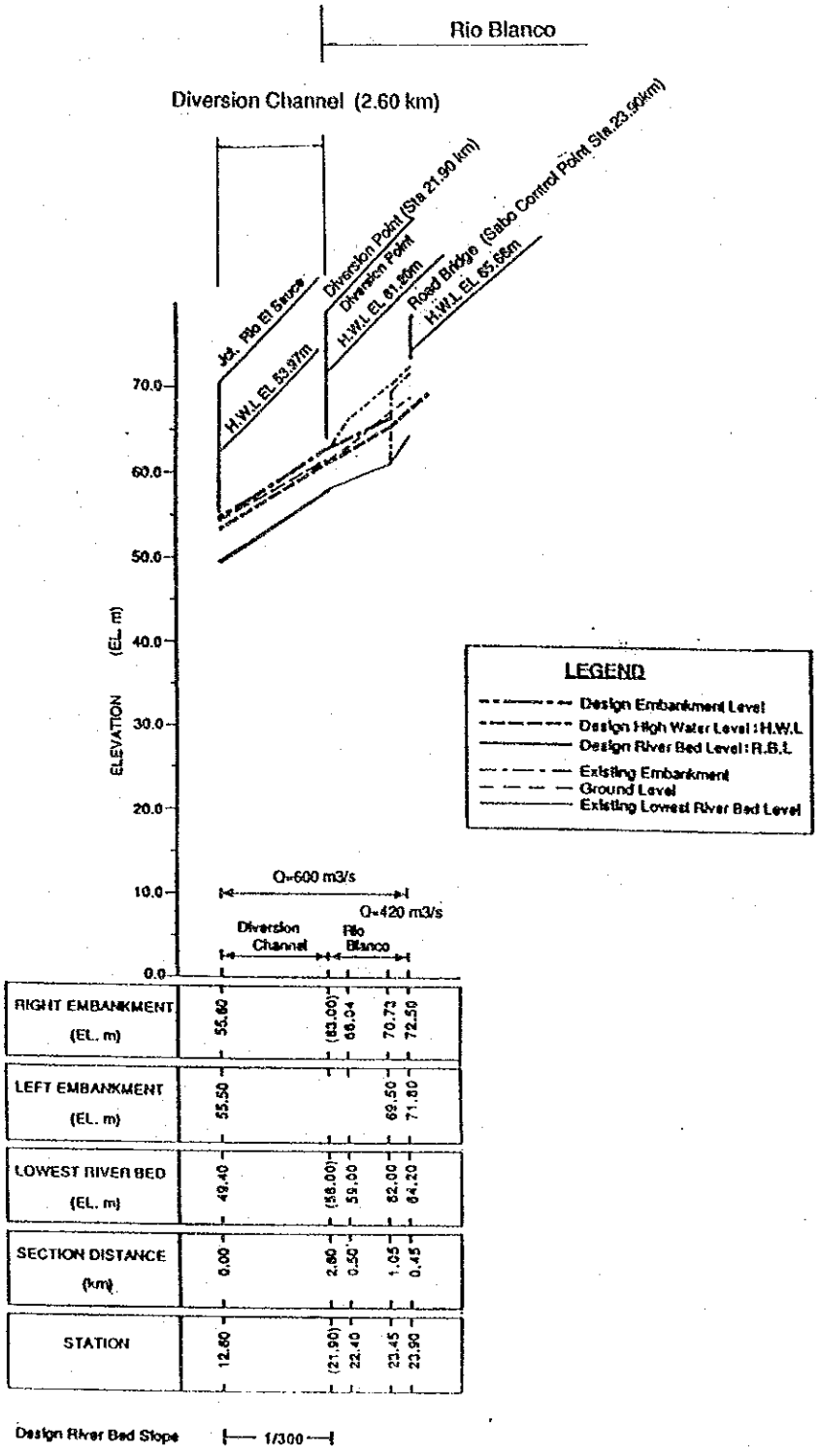


FIG.9.10(2) DISEÑO LONGITUDINAL SECCIONAL DEL CANAL DE DESVIACION

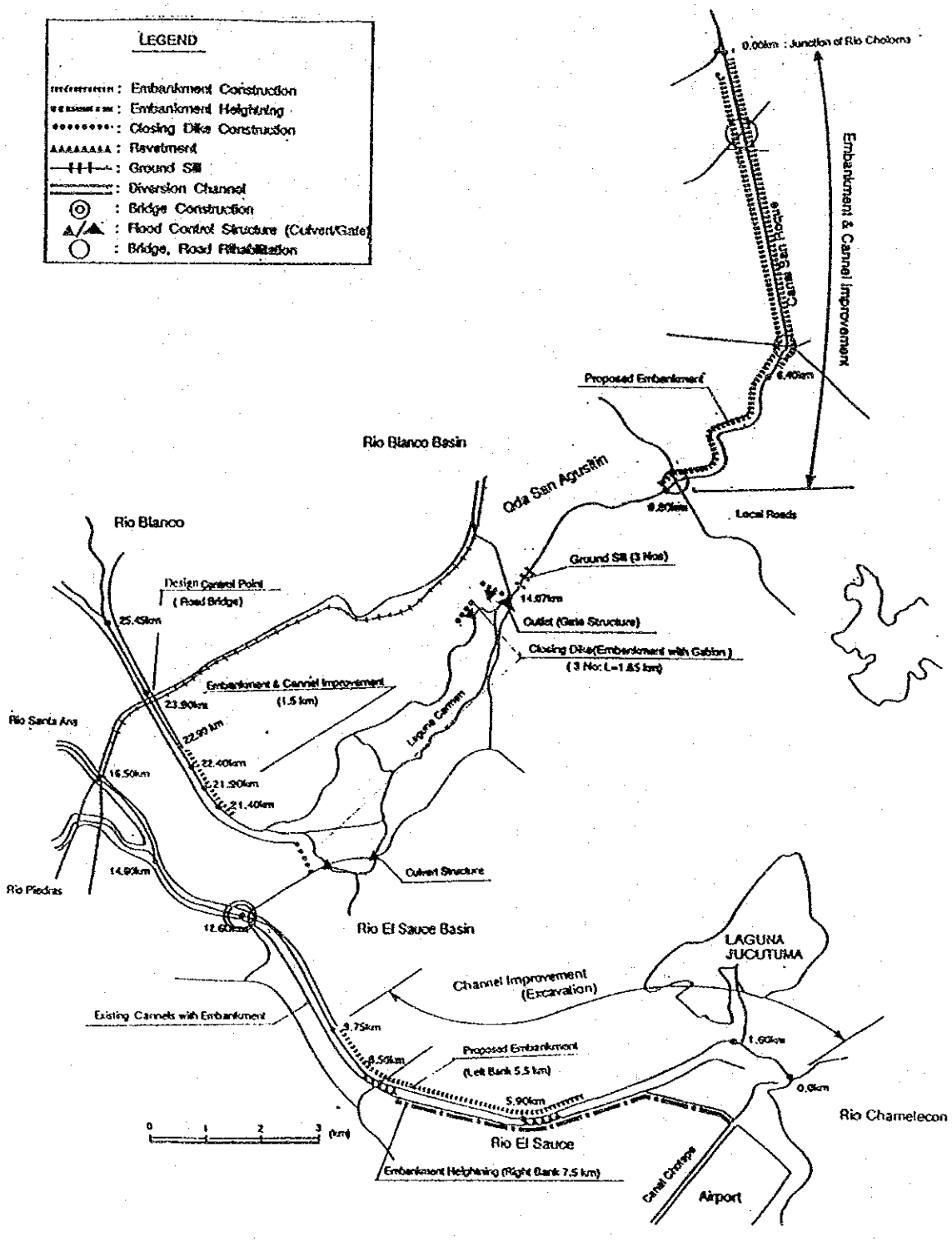
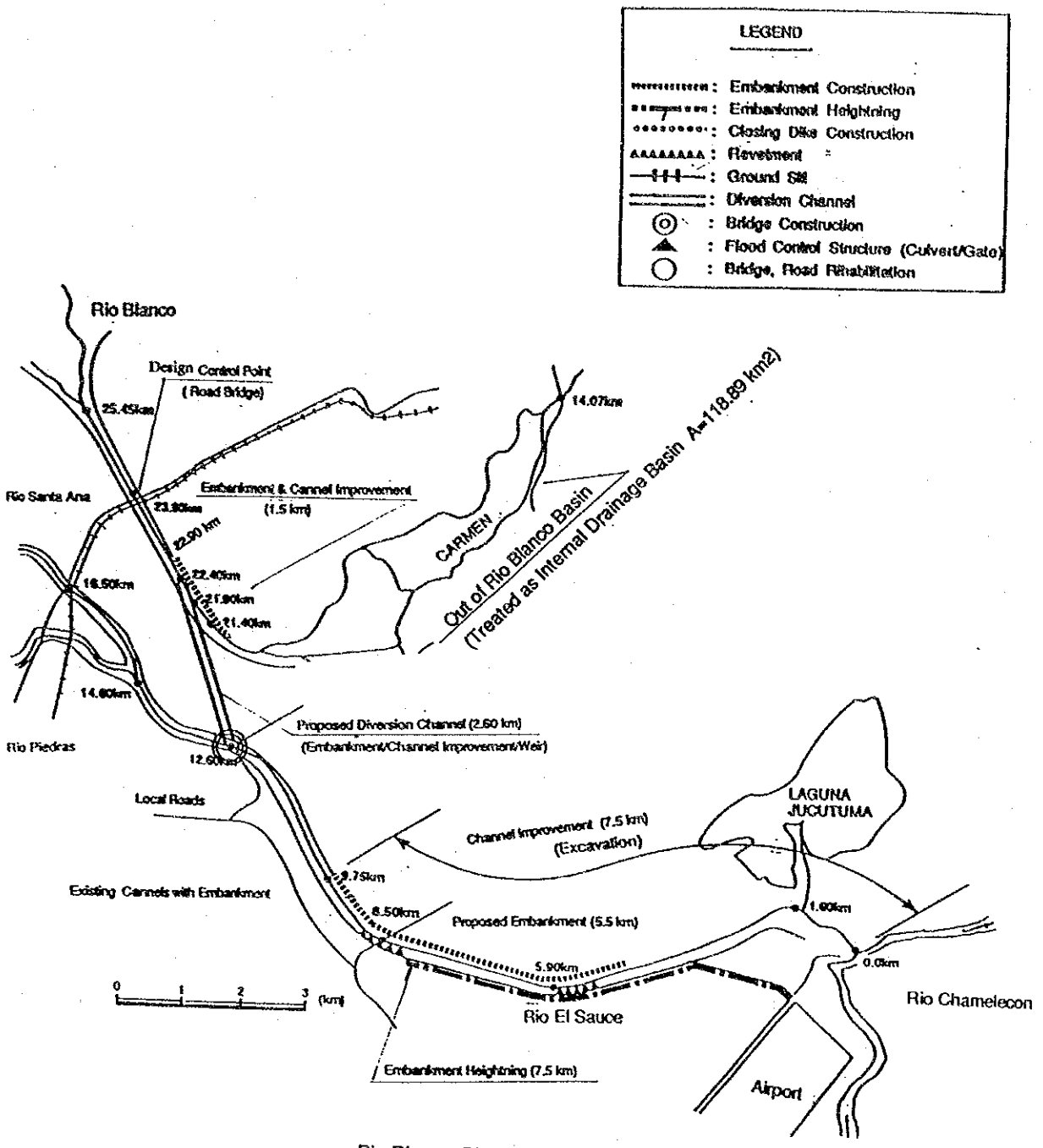


FIG.9.11 ESTRUCTURAS DE MITIGACION DE INUNDACION PROPUESTAS DEL RIO BLANCO Y RIO EL SAUCE (ALTERNATIVA 1)



Rio Blanco -Rio El Sauce Basin
(A=189.68 km2)

FIG.9.12 ESTRUCTURAS DE MITIGACION DE INUNDACION PROPUESTAS DEL RIO BLANCO Y RIO EL SAUCE (ALTERNATIVA 2)

TERRENO INCLINADO Y DESPOBLADO DE ARBOLES EN LA CUENCA DEL RIO CHOLOMA (1993)

VIVERO EL GALLITO PARA REFORESTACION - DIMA (1993)

CAPITULO 10
TRABAJOS DE LADERAS

CAPITULO 10 TRABAJOS DE LADERAS

10.1 Generalidades

En 1974 el Huracán Fifí causó numerosos colapsos de las laderas de la Cordillera del Merendón y severos flujos de avalanchas de ambas cuencas del Río Choloma y del Río Blanco, pero no ocurrieron arrastres en las otras cuencas pilotos. Durante el Huracán Fifí, cerca de 10 porciento de las laderas se derrumbaron en la cuenca del Río Choloma de acuerdo al estudio de producción de sedimentos (Capitulo 6).

