

FIGURAS

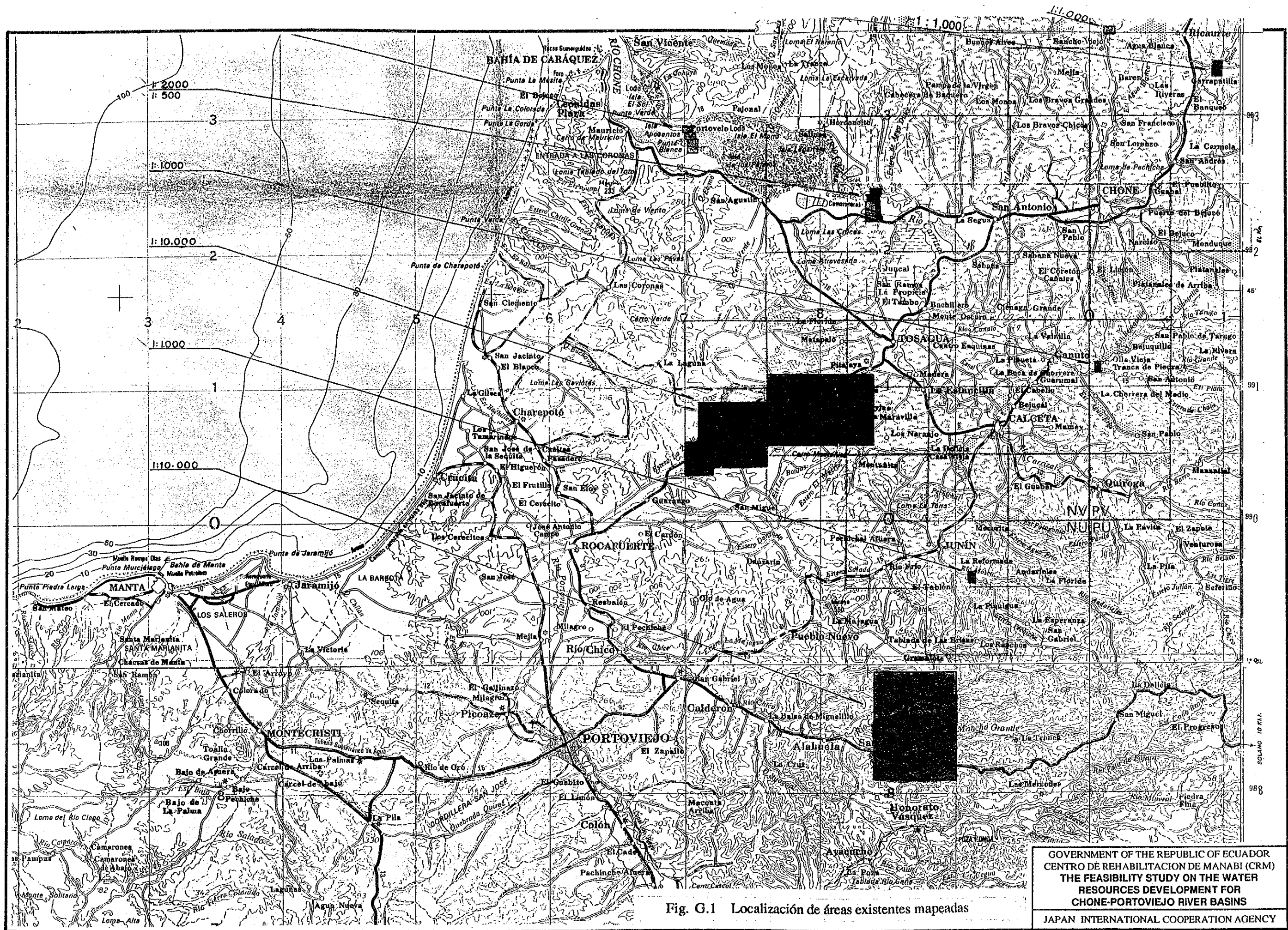


Fig. G.1 Localización de áreas existentes mapeadas

GOVERNMENT OF THE REPUBLIC OF ECUADOR
 CENTRO DE REHABILITACION DE MANABI (CRM)
 THE FEASIBILITY STUDY ON THE WATER
 RESOURCES DEVELOPMENT FOR
 CHONE-PORTOVIEJO RIVER BASINS
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

LEYENDA








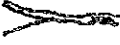

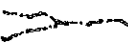
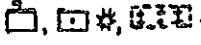


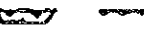



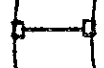








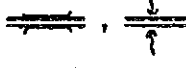












Puntos de Control GPS Control Point by GPS		Cultivos Permanentes Ochard (Banana, Coffee, Cocoa, etc.)	
Puntos de Poligonal Polygonal Point		Pantanos Swamp	
Puntos de Control Vertical Bench Mark		Logos, Lagunas Pond, Lake	
Puntos de Cotas Spot Height		Río Permanente Perennial River	
Edificios, Iglesia, Hospital Building, Church, Hospital		Río Intermitente Intermittent River	
Escuela, Fábrica, Cementerio School, Factory, Cemetery		Arena, Grava Sand, Gravel	
Tanque Tank		Revestimiento Revetment	
Estación de Bombeo Pumping Station		Vertedero Flood Weir	
Carretera Pavimentada Paved Road		Compuerta Flood Gate	
Carretera no Pavimentada Road		Caldas Water Fall	
Camino Foot Path		Protección de Riberas Bank Protection	
Pared, Cerca Wall, Fence		Dirección del Flujo Flow Direction of Water	
Torre de Transmisión Power Transmission Line		Farallón Cliff	
Puente, Alcantarillado Bridge, Culvert		Deslizamiento Land Slide	
Terrapién o Dique Embankment or Levee		Depresiones Depression Land	
Cortes Cutting		Curva de Nivel Índice Index Contour	
Límite de Área Cultivada Cultivation Boundary		Curva de Nivel Intermedio Intermediate Contour	
Pastos Pasture, Stockyards		Curva de Nivel Suplementario Supplementary Contour	
Arrazales Paddy Field			
Cultivos o Haciendas Cultivation or Farm			
Pastros, Bambu Bush, Bamboo			

Fig. G.3 Simbología de los planos

GOVERNMENT OF THE REPUBLIC OF ECUADOR
CENTRO DE REHABILITACION DE MANABI (CRM)
THE FEASIBILITY STUDY ON THE WATER
RESOURCES DEVELOPMENT FOR
CHONE-PORTOVIEJO RIVER BASINS

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

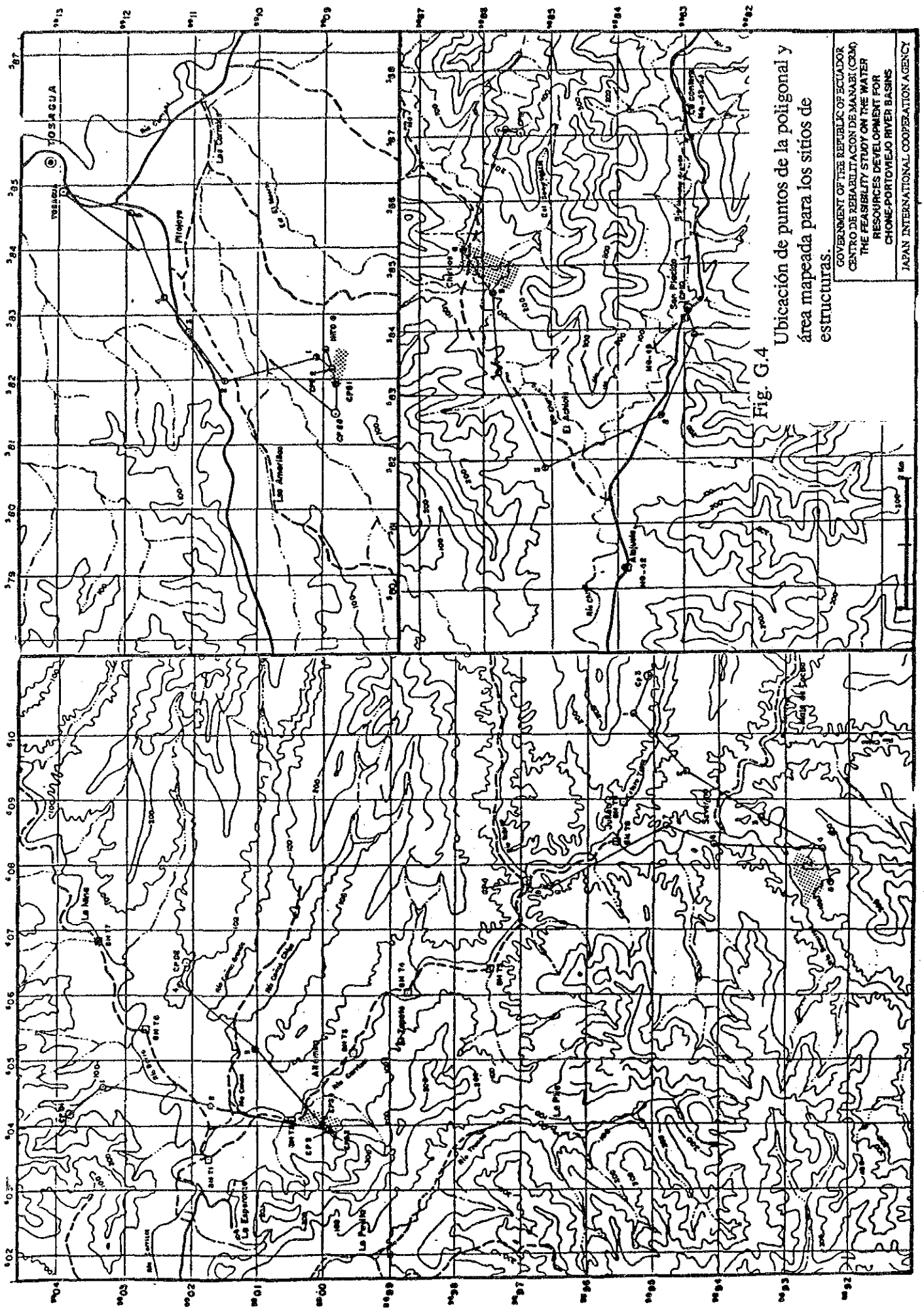


Fig. G.4

Ubicación de puntos de la poligonal y
 área mapeada para los sitios de
 estructuras.

GOVERNMENT OF THE REPUBLIC OF ECUADOR
 CENTRO DE REHABILITACION DE MANEJO (CREM)
 THE FEASIBILITY STUDY ON THE WATER
 RESOURCES DEVELOPMENT FOR
 CHONE-PORTOVIJEJO RIVER BASINS
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