Durante la Fase 1, las condiciones existentes de las cuencas de los ríos pilotos fueron evaluadas. Miles de colapsos de las laderas se identificaron en las fotografías aéreas un poco después del Huracán Fifí, pero muchas de las laderas probablemente se han auto-rehabilitado en pocos años porque no se identificaron en las fotos que fueron tomadas mucho después.

Las fotografías aéreas más actuales las tomaron en 1989, presentaron 646 colapsos de laderas en el Area de Estudio. La mayoría de ellas se auto-rehabilitarán, pero algunos de éstos colapsos en la cuenca del Río Choloma requirirá contramedidas. En el Plan Maestro, la cuenca del Río Choloma fue selecta como la cuenca de prioridad para el Estudio de Factibilidad.

La cuenca del Río Choloma es reconocida como el área más deterioradada y requerirá de un manejo adecuado de cuenca colectora desde el aspecto de control de erosión y sedimento.La ejecución del manejo de cuenca colectora será una de las tareas principales para la mitigación de los problemas de erosión y sedimento en la cuenca.

En la Fase 2, el plan piloto para los trabajos de laderas ha sido estudiado en la cuenca del Río Choloma como parte del manejo de recolección.

Existen varias instituciones públicas como COHDEFOR, INA, DIMA, JRD, relacionadas con el manejo de recolección en el Area de Estudio.

La Agencia Española de Cooperación Internacional a través del Instituto de Cooperación Iberoamericana ha comenzado en la cuenca del Río Choloma un proyecto por 3 años de desarrollo de agroforestación relacionado con el manejo de recolección desde Octubre 1992. Los objetivos del proyecto se resumen como sigue:

- Promover la protección y conservación de los bosques,

- Contribuir a la restauración de los bosques en la cuenca colectora, integrando los campesinos que viven en el área a las tareas del manejo, conservación y explotación, también incluyendo la rehabilitación de las carreteras con el propósito de tener acceso completo a las áreas donde el proyecto será implementado.

10.2 Uso de la Tierra y Rango de Pendientes

El mapa del uso de la tierra fue preparado basado en la ortofotografías de 1977 y de 1989 más las visitas de campo durante el estudio. El uso de la tierra para el área de estudio se muestra en la *Tabla* 10.1 y *Fig.* 10.1.

La tierra que ocupan los bosques y la agricultura (o pastura) cubre el 31 porciento y el 43 porciento del área de la montaña (304.5 sq. km), respectivamente. Cerca del 80 porciento del área de los bosques se encuentra en San Pedro Sula. El 65 porciento del área montañosa de Choloma hacia el norte se usa para la agricultura.

La Municipalidad de San Pedro Sula compró las áreas montañosas ambas de Río Santa Ana y Río Piedras en 1917 y ha manejado la montaña como una zona de reserva forestal. Mientras que el área montañosa de la Municipalidad de Choloma, ha sido utilizada para la agricultura como pasturas y ha sido desnudada para la producción de leña, fuegos y cultivación movible.

Las pendientes mayores 30 grados tienen una tendencia a deslizarse, especialmente cuando la formación geológica es inestable. La distribución de pendientes del área montañosa se muestra en *Tabla* 10.2 y *Fig.* 10.2.

En la cuenca de Río El Sauce, pendientes mayores de 30 grados cubren la cuenca un 81 porciento, y las pendientes están cubiertas de bosques. La cuenca del río Choloma, pendientes mayores de 30 grados cubren la cuenca un 31 porciento y podría usarse para la agricultura.

10.3 Trabajos de Laderas

10.3.1 Area Piloto para los Trabajos de Laderas

La mayoría de la cuenca del río Choloma no está cubierta por bosques. Con el objetivo de identificar el área piloto de los trabajos de ladera, cinco sitios se estudiaron en la cuenca del Río Choloma , y se eligió el Cerro Los Olingos. Este

cerro se encuentra el la aldea de El Portillo con una población de 500 habitantes, cerca de la presa Takemoto en el Río La Jutosa.

Esta área parece tener típicas condiciones de topografía y uso de la tierra. El área piloto se encuentra en las pendientes entre el borde izquierdo (EL: 240 m) del Río La Jutosa hasta la cima (EL: 516 m) del Cerro Los Olingos y está dividida en 8 bloques, demarcados naturalmente por riachuelos. La ubicación y topografía se muestran en las *Figs.* 10.3 y 10.4.

En el pasado el área piloto estaba cubierta por bosques, pero en la actualidad se encuentra desnuda. Las condiciones existentes del uso de la tierra se muestran en *Fig.* 10.5. Los detalles del área piloto se resumen somo sigue:

Area	:	62.4 ha.
Pendiente Promedio	:	35 grados
Uso de la Tierra		
Pastura	:	67 %
Matorrales	:	17 %
Bosques	:	15 %
Caneras, Bananeras, Otros	:	1 %

Las inclinadas pendientes del área producen y descargan sedimento durante la lluvia. El área de pastura natural es la zona más erosionada por la falta de vegetación permanente y requiere algunas contramedidas para la erosión y produción de sedimento. Con la aplicación de trabajos de laderas, la producción y descarga de sedimento del área se reducirían.

10.3.2 Trabajos de Ladera Propuestos

1) General

Las pendientes de los cerros son uno de los factores que restringen los tipos de vegetación y trabajos de ladera. El área de pastura fue clasificada y se muestra en *Tabla* 10.3.

Los trabajos de ladera propuestos se estudiaron a base de las fotografías aéreas y la investigación de campo. Los tipos de trabajos de ladera y el uso tentativo de la tierra se propusieron somo sigue:

Pendiente (%) y Uso de la Tierra	**Simbolo**	**Tipo de Trabajo de Ladera y Uso de la Tierra**
0~20%	T	Terrazas, barreras viviente
Pastura		Cultivación de granos básicos
21~30%	A	Zanja de contorno, barreras viviente
Pastura		Cultivación de cítricos

31~40%	B	Zanja de contorno, barreras viviente
Pastura		Cultivación de círicos
41~50%	C	Zanja de contorno, barreras viviente
Pastura		Cultivación de cítricos
51% o mas	Pr	Reforestación
Pastura		
Matorrales	Rfw	Reforestación

Las ubicaciones de las terrazas y zanjas de contorno y los trabajos de ladera se muestran en *Figs.* 10.6 y 10.7, respectivamente.

2) Terrazas (zanjas en la ladera)

Las zanjas en las laderas son terrazas angostas de apróximadamente 2 metros de ancho. La falda está protegida con hierba común (papalum notatum) o forraje común (axonopus compresus). Las distancias entre las zanjas son apróximadamente 12 metros. La función principal es de canalizar los flujos de la superficie en las faldas. Para evitar la erosión de la capa entre las zanjas, es recomendable aplicar medidas auxiliares de conservación del suelo, tales como mulch and cultivación en contorno.

Para facilitar el drenage de la terraza, usualmente una pendiente inversa de 10 porciento se adopta a lo ancho de la terraza. Las pendientes longitudi-nales son usualmente entre 0.5 a 1.0 porciento en las regiones húmedas. La pendiente del bordo de la terraza es 0.75 : 1 para trabajos a mano y 1 : 1 para trabajos a máquina.

3) Zanja de Contorno

La zanja de contorno trata temporalmente de retener las aguas lluviosas y bajar la velocidad del flujo de las faldas, regulando la descarga durante las fuertes lluvias. El agua recolectada de las lluvias en las zanjas podría mejorar la húmedad del suelo y las plantas a lo largo de la zanja. Esta agua recolectada podría prevenir la erosión y la producción de sedimento. Este método se aplica a la mitad del área piloto donde la inclinación de la pendiente es de 20~50 porciento.

La profundidad de la zanja debe ser 20~40 cm del nivel del suelo. Las divisiones, las cuales deben ser 10 a 20 cm que la zanja, son requiridas a cada 10-15 metros intervalo para bajar la velocidad del flujo.

4) Barreras Vivientes

Las barreras vivientes se alinean al contorno de las zanjas y terrazas. Estas barreras son líneas de plantas pereniales, matorrales, ubicadas horizontalmente alrededor de las líneas de contorno, en las orillas de las terrazas o zanjas para su protección. Las plantas que se utilicen como barreras vivientes deben de tener tallos fuertes. Las especies recomen-dadas son:

- Yerba Guinea (panicum maximum)
- Yerba Paez (panicum purpureum)
- Yerba Elefante (pannisetum purpureum)
- Limoncillo de Te (symbopogar citratus)
- Pachuli (vativeria zizaniodes)
- Sorgo Forrajero (sorghum vulgare)

TABLAS

TABLA 10.1 USO DEL SUELO EN LA CUENCA ALTA

(Unit : sq.km)

SUB-BASIN	FOREST (Q)	BRUSHWOOD (M)	AGRICULTURE+PASTURE (G)	POPULATED (U)	RIVERS (R)	TOTAL
Queb.La Cumbre, Between Queb.La Cumbre and Queb. La Puerta	9.07	2.04	2.32	12.93		26.36
%	34%	8%	9%	49%		100%
Rio de Piedras, Between Rio de Piedras and Queb.Santa Ana Queb.Santa Ana Miramelinda	23.49	1.02		5.99		30.50
%	77%	3%		20%		100%
Rio Santa Ana Between Rio Santa Ana and Queb. Armenta and Rio Zapotal	24.03	1.67	5.71	4.46		35.87
%	67%	5%	16%	12%		100%
Rio Zapotal, Rio Chiquito	23.52	12.54	37.17	8.32	0.33	81.88
%	29%	15%	45%	10%	0%	100%
Rio Choloma	6.13	8.13	47.17	5.11	5.1	71.64
%	9%	11%	66%	7%	7%	100%
North-eastern	7.06	5.17	38.59	7.47		58.29
%	12%	9%	66%	13%		100%
TOTAL (KM2)	93.30	30.57	130.96	44.28	5.43	304.54
%	31%	10%	43%	15%	2%	100%

TABLA 10.2 DISTRIBUCION DE LA GRADIENTE AL LADO DE LA MONTAÑA EN EL AREA DE ESTUDIO

	TOTAL		0-20		21-30		31-40		41-50		Over 50	
Basin	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
1. Cerro Azul	425	100	25	6	25	6	56	13	138	32	181	43
2. Quebrada La Cumbre	93	100	0	0	12	13	50	54	31	33	0	0
3. Between La Cumbre and La Puerta	88	100	0	0	13	15	25	28	50	57	0	0
4. Quebrada La Puerta	244	100	0	0	25	10	75	31	94	39	50	20
5. Between La Puerta and Las Mesetas	144	100	0	0	19	13	63	44	56	39	6	4
6. Quebrada Las Mesetas/ Primavera	412	100	0	0	6	1	106	26	131	32	169	41
7. Between Las Mesetas and Rio Piedras	94	100	0	0	6	6	25	27	38	40	25	27
8. Rio Piedras	1993	100	0	0	31	1	200	10	331	17	1431	72
9. Between Rio Piedras and Quebrada Santa Ana	239	100	0	0	12	5	31	13	75	31	121	51
10. Quebrada Santa Ana/ Miramelinda	381	100	0	0	0	0	12	3	81	21	288	76
11. Rio Santa Ana	2225	100	0	0	19	1	100	4	312	14	1794	81
12. Between Rio Santa Ana and Armenta	556	100	0	0	31	6	50	9	119	21	356	64
13. Quebrada Armenta	918	100	0	0	6	1	19	2	87	9	806	88
14. Between Quebrada Armenta and Rio Zapotal	267	100	0	0	6	2	68	25	50	19	143	54
15. Rio Zapotal	1793	100	6	0	37	2	106	2	138	8	1506	84
16. Rio Chiquito	806	100	100	13	181	22	169	21	137	17	219	27
17. Rio Choloma	7164	100	900	12	795	11	1447	20	1831	26	2192	31
18. North-Eastern	5646	100	556	10	719	13	1232	22	1482	26	1657	29
19. Plain	6966	100	6966	100								

Source: Plan de Manejo Sierra de Omoa, Jan Bauer, 1980

TABLA 10.3 CLASIFICACION DE GRADIENTES EN EL AREA DE PASTO (M^2)

BLOCK	0-20% (T)	21-30% (A)	31-40% (B)	41-50% (C)	>50% (R)	TOTAL	%
A	8,214	36,554	13,267	8,029	--	66,064	16
B	--	7,783	4,727	20,651	22,198	55,359	13
C	12,159	--	24,899	--	26,704	63,762	15
D	2,545	4,210	1,200	7,385	1,590	16,930	4
E	27,109	3,555	34,837	19,849	18,041	103,391	25
F	--	7,532	--	8,232	20,023	35,787	9
G	--	4,875	--	--	30,608	35,483	9
H	--	--	--	--	39,757	39,757	10
TOTAL	50,027	64,509	78,930	64,146	158,921	416,533	100
%	12	15	19	15	38	100	
Chol. Basin %	12	11	20	26	31	100	

FIGURAS

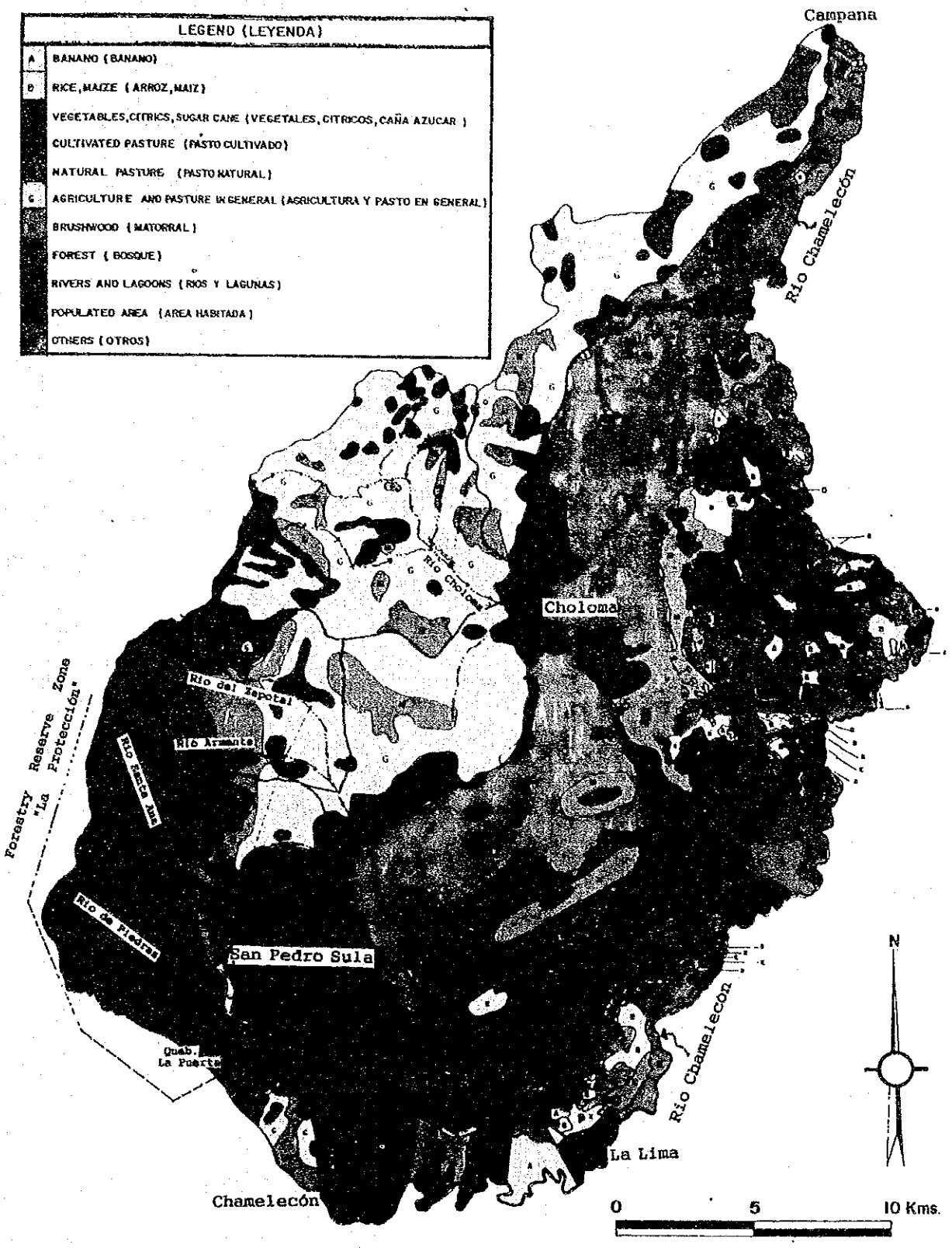


FIG. 10.1 MAPA DE USO DE LA TIERRA

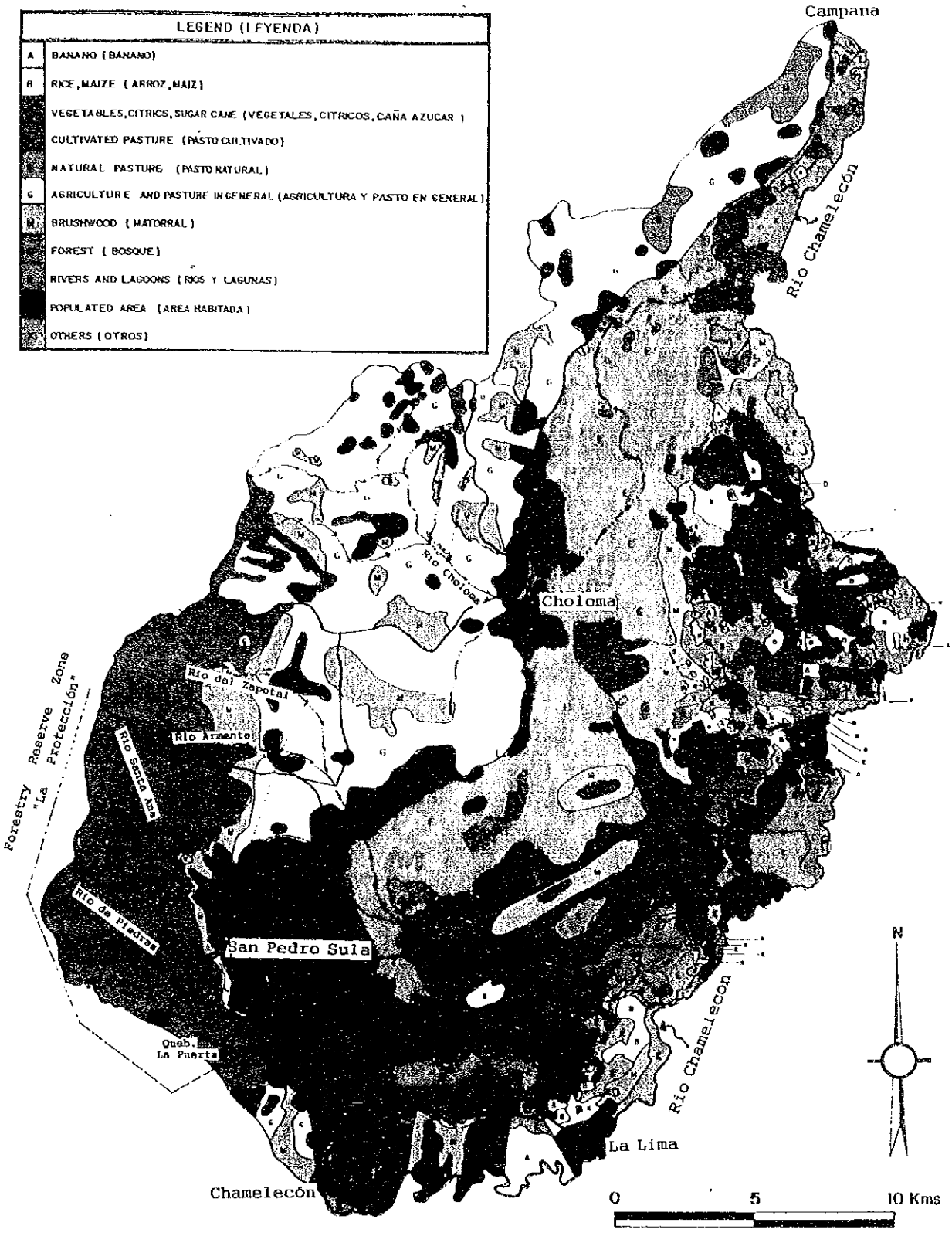


FIG. 10.1 MAPA DE USO DE LA TIERRA

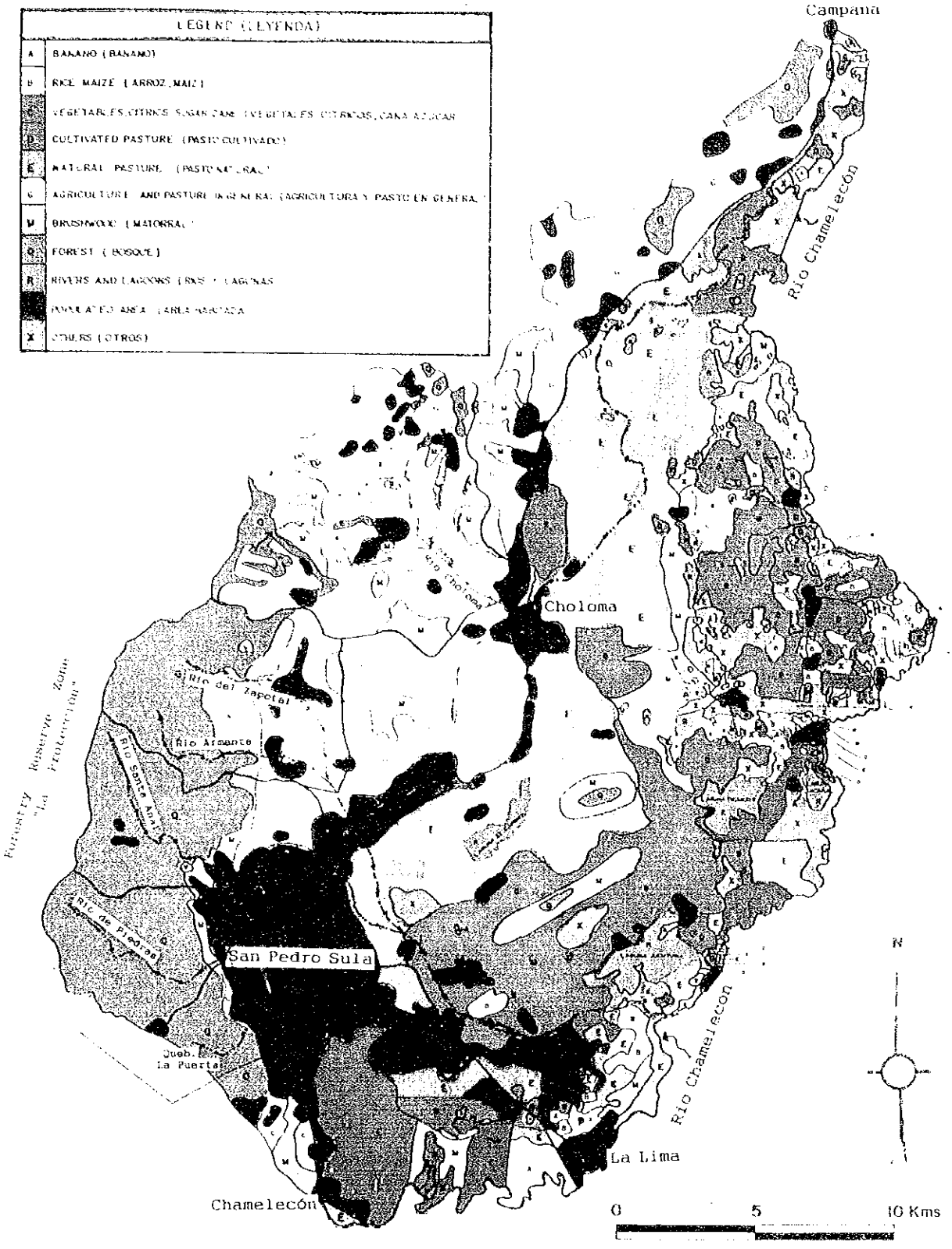


FIG. 10.1 MAPA DE USO DE LA TIERRA

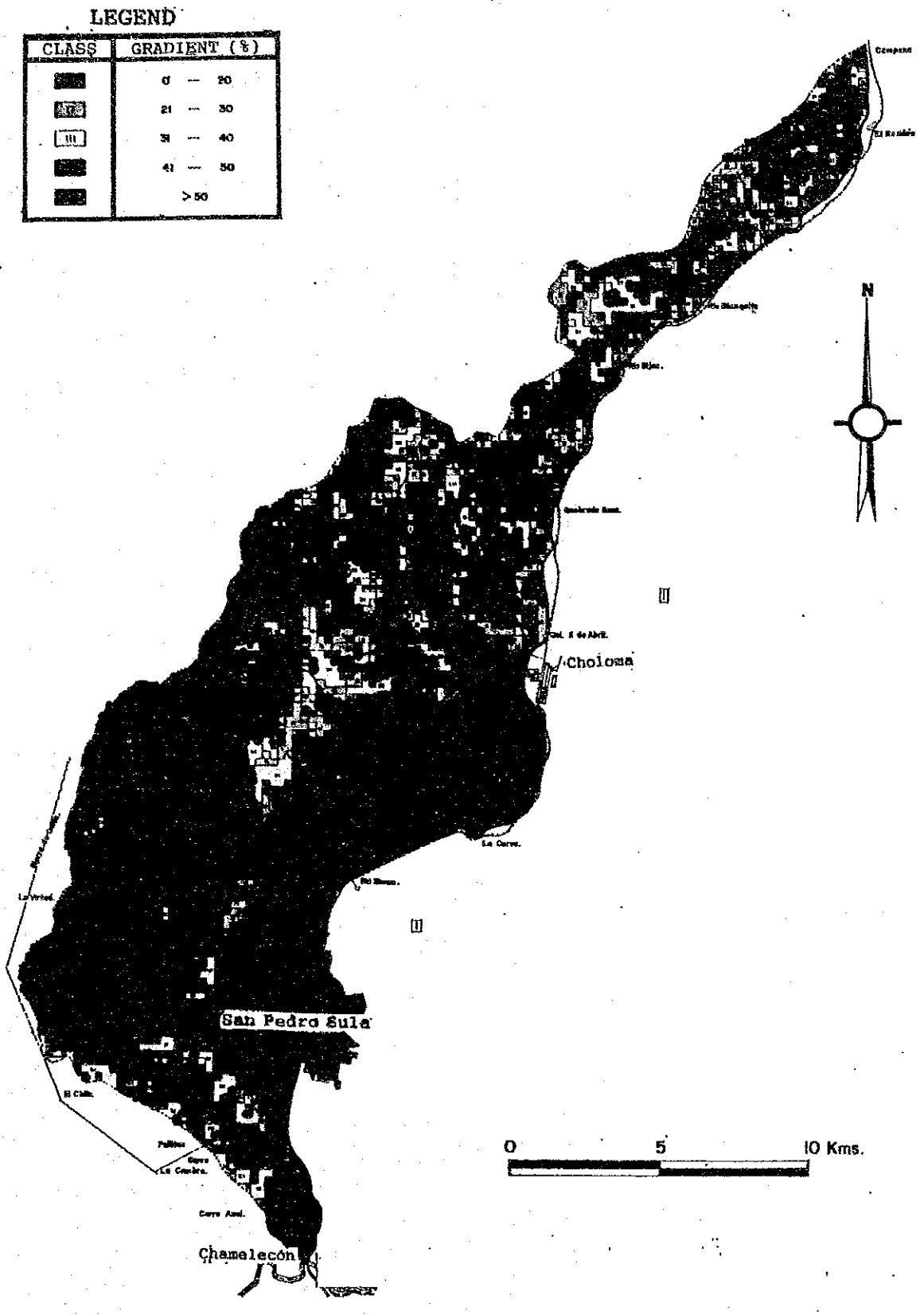


FIG. 10.2 MAPA DE GRADIENTES (CUENCA SUPERIOR)

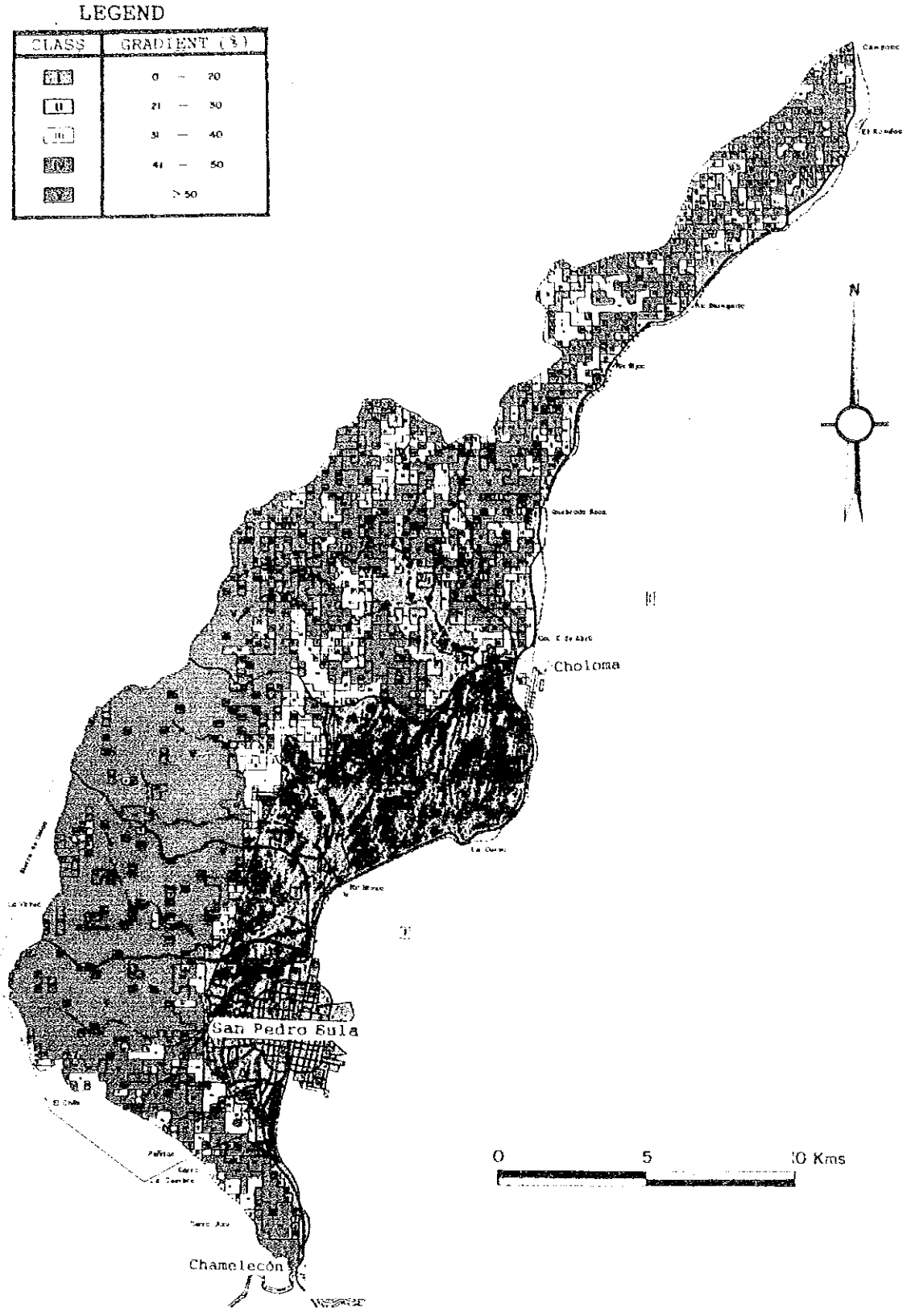
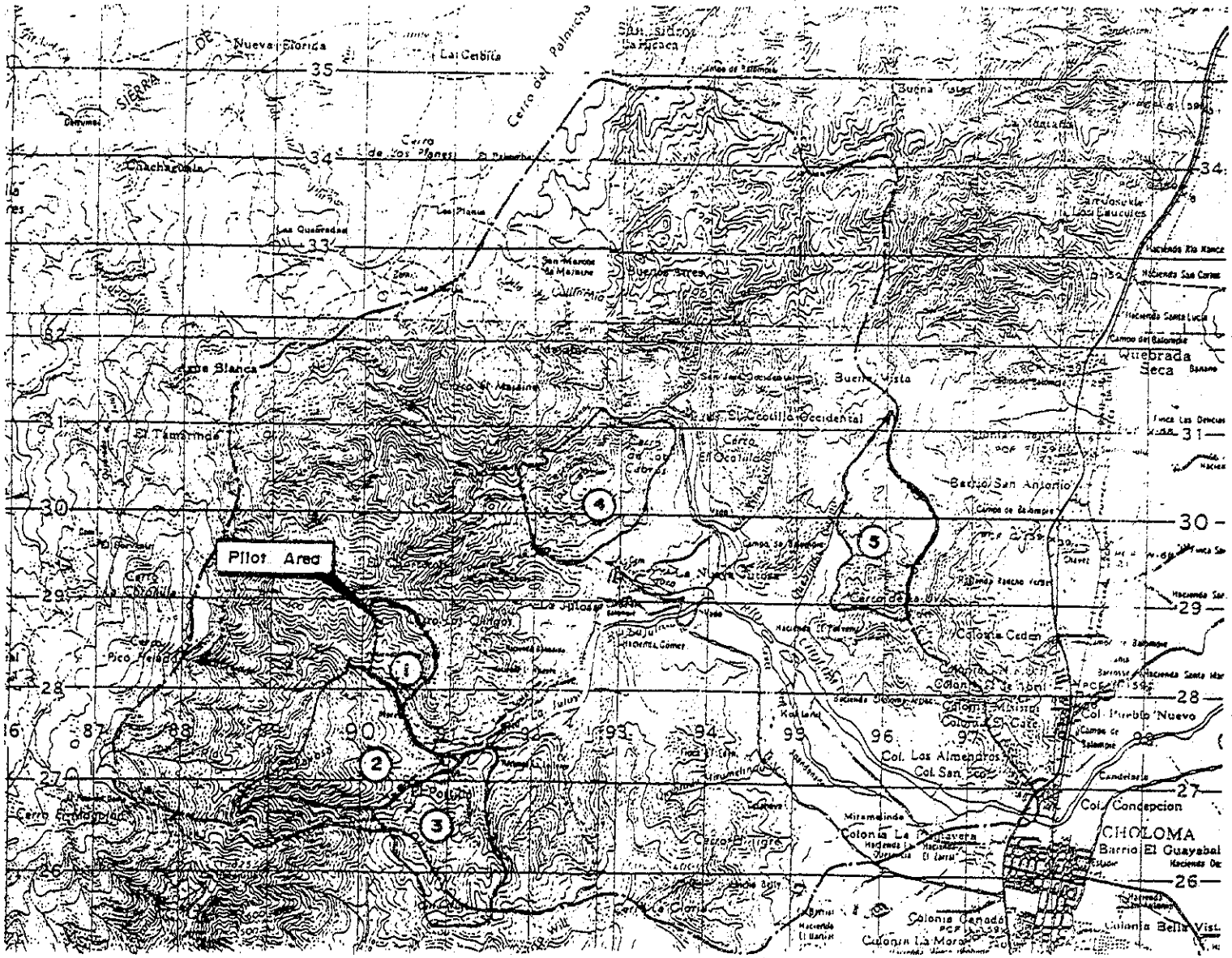


FIG. 10.2 MAPA DE GRADIENTES (CUENCA SUPERIOR)