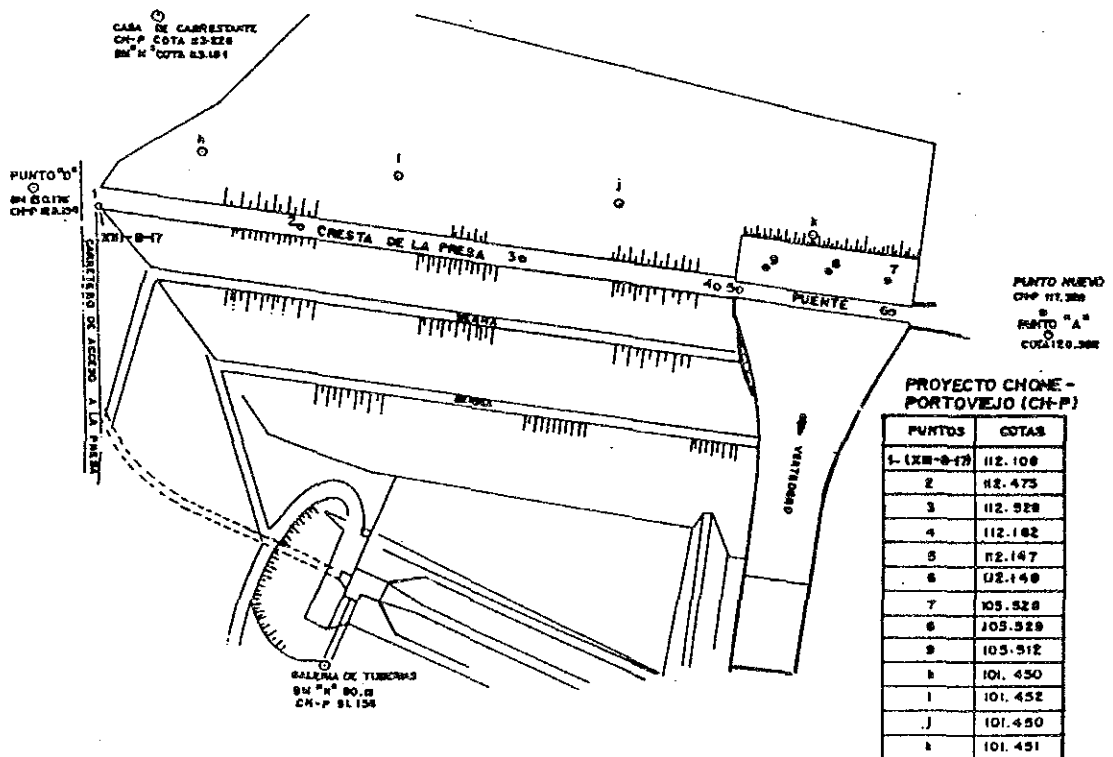
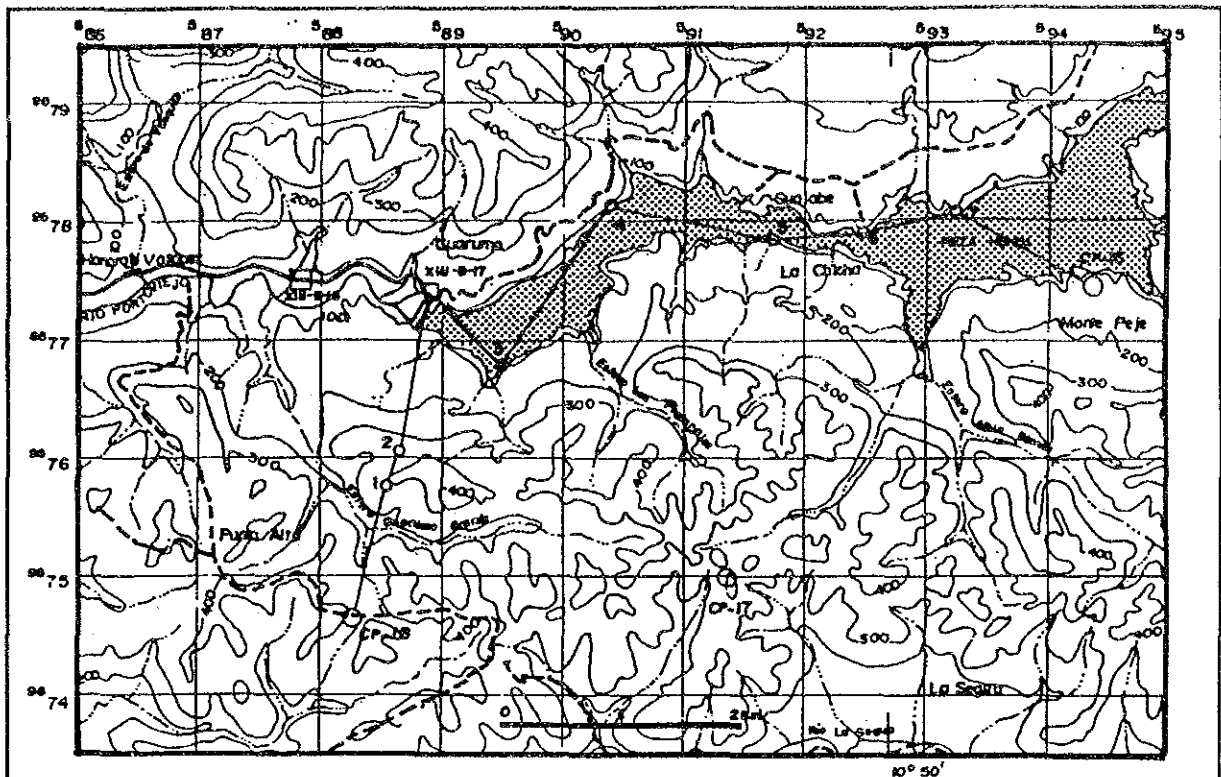


Fig. G.5 Ubicación de puntos de control y BM de la presa Poza Honda.

GOVERNMENT OF THE REPUBLIC OF ECUADOR
 CENTRO DE REHABILITACION DE MANABI (CRM)
 THE FEASIBILITY STUDY ON THE WATER
 RESOURCES DEVELOPMENT FOR
 CHONE-PORTOVIEJO RIVER BASINS
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

Informe Sectorial H
Investigación Geológica

ANEXO H INVESTIGACION GEOLOGICA

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCION -----	H.1
2. GEOLOGIA GENERAL -----	H.2
3. CONTENIDO DE LA INVESTIGACION GEOTECNICA -----	H.3
3.1 Trabajo de Refracción Sísmica -----	H.3
3.2 Sondeos -----	H.4
3.3 Ensayo de Permeabilidad -----	H.6
3.4 Ensayo de Rocas -----	H.6
3.5 Ensayo de Mecánica de Suelos -----	H.8
4. CONDICION GEOLOGICA E INGENIERIA GEOLOGICA EN EL SITIO DEL PROYECTO -----	H.8
4.1 Túnel de Derivación desde Caña Dulce hasta Poza Honda -----	H.9
4.2 Túnel de Derivación desde Poza Honda hasta Mancha Grande -----	H.10
4.3 Túnel de Derivación desde Altamira hasta el Río Portoviejo -----	H.12
4.4 Túnel de Derivación desde Amarillos hasta Guarango -----	H.13
4.5 Túnel de Derivación desde Daule-Peripa hasta La Esperanza -----	H.14
4.6 Túnel de Derivación desde Aguas Abajo de la Presa Daule-Peripa hasta Poza Honda -----	H.15
4.7 Presa Chirijos -----	H.16
4.8 Estación de Bombeo Severino -----	H.18
4.9 Canal Abierto & Sifón desde Severino hasta Caña Dulce -----	H.18
4.10 Materiales Rocosos y de Suelo -----	H.22
4.10.1 Materiales para el terraplén de la presa -----	H.22
4.10.2 Agregados para concreto -----	H.22
5. CONSIDERACIONES GEOLOGICAS PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCION -----	H.23
5.1 Método "Austriaco Nuevo" para Construcción de Túneles -----	H.23
5.2 Trabajos de Movimientos de Tierra para el Canal Abierto -----	H.24

LISTA DE TABLAS

- | | |
|-----------|---|
| Tabla H.1 | Contenido del Sondeo, Ensayo de Permeabilidad & Ensayo de Rocas |
| Tabla H.2 | Clasificación de Rocas para Ingeniería Geológica de acuerdo a las Normas Japonesas |
| Tabla H.3 | Clasificación de la Roca de acuerdo a la Velocidad de la Onda de Presión (P) y de la Clasificación de Rocas de Bieniawski |
| Tabla H.4 | Contenido de los Ensayos de Mecánica de Suelos |
| Tabla H.5 | Resumen de los Ensayos de Mecánica de Suelos |
| Tabla H.6 | Carta de Clasificación Unificada de Suelos |
| Tabla H.7 | Criterios para los Suelos Expansivos y Dispersivos |

LISTA DE FIGURAS

- Fig. H.1 Mapa de Localización General
- Fig. H.2 Mapa Geológico General para el Area del Proyecto
- Fig. H.3 Mapa Tectónico General hecho por Fotointerpretación
- Fig. H.4 Mapa de Localización de los Trabajos de Refracción Sismica
- Fig. H.5 Resumen de los Sondeos
- Fig. H.6 Resumen de los Ensayos de Permeabilidad
- Fig. H.7 Canal Abierto & Túnel desde Severino, Caña Dulce hasta Poza Honda y desde Poza Honda a Mancha Grande. Perfil Geológico
- Fig. H.8 Portales de Entrada & Salida del Túnel desde Caña Dulce hasta Poza Honda y desde Poza Honda hasta Mancha Grande. Perfil Geológico
- Fig. H.9 Túnel de Derivación desde Altamira hasta el rio Portoviejo. Perfil Geológico
- Fig. H.10 Túnel de Derivación en Guarango. Perfil Geológico
- Fig. H.11 Túnel de Derivación desde Daule-Peripa hasta La Esperanza. Perfil Geológico
- Fig. H.12 Túnel de Derivación desde Aguas Abajo de Daule-Peripa hasta Poza Honda. Perfil Geológico
- Fig. H.13 Sitio de Presa Chirijos. Plano Geológico
- Fig. H.14 Sitio de Presa Chirijos. Perfil Geológico
- Fig. H.15 Canal Abierto & Sifón desde Severino hasta Caña Dulce. Secciones Geológicas

1. INTRODUCCION

En este informe se describen los aspectos geológicos relativos a los sistemas de conducción de agua para los seis(6) esquemas de las alternativas, propuestos en el Proyecto. Los componentes principales del sistema son: Túnel, canal abierto, sifón y presa. En la primera fase de este estudio de factibilidad, se desarrolló un trabajo de refracción sísmica en el sitio de presa y en las rutas de los túneles.

Como resultado de los estudios de hidrología, ingeniería civil y medio ambiente en la primera fase, el esquema de la alternativa 5 fue estimada como la más conveniente; por lo tanto, en la segunda fase se llevaron a cabo los trabajos de perforaciones y ensayos de mecánica de suelos, para el diseño del túnel y del canal abierto en el esquema de la alternativa 5. Adicionalmente a los trabajos de perforación, se desarrollaron ensayos de permeabilidad y ensayos de rocas en laboratorio. Especialmente, con el objeto de analizar las muestras de rocas en la ruta del túnel en Guarango, se han analizado minerales arcillosos mediante rayos-x, porque existe la posibilidad de que dichas muestras contengan minerales arcillosos expansivos, tales como anhidrita y/o montmorillonita. Una investigación geológica superficial del suelo se llevó a cabo para localizar los afloramientos en toda el área del proyecto para asegurar las características geológicas, y la fotointerpretación geológica fue realizada como un trabajo suplementario.

En los años 1986 y 1987, los grupos técnicos de estudios de Brasil y España estudiaron las condiciones geológicas de algunos túneles de trasvase a través de perforaciones.

Aquellos resultados de las investigaciones geológicas de los brasileros y españoles fueron cuidadosamente revisados, tomados en cuenta y resumidos como parte de los trabajos de ingeniería geológica.

2. GEOLOGIA GENERAL

El Ecuador se halla geológicamente dividido en tres(3) grandes regiones, Oriente, Sierra y Costa. El Oriente significa la parte oriental del Ecuador, se encuentra en la parte alta del río Amazonas y está compuesta de una vieja capa geológica metamórfica, rocas sedimentarias pertenecientes a las eras Paleozoica y Mesozoica (Cretáceo).

La Sierra pertenece al sistema montañoso denominado cordillera de Los Andes, consistente en grandes montañas volcánicas del periodo Cretácico de una altitud distribuida en todo su ancho que va de los 3.000 a 6.000 msnm. La litología de este sistema montañoso pertenece al tipo andesítico, roca basáltica y roca piroclástica.

La Costa, como su nombre lo indica, ocupa la parte costera del Ecuador, constituida por una capa geológica más joven de roca sedimentaria del Terciario (del Mioceno hasta el Plioceno). Esta incluye un sistema montañoso de menor tamaño.

El área del proyecto está localizada en la región de la Costa. El basamento geológico de esta área es la formación Piñón, cretácea en edad geológica y basáltica en tipo de roca. Esta capa aflora en el pueblo de Picoazá en la parte occidental cercana a la ciudad de Portoviejo. Las capas geológicas más importantes relativas al proyecto son las formaciones Borbón, Onzole y Tosagua del Terciario.

La formación Borbón, con un tipo de roca consistente en areniscas y/o limolitas, se encuentra distribuida en las cercanías de la presa Daule-Peripa y en las áreas montañosas de alrededor 200 m de altura. No hay una diferencia clara entre las formaciones Borbón y Onzole.

La formación Onzole es la capa que más se relaciona con los trabajos de ingeniería en este proyecto. En otras palabras, esta

capa ocupa casi toda el área del proyecto, excepto el área local del Guarango. Su tipo de roca consiste de areniscas muy finas y/o limolitas.

La formación Tosagua se distribuye a lo largo de un área que cubre desde Guarango hasta Rocafuerte. Esta capa está compuesta de limolita calcárea homogénea. Yeso, anhidrita y/u otros minerales expansivos están incluidos en esta capa.

Desde el punto de vista de la geotectónica, se supone una estructura anticlinal suave. Se ha asumido que el eje anticlinal NE - SO se extiende desde la ciudad de Portoviejo hasta la presa Daule-Peripa. Sin embargo, ya que el gradiente del anticlinal es pequeño, el buzamiento del lecho rocoso aparece en la actualidad horizontal en los afloramientos. Fallas de pequeña escala (de 1 km a 2 km de largo) se suponen en algunos sitios, al respecto del sistema de fallas, 2 direcciones son las dominantes, NE y SE.

Como otra característica geomorfológica, se nota la presencia de riscos en los lugares de más de 200 m en altitud. Como resultado de la observación de las rocas, estos riscos lo constituyen limolitas, por lo tanto, se ha considerado que su formación se debe a las diferencias de erosión entre la limolita y la sudyacente arenisca más gruesa.

3. CONTENIDO DE LA INVESTIGACION GEOTECNICA

3.1 Trabajo de Refracción Sísmica

En el presente estudio (Fase I) se ha desarrollado un trabajo de refracción sísmica para las investigaciones geológicas. Refracción sísmica de 49 líneas, con una longitud total de 40 km, fueron estudiadas en las rutas de túneles y en el sitio de presa Chirijos. La ubicación y cantidad de trabajo se muestran en la Fig. H.3, y los resultados de los estudios se resumen a continuación:

Sitio	Velocidad de la onda P (km/s)	Profundidad (m)	Tipo Geológico
Túnel	0,3 - 0,5	0 - 3	Capa vegetal superior
Alternativa 1 3 & 5	0,5 - 1,0	3 - 10	Suelo descompuesto y coluvial
	1,0 - 1,5	10 - 15	Roca intemperizada
	2,1 - 2,3	15 -	Roca fresca
Túnel Guarango	0,3 - 0,5	0 - 3	Capa vegetal superior
	0,6 - 0,9	3 - 15	Suelo descompuesto
	0,9 - 1,5	15 - 25	Roca intemperizada
	2,1 - 2,3	25 -	Roca fresca
Presa Chirijos	0,3 - 0,5	0 - 5	Capa vegetal superior
	0,6 - 1,1	5 - 20	Suelo descompuesto aluvial y coluvial.
	1,1 - 1,5	10 - 30	Roca intemperizada
	2,1 - 2,3	30 -	Roca fresca

Nota: El suelo descompuesto significa una capa rocosa altamente intemperizada dentro del suelo.

3.2 Sondeos (Referirse a la Fig. H.5)

El trabajo de sondeo (6 perforaciones y 210 m de longitud total) se llevó a efecto en los sitios del esquema de la alternativa 5 (estación de bombeo/tanque de carga, sifón, portales de entrada y salida del túnel). La ubicación y el contenido de los trabajos de sondeo se muestran en la Tabla H.1, y los resultados se resumen a continuación:

- (1) La roca como material de fundación para la estación de bombeo, tanque de carga y el túnel, está compuesta de limolita, arenisca y sus alternaciones. Estas rocas están clasificadas como rocas suaves, de la clase CL en la clasificación Japonesa de rocas que corresponde a la clase IV en la clasificación de Bieniawski (referirse a la Tabla H.2).
- (2) El espesor de la capa de suelo (aluvial y coluvial) es de 2 m en el sitio del tanque de carga y 9 m en el sitio del sifón, respectivamente.

- (3) El espesor de la capa del suelo (coluvial) es cerca de 10 m en los alrededores del sitio del portal del túnel que va de Caña Dulce a Poza Honda. Por otro lado, en el sitio del portal del túnel en la ruta de Poza Honda hasta Mancha Grande, la zona de roca intemperizada es más bien profunda; consecuentemente, el espesor de la capa del suelo se ha estimado en 20 metros.
- (4) Existe la tendencia a que la limolita, en la ruta del túnel desde Poza Honda hasta Mancha Grande, se ablande debido a la meteorización, en otras palabras, esta limolita se afloja gradualmente después de la excavación si se la deja en su condición natural.
- (5) El valor del R.Q.D. es en promedio de 80, lo que quiere decir que existen pocas grietas en esta capa rocosa.
- (6) El nivel de agua subterránea se muestra en la siguiente tabla.

Perforación No	Sitio	Nivel de agua subterránea
B1	Estación de Bombeo	Seco
B2	Sifón	NF - 3 m
B3	Caña Dulce, entrada del túnel	NF - 15 m
B4	Pata de Pájaro, (Poza Honda) Salida del túnel.	NF - 14 m
B5	Guajabito (Poza Honda) Entrada del túnel	NF - 8 m
B6	Mancha Grande - Salida del túnel	NF - 10 m

NF - Nivel Freático

3.3 Ensayo de Permeabilidad (Referirse a la Fig. H.6)

El ensayo de permeabilidad "in situ" se hizo utilizando los huecos dejados por las perforaciones. En los sitios de la estación de bombeo y del sifón, el ensayo se llevó a cabo por medio del método del flujo libre, mientras que en el sitio del túnel el ensayo Lugeón fue seleccionado. Los resultados de los ensayos se resumen a continuación:

Perforación No	Sitio	Tipo geológico	Coefficiente de permeabilidad K (cm/s)
B1	Estación de bombeo Tanque de carga	Coluvial	$6,3 \times 10^{-4}$
B2	Sifón	Aluvial	$9,6 \times 10^{-3} - 2 \times 10^{-2}$
B3	Túnel	Limolita	$2,4 \times 10^{-4} - 5,5 \times 10^{-5}$
B4	Túnel	"	$1,8 \times 10^{-5} - 7,5 \times 10^{-6}$
B5	"	"	$1,0 \times 10^{-6}$
B6	"	"	$3,5 \times 10^{-4}$

En los sitios de la estación de bombeo, tanque de carga y sifón, la geología corresponde a suelos aluviales y coluviales, por lo que la permeabilidad es alta.

La permeabilidad de la limolita en relación al túnel es por lo general suficientemente baja (del orden de $K = 1 \times 10^{-5}$ cm/s), aún cuando, en las zonas parcialmente fracturadas se midieron coeficientes de permeabilidad del orden de 1×10^{-4} cm/s.

3.4 Ensayo de Rocas (Referirse a la Fig. H.5)

En relación a la obra del túnel, se hicieron ensayos de rocas en el laboratorio con el propósito de conocer las propiedades de resistencia de la roca. Los testigos o núcleos de los sondeos se tomaron como muestras para el examen. Los

parámetros a medir fueron: densidad, absorción de agua y resistencia a la compresión no confinada. Adicionalmente a éstos, especialmente para las muestras de rocas en la ruta del túnel Guarango, se analizaron los minerales de las arcillas mediante los rayos-X para confirmar la existencia de minerales expansivos, tales como yeso, anhidrita y/o montmorillonita. Los resultados de las pruebas se resumen a continuación:

- (1) La densidad varía de 1,9 g/cm³ a 2,1 g/cm³, lo cual es un valor medio para las rocas blandas.
- (2) Con relación al valor de la resistencia a la compresión no confinada en relación al túnel, el valor promedio de q_u es de 60 kg/cm², lo cual muestra una condición más débil de lo que aparenta ser.
- (3) Presenta una tasa alta de absorción de agua (20-30%), sin embargo, el valor del cambio de volumen debido al hinchamiento es muy bajo (menor que 1%).
- (4) En la muestra de roca en la ruta del túnel de Guarango, se detectó la presencia de mineral expansivo (montmorillonita).

Perf. No	Profundidad de la muestra	Sitio	Resultado del Ensayo de Rocas				
			γ gr/cm ³	q_u Kg/cm ²	W_{ab} %	VC %	Tipo de Roca
B-1	29 m	Estación de bombeo /tanque de carga	1,9	71	22	0,04	SS
B-2		Sifón	1,9	133	30	0,27	MD
B-3		Caña Dulce (entrada)	2,0	45	24	1,10	MD
B-4		Poza Honda (salida)	2,1	73	22	0,38	MD
B-5	29 m	Poza Honda (entrada)	1,9	47	21	0,80	MD
B-6		Mancha Grande (salida)	2,1	33	20	0,50	MD
*ST-2	40 m	Guarango	2,0	30	30	5,00	MD

Nota: *ST-2: Sondeo realizado por el Equipo Español en 1986 (hace 6 años)

γ : Densidad, q_u : resistencia a la compresión no confinada

W_{ab} : Absorción de agua, VC: cambio de volumen por hinchamiento

SS : Arenisca MD : Limolita

3.5 Ensayo de Mecánica de Suelos (Referirse a las Tablas H.4, H.5)

Los ensayos de laboratorio de Mecánica de Suelos se llevaron a cabo para los suelos correspondientes a la ruta del canal abierto desde Severino hasta Caña Dulce. Las muestras se tomaron utilizando el método del tubo de Shelby (tubo de muestra de pared delgada) y el muestreo por bloques en calicatas. Los datos a obtenerse y sus especificaciones (normas ASTM) se muestran en la Tabla H.4.

En los ensayos de laboratorio, el referente a las arcillas expansivas y dispersivas es especialmente considerado. Debido a que el suelo (arcillas) en esta área tiene una fuerte tendencia a la falla por hinchamiento en la estación lluviosa, se planificaron los siguientes ensayos específicos: cambio potencial de volumen, hinchamiento, pinhole, doble hidrómetro y el análisis químico.

Los resultados se resumen en la Tabla H.5.

4. CONDICION GEOLOGICA E INGENIERIA GEOLOGICA EN EL SITIO DEL PROYECTO

En cada uno de los sitios del proyecto, la condición geológica y la ingeniería geológica se resume de la siguiente manera. El tipo de roca se describe en base a la observación de los afloramientos, al mapeo geológico y al análisis de los núcleos de perforación. La clasificación de la roca para la fundación de la presa se la hace sobre la base de la norma Japonesa, y con respecto a la clasificación de la roca para la ingeniería del túnel, se han adoptado tres criterios, los cuales son: (1) La norma Japonesa; (2) clasificación de la roca basada en la velocidad de la onda sísmica de presión; y (3) la clasificación de Bieniawski. Estos criterios se muestran en las Tablas H.1, H.2 y H.3. La resistencia a la compresión no

confinada y el módulo de elasticidad estático es el resultado del análisis de las rocas en el laboratorio.

Mientras, las propiedades de ingeniería del suelo a lo largo de la ruta del canal abierto se mencionan sobre la base de los resultados de los ensayos de mecánica de suelos, tal como se muestra en la Tabla H.5.

4.1 Túnel de Derivación desde Caña Dulce hasta Poza Honda (Referirse a las Figs. H.7 & H.8)

Se tiene previsto un túnel de 3,5 m de diámetro y 11 km de longitud. La ruta del túnel se localiza en una área montañosa correspondiente a la formación Onzole y Borbón, con altitudes entre los 200 y 400 msnm. En referencia al resultado de los trabajos de refracción sísmica y del sondaje, el tipo de roca al nivel de la rasante del túnel está compuesto básicamente de limolita, excepto en los portales. Por otro lado, en los sitios de los portales, se tienen suelos coluviales y limolita meteorizada, constituyendo una capa de suelo con un espesor de entre 10 y 20 m.

La clasificación de la roca y las principales propiedades de ingeniería se muestran a continuación:

Propiedades de Ingeniería	Ubicación de los portales longitud total 350 m	Parte interna del túnel
Tipo de roca	Coluvial	Limolita arenosa
Clase de roca	D (suelo)	CL (roca suave)
Velocidad de la onda de presión V_p (km/s)	1,5	2,1 - 2,3
Peso unitario, γ (g/cm ³)	1,7	2,1
Resistencia a la compresión no confinada q_u (kgf/cm ²)	10 - 20	60 - 100
Módulo estático de elasticidad E_s (kgf/cm ²)	2.000	10.000 - 12.000
Coefficiente de permeabilidad K (cm/s)	1×10^{-3} - 1×10^{-4}	1×10^{-5}

Esta limolita arenosa presenta en algún grado una baja solidez, pero macisa y poco fracturada. De acuerdo a los análisis de rocas, la resistencia a la compresión no confinada (q_u) es relativamente pequeña, contrario a su apariencia de solidez (30 kg/cm² como mínimo, 60 kg/cm² como promedio). Debido a que el núcleo para los ensayos fue seleccionado de los portales (sobrecarga de 30 m en espesor), es de suponer que en la parte interna de la montaña el valor de q_u es posiblemente mayor (se asume ser 150 kg/cm²).