Pilot Area
Quebrada Seca
CHOLOMA
Barrio El Guayabal
Colonia Cedeño
Col. Los Almendros
Col. Concepcion
Colonia Ganado
Colonia La Morena
Colonia Bella Vista
Buena Vista
Cerro del Palmichal
Nueva Florida
Chachagüeta
Arte Blanca
El Tamarindo
Cerro Pico Helado
Cerro El Magnolio
Cerro El Ocotillo
Cerro de la Uva
Barrio San Antonio
Hacienda Rio Blanco
Hacienda San Carlos
Hacienda Santa Lucia
Campo del Balompie
Finca Los Deseos
Hacienda Santa Mar
Col. Pueblo Nuevo
Miramelindo
Colonia La Palavera
Hacienda La Juventud
Hacienda El Larrat
Hacienda Ojo de Agua
Hacienda Tatuvero
Hacienda Gomez
Hacienda Sitio Nuevo
Hacienda Los Caucules
Hacienda Los Quinqui
Hacienda Los Jilguera
Hacienda Los Planes
Hacienda Los Quebradas
Hacienda Los Ocotillos
Hacienda Los Cabras
Hacienda Los Mazaine
Hacienda Los Cocotillo
Hacienda Los Cocotillo Occidental
Hacienda Los Cocotillo Oriente