Desde el punto de vista de la permeabilidad, el flujo de agua durante la excavación del túnel será pequeño ($k = 1 \times 10^{-5}$ cm/s). Aún cuando se ha asumido que existen pequeñas zonas fracturadas, y grandes fracturas son escasamente encontradas.

Al juzgar por la solidez de la roca y del valor de q_u , se requieren soportes de acero para la capa de suelo coluvial y de la roca meteorizada en la porción de los portales. Sin embargo, los trabajos en los portales no serían tan críticos, a juzgar por las condiciones topográficas y el espesor de la sobrecarga.

4.2 Túnel de Derivación desde Poza Honda hasta Mancha Grande (Referirse a las Figs. H.7 & H.8)

Se ha planeado un túnel de 2,5 m de diámetro y cerca de 4 km en longitud. La ruta del túnel se halla localizada, excepto para la posición de los portales, en una zona montañosa de gran pendiente, con cotas que van desde los 200 m hasta los 400 m. Por otro lado, en los alrededores del sitio de los portales (tanto de entrada como de salida), las condiciones topográficas muestran una pendiente suave donde los depósitos coluviales (taludes tipo deslizamiento) y capas de roca altamente meteorizadas cubren la superficie del terreno.

Sobre la base de los resultados de los estudios de refracción sísmica y del sondaje, la composición geológica en

relación al túnel puede ser dividida en dos tipos, coluvial y limolita meteorizada en los sitios de los portales, y limolita en la parte interna del túnel. La clasificación de la roca y sus propiedades de ingeniería son como sigue:

Propiedades de Ingeniería	Ubicación de los portales Longitud total 450 m	Parte interna del túnel
Tipo de roca	Coluvial roca meteorizada	Limolita
Clase de roca	D	CL
Velocidad de la onda de presión V_p (km/s)	1,5	2,1 - 2,3
Peso unitario γ (g/cm ³)	1,7	2,1
Resistencia a la compresión no confinada q_u (kgf/cm ²)	10 - 20	60 - 100
Módulo estático de elasticidad E_s (kgf/cm ²)	2.000	10.000 - 12.000
Coefficiente de permeabilidad K (cm/s)	1×10^{-4}	1×10^{-5}

De manera similar que para el túnel Caña Dulce - Poza Honda, esta limolita no presenta grietas y, por consiguiente, no se encuentran zonas mayores de fractura; sin embargo, zonas de corte menores ocurren localmente. Ya que la permeabilidad es pequeña, el flujo de agua durante las excavaciones del túnel también será pequeño.

De acuerdo a las observaciones de los núcleos de perforaciones, esta limolita es apta para tornarse floja, expuesta al aire, lo cual significa que se hace necesario soportes de acero y/o trabajos de recubrimiento después de la excavación; por ejemplo, es necesario un recubrimiento de hormigón lanzado.

Más aún, para la obra de los portales, ya que el suelo coluvial y la roca meteorizada cubren ampliamente el terreno, se hace necesario tener soportes de acero poco espaciados y/o una

capa más gruesa de recubrimiento de concreto.

4.3 Túnel de Derivación desde Altamira hasta el Río Portoviejo (Referirse a la Fig. H.9)

Esta ruta de túnel ha sido planificada desde la estación de bombeo de Altamira hasta aguas abajo de la presa Poza Honda. El túnel se convierte en un canal abierto en tres localidades de su recorrido (tributario La Abeja, río Chamotete y río Chico). El diámetro y longitud del túnel son 3,1 m y 21 km.

La ruta del túnel es seleccionada en el área montañosa, con cotas que van desde los 200 hasta los 400 m.

La composición geológica (tipo de roca), en relación al túnel, se encuentra dividida en dos tipos. Estos son coluvial o limolita arenosa meteorizada en los sitios de los portales y limolita arenosa en la parte interna del túnel. La clasificación de la roca y sus propiedades de ingeniería se dan del siguiente modo:

Propiedades de Ingeniería	Ubicación del portal 8 portales en total 1.500 m en longitud	Parte interna del túnel
Tipo de roca	Coluvial roca meteorizada	Limolita arenosa
Clase de roca	D	CL
Velocidad de la onda de presión		
	V_p (km/s)	1,5
Peso unitario	γ (g/cm ³)	1,7
		2,1 - 2,3
		2,1
Resistencia a la compresión no confinada	q_u (kgf/cm ²)	10 - 20
		60 - 100
Módulo estático de elasticidad	E_s (kgf/cm ²)	2.000
		10.000 - 12.000
Coefficiente de permeabilidad	K (cm/s)	1×10^{-4}
		1×10^{-5}

La condición geológica para la obra del túnel es similar que aquella para la ruta del túnel entre Caña Dulce y Poza Honda. La roca muestra una composición sin fisura o sea que no se encuentra zonas de fractura a gran escala, adicionalmente la permeabilidad es baja. Sin embargo, se requerirán soportes de acero en la zona de roca meteorizada.

4.4 Túnel de Derivación desde Los Amarillos hasta Guarango (Referirse a la Fig. H.10)

Este túnel se ha planificado para conectarse con el canal abierto largo desde la presa La Esperanza hasta la estación de bombeo Los Amarillos. Su longitud es de 6 km y su diámetro es de 2,5 m. El túnel atraviesa una colina de entre 100 y 150 msnm.

En esta área la meteorización es tan grande y profunda que el afloramiento de la roca no se encuentra. Es una característica crítica que la roca en esta área contenga minerales arcillosos expansivos, tales como la montmorillonita y la anhidrita. De acuerdo al sondaje (efectuado por los españoles en 1986) el tipo de roca consiste en limolita calcárea.

De los datos obtenidos de la sísmica y de la observación de los núcleos de perforaciones, se encuentran los siguientes tipos de rocas:

- (1) Limolita meteorizada con bastantes minerales expansivos (en los portales, 300 m en longitud total)
- (2) Limolita ligeramente meteorizada con cantidad moderada de minerales expansivos (parte del túnel localizada inmediatamente después de los portales de entrada, en una longitud de 250 m).
- (3) Limolita fresca con pequeñas cantidades de minerales expansivos (5 km 550 m en longitud).

Las propiedades de ingeniería de cada uno de los tipos geológicos (1), (2) y (3) son como sigue:

Tipo Geológico	(1) Limolita meteorizada con minerales expansivos	(2) Limolita ligeramente meteorizada con minerales expansivos	(3) Limolita fresca con pequeñas cantidades de minerales expansivos
Clase de roca	E (suelo)	D (muy blanda)	CL (blanda)
Vp (km/s)	0,9 - 1,5	1,5	2,1 - 2,5
γ (g/cm ³)	1,6	1,7	2,1
q _u (kgf/cm ²)	10	30	60
Es (kgf/cm ²)	1.000 - 2.000	5.000	10.000 - 12.000
K (cm/s)	1 x 10 ⁻⁴	1 x 10 ⁻⁴	1 x 10 ⁻⁵

El aspecto clave de la ingeniería geológica de esta ruta de túnel es la ocurrencia de minerales expansivos. Como consecuencia de esto, se debería aplicar un recubrimiento de concreto de gran espesor y un sistema de soporte cuidadoso.

4.5 Túnel de Derivación desde Daule-Peripa hasta La Esperanza (Referirse a la Fig. H.11)

Este túnel está planificado desde el río Conguillo en el embalse Daule-Peripa hasta el río Membrillo en el embalse La Esperanza. La longitud de éste es de aproximadamente 8,3 km y su diámetro es de 3,7 m. En el año 1986 un equipo de estudios Brasileiro investigó la geología de la ruta del túnel mediante sondeos.

El tipo de roca en relación al nivel del túnel consiste en areniscas y/o limolitas. Esta roca se encuentra clasificada como media desde el punto de vista del R.Q.D. y grado IV-III sobre la base del sistema de clasificación de rocas de Bieniawski, y puede asimilarse al tipo CL o CM, de acuerdo al criterio Japonés de clasificación de rocas. Las principales propiedades de ingeniería de este tipo de rocas son:

- Peso unitario	$\gamma = 2,1 \text{ g/cm}^3$
- Resistencia a la compresi3n no confinada	$q_u = 60 - 100 \text{ kg/cm}^2$
- M3dulo est3tico de elasticidad	$E_s = 10.000-12.000 \text{ kg/cm}^2$
- Coeficiente de permeabilidad	$K = 1 \times 10^{-4} - 1 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$

De acuerdo a los n3cleos de los sondeos y al afloramiento de la roca, 3sta presenta una condici3n masiva y sin fisuras, m3s a3n, no se encuentra una zona de fractura seria.

Debido a que el coeficiente de permeabilidad muestra un valor alto del orden de los 10^{-4} cm/s en casi todo el t3nel, se prev3 una ligera cantidad de filtraci3n de agua y se asume que esta cantidad es apreciable (20 litros por minuto) en los siguientes lugares por donde el t3nel pasa debajo del tributario; 3stos son, tributario Perro (distante 1,2 km desde el punto de entrada), tributario Ca3ales (distante 2,2 m desde el punto de entrada), tributario Lozas (distante 5,8 m desde el punto de entrada) y el tributario Mulatos (distante 8,2 km desde el punto de entrada).

Al juzgar por la solidez de la roca, se requiere de soporte de acero en la zona de roca meteorizada.

Se espera que casi toda la secci3n del t3nel atraviese la capa de roca fresca arriba mencionada, sin embargo, dentro de la ubicaci3n de los portales del t3nel, la roca es meteorizada y floja (tipo D en la clasificaci3n), por lo tanto, se requiere de soportes poco espaciados. Su longitud se ha estimado en aproximadamente 300 m del total.

4.6 T3nel de Derivaci3n desde Aguas Abajo de la Presa Daule-Peripa hasta Poza Honda (Referirse a la Fig. H.12)

Este t3nel es la parte final del sistema de conducci3n de agua, va desde el r3o Lisondro (30 km aguas abajo de la presa Daule-Peripa) hasta el r3o Mineral (en el embalse Poza Honda). El t3nel de 11,2 km de largo y 3,8 m de di3metro es dise3ado para

conectarse con la tubería.

Las condiciones geológicas en la ruta de este túnel también fueron investigadas por el Equipo de Estudios Brasileiro en 1986, utilizando sondajes.

Por toda la ruta del túnel pasa una arenisca muy fina y/o limolita arenosa de la formación Onzole. Esta roca se la clasifica como del tipo CL a CM, esto es, blanda en solidez y las propiedades de ingeniería son casi iguales que las de la ruta del túnel que va desde Daule-Peripa hasta La Esperanza (referirse al numeral 4.5).

Como resultado de un mapeo superficial del suelo, no se encontraron zonas de fractura de gran tamaño. Adicionalmente, existen pocos tributarios en la ruta del túnel y la permeabilidad es pequeña; consecuentemente, se ha juzgado que los problemas por filtración de agua serán pequeños en las obras del túnel. Sin embargo, se requieren soportes de acero debido a que la roca es blanda en solidez.

4.7 Presa Chirijos (Referirse a las Figs. H.13 & H.14)

(1) Tipo de presa

Es de tierra, de 35 m de altura (desde el nivel del río), con un volumen planificado de 40×10^6 m³.

(2) Condición geológica

En el sitio de presa, el lecho del río es muy amplio y muestra una topografía tipo trapecio invertido. La pendiente en ambas márgenes es aproximadamente de 30 grados. La roca base consiste en limolita, y está cubierta por una capa gruesa de suelo en ambas riveras (aproximadamente de 20 m en espesor) y suelo aluvial en el lecho (15 a 20 m en espesor). Bajo esa capa de suelo, la limolita meteorizada sudeace con un espesor de 10 a

20 m. La roca fresca yace 30 a 40 m en profundidad desde la superficie del suelo. Las propiedades de ingeniería de cada capa se muestran a continuación.

Propiedades de Ingeniería		Suelo aluvial descompuesto	Limolita meteorizada	Limolita fresca
Clase de roca		-	D	CL
Peso unitario	γ (g/cm ³)	1,6	1,7	2,1
Cohesión	C (kgf/cm ²)	0,1	1,0	5,0
Angulo interno de fricción	ϕ (grado)	15	30	30
Resistencia a la compresión no confinada	q_u (kgf/cm ²)	1,0	10	60 - 100
Módulo estático de elasticidad	E_s (kgf/cm ²)	200	2.000	12.000
Coefficiente de permeabilidad	K (cm/s)	1×10^{-3}	1×10^{-4}	1×10^{-5}

(3) Fundación de la presa

Al juzgar por la resistencia de la limolita fresca se recomienda una presa de tierra. El espesor del aluvial y de la capa de roca meteorizada es muy grande para que sirva para una presa de concreto de gravedad.

Adicionalmente, se debe considerar la estabilidad de los taludes. Especialmente en el talud de la margen izquierda, se requerirá de un trabajo de protección.

(4) Material para el terraplén de la presa

Se ha podido apreciar que la limolita cercana al sitio de presa es apropiada como material impermeable y con un volumen

suficiente. Por el contrario, el material pétreo y arena no se lo encuentra disponible cerca de la presa. El lugar más cercano de préstamo de material rocoso (pueblo de Picoazá) está localizado a 40 km del sitio de presa. En caso de usar esta cantera la arena debe obtenerse mediante trituración y tamizado.

Por otro lado, el material natural de arena y grava se encuentra en el pueblo de Quevedo, a 150 km del sitio de presa.

4.8 Estación de Bombeo Severino

La condición geológica, en el lugar de la estación de bombeo, aparentemente es buena. Es por esto que una arenisca relativamente dura, del tipo CL a CM, aflora en la parte posterior del sitio de la estación de bombeo propuesto. Aún cuando alguna capa de canto rodado, de aproximadamente 5 m en espesor, sobresalga cerca de la ribera del río Severino, la fundación de las estructuras se puede hacer fácilmente sobre la capa de la roca fresca. La resistencia a la compresión y la permeabilidad son 130 kg/cm^2 y $1 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$, respectivamente.

4.9 Canal Abierto & Sifón desde Severino hasta Caña Dulce (referirse a las Figs. H.7 y H.15)

(1) Ruta del canal abierto

El tipo geológico relativo a la ruta del canal abierto está constituido por suelo coluvial descompuesto (limolita altamente meteorizada) y una capa rocosa meteorizada. Como resultado de los ensayos en las calicatas y de la inspección geo-superficial, estas capas de suelo tienen un espesor de aproximadamente 4 a 5 m, transformándose gradualmente en una capa de roca meteorizada.

Los ensayos de mecánica de suelos se llevaron a cabo en la capa de suelo coluvial y descompuesto, a una profundidad de 2 m por debajo de la superficie del suelo.

Las características de las propiedades de ingeniería del suelo se describen a continuación.

- (a) Estos suelos se clasifican como del tipo CH y MH (arcillosos-limosos) basado en la clasificación unificada de suelos.
- (b) En algunos sitios, existe la posibilidad de aparición de suelos expansivos, según el análisis de los factores de encogimiento e hinchamiento.
- (c) El coeficiente de permeabilidad mostrado por el limo y la arcilla varía desde 1×10^{-6} a 1×10^{-7} cm/s, por lo tanto, entran en la clasificación de suelos impermeables y no se espera filtración alguna desde el canal.
- (d) La conveniencia de los materiales para terraplenado debe ser juzgada de acuerdo al grado de cambio de volumen (CV), tal como se indica en las Tablas H.5 y H.7. Aplicando estos criterios al tipo de suelo de la ruta del canal, se encuentra que estos limos y arcillas no son apropiados como material de terraplenado debido a que podrían ocurrir encogimientos severos y peligrosos.
- (e) Al considerar la característica del suelo desde el punto de vista de la expansión y de su propiedad como material para la fundación, se hicieron dos (2) tipos de ensayos, el ensayo de PVC e hinchamiento, así como también se tomaron en cuenta las propiedades índices. A continuación se muestran los resultados de dichos ensayos.

Calicata No	LL %	IP %	Pasa tamiz # 200	Potencial de hinchamiento esperado	Hinchamiento Clasificación de acuerdo a			Posible clasifi- cación.
					PVC	Presión de hinchamiento	Cambio de Volumen (V)	
C-1	89	36	100	Alto	NC	Baja	Bajo	NC
C-2	75	26	97	Medio	VC	Media	Medio	C
C-3	71	35	87	Alto	VC	Baja	Alto	C
C-4	91	43	97	Alto	C	Media	Alto	C
C-5	76	23	93	Medio	VC	Baja	Medio	C
C-6	87	37	96	Alto	C	Media	Alto	C
C-7	46	12	34	Bajo	NC	Baja	Bajo	NC
C-8	69	20	75	Medio	VC	Baja	Medio	C
C-9	67	22	89	Medio	VC	Media	Alto	C

Se ha podido establecer que estos suelos arcillosos y limosos, ubicados a lo largo de la ruta del canal abierto, muestran condiciones críticas de hinchamiento y consecuentemente podrían dañar el revestimiento de concreto del canal. Por esta razón se proponen las siguientes contramedidas: reemplazar el suelo expansivo con suelo no expansivo, cambiar la propiedad expansiva del suelo mediante la inyección de químicos, o incrementar la densidad del suelo mediante la compactación. Se recomienda, muy especialmente para la etapa de diseño detallado, llevar a cabo una investigación profunda sobre estos suelos, capa por capa, y que se realicen ensayos controlados de laboratorio.

- (f) El valor promedio del contenido de humedad natural (Wn) es de 32%, y el valor promedio del contenido de humedad óptima (OMC) es de 29%, luego el Wn es mayor que el OMC. Por este motivo, las obras de movimiento de tierra, particularmente el terraplenado, únicamente deberían realizarse durante la estación seca y todos los trabajos

de compactación deben hacerse a densidades menores que la óptima.

(g) De acuerdo a los ensayos del doble hidrómetro y del análisis de sales totales disueltas, los limos y arcillas de las calicatas C-3 y C-4 muestran cierto grado de dispersibilidad, pero no en exceso, lo que las vuelve apropiadas como material de terraplenado, considerando los aspectos de erosión y tubificación. De todas maneras se efectuaron los ensayos pin-hole, y estos suelos mostraron condiciones no dispersivas.

(h) De acuerdo a los resultados del ensayo triaxial, para el análisis de estabilidad de los taludes, es posible esperar que la mayoría de los suelos presente un ángulo de fricción interno que varíe de 5° a 25° con una cohesión que va desde 5 ton/m^2 a 13 ton/m^2 , lo cual garantizaría una buena estabilidad de los taludes. Se recomiendan pendientes de entre 1:1 a 1:1.5.

(2) Sitio del Sifón

El sitio de emplazamiento del sifón fue investigado mediante una perforación (B2), conjuntamente con ensayos de penetración estándar y de laboratorio. Los valores (N) van desde 7 a 25 en la capa aluvial de 9 m. Para la ubicación del sifón, el estrato más apropiado correspondió a aquel que va desde el N=10 al N=25, esto es, desde 7 hasta 8 m en profundidad, por otro lado este estrato presenta una buena capacidad de soporte. La permeabilidad es algo alta ($k = 3,7 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$), por lo tanto, se recomienda un buen sistema de drenaje durante la etapa de construcción.

(3) Tanque de carga

Se realizaron ensayos de penetración estándar (SPT) encontrándose valores de N que varían desde 14 a 34, y se encontró el tope de la roca a un nivel de 5,30 m por debajo de la

superficie del suelo. Desde el punto de vista de los análisis de los valores de N, se determinó que el sitio aconsejado para la ubicación del tanque de carga sea sobre el estrato rocoso.

4.10 Materiales Rocosos y de Suelo

4.10.1 Materiales para el terraplén de la presa

Un buen material impermeable constituido por areniscas y/o limolitas meteorizadas se obtiene en abundancia en las cercanías del sitio de presa. Por otro lado, al respecto de arena (filtro) y material rocoso, se han considerado dos posibilidades: (1) la utilización de la cantera actual de Picoazá, y (2) la utilización de los depósitos del río en Quevedo. Las condiciones de cada uno de estos sitios se resume a continuación:

Sitio	Tipo geológico	Calidad	Cantidad	Distancia
(1) Picoazá	Basalto	Procesamiento para arena buena	Suficiente	40 km
(2) Quevedo	Andesita, origen de la arena y de la grava.	Buena	Suficiente	160 km

4.10.2 Agregados para concreto

Del mismo modo que para los materiales de arena y roca antes mencionados, se determinaron dos sitios de préstamo para los agregados de concreto: (1) la cantera de Picoazá, y (2) los depósitos del río en Quevedo.

5. CONSIDERACIONES GEOLOGICAS PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCION

5.1 Método Austriaco Nuevo para Construcción de Túneles (MANT)

Para las obras de construcción del túnel, el método Austriaco nuevo de construcción de túneles (MANT) se ha considerado por ser éste el más apropiado para el tipo de roca blanda limosa y para prevenir el colapso del túnel. El MANT es una estructura de soporte constituida por hormigón lanzado con pernos de anclaje, trabajo que es efectuado después de la excavación. De acuerdo a la resistencia de la roca, se diseña la distribución del hormigón lanzado, los pernos de anclaje y la estructura de soporte de acero. Para dichas obras se han seleccionado los siguientes 4 tipos:

- (1) Hormigón lanzado + pernos de anclados en las partes superior y laterales del túnel + revestimiento de concreto.
- (2) Hormigón lanzado + pernos de anclados en las partes superior y laterales del túnel + revestimiento de concreto.
- (3) Hormigón lanzado + pernos de anclaje + soporte de acero (H 125 espaciados a 120 cm) + revestimiento de concreto.
- (4) Hormigón lanzado + pernos de anclaje + soporte de acero (H 125 espaciados a 100 cm) + revestimiento de concreto.

En caso de encontrarse roca dura, el soporte de acero puede omitirse. Sin embargo, al considerar la investigación en la zona de ubicación del túnel, se encontraron valores de resistencia a la compresión no confinada de entre 60 y 100 kg/cm², por lo tanto para algunos sitios se necesitará de soportes de acero. Especialmente en los sitios de los portales del túnel y en las zonas de fractura (se asume un $q_u = 30$ kg/cm²), se ha recomendado un sistema de soporte de acero poco espaciado.

En las rutas de los túneles que van desde Daule-Peripa hasta

La Esperanza, desde Caña Dulce hasta Poza Honda y desde Poza Honda hasta Mancha Grande, se han diseñado los tipos (1 a 4) ya descritos. Por otro lado para el sitio del túnel del Guarango (para toda la ruta del túnel), debido a su contenido de minerales expansivos, los soportes de acero deben colocarse más cercanos adicionalmente al hormigón lanzado y a los pernos de anclaje.

5.2 Trabajos de Movimientos de Tierra para el Canal Abierto

Tal como se lo mencionara en el artículo 4.9, el tipo geológico del sitio por donde va a pasar el canal abierto está compuesto de limos, arcillas y una roca meteorizada (principalmente limolita). Desde el punto de vista de los trabajos de movimientos de tierras, las principales características de estos tipos geológicos son las siguientes:

- (1) Las capas limo-arcillosas presentan la posibilidad de expansión en algunos sitios, lo cual es crítico para las obras de movimiento de tierra, en caso de absorción de agua.
- (2) El estrato de roca meteorizada que subyace por debajo de los limos y arcillas es suficientemente firme para la fundación del canal.
- (3) En el caso de que el nivel de la fundación del canal se halle por encima del lecho rocoso, se considerará la sustitución de la capa limo-arcillosa.
- (4) Los limos y arcillas no son apropiados como material para el terraplenado.
- (5) La roca meteorizada está disponible como material de terraplenado, mas aún la roca proveniente de la excavación del túnel es apropiada como material de terraplenado.
- (6) Una capa base de piedra dura triturada por debajo del revestimiento en concreto del canal es efectiva para la

estabilidad del mismo.

- (7) Tanto los limos como las arcillas y la roca meteorizada presentan una cohesión relativamente alta en condiciones secas, sin embargo, en condiciones húmedas su cohesión disminuye enormemente; como consecuencia de esto las obras de revestimiento, tales como el engramado y/o el hormigón lanzado con drenes, son necesarias para los taludes en corte.
- (8) Considerando el hinchamiento, en algunos sitios se necesitarán obras de protección contra la filtración de agua a través de los estratos de limo y arcillas.