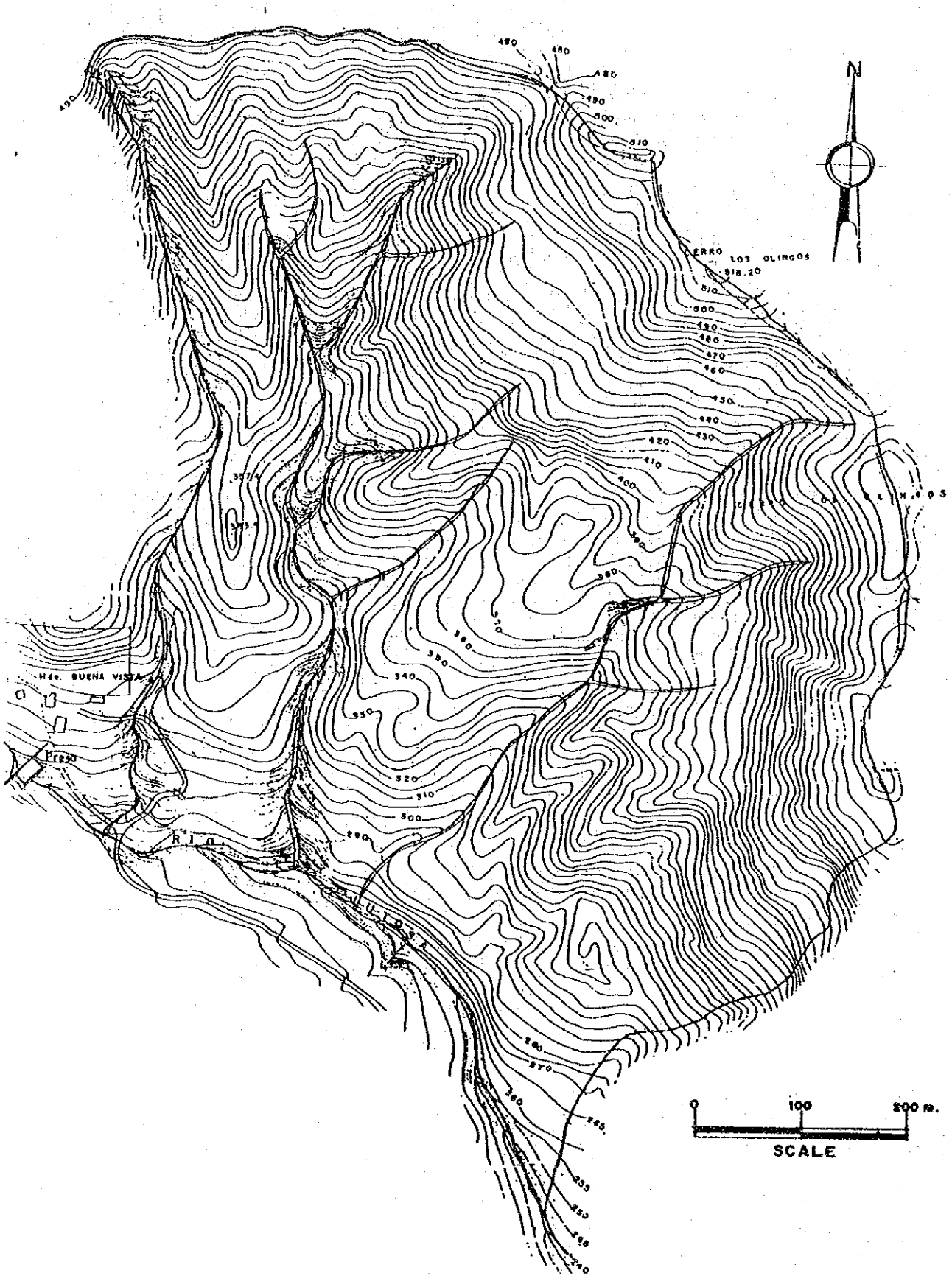


FIG. 10.4 CONDICIONES TOPOGRAFICAS DEL AREA PILOTO DE TRABAJO

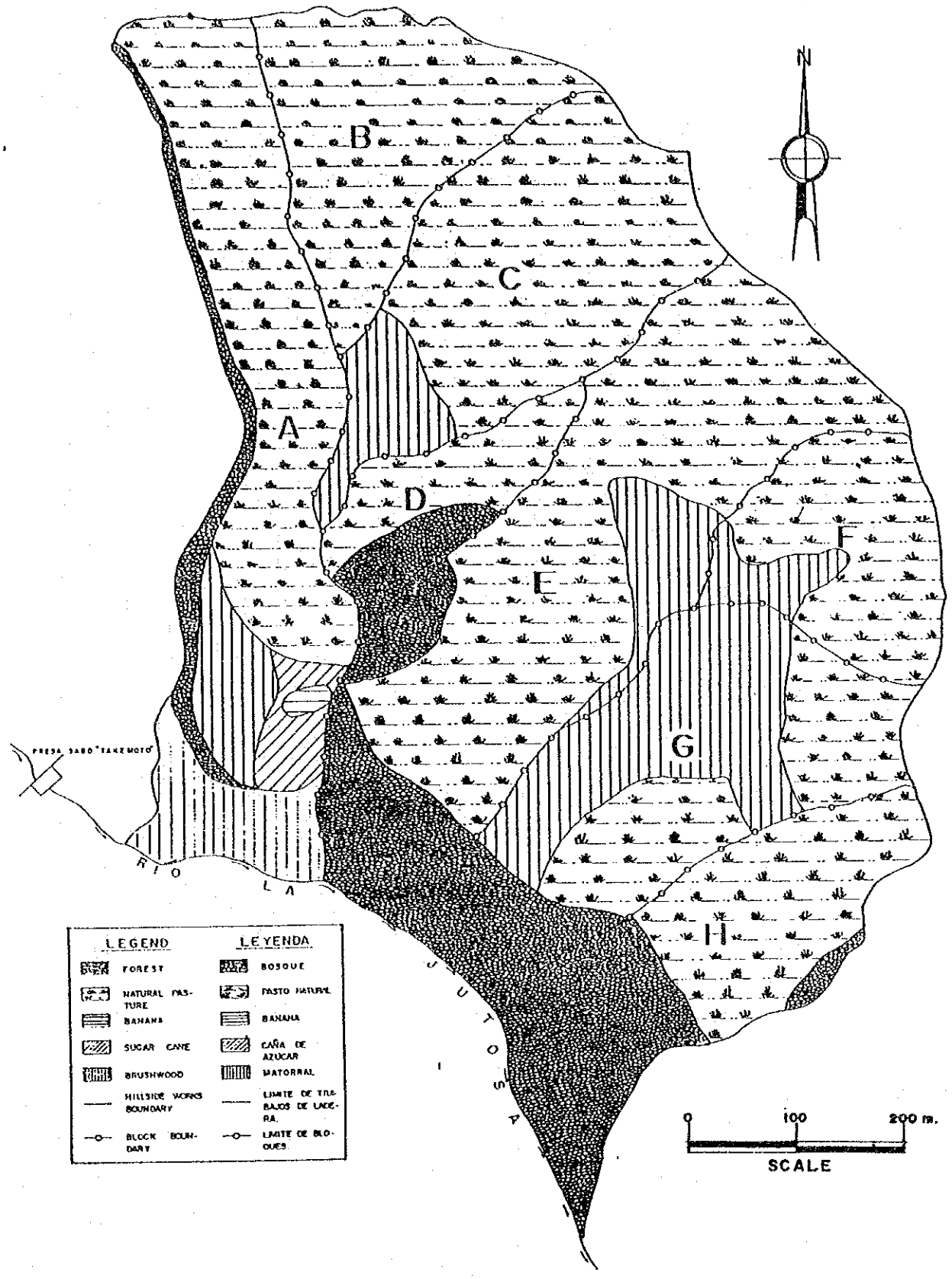


FIG. 10.5 CONDICIONES DEL USO DE LA TIERRA EN EL AREA DE TRABAJOS DE LADERAS PILOTO

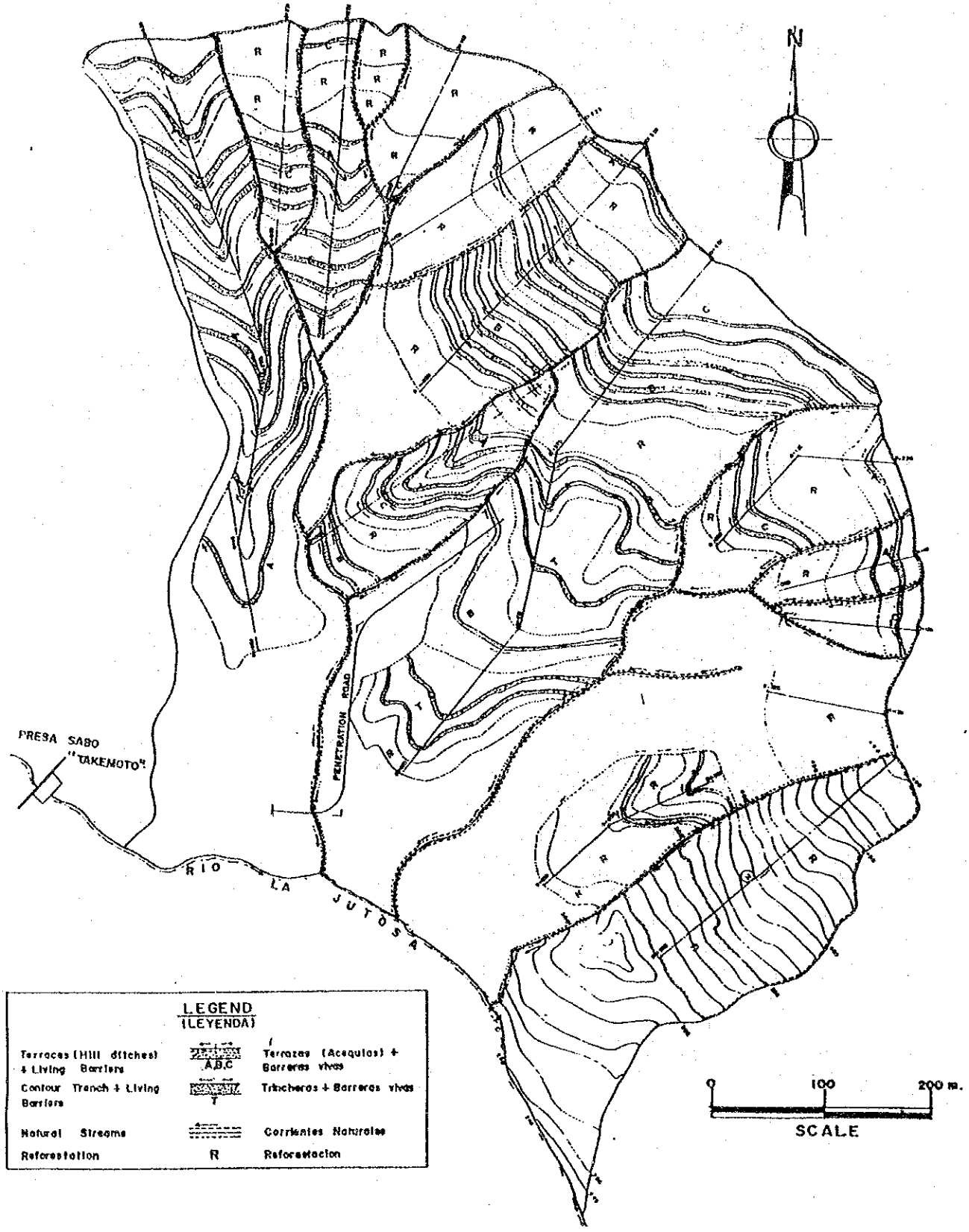


FIG. 10.6 PLAN GENERAL DE ACEQUIAS Y TRINCHERAS DE CONTORNO DE LADERAS

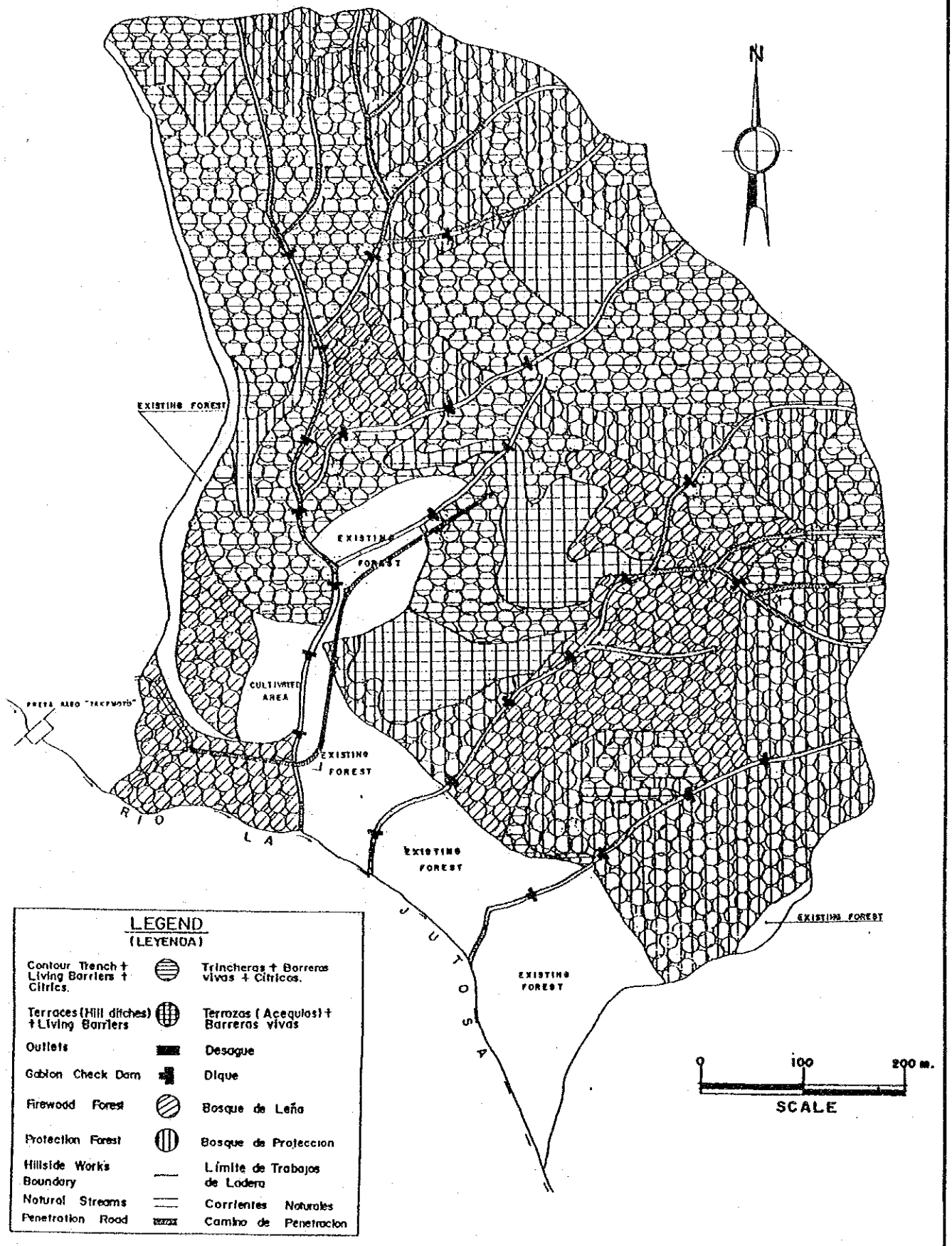
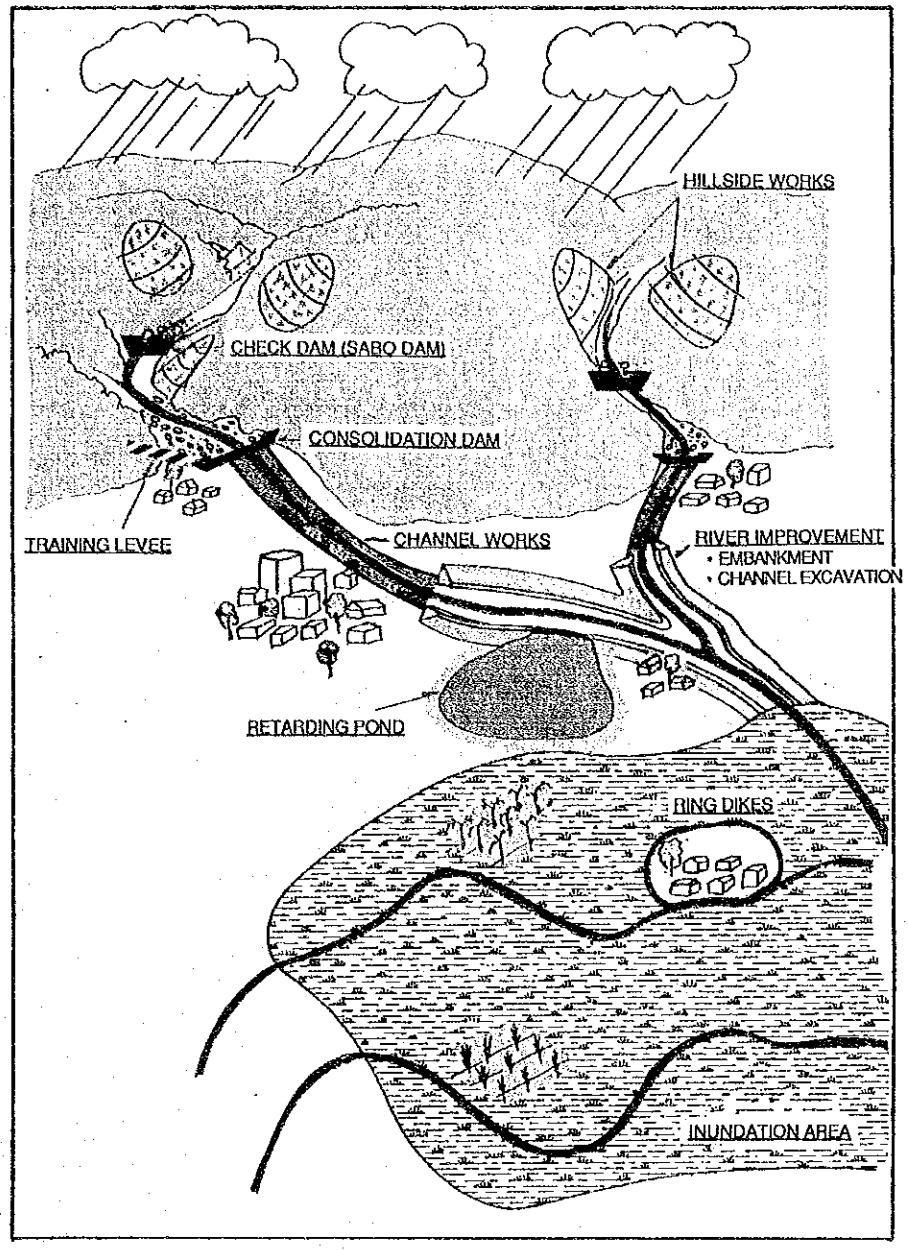


FIG. 10.7 PLAN GENERAL DE TRABAJOS DE LADERA



CONCEPTO GENERAL DE CONTROL DE SEDIMENTOS E INUNDACIONES

CAPITULO 11 PLAN MAESTRO

11.1 Generalidades

El área de estudio ha sufrido densas sedimentaciones e inundaciones frecuentes. En 1974 el área de estudio experimentó un daño catastrófico de sedimentación e inundación causada por el paso del huracán Fifi. Este causó los colapsos de numerosas pendientes de colinas y severos flujos de escombros en las montañas del Merendón, especialmente en las cuencas del Río Choloma y el Río Blanco. La mayor parte del suelo del valle y de las áreas urbanas fueron afectadas por las inundaciones provenientes del Río Chamelecón y sus tributarias.

Durante la fase 1, las pasadas inundaciones principales fueron estudiadas y evaluadas. Un plan maestro para el control de la sedimentación e inundación ha sido realizado basado en las inspecciones en el campo y estudios. El concepto básico del plan propuesto se resume a continuación:

(1) Para eliminar los problemas de erosión y de sedimentación de las cuencas pilotos de los ríos, las estructuras de control de la erosión y sedimentación tales como la prensa de control, la prensa de consolidación, el área de retardamiento de arena y el malecón, son planeados para proteger el área de estudio de una inundación de la misma escala que la causada por el paso del huracán Fifi en 1974.

(2) Para eliminar los problemas de inundaciones de las cuencas pilotos de los ríos, trabajos de protección contra inundaciones tales como mejoras en el canal de flujo bajo, mejoras en el canal con bondos y trabajos de protección local están planificados para proteger el área de estudio de las inundaciones de un período de retorno de 50 años que es aproximadamente la misma escala de la inundación causada por el huracán Fifi.

(3) Para proteger las personas fuera de la cuenca piloto de los flujos de escombros e inundaciones, el concepto básico de un sistema de alarma es recomendado como una medida no estructural para la mitigación de la sedimentación e inundación.

Los datos básicos y los planes de las estructuras para el control de la erosión y sedimentación se proporcionan en el Capítulo 7 y aquellos para las medidas de mitigación de las inundaciones se presentan en el Capítulo 9 respectivamente.

El plan maestro propuesto consiste de medidas estructurales y no estructurales. Las medidas estructurales propuestas están resumidas y mostradas en la *Fig.* 11.1. La reseña del plan maestro propuesto se muestra a continuación.

11.2 Medidas Estructurales

11.2.1 Medidas de Control de la Erosión y Sedimentación

1) Cuenca del Río Choloma

Las estructuras propuestas están compuestas por diez (10) presas de control, tres (3) series de presas de consolidación, área de retardamiento de sedimento y el malecón. Ellos están explicados de la manera siguiente:

- El tramo entre el punto de control de diseño y la confluencia con el Río La Jutosa tiene un gradiente de lecho de río que varía de 1/100 a 1/140. La mayor parte del tramo es planeada como un área de retardamiento de sedimento y siete presas de consolidación están planificadas para estabilizar los depósitos de sedimento.

  Un malecón es planeado en el lado derecho del área de retardamiento de sedimentos para proteger el área urbana Choloma de las inundaciones y flujos de sedimentos.

- Una serie de presas de consolidación están planificadas para las secciones del Río Majaine (entre las confluencias con el Río Ocotillo y Río Choloma) y el Río La Jutosa, debido a que el curso del río posee una cantidad considerable de finos materiales inestables y probablemente produce una parte principal de la descarga de sedimentos al Río Choloma en su sección aguas abajo.

- Diez (10) presas de control están planificadas para la cuenca del Río Choloma, ellas son las siguientes:

Río Majaine	:	Cuatro (4) presas de control
Río del Ocotillo	:	Tres (3) presas de control
Río La Jutosa	:	Tres (3) presas de control y una serie de presas de consolidación.

2) Cuenca del Río Blanco

Las estructuras propuestas están compuestas de presas de consolidación, malecones y presas de control. Ellas están explicadas como se indica a continuación:

- En el punto de control de diseño se planifica una presa de consolidación para controlar la producción de sedimentos y la descarga desde el área del abanico aluvial.

- En el área del abanico aluvial corriente abajo de los puntos de subcontrol están planificados malecones. El área del abanico aluvial está planeado como un área de retardo de sedimento.

- En la cabeza del abanico aluvial de una serie de presas de consolidación está planificada para el Río Zapotal con la finalidad de retener los materiales inestables existenes a lo largo del curso del río y guiar la dirección de los flujos de escombros.

- En el tramo superior de los puntos de subcontrol, cinco (5) presas de control están planificadas para el Río Zapotal y cuatro (4) presas de control para el Río de Armenta.

3) Cuenca del Río el Sauce

a) Río Santa Ana

- Trabajos de mejora de canal incluyendo presas de consolidación están planificados en el curso del río (pendiente del lecho del río: 1/20~1/100) entre el punto de control de diseño y el punto de subcontrol.

- Siete (7) presas de control están planificadas en el tramo superior del punto de subcontrol.

b) Río Piedras

- Están planificados trabajos de mejora del canal incluyendo presas de consolidación en cada tramo (gradiente del lecho del río : 1/30~1/100) entre el punto de control de diseño y el punto de subcontrol.

- Están planificadas cinco (5) presas de control en el tramo superior del punto de subcontrol y dos (2) presas de control están planificadas para el área de la tributaria contra los flujos de escombros.

11.2.2 Estructuras para la Mitigación de las Inundaciones

1) Plan de Ubicación de las Estructuras

a) Río Choloma

Para mitigar los daños causados por las inundaciones en el área, es necesario incrementar la capacidad de conducción del canal del río al de la inundación de diseño de 50 años de frecuencia. El tramo a ser mejorado es de cerca de 7.5 km a partir del punto de control de diseño del plan de control de la erosión y sedimentación hasta la confluencia con el Canal San Roque.

Los trabajos propuestos de mitigación de las inundaciones y sus ubicaciones se muestran en la *Tabla* 11.1.

b) Río Blanco

El Río Blanco había circulado a través del curso actual del Río El Sauce hasta que ocurrieron las inundaciones debido al paso del huracán Fifi en 1974. Mediante las mejoras realizadas en el año de 1979, el curso del Río Blanco fue desviado hasta la Laguna El Carmen.

Dentro de las obras de mejora se construyó un canal de bondos. La mayor parte del canal de bondo tiene capacidad suficiente para fluir inundaciones de 50 años. Sin embargo, el canal del río fue desviado de su curso original fluye hacia el Lago Carmen. Por lo tanto el agua inundada proveniente de la corriente del Río Blanco hacia los canales de drenaje corriente abajo del Río Choloma a través del Canal San Roque, causando inundaciones en el Lago Carmen y el Canal San Roque.

Para la eliminación de los daños debido a las inundaciones, las siguientes dos alternativas son estudiadas y la Alternativa-2 que va a desviar el flujo de corriente abajo del Río Blanco hacia el Río El Sauce, está propuesto para el plan de mitigación de las inundaciones del Río Blanco. Las dos alternativas son las siguientes:

(1) Alternativa-1:

Va a continuar el curso existente del río que fluye a través de la Laguna El Carmen, la Qda. San Agustín, el Canal San Roque, El Canal San Roque-Cuabanos y el Canal Coped-Higuero-Cuabanos. Las mejoras de los ríos de la Alternativa-1 van a incluir aquellos del Río Blanco y aquellos de los canales de drenaje corriente abajo hasta el Río Chamelecón.

La mejora del Río Blanco es requerida parcialmente en los tramos corriente abajo con el bondo. Tal como para el Canal San Roque y otros canales, mejoras con los bondos así como también ampliaciones serán requeridas.

Para el balance de sedimentos del Río Blanco, el canal del río poseerá buen balance de sedimentos excepto en la porción de entrada de la Laguna El Carmen. Se estima que ocurrirán depósitos de sedimentos alrededor de la mayoría de tramos corriente abajo del Río Blanco y la Laguna El Carmen.

(2) Alternativa-2:

Tiene como finalidad el desviar el Río Blanco hacia el Río El Sauce que fue mejorado luego que el huracán Fifi desvió el curso original hacia el Río Blanco. Las mejoras del Río Blanco van a incluir canales diversos procedentes de la corriente arriba del la Laguna El Carmen (Sta. 21.90 km) hacia el Río El Sauce (Sta. 12.60 km) y aquellas del Río El Sauce. En este caso, el Canal San Roque va a drenar su propia cuenca de drenaje.

3) Río El Sauce

El canal del río que fue construído luego del paso del huracán Fifi, posee la capacidad suficiente de conducción del flujo de diseño de descarga de un período de retorno de las inundaciones de 50 años. El canal del río fue mejorado para circular el curso original del río en el tramo superior, pero en el tramo medio/inferior, el canal del río fue mejorado para circular el curso anterior del Río Blanco.

Para el plan de mitigación de las inundaciones del Río El Sauce, también son estudiadas dos alternativas de acuerdo al plan de mitigación del flujo del Río Blanco y la Alternativa 2 que es con el Río Blanco, es propuesta para el Plan Maestro. Las dos alternativas son explicadas a continuación.

(1) Alternativa-1

El canal superior existente desde Sta. 9.75 km posee suficiente capacidad de transporte de la descarga de inundación de diseño, de un período de retorno de inundaciones de 50 años, pero el canal del río corriente abajo (0.0 km ~ 9.75 km) requiere el incremento de la capacidad de transporte hasta el de la descarga de inundación de diseño. Los trabajos de mejora del río tales como la excavación de un canal bajo de agua y bondo o levantamiento del bondo existente del canal, son necesarios para prevenir la inundación en el tramo corriente abajo.

Así como para el balance de sedimentos del Río el Sauce, algunos desbalances en la capacidad de descarga de sedimentos del canal serán anticipados en los tramos. De este punto, el mantenimiento periódico del lecho del río será necesario.

(2) Alternativa-2

El Río Blanco va a desembocar en el Río El Sauce en Sta. 12.60 km mediante un canal de desviación desde Sta. 21.90 km del Río Blanco. Por lo tanto, el canal del Río El Sauce va a ser mejorado desde sta. 0.00 km hasta sta. 9.75 km al igual que en la Alternariva-1. Aunque la descarga de diseño de la Alternativa-2 se incrementa desde 610 m^3 1,050 m^3 en Sta. 12.60 km, el canal bajo de agua y el curso del río de la alternativa 2 son 20 metros y 40 metros más anchos que aquellos de la alternativa-1.

11.3 Medidas No Estructurales

1) Sistema de Alarma

El área de estudio ha sido afectado por inundaciones y densas sedimentaciones anualmente. Con la finalidad de proteger las vidas humanas y las propiedades en el área de estudio de las sedimentaciones e inundaciones, son indispensables óptimas contramedidas. Sin embargo, las medidas estructurales tomarán un período largo de tiempo y requieren una gran cantidad de inversión antes de la implementación de las estructuras propuestas. Como parte de las contramedidas necesarias, se está estudiando un sistema óptimo de alarma para el área de estudio. Si el área es equipada con un sistema de alarma óptima y provista de advertencias confiables y a tiempo real, se salvaría una gran cantidad de personas de las inundaciones y flujos de escombros.

El área de estudio no posee sistemas de alarma de inundaciones. Con la finalidad de establecer un sistema de advertencia óptima en el área de estudio, es necesario resolver muchas condiciones básicas antes de su implementación. Las condiciones básicas a ser resueltas son indicadas a continuación:

(1) Se deberá editar un mapa de zonas de peligro, mostrando las áreas afectadas por posibles flujos de escombros e inundaciones.

(2) Una red óptima de observación hidrológica con un sistema de telemetría, que consiste de una estación base, medidores de etapas del río y de precipitaciones pluviales, se deberán establecer en el Valle Sula.

(3) Se deberá estudiar para el área de peligro, algún sistema de comunicación y un plan de respuesta de emergencia.

(4) Una advertencia será decidida en la estación base e informada a los pobladores locales en el área de peligro a través de sistemas de comunicación.

(5) Sistemas de evacuación en las áreas con peligro potencial deberán ser estudiadas y preparadas.

11.4 Estimación del Costo

11.4.1 Condiciones Básicas

1) Componentes del Costo del Proyecto

El costo del proyecto está compuesto por el costo directo, el costo indirecto y los gastos de contingencia tal como se indica a continuación:

a) Costo Directo

- Costo de construcción.

b) Costos Indirectos

- Costo de adquisición de tierras y de compensación,
- Costos administrativos,
- Costos de los servicios de ingeniería.

c) Contingencias

- Contingencias físicas.

2) Nivel de Precio

Los precios y costos unitarios son estimados en base a los precios prevalecientes en el mercado en y alrededor del Valle de Sula en junio de 1993 en Lempiras, Honduras. El costo de tierras requeridas y las compensaciones para las construcciones del proyecto están basadas en los precios prevalecientes en el mercado. Los bienes negociados están avaluados de acuerdo a sus precios internacionales (borde) evaluados en 1993/1994, CIF para las importaciones y FOB para las exportaciones.

3) Modo de Contrato

Los trabajos de construcción serán contratados de contratistas generales a través de licitación internacional.

4) Porción de la Moneda

Los costos están divididos en porción de moneda extranjera y porción de moneda local de la manera siguiente:

a) Porción de moneda extranjera (F.C.)

- Bienes importados,
- Gastos generales del contratista,
- Costo de traslado de personal desde el extranjero.

b) Porción de moneda local (L.C.)

- Equipos y materiales disponibles en el mercado local,
- Adquisición de tierra y costo de compensación,
- Costos del personal local,
- Gastos generales de las firmas locales,
- Impuestos y tarifas.

Cada componente de los costos unitarios son las siguientes:

	Particular	F.C. (%)	L.C. (%)
(1)	Costo laboral	0	100
(2)	Costo de equipos	100	0
(3)	Materiales		
	Combustible	100	0
	Cemento	25	75
	Concreto mezclado	15	85
	Alambre de unión	100	0
	Re-bar	50	50
	Estructura de acero	100	0
	Plancha de acero	50	50
	Madera terciada de pino	10	90
	Otros	0	100

5) Tasa de Cambio

Las tasas de cambio de las monedas extranjeras son aquellas del mes de junio de 1993 indicadas a continuación:

Lps. 6.20 = US$ 1.0 = Yen 110.0

6) Costo Indirecto

Los costos de adquisición de tierras y de compensación están basados en precios prevalecientes en el mercado y los otros costos serán estimados asumiendo lo siguiente:

- Costos administrativos: 5.0% del costo básico de construcción,
- Costos de servicios de ingeniería: 10% del costo básico de construcción más contingencias físicas.

7) Contingencia

La contingencia física será estimada en 20% del costo básico de construcción.

8) Precio Unitario

Los precios unitarios de la mano de obra, material y equipo están estimados basados en los precios prevalecientes en el mercado, refiriéndose a los datos recolectados por SECOPT y otras agencias concernientes. Los costos unitarios de los trabajos de construcción están divididos en porción de moneda extranjera y en porción de moneda local basado en los datos actuales aplicados a proyectos similares. Ellos se muestran en las *Tablas* 11.2~11.5.

9) Costos de Operación y Mantenimiento

El costo será estimado en 1.0% del costo básico de construcción. Los costos deberán incluir los costos del personal técnico, gastos generales del departamento, mano de obra y materiales, operación y mantenimiento de equipos.

11.4.2 Costo del Proyecto

El costo total del proyecto está estimado en Lps. 1,057.81 millones (F/C: Lps. 652.30 millones, L/C: Lps. 405.51 millones). Los costos propuestos para cada proyecto se muestran a continuación:

1) Río Choloma

(Unidad: millones de Lps)

	Item	F/C	L/C	Total
A	Costos Directos			
	1) Mejoramiento del Río	46.06	12.87	58.93
	2) Control de Sedimentos	181.62	111.42	293.04
	3) Subtotal	227.68	124.29	351.97
B	Costos Indirectos			
	1) Adquisición de Tierras	0.00	1.07	1.07
	2) Administración	0.00	17.60	17.60
	3) Servicios de Ingeniería	27.32	14.92	42.24
	4) Subtotal	27.32	33.59	60.91
C	Contingencia Física	45.54	24.86	70.40
D	Total	300.54	182.74	483.28

2) Río El Sauce con el Río Blanco

(Unidad: millones de Lps)

	Item	F/C	L/C	Total
A	Costos Directos			
	1) Mejoramiento del Río	64.61	30.52	95.13
	2) Control de Sedimentos	201.87	121.58	323.45
	3) Subtotal	266.48	152.10	418.58
B	Costos Indirectos			
	1) Adquisición de Tierras	0.00	1.07	1.07
	2) Administración	0.00	20.93	20.93
	3) Servicios de Ingeniería	31.98	18.25	50.23
	4) Subtotal	31.98	40.25	72.23
C	Contingencia Física	53.30	30.42	83.72
D	Total	351.76	222.77	574.53

Los datos detallados de los costos de construcción son explicados en el Informe Suplementario G y resumidos en la *Tabla* 11.6~11.9.

11.5 Programa de Implementación

11.5.1 Generalidades

La implementación del proyecto está programada para ser iniciada en 1996 y completada en el año 2005.

11.5.2 Componente Propuesto

Para la mitigación de los problemas de erosión, sedimentación e inundación del área de estudio, el Plan Maestro propone medidas estructurales para las cuencas piloto. El Plan Maestro abarca las siguientes cuencas.

(1) Río Choloma

(2) Río El Sauce con el Río Blanco

11.6 Evaluación del Proyecto

11.6.1 Condiciones de la Evaluación

La evaluación del proyecto está basada principalmente en la evaluación económica. En el Estudio del Plan Maestro, la evaluación económica es realizada con miras de encontrar un plan económico óptimo a partir de variados planes alternativos para los proyectos de control de la erosión y sedimentación de tres ríos: Río Choloma, Río Blanco y Río El Sauce. Con la finalidad de seleccionar el plan económico óptimo para el proyecto, se adopta un procedimiento que consta de dos pasos: estudio en el primer paso es una comparación entre los tres ríos mencionados con relación a los efectos económicos en el proyecto de protección contra las inundaciones con 50 años de inundaciones probables.

En un segundo paso, la comparación es llevada a cabo sobre los efectos económicos de los trabajos de protección para varias inundaciones probables del río, los cuales se piensan que producirán los efectos económicos más graves de entre los tres ríos, de acuerdo con los resultados del estudio en el primer paso.

Los efectos económicos del proyecto son examinados haciendo comparaciones entre los valores actuales de costos económicos y beneficios por medio de la Tasa Interna Económica de Retorno (EIRR).

El costo y beneficio económico del proyecto serán dados mediante precios sombreados, luego de deducir los pagos de transferencia desde los costos y beneficios a precios de mercado, de conformidad con las condiciones y suposiciones mostradas en el Capítulo 1 del Informe Suplementario J.

La vida del proyecto es económicamente tomada como 50 años luego del comienzo de los trabajos de construcción. Se estima que los beneficios al igual que los costos de OM son asumidos que se van a acumular a lo largo del período de vida del proyecto luego de la conclusión de los trabajos de construcción. El beneficio parcial y los costos

de OM bajo el período de construcción están considerados como proporcionales a los costos directos los cuales ya han sido invertidas para la construcción de las estructuras.

11.6.2 Costos Económicos

Los costos económicos de construcción del proyecto de protección contra inundaciones con un período de retorno de 50 años para los tres ríos mencionados incluyendo un proyecto combinado del Río Blanco y el Río El Sauce son resumidos en la *Tabla* 11.10 comparado con los costos financieros respectivos (excepto la contingencia de precios). Los flujos anuales de los mismos son proporcionados en las *Tablas* J.2.3, J.2.4, J.2.5 y J.2.6(4) del Informe Suplementario J.

Los costos económicos de construcción del proyecto Choloma con períodos de retorno de 2-, 5-, 30- y 100- años son resumidos en la *Tabla* 11.11 y estos flujos anuales son dados en las *Tablas* J.2.6 (1), (2), (3) y (5) del Informe Suplementario J.

Para todos los proyectos alternativos, los costos de OM se consideran aproximadamente como el 1% del costo directo de construcción incluyendo sus contingencias físicas. Desembolsos anuales de los costos OM son proporcionados para los proyectos concernientes en las *Tablas* J.2.3 a J.2.6 del Informe Suplementario J.

11.6.3 Beneficio Económico

El beneficio económico directo tangible producido por la ejecución del proyecto es dado generalmente como un efecto de reducción en daños de inundaciones. El promedio anual de beneficios económicos del proyecto son cotizados a partir del promedio anual de daños causados por inundaciones tal como se muestra a continuación y flujos anuales de beneficios económicos, junto con desembolsos anuales de costos económicos concernientes, son proporcionados en las *Tablas* J.2.3 a J.2.6 del Informe Suplementario J.

Beneficio Económico Anual Promedio
(En 1,000 Lps.)

Período de Retorno (años)	Cuenca Choloma	Cuenca Blanco	Cuenca El Sauce	Cuencas Blanco & El Sauce
2	5,882	-	-	-
5	19,161	7,144	17,862	25,006
30	49,392	21,490	29,938	51,428
50	55,855	23,716	31,353	55,069
100	62,747	25,656	32,696	58,352

11.6.4 Evaluación Económica de los Proyectos Alternativos

1) EIRR del Proyecto con un Período de Retorno de 50 años para el Río Choloma, Río Blanco y Río El Sauce.

El EIRR del proyecto con un período de retorno de 50 años para los tres ríos mencionados, incluyendo el proyecto combinado del Río Blanco y Río El Sauce se estiman a continuación:

Estimados del EIRR para el Proyecto de Protección Contra las Inundaciones con un Período de Retorno de 50 años

	Choloma	Blanco	El Sauce	Blanco & El Sauce
EIRR (%)	15.3	4.3	14.5	13.0

Los resultados indicados arriba sugieren lo siguiente:

(a) Con respecto a los proyectos del Río Choloma y del Río El Sauce, los EIRRs de los proyectos con un período de retorno de 50 años indican 15.3% y 14.5% respectivamente los cuales son una tasa comparativamente elevada como proyecto de protección contra inundaciones, p.e. estos proyectos son considerados que tienen viabilidad económica.

(b) El proyecto del Río Blanco con un período de retorno de 50 años muestra un EIRR de 4.3% el cual presenta una baja viabilidad económica, debido al bajo potencial de propiedades inundadas.

(c) Sin embargo, el EIRR del proyecto de protección contra inundaciones combinado para ambos ríos, el Río Blanco y el Río El Sauce arroja un valor de 13.0%. Esto muestra que el proyecto combinado es económicamente viable, considerando que el costo oportuno de capital en Honduras puede estar entre el 10% y 12%.

(d) En el Estudio del Plan Maestro, se concluye que los tres proyectos mencionados, exceptuando el proyecto independiente del Río Blanco, serían económicamente viables con un período de retorno de 50 años y que la primera prioridad sería dada económicamente al proyecto del Río Choloma.

2) EIRR del Proyecto del Río Choloma con Períodos de Retorno de 2-, 5-, 30-, 50- y 100- años

En base a la conclusión mostrada en el Párrafo previo 2.3.1, los EIRRs están estimados en el proyecto Choloma con períodos de retorno de 2-, 5-, 30-, 50- y 100- años. Los resultados, junto con el EIRR con período de retorno de 50 años están resumidos a continuación:

Estimados del EIRR del Proyecto del Río Choloma

	Período de Retorno (año)				
	2	5	30	50	100
EIRR (%)	5.8	13.8	15.3	15.3	15.3

Los valores mostrados arriba indican que el proyecto del Río Choloma es económicamente factible para el período de retorno de 5-, 30-, 50- y 100- años. Sin embargo, no existen diferencias económicas significativas entre los proyectos con los períodos de retorno de 30-, 50- y 100- años. Esto sugiere que el plan óptimo entre ellos deberá ser elegido desde el punto de vista técnico, político, social, ambiental y otros aspectos distintos del aspecto económico.

11.6.5 Impactos Socio-Económicos Intangibles

Es esperado que el proyecto también tenga, además de los beneficios directos tangibles anteriores, varios efectos intangibles de reducción de los daños socio-económicos indicados a continuación.

1) Muertos y heridos

Las fuertes inundaciones ocurridas en el pasado causaron muchas muertes y heridos.

2) Difusión de Enfermedades Infecciosas

Las inundaciones causan frecuentemente la difusión de enfermedades infecciosas debido a la insuficiencia de suministro de agua e instalaciones de drenaje.

3) Escasez de Bienes

Las inundaciones causan escasez de bienes en y alrededor del área inundada debido al daño a los productos agrícolas y fábricas manufactureras, paralización del sistema de distribución de bienes y tráfico en carreteras y ferrocarriles y también incrementa la

demanda de equipos y materiales causados por los daños a edificios, efectos de las propiedades e instalaciones públicas.

Existe la posibilidad de que tal escasez de bienes se expanda por todo el país, debido a que San Pedro Sula, Choloma y sus áreas aledañas son las zonas industriales más grandes del país, el área rural inundada se encuentra entre las más extensas áreas agrícolas y ganaderas en Honduras y además una estructura significantemente importante en el transporte, la Ruta CA-5, está incluída en el área inundada.

4) Alza Excesiva de Precios

La escasez de bienes, a paralización del tráfico y los sistemas de distribución de comodidades causarán un alza elevada de precios en y alrededor del área inundada. Además, existe la posibilidad de que tal alza de precios se expanda por todo el país tal como se describió en el párrafo 3) anterior.

5) Disminución de Actividades Administrativas y Educacionales

Las actividades administrativas y educacionales en el área inundada decrecerán debido a los daños causados por la inundación en las ofinas públicas y escuelas.

6) Disminución en la Comunicación

Las comunicaciones entre el área inundada y otras áreas disminuirán debido a daños en las instalaciones de telecomunicaciones y a la paralización del tráfico.

7) Disminución en el Estándar de Vida

Es inevitable la disminución en el estándar de vida de los pobladores del área inundada debido a daños a sus propiedades e instalaciones públicas, escasez de bienes, elevación de precios, baja de actividades administrativas y educacionales, etc.

8) Atrasos en el Desarrollo Social y Económico

Varios factores negativos mencionados arriba causan atrasos en el desarrollo de las actividades sociales y económicos en y alrededor del área inundada. Además existe la posibilidad de que este retraso de tiempo se expanda a todo el país, debido a los daños causados por las inundaciones entre las áreas de mayor potencial socio-económico del país.

9) Promoción de los Déficits Comerciales Externos

En el país, el Departamento de Cortés está entre las áreas de producción más grandes de bananas y caña de azúcar que son los bienes más importantes de exportación de Honduras, especialmente las bananas poseen una participación cercana a 40% del total de las exportaciones de Honduras. El Area de Estudio está situado en una parte central del Departamento de Cortés en esas producciones. Por lo tanto, los daños a dichos productos causarían una reducción en las exportaciones de Honduras.

Por otro lado, las áreas urbanas de San Pedro de Sula y Choloma son las mejores zonas industriales las cuales fabrican varios productos incluyendo bienes de sustitución de exportación e importación. Por ello, los daños a las fábricas manufactureras traerían no sólo una reducción en las exportaciones, sino también un incremento de las importaciones.

Honduras se encuentra cada año bajo una situación cada vez más desfavorable. Los daños arriba mencionados, promocionarían aun más los déficits comerciales externos de Honduras.

Se espera que los daños arriba mencionados sean reducidos mediante la ejecución del proyecto de protección contra las inundaciones y tales reducciones de daños serían evaluados como efectos intangibles significativos del proyecto. Un antecedente socio-económico, el cual traería impactos intangibles, está provisto en la Sección 2.4 del Informe Suplementario J.

En adición a estos efectos, los trabajos de construcción del proyecto producirán beneficios intangibles tales como un incremento en la oportunidad de empleo y estímulo del desarrollo regional.

11.6.6 Impacto Ambiental

Los impactos ambientales anticipados por el proyecto son tanto directos como indirectos. Sin embargo, los efectos adversos directos del proyecto son insignificantes comparados con los efectos benéficos. Los efectos indirectos del proyecto serán causados por el cambio subsecuente del uso de la tierra con la implementación del proyecto principalmente en las tierras bajas del área del Valle Sula.