TABLAS

Tabla H.1 Contenido del Sondeo, Ensayo de Permeabilidad & Ensayo de Rocas

HOLE No.	COORDINATES		ELEVATION (masl)	DEPTH (m)	El at tunnel formation (masl)	Lugeon Field Permeability Test interval (m)	S.P.T. interval (m)	Lefrank Field Permeability Test interval (m)	Undisturbed Sampling Interval (m) (Shelby)	Rock Test Core Sampling Depth (m)
	N	E								
B - 1 (Pumping Station)	9,892,670	607,534	95.29	30	-	25 - 30	Continuous on soil through the rock	0.8 - 2	3 - 4 5 - 6 7 - 8	29.5 1
B - 2 (Siphon)	9,890,635	605,835	70.79	20	-		Continuous on soil through the rock	2 - 3 4 - 8	2 - 3 3 - 4	19.5 1
B - 3 (Caña Duice)	9,888,643	603,605	147.74	50	107.00	35 - 40 40 - 45	Continuous sampling without SPT			39.0 1
B - 4 (Pata de Pájaro)	9,879,744	597,940	140.00	50	100.00	35 - 40 40 - 45	-			39.0 1
B - 5 (Guajabito)	9,878,528	590,484	112.38	30	91.00	25 - 30	-			29.5 1
B - 6 (Mancha Grande)	9,892,203	589,370	110.00	30	88.60	20 - 25	-			26.5 1

Tabla H.2 Clasificación de Rocas para Ingeniería Geológica de acuerdo a las Normas Japonesas

Rock Class	Characteristics
A	Hard and fresh rocks. Rock-forming minerals are fresh and not weathered or altered. Joints and cracks are closed tightly, no weathering on their planes. Clear sound is emitted when hammered.
B	Hard and fresh rocks. Rock-forming minerals are weathered slightly or partially altered. Joints and cracks are closed tightly, without weathering. Clear sound is emitted when hammered.
CII	Fairly hard and slightly weathered rocks. Rock-forming minerals, except quartz, are weathered or altered. Tightness of joints and cracks is slightly reduced and each block is apt to be exfoliated along joints and cracks which sometimes contain clay and other materials, stained by limonites. Slightly dull sound is emitted when hammered.
CL	Slightly soft and moderately weathered rock. Rock-forming minerals, except quartz, are weathered or altered. Exfoliation occurs along joint and cracks by hammering. Joints and cracks sometimes contain clay and other materials. Slightly dull sound is emitted when hammered.
CM	Soft and weathered rocks. Rock minerals are weathered. Exfoliation occurs easily along joints and cracks by hammering. Joints and cracks contain clay and other materials. Dull sound is emitted when hammered.
D	Very soft, highly weathered, fractured and/or altered rocks. Rock-forming minerals are highly weathered. Joints and cracks are very loose, easily collapse by weak hammering, which contain clay and other materials. Very dull sound is emitted when hammered.

Rock Class	Compressive strength (qu kg/cm ²)	Modulus of elasticity (Es kg/cm ²)	Modulus of deformation (Ed kg/cm ²)	Seismic velocity (km/sec)	Poisson's ratio
A&B	more than 800	more than 80,000	more than 50,000	more than 3.7	less than 0.2
CII	more than 800 or 800 to 200 or (less than 200)	80,000 to 40,000	50,000 to 20,000	3.7 to 3	0.2 to 0.3
CM	800 to 200 or (less than 200)	40,000 to 15,000	20,000 to 5,000	3 to 1.5	0.2 to 0.3
CL	400 to 200 or (less than 200)	less than 15,000	less than 5,000	less than 1.5	more than 0.3
D	less than 200	less than 15,000	less than 5,000	less than 1.5	more than 0.3

Rock Class	Cohesion (kg/cm ²)	Internal friction angle (degcc)	Borchole test	
			Modulus of deformation (kg/cm ²)	Modulus of elasticity Es(kg/cm ²)
A&B	more than 40	55 to 65	more than 50,000	more than 100,000
CII	40 to 20	40 to 55	60,000 to 15,000	150,000 to 60,000
CM	20 to 10	30 to 45	20,000 to 3,000	60,000 to 10,000
CL&D	less than 10	15 to 38	less than 6,000	less than 15,000

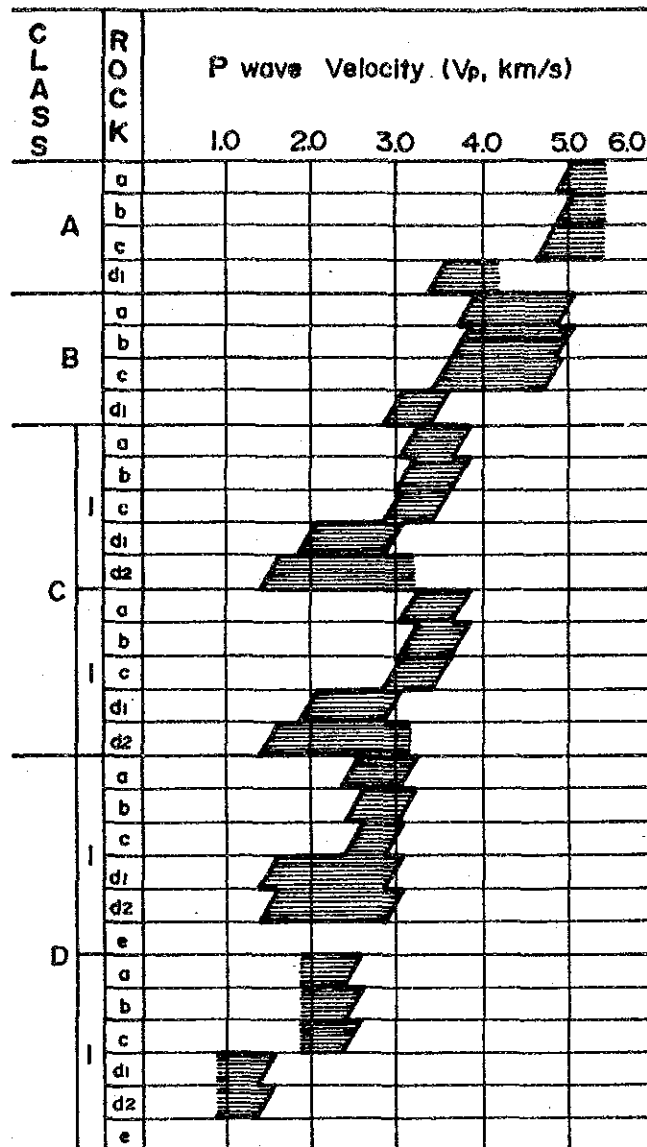
Notes :

- (1) Compressive strength shows the result of rock piece test.
- (2) Figures in bracket show the compressive strength for soft rocks.
- (3) Modulus of elasticity and deformation show the results of in situ plate loading tests.
- (4) Es means secant elasticity.

Source ; Standard of Central Research Institute of Electric Power Industry

Tabla H.3 Clasificación de la Roca de acuerdo a la Velocidad de la Onda de Presión (P) y de la Clasificación de Rocas de Bieniawski

A) Rock Classification Based on P wave Velocity



B) Bieniawski's Rock Classification

Rating	100-81	80-61	60-41	40-21	< 20
Class No	I	II	III	IV	V
Description	Very good rock	Good rock	Fair rock	Poor rock	Very poor rock

MEANING OF ROCK MASS CLASSES

Class No	I	II	III	IV	V
Average stand up-time	10 years for 15m span	6 months for 8m span	1 week for 5m span	10 hours for 2.5m span	30 minutes for 1m span
Cohesion of the rock mass	> 400 kPa	300-400 kPa	200-300 kPa	100-200 kPa	< 100 kPa
Friction angle of the rock mass	> 45°	35°-45°	25°-35°	15°-25°	< 15°

Tabla H.4 Contenido de los Ensayos de Mecánica de Suelos

Sample No	Location	Sampling Method	Number of Samples	* Item of Soil Test
PS(B1)	Pumping Station 0+000	Shelby, undisturbed	2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10
T(ST)	Head Tank	Disturbed		1,2,5,6,7
Si(B2)	Siphon	Shelby, undisturbed	2	Ditto
C-1	Channel 0+637	Test Pit, disturbed and undisturbed	1	1,2,3,4,5,6,7,8,9,11, 12,13,14,15,16,17,18
**C-2	Channel 1+225	Ditto	1	Ditto
C-3	Channel 1+748	Ditto	1	Ditto
C-4	Channel 2+223	Ditto	1	Ditto
C-5	Channel 2+799	Ditto	1	Ditto
C-6	Channel 3+705	Ditto	1	Ditto
**C-7	Channel 4+422	Ditto	1	Ditto
C-8	Channel 5+336	Ditto	1	Ditto
C-9	Channel 5+881	Ditto	1	Ditto

* ITEM OF SOIL TEST

1. Unified Soil Classification	ASTM
2. Moisture Content Test	D2216
3. Specific Gravity	D854
4. Unit Weight (wet & saturated)	?
5. Particle Size Analysis	D422 D421
6. Liquid Limit Test	D424
7. Plastic Limit Test	D423
8. Unconfined Compression Test	D2166
9. Triaxial Compression Test (uu)	D2850
10. Consolidation	D2435
11. Compaction Test	F1557
12. Shrinkage Factor Test	D427
13. Potential Volume	FH A 701
14. Swelling Test	D4546-85
15. Pinhole Test for dispersive clays	D4647-87
16. Laboratory Permeability Test	D2434
17. Double Hydrometer Test for dispersive clay	AASHTO
18. Chemical Analysis for dispersive clay	T217
** Test Pit located at crossing streams	T100

Tabla H.5 Resumen de los Ensayos de Mecánica de Suelos

Sample No.	Depth (m)	Geolog & Soil Type	Classificat	Density		Gs	Wn (%)	Atterberg Limits			Shrinkage			P.V.C		Swelling		Permeability K (cm/sec)	qu t/m ²	Triaxial		S.P.T. N	Compaction		Double Hydromet. (Dispers. percent)%	T.Dissolv.Salt		Pin Hole Test	Consolidation		
				γ_t t/m ³	γ_{sat} t/m ³			WL %	WP %	IP %	WS %	LS %	VC %	Po kg/cm ²	P.V.C	P (t/m ²)	V %			C t/m ²	ϕ deg		γ_d (t/m ³)	OMC %		Na %	TDS meq/l		Pp kg/cm ²	Cc	Cv mm ² /min
SH.1	0.40-0.90	Co Silt	ML			2.67	33.1	46	29	17								4.5	8	4	15							0.70	0.11	2.40-1.60	
*PS (B1)																															
SH.2	0.90-1.40		MH			2.71	29.8	59	39	20								4.3	5	9								0.80	0.15	4.90-2.50	
*ST	0.55-	"	ML-MH				23	49	37	12											14										
	5.30								35	84	46	38										34									
SH.1	0.40-1.00	"	MH			2.72	28.1	53.3	31.1	22.2											15										
*Si (B2)																															
SH.2	1.45-2.00		MH			2.74	31.3	53.9	35.1	18.8																					
C1	1 1.80-2.00	Co Clay	MH	1.65	1.68	2.41	42	89	53	36	12.1	17.0	74.8	0.82	1.8	5.4	1.31	8*10 ⁻⁶	6	6	10				17.6	71.6	2.488	ND1			
	2 1.00-2.00		Silt	CH				32	97	38	59													1.426	27.0						
C2	1 1.80-2.00	Co Silt	MH	1.66	1.70	2.44	37	75	49	26	15.3	11.3	43.2	2.75	7.0	15.5	4.02	3.8*10 ⁻⁶	14	6	13				37.8	29.6	0.455	ND1			
	2 0.60-2.00		MH				32	87	39	48														1.420	28.1						
C3	1 0.75-1.00	"	MH	1.80	1.80	2.55	37	71	36	35	9.8	10.8	41.0	4.35	>9	12.2	6.24	6.7*10 ⁻⁶	9	6	5				88.7	25.4	0.599	ND1			
	2 0.30-2.00		MH				27	87	39	48														1.434	27.6						
C4	1 0.80-1.10	"	MH	1.64	1.64	2.36	48	91	48	43	9.2	14.7	61.2	1.77	4.4	23.6	5.14	1.0*10 ⁻⁶	8	5	0				77.9	30.8	0.635	ND1			
	2 0.40-2.00		MH				33	86	39	47														1.382	29.2						
C5	1 1.60-1.85	Co Clay	MH	1.64	1.67	2.46	44	76	53	23	16.0	12.7	50.4	3.48	8.3	11.7	4.84	7.4*10 ⁻⁷	18	13	0				31.2	42.2	0.773	ND1			
	2 0.40-2.00		Silt	CH				37	87	37	50													1.405	29.0						
C6	1 1.10-1.30	"	MH	1.61	1.67	2.33	38	87	50	37	13.5	11.9	46.3	3.23	5.6	23.7	6.35	7.8*10 ⁻⁶	28	11	24				65.5	43.0	1.951	ND1			
	2 0.70-2.00		CH				30	102	39	63														1.407	27.5						
C7	1 1.00-1.25	"	SM	1.64	1.74	2.62	37	46	34	12	25.9	6.5	22.2	0.06	0.0	1.4	0.74	5.0*10 ⁻⁵	3	6	13				27.5	17.1	1.324	ND1			
	2 0.20-2.00		CH				25	57	29	28														1.478	25.6						
C8	1 1.35-1.60	Co Silt	MH	1.57	1.60	2.42	50	69	49	20	22.7	9.4	34.3	2.79	7.1	9.9	2.75	5.6*10 ⁻⁷	5	3	10				21.3	22.3	0.721	ND1			
	2 0.45-2.00		MH				35	69	36	33														1.330	31.0						
C9	1 0.85-1.10	"	MH	1.70	1.70	2.41	43	67	45	22	16.0	10.5	39.7	6.43	>9	16.1	8.47	9.3*10 ⁻⁷	7	7	17				51.2	30.2	0.963	ND1			
	2 0.50-2.00		MH				32	81	43	38														1.274	34.7						

NOTE: *PS(B1): Pumping Station (Boring No. B1)

*ST: Head Tank (SPT Test, maximum and minimum values)

*Si (B2): Siphon (Boring No. B2)

SH: Shelby

1: Undisturbed sample

2: Integrated sample

Co: Colluvial

γ_t : Density in natural water content. γ_{sat} : Density saturated. Gs: Specific gravity.

Wn: Natural water content. WL: Liquid limit. WP: Plasticity limit. IP: Index of plasticity.

WS: Shrinkage limit. LS: Linear shrinkage. VC: Volume change. P.V.C: Potential volume change. P: Swelling pressure. TDS: Total dissolved salts.

V: Swelling volume change. K: Permeability coefficient. qu: Unconfined compressive strength.

C: Cohesive strength. ϕ : Angle of internal friction. γ_d : Maximum dry density.

OMC: Optimum moisture content.

Po: Equilibrium pressure.

Cc: Compression index.

Pp: Preconsolidation pressure.

Cv: Coefficient of consolidation.

ND1: Nondispersive.

Tabla H.6 Carta de Clasificación Unificada de Suelos

UNIFIED SOIL CLASSIFICATION INCLUDING IDENTIFICATION AND DESCRIPTION												
FIELD IDENTIFICATION PROCEDURES (Excluding particles larger than 3 inches and basing fractions on estimated weights)				GROUP SYMBOLS ¹	TYPICAL NAMES	INFORMATION REQUIRED FOR DESCRIBING SOILS	LABORATORY CLASSIFICATION CRITERIA					
COARSE GRAINED SOILS More than half of material is larger than No. 200 sieve size ²	GRAVELS More than half of coarse fraction is larger than No. 4 sieve size. (For visual classifications, the "x" size may be used as equivalent to the No. 4 sieve size.)	CLEAN GRAVELS (Little or no fines)	Wide range in grain size and substantial amounts of all intermediate particle sizes.	GW	Well graded gravels, gravel-sand mixtures, little or no fines.	Give typical name; indicate approximate percentages of sand and gravel, max. size; angularity, surface condition, and hardness of the coarse grains; local or geologic name and other pertinent descriptive information; and symbol in parentheses. For undisturbed soils add information on stratification, degree of compactness, cementation, moisture conditions and drainage characteristics. EXAMPLE:- Silty sand, gravelly; about 20% hard, angular gravel particles 1/2-in. maximum size; rounded and subangular sand grains coarse to fine; about 15% non-plastic fines with low dry strength; well compacted and moist in place; alluvial sand; (SM)	Determine percentages of gravel and sand from grain size curve. Depending on percentage of fines (fraction smaller than No. 200 sieve size) coarse grained soils are classified as follows:- Less than 5% More than 12% 5% to 12% GW, GP, SW, SP, GM, GC, SM, SC. Borderline cases requiring use of dual symbols.	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ Greater than 4	$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Between one and 3	Not meeting all gradation requirements for GW		
			Predominantly one size or a range of sizes with some intermediate sizes missing.	GP	Poorly graded gravels, gravel-sand mixtures, little or no fines.							
		Non-plastic fines (for identification procedures see ML below).	GM	Silty gravels, poorly graded gravel-sand-silt mixtures.								
		GRAVELS WITH FINES (Appreciable amount of fines)	Plastic fines (for identification procedures see CL below).	GC	Clayey gravels, poorly graded gravel-sand-clay mixtures.							
			CLEAN SANDS (Little or no fines)	Wide range in grain sizes and substantial amounts of all intermediate particle sizes.	SW			Well graded sands, gravelly sands, little or no fines.				
		SANDS WITH FINES (Appreciable amount of fines)		Predominantly one size or a range of sizes with some intermediate sizes missing.	SP			Poorly graded sands, gravelly sands, little or no fines.				
	Non-plastic fines (for identification procedures see ML below).		SM	Silty sands, poorly graded sand-silt mixtures.								
	Plastic fines (for identification procedures see CL below).	SC	Clayey sands, poorly graded sand-clay mixtures.									
	FINE GRAINED SOILS More than half of material is smaller than No. 200 sieve size. (The No. 200 sieve size is about the smallest particle visible to the naked eye)	IDENTIFICATION PROCEDURES ON FRACTION SMALLER THAN No. 40 SIEVE SIZE										
		SILTS AND CLAYS Liquid limit less than 50	DRY STRENGTH (CRUSHING CHARACTERISTICS)	DILATANCY REACTION TO SHAKING	TOUGHNESS (CONSISTENCY NEAR PLASTIC LIMIT)	ML		Inorganic silts and very fine sands, rock flour, silty or clayey fine sands with slight plasticity.	Give typical name; indicate degree and character of plasticity, amount and maximum size of coarse grains; color in wet condition, odor if any, local or geologic name, and other pertinent descriptive information; and symbol in parentheses. For undisturbed soils add information on structure, stratification, consistency in undisturbed and remolded states, moisture and drainage conditions. EXAMPLE:- Clayey silt, brown; slightly plastic; small percentage of fine sand; numerous vertical root holes; firm and dry in place; loess; (ML)	Use grain size curve in identifying the fractions as given under field identification		
None to slight			Quick to slow	None	CL	Inorganic clays of low to medium plasticity, gravelly clays, sandy clays, silty clays, lean clays.						
Medium to high			None to very slow	Medium	OL	Organic silts and organic silt-clays of low plasticity.						
SILTS AND CLAYS Liquid limit greater than 50		Slight to medium	Slow	Slight	MH	Inorganic silts, micaceous or diatomaceous fine sandy or silty soils, elastic silts.						
		Slight to medium	Slow to none	Slight to medium	CH	Inorganic clays of high plasticity, fat clays.						
		High to very high	None	High	OH	Organic clays of medium to high plasticity.						
Medium to high		None to very slow	Slight to medium									
HIGHLY ORGANIC SOILS				Pt	Peat and other highly organic soils.							

¹ Boundary classifications-- Soils possessing characteristics of two groups are designated by combinations of group symbols. For example GW-GC, well graded gravel-sand mixture with clay binder.
² All sieve sizes on this chart are U.S. standard.

Tabla H.7 Criterios para los Suelos Expansivos y Dispersivos

A) Shrinkage Factor: Volume Change

VC: Volume change (%)	Criteria
5 > VC	Good
10 > VC > 5	Medium
15 > VC > 10	Bad
VC > 15	Very bad

B) P.V.C. (Potential Volume Change)

P.V.C. Value	Criteria
< 2 (NC)	Non critical
2 - 4 (M)	Marginal
4 - 6 (VC)	Critical
> 6 (VC)	Very critical

C) Swelling Pressure: P

P = Swelling pressure (T/m ²)	Criteria	V = Volume change (%)
< 15	Low	< 1
15 - 25	Medium	1 - 5
25 - 100	High	5 - 10
> 100	Very high	> 10

D) Dispersibility

D1. Double Hydrometer Test

DI (Dispersive Index)	Criteria
DI > 67	Very unstable
67 > DI > 34	Medium
DI < 34	Stable

D2. Soluble Salts in Pore Water (Ca+Mg+Na+k)

PS = Percent Sodium = $\frac{Na(100)}{Ca+Mg+Na+k}$	Criteria
PS < 40	Nondispersive
60 > PS > 40	Dispersive-nondispersive
Ps > 60	Dispersive

D3. Pinhole Test

Classification	Degree of Dispersion
D1	Very dispersive
D2	Highly dispersive
ND4	Moderately dispersive
ND3	Slightly dispersive
ND2	Very slightly dispersive
ND1	Non dispersive

FIGURAS

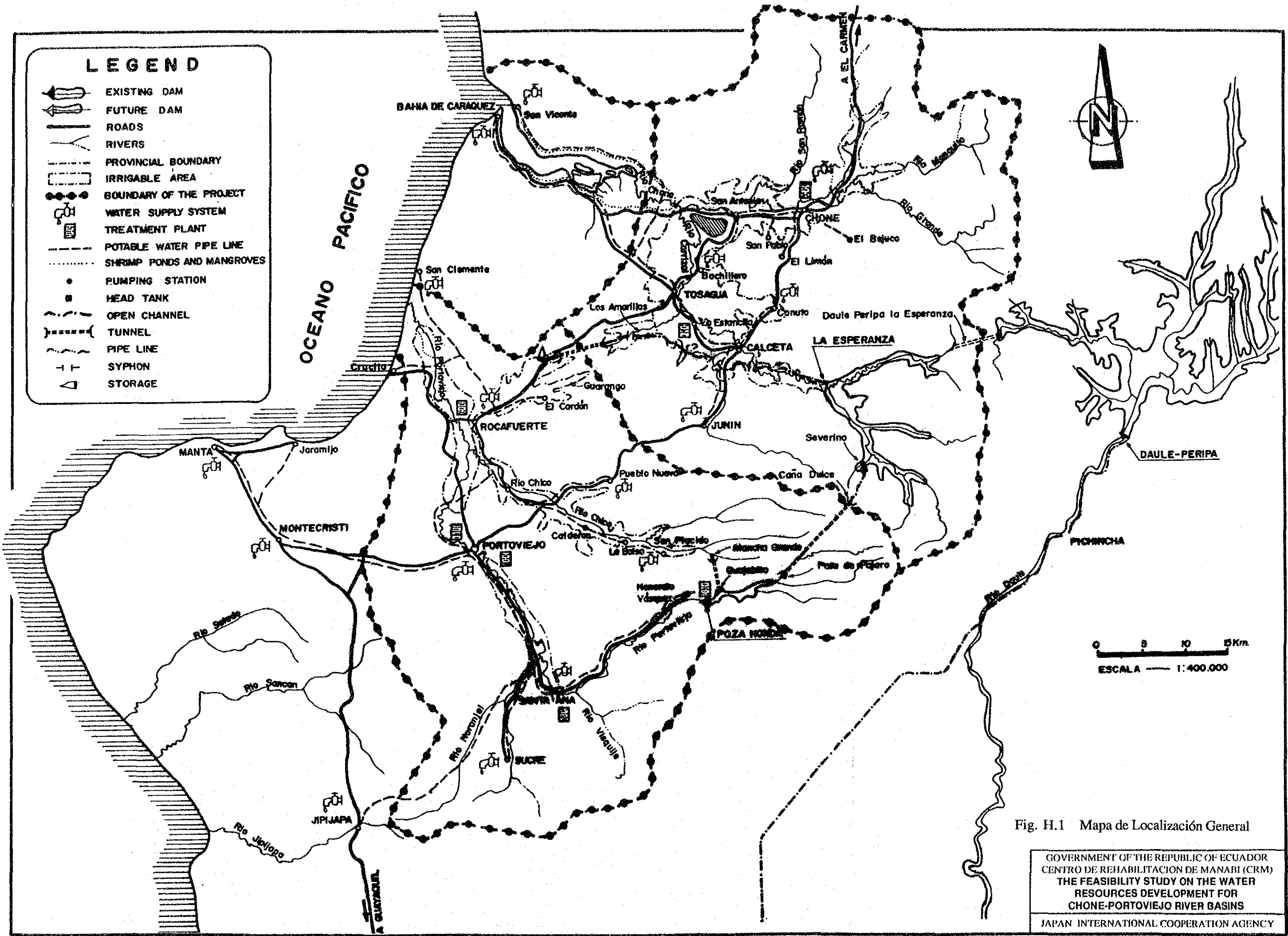




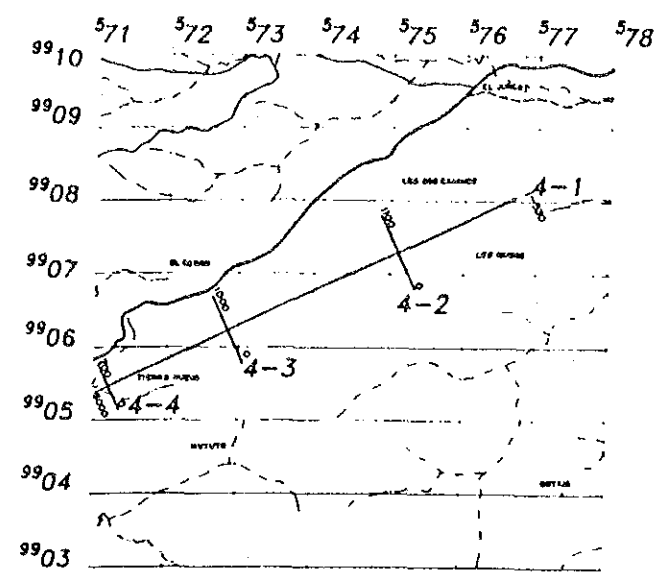
Fig. H.2 Mapa Geol. Proyecto

GOVERN
CENTRO
THE I
R
CH
JAPAN I



Fig. H.2 Mapa Geológico General para el Area del Proyecto

GOVERNMENT OF THE REPUBLIC OF ECUADOR
 CENTRO DE REHABILITACION DE MANABI (CRM)
 THE FEASIBILITY STUDY ON THE WATER
 RESOURCES DEVELOPMENT FOR
 CHONE-PORTOVIEJO RIVER BASINS
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY



LEGEND

- Alluvium
- Tephra Deposits
- Terrace Deposits
- Tertiary Barbon Formation
- Tertiary Orank Formation
- Linserrment Whit is Found by Aereo-Photograph.
- Landslide and Collapse of Slope.
- P1, P2, P3, P4, P5 Borrow Area (Filter Material for Pasa Honda dam)
- D1 Borrow Area (Impervious Core for La Esperanza dam)
- MA2 Quarry (Random Material for La Esperanza dam)
(Weathering Zone for Impervious Core)
(Bolder for Surface Protection)

LEYENDA

- Suroeste Esperanza Line
- Linea Para Rehabilitacion Suroeste
- Main Road
- Carreteras Principales
- Branch
- Camino de Verano
- Permanent Road
- Rio Perennante
- Small Stream
- Estero

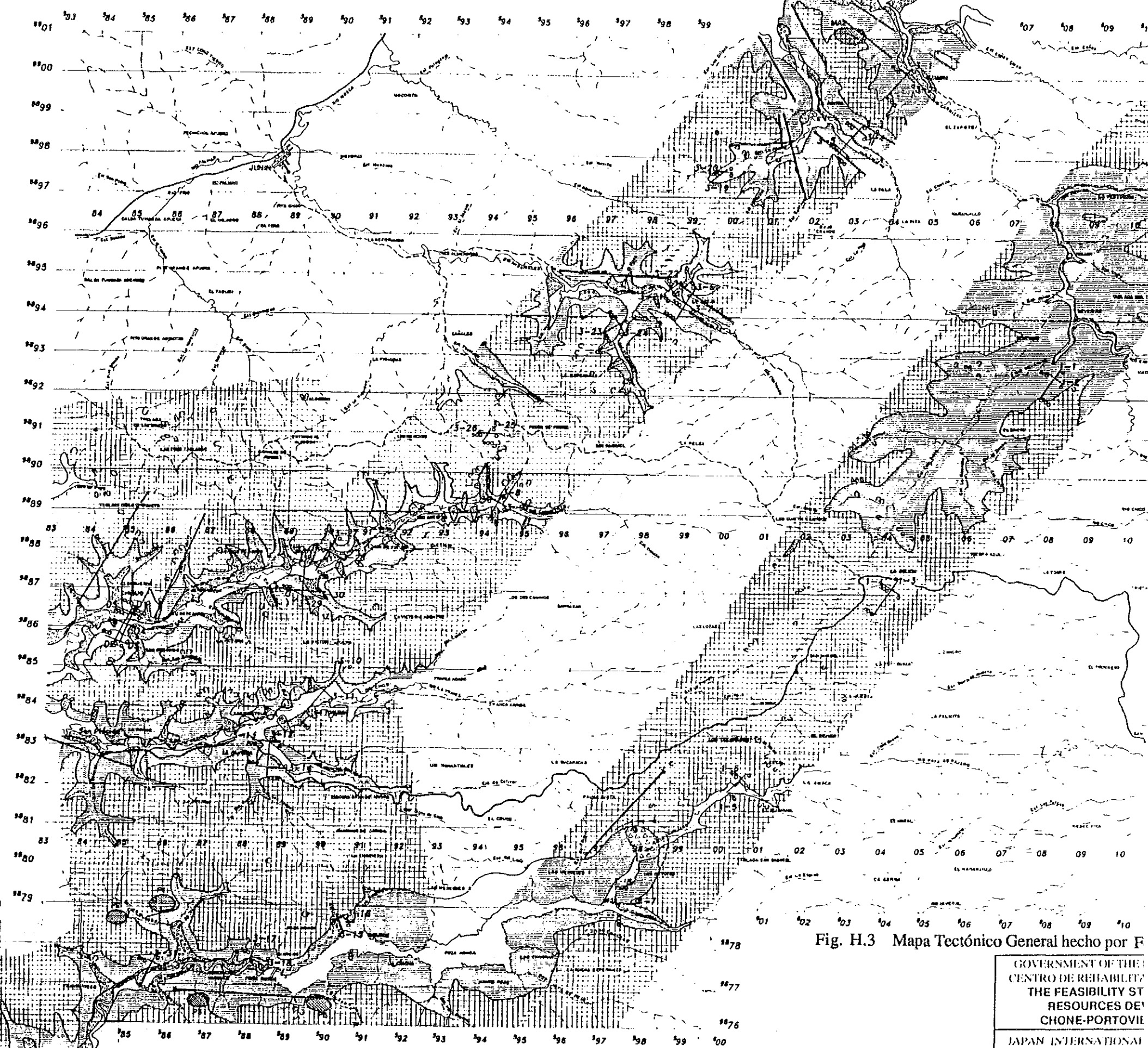
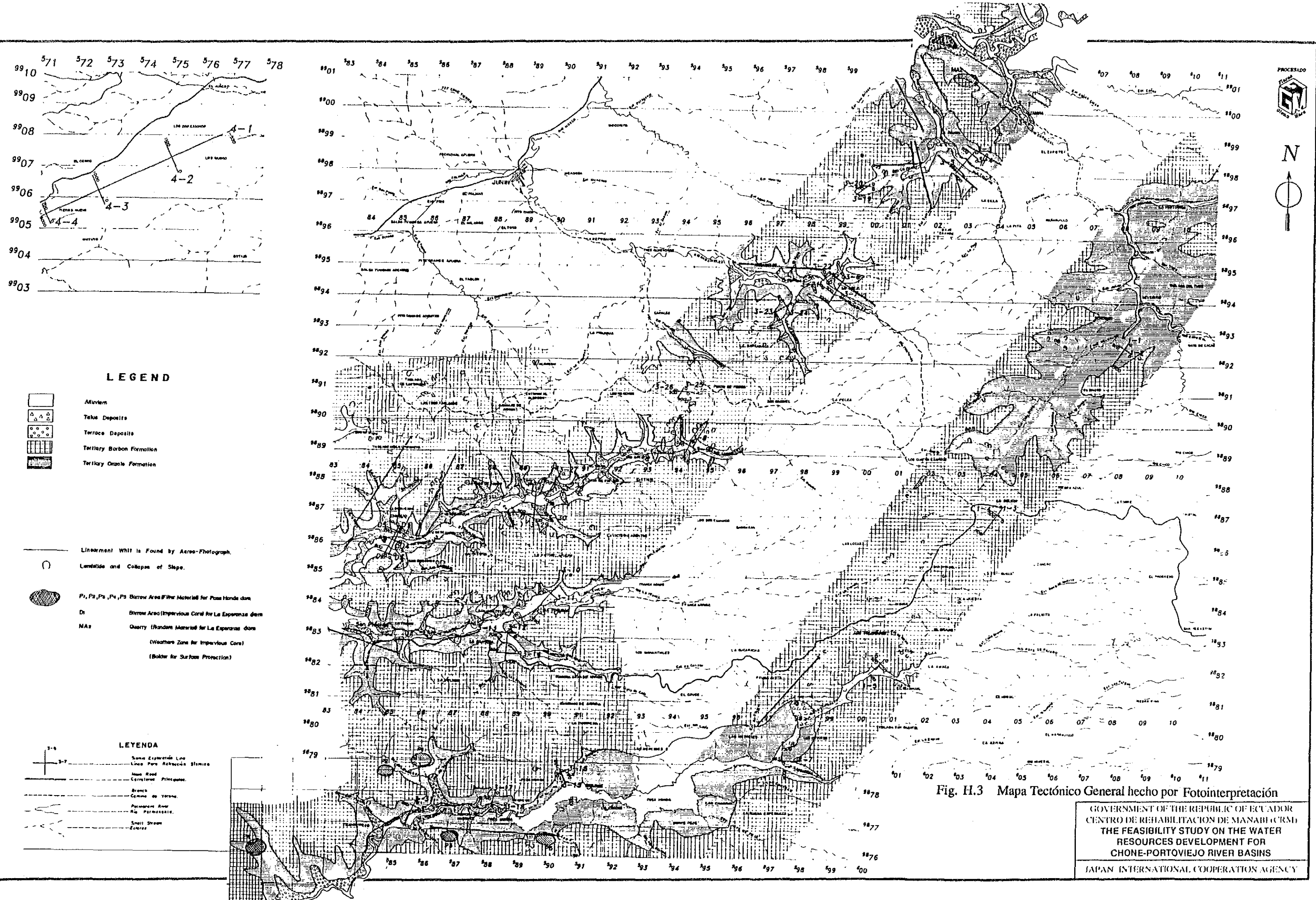


Fig. H.3 Mapa Tectónico General hecho por F.

GOVERNMENT OF THE
CENTRO DE REHABILITACION
THE FEASIBILITY STUDY
RESOURCES DEVELOPMENT
CHONE-PORTOVIEJO
JAPAN INTERNATIONAL



LEGEND

- Alluvium
- Talus Deposits
- Terrace Deposits
- Tertiary Carbon Formation
- Tertiary Orzole Formation
- Linearment Whit is Found by Aereo-Photograph.
- Landslide and Collapse of Slope.
- P₁, P₂, P₃, P₄, P₅ Borrow Area (Filter Material) for Pass Honda dam
- D₁ Borrow Area (Impervious Core) for La Esperanza dam
- MA₁ Quarry (Random Material for La Esperanza dam
(Weather Zone for Impervious Core)
(Batter for Surface Protection)

LEYENDA

- Línea Exploración Line
- Línea Para Rehabilitación Estancia
- Main Road
- Carreteras Principales.
- Branch
- Camino de Yerba.
- Perennial River
- No Perennial.
- Small Stream
- Estero

Fig. H.3 Mapa Tectónico General hecho por Fotointerpretación

GOVERNMENT OF THE REPUBLIC OF ECUADOR
 CENTRO DE REHABILITACION DE MANABI (CRM)
 THE FEASIBILITY STUDY ON THE WATER
 RESOURCES DEVELOPMENT FOR
 CHONE-PORTOVIEJO RIVER BASINS
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY