

PÚBLICO

DOCUMENTO DEL BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO

## **ECUADOR**

### **PROYECTO HIDROELÉCTRICO COCA-CODO SINCLAIR ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD**

(EC0123)

### **SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS INFORME GENERAL**

**MAYO 1988**





**INECEL**

**REPUBLICA DEL ECUADOR**

**MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS**

**INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION**

---

## **PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR**

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"**

**SELECCION DE ALTERNATIVAS**

**INFORME GENERAL**

*Anexo Fee-2962*

**MAYO 1988**

---

**ESTUDIOS REALIZADOS POR INECEL Y LA ASOCIACION DE FIRMAS CONSULTORAS**

**ELECTROCONSULT - TRACTIONEL - RODIO  
ASTEC - INELIN - INGECONSULT - CAMINOS Y CANALES**

---

**FINANCIAMIENTO: INECEL - BID - FONAPRE**



701/SF-EL

FRat



## **SELECCION DE ALTERNATIVAS**

### **INFORME GENERAL**



## SELECCION DE ALTERNATIVAS

### INFORME GENERAL

#### Indice

	Página
A. ESTRUCTURA DEL INFORME	1
B. SUMARIO, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	4
1. INTRODUCCION	1-1
1.1 Autorización y alcance del estudio	1-1
1.2 Antecedentes	1-2
1.3 Sismo de marzo de 1987	1-2
1.4 Agradecimientos	1-3
2. AREA DEL PROYECTO	2-1
2.1 Descripción general	2-1
2.2 La cuenca hidrográfica y su morfología	2-1
2.3 Accesos	2-3
2.4 Información topográfica	2-4
3. HIDROLOGIA Y SEDIMENTOLOGIA	3-1
3.1 La información existente	3-1
3.1.1 Información meteorológica	3-1
3.1.2 Información pluviométrica	3-2
3.1.3 Información hidrométrica	3-2
3.1.4 Información sedimentológica	3-2
3.2 Climatología y pluviometría	3-3
3.2.1 Climatología	3-3
3.2.2 Pluviometría	3-3
3.3 Estimación de caudales en los sitios de presa o derivación	3-4
3.3.1 Generalidades	3-4
3.3.2 Sitios de presas de regulación en el río Coca	3-4
3.3.3 Sitios de presas de derivación en el río Coca	3-5
3.3.4 Sitios de presas de acumulación en el río Quijos	3-6
3.4 Estudio de crecidas	3-7



	Página
3.4.1 Metodología adoptada	3-7
3.4.2 Crecidas adoptadas	3-8
3.5 Estimación del transporte sólido	3-9
3.5.1 Transporte sólido en suspensión	3-9
3.5.2 Transporte sólido de fondo	3-10
3.5.3 Transporte sólido total	3-10
3.6 Operaciones de embalses	3-10
3.6.1 Evolución de la capacidad de los embalses	3-11
3.6.2 Operaciones de los embalses del río Coca	3-11
3.6.3 Operaciones de los embalses del río Quijos	3-11
4. GEOLOGIA	4-1
4.1 Geología regional	4-1
4.1.1 Estratigrafía y litología	4-1
4.1.2 Estructura y tectónica	4-2
4.1.3 Hidrogeología	4-2
4.2 Investigaciones ejecutadas	4-3
4.3 Las obras del Proyecto	4-6
4.3.1 Obras de captación	4-6
4.3.2 Túnel de aducción	4-7
4.3.3 Embalse compensador	4-12
4.3.4 Obras de generación	4-13
5. VULCANOLOGIA Y SISMOLOGIA	5-1
5.1 Vulcanología	5-1
5.1.1 El complejo volcánico El Reventador	5-1
5.1.2 Tectónica	5-1
5.1.3 Caracterización petrológica y modelización del sistema eruptivo del Volcán El Reventador (VER)	5-2
5.1.4 Evaluación del riesgo volcánico	5-3
5.1.5 Conclusiones y recomendaciones	5-6
5.2 Sismología	5-6
5.2.1 Modelo sismotectónico y riesgo sísmico regional	5-7



5.2.2	Modelo sismotectónico y riesgo sísmico local	5-8
5.2.3	Diseño sísmico de las obras	5-10
6.	MECANICA DE ROCAS Y MECANICA DE SUELOS	6-1
6.1	Mecánica de rocas	6-1
6.2	Mecánica de suelos	6-5
6.2.1	Cimentaciones	6-5
6.2.2	Materiales de construcción	6-9
7.	PERSPECTIVAS DEL SECTOR ELECTRICO	7-1
7.1	Análisis histórico del consumo eléctrico	7-1
7.2	Escenarios futuros de la demanda eléctrica	7-2
7.3	Curva de carga diaria del sistema	7-6
7.4	Situación eléctrica del país	7-7
7.4.1	Sistema de generación existente	7-7
7.4.2	Proyectos de generación en construcción	7-9
7.4.3	Proyectos de generación disponibles para incorporarse al SNI a partir de 1995	7-9
7.4.4	Sistema de transmisión existente o de inmediata construcción	7-11
7.4.5	Sistema de transmisión futuro	7-12
8.	ESQUEMAS ALTERNATIVOS ANALIZADOS Y PRESELECCIONADOS	8-1
8.1	Antecedentes e identificación de alternativas	8-1
8.1.1	Antecedentes	8-1
8.1.2	Identificación de las alternativas	8-1
8.2	Preselección inicial de alternativas	8-3
8.2.1	Criterios para la eliminación de alternativas	8-3
8.2.2	Alternativas eliminadas	8-4
8.2.3	Alternativas inicialmente preseleccionadas	8-4
8.3	Criterios para la preselección final de alternativas	8-5
8.3.1	Criterios técnicos	8-5
8.3.2	Obras típicas	8-8
8.3.3	Criterios económicos	8-10



	Página
8.4 Las alternativas consideradas	8-12
8.4.1 Alternativas Salado-Malo Contraembalse	8-13
8.4.2 Alternativas Malo-Filo de agua-Salado	8-13
8.4.3 Alternativas Malo-Aislado con presas	8-14
8.4.4 Alternativas en doble salto	8-14
8.5 Comparación y preselección final de las alternativas	8-15
8.5.1 Comparación económica	8-15
8.5.2 Selección de las alternativas	8-17
8.6 El evento del 5 de marzo y sus consecuencias sobre el estudio de alternativas	8-18
8.6.1 Evento del 5 de marzo de 1987	8-18
8.6.2 Consecuencias del evento sobre los criterios de diseño	8-18
8.6.3 Alternativas recomendadas después del evento	8-20
8.7 Actualización del estudio de preselección	8-20
8.7.1 Estudios básicos	8-21
8.7.2 Obras de captación	8-21
8.7.3 Trazado, revestimiento y diámetro de los túneles	8-22
8.7.4 Compensador con presa en la quebrada Granadillas y sus alternativas	8-23
8.7.5 Tubería de presión, casa de máquinas y subestación	8-24
8.8 Conclusiones	8-26
9. LAS ALTERNATIVAS FINALES	9-1
9.1 Investigaciones e informaciones adicionales	9-1
9.1.1 Cartografía y topografía	9-1
9.1.2 Geología	9-1
9.1.3 Costos unitarios de las obras civiles	9-2
9.2 Las obras de captación	9-2
9.2.1 Desarenador a gravedad o por bombeo	9-2
9.2.2 Desarenador al exterior o en subterráneo	9-3
9.3 Túneles de aducción y niveles en el compensador	9-5
9.3.1 Trazado y revestimiento de los túneles	9-5



	Página
9.3.2 Diámetro de los túneles	9-6
9.3.3 Niveles en el embalse compensador	9-6
9.4 Comparación entre la alternativa Salado y Malo M1	9-9
9.4.1 Generalidades	9-9
9.4.2 Alternativa Salado	9-9
9.4.3 Alternativa Malo M1	9-10
9.4.4 Comparación y conclusiones	9-11
9.5 Presa compensadora	9-13
9.5.1 Antecedentes	9-13
9.5.2 Morfología y geología de la zona	9-13
9.5.3 Tipos de presa y protección del embalse	9-14
9.5.4 Comparación y selección tanto del tipo como del eje de presa	9-15
9.5.5 Tratamiento de cimentaciones	9-18
9.6 Comparación chimenea de equilibrio-compensador	9-18
9.7 Obras de generación y líneas de transmisión	9-19
9.7.1 Tubería de presión	9-19
9.7.2 Casa de máquinas	9-19
9.7.3 Líneas de transmisión	9-21
9.8 La alternativa seleccionada y sus subalternativas	9-21
9.8.1 Generalidades	9-21
9.8.2 Características geométricas principales	9-22
9.8.3 Potencias instaladas y energías firmes	9-23
10. METODOLOGIA CONSTRUCTIVA, COSTOS Y PRESUPUESTOS	10-1
10.1 Metodología constructiva	10-1
10.1.1 Caminos y campamentos	10-1
10.1.2 Excavaciones a cielo abierto	10-2
10.1.3 Excavación y revestimiento de los túneles	10-2
10.1.4 Construcción de la casa de máquinas	10-3
10.1.5 Construcción presa de captación	10-4
10.1.6 Construcción presa del embalse compensador	10-4
10.2 Programación de las actividades	10-4
10.3 Costos unitarios de las obras civiles	10-5



	Página
10.3.1 Generalidades	10-5
10.3.2 Análisis de los costos unitarios directos	10-6
10.3.3 Costos unitarios totales	10-7
10.4 Costo del equipo electromecánico	10-7
10.4.1 Equipo mecánico	10-7
10.4.2 Equipo eléctrico en alto voltaje	10-8
10.5 Presupuestos	10-8
10.6 Cronograma de inversiones	10-14
11. PLANIFICACION ECONOMICA	11-1
11.1 Generalidades	11-1
11.2 Metodología adoptada	11-1
11.2.1 Aspectos generales	11-1
11.2.2 Definiciones de secuencias de instalaciones	11-2
11.3 Información utilizada	11-4
11.3.1 Escenario futuro de la demanda eléctrica	11-4
11.3.2 Proyectos de generación disponibles para incorporarse al SNI a partir de 1995	11-4
11.3.3 Disponibilidades energéticas de los proyectos hidroeléctricos	11-5
11.3.4 Costo de los proyectos	11-5
11.3.5 Alternativas de desarrollo del Proyecto Coca-Codo Sinclair	11-5
11.4 Evaluación de Proyecto Coca-Codo Sinclair en el sistema	11-6
11.4.1 Generalidades	11-6
11.4.2 Programas alternativos de expansión	11-6
11.4.3 Ventajas del Proyecto Coca-Codo Sinclair para el sistema	11-8
11.5 Parámetros económicos de las alternativas del Proyecto Coca-Codo Sinclair	11-8
11.6 Análisis de sensibilidad	11-10



	Página
12. LA SOLUCION ESCOGIDA	12-1
12.1 Generalidades	12-1
12.2 Obras de captación	12-1
12.2.1 Desvío y manejo del río	12-1
12.2.2 Condiciones de cimentaciones y tratamiento previsto	12-2
12.2.3 Vertederos	12-2
12.2.4 Obras de toma y de limpieza	12-3
12.2.5 Desarenador	12-3
12.3 Túnel de aducción	12-4
12.3.1 Trazado	12-4
12.3.2 Condiciones geológicas esperadas	12-4
12.3.3 Secciones típicas	12-4
12.4 Compensador	12-5
12.4.1 Presa	12-5
12.4.2 Otras obras	12-6
12.5 Tubería de presión	12-7
12.5.1 Trazado	12-7
12.5.2 Condiciones esperadas de rocas y secciones de la tubería	12-7
12.6 Casa de máquinas y obras de restitución	12-8
12.6.1 Disposición general	12-8
12.6.2 Cavernas	12-8
12.6.3 Equipo electromecánico	12-8
12.6.4 Galerías de restitución	12-9
12.6.5 Obras al exterior	12-9
12.7 Líneas de transmisión	12-10
13. DIAGNOSTICO AMBIENTAL	13-1
13.1 Generalidades	13-1
13.2 Descripción ambiental de la zona del Proyecto	13-1
13.2.1 Zonas de vida natural en la cuenca del sistema Quijos-Coca	13-2
13.2.2 Ecosistema terrestre	13-2
13.2.3 Ecosistema acuático	13-2
13.2.4 Usos de agua e hidrometeorología de la cuenca	13-3



## Página

13.2.5 Aspectos socio-económicos	13-3
13.3 Identificación y calificación de los efectos ocasionados por el Proyecto al medio ambiente	13-3
13.4 Conclusiones sobre los principales efectos identificados y calificados	13-4
13.5 Estudios básicos recomendados para las fases futuras del Proyecto	13-5
14. ESTUDIOS E INVESTIGACIONES RECOMENDADAS PARA LA FASE B	14-1
14.1 Generalidades	14-1
14.2 Topografía y Cartografía	14-1
14.3 Hidrología y Sedimentología	14-2
14.4 Geología	14-2
14.4.1 Fotogeología y mapeo geológico	14-2
14.4.2 Perforaciones rotativas	14-3
14.4.3 Geofísica	14-4
14.4.4 Galerías, pozos y zanjas	14-5
14.5 Sismología y Vulcanología	14-5
14.6 Mecánica de Suelos y Mecánica de Rocas	14-6
14.6.1 Mecánica de Suelos	14-6
14.6.2 Mecánica de Rocas	14-7
14.7 Impacto ambiental	14-7
14.8 Alternativas de diseño	14-8

## CUADROS

Cuadro 1	Proyecto Hidroeléctrico Coca-Codo Sinclair. Solución 2S. I Etapa. Datos característicos	13
Cuadro 3/1	Sitios de presa del río Coca. Caudales típicos de la serie histórica 1973-1985	3-4
Cuadro 3/2	Sitios de presa del río Coca. Caudales derivables al filo de agua	3-6
Cuadro 3/3	Sitios de presa del río Quijos. Caudales típicos de la serie histórica 1973-1985	3-7



## Página

Cuadro 3/4	Estaciones hidrométricas de la cuenca del río Coca. Estimación del transporte total en suspensión	3-9
Cuadro 3/5	Estimaciones hidrométricas de la cuenca del río Coca. Estimación del transporte sólido total	3-10
Cuadro 3/6	Embalses Salado y Malo M1. Operaciones de embalses tipo riego	3-12
Cuadro 3/7	Embalses río Quijos. Operaciones de embalses	3-12
Cuadro 6/1	Ensayos de Mecánica de Rocas realizados	6-2
Cuadro 6/2	Parámetros geomecánicos preliminares para el diseño de las obras subterráneas	6-4
Cuadro 7/1	Previsión de demanda de energía y potencia. Escenario Favorable	7-5
Cuadro 7/2	Previsión de demanda de energía y potencia. Escenario menos favorable	7-6
Cuadro 7/3	Capacidad instalada nominal del país en MW Enero de 1987	7-10
Cuadro 7/4	Proyectos a considerarse en el equipamiento del SNI a partir de 1995	7-11
Cuadro 8/1	Alternativas y subalternativas a estudiarse para la preselección final	8-6
Cuadro 8/2	Subalternativas principales relacionadas a la variación del factor de planta	8-27
Cuadro 9/1	Diámetros de excavación de los túneles y niveles del compensador para las alternativas finales	9-7
Cuadro 9/2	Comparación económica de las alternativas Salado y Malo M1	9-12
Cuadro 9/3	Aducción y tubería de presión. Características geométricas principales	9-24
Cuadro 9/4	Compensador o chimenea de equilibrio. Características principales de las subalternativas	9-25



## Página

Cuadro 9/5	Casa de máquinas y galerías de restitución. Características principales de las subalternativas	9-26
Cuadro 9/6	Potencias instaladas y energías firmes de las subalternativas	9-27
Cuadro 10/1	Cuadro resumen de los costos unitarios	10-10
Cuadro 10/2	Presupuestos globales de las subalternativas sin líneas de transmisión	10-13
Cuadro 10/3	Presupuestos de las líneas de transmisión	10-14
Cuadro 11/1	Planes alternativos de equipamiento del SNI sin y con el Proyecto Coca-Codo Sinclair a partir de octubre de 1994	11-7
Cuadro 11/2	Planes alternativos de equipamiento del SNI con el Proyecto Coca-Codo Sinclair a partir de octubre de 1994	11-9
Cuadro 11/3	Beneficios de potencia garantizada y de energía	11-10
Cuadro 11/4	Parámetros económicos de las alternativas del Proyecto Coca-Codo Sinclair	11-11
Cuadro 11/5	Análisis de sensibilidad de la tasa interna de retorno para las alternativas del Proyecto	11-12
FIGURAS		
Figura 7/1	Curva de carga diaria del SNI	7-8
Figura 7/2	Sistema Nacional de Transmisión Interconectado año 1987	7-13
Figura 7/3	Sistema Nacional de Transmisión Interconectado año 1994	7-15
APENDICES		
Apéndice A	Presupuesto estimativo de las subalternativas	
Apéndice B	Cronograma de inversiones de las subalternativas	



## PLANOS

0209-A-1501	Informe General Ubicación del área del Proyecto
0209-A-1502	Informe General Area del Proyecto
0209-A-1503	Informe General Topografía Información topográfica y aerofotogramétrica
0209-A-1504	Informe General Hidrología Estaciones hidrometeorológicas
0209-A-1505	Informe General Hidrología Características meteorológicas
0209-A-1506	Informe General Hidrología Caudales
0209-A-1507	Informe General Hidrología y Sedimentología Estudio de crecidas. Concentración de sedimentos
0209-A-1508	Informe General Geología Mapa geológico regional
0209-A-1509	Informe General Geología Area del embalse Salado. Mapa geológico
0209-A-1510	Informe General Geología Area del embalse Salado. Cortes geológicos
0209-A-1511	Informe General Geología Area del embalse Malo. Mapa geológico
0209-A-1512	Informe General Geología Area del embalse Malo. Cortes geológicos
0209-A-1513	Informe General Geología Túnel de aducción. Planta



0209-A-1514	Informe General Geología Túnel de aducción. Perfil
0209-A-1515	Informe General Geología Sector embalse compensador. Mapa geológico
0209-A-1516	Informe General Geología Sector embalse compensador. Cortes geológicos
0209-A-1517	Informe General Geología Sector Codo Sinclair. Mapa geológico
0209-A-1518	Informe General Geología Sector Codo Sinclair. Cortes geológicos
0209-A-1519	Informe General Geología Leyendas y símbolos geológicos
0209-A-1520	Informe General Geología Sector Volcán El Reventador. Mapa geológico
0209-A-1521	Informe General Geología Volcán El Reventador. Cortes geológicos
0209-A-1522	Informe General Sismología Mapa tectónico del Ecuador
0209-A-1523	Informe General Mecánica de Suelos Zonas de cierre y áreas de préstamo. Ubicación general
0209-A-1524	Informe General Mecánica de Suelos Sitio presa Salado. Cortes geoestratigráficos (C-C', I-I', B-B')
0209-A-1525	Informe General Mecánica de Suelos Sitio presa Salado. Cortes geoestratigráficos (H-H', A-A')



- 0209-A-1526 Informe General  
Mecánica de Suelos  
Area de préstamo "Río Coca". Aluviales
- 0209-A-1527 Informe General  
Mecánica de Suelos  
Area de préstamo "Tena". Suelos residuales
- 0209-A-1528 Informe General  
Sistema Nacional Interconectado y mercado eléctrico
- 0209-A-1529 Informe General  
Identificación de alternativas  
Esquemas (A), (B) y (C)
- 0209-A-1530 Informe General  
Identificación de alternativas  
Esquemas (D), (E) y (F)
- 0209-A-1531 Informe General  
Preselección de alternativas  
Obras típicas. Presas
- 0209-A-1532 Informe General  
Preselección de alternativas  
Obras típicas. Vertederos, desarenador y toma a filo de agua
- 0209-A-1533 Informe General  
Preselección de alternativas  
Obras típicas. Toma a presión, chimenea de equilibrio y casa de máquinas
- 0209-A-1534 Informe General  
Preselección de alternativas  
Esquemas [A-M1-5] y [A-M2-5]. Sistema Salado-Malo-Codo Sinclair
- 0209-A-1535 Informe General  
Preselección de alternativas  
Esquemas [C-M1-3] y [C-M2-3]. Sistema Malo-Codo Sinclair
- 0209-A-1536 Informe General  
Preselección de alternativas  
Esquema doble salto [F04]. Sistema Malo-San Rafael-Codo Sinclair
- 0209-A-1537 Informe General  
Alternativas finales  
Captación filo de agua Salado con chimenea. Conjunto
- 0209-A-150



0209-A-1538	Informe General Alternativas finales Captación filo de agua Salado con compensador. Conjunto
0209-A-1539	Informe General Alternativas finales Captación filo de agua Malo con chimenea. Conjunto
0209-A-1540	Informe General Alternativas finales Captación filo de agua Malo con compensador. Conjunto
0209-A-1541	Informe General Alternativas finales Captación filo de agua Salado. Planta
0209-A-1542	Informe General Alternativas finales Captación filo de agua Salado. Cortes
0209-A-1543	Informe General Alternativas finales Captación filo de agua Salado. Solución con desarenador subterráneo. Planta
0209-A-1544	Informe General Alternativas finales Captación filo de agua Malo. Planta
0209-A-1545	Informe General Alternativas finales Captación filo de agua Malo. Cortes
0209-A-1546	Informe General Alternativas finales Túneles de aducción. Perfil y características
0209-A-1547	Informe General Alternativas finales Embalse compensador - Eje aguas abajo. Solución escollera. Conjunto
0209-A-1548	Informe General Alternativas finales Embalse compensador - Eje aguas arriba. Solución hormigón compactado. Conjunto
0209-A-1549	Informe General Alternativas finales Compensador - Eje de presa aguas abajo. Solución escollera. Planta



- 0209-A-1550 Informe General  
Alternativas finales  
Compensador - Eje de presa aguas abajo. Solución esco-  
llera. Cortes
- 0209-A-1551 Informe General  
Alternativas finales  
Compensador - Eje de presa aguas arriba. Solución hor-  
migón compactado. Planta
- 0209-A-1552 Informe General  
Alternativas finales  
Compensador - Eje de presa aguas arriba. Solución hor-  
migón compactado. Cortes
- 0209-A-1553 Informe General  
Alternativas finales  
Obras de generación con chimenea. Conjunto
- 0209-A-1554 Informe General  
Alternativas finales  
Obras de generación con chimenea. Perfil
- 0209-A-1555 Informe General  
Alternativas finales  
Obras de generación con compensador. Conjunto
- 0209-A-1556 Informe General  
Alternativas finales  
Obras de generación con compensador. Perfil
- 0209-A-1557 Informe General  
Alternativas finales  
Casa de máquinas. Cortes típicos y dimensiones
- 0209-A-1558 Informe General  
Alternativas finales  
Sistema de transmisión. Características principales
- 0209-A-1559 Informe General  
Alternativas finales  
Infraestructuras de las obras
- 0209-A-1560 Informe General  
Alternativas finales  
Características y parámetros económicos
- 0209-A-1561 Informe General  
Las alternativas en la planificación del sistema futuro



0209-A-1562	Informe General Alternativa seleccionada Conjunto y datos característicos
0209-A-1563	Informe General Alternativa seleccionada Túnel de aducción. Perfil y secciones típicas
0209-A-1564	Informe General Alternativa seleccionada Obras de generación. Planta y perfil
0209-A-1565	Informe General Alternativa seleccionada Casa de máquinas. Planta y cortes
0209-A-1566	Informe General Diagnóstico ambiental Mapa de formaciones ecológicas
0209-A-1567	Informe General Geología Investigaciones recomendadas para la Fase "B"



## A. ESTRUCTURA DEL INFORME

Este informe y sus anexos de soporte constituyen los documentos básicos del Estudio de Selección de Alternativas del Proyecto Hidroeléctrico Coca-Codo Sinclair.

Estudios anteriores sobre el potencial hidroeléctrico del río Coca habían sido llevados adelante en forma sistemática a partir del 1976, concentrándose en particular sobre la Factibilidad del Proyecto Salado y analizando solamente a nivel de prefactibilidad el desarrollo del potencial hidroenergético del río aguas abajo de este sitio.

El presente informe presenta por lo tanto, el primer estudio completo del aprovechamiento del río Coca, que aprovecha de la fuerte caída del río desde la confluencia de los ríos Salado y Quijos hasta el Codo Sinclair.

El informe presenta los resultados de tres fases subsecuentes de trabajo:

- Investigaciones de campo y de laboratorio.
- Análisis de alternativas y diseño de las obras civiles y del equipo electromecánico.
- Selección de la alternativa más interesante dentro del Sistema Nacional Interconectado.

### Estructura del Informe Completo de Selección de Alternativas

En vista de la importancia del Proyecto y del orden de magnitud de las obras involucradas, los documentos que se entregan contienen mayores informaciones de las que normalmente se encuentran en estudios similares.

La documentación completa consiste de un Informe General en un solo tomo y de 16 Anexos con un total de 20 tomos.

El informe general presenta la información utilizada, describe someramente las investigaciones ejecutadas e ilustra las alternativas analizadas, en particular la escogida dentro del Sistema Nacional Interconectado.

Los diferentes Anexos detallan según las áreas las investigaciones, las pruebas de laboratorio y todos los estudios específicos llevados a cabo.



La documentación completa del Estudio de Selección de Alternativas se compone por lo tanto de los siguientes informes:

#### 0209-A-150 INFORME GENERAL

0209-A-151 ANEXO A:	Topografía y Cartografía
0209-A-152 ANEXO B:	Hidrología
0209-A-153 ANEXO C:	Sedimentología
0209-A-154 ANEXO D:	Geología
0209-A-155 ANEXO E:	Geofísica
0209-A-156 ANEXO F:	Perforaciones
0209-A-157 ANEXO G:	Vulcanología
0209-A-158 ANEXO H:	Sismología y Tectónica
0209-A-159 ANEXO I:	Mecánica de Suelos
0209-A-160 ANEXO J:	Mecánica de Rocas
0209-A-161 ANEXO K:	Preselección de Alternativas
0209-A-162 ANEXO L:	Equipos Electromecánicos
0209-A-163 ANEXO M:	Obras Subterráneas
0209-A-164 ANEXO N:	Metodología Constructiva y Costos
0209-A-165 ANEXO O:	Planificación Económica
0209-A-166 ANEXO P:	Diagnóstico Ambiental

#### Contenido del Informe General

El Informe General ha sido dividido en 2 partes, la primera muy condensada que presenta también sumario y conclusiones en dos capítulos:

Capítulo A:	Estructura del Informe
Capítulo B:	Sumario y conclusiones del estudio

La segunda parte más extensa, presenta una exposición de todos los lineamientos generales del estudio en 14 capítulos:

Capítulo 1	Introducción
Capítulo 2	Area del Proyecto
Capítulo 3	Hidrología y Sedimentología



Capítulo 4	Geología
Capítulo 5	Vulcanología y Sismología
Capítulo 6	Mecánica de Rocas y Mecánica de Suelos
Capítulo 7	Mercado eléctrico
Capítulo 8	Esquemas alternativos analizados y preseleccionados
Capítulo 9	Las alternativas finales
Capítulo 10	Metodología constructiva, costos y presupuestos
Capítulo 11	Planificación económica
Capítulo 12	La solución escogida
Capítulo 13	Diagnóstico ambiental
Capítulo 14	Estudios e investigaciones recomendadas para la Fase B

Los capítulos de 2 a 7 presentan el marco general de información, investigaciones o estudios básicos de soporte al estudio de selección de alternativas.

Los capítulos de 8 a 10 describen y comparan las alternativas analizadas con sus presupuestos, según las diferentes etapas de avance del estudio.

Los capítulos 11 y 12 ilustran los criterios de planificación económica para la selección de la alternativa escogida y describen los lineamientos principales de la misma.

Al final, los capítulos 13 y 14 presentan, respectivamente, un diagnóstico ambiental del Proyecto y los puntos principales del programa recomendado para estudios e investigaciones futuros.



## B. SUMARIO, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 1. Sumario del Estudio

El estudio llevado adelante desde marzo de 1986 a febrero de 1988, ha permitido llegar a través de una selección de alternativas a escoger la alternativa más interesante del Proyecto Hidroeléctrico Coca-Codo Sinclair e identificar en particular su primera etapa de desarrollo. El estudio de alternativas está soportado por la gran mayoría de los estudios básicos y de las investigaciones de campo y de laboratorio previstas en un comienzo.

#### Area del Proyecto

El área del Proyecto está constituida por la cuenca del río Coca hasta el sitio Salado, con una superficie de 3.601 km<sup>2</sup>. La cuenca está bordeada por la Cordillera Central con cumbres que superan los 5.700 m de altura como el Cayambe y el Antisana y por otras cordilleras menores. El área de estudio se sitúa en la provincia del Napo y está servida por la carretera Quito-Lago Agrio.

#### Hidrología

La cuenca se caracteriza por precipitaciones bastante altas a lo largo del año, cuyo valor promedio se acerca a los 3.000 mm alcanzando en su parte baja cerca de las obras del Proyecto hasta valores del orden de 6.000 mm. En general, no se observan pronunciadas variaciones estacionales de precipitación durante el año.

El caudal promedio en el río Coca en el sitio Salado es de 290,5 m<sup>3</sup>/s, lo que corresponde a una contribución específica superior a 80 l/s km<sup>2</sup>. El caudal diario garantizado al 90% del tiempo es de 128,5 m<sup>3</sup>/s, mientras que el correspondiente valor mensual sube a 183,4 m<sup>3</sup>/s.

Los valores estimados de las crecientes resultan de 5.500 y de 7.000 m<sup>3</sup>/s para tiempos de ocurrencia de 1.000 y 10.000 años, respectivamente.

El transporte sólido anual del río Coca en el sitio Salado se estima del orden de 8 millones de toneladas.

#### Geología

El área del Proyecto ocupa un sector de la vertiente oriental de la Cordillera Real estructuralmente y morfológicamente transicional, entre la cordillera y la planicie amazónica. En este sec-



tor el relieve principal es el volcán El Reventador, que domina el amplio valle del río Coca. Este centro volcánico es uno de los más alejados hacia el oriente respecto al arco magmático ecuatoriano y está emplazado a muy corta distancia de la franja de cabalgamiento de la Cordillera Real, en una zona geológicamente muy compleja y sujeta a grandes movimientos tectónicos compresivos, debido a la convergencia intracontinental entre la cordillera y la plataforma amazónica.

El basamento de la región, en la cual está incluida el área del Proyecto, está constituido por una serie de rocas volcánicas cretáceo-jurásicas de la formación Misahuallí y por una sucesión de unidades estratigráficas subhorizontales, representada por las formaciones cretácicas Hollín, Napo y Tena, superpuestas en forma transicional entre ellas. Todas estas formaciones han sido interesadas por episodios intrusivos localizados. Los productos de las diferentes fases evolutivas del complejo edificio volcánico de El Reventador ocupan en forma predominante la margen izquierda del valle del río Coca entre las cuencas del río Salado y del río Dué.

Todas las obras subterráneas de aducción y generación están ubicadas en la margen derecha y relacionadas con las formaciones inferiores de la secuencia indicada, es decir con las formaciones Misahuallí y Hollín. Las obras de captación en el sitio Salado, ubicadas en la angosta garganta entre el morro rocoso y la margen derecha, donde fluye actualmente el río Coca, están relacionadas con las rocas granodioríticas del cuerpo intrusivo aflorante en la zona y con los espesos depósitos aluviales que constituyen el relleno del paleocauce existente entre el morro y la margen izquierda del valle.

### Vulcanología

El área del Proyecto incluye un centro eruptivo, activo, el Volcán El Reventador, que se levanta sobre la orilla izquierda del valle del Coca, entre los valles del Salado y del Dué; el río Malo, por su parte, representa el drenaje occidental del volcán.

Los estudios geovulcanológicos y las investigaciones petroquímicas realizadas han permitido distinguir tres etapas evolutivas del volcán, las que corresponden a las tres grandes unidades vulcanológicas siguientes: el Complejo Volcánico Basal, el Volcán Paleoreventador y el Volcán El Reventador actual.

El cono de El Reventador actual se eleva dentro de un gran anfiteatro producido por el derrumbe que afectó los depósitos del Volcán Paleoreventador y que ocurrió hace unos 19.000 años. La última erupción de El Reventador se presentó en 1976. Todos los datos obtenidos durante el estudio han sido utilizados para la formulación de un modelo de funcionamiento del volcán que ha servido como base para la evaluación del riesgo relacionado con su actividad eruptiva, llegando a las conclusiones siguientes:



- Se considera improbable que fenómenos eruptivos relacionados con el Volcán El Reventador, puedan afectar en manera seria las obras previstas para el Proyecto. Por lo tanto, el riesgo volcánico en sí puede ser considerado despreciable en su conjunto.
- Sin embargo, fenómenos de movilización de materiales inestables saturados de agua de las laderas del edificio volcánico, causados por terremotos y/o violentas lluvias, del tipo del ocurrido a consecuencia del terremoto del 5 de marzo de 1987, representan un peligro potencial para las obras de captación. El terremoto del 5 de marzo de 1987 puede representar el evento máximo de referencia para la evaluación del impacto que estos fenómenos pueden tener sobre el Proyecto.

### Sismología

La evaluación del riesgo sísmico para el área del Proyecto ha sido realizada recopilando una gran cantidad de datos de campo y toda la información bibliográfica disponible en la literatura ecuatoriana y mundial.

Los estudios de riesgo sísmico regional (o de campo lejano) y local (o de campo cercano) para la definición del diseño sísmico de las obras, han sido acompañados por un análisis detallado de los diferentes aspectos relacionados con la tectónica de la región andina y de los sectores limítrofes a los sitios de las obras.

Se han definido dos modelos sismotectónicos uno regional y uno local que han permitido determinar los parámetros sísmicos recomendados para el diseño sísmico de las obras.

El terremoto máximo de diseño se caracteriza por los siguientes parámetros: magnitud 6,9, distancia epicentral 30 km, profundidad focal 15 km, aceleración máxima  $260 \text{ cm/s}^2$ , velocidad máxima 32 cm/s y desplazamiento en la roca base 24 cm.

Estos parámetros tendrán que ser confirmados por los registros de la red sísmica del Proyecto a ser instalada a corto plazo.

### Mecánica de rocas

Para definir los parámetros geomecánicos del diseño de las obras subterráneas se procedió a realizar ensayos de mecánica de rocas en laboratorio sobre los testigos obtenidos de los sondeos ejecutados para el túnel de aducción, la presa del embalse compensador y la casa de máquinas. Las muestras se refieren a las formaciones Misahuallí y Hollín, que son prácticamente las únicas a ser interesadas por las obras subterráneas.

Para sintetizar las informaciones obtenidas con los ensayos se elaboró una tabla de clasificación formada por cinco diferentes tipos de roca de calidad óptima a muy mala, a las cuales se han referido los parámetros geomecánicos.



Los tipos I y V (roca óptima y muy mala) no se han encontrado en los tramos de los sondeos representativos para las obras subterráneas.

En general, las condiciones geomecánicas de la formación Misahuallí son medianamente buenas, mejores de aquellas de la formación Hollín siempre que la primera no se presente demasiado fracturada.

Las pruebas geomecánicas en situ previstas para la continuación de los estudios permitirá una mejor definición de los parámetros y de las formaciones rocosas en los diferentes sectores del Proyecto.

#### Condiciones de cimentaciones

Para los sitios alternativos de captación Malo y Salado, se han analizado detenidamente las condiciones de cimentaciones tanto en base a las investigaciones ejecutadas durante el presente estudio, como a aquellas de los estudios anteriores.

En el sector Malo los materiales que rellenan el valle del río Coca para un espesor superior a los 200 m forman capas regulares subhorizontales constituidas esencialmente por materiales de deposición aluvial con un importante período de deposición fluvio-lacustre entre los depósitos granulares superficiales de unos 20 m y la mezcla caótica de materiales granulares más profunda. Los problemas relacionados a este sitio se refieren principalmente al estrato superficial sea por su alta permeabilidad que por su riesgo potencial de licuación consecuente a sismos muy fuertes y de larga duración y en parte a los asentamientos de las capas limosas subyacente. Tratamientos adecuados permitirían reducir sustancialmente estos problemas.

En el sitio Salado la morfología del valle está definida por la presencia de un morro granodiorítico que separa el cauce actual del río Coca del antiguo paleocauce relleno por depósitos aluviales de un espesor superior a los 200 m.

La secuencia estratigráfica investigada en el paleocauce presenta en la parte superior una cierta discontinuidad de las unidades debido a antiguos procesos erosivos, mientras que, en la parte inferior, las capas de material grueso, alternadas con estratos de material limoso-arenoso, evidencian una gran regularidad de sedimentación.

En base a la secuencia estratigráfica arriba indicada y a la zonificación geotécnica del sitio Salado, se considera que salvo algunas capas superficiales, los suelos en el área de las obras de captación aunque bastante permeables, tienen suficiente capacidad de carga y baja compresibilidad de modo que, en general, sus características son moderadamente buenas para sustentar con tratamientos locales cimentaciones directas.



### Materiales de construcción

Para la construcción de las obras de captación y de la mayoría de la aducción se han identificado entre el río Salado y el río Malo, depósitos aluviales recientes del río Coca que sirven tanto para los agregados de hormigón como para materiales granulares o de enrocamiento.

Sin embargo, como consecuencia de los fenómenos del 5 de marzo de 1987, la zona identificada se encuentra actualmente cubierta por depósitos superficiales barrocos que tendrán que ser retirados. De todas maneras, se considera que no existirán problemas para ubicar sitios en que el material tenga características adecuadas, sea a lo largo del río Coca, o de los ríos Quijos y Salado en las cercanías de la obra de captación.

Para las obras del compensador y para las obras de caída y generación, los materiales granulares de enrocamiento y los agregados de hormigón se obtendrán del área de préstamo "Mirador" constituida por un afloramiento de granodiorita ubicado unos 4 km al noroeste de la zona del compensador.

Para las alternativas de presa con núcleo central se podrá utilizar para el núcleo el suelo arcillo-limoso residual de la formación Tena aflorante a unos 3,5 km al noroeste del eje de cierre.

### Preselección de alternativas

De las muchas alternativas del sistemas de aprovechamientos hidroeléctricos del río Coca identificadas durante el estudio entre la confluencia de los ríos Quijos y Salado y el sitio denominado Codo Sinclair, habían sido escogidas a través de comparaciones técnico-económicas las siguientes:

- Aprovechamiento a filo de agua Malo-Codo Sinclair en el sitio M1 con construcción sucesiva del aprovechamiento Salado con presa de unos 110 m de altura y ampliación del primero.
- Alternativa análoga a la anterior pero con filo de agua en el sitio M2 en lugar de M1.
- Aprovechamiento único Malo-Codo Sinclair con presa de unos 70 m de altura en el sitio M1.

Después de los acontecimientos del 5 de marzo de 1987 se decidió abandonar las presas de acumulación por riesgo de licuación de sus cimentaciones y adoptar criterios bien conservadores para el diseño de las obras de captación a filo de agua a lo largo del valle del río Coca.

En ese punto las alternativas preseleccionadas, ambas constituidas por un solo aprovechamiento, se limitaron a las dos siguientes:



- Filo de agua Salado con aducción al compensador o chimenea de equilibrio y casa de máquinas, en el Codo Sinclair en subterráneo.
- Filo de agua Malo M1 con las otras obras similares a las de la alternativa Salado.

Las obras de captación de ambas alternativas fueron diseñadas para soportar sin mayores daños la repetición de un evento similar al ocurrido el 5 de marzo de 1987, necesitando después del evento de operaciones de limpieza de las obras de toma, cuya duración se estima inferior al mes.

#### Alternativas finales

A cada una de las dos alternativas preseleccionadas se asociaron varias subalternativas relacionadas esencialmente a diferentes valores del factor de planta variables entre 0,5 y 1 y a diferentes desarrollos por etapas.

Las dos alternativas Salado (con túnel de aducción de 24,9 km) y Malo M1 (con túnel de aducción de 18,9 km) fueron estudiadas más detenidamente a la luz de los resultados de las investigaciones recomendadas después del sismo del 5 de marzo de 1987 y de detenidos análisis de costos unitarios, llegando a tener parámetros económicos un poco más favorables para la alternativa Malo M1.

Pero consideraciones sobre las diferentes condiciones de cimentaciones de los dos sitios y sobre niveles de riesgos que se presentan un poco diferenciados, han sugerido para la obra de captación la elección final del sitio Salado a pesar que esto conlleve un aumento de largo de túnel de aducción de 6 km.

La alternativa Salado escogida fue estudiada en 6 subalternativas con diferentes valores del factor de planta y diferentes desarrollos, determinando para cada una los correspondientes presupuestos y cronogramas de inversiones.

#### Evaluación de las subalternativas Salado en el Sistema Nacional Interconectado

Las subalternativas Salado fueron estudiadas dentro del Sistema Nacional Interconectado considerando para este último muchos escenarios de equipamiento sin y con el Proyecto Coca-Codo Sinclair.

El resultado de este estudio permitió evidenciar el interés para el sistema, que el Proyecto Coca-Codo Sinclair entre en operación a mediano plazo y que entre las subalternativas examinadas, la más interesante resulta con el nivel de conocimiento actual la 2S prevista desarrollarse en dos etapas cada una con un factor de planta 0.7.



## 2. Conclusiones

La solución 2S del Proyecto Hidroeléctrico Coca-Codo Sinclair, escogida, por el momento, dentro del Sistema Nacional Interconectado, consiste en un aprovechamiento a filo de agua con captación en el sitio Salado y restitución en el Codo Sinclair que dispone de una caída bruta de 624 m y de un caudal derivado continuo en su máximo desarrollo de 128,5 m<sup>3</sup>/s.

El aprovechamiento con factor de planta 0.7 está previsto desarrollarse en dos etapas de características similares, que permiten la instalación de una potencia de 491,5 MW y una energía anual de 3.014 GWh para cada una de las dos etapas.

Las obras principales que constituyen el aprovechamiento son:

- Obra de captación a filo de agua en el sitio Salado de 14 metros de altura sobre las cimentaciones con dos vertederos libres que pueden descargar hasta un caudal de 20.000 m<sup>3</sup>/s (casi 3 veces superior a la creciente diezmilenaria), lo cual conservadoramente se estima que fue el valor correspondiente al fenómeno ocurrido el 5 de marzo de 1987.
- Desarenador al exterior con cimentaciones en roca, diseñado para sedimentar partículas de diámetro superior a 0,2 mm; a fin de no aumentar la altura de las obras de captación se prevé que su sistema de limpieza funcione por bombeo.
- Dos túneles de aducción (uno de primera y uno de segunda etapa) hacia el embalse compensador, de un largo de 24,9 km y un diámetro de excavación de 5,5 m; debido a la presencia de una ventana intermedia la excavación de cada túnel se prevé desde 3 frentes de trabajo con el empleo de topos.
- Embalse compensador con volumen útil de un millón de m<sup>3</sup>, previsto por etapas en la parte alta de la quebrada Granadillas en primera etapa y en la quebrada Los Loros en la segunda.
- Presa compensadora en hormigón compactado de 80 m de altura máxima en la quebrada Granadillas y de 65 m en la quebrada Los Loros.
- Dos tuberías de baja presión (una cada etapa) revestidas en hormigón de 915 m de largo y de 5,3 m de diámetro; dos tuberías de alta presión en acero embebidas en hormigón de 790 m de largo y de 4,55 m de diámetro.
- Casa de máquinas en subterráneo unos 500 m adentro en el macizo rocoso constituidas por dos cavernas, una que contiene las 6 unidades (3 cada etapa) tipo Pelton a eje vertical con 163,8 MW de potencia cada una y la otra que contiene los transformadores monofásicos y la subestación en SF6.



- Líneas de transmisión a 345 kV de doble circuito de 150 km de largo hasta llegar en las cercanías de Quito.

Todos los principales datos característicos de la primera etapa de la solución 2S por el momento escogida para el Proyecto Hidro-eléctrico Coca-Codo Sinclair, se indican en el Cuadro 1, al final de esta parte B del informe.

Cabe anotar que por un lado la mayoría de las obras se ubican en subterráneo en el macizo volcánico de la formación Misahuallí, que no fue afectado por los acontecimientos del 5 de marzo de 1987 y por otro las obras al exterior, en particular aquellas a lo largo del río Coca, están diseñadas para soportar eventuales repeticiones de los acontecimientos ocurridos.

El presupuesto total de la primera etapa sin incluir las líneas de transmisión y sin intereses intercalares alcanza los 442,9 millones de dólares a enero de 1987 y el de segunda etapa los 301,7 millones de dólares, resultando el costo de la potencia instalada respectivamente de 901 y de 614 US\$/kW según las etapas. El costo de la energía primaria bruta con intereses intercalares al 12% y con costos de operación y mantenimiento del 1,2%, resulta según las etapas, respectivamente de 3,0 y de 1,7 centavos de dólar.

Para la primera etapa prevista entrar en operación en el año 2006 (o en alternativa en el año 2003), se estima necesario un período de construcción de 7,5 años, mientras para la segunda que entrará en operación a continuación de la primera, cuando el mercado eléctrico lo requiera, el período de construcción se reduce a 5 años.

Del análisis de Planificación de INECCEL, el Proyecto Coca-Codo Sinclair, resulta muy interesante dentro del sistema del país, teniendo que entrar en operación, después del equipamiento ya definido según de Plan Maestro hasta el año 2006, a continuación del proyecto Cascabel, encontrándose este último todavía a nivel de estudio de inventario.

Los indicadores económicos del Proyecto a desarrollo completo, con tasa de actualización al 12%, calculados con la potencia y la energía primaria neta y sin tomar en cuenta el costo de las líneas (que alcanza los 70 millones de dólares) son los siguientes:  $B/C = 2,32$ ,  $B-C$  actualizado al año 2006 = 1.218 millones de dólares y  $TIR = 22,7\%$ .

Desde el punto de vista ecológico, si bien la construcción y operación del Proyecto ocasionará alguna alteración del medio, como es el caso de la disminución de caudal en la cascada San Rafael; por otro lado, es evidente que permitirá un mayor desarrollo turístico y socio-económico de la zona.



### 3. Recomendaciones

Para lograr optimizar las diferentes obras del Proyecto en la Fase B del estudio, se recomienda reanalizar particularmente los aspectos siguientes:

- Altura óptima del umbral del vertedero principal de la obra de captación en el sitio Salado.
- Posibilidad de construir parte del vertedero secundario con estructura erosionable para el caso de eventos catastróficos.
- Comparación definitiva entre desarenador al exterior y desarenador en subterráneo.
- Tipo de revestimiento para los diferentes tramos del túnel de aducción.
- Eje, tipo de presa y tratamiento de cimentaciones de la presa del embalse compensador.
- Obras de protección del embalse compensador.
- Determinación final del factor de planta más adecuado.
- Trazado plano-altimétrico y tipo de revestimiento de la tubería de presión.
- Ubicación y orientación final de la casa de máquinas con sus obras anexas.

Esta optimización requiere todos los estudios básicos e investigaciones ya sea de campo o de laboratorio, recomendados en el Capítulo 14 del presente informe.



## Cuadro 1

---

 PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR. SOLUCION 2S. I ETAPA  
 DATOS CARACTERISTICOS
 

---

## HIDROLOGIA

Area de la cuenca (sitio Salado)	3.601,0	km <sup>2</sup>
Caudal promedio	290,5	m <sup>3</sup> /s
Caudal 90% diario	128,5	m <sup>3</sup> /s
Creciente máxima 10.000 años	7.000,0	m <sup>3</sup> /s
Creciente catastrófica	20.000,0	m <sup>3</sup> /s

## OBRAS DE CAPTACION

Altura puente sobre cimentaciones	28,4	m
Altura umbral sobre cimentaciones	14,0	m
Ancho vertedero principal	110,0	m
Ancho vertedero secundario	76,0	m
Nivel agua máximo ord. (NAMO)	1.269,0	m.s.n.m
Nivel agua máximo exc. (NAME)	1.267,0	m.s.n.m

## TUNEL DE ADUCCION

Caudal de diseño	64,25	m <sup>3</sup> /s
Diámetro de excavación	5,48	m
Longitud total	24,9	km
Longitud tramos revestidos en hormigón	9,2	km
Longitud tramos revestidos en hormigón lanzado	15,7	km

## EMBALSE COMPENSADOR

Altura máxima presa	79,5	m
Volumen presa (hormigón compactado)	242,5	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>
Nivel agua mínimo (NAMI)	1.220,0	m.s.n.m
Nivel agua máximo ord. (NAMO)	1.230,0	m.s.n.m
Nivel agua máximo exc. (NAME)	1.233,0	m.s.n.m
Cota coronación	1.234,5	m.s.n.m
Volumen total embalse	1,5	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
Caudal diseño vertedero	75,0	m <sup>3</sup> /s
Caudal diseño descarga de fondo	65,0	m <sup>3</sup> /s

## TUBERIA DE BAJA Y ALTA PRESION

Caudal de diseño	92,5	m <sup>3</sup> /s
Diámetro tubería baja presión (hormigón)	5,3	m
Diámetro tubería alta presión (acero)	4,55	m
Lognitud tubería baja presión	915,2	m
Longitud tubería alta presión	791,0	m

---



## Cuadro 1 (Continuación)

## CASA DE MAQUINAS

---

Factor de planta	0,7	-
Ancho	23,7	m
Altura	38,3	m
Longitud	93,0	m
Caída neta	608,6	m
Potencia instalada	491,5	MW
Número de grupos	3	-
Potencia unitaria	163,8	MW
Energía anual	3.014,0	GWh/año

## TUNEL DE DESCARGA

Diámetro interno	6,2	m
Longitud	465,9	m

## LINEA DE TRANSMISION

Número de líneas	1	-
Número de circuitos	2	-
Voltaje	345,0	kV
Longitud	151,0	km

---



## 1. INTRODUCCION

### 1.1 Autorización y alcance del estudio

En los estudios generales relativos al Plan Nacional de Electrificación, se ha convenido en que una de las cuencas hidrográficas más importantes del Ecuador, desde el punto de vista hidroeléctrico, es la del río Coca, razón por la cual se decidió realizar los estudios requeridos para su adecuado aprovechamiento.

En tal virtud, con fecha 12 de febrero de 1986, INECEL, después de un proceso de selección de Consultores, suscribió el contrato de Consultoría N° 05/86 con la Asociación de firmas Consultoras Electroconsult-Tractionel-Rodio/Astec-Inelin-Ingeconsult-Caminos y Canales, cuyo alcance y objetivos son los de prestar a INECEL todos los servicios profesionales de consultoría requeridos para la realización de los estudios de Factibilidad del Proyecto Hidroeléctrico Coca-Codo Sinclair. Los estudios e investigaciones que los Consultores debían desarrollar en virtud del Contrato, están divididos en dos Fases:

Fase "A", comprendiendo principalmente:

- Revisión de los estudios anteriores.
- Ejecución de los trabajos e investigaciones de campo y laboratorio que sean necesarios para la definición de todas las alternativas del Proyecto.
- Estudios relativos al equipamiento del Sistema Nacional Interconectado.
- Análisis de alternativas y prediseños de las obras civiles, equipos electromecánicos e hidromecánicos y obras hidráulicas, estudios ecológicos, de costos y económicos.
- Preparación y presentación de informes y memorias de cálculo.
- Revisión de las actividades a desarrollarse en la Fase "B".

Fase "B", en esta segunda fase todos los estudios e investigaciones deben ser completados, incluyendo programación de obras y metodologías constructivas, determinación de costos y presupuestos, estudios ecológicos, etc, para llegar a un informe de Factibilidad Técnico-económica, de acuerdo a las normas internacionales y a los requerimientos de las entidades financieras, de la primera etapa del Proyecto, definida en la Fase "A".



## 1.2 Antecedentes

El Proyecto Hidroeléctrico Coca-Codo Sinclair ha tenido importantes antecedentes a partir del año 1970 y entre éstos en particular lo que se ilustra a continuación:

- Con fecha 25 de febrero de 1976, INECEL suscribió un contrato de Consultoría con la Asociación Hidroservice/Integral-Idco-Adec-Ingeconsult, cuyo objeto era el de llegar a formular el Inventario energético de la cuenca de los ríos Quijos y Coca desde sus orígenes hasta el denominado Codo Sinclair, la Prefactibilidad de los aprovechamientos del curso principal (Fase "A") y luego, completar el análisis del aprovechamiento más recomendable, a nivel de Factibilidad (Fase "B"), que fue definido el denominado aprovechamiento Salado.

Del estudio de Factibilidad del Aprovechamiento Salado, se estableció que las condiciones de cimentación para la presa proyectada (145 m de altura) eran bastante complejas, por lo que recomendaron efectuar una campaña adicional de investigaciones, suscribiendo INECEL el 5 de junio de 1979 un nuevo contrato con la misma Asociación de Consultores para la realización de los estudios complementarios a la factibilidad del aprovechamiento Salado.

La nueva campaña de estudios e investigaciones se llevó a cabo, terminando a finales del año 1981, cuando fue entregado el Informe Final de los Estudios de Complementación de Factibilidad del Aprovechamiento Salado.

Entre 1982 y 1986, año del comienzo de la actividad del Contrato entre INECEL y la Asociación Electroconsult-Tractionel-Rodio/Astec-Inelin-Ingeconsult-Caminos y Canales, se llevaron a cabo, en el área del Proyecto, actividades generales de topografía y cartografía, hidrología, geología y vulcanología, directamente a cargo de INECEL.

## 1.3 Sismo de marzo de 1987

Las actividades de la Asociación de Consultores comenzaron a inicios de 1986, después de la revisión de toda la literatura existente del Proyecto y siguieron adelante sin interrupción por todo el año de 1986 y los primeros meses de 1987.

Cuando los trabajos de campo previstos para la Fase "A" del Proyecto estaban en pleno desarrollo, ocurrió el terremoto del 5 de marzo de 1987, con sus consecuencias catastróficas para el área en estudio, con pérdida de vidas humanas, equipo, obras de infraestructura, y material relacionado con los resultados de las investigaciones recién terminadas, o en curso de ejecución.

El valle del Coca entre el río Salado y el Codo Sinclair resultó sensiblemente afectado por las avalanchas de lodo y detritos acarreados por los ríos Coca, Salado, Malo y otros, y un sinnúmero de derrumbes y deslizamientos cayeron por las laderas del valle,



produciendo transformaciones sustanciales en la disposición de las masas de materiales sueltos, coluviales, aluviales y detríticos en general.

Durante unos tres meses, entre marzo y junio, el área del proyecto quedó prácticamente aislada y ninguna actividad de campo fue posible ejecutar. Solamente en el mes de julio, las actividades pudieron reanudarse, aunque a un ritmo forzosamente más bajo. De hecho, el programa de las investigaciones de la Fase "A", que todavía faltaban por cumplirse, tuvo que ser modificado, postergándose algunas perforaciones, las galerías de exploración y otros trabajos, para la Fase "B".

Las investigaciones de la Fase "A" reprogramadas, fueron totalmente ejecutadas entre julio y diciembre de 1987, así que sus resultados pudieron ser utilizados para la redacción del presente Informe Final de la Fase "A", de la Factibilidad.

#### 1.4 Agradecimientos

La Asociación de Consultores Electroconsult-Tractionel-Rodio/Astec-Inelin-Ingeconsult-Caminos y Canales quiere expresar su agradecimiento a INECEL por haber sido encargado con esta importante tarea.

Los estudios y las investigaciones, así como los informes relativos, pudieron ser llevados adelante y completados gracias al soporte y a la colaboración de los profesionales y de los demás funcionarios y trabajadores de INECEL. La ininterrumpida y valiosa ayuda recibida de los mismos profesionales y de los demás funcionarios del Instituto es aquí reconocida y agradecida.

En particular cabe mencionar que el estudio del mercado eléctrico, así como el estudio del Proyecto dentro del Sistema Nacional Interconectado, fueron totalmente llevados adelante por la Dirección de Planificación de INECEL.

La asociación quiere también agradecer al Grupo Consultivo de INECEL por sus apreciables sugerencias en diferentes aspectos técnicos del Proyecto.



## 2. AREA DEL PROYECTO

En este capítulo se hace una descripción general del área del Proyecto, de la cuenca hidrográfica estudiada, de los accesos existentes y propuestos y de la información topográfica existente.

### 2.1 Descripción general

El área del Proyecto, que aprovecha de los recursos hidroenergéticos de la cuenca del río Quijos-Coca, está ubicada en la vertiente atlántica de la Cordillera de Los Andes, al norte de la región oriental del Ecuador, y pertenece al curso superior del sistema fluvial Quijos-Coca-Napo-Marañón-Amazonas, teniendo sus nacimientos en alturas superiores a los 5.000 msnm.

La cuenca se halla enmarcada prácticamente por los cuatro lados por grandes cordilleras: por el occidente la Cordillera Central de Los Andes; por el oriente la Cordillera Huagraurco; por el sur el nudo o Cordillera de Huacamayos, y por el norte el nudo o Cordillera del Dué y el Volcán El Reventador, a cuyo pie se rompe la cadena montañosa para dar libre curso al río Coca hacia la llanura amazónica.

Toda la cuenca está ubicada en la provincia del Napo, cantones Quijos, El Chaco y Gonzalo Pizarro, cuyas cabeceras cantonales son Baeza, El Chaco y El Dorado de Cascales, respectivamente. Otros poblados de cierta importancia son Papallacta, Borja y Las Palmas.

La zona del Proyecto es accesible por carretera desde Quito, a través de la carretera Quito-Lago Agrio que es la principal arteria vial, aparte de que existen caminos vecinales y otros de menor importancia.

La ubicación geográfica general del área del Proyecto se puede ver en el Plano 0209-A-1501, mientras el Plano 0209-A-1502 ilustra las características principales del área del Proyecto.

### 2.2 La cuenca hidrográfica y su morfología

Haciendo una descripción más detallada de la zona del Proyecto, encontramos que la cuenca del río Quijos-Coca, comprendida entre los paralelos 0°45'S - 0°10'N y 77°25'O - 78°15'O, se desarrolla desde las líneas divisorias de las cadenas montañosas anteriormente mencionadas hasta la curva que hace el río Coca en el denominado Codo Sinclair, lugar hasta donde la cuenca tiene una superficie de casi 4.000 km<sup>2</sup>.



Todas las cordilleras que bordean la cuenca tienen importantes elevaciones que merecen citarse y tener en cuenta.

En la Cordillera Central de Los Andes, se tienen las siguientes elevaciones: el nevado Antisana (5.704 msnm), el cerro Saraurco (4.670 msnm), el nevado Cayambe (5.790 msnm) y páramos como el de Guamaní (4.500 msnm).

En la Cordillera Huagraurco, se tienen el cerro Pan de Azúcar (3.482 msnm) y el cerro Negro (3.092 msnm); mientras en la Cordillera de los Huacamayos, se encuentra el cerro del mismo nombre (3.200 msnm).

En la Cordillera o nudo del Dué, destaca el Volcán El Reventador (3.562 msnm)

El eje central de la red hidrográfica de la cuenca es el río Quijos que nace en las altas montañas de Los Andes en los páramos de Cimarrones, al S-E del Antisana, recogiendo las aguas de los deshielos de este nevado; recorre el valle de su mismo nombre y luego de su confluencia con el río Salado toma el nombre de Coca, que es uno de los principales tributarios del río Napo, desembocando junto a Puerto Orellana. El río Napo es a su vez un importante tributario de la margen izquierda del río Amazonas.

La cuenca del río Coca se compone de tres tramos bien diferenciados: el valle del río Quijos que es la zona comprendida entre el nacimiento del mismo y sus afluentes hasta la confluencia con el río Salado; el tramo conocido como del "Alto Coca" desde la confluencia con el río Salado hasta la del río Dashiño, constituyendo una zona de transición, y la llanura del "Bajo Coca" desde el último punto señalado hasta Puerto Orellana, en la desembocadura en el Napo. El último tramo se ubica afuera del área de estudio del Proyecto.

En el transcurso del primer tramo, el río Quijos recibe un gran número de afluentes, siendo los más importantes, por la margen izquierda, los siguientes: Papallacta, Sardinias Grande, Oyacachi, Santa Rosa y Salado, y por la margen derecha, los siguientes: Machángara, Cosanga, Borja, Cauchillo, Bombón y Murallas.

La orientación del eje fluvial de la cuenca, marcadamente paralela a la Cordillera de Los Andes, hace posible su rápido incremento de caudal sin que crezcan demasiado las distancias; además, la presencia de la cordillera subsidiaria de Huacamayos-Huagraurco que encierra la cuenca por su lado oriental, hace que el río Quijos reciba aportes bilaterales: del flanco oriental de la Cordillera Real y del flanco occidental de la cordillera subsidiaria.

Es notable el mayor caudal aportado por los tributarios de la izquierda respecto de los de la derecha. Esto se debe principalmente a dos factores: el eje fluvial está más próximo a la cordillera subsidiaria de Huagraurco que a la Cordillera Real y por tanto los tributarios de la derecha tienen un recorrido menor; las



precipitaciones en la región son de tipo orográfico, por tanto hay una descarga mucho mayor en el flanco oriental de la Cordillera Real que en la vertiente occidental de Huacamayo-Huagraurco.

En el segundo tramo que se inicia en la confluencia del río Salado con el río Quijos, los principales aportes que tiene el río Coca son los del río Malo, del río Marker y del río Reventador por la margen izquierda, mientras la quebrada Granadillas y sobre todo el río Machacuyacu constituyen los principales tributarios de la margen derecha.

Este tramo de transición presenta accidentes geográficos de gran contraste, mientras el río avanza en medio de un cauce profundo con un primer sector de remanso, debido a la presencia de islas y playas producto de un represamiento natural por las acciones volcánicas y deslizamientos gravitacionales del Reventador que, en edades geológicas diferentes, interfirió el curso del río produciendo rellenos aluviales de gran espesor y originando la cascada de San Rafael.

Luego de la cascada, el curso del río se encañona, avanzando hacia el norte en medio de altos farallones, hasta alcanzar el llamado Codo Norte en donde el río se estrecha tanto que ha sido posible cruzarlo con un pequeño puente de madera de 20 m de luz, estrechamiento igual a la famosa garganta del río Pastaza, llamada "San Martín".

Todo el trecho aguas abajo de la cascada se caracteriza por el régimen turbulento del río que va perdiendo altura rápidamente.

En el Codo Norte, el río describe un gran arco y toma dirección S-E hasta llegar, luego de algunas curvas menores al Codo Sinclair. Desde las inmediaciones del río Malo, hasta el Codo Sinclair, la altura de caída totaliza unos 650 m.

### 2.3 Accesos

Como ya se ha mencionado, la principal vía de penetración hacia la zona del Proyecto es la carretera Quito-Lago Agrio, que pasa exactamente por los sitios en donde se proyectan las obras de captación, aún cuando no por donde se halla el embalse compensador y las obras de generación.

En lo referente a la infraestructura vial existente en el país hasta el Proyecto, cabe indicar que se ha realizado un detenido estudio al respecto, para lo que ha sido necesario establecer un inventario de las vías disponibles y de puentes, señalando las rutas convenientes desde distintos puntos de vista, sea de facilidades portuarias, distancias, capacidades de carga, geometría de las vías, etc.

De este estudio se concluye que existen tres puertos desde donde se pueden hacer los transportes de maquinaria y equipos a importarse para la construcción, estos son: Guayaquil, Manta y



Esmeraldas. Luego del análisis de conveniencias de utilización vial ha sido descartado el puerto de Manta, quedando en consecuencia la posibilidad de utilizar las rutas siguientes: Guayaquil, Santo Domingo, Alóag, Pifo, Proyecto; y, Esmeraldas, Santo Domingo, Alóag, Pifo, Proyecto. Puede verse que la ruta Santo Domingo-Proyecto es común para las dos alternativas y además, que se utilizaría la vía directa Alóag, Sangolquí, Pifo, sin ingresar a Quito, para luego dirigirse hacia Baeza y la zona del Proyecto.

Los puertos de Guayaquil y Esmeraldas pueden utilizarse alternativamente dependiendo de ciertas circunstancias específicas al momento de la construcción, en todo caso queda abierta la posibilidad de utilizar uno u otro indistintamente.

La carretera Quito-Lago Agrio pasa también por el campamento San Rafael de INECEL, que ha sido utilizado para las fases de estudios del Proyecto. Para las etapas de construcción se deberán implementar otros campamentos con sus respectivas vías de acceso.

En lo que se refiere a accesos dentro de la zona del Proyecto, es de anotar que será necesario para la etapa de construcción, la implementación completa de vías de acceso locales para todas y cada una de las obras, pues actualmente sólo existe acceso a las proyectadas obras de toma. Es de esperarse que para la época en que se realice la construcción del Proyecto esté en servicio cierta modificación de la vía Quito-Lago Agrio que, en la zona del Proyecto estaría diseñada por la margen derecha del río Coca, utilizando la meseta por donde está proyectado el trazado del túnel de aducción. De suceder esto, los accesos a las diferentes obras que por el momento no tienen sus vías, se facilitarían notablemente.

En el Plano 0209-A-1559 se puede apreciar el sistema vial descrito en el que constan los accesos hacia a la zona del Proyecto, así como los accesos locales proyectados, de acuerdo a la ubicación de las diferentes obras.

## 2.4 Información topográfica

La información topográfica existente al comienzo del estudio y posteriormente completada durante la ejecución del mismo se puede considerar suficiente.

El área de la cuenca hidrográfica está totalmente cubierta con cartografía en escala 1:50.000 del IGM y en un 70% por cartografía en escala 1:25.000 del mismo IGM.

Toda el área específica del Proyecto interesada por las obras en estudio está generalmente cubierta con cartografía en escala 1:10.000 obtenida con fotorestitución, mientras las zonas donde se prevén obras al exterior, es decir obras de captación y embalse compensador, son cubiertas con cartografía en escala 1:2.000 ó 1:1.000 obtenida con levantamiento terrestre.



También la cobertura aerofotogramétrica obtenida con vuelos diferentes a partir de 1965, se considera adecuada. Cabe destacar que después del sismo del 5 de marzo de 1987, se han sacado nuevas fotos aéreas sobre unos 3.000 km<sup>2</sup> con cobertura del área más relacionada al estudio de las obras del Proyecto.

En el Plano 0209-A-1503 se ilustra toda la información principal topográfica, cartográfica y aerofotogramétrica existente a la fecha, mientras para mayores detalles y para una descripción de la información disponible al comienzo del estudio y de aquella obtenida durante la ejecución del mismo, se hace referencia al Anexo A de Topografía y Cartografía.



### 3. HIDROLOGIA Y SEDIMENTOLOGIA

En este capítulo se describen brevemente los principales aspectos hidrológicos y sedimentológicos del estudio haciendo referencia a los Anexos B de Hidrología y C de Sedimentología, para mayores detalles.

La cuenca del sistema hidrográfico de los ríos Quijos y Coca en estudio, está ampliamente descrita en el capítulo anterior y por lo tanto no la mencionamos en éste.

#### 3.1 La información existente

La información existente al comienzo del presente estudio se basaba esencialmente en los datos recopilados en los estudios hidrosedimentológicos anteriores y en particular en los siguientes:

- Proyecto Hidroeléctrico Coca, por el Consorcio Hidroservice-Integral-Idco-Adec-Ingeconsult (1976-1978).
- Estudio de Actualización, por INECEL, División de Hidrología (1984).
- Información Hidrometeorológica del Proyecto Coca, por INECEL, División de Hidrología (1984).
- Estudio Sedimentológico de la Cuenca del río Coca, por INECEL, División de Hidrología (1984).
- Informe de Revisión de Información Hidrológica, Segunda Parte, por INECEL, División de Hidrología (1986).

La revisión y actualización de la información hidrosedimentológica existente ha requerido consultas sistemáticas en los archivos de la División de Hidrología de INECEL, del INAMHI y del INERHI.

A continuación se describen brevemente las principales informaciones existentes según las diferentes áreas.

3.1.1 Información meteorológica Al interior de la cuenca hidrográfica Quijos-Coca considerada, operan 6 estaciones meteorológicas con período de funcionamiento entre 9 y 12 años, cuya ubicación, siempre a lo largo de la carretera Quito-Lago Agrio, se indica en el Plano 0209-A-1504.

La información suministrada se refiere generalmente a temperatura y humedad relativa del aire, evaporación, recorrido del viento



y precipitación. Solamente algunas estaciones están equipadas con heliofanógrafo para medir las horas de duración del sol.

En general, aún si se carece de información en los valles laterales, se estima que la información disponible es suficientemente representativa de las condiciones climáticas de la cuenca y sobre todo de los sitios de las obras del Proyecto.

3.1.2 Información pluviométrica Las estaciones pluviométricas ubicadas al interior de la cuenca hidrográfica (ver Plano 0209-A-1504 ya mencionado) suman 27, incluyendo también las seis estaciones meteorológicas ya mencionadas. Seis estaciones están equipadas únicamente con pluviómetro y las demás con pluviógrafo.

Los períodos de observación cubren desde un máximo de 22 años (Papallacta) hasta un mínimo de 6 años (nueve estaciones).

La cantidad de estaciones pluviométricas a lo largo del curso del río Quijos-Coca, se considera adecuada, mientras que se considera insuficiente la red de estaciones en las partes altas de los valles laterales, lo que no permite proporcionar una información representativa de la distribución de las precipitaciones sobre toda la cuenca.

3.1.3 Información hidrométrica Antes del evento del 5 de marzo, la red de estaciones hidrométricas en la cuenca del río Coca incluía 15 estaciones, de las cuales nueve estaban a lo largo del curso principal del río Quijos-Coca y las restantes en sus tributarios principales, en su mayoría en la proximidad de sus desembocaduras (ver siempre Plano 0209-A-1504).

Entre las estaciones, aquellas con mayor duración de mediciones son: Quijos en Baeza y Quijos DJ Oyacachi, con 22 y 21 años de operación, respectivamente; la estación de Coca en San Rafael tiene casi 14 años de mediciones continuas, mientras las demás tienen lapsos de duración entre 8 y 15 años, a veces discontinuos.

Antes del evento del 5 de marzo el sistema de estaciones de aforo existente se consideraba sustancialmente adecuado, así como la calidad de la información suministrada.

A consecuencia del evento mencionado fueron totalmente destruidas las estaciones siguientes: Salado AJ Coca, Coca AJ Malo, Malo AJ Coca y Coca en San Rafael. Se considera de suma importancia la pronta reconstrucción de la estación Coca en San Rafael, así como la construcción de una estación del río Coca en el sitio de presa Salado, que, prácticamente, reemplazaría la estación Coca AJ Malo.

3.1.4 Información sedimentológica En general la información sedimentológica que se dispone es relativamente escasa y consiste esencialmente en aforos de sólidos en suspensión en diferentes estaciones de la cuenca.



En total se dispone de datos para 14 estaciones con un número de aforos por estación variable de 2 a 60, siendo Coca en San Rafael y Quijos DJ Oyacachi las estaciones con mayor número de aforos.

Para el transporte en suspensión no medido, en la capa de agua en contacto con el fondo, se dispone solamente de dos medidas de velocidad y concentración en la estación Coca AJ Malo.

Para el transporte de fondo a falta de medidas directas, durante el presente estudio se sacaron muestras representativas de material de fondo en cuatro sitios del río Malo, río Coca y río Salado, y se efectuaron mediciones de pendientes de la superficie del agua en los tramos del río Coca y sus tributarios interesados por las obras de captación del Proyecto.

### 3.2 Climatología y pluviometría

3.2.1 Climatología El clima en toda la cuenca (véase Plano 0209-A-1505) presenta durante todo el año un alto grado de humedad relativa, que generalmente alcanza y supera el valor de 90 por ciento.

La evaporación anual se mantiene más o menos constante en las diferentes áreas de la cuenca con valores aproximados de 1.000 mm para el tanque de clase A y de 500 mm para el Piché; los valores más altos de evaporación mensual se presentan normalmente en el período de noviembre a enero.

Las horas anuales de sol generalmente bajas, aumentan pasando de un valor de 850 en la estación San Rafael a un valor de 1.100 en la estación de El Chaco.

Finalmente la temperatura media diaria, casi constante durante el curso del año varía lógicamente con la altura, pasando de un valor aproximado de 19 grados en la estación San Rafael (1.330 msnm) a un valor de unos 10 grados en la estación de Papallacta (3.510 msnm).

3.2.2 Pluviometría Las informaciones existentes permiten tener una buena representación de la distribución de las precipitaciones anuales sólo a lo largo del valle principal Quijos-Coca por falta de una red pluviométrica suficiente en las cuencas de los tributarios laterales.

De todas maneras, en general se puede observar un aumento de la precipitación anual desde las estaciones ubicadas en las partes más altas de la cordillera andina central (Papallacta, Oyacachi), con precipitación media del orden de 1.400 mm, hasta la zona del curso medio del río Quijos (Misión Josefina, El Chaco), con valores anuales del orden de 2.700 mm y hasta la parte inferior de la cuenca en estudio con valores que aumentan rápidamente de 3.000 mm (Salado) a 4.900 mm en San Rafael y a unos 6.300 mm más aguas abajo en la estación El Reventador.



En todas las estaciones la distribución anual de las precipitaciones indica valores relativamente constantes con una moderada concentración de los valores máximos en el período de marzo a julio.

### 3.3 Estimación de caudales en los sitios de presa o derivación

**3.3.1 Generalidades** Los principales sitios de presa estudiados durante la fase de estudio de alternativas son tres, todos ubicados en el tramo del río Coca comprendido entre la confluencia de los ríos Quijos y Salado y la confluencia del río Malo; los sitios desde aguas abajo son: Malo M1 (3.628 km<sup>2</sup>) inmediatamente aguas arriba de la confluencia del Malo; Malo M2 (3.618 km<sup>2</sup>) dos kilómetros aguas arriba del primero y posteriormente desechado (ver Capítulo 8) y, Salado (3.601 km<sup>2</sup>) inmediatamente aguas abajo de la confluencia Quijos-Salado.

Además, en el curso intermedio del río Quijos, estudios anteriores habían propuesto otros tres sitios de presa, es decir: Balsas (2.515 km<sup>2</sup>), El Chaco (1.664 km<sup>2</sup>) y Borja (1.377 km<sup>2</sup>). Para todos estos sitios se han hecho estimación de caudales mensuales, mientras caudales diarios fueron estimados sólo para los sitios Malo M1, Malo M2 y Salado.

**3.3.2 Sitios de presas de regulación en el río Coca** La estimación de los caudales medios mensuales para los sitios de presa del río Coca se hizo en base a correlaciones con los valores medios mensuales de la estación Coca en San Rafael, para el período histórico de 13 años 1973-1985, tomando en cuenta la razón de las cuencas tributarias y su diferente pluviosidad.

En el Cuadro 3/1 se resumen las características principales de la serie histórica 1973-1985 de los caudales mensuales para los tres sitios de presa Malo M1, Malo M2 y Salado.

Cuadro 3/1

#### SITIOS DE PRESA DEL RIO COCA CAUDALES TÍPICOS DE LA SERIE HISTORICA 1973-1985

Caudales típicos (m <sup>3</sup> /s)	Sitios de Presa		
	Salado (3.601 km <sup>2</sup> )	Malo M2 (3.618 km <sup>2</sup> )	Malo M1 (3.628 km <sup>2</sup> )
<b>Caudales anuales</b>			
medio	290,5	292,5	294,0
máximo	352,0	354,0	356,0
mínimo	240,0	242,0	243,0
<b>Caudales mensuales</b>			
máximo	658,0	663,0	666,0
mínimo	77,0	78,0	78,0
Q 90%	179,8	181,0	181,9



Como se puede ver en el Plano 0209-A-1506, la distribución de los caudales medios mensuales a lo largo del año presenta los valores más altos en el período de mayo-agosto y los más bajos en el período de noviembre-febrero.

La serie histórica de observaciones en la estación de aforo Quijos en Baeza, que cuenta con 21 años de registros completos, desde 1965 hasta 1985, no se ha considerado inicialmente utilizable en consideración que su área de drenaje constituye tan sólo el 23% de la cuenca cerrada por las obras en estudio y las características de pluviosidad de su cuenca no son representativas de la precipitación en la cuenca total.

Al final del estudio hidrológico (ver Parte B del Anexo B de Hidrología), atendiendo a la solicitud planteada por la Dirección de Planificación de INECCEL, se hizo también, a pesar del comentario antedicho, una extensión de la serie histórica de los caudales mensuales para el período 1964-1972, a través de los caudales mensuales de la estación Quijos en Baeza, llegando a tener en el período 1964-1985, para los diferentes sitios de presa en el río Coca, los siguientes valores de caudales promedio: 302,9 m<sup>3</sup>/s para el sitio Malo M1, 301,3 m<sup>3</sup>/s para el sitio Malo M2 y 299,4 m<sup>3</sup>/s para el sitio Salado. Comparando estos valores con los correspondientes del Cuadro 3/1, se observa un incremento medio del orden del 3%; esto tiene su justificación ya que el período histórico 1973-85 tiene un lapso bastante seco, mientras que el período extendido tiene también un lapso húmedo que hace subir el promedio.

A fin de tener series de caudales más largos para estudio de regulación de los embalses, se ha aplicado a la serie histórica 1973-1985, el procedimiento estocástico de Thomas/Fiering para la generación de diferentes series de 50 años de valores medios mensuales.

3.3.3 Sitios de presas de derivación en el río Coca Los mismos sitios estudiados para presas de regulación (posteriormente abandonadas a consecuencia del sismo del 5 de marzo), fueron también estudiados para presas de derivación.

La estimación de las posibilidades de derivación en los sitios Malo M1, Malo M2 y Salado, se ha examinado en base a la serie histórica de los caudales diarios del río Coca en San Rafael, de julio 1972 hasta mayo 1986, con particular referencia a los períodos de estiaje (de noviembre a febrero) formando años hidrológicos de junio a mayo del año sucesivo.

El procedimiento adoptado para el cálculo de los caudales derivables se basó esencialmente en la construcción de curvas de duración adimensional obtenida de los caudales diarios del río Coca en San Rafael y sucesivamente asociada a los diferentes valores de las cuencas hidrográficas.

Paralelamente para los períodos de estiaje se hizo también un



análisis probabilístico de los caudales mínimos derivables para diferentes períodos de ocurrencia.

Los principales resultados relacionados a los caudales derivables en los sitios examinados se indican en el Cuadro 3/2.

3.3.4 Sitios de presas de acumulación en el río Quijos Para la estimación de los caudales mensuales en los tres sitios de presas previstos en los estudios anteriores, a lo largo del río Quijos, se hizo referencia a las series de caudales registrados en las estaciones de Quijos AJ Borja y de Quijos AJ Bombón.

Cuadro 3/2

SITIOS DE PRESA DEL RIO COCA  
CAUDALES DERIVABLES A FILO DE AGUA

Caudales derivables (m <sup>3</sup> /s)	Sitios de Derivación		
	Salado (3.601 km <sup>2</sup> )	Maño M2 (3.618 km <sup>2</sup> )	Maño M1 (3.628 km <sup>2</sup> )
<u>Lapso histórico</u> (7-1972 a 5-1986)			
Caudal de diseño Q 90% diario	128,5	129,5	130,1
Caudal mínimo diario (histórico)	53,4	53,7	54,0
<u>Análisis probabilístico</u>			
Caudal mínimo con:			
Tr = 10 años	71,5	72,1	72,4
Tr = 50 años	57,6	58,0	58,3
Tr = 100 años	53,2	53,6	53,9

También para estos sitios de presa Borja, El Chaco y Balsas, se calcularon con correlaciones los caudales mensuales para la serie histórica 1973-1985.

Los valores de los caudales típicos de estos sitios para el período histórico mencionado se resumen en el Cuadro 3/3.



Cuadro 3/3

SITIOS DE PRESA DEL RIO QUIJOS  
CAUDALES TÍPICOS DE LA SERIE HISTÓRICA 1973-1985

Caudales típicos (m <sup>3</sup> /s)	Sitios de Presa		
	Borja (1.377 km <sup>2</sup> )	El Chaco (1.664 km <sup>2</sup> )	Balsas (2.515 km <sup>2</sup> )
<u>Caudales anuales</u>			
medio	96,0	116,0	187,0
máximo	121,0	147,0	228,0
mínimo	75,0	90,0	151,0
<u>Caudales mensuales</u>			
máximo	232,0	280,0	433,0
mínimo	21,0	25,0	44,0

### 3.4 Estudio de crecidas

El estudio efectuado ha tenido como finalidad la de estimar los valores del caudal máximo y los hidrogramas de crecida para distintos períodos de retorno en los sitios de presa del río Coca. La estación Coca AJ Malo se ha tomado como representativa de los tres sitios de presa M1, M2 y Salado. El análisis de los caudales máximos se ha realizado en base a los datos de la estación Coca en San Rafael, en cambio el análisis de los hidrogramas de crecidas se ha efectuado básicamente sobre los registros limnigráficos de la estación Coca AJ Malo.

3.4.1 Metodología adoptada Para el estudio de crecidas asociadas a diferentes períodos de retorno se han aplicado tres métodos: uno probabilístico y dos probabilísticos-determinísticos.

El método probabilístico consiste en la aplicación de la función de Gumbel a los 14 valores máximos anuales de los caudales promedios diarios de la estación Coca en San Rafael y multiplicando los valores así obtenidos por un coeficiente de pico igual a 1,9 deducido con los hidrogramas disponibles, sobre todo de la estación Coca AJ Malo.

Los resultados así obtenidos para la estación Coca AJ Malo, se han asumido válidos también para las obras de los sitios de presa Malo M1, Malo M2 y Salado, en consideración de su inmediata proximidad.

El primer método probabilístico-determinístico de tipo cinemático se basa en la subdivisión de la cuenca en 57 áreas parciales definidas, isocronas, que tienen diferentes tiempos de viaje de



sus aportaciones hídricas hasta la sección del río de referencia. La parte probabilística del procedimiento se ha referido a la estadística de intensidades máximas de precipitación en las seis zonas homogéneas en las cuales se ha dividido la cuenca (ver Plano 0209-A-1505).

Para la calibración del modelo de isocronas se ha escogido una tormenta generalizada sobre toda la cuenca que presenta un hidrograma de crecidas de forma típica. Entre todas las crecidas la seleccionada ha sido aquella de los días 2 y 3 de mayo 1983 a consecuencia de una tormenta de 3 días.

El segundo método probabilístico-determinístico se basa en el empleo del hidrograma unitario del "Soil Conservation Service" de los Estados Unidos. Para las precipitaciones extremas se usó la distribución horaria correspondiente al intervalo de lluvia escogido, unos días de tormenta, única para toda la cuenca. También en este caso la calibración del modelo se basó sobre la tormenta ocurrida entre el 29 de abril y el 2 de mayo de 1982, que produjo la crecida del 2 y 3 de mayo.

3.4.2 Crecidas adoptadas Los valores de los caudales de pico obtenidos con los métodos adoptados están bastante concordantes entre sí, como se puede ver a continuación y en el Plano 0209-A-1507.

Período de retorno TR (años)	10	100	1.000	10.000
<u>Métodos</u>	<u>Caudales (m<sup>3</sup>/s)</u>			
Método probabilístico	3.100	4.200	5.300	6.400
Método de las isocronas	2.810	4.070	5.450	6.960
Método del SCS	2.860	4.390	5.880	7.370

Debido al hecho de que el hidrograma generado por el método de las isocronas, en comparación con aquel determinado por el método del SCS, se aproxima mejor a lo observado y que el análisis probabilístico parece más prudente en la estimación de los valores máximos con períodos de retorno menores de 50-100 años, se decidió adoptar para el diseño las crecidas siguientes:

Período de retorno TR (años)	10	100	1.000	10.000
Caudal máximo (m <sup>3</sup> /s)	3.100	4.200	5.500	7.000
Volumen de crecida (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	220	330	430	545



### 3.5 Estimación del transporte sólido

A continuación se hace una descripción separada de la estimación del transporte en suspensión medido y no medido con su balance total, del transporte de fondo y del transporte sólido total.

Cabe anotar que todo el estudio de sedimentología fue hecho antes del evento sísmico del 5 de marzo de 1987 que afectó notablemente la hidromorfología del área en estudio, provocando enormes deslaves de los taludes y consecuentemente transporte de impresionantes cantidades de material.

3.5.1 Transporte sólido en suspensión A pesar de que se dispone de una información básica escasa, se ha podido determinar para cada una de las estaciones principales una correlación entre caudales líquidos y concentraciones medias como las indicadas en el Plano 0209-A-1507. En base a esta correlación se definió una nueva correlación entre caudales líquidos y caudales sólidos, que, asociada a la curva de duración de los caudales líquidos diarios, permitió, para las diferentes estaciones, la estimación del transporte sólido en suspensión. Añadiendo a este valor, el valor del transporte en suspensión no medido, estimado según la profundidad del agua variable de un 3% a un 25% del transporte total en suspensión, se llegó a la tabla de valores ilustrada en el Cuadro 3/4.

Para verificar la validez de los resultados así obtenidos, se ha realizado, para algunas de las estaciones de interés, un balance del transporte de sólidos que en general resultó bastante satisfactorio.

De los valores del Cuadro 3/4 se nota una apreciable variación de la aportación unitaria pasando de una estación a la otra.

Cuadro 3/4

#### ESTACIONES HIDROMETRICAS DE LA CUENCA DEL RIO COCA ESTIMACION DEL TRANSPORTE TOTAL EN SUSPENSION

Estación	Area Cuenca (km <sup>2</sup> )	Transporte Suspensión (T/año)	Suspensión No-medido (T/año)	Suspensión Total (T/año)
Coca en San Rafael	3.790	8'352.000	241.000	8'603.000
Coca AJ Malo	3.628	7'221.000	186.000	7'407.000
Quijos AJ Bombón	2.448	3'638.000	163.000	3'801.000
Quijos AJ Borja	1.398	1'778.000	142.000	1'920.000
Quijos en Baeza	853	1'148.000	182.000	1'330.000
Malo AJ Coca	81	129.000*	38.000*	167.000*
Salado AJ Coca	771	2'432.000	78.000	2'510.000
Oyacachi AJ Quijos	692	1'139.000	120.000	1'259.000
Cosanga AJ Quijos	483	451.000	71.000	522.000

\*: valores muy aproximados por la escasa información disponible.



3.5.2 Transporte sólido de fondo El transporte sólido de fondo, a falta de muestreos directos, se ha obtenido utilizando la fórmula de Meyer-Peter y Müller, en base a análisis granulométricos de materiales del lecho del río y de la topografía de las secciones, como también de la pendiente de la superficie del agua.

De los valores de transporte de fondo definidos por tal fórmula en toneladas por día, ha sido posible por integración, la determinación de valores anuales, utilizando las curvas de duración y las curvas de descarga.

Los resultados de estos cálculos para las principales estaciones hidrométricas de la cuenca se indican en la columna correspondiente del Cuadro 3/5.

3.5.3 Transporte sólido total Sumando los valores del transporte total en suspensión con los valores del transporte de fondo, se han obtenido, para las estaciones examinadas, los valores de transporte sólido total indicados en el Cuadro 3/5.

Generalmente aumenta el índice de erosión al aumentar las precipitaciones y las pendientes de las laderas, pasando del valor de erosión de unas 1.600 toneladas por año y por kilómetro cuadrado en las cuencas de Quijos en Borja y en la cuenca del Cosanga, caracterizadas por moderada precipitación (la primera) y por suavidad topográfica de las laderas (la segunda), al valor de unas 4.070 toneladas en las cuencas del Salado y del Malo caracterizadas por altas lluvias y laderas muy empinadas.

Cuadro 3/5

-----  
ESTACIONES HIDROMETRICAS DE LA CUENCA DEL RIO COCA  
ESTIMACION DEL TRANSPORTE SOLIDO TOTAL  
-----

Estación	Suspensión Total T/año	De Fondo T/año	Transporte Total T/año	Indice de Erosión T/año km <sup>2</sup>
Coca en San Rafael	8'603.000	2'135.000	10'738.000	2.833
Coca AJ Malo	7'407.000	516.000	7'923.000	2.184
Quijos AJ Bombón	3'801.000	971.000	4'772.000	1.949
Quijos AJ Borja	1'920.000	315.000	2'235.000	1.599
Quijos en Baeza	1'330.000	318.000	1'648.000	1.932
Malo AJ Coca	167.000	162.000	329.000	4.062
Salado AJ Coca	2'510.000	628.000	3'138.000	4.070
Oyacachi AJ Quijos	1'259.000	411.000	1'670.000	2.413
Cosanga AJ Quijos	522.000	280.000	802.000	1.660

-----

### 3.6 Operaciones de embalses

En este párrafo se resumen someramente los resultados de las operaciones de embalses ejecutadas durante el estudio de alternati-



vas cuando todavía se analizaba la posibilidad de presas de acumulación a lo largo del tramo del río Coca objeto del presente estudio.

3.6.1 Evolución de la capacidad de los embalses Para los tres sitios de presa identificados al comienzo a lo largo del río Coca, es decir: Salado, Malo M1 y Malo M2, se han estimado las cantidades de transporte sólido que se sedimentan en embalses de diferentes capacidades.

Aplicando las curvas de retención de un embalse de Gunnar Brune y la fórmula de Lane-Koelzer (Véase Anexo C) para la evolución del peso específico de los sedimentos, se evaluó la pérdida de capacidad de los embalses en 50 años, que varía de un 50 hasta un 20 por ciento de la capacidad total, aumentando esta última de unos 450 hasta unos 1.100 millones de metros cúbicos.

3.6.2 Operaciones de los embalses del río Coca Al comienzo del estudio se hicieron, para los sitios de presa del río Coca, diferentes operaciones de embalses, sea de tipo hidroeléctrico (demanda de potencia o energía) como de tipo de riego (demanda de caudal regulado).

Con facilidad se demostró que en el desarrollo final de cada esquema con embalse de acumulación, la función de este último es la de aumentar el caudal regulado a ser aprovechado en la caída mayor, es decir la caída hacia el Codo Sinclair; por lo tanto no se justifica una operación de tipo hidroeléctrico, con maximización de producción de energía para un eventual embalse Salado en su central a pie de presa, asociado a una presa a filo de agua en los sitios Malo.

Con los datos finales de los estudios hidrológico y sedimentológico, se han repetido para diferentes alturas de presa en los sitios Salado y Malo M1, operaciones de embalse tipo riego, sea con valores de aportes mensuales como diarios.

Los resultados de estas operaciones se indican en el Cuadro 3/6.

3.6.3 Operaciones de los embalses del río Quijos Según lo especificado en el contrato, se hicieron también operaciones de los posibles embalses propuestos en el Estudio de Prefactibilidad anterior y ubicados en el tramo medio inferior del río Quijos. Estos embalses son desde aguas arriba: Borja, El Chaco y Balsas; mientras que la secuencia constructiva prevista era la siguiente: El Chaco, Balsas y Borja.



Cuadro 3/6

EMBALSES SALADO Y MALO M1  
OPERACIONES DE EMBALSES TIPO RIEGO

Items		Embalse Salado		Embalse Malo M1	
Cota máxima normal	(msnm)	1.375	1.345	1.315	1.295
Volumen muerto	(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	291,5	250,1	267,1	215,5
Volumen útil	(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	579,6	219,3	321,1	113,1
Q medio afluente	(m <sup>3</sup> /s)	290,7	290,7	294,2	294,2
Q regulado al 90%*	(m <sup>3</sup> /s)	235,9	204,5	216,7	196,8
Grado de regulac.*	(%)	81,2	70,4	73,7	66,8
Q regulado al 90%**	(m <sup>3</sup> /s)	233,0	193,8	212,2	184,2
Grado de regulac.**	(%)	80,2	66,7	72,1	62,6

\*: Con aportes mensuales.

\*\*: Con aportes diarios.

En la operación combinada de estos embalses se han utilizado los mismos niveles máximos y mínimos (es decir los mismos volúmenes útiles) del estudio de prefactibilidad anterior.

Los resultados de estas operaciones en el sitio Salado (incluyendo la operación de su embalse con cota máxima normal de 1.360 m), son ilustrados en el Cuadro 3/7.

Cuadro 3/7

EMBALSES RIO QUIJOS  
OPERACIONES DE EMBALSES

Sitio	Q medio afluente (m <sup>3</sup> /s)	Q regulado (90% mensual) (m <sup>3</sup> /s)			
		S	2+S	2+3+S	1+2+3+S
1 Borja	96,0				89,2
2 El Chaco	158,1		144,1	144,1	149,9
3 Balsas	187,0			163,4	169,8
S Salado*	290,5	222,7 (76,6)	250,0 (86,0)	252,1 (86,8)	256,2 (88,2)

\*: Los valores entre paréntesis indican el porcentaje de regulación.

En el caso de una derivación a filo de agua en el sitio Salado (con caudal diario derivable al 90% de 128,5 m<sup>3</sup>/s), la presencia de todos los tres embalses de aguas arriba permitiría en este sitio derivar 205,3 m<sup>3</sup>/s.



## 4. GEOLOGIA

En este capítulo se presenta una breve descripción de la geología regional, de las investigaciones geológicas ejecutadas y de la geología local de las diferentes obras del Proyecto. Para mayores detalles a este respecto se hace referencia al Anexo D, Geología.

### 4.1 Geología regional

4.1.1 Estratigrafía y litología El área del Proyecto está caracterizada por una serie volcánica antigua y por una sucesión de formaciones sedimentarias mesozoicas que forman el basamento, siendo el conjunto recubierto por materiales sueltos de diferente origen. La columna estratigráfica es la siguiente:

- Cuaternario y Actual. Materiales sueltos de diferente origen.
- Cuaternario. Lahares y derrames andesíticos.
- Cretácico superior. Formación Tena.
- Cretácico medio-superior. Formación Napo.
- Cretácico. Formación Hollín.
- Jurásico-Cretácico. Formación Misahuallí.
- Las rocas intrusivas interesan todas las formaciones hasta la Tena.

La formación Misahuallí comprende una gran variedad de rocas volcánicas: dacitas, riolitas, andesitas, traquitas, basaltos y de rocas volcano-sedimentarias: tobas, wackes, areniscas volcánicas y brechas. La formación Hollín está compuesta por capas de arenisca sacaroide cuarzosa, alternadas con capas y láminas de lutitas, a menudo impregnadas de asfalto. La formación Napo está constituida por capas de lutitas, areniscas, calizas y margas. La formación Tena comprende capas de lutita, arenisca y arcilla.

Los materiales volcánicos del Cuaternario se relacionan con la actividad del volcanismo reciente. Entre ellos se identifican especialmente lahares y lavas, productos de avalanchas de escombros, piroclastos y coladas recientes de las diferentes fases evolutivas del complejo edificio volcánico de El Reventador.

Al Cuaternario y al Actual pertenecen los coluviones, los conos de deyección y los depósitos del acarreo. Otros materiales contemporáneos son los depósitos fluvio-lacustres.

Las rocas intrusivas afloran en dos sitios alejados uno de otro: en el sitio Salado y en el sitio Mirador, al N del tramo final del túnel de aducción, en proximidad del Codo Sinclair. Se trata de granodioritas de diferentes facies litológicas.



4.1.2 Estructura y tectónica El esquema estructural del área del Proyecto está conformado por la relación entre el basamento sedimentario mesozoico y el complejo edificio volcánico de El Reventador. Otra relación secundaria se identifica con las intrusiones de los cuerpos de rocas granodioríticas.

La región enmarcada dentro de los sistemas tectónicos de la Cordillera Real y de la zona subandina, ha sido subdividida, en las siguientes zonas estructurales:

- Zona de los cabalgamientos, paralela a la Cordillera.
- Zona de escamas, con la misma orientación.
- Zona de deformaciones frágiles, que comprende:
  - . Subzona de El Reventador
  - . Subzona del río Coca
  - . Subzonas del Codo Sinclair SE y NE
- Zona de pliegues.

Dentro de la zona de escamas se encuentra el macizo sedimentario mesozoico que representa prácticamente la propia área del Proyecto. En el área están presentes tres familias principales de fallas: NNE-SSW, NNW-SSE, WSW-ENE. Las fallas de la primera familia son del tipo distensivo y en la zona del Volcán El Reventador son las que han favorecido las grandes avalanchas que han afectado dicho volcán (Plano 0209-A-1508).

4.1.3 Hidrogeología Resulta imposible trazar un cuadro hidrogeológico uniforme para toda el área estudiada, puesto que cada sector tiene sus propias características hidrogeológicas. Los sectores identificados que presentan un comportamiento independiente de las aguas subterráneas son las siguientes:

- Valle de los ríos Quijos-Coca
- Volcán El Reventador
- Macizo mesozoico de la margen derecha
- Codo Sinclair

cada uno de estos sectores tiene sus propias características hidrogeológicas pero en ninguno de ellos existen aspectos capaces de introducir anomalías en el comportamiento de las aguas subterráneas.

Los aspectos hidrogeológicos relacionados al macizo rocoso mesozoico, que constituye la margen derecha del río Coca, resultan particularmente importantes para el túnel de aducción y serán presentados más adelante.



## 4.2 Investigaciones ejecutadas

En el área del Proyecto fueron realizadas investigaciones profundas en tres períodos diferentes.

Primer período: (1976-1978). En el curso de los estudios de Prefactibilidad y Factibilidad del Aprovechamiento Salado

Segundo período: (1979-1981). En el curso de los estudios de Complementación de Factibilidad del Aprovechamiento Salado

Tercer período: (1986-1988). En el Curso de la Fase A de los Estudios de Factibilidad del Proyecto Hidroeléctrico Coca-Codo Sinclair.

En estos períodos se realizaron los estudios e investigaciones siguientes:

- Mapeo y fotogeología.
- Perforaciones rotativas y tricónicas con recuperación de testigos, pruebas de permeabilidad y ensayos de penetración (SPT).
- Excavaciones a cielo abierto: pozos y trincheras.
- Prospecciones sísmicas de refracción y sondeos eléctricos verticales (SEV)
- Ensayos y análisis de laboratorio
- Análisis de aguas y gases

Las perforaciones resultan así repartidas por cada sitio de obras:

### Sitio Salado

	Tipo	Cantidad	Longitud total (m)
Primer período	rotativo	21	2.294
Segundo período	rotativo	7	438
	tricónico	<u>8</u>	<u>1.146</u>
	Total parcial	36	3.878

### Sitio Malo M1

Tercer período	rotativo	4	351
----------------	----------	---	-----



	Tipo	Cantidad	Longitud total (m)
<u>Sitio Malo M2</u>			
Tercer período	rotativo	3	160
<u>Túnel de aducción</u>			
Tercer período	rotativo	4	1.010
<u>Embalse compensador</u>			
Tercer período	rotativo	4	318
<u>Casa de máquinas</u>			
Tercer período		<u>1</u>	<u>200</u>
	Total parcial	16	2.039
Total general de las perforaciones en los tres períodos		52	5.917

En todas las perforaciones se llevaron a cabo pruebas de agua tipo Lefranc o Lugeon y se recuperaron testigos de roca.

Todos los testigos obtenidos de las perforaciones en los sitios Malo y parte de los testigos obtenidos de las perforaciones en el sector del túnel de aducción se perdieron a consecuencia de los sismos de marzo de 1987.

La ubicación de las perforaciones ejecutadas se indican en el Plano 0209-A-1567.

Las investigaciones geofísicas fueron así repartidas por cada sitio de obra:

#### Sísmica de refracción

	Perfiles (Cantidad)	Longitud total (m)
A. Sitios Salado y Malo Primer período		24.600
B. Sitio Salado Segundo período		<u>6.820</u>
Total parcial		31.420
C. Sitio Salado Tercer período	7	1.240



	Perfiles (Cantidad)	Longitud total (m)
D. Sitios Malo M0, Malo M1, Malo M2 Tercer período	17	14.970
E. Sector Codo Sinclair Tercer período	<u>12</u>	<u>4.290</u>
Total parcial	36	20.500

Sondeos eléctricos

	SEV (Cantidad)	
A. Sitios Salado y Malo Primer período	42	
B. Sitio Salado Segundo período	<u>12</u>	
Total parcial	54	
C. Sitio Salado Tercer período	7	
D. Sitios Malo M0, Malo M1, Malo M2 Tercer período	59	
E. Sector Codo Sinclair Tercer período	<u>11</u>	
Total parcial	77	
Total general de las inves- tigaciones geofísicas en los tres períodos	167	51.920

Varios ensayos de mecánica de suelos y mecánica de rocas y análisis petrográficos de laboratorio se llevaron a cabo en los tres períodos de estudio.

Análisis de aguas fueron realizados sobre las muestras tomadas en el anfiteatro del Volcán El Reventador y en el sector del túnel de aducción. También fueron analizadas muestras de gas de las fumarolas del cráter del volcán.



### 4.3 Las obras del Proyecto

#### 4.3.1 Obras de captación

##### a. Sitio Salado

El sitio Salado se encuentra a 750 m aguas abajo de la confluencia de los ríos Coca y Salado. Presenta una morfología caracterizada por la existencia de un morro aislado, sobre el lado derecho de la sección y del paleocauce del río Coca relleno de materiales aluviales, sobre el lado izquierdo. Entre el morro y la margen derecha del valle escurre actualmente el río Coca en una angosta garganta (Planos 0209-A-1509 Y 0209-A-1510).

El sitio ha sido investigado con perforaciones rotativas y tricónicas, prospecciones geofísicas y pruebas de permeabilidad por bombeo.

Las rocas aflorantes pertenecen a dos formaciones distintas: a la formación Misahuallí, con una facies preponderante de lavas andesíticas, y los cuerpos intruidos granodioríticos que forman el morro y el flanco derecho del valle.

Desde el punto de vista de las cimentaciones, la característica principal del sitio, es el relleno del paleocauce a la izquierda del morro, donde se ha producido una acumulación de materiales aluviales y fluvio-lacustres de hasta 250 m de, aproximadamente. Esta potente capa de aluvión está relacionada con la acumulación de material de acarreo, durante los episodios de represamiento del río Coca, consecuentes a los fenómenos de avalanchas de escombros originados por colapso de los antiguos edificios volcánicos.

En la garganta en la cual fluye actualmente el río Coca, el espesor de la capa aluvial ha sido, tentativamente, evaluado en 50 m, en base a datos geofísicos inferidos. La roca intrusiva de los flancos presenta un intenso diaclasamiento superficial pero no se han evidenciado grandes trastornos tectónicos. La posible existencia de una falla longitudinal que habría controlado el curso del río en este tramo, no ha sido comprobada en el terreno.

La permeabilidad del colchón que rellena el paleocauce es, en general, bastante alta, hasta muy alta en los estratos de granulometría gruesa. Dentro de esta masa aluvial fueron medidos tres niveles freáticos y cierto grado de presión artesiana.

Desde el punto de vista de la construcción de la presa derivadora se presentan dos problemas básicos:

- Las características mecánicas de los materiales aluviales en el cauce actual del río Coca en función de los cimientos de la obra misma.
- La permeabilidad y el espesor de dichos materiales aluviales.



Para una presa derivadora a filo de agua, cuya altura es de los 15 m, el primer problema, no será de difícil solución, puesto que el diseño de la obra deberá adaptarse a las características de los materiales. La solución del problema de la permeabilidad y del espesor de estos depósitos, al estado actual de la información geológica, podría ser tanto la excavación total o parcial del material aluvial, como la construcción de una pantalla rígida, por debajo de los cimientos de profundidad adecuada en base al estudio del retículo hidráulico de filtración.

Por otro lado, el embalse formado por una obra derivadora a filo de agua en el sitio Salado, no presentará problemas de estanqueidad y de estabilidad de las laderas rocosas.

#### b. Sitio Malo

Se han estudiado tres ejes alternativos: Malo M0, Malo M1 y Malo M2, entre los cuales ha sido seleccionado el llamado Malo M1, por hallarse aguas arriba de la confluencia de los ríos Malo y Coca, por la configuración morfológica de la zona de cierre y por razones ingenieriles. (Planos 0209-A-1511 y 0209-A-1512).

El sitio ha sido investigado con perforaciones rotativas, perfiles sísmicos de refracción y sondeos eléctricos verticales.

El valle amplio y abierto del río Coca está relleno por materiales aluviales y fluvio-lacustres por un espesor que sobrepasa los 200 m. El sitio Malo M1 escogido tiene la capa superior de unos 20 m de espesor, constituida por materiales granulares de composición variable, presenta los mayores problemas desde el punto de vista constructivo por la posibilidad de licuación y por su permeabilidad. Por debajo de esta capa se encuentra un estrato de limo fluvio-lacustre de unos 60 m de espesor medianamente compresible y sucesivamente una potente masa de materiales granulares caóticos de la avalancha de escombros del Volcán Paleoreventador.

Las rocas en las cuales el río Coca ha labrado su cauce son las rocas volcánicas de la formación Misahuallí recubiertas por depósitos coluviales y detritos varios. El estribo derecho de la presa derivadora a filo de agua, prevista para esta alternativa de cierre, apoyará sobre la roca muy fracturada de esta formación que se encuentra a pocos metros de profundidad. El estribo izquierdo estará asentado sobre una masa laharítica consolidada que constituye un enchapado sobre las rocas volcánicas yacentes.

El embalse formado por las obras derivadoras a filo de agua estudiadas en Malo M1 y no presenta problemas en cuanto a estanqueidad y estabilidad de laderas rocosas.

**4.3.2 Túnel de aducción** El túnel de aducción lleva las aguas desde las obras de captación hasta el embalse compensador en el sector Codo Sinclair, y representa la obra de mayor envergadura del Proyecto.



Fueron estudiadas dos alternativas en función de la ubicación de las obras de captación (Planos 0209-A-1513 y 0209-A-1514):

- Alternativa Salado-Compensador, de 24.900 m de longitud
- Alternativa Malo-Compensador, de 18.900 m de longitud

Estas longitudes se refieren a soluciones asociadas al embalse compensador, con incrementos de aproximadamente 1 km para soluciones con chimenea de equilibrio.

Se ha previsto una ventana de acceso intermedia, de 2.050 m de longitud común a ambas alternativas. El diámetro del túnel se estima será del orden de los 5,5 m.

#### a. Investigaciones

El trazado del túnel ha sido investigado mediante cuatro sondeos rotativos verticales con recuperación de testigos:

ST1	profundidad	217 m	
ST2	profundidad	230 m	
ST3	profundidad	345 m	
ST4	profundidad	218 m	Total 1.010 m

Los testigos de los sondeos ST1 y ST2 y de los primeros 81 m del sondeo ST3 se han perdido a consecuencia de los sismos de marzo de 1987. Los niveles freáticos estabilizados medidos al finalizar la perforación son los siguientes:

ST1	cota	1.396
ST2	cota	1.401
ST3	cota	1.450
ST4	cota	1.405 (nivel superior)
	cota	1.290 (nivel inferior)

Las rocas encontradas en el último tramo de cada sondeo a nivel del túnel, presenta las siguientes características litológicas:

ST1	formación Misahuallí	Traquibasaltos y riolitas
ST2	formación Misahuallí	Dacitas y riodacitas
ST3	formación Misahuallí	Andesitas basálticas y dioritas
ST4	formación Misahuallí	Andesita brechosa

Para el estudio del aspecto hidrogeológico se planeó y ejecutó una campaña de muestreo de aguas superficiales a lo largo del trazado del túnel. Se tomaron y analizaron 23 muestras de agua. Además en el curso de las perforaciones se tomaron 14 muestras de aguas profundas para correlaciones.

#### b. Geología

El macizo que se extiende desde el Salado hasta el Codo Sinclair, morfológicamente es una meseta con suave pendiente (5°-8°),



hacia el NE, constituida por un paquete de formaciones sedimentarias cretácicas suprayacentes al basamento de rocas volcánicas antiguas de la formación Misahuallí, todas ellas intruidas, en el sector sur-occidental y norte-oriental, por plutones granodioríticos. La meseta está recubierta por materiales sueltos de diferente origen: avalanchas de escombros del complejo volcánico de El Reventador, depósitos terrazados, materiales coluviales y cenizas volcánicas.

El trazado del túnel en la alternativa Salado-Compensador, atravesará la siguiente secuencia de materiales:

Progresiva de	0 a 0+500	Rocas intrusivas granodioríticas.
Progresiva de	0+500 a 21+900	Formación Misahuallí: rocas volcánicas y volcano-sedimentarias, sanas, duras, variablemente fracturadas.
Progresiva de	21+900 a 24+900	Formación Hollín: areniscas y lutitas en estratos subhorizontales.

En cuanto a los aspectos tectónicos se puede decir que el macizo rocoso, afectado por el túnel de aducción no presenta mayores trastornos estructurales. Las capas sedimentarias cretácicas, suprayacente a las masas de rocas volcánicas de la formación Misahuallí, son generalmente horizontales o subhorizontales y los cambios de buzamiento tienen un carácter local, habiéndose reconocido los rasgos estructurales típicos de la zona estructural con deformaciones en bloques.

En la zona se evidencia una gran dispersión de datos estructurales. En el sector del altiplano se han registrado tres principales familias de discontinuidades, cuyos datos promedios son:

Rumbo N50°W y buzamiento desde 80°NE hasta 70° SW  
 Rumbo N75°W y buzamiento desde 80°NNE hasta 75°SSW  
 Rumbo N80°E y buzamiento desde 75°S hasta 80°N

Las principales fallas que afectan la franja en coincidencia del trazado del túnel son:

- Una falla, relacionada con las estructuras de cabalgamiento, en la margen derecha del río Coca entre los sitios Salado y Malo, con rumbo NE-SW y buzamiento 75°W.
- Una falla a lo largo del lecho del río Isango con rumbo NE-SW. Se desconoce su buzamiento; parece tratarse de una falla inversa. Su desplazamiento sería de una centena de metros.
- Una serie de fallas de menos importancia de rumbo NW-SE, coincidiendo con la dirección de los ríos Magdalena y Marlene.



- Una serie de fallas con rumbo N-S entre los ríos Negro e Isango y cerca de la intrusión diorítica del Mirador.

#### c. Hidrogeología

El sector entre el sitio Salado y el Codo Sinclair, como toda la región, se caracteriza por un régimen climático cálido-húmedo y cobertura vegetal exuberante, con lluvias que van de 3.500 a 6.000 mm/año. La evaporación es de 1.000 mm/año.

Los cálculos relativos al balance hídrico indican un escurrimiento superficial del 70% de la precipitación; una evapotranspiración del 18,5% y pérdidas por infiltración del 11,5%.

En cuanto a permeabilidad primaria, las rocas del macizo son todas poco permeables o impermeables, pero la permeabilidad secundaria, por fracturación, es siempre alta.

Para obtener un cuadro hidrogeológico del macizo se ha realizado un inventario de los puntos de agua en la faja interesada por el túnel, recolectando 23 muestras de agua, de las cuales 22 corresponden a aguas superficiales y una pertenece a una vertiente. Estas muestras, junto a otras 14 muestras de agua profundas tomadas en las perforaciones, fueron analizadas obteniéndose que el 70% corresponde a aguas bicarbonatadas cálcicas y el 30% son bicarbonatadas sódicas o cálcico-magnésicas.

Se han reconocido en el macizo dos acuíferos: en las calizas de la formación Napo y en las areniscas de la formación Hollín, el cual abarca también la parte superior de la formación Misahuallí. Sin embargo, los análisis hidrogeoquímicos no confirmarían estas evidencias. Las zonas de alimentación de dichos acuíferos corresponden a extensos afloramientos de las capas permeables, que se observan en el área. En profundidad, dentro de las rocas de la formación Misahuallí, parece no haber ningún acuífero continuo.

El nivel piezométrico en el macizo, correspondiente al acuífero más profundo, se mantiene varias decenas de metros más alto que la cota del túnel.

#### d. Agua de infiltración

Durante la excavación del túnel de conducción, se prevé la ocurrencia de grandes filtraciones de agua en base a las siguientes observaciones de carácter empírico cualitativo:

- Elevadas precipitaciones meteóricas
- Recubrimiento continuo de selva y suelos con gran poder de almacenamiento
- Fracturamiento generalizado de las rocas
- Existencia de fallas



- Nivel freático siempre superior a la cota del túnel

Las avenidas de agua serán concentradas en tramos donde las discontinuidades de la roca son frecuentes con brotes repentinos y caudalosos después de tramos prácticamente secos.

En forma preliminar y tentativa se pueden prever las siguientes cantidades de agua de infiltración, a lo largo de la alternativa de trazado Salado-Compensador, suponiendo una excavación teórica, sin considerar la capacidad de drenaje:

Tramo (m)	Progresiva de (m)	a (m)	Longitud (m)	Cantidad de agua (l/s)	Total (l/s)
A	0	3+250	3.250	80	80
B	3+250	13+625	10.375	440	520
C	13+625	17+000	3.375	80	600
D	17+000	19+500	2.500	60	660
E	19+500	21+500	2.000	10	670
F	21+500	24+900	3.400	80	750

La posibilidad de hallar gases ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ) no debe ser descartada, sobre todo en el tramo hacia el compensador donde el túnel atraviesa la formación Hollín.

#### e. Ventana de acceso intermedio

Los primeros 1.000 m de esta galería atravesarán los materiales sueltos y caóticos de la avalancha de escombros del Volcán Paleoreventador. La segunda parte de la excavación, también de unos 1.000 m de largo, afectará las rocas de la formación Misahuallí.

#### f. Características constructivas

Salvo los últimos 3 km, aproximadamente, las rocas que serán interesadas por el túnel, pertenecen a la formación Misahuallí, o a cuerpos intrusivos. Se trata de rocas duras compactas, con características mecánicas generalmente buenas. Los tres kilómetros finales, atravesarán las rocas de la formación Hollín, de características mecánicas decididamente inferiores por la presencia de estratos de lutitas y niveles asfálticos.

A continuación se indica una evaluación preliminar y tentativa de la roca del túnel para fines de excavación:

- Roca tipo A; de buena calidad; no necesita soportes. Se encuentra en un 70%.
- Roca tipo B; de mediana calidad; necesita soportes livianos. Se encuentra en un 20% de la longitud del túnel.



- Roca tipo C; de mala calidad; necesita soportes pesados y continuos. Se encuentra en un 10% de la longitud del túnel.

Desde el punto de vista geológico el revestimiento final del túnel es un aspecto constructivo que depende principalmente, de dos factores: mecánico y químico-mineralógico. Desde el punto de vista mecánico las condiciones de las rocas, en general, son buenas y el revestimiento podría ser aplicado en espesores mínimos.

El aspecto químico-mineralógico se refiere a la inestabilidad de ciertos minerales que componen las rocas volcánicas, especialmente básicas y tobáceas, por lo cual dichas rocas con el tiempo y con la presencia de aguas ácidas, se alteran y se disgregan. Considerando estos aspectos, se puede presentar el siguiente cuadro tentativo de las necesidades de revestimiento del túnel:

- Revestimiento con una capa delgada de hormigón lanzado de 5 cm de espesor: aproximadamente 30% de la longitud del túnel.
- Revestimiento con una capa de hormigón lanzado, de hasta 10 cm de espesor: aproximadamente 35% de la longitud del túnel.
- Revestimiento con hormigón convencional de 30-40 cm de espesor: aproximadamente 35% de la longitud del túnel.

Para drenar las aguas de infiltración se considera necesario excavar una canaleta suficientemente ancha en el piso del túnel. De todos modos el desagüe de la excavación estará supeditado también a la tecnología de excavación que será adoptada, la cual, considerados todos los aspectos de esta obra, presupone el empleo de excavadoras rotativas (topos).

4.3.3 Embalse compensador El sitio escogido para esta obra se halla en la quebrada Granadillas, una incisión bien definida, afluente de la margen derecha del río Coca en el sector Codo Sinclair (Planos 0209-A-1515 y 0209-A-1516).

En este sitio se perforaron cuatro sondeos rotativos verticales:

SC2	profundidad	60 m	
SC4	profundidad	80 m	
SC6	profundidad	60 m	
SC8	profundidad	115 m	Total 315 m

Además se efectuaron investigaciones geofísicas (1.980 m de perfiles sísmicos y ocho sondeos eléctricos verticales) y se excavaron seis trincheras en los estribos de la zona de cierre.

Las laderas de la quebrada Granadillas son empinadas y abruptas en las partes baja y media, volviéndose suaves en la parte más alta. Las partes baja y media corresponden a rocas de la formación Hollín, areniscas y lutitas con presencia de impregnaciones y niveles asfálticos. La parte alta corresponde a rocas de la formación



Napo, lutitas, areniscas, margas y calizas, muy alteradas y hasta arcillificadas. El recubrimiento de materiales sueltos recientes es también importante. Las rocas de la formación Misahuallí yacen por debajo de la formación Hollín, y han sido encontradas por el sondeo SC2 a 25 m por debajo del fondo de la quebrada.

La estructura local es muy sencilla y aparentemente libre de anomalías y tectonismo importante. La estratificación de todas las unidades es subhorizontal, con ángulos de buzamiento mínimos, entre 5° y 8°, orientadas principalmente al NE y SE. Las fallas observadas en el sitio son todas periféricas al bloque sedimentario dentro del cual la quebrada ha labrado su cauce.

Se han observado y parcialmente estudiado dos ejes alternativos: uno aguas abajo, después de la desembocadura en la Granadillas de un afluente de su margen izquierda, la quebrada Los Loros; otro aguas arriba de dicha desembocadura para el cual entonces se requieren dos obras de cierre, una por cada quebrada.

Las malas condiciones de conservación de la roca Napo en la parte superior de la sección y, además, la abundancia de niveles lutíticos, incluyendo hidrocarburos, no sugieren la construcción de una obra de cierre en hormigón convencional. El tipo de obra que, desde un punto de vista geológico, parece adaptarse mejor al sitio, es un tipo convencional de enrocado con núcleo compactado de arcilla, aún si se considera factible también una presa en hormigón compactado. La roca y los agregados para el hormigón se pueden obtener del plutón intrusivo que aflora a unos 4,0 km al NW del sitio. El material para núcleo se podrá obtener de los limos arcillosos de la formación Tena aflorantes a unos 3,5 km al NW del eje de cierre.

La alta permeabilidad local en las areniscas de la formación Hollín, y en el contacto entre las formaciones Hollín y Napo, se podrá controlar por medio de una extensa cortina de inyecciones.

Para controlar las condiciones de inestabilidad en los niveles más altos del embalse, debido a la presencia de las lutitas de la formación Napo, se ha previsto una protección sistemática de las laderas, utilizando gaviones, apoyados sobre geomembranas y otros materiales drenantes.

4.3.4 Obras de generación En el sector Codo Sinclair, donde se ubican la chimenea de equilibrio (en alternativa al embalse compensador), las tuberías de presión y la casa de máquinas con sus obras anexas, se perforó un sondeo rotativo (SCM2), vertical, de 200 m de profundidad, que alcanzó la cota de la casa de máquinas atravesando solamente rocas volcano-sedimentarias de la formación Misahuallí. También se llevaron a cabo investigaciones geofísicas (3.410 m de perfiles sísmicos y tres sondeos eléctricos verticales) en los sitios alternativos de la casa de máquinas.



#### a. Geología del sector

El área presenta una morfología peculiar, caracterizada por una semicircunferencia en correspondencia del cambio de dirección de casi 180° del curso del río Coca (Planos 0209-A-1517 y 0209-A-1518). Un rasgo característico de la morfología local está representado por las paredes verticales a subverticales, que presenta la formación Hollín en la parte alta del macizo. En la parte baja del macizo, cerca del río, las laderas se suavizan y están presentes grandes acumulaciones de materiales coluviales, producto de un continuo proceso de derrumbamiento del acantilado.

Las rocas aflorantes en el sector son las de la formación Misahuallí, sobre las cuales suprayace en discordancia angular la formación Hollín que infrayace en forma transicional a la formación Napo. En las cotas más altas del altiplano afloran las arcillas de la Formación Tena.

El edificio estructural local no se diferencia del edificio estructural general. El lineamiento tectónico es el que corresponde a la condición tectónica que controla el curso del río Coca por el NW y el río Machacuyacu, por el SE. Las diaclasas, de acuerdo a dicho alineamiento, tienen dirección variable entre N 50 E y N 60 E, con buzamiento cercano a la vertical.

#### b. Chimenea de equilibrio

Como alternativa al embalse compensador para algunos esquemas, se estudió la utilización de una chimenea de equilibrio ubicada en la margen derecha de la quebrada Granadillas próxima al borde del acantilado. Las rocas interesadas por esta obra son:

- |   |       |
|---|-------|
| - Materiales sueltos de recubrimiento   | 40 m  |
| - Formación Napo (lutitas, areniscas)   | 75 m  |
| - Formación Hollín (areniscas, lutitas) | fondo |

La excavación de esta obra presentará problemas de estabilidad en la parte alta, en los materiales sueltos y en las capas lutíticas Napo, probablemente arcillificadas.

#### c. Tuberías de presión

Estas obras, en el interior del macizo, tienen recubrimientos variables desde un mínimo de 100 m, en la parte superior, junto a la cámara de válvulas, hasta más de 250 m en la parte final.

En los primeros 50 m aproximadamente, el trazado de las tuberías atravesará la base de la formación Hollín, donde predominan las arenisca de grano grueso y seguidamente las rocas de la formación Misahuallí, que han sido observadas relativamente frescas, duras y compactas desde niveles muy cercanos a la superficie.

La estructura del macizo, especialmente en relación con el fallamiento, deberá ser investigada en profundidad. Existe la



posibilidad de una falla que podría definir dos bloques fracturados, que serán atravesados por las tuberías de presión.

d. Casa de máquinas

Se encuentra enteramente en el macizo de rocas volcánicas de la formación Misahuallí, 500 m cerro adentro en la margen derecha del sector Codo Sinclair.

El sondeo vertical SCM2, que ha llegado hasta el nivel de la caverna, ha indicado buenas condiciones litológicas, tanto desde el punto de vista de la uniformidad de la facies cuanto de sus características mecánicas. Se trata de una roca andesítica dura, no muy fracturada y de rasgos estructurales que muy bien se enmarcan dentro del cuadro estructural general del sector estudiado. Como se ha mencionado, las diaclasas tienen una orientación principal entre N 50 E y N 60 E. El buzamiento es de vertical a subvertical. La geometría de las cavernas a excavarse estará orientada tentativamente sobre estas características estructurales, las cuales, sin embargo, podrán cambiar en profundidad.

En base a los conocimientos actuales no se puede excluir la presencia de fallas importantes en el macizo, que podrían ocasionar dificultades en la excavación. Se piensa también que habrá presencia de cierta cantidad de agua de infiltración que puede llegar al sitio de la caverna, a través de fracturas y fallas, la cual se encuentra por debajo del nivel hidrostático local. Esta eventualidad añadirá dificultades a las operaciones de excavación.

Las reales condiciones litoestructurales, mecánicas e hidráulicas de esta obra solamente podrán conocerse después de completar las investigaciones previstas para la siguiente fase de Factibilidad, entre las cuales sobresale por importancia la prevista galería de exploración de unos 500 m de longitud.

Las galerías de descarga y el túnel de acceso atravesarán las mismas rocas de la formación Misahuallí, con un recubrimiento de 150 a 200 m. También las condiciones de excavación de estas galerías, que se prevén, en general, buenas, serán verificadas en detalle por la galería de exploración que está planeada casi en coincidencia con el mismo trazado de las obras.



## 5. VULCANOLOGIA Y SISMOLOGIA

### 5.1 Vulcanología

Los estudios e investigaciones realizados durante la Fase A han permitido obtener un notable progreso en el grado de conocimiento del Volcán El Reventador y elaborar un modelo geológico y petroológico confiable que constituye la base indispensable para evaluar su peligrosidad.

A continuación se resumen los principales resultados y las correspondientes conclusiones y recomendaciones.

5.1.1 El complejo volcánico El Reventador El complejo volcánico El Reventador está constituido por un estrato-cono activo que alcanza una elevación de 3.500 m, ubicado en el interior de un sistema de depresiones múltiples producidas por colapsos volcanotectónicos y deslizamientos en masa que afectaron a antiguos y más voluminosos aparatos. Los estudios geológicos han permitido distinguir tres grandes unidades:

- a. Complejo Volcánico Basal (CVB)
- b. Volcán Paleoreventador (VPR)
- c. Volcán El Reventador (cono actual), (VER)

El centro de emisión ha estado siempre ubicado muy próximo al conducto volcánico actual. Los productos del CVB están fuertemente erosionados y tectonizados. El VPR tiene una morfología muy asimétrica, elongada según las directrices tectónicas dominantes (N-S y NE-SW). El cono del VER se eleva dentro de un gran anfiteatro originado por un derrumbe que afectó los depósitos del VPR ocurrido hace alrededor de 19.000 años. La última erupción de El Reventador se presentó en 1976.

5.1.2 Tectónica La historia tectónica del área de El Reventador es muy compleja. La tectónica compresiva cretácica y terciaria ha determinado el desarrollo de cuatro franjas elongadas NNE-SSW, según el eje principal de la Cordillera Real. En el área del Proyecto, ubicada al este de la zona de los grandes cabalgamientos andinos, el valle del río Coca divide dos zonas con deformación rígida y diferente intensidad de fracturamiento. El complejo de El Reventador está afectado por múltiples sistemas de tectónica frágil. El sector occidental del Complejo Volcánico Basal presenta una densa red de fallas conjugadas con dirección NE y NW; en el sector central del antiguo edificio la dirección de fallamiento dominante es NNE. Además, el Complejo Volcánico Basal está cortado en dirección N-S por un lineamiento de fallas listricas arqueadas, cuyo segmento central corresponde a la superficie de separación de



un gigantesco derrumbe que movilizó hacia el este una gran parte del antiguo centro eruptivo. Con este formidable deslizamiento en masa concluyó el ciclo de actividad del CVB y se produjeron importantes modificaciones paleogeográficas, incluyendo el desplazamiento del cauce del río Coca.

El edificio del Volcán Paleoreventador que se desarrolló en el interior de un antiguo anfiteatro, fue también afectado por una tectónica frágil con algunos signos de compresión. En el transcurso de la actividad evolutiva de este volcán, una imponente colada lávica fluyó sobre el flanco oriental hasta alcanzar el cauce actual del río Coca. Los sucesivos fenómenos erosivos originaron la formación de un desnivel topográfico en correspondencia de la actual cascada de San Rafael.

La actividad del Volcán Paleoreventador terminó con una gigantesca erupción piroclástica que, probablemente, produjo un colapso caldérico que estuvo acompañado por un gran deslizamiento del edificio, cuya superficie de desprendimiento estuvo ubicada un poco más al este de la precedente. El material de la avalancha de escombros relleno completamente una sección del valle del río Coca, originando un embalse natural que existió hace 19.000 años, según lo confirman las dataciones radiométricas  $^{14}\text{C}$ . Dentro del nuevo anfiteatro se desarrolló el cono volcánico actual.

El terremoto del 5 de marzo de 1987 reactivó todos los principales sistemas de falla que habían sido previamente identificados en el área de El Reventador, desde las fallas de los cabalgamientos andinos hasta los diferentes sistemas N-S, NNE-SSW, NW-SE que afectan a la misma.

5.1.3 Caracterización petrológica y modelización del sistema eruptivo del Volcán El Reventador (VER) Aparte de algunos basaltos que presentan una ligera tendencia alcalina sódica (incipiente subsaturación en sílice), en su conjunto los productos de El Reventador indican una clara afinidad calco-alcalina. En general, las variaciones químicas observadas son compatibles con un proceso de diferenciación por cristalización fraccionada, del tipo gábrico, ocurrido en el interior de la corteza (presión total cerca de 7 kb).

Las tres secuencias estratigráficas distintas (CVB, VPR, VER) presentan una sustancial similitud de características químicas y mineralógicas. Los dos grandes fenómenos de deslizamiento en masa que marcan el final de los dos antiguos ciclos eruptivos, corresponden a un estado de madurez del volcán caracterizado por erupciones de productos muy evolucionados, de composición riolítica. Una fase similar no ha sido aún alcanzada, ni en forma aproximada, por el volcán actual cuyos productos constituyen una serie composicionalmente reducida, desde basaltos hasta andesitas.

Los productos del cono actual de El Reventador, en función de su edad de emisión, presentan una variación química muy característica. El grado de evolución del complejo disminuyó progresiva-



mente en la fase inicial de edificación del cono actual hasta producir lavas basálticas; posteriormente volvió a aumentar con regularidad hasta los productos más recientes que alcanzan grados de evolución comparables con los de las lavas iniciales.

La reconstrucción de la secuencia eruptiva y el estudio químico y mineralógico detallado de los productos, ha permitido formular un modelo de alimentación del volcán actual que revela la existencia de una cámara magmática superficial ( $p_{H_2O} = 1 \text{ kb} =$  unos 3-5 km de profundidad) de dimensiones reducidas (entre pocas decenas y un centenar de millones de  $\text{m}^3$  de volumen). Dentro de esta cámara se verifican procesos de cristalización fraccionada y de mezcla por inyección de magma profundo. En el período más reciente este sistema se ha comportado como cerrado por debajo (sin realimentación) y con una evolución progresiva hacia términos más ácidos sólo por efectos de cristalización fraccionada. Sin embargo, el nivel de evolución que ha alcanzado el sistema permanece todavía bajo (andesitas con  $\text{SiO}_2$  alrededor del 58%) de modo que no permite un nivel elevado de explosividad el mismo que requeriría un magma con viscosidad y contenido en volátiles mucho más altos.

5.1.4 Evaluación del riesgo volcánico El modelo que se ha elaborado para el funcionamiento del volcán permite extraer las siguientes conclusiones que son de gran importancia dentro de la evaluación del riesgo volcánico.

a. Erupción a esperarse

Una erupción que ocurra en la actualidad o en el futuro próximo debería tener características muy similares a la última observada en 1976; es decir con un predominio de flujos lávicos y una actividad explosiva moderada. Algunas variaciones hacia una composición más básica y la consiguiente emisión de lavas más fluidas, con una explosividad inicial un poco más marcada debido a mezclas dentro de la cámara, podrían presentarse en caso que se restablezca la alimentación profunda. De ser así, esta tendría que estar anunciada por sismos precursores profundos e intermedios.

Se considera, en cambio, que no existe ninguna posibilidad de ocurrencia de una gran erupción explosiva similar a las que se han reconocido como la culminación de los dos primeros ciclos de actividad del volcán (CVB y VPR). En efecto, erupciones de este tipo requieren un grado de evolución del magma (acidez = viscosidad y contenido en gases) mucho más desarrollado del que actualmente ha alcanzado el VER. El tiempo requerido para que esto ocurra es difícil de estimar pero es seguramente mucho mayor que la vida útil de las obras de ingeniería previstas para el Proyecto.

b. Riesgos a esperarse

Tomando en cuenta lo que se ha mencionado anteriormente y los resultados de los estudios geológicos y estratigráficos, se evaluaron los riesgos posibles para las obras del Proyecto relacionadas con las futuras erupciones del VER, tomando únicamente como refe-



rencia la actividad del cono actual; es decir la ocurrida en los últimos 19.000 años. A continuación se presentan los principales resultados obtenidos:

#### Flujos de lava

La emisión de flujos de lava representa el tipo de actividad eruptiva predominante. La longitud de las coladas lávicas más recientes varía entre 3 y 6 km; los flujos se han mantenido generalmente en el interior del anfiteatro. A lo largo de la historia eruptiva del cono actual solamente tres coladas han superado el alto morfológico que constituye el borde oriental del anfiteatro. El frente lávico más alejado alcanzó una distancia de 7 km del cráter y se detuvo a 2-2,5 km de distancia del río Coca.

A la luz de estos datos y de las tendencias evolutivas más recientes que se han observado en la composición de los magmas de El Reventador, se considera improbable que los flujos de lava que emita el cono actual, puedan alcanzar los sitios de las obras del Proyecto.

#### Caída de ceniza

La componente explosiva de las últimas erupciones de El Reventador consiste esencialmente en proyecciones balísticas de bombas y fragmentos lávicos y en la emisión de ceniza a la atmósfera. Los fragmentos más gruesos (bombas, bloques) caen en proximidad del cráter, y pueden constituir un riesgo sólo para las personas que estuvieren casualmente presentes en las cercanías del cráter o bien para los instrumentos científicos eventualmente allí instalados.

En cambio, el material fino (arenas, cenizas) puede ser transportado por el viento a grandes distancias desde el centro de emisión. Las evidencias geológicas e históricas indican que los materiales piroclásticos de caída, provenientes del cono actual se distribuyen predominantemente al oeste del cráter. Sin embargo, los sitios de las obras del Proyecto, están ubicados en dirección contraria.

Para modelizar el fenómeno de caída de ceniza, se han asumido las condiciones (altura de la columna eruptiva, tasa de emisión, granulometría, concentración y densidad de las partículas piroclásticas, dirección y velocidad del viento) más cercanas a las que, probablemente, existen en El Reventador actual. Los resultados indican que, aún en el caso más desfavorable, la concentración que alcance sobre el suelo el material piroclástico en los sitios del Proyecto, a unos 10 km del cráter, no debería causar ningún daño a las obras, a parte de limitados fenómenos de azolvamiento de la represa ubicada a unos 12 km del cráter. Se considera por lo tanto despreciable el riesgo relacionado con caída de material piroclástico.



### Flujos piroclásticos

Algunos fenómenos que podrían interpretarse como debidos al colapso gravitacional de la columna eruptiva, fueron descritos durante la última erupción de 1976. Además, un depósito con las características de un flujo piroclástico fue reconocido dentro del anfiteatro del volcán. Aunque son poco probables y de moderada energía, dentro del marco de la actividad ordinaria del VER, se ha considerado necesario evaluar el riesgo potencial asociado a estos peligrosísimos fenómenos eruptivos. Por lo tanto se ha procedido a efectuar una simulación numérica de los flujos piroclásticos producidos por el volcán, asumiendo las condiciones (altura de la columna) observadas en la erupción de 1976.

Los resultados demuestran que: para que un flujo piroclástico originado por el colapso de una columna eruptiva alcance los sitios del Proyecto, se requiere una erupción explosiva con una energía mucho mayor de la que ha caracterizado todas las actividades de El Reventador actual. En efecto, ningún depósito de flujo piroclástico producido por el cono actual ha sido observado fuera del anfiteatro y, consecuentemente, se considera despreciable el riesgo debido a estos fenómenos para las obras del Proyecto.

Pese a no tener implicaciones para la evaluación del riesgo volcánico del cono actual, se debe recordar que un evento eruptivo gigantesco, con sus relativos depósitos de flujo piroclástico cerró la actividad del Volcán Paleoreventador.

### Explosiones freáticas

Este fenómeno es relativamente frecuente en las cercanías del cráter actual de El Reventador, en donde pueden ocurrir explosiones de energía muy baja, debido a la acumulación de los fluidos fumarólicos por debajo de una delgada capa impermeabilizada por fenómenos de autosellamiento. Estos fenómenos podrían representar un peligro solamente para los técnicos y científicos que tengan que trabajar cerca del cráter.

### Flujos de lodo (lahares)

Durante el trabajo de campo no se ha encontrado ninguna evidencia de que lahares de origen volcánico, es decir los producidos durante una erupción, tanto por fenómenos freatomagmáticos o por movilización de los nuevos piroclásticos sueltos emitidos, hayan alcanzado el río Coca durante toda la historia eruptiva de El Reventador actual.

Sin embargo, los flujos de lodo pueden originarse sin ninguna causa volcánica, debido a la movilización de materiales inestables saturados en agua. En efecto, estos fenómenos son relativamente frecuentes bajo las condiciones tectónicas e hidrológicas que provocan inestabilidad de los taludes naturales y del edificio del VER. Flujos de este tipo pueden ocurrir como una consecuencia de violentas lluvias y, aún más fácilmente, debido a terremotos. El



evento del 5 de marzo de 1987 provocó fenómenos de movilización de materiales a lo largo de los valles principales y afluentes, cuya repetición en el futuro representaría un peligro para las obras del Proyecto y para las personas y bienes que se encuentren a lo largo de los ríos.

5.1.5 Conclusiones y recomendaciones Los estudios de campo y de laboratorio han permitido llegar a la reconstrucción detallada de la historia eruptiva, la estructura y la evolución magmática del Volcán El Reventador. Estos datos fueron utilizados para formular un modelo de funcionamiento del volcán que ha servido de sustento indispensable para la evaluación del riesgo relacionado con su actividad eruptiva. En base a la reconstrucción de todos los fenómenos eruptivos que ocurrieron en los últimos 19.000 años, correspondientes a la vida del cono actual, y a la simulación computarizada de algunos fenómenos eruptivos, se han podido extraer las siguientes conclusiones.

- Se considera improbable que fenómenos eruptivos relacionados con el Volcán El Reventador (flujos de lava o piroclásticos, caída de ceniza, lahares de origen volcánico) puedan afectar en forma drástica a las obras previstas para el Proyecto Hidroeléctrico Coca-Codo Sinclair; por lo tanto y en conjunto, el riesgo volcánico puede ser considerado despreciable.
- Sin embargo, los fenómenos de flujos de lodo o, más ampliamente la movilización de materiales inestables saturados de agua desde las laderas del edificio volcánico debido a sismos y/o violentas lluvias como los que ocurrieron el 5 de marzo de 1987, representan un potencial peligro sólo para estructuras al exterior. El terremoto del 5 de marzo de 1987 puede representar el evento máximo de referencia para la evaluación del impacto que podrían tener estos fenómenos sobre las obras del Proyecto. Este problema está expuesto en el informe relativo a la evaluación del riesgo sísmico (Anexo H, Sismología y Tectónica).

## 5.2 Sismología

La evaluación del riesgo sísmico para el área del Proyecto ha sido realizada recopilando una gran cantidad de datos de campo y toda la información bibliográfica disponible en la literatura ecuatoriana y mundial.

Los estudios de riesgo sísmico regional (o de campo lejano) y local (o de campo cercano) para la definición del diseño sísmico de las obras, han sido acompañados por un análisis detallado de los diferentes aspectos relacionados con la tectónica de la región andina y de los sectores limítrofes a los sitios de las obras.

Las consideraciones e interpretaciones principales que se refieren a la tectónica del Ecuador septentrional, se detallan en el Anexo H, Sismología y Tectónica.



A continuación se presentan los modelos sismotectónicos regionales y locales y los resultados del riesgo sísmico relativo.

5.2.1 Modelo sismotectónico y riesgo sísmico regional Los resultados obtenidos del análisis de las fases tectónicas que actuaron en el ámbito de la orogénesis andina han permitido definir un modelo sismogénético de la región que se fundamenta en las siguientes evidencias:

- . Movimiento de la placa Nazca en dirección E-E 10°N, que origina una subducción activa y oblicua respecto a la línea de costa.
- . Presencia de un sector de corteza independiente del bloque continental verdadero, que se mueve en una dirección aproximada E 35°N y que presenta en su lado oriental un frente transcu-rrente dextral.
- . Presencia de dos regiones sujetas a deformaciones corticales originadas con componentes de movimiento compresivo y transcu-rrente, a lo largo de la Depresión Interandina y del frente de cabalgamiento subandino.
- . Todos los lineamientos tectónicos que se observan a lo largo del borde de la zona subandina pueden interpretarse como un sistema de fallas único con un patrón regional generalmente constituido por fallas de compresión, con una componente trans-ccurrente dextral.
- . Presencia de un movimiento activo hacia el oeste de la zona continental amazónica que favorece la formación de estructuras tectónicas, como las que se encuentran a lo largo del borde subandino oriental.

El modelo sismotectónico regional utilizado para la evaluación probabilística del riesgo sísmico está compuesto por cuatro zonas (Plano 0209-A-1522):

- . La fosa oceánica y la costa
- . El monoclinal que limita, al oriente, a la Depresión Interandi-na.
- . El frente de cabalgamiento subandino y la zona de interconexión entre éste y el monoclinal citado.
- . La zona de subducción por debajo del continente.

En base al estudio de la sismicidad regional y aplicando mode-los para la definición de la geometría y características de las fuentes sísmicas, modelos de atenuación con la distancia de los pa-rámetros derivados del movimiento del suelo (aceleración, velocidad y desplazamiento en roca base) y modelos de análisis probabilísti-co, se pudo determinar que las zonas sismogénéticas que contribuyen



mayormente al riesgo sísmico regional o de campo lejano son la Depresión Interandina y el frente de cabalgamiento subandino.

Los valores máximos de aceleración ( $a_{\max}$ ), velocidad ( $v_{\max}$ ) y desplazamiento ( $d$ ) en roca base, para un período de retorno de 450 años, que constituye el límite superior a considerarse si se toma en cuenta que las observaciones instrumentales se refieren solamente a los últimos 85 años, son los siguientes:

- Para probabilidad de 20% de por lo menos una excedencia en la vida útil de 100 años

$a_{\max}$ (cm/s <sup>2</sup> )	$v_{\max}$ (cm/s)	$d$ (cm)
255	32	27

- Para probabilidad de 65% de por lo menos una excedencia en la vida útil de 10 años:

$a_{\max}$ (cm/s <sup>2</sup> )	$v_{\max}$ (cm/s)	$d$ (cm)
54	7	5

5.2.2 Modelo sismotectónico y riesgo sísmico local La zona subandina, donde se encuentra ubicada el área del Proyecto, está caracterizada por una gran estructura anticlinal denominada Levantamiento del Napo dentro del cual están incluidas formaciones sedimentarias y vulcano-sedimentarias mesozoicas y terciarias. Dicha estructura se encuentra limitada al occidente por una serie de cabalgamientos inclinados al ESE que constituyen el contacto tectónico con las unidades metamórficas de la Cordillera Real.

El área del Proyecto se encuentra ubicada inmediatamente al este del frente oriental de los cabalgamientos, en una zona estructuralmente compleja debido a la presencia de deformaciones de diverso tipo, tanto dúctiles como frágiles. En base al diferente comportamiento estructural el área de estudio ha sido dividida en las siguientes zonas:

- Zona de fallas transcurrentes, limitada al este por el frente de sobrecorrimento más occidental respecto al Volcán El Reventador.
- Zona de sobrecorrimento, alargada en el sentido NNE-SSW, está limitada al occidente por el frente de sobrecorrimento y al oriente por el más oriental de los mismos. El centro eruptivo de El Reventador se encuentra ubicado sobre el límite oriental de esta zona coincidiendo con un marcado alineamiento de fallas distensivas.
- Zona con tectónica en bloques, comprende el sector al N, al E y al S del volcán y se caracteriza por una tectónica predominantemente vertical que ha producido una subdivisión en subzonas con diferente comportamiento estructural.



En base a este modelo es posible formular las siguientes conclusiones, respecto a la sismicidad del área del Proyecto:

- La región está sujeta a una tectónica de tipo compresivo con un eje de compresión horizontal máxima orientado en dirección ENE-WSW, que produce un movimiento oblicuo a lo largo de los planos de sobrecorrimiento.

Esta tectónica origina un régimen de transcurrancia en la zona ubicada al oeste de los sobrecorrimientos, que se manifiesta por la presencia de grandes fallas dextrales. Por el contrario, debido al cambio de dirección de los sobrecorrimientos, la zona ubicada al este de los mismos está sujeta a una tectónica en bloques con fallas predominantemente verticales.

- Los sobrecorrimientos constituyen la expresión superficial de una estructura profunda única donde se verifica el contacto entre las raíces crustales de la Cordillera Real y el escudo Guayanés. Este sobrecorrimiento profundo representa la estructura sismogénica principal que habría originado el terremoto del 5 de marzo de 1987. Dicho evento ha originado una rotura que se propagó desde el SSW al NNE en una longitud total que podría ser estimada en 50 km, aproximadamente.
- El sistema de fallas verticales que limitan los bloques al E, N y S del volcán constituirían estructuras sismogénicas secundarias.

En esta área podría esperarse una sismicidad de moderada intensidad ( $M_{max} = 5.5$ ).

- El terremoto del 5 de marzo de 1987 ha afectado con su vibración sísmica a un área casi completamente concentrada alrededor de las zonas de sobrecorrimiento y de fallas transcurrentes.
- El terremoto del 5 de marzo de 1987 en base a análisis estadísticos, representa en esta área un evento con tiempo de ocurrencia de unos 450 años.

El análisis de la sismicidad local o de campo cercano ha puesto en evidencia un total de 67 sismos con una magnitud mayor o igual a 4; 16 sismos con magnitud indefinida y 2 con magnitud 3,9. En base a estos datos, obtenidos de los catálogos existentes, se calcularon los datos de recurrencia y en base a consideraciones macrosísmicas apoyadas en las isosistas del terremoto del 5 de marzo de 1987, se calcularon las leyes de atenuación.

Los resultados obtenidos se refieren únicamente a la aceleración, puesto que para la velocidad y el desplazamiento no se dispone de la correspondiente ley de atenuación. Los valores máximos de aceleración, para un período de retorno de 450 años y considerando un registro de observaciones, objetivas y subjetivas, de 85 años, por motivo de homogeneidad de datos con los de campo lejano, son los siguientes:



- Para probabilidad de 20% de por lo menos una excedencia en la vida útil de 100 años:

$$a_{\max} \text{ (cm/s}^2\text{)}$$

216 ó 262 (dependiendo de la ley de atenuación adoptada)

- Para probabilidad de 65% de por lo menos una excedencia en la vida útil de 10 años:

$$a_{\max} \text{ (cm/s}^2\text{)}$$

53 ó 74 (dependiendo de la ley de atenuación adoptada)

Extrapolando los datos, para un registro de observaciones de 143 años, los valores de aceleración aumentan hasta alcanzar límites superiores a lo que podría razonablemente esperarse, es decir:

- . Con una frecuencia anual de 0,002 y período de retorno de 450 años:

$$a_{\max} = 0,25 \text{ g}$$

- . Con una frecuencia anual de 0,1 y período de retorno de 10 años:

$$a_{\max} = 0,12 \text{ g}$$

Consecuentemente el área de campo cercano tendría la probabilidad de ser sacudida, cada año, al menos por un evento sísmico con una aceleración igual o mayor de 0,12 g.

5.2.3 Diseño sísmico de las obras El estudio de los mecanismos focales y el análisis de los datos estructurales medidos en el sector estudiado han permitido establecer que, alrededor de la Depresión Interandina, actúa un campo de esfuerzos compresivos. El área del Proyecto presenta la particularidad de estar al borde de esta zona sismogénica que produce terremotos con una magnitud de hasta 7. Esto hace que la distancia hipocentral media probable sea bastante grande, produciendo así un nivel de riesgo no muy alto a pesar de que la zona presenta una elevada secuencia de sacudidas fuertes. Además, por la inclinación de esta zona sismogénica, se podría producir un incremento de la profundidad focal a medida que se aleja del área del Proyecto y un efecto de reflexión de las ondas sísmicas que determinaría la disminución de los daños en dirección SE y un incremento en dirección NW.

Estos aspectos relativos a la geometría de la zona sismogénica confirmarían los cálculos que indican para el sismo máximo de diseño un período de retorno de 450 años y para el sismo máximo posible un período de retorno superior a 1.000 años. Estos resultados son aparentemente contradictorios con lo ocurrido en los últimos 30 años, es decir con los terremotos de 1955 y de 1987 de magnitud similar y ubicados entre ellos a distancia relativamente pe-



queña. Sin embargo, el de 1955 no fue sentido en el área del Proyecto y esto podría explicarse considerando una distancia hipocentral mucho mayor para este evento. Por lo tanto, los períodos de retorno de la magnitud no coinciden con los de las aceleraciones debido a la decisiva influencia de la geometría de las zonas sismo-genéticas.

Al finalizar todos los estudios y cálculos se presentan los parámetros del sismo máximo posible y del sismo máximo de diseño:

		Sismo máximo posible	Sismo máximo de diseño
Magnitud		7	6.9
Distancia epicentral	km	15	30
Profundidad focal	km	15	15
$a_{max}$	$cm/s^2$	404	260
$v_{max}$	$cm/s$	52	32
$d_{max}$	cm	40	24
Período de retorno	año	> 450	450

Del análisis de estos parámetros se observa que, para el riesgo sísmico de campo cercano y para una vida útil de 100 años con una probabilidad de excedencia del 20%, la aceleración máxima tiene un valor casi igual a la aceleración promedio de pico calculada para el sismo del 5 de marzo de 1987.

En efecto, del estudio de los parámetros focales y de la magnitud registrados durante este evento, se obtuvo una aceleración máxima de  $258 \text{ cm/s}^2$ .

Esta coincidencia numérica indica que el sismo del 5 de marzo de 1987, habiendo producido, en el modelo de riesgo sísmico de campo cercano, efectos similares al del sismo de diseño obtenido analíticamente, puede ser considerado uno de los tantos posibles y significativos que corresponde al mismo sismo de diseño.

Por otro lado, como se indica anteriormente, el período de retorno de 450 años, calculado a partir del modelo matemático, es el que resulta más aceptable en relación a los valores de aceleración máxima presentados y frente a un período de observaciones relativamente corto.

Además, del estudio del mosaico de fallas que fueron reactivadas el 5 de marzo de 1987, según como fueron verificadas en el campo, éstas presentan una longitud total, una zona focal y un momento sísmico que corresponden muy bien a la magnitud de 6,9 determinada instrumentalmente y a la relación teórica, entre magnitud de un sismo y longitud de las fallas, definida por Acharya (1979).

Entonces, todas estas coincidencias llevan a definir el sismo del 5 de marzo de 1987 como un sismo típico de la magnitud máxima



esperada en el área del Proyecto que, por lo tanto, podría bien asumirse como el sismo de diseño.

En fin, puesto que el sismo de diseño depende del nivel de riesgo aceptable, se recomienda la adopción de diferentes parámetros en función de la importancia de las estructuras:

	$a_{\max}$ (cm/s <sup>2</sup> )	$v_{\max}$ (cm/s)	d (cm)
Estructuras menores, al exterior, cuya avería por efecto del sismo no se considere importante para el funcionamiento de la central (para una vida útil de 50 y 100 años)	150	19	14
Estructuras importantes, al exterior, cuya avería provoque graves daños sin interrumpir el funcionamiento de la central (para una vida útil de 100 años)	200	29	26
Estructuras importantes, al exterior, cuya avería interrumpa el funcionamiento de la central (para una vida útil de 100 años)	260	32	24

El último nivel de riesgo indicado coincide con el terremoto máximo de diseño.



## 6. MECANICA DE ROCAS Y MECANICA DE SUELOS

### 6.1 Mecánica de rocas

Con el objeto de definir los parámetros preliminares de cálculo para el diseño de las obras subterráneas durante la presente Fase A de Factibilidad, se procedió a realizar ensayos de mecánica de rocas en laboratorio sobre muestras obtenidas de los sondeos rotativos llevados a cabo en los sectores del túnel de aducción, del embalse compensador y de la casa de máquinas. Además, para sintetizar las informaciones recopiladas de las investigaciones profundas y reportadas en los registros de perforación (Anexo F, Perforaciones), fue elaborada una tabla de clasificación formada por cinco diferentes tipos de roca, de calidad muy mala a óptima, a los cuales fueron referidos los parámetros geomecánicos propuestos.

Estas informaciones analíticas y empíricas son las únicas en base a las cuales han podido ser caracterizadas, del punto de vista mecánico, las rocas afectadas por las obras subterráneas, en esta fase de los estudios; puesto que los ensayos en sitio previstos no fueron realizados a consecuencia de los eventos relacionados con el sismo del 5 de marzo de 1987.

Esta clasificación de la calidad mecánica de las rocas no es directamente relacionable a la clasificación de las rocas hecha para fines de excavación e ilustrada en el punto 4.3.2.

Los tipos y cantidades de ensayos de laboratorio que fueron efectuados en la Facultad de Ingeniería Civil de la Escuela Politécnica Nacional en Quito, son los que están resumidos, por cada formación estratigráfica investigada, en el Cuadro 6/1

Los resultados de laboratorio están reportados en detalle en el Anexo J, Mecánica de Rocas. A continuación se presentan en el Cuadro 6/2 solamente los parámetros geomecánicos propuestos para los cálculos de estabilidad de las obras subterráneas, los mismos que deben ser considerados como un aporte preliminar a ser complementado una vez estén disponibles otros resultados de laboratorio y, sobre todo, los resultados de los ensayos en sitio recomendados para la siguiente fase de estudios.



Cuadro 6/1

## ENSAYOS DE MECANICA DE ROCAS REALIZADOS

Ensayo	Formación Misahuallí	Formación Hollín	Formación Napo
- Peso específico	34	24	1
- Porosidad	34	24	1
- Compresión simple	33	22	2
- Compresión monoaxial	11	12	-
- Velocidad sónica	41	30	-
- Corte directo	13	25	1
- Abrasión Los Angeles	4	1	1
- Absorción	2	22	2
- Hinchamiento	-	-	3
- Durabilidad	-	-	-
- Compresión puntual	43	34	2
- Estudios petrográficos	39	7	2

Para la formación Napo, los datos disponibles para la definición de parámetros de diseño, se refieren exclusivamente al miembro inferior lutítico y además son muy pocos y no representativos. Por otro lado, tratándose de una formación que no será afectada por la excavación de obras subterráneas, la presentación de parámetros geomecánicos no se considera necesaria.

Como complemento del cuadro de los parámetros geomecánicos propuestos, caben los siguientes comentarios adicionales:

- La presencia de rocas del tipo I no ha sido reconocida en la descripción de los testigos de perforación, puesto que este tipo de roca se caracteriza por tener excelentes propiedades geomecánicas y elevados parámetros de laboratorio. Se supone que rocas de este tipo serán reconocidas durante las investigaciones futuras en los niveles profundos de los cuerpos intrusivos granodioríticos.
- El módulo de deformación presentado para las rocas de tipo II de la formación Misahuallí ( $0,3 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ ) puede ser considerado tan solo como un valor medio-bajo. Cabe anotar todavía que este parámetro ha sido propuesto en forma conservadora, puesto que han sido obtenidos resultados de laboratorio superiores, hasta más del doble de lo indicado. Este criterio ha sido adoptado dependiendo de la heterogeneidad litológica de esta formación, representada por una gran variedad de rocas volcánicas y volcano-sedimentarias antiguas.
- Los mismos comentarios se pueden hacer para los parámetros de resistencia a la compresión, habiéndose registrado algunos valores de hasta  $1.500\text{--}1.700 \text{ kg/cm}^2$  muy por encima del valor promedio de  $800 \text{ kg/cm}^2$  propuesto para rocas del tipo II de la



formación Misahuallí. Para la resistencia al corte valdrían las mismas consideraciones, salvo tomar en cuenta que las discontinuidades ensayadas han presentado una gran variabilidad de relleno y de superficie con consecuente desuniformidad de valores de ángulo de fricción y cohesión.

- Los anteriores comentarios relativos a la heterogenidad de los litotipos que caracterizan la formación Misahuallí, se vuelven aún más contundentes para los dos litotipos que representan esencialmente la formación Hollín, es decir las areniscas y las lutitas. El comportamiento mecánico de estas dos rocas es totalmente diferente y aunque las areniscas, de mejores características geomecánicas sean mayoritarias en las secuencias estratigráficas investigadas en las perforaciones, el macizo rocoso, en su conjunto, resulta comprometido por la presencia y distribución de intercalaciones de materiales asfálticos. Estos materiales, irregularmente repartidos en todo el espesor de la formación Hollín, se presentan frecuentemente en forma de impregnaciones en las arenarias como también en niveles milimétricos y centimétricos de asfalto puro.
- En un cuadro estratigráfico general de toda la formación Hollín, se puede asumir que las capas de lutitas, intercaladas en las areniscas, son, en definitiva, subordinadas a estas, representando tal vez un 20%, y distribuidas en horizontes relativamente delgados (hasta de unos metros), aislados y confinados.
- Por otro lado desde punto de vista mecánico, tampoco las areniscas en sí son rocas homogéneas habiéndose encontrado términos de granos finos, de color gris negruzco bien compactos y cementados y términos de granos medio-finos, de tipo sacaroide, de color crema, más porosos y menos cementados. La parte inferior de la formación, algunos metros arriba del contacto con la formación Misahuallí, se caracteriza por la presencia de areniscas de granos gruesos hasta constituir un micro-conglomerado bien poroso con características mecánicas mucho menores por lo que se refiere a resistencia a la compresión, resistencia al corte y abrasión.
- Las rocas de la formación Napo, en los niveles que llegan a interesar directa o indirectamente las obras del Proyecto, están representadas tan solo por las lutitas del miembro inferior, suprayacentes al contacto con la formación Hollín. Las características mecánicas de estas rocas, en condiciones sanas e inalteradas, han sido determinadas ensayando muy pocas muestras. Sin embargo, para tener una idea, por lo menos empírica del comportamiento de estas rocas, se pueden considerar los valores más bajos registrados para las lutitas de la formación Hollín. De todas maneras, a falta de más ensayos directos, resulta prematuro definir parámetros geomecánicos de cálculo para estas rocas, debiéndose esperar los resultados de otras investigaciones para establecer valores estadísticos realmente representativos.



Cuadro 6/2

---

 PARAMETROS GEOMECAÑICOS PRELIMINARES PARA EL DISEÑO DE LAS OBRAS SUBTERRANEAS
 

---

Parámetro	Unidad	Tipo de Roca		
		II	III	IV
<u>Rocas de la Formación Misahuallí</u>				
Peso específico	g/cm <sup>3</sup>	2,7	2,7	2,7
Resistencia a la compresión	kg/cm <sup>2</sup>	800	600	400
Módulo de deformación x 10 <sup>6</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	0,3	0,25	0,2
Angulo de fricción	°	40	35	30
Angulo de fricción residual	°	35	30	25
Cohesión	kg/cm <sup>2</sup>	7	5	3
Cohesión residual	kg/cm <sup>2</sup>	3	2	1
Dilatación		1	1	1
<u>Rocas de la Formación Hollín</u>				
Peso específico	g/cm <sup>3</sup>	2,2	2,2	2,2
Resistencia a la compresión	kg/cm <sup>2</sup>	400	300	200
Módulo de deformación x 10 <sup>6</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	0,15	0,10	0,08
Angulo de fricción	°	40	34	28
Angulo de fricción residual	°	35	30	25
Cohesión	kg/cm <sup>2</sup>	2	1	0,5
Cohesión residual	kg/cm <sup>2</sup>	1	0,5	0,2
Dilatación		1,5	1,5	1,5



## 6.2 Mecánica de suelos

Los estudios e investigaciones de mecánica de suelos, realizados en el curso de la Fase A de Factibilidad, fueron orientados básicamente hacia la definición de dos aspectos principales:

- Las condiciones de las cimentaciones en los tres sitios de presa considerados, Malo, Salado y embalse compensador.
- La disponibilidad y las características de los materiales de construcción para los diferentes tipos de presa estudiados.

6.2.1 Cimentaciones Los sitios de la presa Malo y de la presa del embalse compensador han sido investigados en la presente etapa de estudios mediante prospecciones geofísicas y perforaciones rotativas profundas, mientras que el sitio de la presa Salado fue investigado en el curso de los estudios de Factibilidad del Aprovechamiento Salado que finalizaron en 1982, habiéndose procedido, en la presente fase, a reinterpretar la información disponible a la luz de los eventos relacionados al sismo del 5 de marzo de 1987 y orientada hacia el nuevo sitio de implantación de la presa.

Los resultados de estas investigaciones han permitido definir la configuración del cauce rocoso y la secuencia estratigráfica de los materiales de sedimentación que rellenaron el valle en los sitios Malo y Salado. En el sitio de la presa del embalse compensador las investigaciones han permitido definir, además de las características mecánicas de las rocas del fondo de la quebrada, también las propiedades geotécnicas de los suelos encontrados en la zona de apoyo de los estribos superiores de la presa.

A continuación se presentan las principales informaciones relativas a las condiciones de las cimentaciones en los tres sitios de presa citados. Los resultados analizados en detalle en el Anexo I, Mecánica de Suelos.

### a. Sitio presa Malo

Los materiales que rellenan el valle del río Coca en este sitio y, específicamente en el sitio de la alternativa de cierre denominado Malo M1, forman capas regulares casi horizontales y están constituidos, en su mayoría, por materiales de deposición aluvial, con un importante período de deposición fluvio-lacustre entre los depósitos granulares superficiales y la mezcla caótica de materiales laharíticos que se encuentran en la parte más profunda del valle. El espesor total máximo de estos depósitos alcanza los 220 m, aproximadamente.

En las unidades estratigráficas investigadas estos materiales no presentan, en general, una distribución homogénea debido al mismo proceso de sedimentación.

La secuencia reconocida comprende las siguientes unidades básicas, desde la superficie hacia el fondo:



. Unidad 1

Espesor 20 m, de origen aluvial con aportes dispersos de material laharítico. Está constituida por capas de suelos arenosos con grava, limo y bloques, alternadas y erráticas en el sentido horizontal. En general predomina la matriz arenosa por lo que, en su conjunto, se le considera una unidad granular, de baja a media compacidad y de media permeabilidad debido a la presencia de la fracción limosa.

. Unidad 2

Espesor 40 m, de origen fluvio-lacustre. En la parte superior (espesor 14 m, de 20 a 34 m de profundidad) prevalece un limo orgánico, algo arcilloso, a veces mezclado con arena y poca grava, bastante homogéneo, de bajas compacidad y permeabilidad, de origen lacustre. En la parte inferior (espesor 26 m, de 34 a 60 m de profundidad). La unidad está constituida por un limo arenoso, algo arcilloso, a veces mezclado con materia orgánica y poca grava en lentes erráticos, ligeramente sobreconsolidado, de mediana compacidad y permeabilidad.

. Unidad 3

Espesor 20 m (de 60 a 80 m de profundidad), constituida por materiales aluviales arenosos con algo de grava y lentes de limo no plástico, con abundante materia orgánica, poco compacto, permeable.

. Unidad 4

Espesor variable (desde 80 m hasta el basamento rocoso) constituida por una alternancia de materiales laharíticos y aluviales erráticamente dispuestos. Básicamente es un depósito compacto de grava gruesa con arena y bloques.

En base a esta secuencia estratigráfica y al tipo de presa diseñado, en el sitio Malo, los problemas relacionados a las cimentaciones corresponden a la unidad 1 y, en parte, a la unidad 2. Frente a los riesgos de licuación consecuentes a un sismo muy fuerte y de larga duración, la unidad 1 deberá ser tratada con un proceso de vibrocompactación. La unidad 2 no necesitará tratamientos de consolidación o impermeabilización, pero, en ella, deberán ser evaluados y tomados en cuenta los asentamientos en el tiempo consecuentes a la sobrecarga de las obras.

b. Sitio Salado

La morfología del valle en este sitio está definida por la presencia de un macizo rocoso intrusivo que, en forma de morro, separa el cauce actual del río Coca del antiguo paleocauce de dirección variable, relleno por depósitos aluviales y lacustre



con un espesor total máximo de 220 m, que ha sido reconocido sobre el lado izquierdo hidrográfico del valle (Plano 0209-A-1524).

La secuencia estratigráfica investigada en el paleocauce presenta en la parte superior una cierta discontinuidad de las unidades, debido a antiguos procesos erosivos, mientras que, en la parte inferior, las capas de material grueso, alternadas con estratos de material limo-arenoso, evidencian una gran regularidad de sedimentación. La secuencia reconocida comprende las siguientes unidades básicas, desde la superficie hacia el fondo (véase Planos 0209-A-1524 y 0209-A-1525):

. Unidad 0

Espesor variable de pocos metros hasta más de 40 m. Está constituida por depósitos aluviales intercalados a niveles de limos lacustres, ubicados en la margen izquierda del valle y erosionados en la parte central del mismo.

. Unidad 1

Espesor 8 m. Está constituida por estratos de materiales granulares, en parte erosionados en la parte central del valle y en la margen derecha.

. Unidad 2

Espesor 10 m. Limo arenoso con grava, también erosionada en la parte central del valle.

. Unidad 3

Espesor 15 m. Grava gruesa, bloques y arena gravosa. Constituye un horizonte continuo sobre todo el ancho del valle.

. Unidad 4

Espesor 5 m. Está constituida por un horizonte continuo de limo arenoso, sobreconsolidado, muy compacto en la margen derecha y en la parte central del valle.

. Unidad 5

Espesor 80 m. Grava gruesa y bloques con arena y algo de limo, a veces con capas de arena limosa intercaladas. Constituye un acuífero.

. Unidad 6

Espesor 40 m. Limo arenoso, con estratos de arena y grava.

. Unidad 7

Espesor 50 m. Grava gruesa y arena con bloques.



En vista de la distribución en las unidades superficiales de suelos variablemente compactos, se han definido tres zonas de características geotécnicas diferentes que abarcan toda el área correspondiente al paleocauce.

- Zona A: localizada en el extremo más alejado de la margen izquierda. Presenta estratos superficiales muy consolidados y por ende de mayor resistencia, constituidos por capas de arena, limo y grava alternados. Por debajo de estos estratos, se encuentran los depósitos profundos constituidos por potentes y densas capas aluviales, interrumpidas por una igualmente potente capa de limo arenoso mezclado con grava, que corresponde a una deposición en aguas con menor velocidad. Estas capas se continúan hasta llegar al basamento rocoso.
- Zona B: ubicada en la parte central de la margen izquierda. Tiene una capa superficial poco consolidada de 10 a 20 m de espesor constituida por materiales similares a los indicados en la zona A: arena, limo y grava alternados. Los depósitos profundos tienen iguales características a las de los depósitos análogos de la zona A.
- Zona C: localizada inmediatamente aguas arriba del macizo rocoso intrusivo y frente a él. Está constituida desde la superficie por arenas gravosas, limos, arenas finas y arenas con abundante materia orgánica (madera), cuya característica fundamental es la menor densidad y resistencia debido al ambiente de sedimentación en aguas tranquilas. La profundidad es variable entre 50 y 75 m, por debajo de la cual aparece directamente el basamento rocoso en la zona más cercana al morro o las unidades profundas conforme se aleja de aquél.

En base a la secuencia estratigráfica arriba indicada y a la zonificación geotécnica del sitio Salado, se considera que, salvo algunas capas superficiales, los suelos en el área de la presa diseñada, tienen buena capacidad de carga y baja compresibilidad de modo que, en general, sus características son buenas para sustentar cimentaciones directas.

El único tratamiento necesario sería entonces la vibrocompactación de los estratos superficiales granulares hasta 10-15 m de profundidad en la zona B, a la izquierda del morro y hasta 30 m de profundidad en la zona C, frente al morro mismo (Plano 0209-A-1524), a efectos de que puedan resistir las cargas cíclicas ocasionadas por los sismos más fuertes, sin que se produzca el fenómeno de licuación. Sin embargo la implementación de este proceso de mejoramiento del suelo superficial estará condicionado por el diseño definitivo de las obras que bien podría incluir la excavación y eliminación total de la capa superficial problemática en atención a que, de acuerdo a los planos de diseño, la obra de captación se ubicaría en parte en la zona B antes mencionada y en parte al lado derecho del morro.



### c. Sitio presa del embalse compensador

Las conclusiones que se exponen a continuación se refieren exclusivamente a las características de los suelos encontrados en la zona de apoyo de los estribos superiores de las alternativas de presa del embalse compensador.

Estos suelos son el producto de una intensa alteración de cenizas volcánicas depositadas en la zona o de las capas más superficiales de la formación Napo, seguidas de unas capas de lutitas alteradas correspondientes a niveles inferiores de la misma formación. Bajo estas condiciones generales, se puede evidenciar dos unidades básicas, que se describen a continuación desde la superficie hacia el fondo (véase Planos 0209-A-1515 y 0209-A-1516).

#### . Unidad 1

De espesor variable entre 1,0 m como mínimo al borde de la quebrada Granadillas, hasta más de 10 m conforme se avanza en altura alejándose de dicha quebrada. Está constituida por limos ligeramente arcillosos muy alterados, con elevadas propiedades índice, bajas compacidad, permeabilidad y resistencia al corte y muy elevada compresibilidad.

#### . Unidad 2

Igualmente de espesor variable entre 0,5 m al borde de la quebrada hasta 2,0 o 3,0 m conforme se aleja de dicho borde y con un suave buzamiento hacia el N-NE. Corresponde a las lutitas alteradas de los niveles inferiores de la formación Napo, que se encuentran en contacto con la formación Hollín y que en algunas zonas conservan la estructura de la roca madre. El producto de la alteración es un suelo arcillo-limoso de baja compresibilidad y permeabilidad y alta compacidad, pero que conserva la exfoliación de la roca original.

De conformidad con lo señalado anteriormente, los suelos de cimentación de los estribos superiores de las alternativas de presa del embalse compensador, son de baja resistencia y alta compresibilidad, por lo que, en caso de que no sean eliminados mediante excavación, deberán evaluarse en el diseño los problemas relacionados con esas propiedades, es decir la capacidad portante del suelo y los asentamientos en función del tiempo. Además, se deberá considerar en el diseño, el problema de las filtraciones que se producirán a través de las discontinuidades originadas por la exfoliación que conservan los suelos de la unidad 2.

### 6.2.2 Materiales de construcción

#### a. Sector Malo-Salado

Las investigaciones llevadas a cabo en el valle del río Coca, permiten tener un cuadro completo de los materiales disponibles y



su posible utilización en las construcciones (ver Plano 0209-A-1523).

- Materiales granulares

Estos materiales abundan en el sector Malo-Salado. Pueden obtenerse sea de los afloramientos de roca, sea de los depósitos fluviales de grava y arena a lo largo del río Coca. La diferencia entre los dos estará más relacionada a costos de explotación que a propiedades geotécnicas (ver Plano 0209-A-1526).

. Roca

Se encuentran afloramientos de roca de la formación Misahuallí muy cercanos a los sitios de presa. Es una andesita de buena calidad que podría ser explotada para producir toda clase de materiales granulares, a utilizarse para hormigón y también para enrocado, transiciones y filtros en presas de tierra. La cantidad aprovechable es prácticamente ilimitada.

Sin embargo, las investigaciones en profundidad llevadas a cabo en esta formación confirmaron la existencia de rocas volcano-sedimentarias, asociadas a los términos volcánicos, los mismos que presentan trazas de minerales zeolíticos muy perjudiciales para las obras de hormigón, razón por la cual se deberán realizar análisis químicos y petrográficos adicionales antes de escoger las rocas de esta formación como fuente de material de construcción.

Los afloramientos de rocas intrusivas existentes en la zona de El Salado, no fueron inicialmente considerados en vista de que su cercanía al sitio de la obra ocasionarían problemas relativos a operación y seguridad durante la etapa constructiva. Sin embargo, dependiendo de la alternativa final que se analice en la Fase B, podría utilizarse la roca sana proveniente de la excavación del desarenador en subterráneo por ejemplo, en cuyo caso se puede anticipar la aptitud de dicho material a la luz de los resultados obtenidos en el área de préstamo Mirador, analizada en la zona del embalse compensador.

. Grava y arena

Se encuentran en depósitos a lo largo del río Coca, en forma de terrazas. Dependiendo de la elevación de las terrazas con respecto al nivel del río se detecta el nivel freático, el cual podría complicar ligeramente la explotación.

El material es una mezcla de bolones y bloques con grava y arena, con granulometría generalmente bastante similar en las zonas investigadas. El material se podría utilizar tanto para hormigón como para enrocados en presa de tierra; también puede producirse material con granulometría controlada para transiciones y filtros. El material para espaldones de la presa podría ser utilizado sin tratamiento, con la granulometría que



tiene en el depósito. Para toda otra clase de uso, con una planta de tratamiento se obtendrá cualquier granulometría, que se necesite.

Por lo que se refiere a volúmenes, no se tendrán problemas, considerando que los depósitos a lo largo del río son abundantes.

Se evidencia que las áreas de préstamo investigadas, actualmente se encuentran cubiertas por un espesor de suelos no explotables, depositados después de la creciente producida por el sismo del 5 de marzo de 1987. Sin embargo, existen otras terrazas disponibles, a mayor distancia de los sitios de presas, que en general, van a tener las mismas características de empleo antes presentadas.

#### - Materiales finos

En el valle del río Coca se encuentran abundantes depósitos de este tipo de materiales, limos arcillosos y arcillas limosas a veces mezclados con arena, pero que tienen propiedades geotécnicas muy particulares, de manera que su empleo en construcción se hace algo problemático.

El problema básicamente radica en que los suelos que se producen por la meteorización de las rocas, debido a su composición mineralógica y grado de alteración, se encuentran en el sitio caracterizados por elevados contenidos naturales de agua, a veces hasta el 200% y casi siempre cerca del límite líquido.

A pesar de estos altos valores y, por consiguiente, de su bajo peso específico seco, bastante por debajo de  $1 \text{ t/m}^3$ , en el sitio el material no es tan suave, ya que en su estado indisturbado, el suelo conserva una pequeña parte de la cohesión de la roca madre. El alto porcentaje de agua entonces es absorbido más que todo en la estructura molecular de las partículas finas. Remoldeando el material completamente, se pierde esta característica estructural y prevalece su alto grado de humedad. En las pruebas de compactación en laboratorio este suelo remoldeado, se compacta con valores de humedad típicos con relación a su granulometría, tal vez un poco más altos a causa de sus características mineralógicas.

Al utilizar estos materiales para construcciones, dependiendo del grado de remoldeo inducido, se trabajará con un suelo de consistencia entre la que tiene en el sitio -medio suave- y la que correspondería al límite líquido.

A pesar que se podría compactar con equipos particulares, muy livianos y colocando el suelo en capas muy delgadas, siempre se tendrá un suelo compactado con densidad seca muy baja, mucho menor que  $1 \text{ t/m}^3$  y por tanto de baja resistencia y alta compresibilidad. Una operación delicada y de alto costo para obtener un material con pobres características geotécnicas.



En conclusión, no se sugiere utilizar estos materiales, sino en condiciones excepcionales y cuando no se tenga otra alternativa.

#### - Materiales laharíticos

Es una clase de material que por sus características geotécnicas representa un promedio entre los dos materiales antes mencionados: granulometría de material granular de tamaño grueso hasta bloques, pero con un porcentaje de finos tal que su permeabilidad resulta bastante más baja, respecto a materiales granulares propiamente dichos. Se ha medido un coeficiente de permeabilidad entre  $10^{-5}$  y  $10^{-6}$  cm/s sobre la fracción menor de 12 mm. Las áreas de préstamo propuestas se encuentran en zonas próximas al río Malo y presentan grandes volúmenes de material disponible (ver Plano 0209-A-1528). Su granulometría asegura un buen grado de compactación, una alta resistencia al corte y baja compresibilidad.

Con la hipótesis de que en su estado natural tenga una permeabilidad entre 1 y  $5 \times 10^{-4}$  cm/s, eliminando los bloques grandes y 20 a 30% de la fracción mayor que 2", se podrá obtener una permeabilidad de  $10^{-5}$  cm/s. Por eso el uso de este material puede ser muy variado:

- a) Utilizado como "tout-venant", solamente con la eliminación de los bloques grandes, en una presa de baja a media altura homogénea o con pantalla de impermeabilización aguas arriba.
- b) Procesado en planta de clasificación para obtener un material con permeabilidad más baja. El material se podría utilizar entonces en una presa zonada, donde la fracción fina se pondría en el centro para formar un núcleo muy ancho y la parte gruesa sola o mezclada con el material natural para formar los espaldones.

Otra característica que tiene este material es que en el tiempo desarrolla cierto grado de cementación, lo que hace incrementar su resistencia al corte. Es una cementación pequeña de todas maneras, que se destruye al excavar el material con cualquier equipo.

Por los razonamientos anteriores se concluye que es un material que se puede clasificar de características excelentes para su empleo en presas bajas y con algunas precauciones, también en presas altas, por ejemplo para formar espaldones y quizá núcleos si el costo de su tratamiento no es muy alto.

#### b. Sector del embalse compensador

Las investigaciones en este sector proporcionan un cuadro bastante completo de las posibilidades de explotación de los materiales que se encuentran en el sitio de presa y sus alrededores.

No se encuentra material aluvional, grava y arena, en cantidades aprovechables. Por lo tanto, cualquier material granular a



utilizarse para las construcciones se obtendrá por procesamiento de la roca.

Tampoco se encontraron materiales intermedios como los lahares del valle del río Coca.

En conclusión el sector del embalse compensador está caracterizado solamente por la presencia de los siguientes materiales (Plano 0209-A-1526):

Materiales granulares: procedentes de la roca.

Materiales finos: arcillas limosas y limos arcillosos provenientes de los suelos residuales resultantes de la meteorización de la roca.

- Materiales granulares

A una distancia de 3,5 km, aproximadamente, en dirección NW respecto al embalse y a una cota más alta, se ha reconocido un amplio afloramiento de roca intrusiva, en donde, después de una limpieza superficial será posible explotar cualquier cantidad de material. Este tendrá que ser procesado formando las clases granulométricas necesarias para hormigón, normal o compacto, y en el caso de presa de tierra para formar los espaldones, las transiciones y los filtros.

- Materiales finos

Se ubicaron dos tipos de material, uno procedente de la meteorización de las capas superficiales, cerca de los estribos de la presa y otro de la meteorización de la formación Tena. El primero, limo-arcilloso muy meteorizado, tiene características similares a los suelos limosos que se encuentran en el valle del río Coca. Por las mismas razones presentadas anteriormente, se sugiere no utilizar en la construcción, este suelo por sus pobres características mecánicas. Más interesante es el limo arcilloso de la formación Tena, que tiene contenidos de agua cercanos al óptimo de compactación.

Esta área de préstamo, ubicada en las cercanías del afloramiento de roca intrusiva, aunque no sea muy homogénea, por la existencia de zonas en donde se encuentra un suelo muy plástico y húmedo, no aprovechable para núcleo, de todas maneras puede explotarse para conseguir la cantidad de material que se necesita para el núcleo de la presa (Plano 0209-A-1527).



## 7. PERSPECTIVAS DEL SECTOR ELECTRICO

En este capítulo se hace una descripción del mercado eléctrico en el Ecuador y en él se resume la evolución histórica de los consumos eléctricos, las previsiones de demanda eléctrica y el diagrama de carga del sistema. Además, se hace una descripción de los sistemas de generación y transmisión existentes en el Ecuador de las disponibilidades futuras y las previsiones de expansión a largo plazo de los sistemas de generación y transmisión que han venido considerándose en los estudios del Plan Maestro de Electrificación.

### 7.1 Análisis histórico del consumo eléctrico

El consumo global de energía eléctrica del sector público aumentó alrededor de 9.3 veces entre 1965 y 1986, lo cual representa un crecimiento promedio anual del 11,3%. Dentro de este período, el ritmo de crecimiento del consumo fue incrementándose, habiendo llegado a su valor máximo en el período 1975-1980; desde 1980 se comienza a apreciar una desaceleración en su ritmo de crecimiento.

Tendencias similares pueden observarse al examinar las tasas de crecimiento del consumo y demanda máxima, indicadas a continuación:

TASAS MEDIAS DE CRECIMIENTO (%)				
	1965-1970	1970-1975	1975-1980	1980-1986
Consumo	10,5	11,9	16,9	6,6
Demanda máxima	10,6	10,9	14,9	7,1

Diferentes razones explican el rápido ritmo de crecimiento de la energía eléctrica hasta 1980:

- Durante el quinquenio 1965-1969 comienza a desarrollarse un esquema económico que consistió en buscar un proceso de industrialización, en términos de una estrategia de sustitución de importaciones, el mismo que generó un crecimiento importante del consumo industrial de energía eléctrica. Este proceso se dinamizó en la segunda parte de la década del 70, como un efecto desfasado del "boom" petrolero.
- Con el auge de la explotación y exportación del petróleo, que comienza en 1972, tiene lugar un acelerado ritmo de crecimiento



económico que no tiene precedentes en la historia del Ecuador y que se refleja en una tasa de incremento del Producto Interno Bruto (PIB) del 12,9% en valores constantes de 1975, durante el quinquenio 1970-1974 y de 6% durante el quinquenio 1975-1979, que aumenta la capacidad de compra de electrodomésticos y consecuentemente del consumo de energía eléctrica.

- Sustentados en la creación del Fondo Nacional de Electrificación, desde 1973, se genera un flujo significativo de recursos financieros provenientes de las regalías del petróleo hacia el sector eléctrico. Este flujo de recursos permitió un rápido crecimiento de la capacidad instalada del país, iniciada con la puesta en marcha del Proyecto Hidroeléctrico Pisayambo, continuada con el incremento de la generación térmica en tres centrales a vapor (Estero Salado N° 2 y 3 y Esmeraldas); una central a diesel (Guangopolo); dos centrales a gas (Estero Salado y Santa Rosa); el Proyecto Hidroeléctrico Paute (Fases A y B), y actualmente el Proyecto Agoyán; todo lo cual totaliza 1.108 MW.
- Paralelamente al aumento de la capacidad instalada se desarrollaron proyectos de transmisión de energía eléctrica, mediante la conformación de un Sistema Nacional de Transmisión con líneas de alta tensión a 230 y 138 kV, y la distribución y comercialización de la energía eléctrica a través de los Sistemas Regionales; todo lo anterior hizo posible la cobertura de más amplios sectores de la población, que se refleja en el incremento del porcentaje de población servida del 23,8% en 1966 al 61,5% en 1986.

En contraste con el acelerado crecimiento de la década del 70, durante el período 1980-1986, se aprecia una desaceleración en el ritmo de crecimiento del consumo y de la generación de energía eléctrica, fenómeno coherente con la recesión de la economía ecuatoriana, durante el mismo lapso y que se tradujo en una tasa de crecimiento del PIB de tan sólo el 2,7% (a precios constantes de 1975); incluso en 1983 se tiene una tasa de crecimiento del PIB negativo de -2,8%. Esta situación es consecuencia de la crisis económica originada por los problemas de la deuda externa del país, baja de precios del petróleo, suspensión de las exportaciones de petróleo y las condiciones climatológicas adversas que tuvo que soportar el país en el año 1982-1983.

Resumiendo, se observan 3 períodos claramente diferenciados en cuanto se refiere al mercado de energía eléctrica: el primero comprendido entre 1965-1974 con un crecimiento moderadamente elevado, el segundo de auge inusitado entre 1975 y 1979, y el tercero de desaceleración entre 1980-1986.

## 7.2 Escenarios futuros de la demanda eléctrica

En base a la información histórica disponible en términos de indicadores macroeconómicos, y de mercado eléctrico, así como de las disponibilidades de análisis y procesamientos existentes, se



procedió a determinar la proyección de la demanda del Mercado Eléctrico Ecuatoriano para el período 1987-2.010.

La metodología utilizada corresponde a una proyección a nivel nacional desagregada por sectores de consumo.

La demanda incluye por separado el análisis y previsión del consumo característico y la inclusión de las cargas especiales, habiéndose revisado los valores de los años iniciales considerando la última información obtenida del comportamiento del mercado eléctrico nacional hasta el mes de noviembre del año 1987.

La metodología para la realización de los pronósticos de demanda en los sectores residencial, comercial y otros utiliza los resultados del estudio econométrico realizado en 1986.

Para la proyección del consumo del sector industrial se aplicó una metodología técnico-económica que relaciona proyecciones del valor agregado de las principales ramas del sector manufacturero, multiplicados por las intensidades eléctricas pronosticados para cada rama.

En el caso de la proyección del consumo de iluminación se utilizó el consumo específico (kWh/abonado comercial más residencial) multiplicado por la suma pronosticada del número de abonados proveniente de los sectores residencial y comercial.

A continuación se indican unos aspectos de la información y metodologías utilizadas:

- Las proyecciones de población y sus características se basaron en estimaciones realizadas por el INEC.
- Las hipótesis del crecimiento del PIB adoptadas para los escenarios: favorable 4% y menos favorable 3%, están dentro del rango de variación considerada oficialmente como posible por el CONADE para la evolución económica del país en el período de proyección.
- El efecto del precio de la electricidad en el aumento o disminución de la demanda no se ha tomado en cuenta, debido a la poca representatividad estadística que tuvieron los resultados del estudio econométrico. Se debe anotar además que las diferencias en términos reales entre los aumentos de tarifa y los de la inflación en el período de análisis serán mínimos, de acuerdo con el comportamiento histórico y la expectativa de la política tarifaria.
- Para el sector industrial se ha aplicado una elasticidad PIB-PIB industrial de 1,14 y una estructura que varía poco con relación a la actual, pues las limitaciones de inversión que se prevén, difícilmente permitirán el desarrollo de procesos intensivos de industrialización que hagan variar radicalmente la misma. Una de las variables importantes para el aumento de



la demanda en el sector industrial está constituida por el aumento de intensidad energética en varias ramas manufactureras provenientes de un análisis de la evolución de la misma.

Los aumentos de demanda así obtenidos son consistentes con los procesos de industrialización, urbanización y mecanización que son necesarios para sostener el nivel de vida de la población en escenarios de crecimiento económico moderado positivo.

De los dos escenarios de crecimiento del PIB, se adoptó (ver Capítulo 11) el menos favorable, considerándole el de menor riesgo económico que represente para el equipamiento del sistema eléctrico.

La estructura de la demanda de energía no presenta grandes variaciones en el año horizonte respecto a la actual y este resultado es consistente con las demás hipótesis respecto a cobertura, nivel de industrialización y provisión de servicios para el período de proyección.

El consumo específico pronosticado para el año 2000 es de: 592 y 672 kWh/habitante en los escenarios menos favorable y favorable respectivamente. Esto significa un aumento moderado en relación a la evolución de los consumos específicos que pasó de 320,8 kWh/hab en 1980 a 357 kWh/hab en 1982 y 421 kWh/hab en 1987.

En lo que tiene que ver con el consumo residencial, se puede observar que en el escenario más favorable se contempla para el año 2000 el consumo de 159 kWh/mes/abonado y para el menos favorable 150 kWh/mes/abonado. En 1986 se tuvo un consumo específico de 137 kWh/abonado/mes.

A continuación en los Cuadros 7/1 y 7/2, se presenta un resumen en cada escenario de la proyección de los requerimientos de energía (GWh) y potencia (MW) a nivel de subestación principal del Sistema Nacional Interconectado.

Cabe anotar que estos escenarios de demanda y de energía actualizan y superan los escenarios II y III utilizados durante el estudio de Preselección de Alternativas (ver Capítulo 8) ilustrados en el Plano 0209-A-1528.



Cuadro 7/1

PREVISION DE DEMANDA DE ENERGIA Y POTENCIA  
 ESCENARIO FAVORABLE

Año	Consumo (GWh)	F.P.* (%)	Generación (GWh)	F.C.** (%)	Demanda Máxima (MW)
1987	4.196	17,9	5.113	59,3	984
1988	4.588	17,7	5.576	59,4	1.072
1989	4.879	17,6	5.918	60,1	1.124
1990	5.221	17,4	6.320	60,1	1.201
1991	5.563	17,2	6.717	60,3	1.272
1992	6.000	16,9	7.222	60,0	1.373
1993	6.373	16,8	7.655	60,5	1.445
1994	6.760	16,6	8.105	60,6	1.527
1995	7.163	16,4	8.573	60,7	1.613
1996	7.557	16,3	9.031	60,9	1.693
1997	7.942	16,1	9.464	61,1	1.769
1998	8.432	15,9	10.030	60,8	1.882
1999	8.801	15,8	10.451	61,4	1.943
2000	9.365	15,6	11.091	61,0	2.076
2001	9.829	15,4	11.615	61,4	2.160
2002	10.359	15,2	12.220	61,3	2.274
2003	10.933	15,0	12.666	61,4	2.392
2004	11.466	14,8	13.463	61,7	2.492
2005	12.049	14,7	14.120	61,6	2.616
2006	12.653	14,5	14.795	61,7	2.735
2007	13.249	14,3	15.464	61,9	2.852
2008	13.866	14,1	16.144	62,0	2.971
2009	14.442	14,0	16.790	62,2	3.083
2010	15.240	13,8	17.675	61,9	3.259

## TASAS DE CRECIMIENTO POR PERIODOS

Períodos	Consumo	Generación	Demanda Máxima
1987 - 1990	7,56	7,32	6,87
1990 - 1995	6,53	6,29	6,08
1995 - 2000	5,50	5,29	5,18
2000 - 2005	5,17	4,95	4,73
2005 - 2010	4,81	4,59	4,49

\*: F.P. = Factor de Pérdidas.

\*\*: F.C. = Factor de Carga.



Cuadro 7/2

PREVISION DE DEMANDA DE ENERGIA Y POTENCIA  
ESCENARIO MENOS FAVORABLE

Año	Consumo (GWh)	F.P. (%)	Generación (GWh)	F.C. (%)	Demanda Máxima (MW)
1987	4.178	17,9	5.091	59,5	978
1988	4.514	17,7	5.486	59,7	1.049
1989	4.766	17,6	5.781	60,3	1.094
1990	5.034	17,4	6.093	60,4	1.151
1991	5.306	17,2	6.406	60,6	1.207
1992	5.665	16,9	6.817	60,3	1.290
1993	5.969	16,7	7.168	60,7	1.348
1994	6.281	16,6	7.528	60,8	1.413
1995	6.607	16,4	7.904	60,9	1.482
1996	6.904	16,3	8.248	61,2	1.540
1997	7.216	16,1	8.596	61,2	1.603
1998	7.538	15,9	8.964	61,3	1.670
1999	7.873	15,8	9.347	61,4	1.738
2000	8.255	15,5	9.773	61,4	1.817
2001	8.606	15,3	10.166	61,6	1.885
2002	8.971	15,2	10.579	61,7	1.959
2003	9.354	15,0	11.004	61,7	2.035
2004	9.754	14,8	11.449	61,8	2.114
2005	10.171	14,6	11.915	61,8	2.199
2006	10.577	14,4	12.363	62,0	2.276
2007	11.002	14,3	12.837	62,1	2.361
2008	11.444	14,1	13.319	62,2	2.444
2009	11.903	14,0	13.834	62,2	2.538
2010	12.383	13,7	14.357	62,3	2.630

TASAS DE CRECIMIENTO POR PERIODOS

Períodos	Consumo	Generación	Demanda Máxima
1987 - 1990	6,41	6,17	5,58
1990 - 1995	5,59	5,34	5,19
1995 - 2000	4,55	4,34	4,16
2000 - 2005	4,26	4,04	3,89
2005 - 2010	4,01	3,80	3,64

### 7.3 Curva de carga diaria del sistema

Información complementaria a la evolución futura de la demanda de energía y potencia máxima en el SNI, constituye la curva de carga diaria, la misma que describe la fluctuación de la carga del sistema en diferentes instantes del día.

Para los fines de los estudios del Proyecto Coca-Codo Sinclair, la curva de carga diaria está caracterizada mediante una curva de



duración de cargas representadas en un histograma de tres bloques: base, semibase y punta, con sus correspondientes horas de duración. Esta modulación de la carga es deducida en función de la tendencia que muestran los factores de forma de la carga de cada año de la serie histórica, así como en metas y más datos establecidos en las proyecciones de la demanda.

En la Figura 7/1 siguiente se tiene la curva de duración de carga representativa del SNI.

De la figura se deduce que la carga pico tiene una duración de tres horas y que la relación carga mínima y carga máxima es de 43%. El factor de carga es de 0,64.

#### 7.4 Situación eléctrica del país

El sector eléctrico en el país está constituido de la siguiente manera:

- Sistema Nacional Interconectado (SNI) operado directamente por INECEL. Este sistema está formado por grandes centrales de generación y su sistema de transmisión asociado.
- Las Empresas Eléctricas, que son entidades regionales, comercializan la energía del SNI y la generada por sus propias plantas. En el país operan 14 Empresas Eléctricas, 1 Cooperativa de Electrificación Rural y una Empresa con capitales privados. Con el objeto de alcanzar la Integración Eléctrica Regional, se ha definido la conformación de 9 sistemas regionales, que reúnen a las Empresas Eléctricas.
- El servicio eléctrico de localidades específicas está bajo la administración de los Municipios. Se identifica también el servicio de Oriente y Galápagos.

El sector eléctrico público está constituido por lo tanto por el SNI, Sistemas Regionales, Municipios y Oriente-Galápagos.

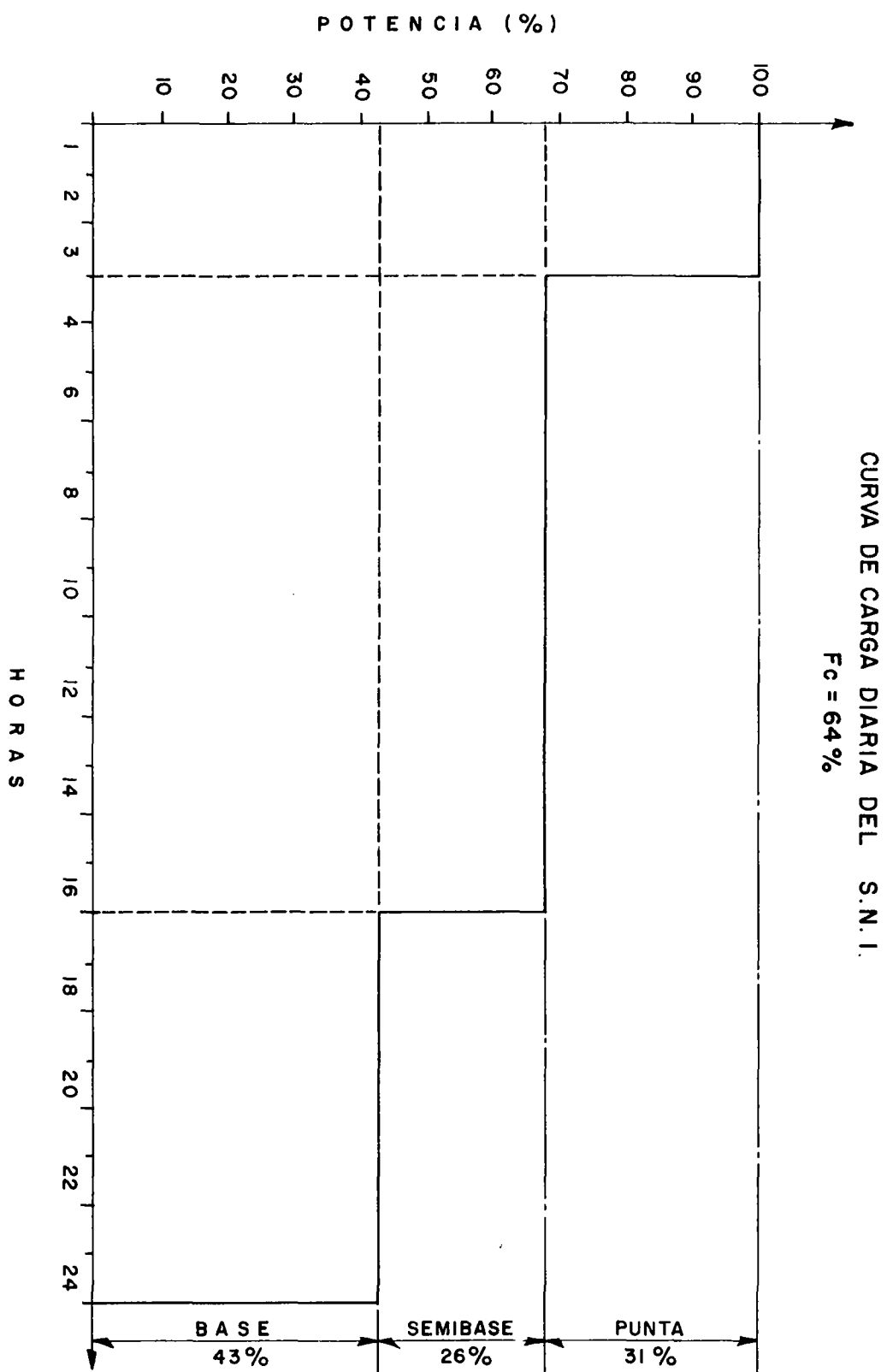
El total nacional del servicio eléctrico es la suma del sector público y los denominados autoproductores.

Por lo que se refiere al desarrollo futuro de la generación eléctrica el criterio guía está basado en el aprovechamiento prioritario de los recursos hidráulicos, los mismos que a más de cubrir los incrementos de la demanda eléctrica nacional, permitirán sustituir la generación de las plantas termoeléctricas.

Sin embargo, el aspecto económico-financiero constituye en la actualidad uno de los problemas de mayor preocupación del sector eléctrico para enmarcar su desarrollo dentro de la situación del país, y de sus posibilidades de implementación.

7.4.1 Sistema de generación existente La capacidad instalada o nominal en las centrales de generación en el Ecuador, a







enero de 1987, alcanza un valor de 1.797 MW, de los cuales 753,2 MW (42%) corresponden a centrales hidroeléctricas y 1.044 MW (58%) a centrales termoeléctricas.

Es importante anotar que la potencia efectiva disponible a la fecha indicada alcanza el valor de 1.415 MW, de los cuales 618,7 MW (44%) corresponden a las centrales hidroeléctricas y 796,7 MW (56%) a las termoeléctricas.

El Cuadro 7/3 muestra la estructura del parque generador existente por entidades propietarias y tipos de centrales.

7.4.2 Proyectos de generación en construcción Las centrales eléctricas que deberán iniciar su operación antes de 1995 (corto plazo) con inclusión de la Central Agoyán recién concluida y puesta en operación, son:

Nombre de la Central	Potencia Instalada (MW)	Fecha de entrada en operación
Pastaza-Agoyán	156	agosto 1987
Paute I-Fase C	575	octubre 1991-1992
Daule-Peripa	130	octubre 1994

De acuerdo a la actual previsión de la demanda eléctrica, con las centrales en construcción, se prevé cubrir la demanda hasta el año 1995.

7.4.3 Proyectos de generación disponibles para incorporarse al SNI a partir de 1995 En los estudios del Plan Maestro de Electrificación realizados en el año 1984, se llegó a determinar un catálogo de proyectos hidroeléctricos y termoeléctricos a ser contemplados en los estudios de expansión del sistema de generación en un mediano y largo plazo. De este catálogo de proyectos y en base a los índices económicos, el nivel de estudios y la factibilidad técnica de cada proyecto, se llega a seleccionar un grupo de 23 aprovechamientos hidroeléctricos y 5 termoeléctricos, los que serán considerados como proyectos alternativos para conformar el programa de expansión de costo mínimo.

En el Cuadro 7/4 se transcriben todos los proyectos tanto hidroeléctricos como termoeléctricos que conforman el catálogo mencionado. En este cuadro los proyectos son caracterizados por la potencia instalada, los años de construcción, el nivel de estudio y la fecha más temprana posible de su entrada en operación.



Cuadro 7/3

CAPACIDAD INSTALADA NOMINAL DEL PAIS EN MW  
ENERO DE 1987

Tipo de Central	Propietario						Total Nacional
	SNI	Sistemas Regionales	Municipios	Oriente y Galápagos	Total de Servicio Público	Autoprodutores	
. Hidroeléctrica	569,20(1)	166,31(2)	2,64	0,48	738,63	14,60	753,23
. Termoeléctrica	375,50	519,68(3)	0,92	18,12	914,22	129,80	1.044,02
- Vapor (Bunker)	217,00	63,00	-	-	334,00	-	334,00
- Diesel (Diesel)	-	204,28	0,92	18,12	223,32	129,80	353,12
- Diesel (Bunker)	31,20	124,10	-	-	155,30	-	155,30
- Gas (Diesel)	73,30	128,30	-	-	201,60	-	201,60
TOTAL	944,70	685,99	3,56	18,60	1.652,85	144,40	1.797,25
(%)	52,56	38,17	0,20	1,04	91,97	8,03	100,00

- (1) En agosto/87 entra a operar el Proyecto Agoyán, incrementando las disponibilidades del SNI en 156 MW instalados.
- (2) Se incluyen pequeñas centrales con capacidades entre 150 y 500 kW para un total de 4,13 MW y con capacidades menores de 150 kW para un total de 0,39 MW.
- (3) - Se incluyen los grupos que serán trasladados, en el transcurso de 1987, en el Oriente y Galápagos (18,10 MW).  
- No se incluyen las centrales con capacidades menores a 300 kW (5,18 MW).



Cuadro 7/4

---

 PROYECTOS A CONSIDERARSE EN EL EQUIPAMIENTO DEL SNI A PARTIR DE 1995
 

---

Proyectos Hidroeléctricos	Potencia (MW)	Años de construcción	Nivel de estudio	Operación Posible
Mazar	180	6	Diseño	oct-1996
Chespi	165	5	Factibilidad	oct-1997
San Francisco	210	4	Prefactibilidad	oct-1996
Sopladora	400	4	Prefactibilidad	oct-1997
Villadora	300	6	Factibilidad	oct-1998
Toachi	300	6	Diseño	oct-1996
Minas	350	6	Factibilidad	oct-1998
Marcabeli	155	6	Prefactibilidad	oct-2001
LL. Muyo	100	4	Inventario	oct-2002
Chambo	240	4	Inventario	oct-2002
Cardenillo	700	5	Inventario	oct-2003
Gualaquiza	680	5	Prefactibilidad	oct-2001
Codo Sinclair*	340-1.940	7-8	Factibilidad**	oct-2001
Negro	90	5	Inventario	oct-2003
Cascabel	280	4	Inventario	oct-2002
Topo A.	300	6	Inventario	oct-2004
El Retorno	280	5	Inventario	oct-2003
San Miguel	1.600	8	Inventario	oct-2006
San Antonio	960	7	Inventario	oct-2005
Cedroyacu	250	6	Inventario	oct-2004
Catachi	720	7	Inventario	oct-2005
Naiza	840	8	Inventario	oct-2006
Verdeyacuchico	1.120	8	Inventario	oct-2006
Proyecto Termoeléctricos				
Turbogas-Diesel	25	2		oct-1994
Turbogas-Diesel	45	2		oct-1994
Turbogas-Diesel	60	2		oct-1994
Vapor-Bunker	125	4		oct-1994
Vapor-Bunker	300	4		oct-1994

---

 \*: Según las alternativas.    \*\*: En curso.
 

---

**7.4.4 Sistema de transmisión existente o de inmediata construcción** A través del Sistema Nacional Interconectado se entrega actualmente energía en bloque a nivel de subestaciones a las empresas eléctricas, integrando así a las provincias de la sierra y costa del país.

La interconexión con la región oriental del país, está realizándose a través de líneas radiales a 138 kV que interconectarán la zona norte, centro y sur de la región oriental del país.



El desarrollo del Sistema Nacional de Transmisión ha venido efectuándose en base a la construcción de paquetes de obras definidos en fases. En la actualidad operan las fases de transmisión Pisayambo, A, B, C1 y C2. En total, estas fases han permitido configurar un esquema de 1.338 km de líneas, de las cuales 615 km corresponden a un voltaje de 230 kV, y 723 km a 138 kV. En transformación están operando subestaciones con una capacidad total de 2.848 MVA. De este valor, 1.414 MVA corresponde a subestaciones de reducción y 1.434 MVA a subestaciones de elevación (véase Figura 7/2).

El sistema de subtransmisión a inicios de 1987 estuvo conformado por 3.300 km de líneas, de las cuales 2.012 km operan a 69 kV, 174 km a 46 kV, 444 km a 34,5 kV y 670 km a 22 kV. Se dispone además, de una capacidad total de subestaciones igual a 1.740 MVA, entre transformadores de elevación y reducción.

Las redes de distribución de las empresas eléctricas y sistemas eléctricos aislados permitieron atender en 1986 a 1'086.481 abonados.

7.4.5 Sistema de transmisión futuro En base a los estudios realizados por la Dirección de Planificación, se ha llegado a definir el programa de obras a ser ejecutado en el corto y mediano plazo, cuyo detalle se indica a continuación.

La Fase C3 prevé la instalación de 205 km en líneas de 230 kV, 501 km en líneas de 138 kV y 300 MVA (de capacidad OA), en subestaciones de reducción. Estas obras permitirán integrar al SNI los Sistemas Regionales de El Oro y Sur y las áreas de Tulcán, Santa Elena y Riobamba.

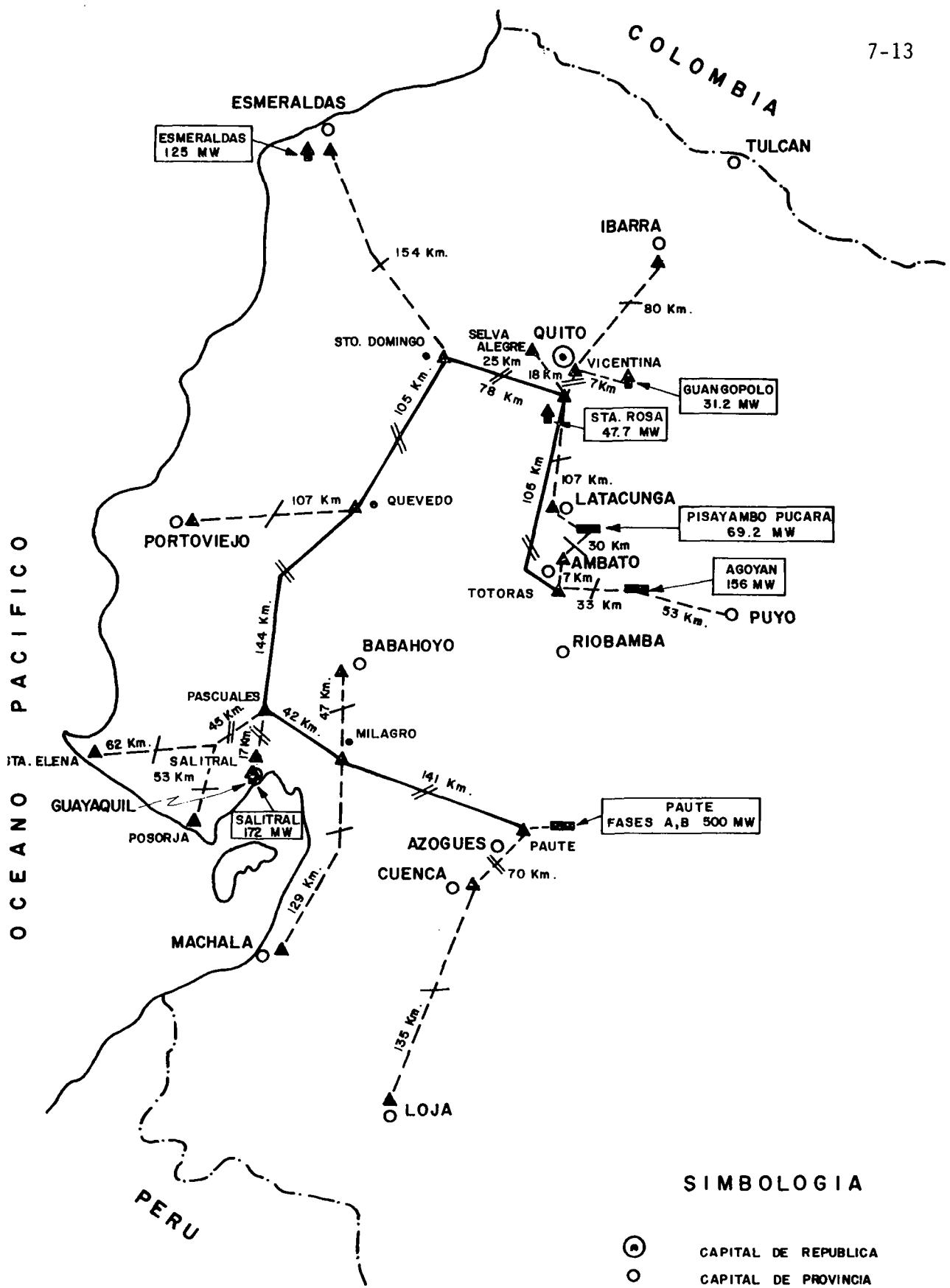
La Fase D1 tiene por objetivo suministrar la energía del SNI hacia las áreas de Latacunga, Babahoyo y sistema eléctrico oriental de la provincia de Zamora Chinchipe, a niveles de tensión de 138 kV; abastecer las necesidades de Guayaquil desde otro punto de alimentación a 230 kV, y mejorar las condiciones de operación del SNI.

La Fase D2 comprende la construcción de la línea Paute-Pascuales a 230 kV, que tiene por finalidad evacuar adecuadamente los 500 MW de potencia adicional de la Central Hidroeléctrica Paute; además, dará mayor confiabilidad al servicio eléctrico del país y mejorará las condiciones de operación del SNI. La línea está prevista operar en concordancia con la operación de la ampliación del Proyecto Hidroeléctrico Paute (Fase C).

El Sistema Cuenca-Limón tiene como objetivo integrar la provincia de Morona Santiago al servicio eléctrico del SNI, mediante la construcción de 70 km de línea a 138 kV, para que opere inicialmente a 69 kV, desde la subestación Cuenca.

El Sistema Daule-Peripa facilitará la evacuación de la potencia





SIMBOLOGIA

- ⊙ CAPITAL DE REPUBLICA
- CAPITAL DE PROVINCIA
- CABECERA CANTONAL
- ▬ CENTRAL HIDRAULICA
- ▲ CENTRAL TERMICA
- / LINEA SIMPLE CIRCUITO
- // LINEA DOBLE CIRCUITO
- ▲ SUBESTACION
- LINEA DE TRANSMISION 230 kv
- - - LINEA DE TRANSMISION 138 kv

SISTEMA NACIONAL DE TRANSMISION

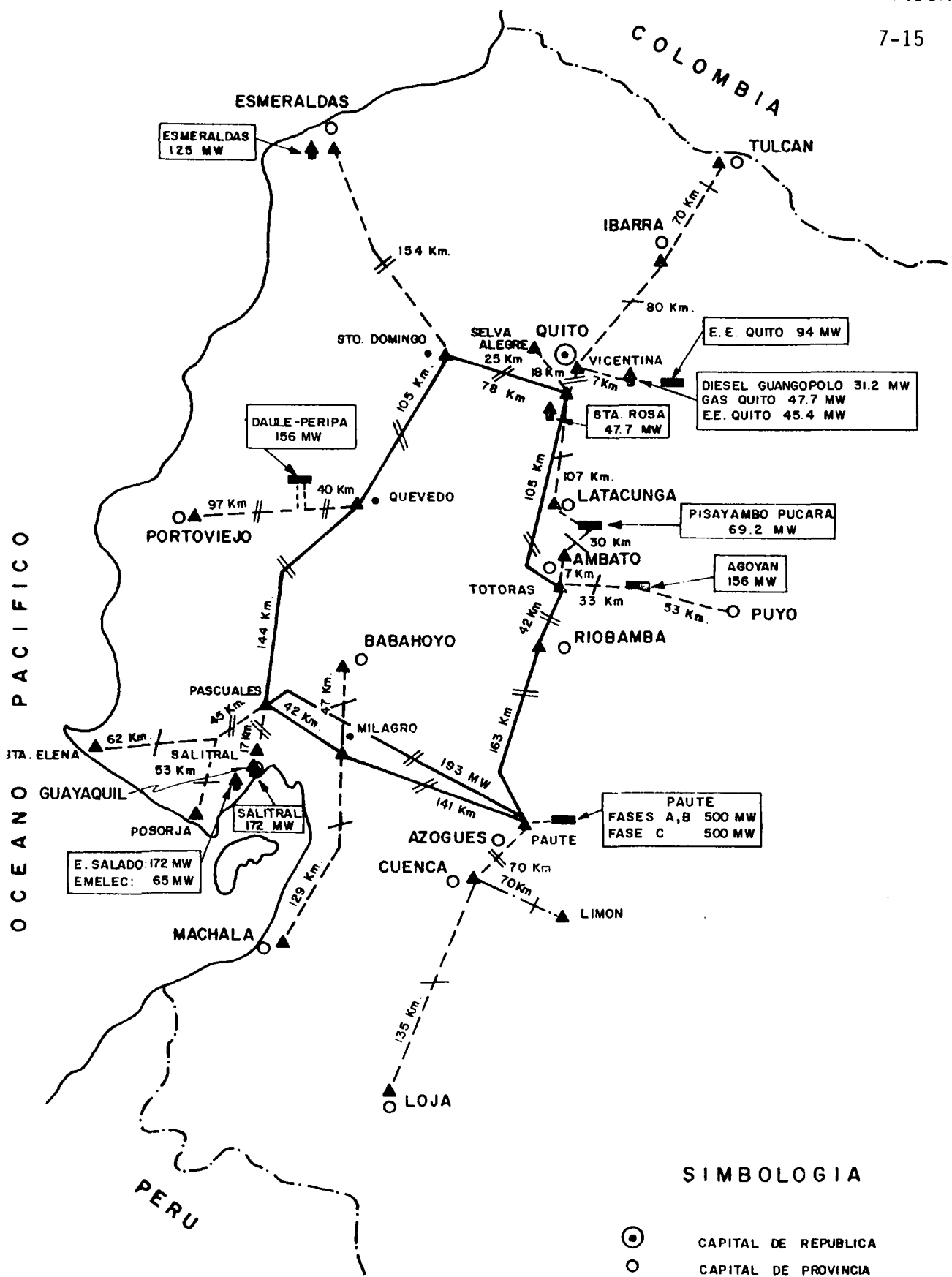
AÑO 1987



hidroeléctrica del Proyecto Daule-Peripa con 15 km de dos líneas a 138 kV y 4 posiciones de 138 kV en la subestación.

Con la operación de las obras programadas, el sistema nacional de Transmisión para el año 1994, tendrá la configuración que se muestra en el Figura 7/3. A partir del año 1995, la expansión del sistema de transmisión está sujeta a la decisión que INECEL tome respecto al programa de obras de generación del mediano y largo plazo.





# SIMBOLOGIA

- ⊙ CAPITAL DE REPUBLICA
- CAPITAL DE PROVINCIA
- CABECERA CANTONAL
- ▬ CENTRAL HIDRAULICA
- ▲ CENTRAL TERMICA
- LINEA SIMPLE CIRCUITO
- == LINEA DOBLE CIRCUITO
- ▲ SUBESTACION
- LINEA DE TRANSMISION 230 kv
- - - LINEA DE TRANSMISION 138 kv
- · - LINEA DE TRANSMISION 138 / 69 kv

**SISTEMA NACIONAL DE TRANSMISION  
INTERCONECTADO AÑO 1994**



## 8. ESQUEMAS ALTERNATIVOS ANALIZADOS Y PRESELECCIONADOS

En este capítulo se describen brevemente los esquemas alternativos analizados, las etapas de estudio y los criterios adoptados para llegar a la preselección de los esquemas más interesantes. Para mayores detalles se hace referencia al Anexo K "Preselección de Alternativas".

### 8.1 Antecedentes e identificación de alternativas

8.1.1 Antecedentes A fines del año 1970 se realizaron los primeros estudios preliminares de la cuenca del río Coca, con el fin de identificar los aprovechamientos hidroeléctricos más atractivos de la misma.

Entre los estudios anteriores asumen importancia particular aquellos que culminaron en 1977 con el Estudio de Prefactibilidad de la Cuenca del río Quijos-Coca. Según este estudio el esquema global más interesante resultó el constituido por los cinco aprovechamientos basados desde aguas arriba en las presas siguientes: Borja (1.812 m de nivel agua máximo), El Chaco (1.614), Balsas (1.491), Salado (1.385) y Malo (1.264). Como secuencia óptima del desarrollo se recomendó la siguiente: Salado, Malo-Codo Sinclair, El Chaco, Balsas y Borja.

Siempre durante el Estudio de Prefactibilidad, el aprovechamiento Malo-Codo Sinclair fue a su vez analizado con diferentes alternativas de aducción directas a un compensador, ubicado en la quebrada Granadillas, e indirectas a compensadores en los ríos Isango y Negro, para llegar sucesivamente al Codo Sinclair.

8.1.2 Identificación de las alternativas En base a los estudios anteriores, al marco contractual y a una exploración sistemática de las diferentes posibilidades, se identificaron, al comienzo del presente estudio, a lo largo del río Coca entre la confluencia con el río Salado y el Codo Sinclair, los esquemas alternativos ilustrados en los Planos 0209-A-1529 y 0209-A-1530.

Los esquemas identificados resultan de las combinaciones de obras razonablemente considerables con una gama de valores dimensionales en sus distintas ubicaciones topográficas, solas o coexistiendo con otras. El número de los esquemas aparentemente muy alto obedece a la lógica antedicha.

Los esquemas se agrupan en familias representadas por letras romanas mayúsculas que indican ubicación de la(s) presa(s) derivadora(s) y de la(s) casa(s) de máquinas; posteriormente se identifi-



can con números que indican la cota máxima de la(s) presa(s) y a su vez con letras griegas minúsculas que indican diferentes trazados del (de los) túnel(es) de aducción.

A continuación se ilustran brevemente las familias de esquemas:

- Los esquemas A-AØ se refieren a un sistema de dos aprovechamientos, Salado y Malo-Codo Sinclair, donde la secuencia constructiva es generalmente la siguiente: primero Salado y después Malo-Codo Sinclair, con excepción de los esquemas A4 y A6 (solución con filo de agua en el Malo), donde se prevé antes la construcción del Malo-Codo Sinclair y sólo sucesivamente (si se considera oportuna), la del Salado. La diferencia entre los esquemas AØ y A consiste solamente en la ubicación del eje de la presa Malo que se desplaza del sitio identificado en los estudios anteriores M0 al sitio M1 ó M2, inmediatamente aguas arriba de la confluencia, para reducir el riesgo relacionado a problemas, sea de estabilidad o de volcanismo, debido a la actividad antigua y reciente del volcán Reventador.
- Los esquemas B prevén un solo aprovechamiento Salado-Codo Sinclair con presas altas o con toma a filo de agua en el sitio Salado.
- Los esquemas C-CØ prevén un solo aprovechamiento Malo-Codo Sinclair con presas altas o con toma a filo de agua (primera etapa de los esquemas A4 al A6). También en este caso la diferencia entre los esquemas C y CØ consiste en el desplazamiento del eje de presa Malo del sitio M0 al sitio M1 ó M2, para presas altas, y al sitio M1, para toma a filo de agua.
- Los esquemas D-DØ, E, F-FØ están caracterizados exactamente por las mismas obras de presa de los esquemas A-AØ, B y C-CØ respectivamente, pero combinadas con distintos trazados de aducción y por la introducción de un doble salto a lo largo de las mismas.

Para altura de presas en los diferentes sitios se adoptó como valor máximo el resultante de los estudios anteriores, sea de Inventario como de Prefactibilidad y, como valor mínimo, obviamente el relacionado a soluciones a filo de agua.

Como alternativas de trazado del túnel de aducción desde Salado o Malo hacia el Codo Sinclair, se identificaron las directas al compensador, ubicado en la quebrada Granadillas, o a la chimenea de equilibrio, y las indirectas a los tributarios del río Machacuyacu, Negro e Isango. Para las familias de esquemas en doble salto (esquemas D, E y F), las alternativas de trazado del túnel dependen de la posición de la casa de máquinas aguas abajo de la cascada San Rafael.



## 8.2 Preselección inicial de alternativas

El número muy grande de alternativas ilustradas en el párrafo anterior pudo ser preliminarmente reducido analizando separadamente los diferentes parámetros u obras componentes que constituyen cada alternativa.

Examinando los esquemas alternativos ilustrados en los Planos 0209-A-1529 y 0209-A-1530 se puede observar que:

- Una serie de alternativas corresponde a la elección del sitio de la presa Malo.
- Otra serie de alternativas corresponde a la selección del trazado de aducción con chimenea o embalse(s) compensador(es).
- La mitad de las alternativas (esquemas de D a F) corresponden a soluciones en doble salto, idénticas en sus obras de presa/derivación a las soluciones en salto simple (esquemas de A a C).

Utilizando diferentes criterios relacionados a morfología, riesgo geovulcanológico, economía, analogía, etc, se hizo por eliminación una primera preselección de alternativas.

### 8.2.1 Criterios para la eliminación de alternativas

#### a. Sitios alternativos de la presa Malo

A lo largo del río Coca, en proximidad de la confluencia del río Malo, se identificaron para la ubicación de una presa tres sitios nombrados respectivamente Malo M0, Malo M1 y Malo M2.

- El eje M0, aguas abajo de la confluencia con el río Malo, coincide con el eje del estudio anterior de prefactibilidad.
- El eje M1 se ubica inmediatamente aguas arriba de la confluencia con el río Malo.
- El eje M2 se ubica unos 2 kilómetros aguas arriba del eje M1.

Los sitios alternativos de la presa Malo se compararon bajo criterios relacionados al riesgo geovulcanológico y bajo criterios económicos.

De un lado el sitio Malo M0 permite utilizar las aguas del río Malo, con un aumento moderado de producción de energía variable de 1 a 2 por ciento respecto a los sitios Malo M1 y M2; del otro, se encuentra sujeto a un mayor riesgo geovolcánico y a la posible presencia de material inestable en la cuenca del río Malo.

Por estas últimas razones que anulan las reducidas ventajas económicas, se decidió eliminar el sitio Malo M0 (y por lo tanto los esquemas A, C, D y F) en la continuación de los estudios.



b. Embalses compensadores alternativos

Para el estudio preliminar del trazado de aducción se hizo una investigación sistemática de los posibles sitios para embalses compensadores, identificándose en total más de diez a lo largo de la quebrada Granadillas y de los ríos Negro e Isango.

Haciendo una comparación de los diferentes sitios, solamente en base a criterios morfológicos, hidráulicos y sedimentológicos, se descartaron todos los sitios ubicados a lo largo de los ríos Negro e Isango, quedando para la continuación de los estudios solamente los sitios principales de la quebrada Granadillas.

c. Esquemas con aducción directa desde el embalse de acumulación

Entre los esquemas alternativos contemplados, los llamados B, C y CØ, tienen una aducción directa desde un embalse de acumulación en el río Coca hasta el Codo Sinclair; estos esquemas por razones morfológicas no pueden ser asociados a compensadores.

Debido a la eliminación de los esquemas C (ver punto a. de este numeral), se hizo una comparación económica preliminar entre los esquemas con presa en el sitio Salado (esquemas B) y los esquemas con presa en los sitios Malo M1 y M2 (esquemas CØ).

En términos de beneficio neto actualizado, el beneficio debido a la mayor producción de energía de los esquemas B, respecto a los esquemas CØ, no compensa el correspondiente incremento de costo debido esencialmente a la diferencia del largo de los túneles; por lo tanto, se decidió eliminar en la continuación de los estudios los esquemas B, y análogamente los homólogos E en doble salto.

8.2.2 Alternativas eliminadas En base a todos los puntos ilustrados en el numeral anterior, de todas las alternativas anteriormente descritas quedan eliminadas en esta etapa de preselección inicial, las siguientes:

- Todas las alternativas de los esquemas A, B, C, D, E y F.
- Las subalternativas γ de los esquemas AØ y DØ.
- Las subalternativas α y γ de los esquemas CØ y FØ.

8.2.3 Alternativas inicialmente preseleccionadas Con las eliminaciones descritas en el párrafo anterior, queda un número bastante reducido de alternativas con relación al número inicial de las mismas. A este número hay que añadir una nueva serie que diferencia los sitios Malo M1 de los sitios Malo M2.

Para cada alternativa se consideran como subalternativas las que corresponden a:

- Existencia de chimenea de equilibrio o de embalse compensador, cuando hay la posibilidad de este último.



- Variaciones del factor de planta (0,5, 0,7 y 1) según lo acordado con la Dirección de Planificación de INECEL.

Las alternativas que quedan para la preselección final (ver párrafos siguientes) son de aquí en adelante identificadas con una nueva denominación, en donde:

- La primera letra corresponde más o menos a la denominación anterior de los esquemas, o sea A por AØ y C por CØ.
- Luego, con M1 o M2 se indica el sitio de la presa Malo.
- Al final se indica una cifra que numera la alternativa dentro de la serie considerada.

En el Cuadro 8/1 se resumen las alternativas inicialmente preseleccionadas a las cuales en el curso del estudio se han añadido las homólogas más atractivas dentro de los esquemas en doble salto, anteriormente definido DØ y FØ.

### 8.3 Criterios para la preselección final de alternativas

En este párrafo se describen los criterios técnicos, las obras típicas y los criterios económicos adoptados para la preselección final de alternativas.

Los criterios técnicos se refieren esencialmente a: las condiciones geomorfológicas de las alternativas, los aportes y las crecidas adoptadas, los factores de planta analizados y la determinación de potencia y energía.

La utilización de obras típicas, cuando sea posible, se requiere para una suficiente homogeneidad comparativa de las alternativas.

Los criterios económicos se refieren a la metodología utilizada para la determinación comparativa de los costos de las alternativas y la evaluación de los correspondientes beneficios tomando en cuenta las curvas de demanda de potencia y de energía.

Cabe subrayar que los criterios y las obras típicas que se describen a continuación, fueron escogidos para la fase de preselección de alternativas, siendo sucesivamente actualizados y afinados en la fase del estudio final de alternativas (ver Capítulos de 9 a 12).

#### 8.3.1 Criterios técnicos

##### a. Condiciones geomorfológicas

Las alternativas preseleccionadas en el punto 8.2.3, se implantan generalmente en un marco común de condiciones geomorfológicas.



Cuadro 8/1

## ALTERNATIVAS Y SUBALTERNATIVAS A ESTUDIARSE PARA LA PRESELECCION FINAL

Denominación Alternativa	ALTERNATIVAS			SUBALTERNATIVAS								
	Presa principal		Presa contraembalse o a filo de agua	Chimenea			Compensador			Chimenea		
	Cota máxima de embalse	Vol. útil hm <sup>3</sup> (1)		F.P. Salado			F.P. Malo			F.P. Malo		
				0,5	0,7	1	0,5	0,7	1	0,5	0,7	1
A-M1-1	Salado 1.385	908	M1 contraembalse	x (2)	x (2)	x	x	x	-	x	x	x
2	Salado 1.365	588	M1 contraembalse	x	x	x	x	x	-	x	x	x
3	Salado 1.345	336	M1 contraembalse	x	x	x	x	x	-	x	x	x
4	Salado 1.385	908	M1 filo de agua	- (3)	- (3)	x	x	x	-	-	-	x
5	Salado 1.365	588	M1 filo de agua	-	-	x	x	x	-	-	-	x
6	Salado 1.345	336	M1 filo de agua	-	-	x	x	x	-	-	-	x
A-M2-1	Salado 1.385	908	M2 contraembalse	x	x	x	x	x	-	x	x	x
2	Salado 1.365	588	M2 contraembalse	x	x	x	x	x	-	x	x	x
3	Salado 1.345	336	M2 contraembalse	x	x	x	x	x	-	x	x	x
4	Salado 1.385	908	M2 filo de agua	-	-	x	x	x	-	-	-	x
5	Salado 1.365	588	M2 filo de agua	-	-	x	x	x	-	-	-	x
6	Salado 1.345	336	M2 filo de agua	-	-	x	x	x	-	-	-	x
C-M1-1	M1 1.345	968	-				-	-	-	x	x	x
2	M1 1.325	608	-				-	-	-	x	x	x
3	M1 1.305	328	-				-	-	-	x	x	x
4	-	-	M1 filo de agua				x	x	-	-	-	x
C-M2-1	M2 1.355	963	-				-	-	-	x	x	x
2	M2 1.335	618	-				-	-	-	x	x	x
3	M2 1.315	333	-				-	-	-	x	x	x
4	-	-	M2 filo de agua				x	x	-	-	-	x

(1) Corresponde al volumen muerto de 132 hm<sup>3</sup> del Estudio Sedimentológico de INECOL de 1984, aumentado de un 20%.

(2) El contraembalse en el sitio Malo permite la regulación diaria de los caudales turbinados en el Salado, sin mucha fluctuación de nivel. Entonces el factor de planta para Salado no influye en el cálculo del sistema Malo.

(3) Las alternativas A-M1-4, 5, 6 y A-M2-4, 5, 6 no tienen posibilidad de regulación diaria de los caudales turbinados por la presa Salado. En estos casos la planta Salado funciona con FP = 1.

x Subalternativa por estudiar.

- Subalternativa descartada.



Los sitios de las obras de captación Malo M1 y Malo M2, se encuentran en condiciones geomorfológicas similares; valle ancho de 600 a 800 metros, inclinación de las laderas en la formación Misahualí de aproximadamente 40-45°, colchón aluvial en el fondo del valle de unos 200 m de espesor. En este mismo marco general el sitio Salado presenta la peculiaridad de tener un tanto al centro de la sección una intrusión de granodiorita que divide en dos el colchón aluvial.

Las obras de aducción, de caída y de casas de máquinas, todas en subterráneo, se encuentran en su mayoría en la formación volcánica Misahualí, con excepción de las alternativas con aducción directa, del tramo de aducción y de tubería de presión, en las cercanías del compensador o de la chimenea de equilibrio, que se encuentra en la formación sedimentaria Hollín.

El sitio del compensador en la quebrada Granadillas se caracteriza por una garganta bien estrecha en su parte baja, localizada en la formación Hollín, que se ensancha en la parte superior de las laderas constituidas por la formación Napo.

#### b. Aportes y crecidas adoptadas

Para la fase de preselección de alternativas, en espera de la finalización de los estudios hidro-sedimentológicos del presente proyecto, se hizo referencia a los estudios anteriores.

En particular, para los aportes se utilizaron los valores que constan en el "Estudio de Actualización del Informe del Proyecto Coca" INECEL, julio de 1984, en base al cual en el sitio Salado (y prácticamente los sitios Malo M1 y M2) el caudal promedio resultaba de 328,4 m<sup>3</sup>/s y el caudal diario al 90% de 157 m<sup>3</sup>/s.

Para las crecidas se adoptaron los valores del Estudio de Prefactibilidad anterior de 1977, es decir 4.000 m<sup>3</sup>/s (creciente con período de ocurrencia de 20 años) para el sistema de desvío y 11.000 m<sup>3</sup>/s (creciente con período de ocurrencia de 10.000 años) para los vertederos.

#### c. Factores de planta analizados

Considerando que la mayoría de las alternativas de este Proyecto resultan más atractivas trabajando preferentemente de base, tomando en cuenta las recomendaciones del Grupo Consultivo y de la Dirección de Planificación de INECEL, se decidió asociar para cada alternativa, siempre que sea técnica y económicamente factible, los tres factores de planta siguientes: 0,5, 0,7 y 1.

#### d. Determinación de energía y potencia

La energía y la potencia para cada alternativa, se determinaron en base a las definiciones siguientes:



- Energía firme: la energía producida cada año con una garantía temporal al 90%; la garantía se relaciona a valores de aportes diarios para presas a filo de agua y a valores de aportes mensuales para presas de acumulación.
- Potencia instalada: la potencia continua al 90% del tiempo dividida para el factor de planta.

8.3.2 Obras típicas Las obras típicas descritas a continuación son ilustradas en los Planos de 0209-A-1531 a 0209-A-1533.

a. Presas de acumulación y obras anexas

Para todas las presas de acumulación en el valle del río Coca, se consideró prácticamente la misma sección típica, con núcleo inclinado y la misma cortina de inyecciones de la presa del Salado, resultado del Estudio de Factibilidad anterior. La pendiente de los paramentos de esta sección típica fueron: 2,5 sobre 1 para el talud de aguas arriba y 2,2 sobre 1 para el talud de aguas abajo, con bermas a un tercio de la altura, de ancho variable entre 50 y 90 m.

Los vertederos, estudiados para crecida de 10.000 años, siempre fueron considerados al exterior, controlados con compuertas con caída libre a lo largo de una estructura en hormigón con trampolín en su parte terminal.

Los sistemas de desvío, estudiados para una crecida de 20 años, contemplan una ataguía de aguas arriba de unos 30 metros de alto y dos túneles revestidos en hormigón diseñados para una velocidad máxima del agua de 20 m/s. Uno de los túneles sería posteriormente bloqueado con un tapón, mientras que el segundo sería utilizado como descarga de fondo diseñada para un caudal de unos 350 m<sup>3</sup>/s para el nivel mínimo de operación del embalse.

b. Presas a filo de agua o contraembalse

En los sitios de las presas a filo de agua o contraembalse Malo M1 y M2, el fondo del valle, bastante ancho, facilitaba el manejo del río durante la construcción sin necesidad de excavar túneles de desvío.

El cuerpo de las presas casi simétrico, estaba previsto en escollera con núcleo central con pendiente del paramento de aguas arriba de 2,5 sobre 1 y del paramento de aguas abajo de 2,2 sobre 1.

Los vertederos, estudiados para crecidas de 1.000 años, fueron considerados controlados con compuertas y completados con un canal de caída y cuencos disipadores totalmente revestidos en hormigón.

Las alternativas con presas a filo de agua necesitaban desarenadores para evitar que los sedimentos lleguen a la casa de máquinas o se queden a lo largo de los túneles y reduzcan el volumen



útil del eventual embalse compensador. En esta fase de estudio los desarenadores fueron dimensionados para poder sedimentar partículas de tamaño superior a 0,15 mm en el caso de presencia de chimenea de equilibrio y superior a 0,40 mm en el caso de presencia de compensador (este último criterio fue posteriormente modificado, ver punto 8.6.3).

#### c. Presas de compensación y obras anexas

En esta etapa de estudio se habían previsto presas de compensación en escollera con pantalla impermeable en hormigón armado, a lo largo del paramento de aguas arriba; los taludes de los paramentos eran simétricos y tenían una pendiente de 1,5 en horizontal sobre 1 en vertical.

Los vertederos, dimensionados para caudales variables entre los 200 y 350 m<sup>3</sup>/s (suma de la creciente de la cuenca con el caudal que pasa por los túneles de aducción), se han supuesto libres, sin compuertas, con un canal de caída revestido y un trampolín en su parte terminal.

Debido a que el área de la cuenca es muy pequeña (unos 10 km<sup>2</sup>), la dimensión del diámetro del túnel de desvío se fijó en 2,5 m por razones constructivas y para permitir la operación posterior del túnel como descarga de fondo.

#### d. Sistema de aducción

El trazado preliminar de los túneles de aducción fue estudiado de manera de tener siempre una profundidad mínima de unos 80 metros con respecto del nivel de terreno y previendo, cuando sea posible, una ventana intermedia.

A este nivel comparativo de estudio se han considerado siempre túneles revestidos y construidos desde tres frentes de trabajo, para reducir los tiempos de construcción.

En el caso de alternativas con chimeneas de equilibrio, estas últimas se consideraron siempre verticales con orificio restringido, con cámara de alimentación inferior y cámara de expansión superior a cielo abierto.

Las tuberías de presión, siempre en subterráneo, fueron consideradas empotradas en la roca, sin tomar en cuenta la colaboración de la misma, con pendiente de trazado de unos 45 grados.

#### e. Sistema de generación

El sistema de generación tuvo características propias según se refiera a: aprovechamientos Salado, aprovechamientos Malo-Codo Sinclair y aprovechamientos en doble salto.

Para los aprovechamientos Salado la casa de máquinas se ha previsto al exterior, al pie de la presa, siendo equipada con un



número de grupos Francis variable de 2 a 4 según la potencia instalada; el patio de subestación estaba ubicado en un relleno en las cercanías de la casa de máquinas.

En el caso de los aprovechamientos Malo-Codo Sinclair, la casa de máquinas, equipada con grupos Pelton, de potencia variable entre 110 y 250 MW, se había previsto en subterráneo con dos cavernas paralelas, la principal en donde se alojan los grupos y la otra para los transformadores; el patio de subestación se pensó en esta fase siempre ubicado al borde del altiplano, cerca del compensador.

Para los aprovechamientos en doble salto la primera casa de máquinas se había previsto en la margen derecha del río Coca, unos 2,5 km aguas abajo de la cascada San Rafael y la segunda en la zona del Codo Sinclair. Ambas casas de máquinas en subterráneo estaban equipadas con grupos Francis en lugar de Pelton, debido a la reducción de los saltos con potencia unitaria variable, desde 110 hasta 200 MW.

En correspondencia con la casa de máquinas del primer salto se había previsto un by-pass de la misma con obras especiales de disipación de energía mediante un sistema con pozo a vórtice.

8.3.3 Criterios económicos En esta fase de preselección se determinaron para cada alternativa costos y beneficios preliminares con el sólo propósito de poderlas comparar.

a. Costos unitarios de obras civiles

Los costos unitarios de las obras civiles fueron esencialmente determinados en base a la información suministrada por INECEL referentes a los proyectos hidroeléctricos ya realizados o en fase de realización en el país. Los costos unitarios así adoptados, únicamente para fines del análisis de comparación de alternativas, se indican en el Cuadro 3/1 de la Parte A del Anexo K a este informe.

b. Costos directos

Como costo directo se entiende todo el costo capital, sin gastos de ingeniería y administración y sin los intereses intercalares.

Generalmente, los costos de las obras civiles fueron obtenidos de fórmulas o gráficos de costos de obras típicas (véase Apéndice F del Anexo K), mientras que solamente para la determinación de las cantidades de las presas y de las excavaciones para cada alternativa, se hizo en base a planos preparados para este propósito, asociando sucesivamente a las cantidades, los precios unitarios. A los costos así obtenidos se añadieron diferentes porcentajes de incidencia de acabados y de items menores de un mínimo del 3% para las presas, hasta un máximo de un 15% para las casas de máquinas.

El costo del equipo electromecánico fue determinado en base a



gráficos de diseño y de costos internacionales que incluyen todos los gastos de transporte, de montaje y de pruebas experimentales.

Para obtener el costo directo total se añadieron, según las obras, los siguientes porcentajes de imprevistos:

- 25 por ciento para obras civiles en subterráneo.
- 20 por ciento para obras civiles al exterior, con excepción de las presas de acumulación.
- 15 por ciento para expropiaciones, accesos, presas de acumulación y líneas de transmisión.
- 10 por ciento para el equipo electromecánico.

#### c. Costos capitales totales

Los costos capitales totales para cada alternativa se han obtenido añadiendo a los costos directos totales, los gastos de ingeniería y administración, así como los intereses intercalares.

Los gastos de ingeniería y administración se estimaron como el 10 por ciento del costo total directo de cada alternativa.

Los intereses intercalares fueron aplicados a la suma del costo directo total más los gastos de ingeniería y administración y fueron calculados según la hipótesis simplificativa de gastos uniformemente repartidos durante el período de construcción, con una tasa de interés del 10 por ciento.

El período de construcción fue escogido en relación a las características de cada alternativa y de sus etapas intermedias, según lo indicado en la Parte A del Anexo K.

#### d. Costos anuales

Los gastos de operación y mantenimiento fueron estimados prudentemente iguales al 1 por ciento de los costos directos más imprevistos de las obras civiles y al 2 por ciento del costo directo más imprevistos del equipo y de las líneas.

#### e. Beneficios utilizados

Para la determinación de los beneficios en esta fase de comparación de alternativas se utilizaron las informaciones recibidas por parte de la Dirección de Planificación de INECCEL mediante el memorandum DP-0993 de septiembre de 1986.

Las informaciones consisten esencialmente en los costos del Parque Termoeléctrico Equivalente, con nivel de precios a enero 1986 y en las previsiones globales de demanda eléctrica (potencia y energía) del Sistema Nacional para los escenarios, moderadamente optimista (escenario II) y pesimista (escenario III), ilustrados en el Plano 0209-A-1528.



Para la determinación de los parámetros económicos de las alternativas, se estudiaron los dos casos siguientes:

- Caso teórico en que toda la energía producida y potencia instalada sean absorbidas por el mercado.
- Caso más real de energía y potencia absorbidas según las curvas de demanda del escenario III, bajo la hipótesis de que la primera etapa de cada alternativa entre en operación al comienzo del año 2004.

La tasa de actualización adoptada para la determinación de los beneficios (costos ahorrados del Parque Termoeléctrico Equivalente) fue otra vez del 10 por ciento, lo que significa, de acuerdo al memorandum mencionado de la Dirección de Planificación de INECEL, los siguientes valores a enero de 1986:

- Beneficio de potencia garantizada = 118,07 US\$/kW/año.
- Beneficio de la energía primaria = 50,91 US\$/MWh.

#### 8.4 Las alternativas consideradas

Las alternativas y subalternativas estudiadas para la preselección final, que son en buena parte las mismas indicadas en el Cuadro 8/1, se describen a continuación, según las agrupaciones siguientes:

##### - Alternativas Salado-Malo Contraembalse

Identificadas con las siguientes simbologías:

A-MX-Y-CH/.7 ó  
A-MX-Y-CO/.7

Donde X puede ser 1 ó 2 según sean los sitios M1 ó M2; Y variable de 1 a 3 en sentido inverso a la altura de la presa Salado; CH y CO indican subalternativas con presencia de chimenea o compensador, y 0.7 representa el único factor de planta examinado para este grupo.

##### - Alternativas Malo Filo de Agua-Salado

Identificadas por las siguientes simbologías:

A-MX-Y-CO/.5 ó  
A-MX-Y-CO/.7 ó  
A-MX-Y-CH/1

Donde X puede ser otra vez 1 ó 2; Y variable de 4 a 6, también en sentido inverso a la altura de la presa Salado; chimenea, compensador y factor de planta con la simbología arriba indicada.



- Alternativas Malo aislado con Presas

Identificadas por las siguientes simbologías:

C-MX-Y-CH/Z

Donde X sigue siendo 1 ó 2; Y variable de 1 a 3 en sentido inverso a la altura de las presas Malo; y, Z el factor de planta con los tres valores de 0,5, 0,7 y 1.

- Alternativas en Doble Salto

Identificadas con la letra inicial D o F, se asocian solamente a las obras de derivación que resultan más atractivas para los esquemas con aducción directa.

Cabe anotar que las alternativas Malo filo de agua aislado (identificadas con la numeración C-MX-4-CY/Z) constituyen también la primera etapa del segundo grupo de alternativas arriba indicadas.

8.4.1. Alternativas Salado-Malo Contraembalse Estas alternativas caracterizadas por el aprovechamiento Salado construido en primera etapa y el aprovechamiento Malo-Codo Sinclair construido sucesivamente, repiten, con variaciones de altura de presa en el Salado y de ubicación de la presa del contraembalse, el esquema propuesto en los estudios anteriores.

Las alternativas de este grupo se estudiaron en términos económicos solamente con un factor de planta 0,7, siendo de antemano consideradas entre las menos atractivas.

Este factor de planta fue asociado, sea a los aprovechamientos Salado como a los aprovechamientos Malo-Codo Sinclair, siendo estos últimos analizados sea con chimenea de equilibrio como con compensador. En total se analizaron 12 alternativas cuyas características técnico-económicas se indican en el Capítulo 5 de la Parte A del Anexo K.

8.4.2 Alternativas Malo-Filo de agua-Salado Estas alternativas (véase Plano 0209-A-1534) no difieren mucho en su desarrollo final de las alternativas descritas en el punto anterior. Sin embargo, entre estos dos grupos de alternativas hay una diferencia sustancial en la secuencia constructiva, porque en este caso el aprovechamiento Malo a filo de agua se realiza antes y sucesivamente, cuando el mercado lo requiera, la construcción del aprovechamiento Salado y la ampliación del Malo filo de agua por el aumento del caudal regulado.

La ventaja principal de estas alternativas consiste por lo tanto en un escalonamiento más favorable de desembolsos con desplazamiento en el tiempo de la inversión de la presa Salado.



Para este grupo de alternativas se estudiaron subalternativas con un factor de planta igual a 1 en el caso de filo de agua Malo asociado a chimenea, y con un factor de planta igual a 0,5 y 0,7 con filo de agua Malo asociado al compensador; por falta de capacidad reguladora de los embalses de presas a filo de agua, que seguramente se llenarán de sedimentos antes de la construcción de la presa Salado, se consideró siempre igual a 1 el factor de planta del aprovechamiento futuro de Salado.

Para este grupo se analizaron en total 18, entre alternativas y subalternativas, cuyas características son ilustradas en los cuadros del Capítulo 5 de la Parte A del Anexo K.

8.4.3 Alternativas Malo aislado con presas Este grupo de alternativas (véase Plano 0209-A-1535) difiere apreciablemente de las anteriores por el hecho de tener también en su completo desarrollo solamente un aprovechamiento (y no dos) alimentado por una presa de acumulación.

Los dos sitios escogidos para la implantación de las presas alternativas son: el sitio M2 con eje a unos 750 m aguas arriba del homónimo eje de las presas a filo de agua o contraembalse, y el sitio M1 con eje a unos 150 m aguas arriba de aquel de la presa homónima a filo de agua o contraembalse.

También para estas alternativas se estudiaron tres alturas de presa de manera tal de tener prácticamente el mismo caudal regulado obtenido con las tres alturas de presa examinadas en el sitio Salado.

Para cada sitio y cada altura se estudiaron subalternativas con tres diferentes factores de planta: 0,5, 0,7 y 1, siempre asociadas a una chimenea de equilibrio ya que no existe la posibilidad morfológica apta a la ubicación de embalses compensadores a las cotas requeridas; en total se han examinado entre alternativas y subalternativas 18 esquemas, 9 con la presa en el sitio M1 y 9 en el sitio M2.

Para las principales características técnico-energéticas de las alternativas de este grupo, véanse cuadros del Capítulo 5 de la Parte A del Anexo K.

8.4.4 Alternativas en doble salto La diferencia sustancial de estas alternativas respecto a todas las descritas anteriormente consiste en dividir el salto entre el sitio Malo y el Codo Sinclair en dos, añadiendo una segunda casa de máquinas en subterráneo unos 2,5 Km aguas abajo de la cascada (ver Plano 0209-A-1536).

Las alternativas en doble salto no se han estudiado sistemáticamente sino que se han analizado solamente aquellas asociadas a las obras de derivación que resultan más atractivas para los esquemas con simple salto.



Con el conocimiento de los resultados de la comparación económica de las alternativas en simple salto (véase punto 8.5), se estudiaron para el doble salto las dos alternativas siguientes:

- F-M1-4-CH/1      filo de agua en el Malo M1 con chimenea y factor de planta 1
- F-M1-3-CH/.7    presa de altura medio-baja en M1 con chimenea y factor de planta .7

La cota de la casa de máquinas del primer salto se fijó a unos 40 m sobre el nivel del río Coca, sea por razones de riesgo volcánico o por razones constructivas del túnel del segundo salto. Se estudiaron sistemas de by-pass de la casa de máquinas del primer salto y de disipación de energía para alimentar la casa de máquinas del segundo salto en el caso de fuera de servicio de la primera.

El primer salto es aproximadamente la mitad del segundo, mientras que el largo total de la aducción entre la derivación y el Codo Sinclair aumenta respecto a la del salto simple en un 18 por ciento.

## 8.5 Comparación y preselección final de las alternativas

8.5.1 Comparación económica Como se menciona ya en el punto 8.3.3 e. del presente informe, la comparación económica de las alternativas se hizo bajo dos condiciones diferentes:

- Alternativas examinadas en su desarrollo completo con la hipótesis de mercado infinito.
- Alternativas examinadas en su desarrollo por etapas, asociado a las curvas de demanda entregadas por la Dirección de Planificación INECEL.

La primera condición teórica da una indicación de la atraktividad potencial de las alternativas y permite hacer una comparación con los resultados de los estudios anteriores que fueron esencialmente ejecutados con estos criterios.

La segunda condición, más realista, permite comparar las alternativas tomando en cuenta demandas razonables y examinando escalonamiento de inversiones.

En total se compararon 59 alternativas que resultan de la combinación de los diferentes grupos descritos en el punto 8.4, incluyendo también 6 alternativas de Malo filo de agua aislado, sin la sucesiva construcción del Salado y 3 alternativas del Salado aislado.

### a. Alternativas en su desarrollo final con mercado infinito

Los principales índices de costos y beneficios para cada una de las 59 alternativas y subalternativas analizadas, con la hipótesis



de mercado infinito, se indican en el Cuadro 6/1 y Figuras 6/1 y 6/2, de la Parte A del Anexo K.

De los valores del cuadro y de las figuras mencionadas se puede deducir lo que sigue:

- Mayor ventaja del sitio Malo M1 respecto al sitio Malo M2, sobre todo en el caso de alternativas aisladas con presas (relación beneficio-costos para M1, mayor de un mínimo del 2 por ciento hasta un máximo del 11 por ciento).
- Menor ventaja de las soluciones en doble salto respecto a las correspondientes con simple salto.
- Tendencia moderada a un aumento del beneficio neto con la potencia instalada, asociado por otro lado a una disminución apreciable de la relación beneficio-costos.
- Valores máximos de los beneficios netos obtenidos con presa alta en Malo M1 o con la combinación de aprovechamientos Salado presa alta y Malo contraembalse o filo de agua.

b. Alternativas con escalonamiento de inversiones y beneficios

Para establecer los diferentes escalonamientos de inversiones de las alternativas se hizo, por un lado, referencia a las curvas de demanda de potencia y energía ya mencionadas y, por otro, al criterio simplificado de considerar un número de escalones igual al número de túneles de cada aprovechamiento que compone la alternativa.

Para cada alternativa y subalternativa se prepararon por lo tanto flujos de costos capitales, costos anuales y de beneficios (ver Apéndice H del Tomo II del Anexo K), calculando sucesivamente, con el 10 por ciento de interés, los costos y beneficios actualizados, las relaciones beneficio-costos, los beneficios netos y al final la tasa interna de retorno.

A nivel comparativo se hizo la hipótesis simplificativa que, en todos los casos, la primera etapa de cada alternativa entre en operación en el año 2004 y que, hasta el desarrollo completo de las alternativas, la demanda del mercado sea exclusivamente cubierta por las mismas.

Los principales parámetros económicos así obtenidos para cada una de las 59 alternativas y subalternativas analizadas se indican en el Cuadro 6/2 y en las Figuras 6/3 y 6/4, de la Parte A del Anexo K.

De los valores del cuadro y de las figuras mencionadas se puede deducir lo que sigue:

- Confirmación de la mayor ventaja del sitio Malo M1 respecto al



sitio Malo M2, sobre todo en el caso de alternativas aisladas con presas.

- Una pequeña ventaja de las alternativas con aducción directa, respecto a las alternativas homólogas en doble salto.
- Mayor atractividad, en todos los parámetros de las alternativas Malo M1 a filo de agua, seguidas a corta distancia de las a filo de agua M2.
- Los esquemas a filo de agua Malo aislado, aún cuando con muy poco, resultan más atractivos que los correspondientes ampliados con el Salado en términos de relación beneficio-costos y de tasa interna de retorno; mientras los filos de agua con ampliación, resultan evidentemente mucho más atractivos en términos de beneficio neto.
- Fuera de las alternativas a filo de agua, las más atractivas entre las demás resultan ser las de Malo M1, aislado con presa baja.

8.5.2 Selección de las alternativas En base al examen de los resultados de los cálculos económicos arriba descritos y haciendo particular referencia a lo indicado en el punto b. del párrafo anterior, se propuso para el estudio final de alternativas la selección de las tres alternativas siguientes:

- Aprovechamiento a filo de agua Malo-Codo Sinclair en el sitio M1 con construcción sucesiva del aprovechamiento Salado (presa de altura media) de unos 110 m de altura y ampliación del aprovechamiento Malo-Codo Sinclair (A-M1-5).
- Alternativa análoga a la anterior con filo de agua en M2 en lugar de M1 (A-M2-5).
- Aprovechamiento Malo-Codo Sinclair con presa medio baja de unos 70 m de altura en el sitio M1 (C-M1-3).

Las primeras alternativas que resultaron, a este nivel de estudio, las más atractivas entre todas, difieren en términos económicos solamente en un 3 a 5 por ciento (en favor de M1) y tienen la ventaja sustancial de poder ser asociadas al compensador y ser desarrolladas gradualmente a través de varias etapas. Las dos alternativas difieren entre sí un tanto por la atractividad económica y otro tanto por su exposición a un eventual riesgo geovulcanológico.

La tercera alternativa, que presenta características bastante diferentes de las primeras dos, resulta la más atractiva entre todas las que prevén en primera etapa la construcción de una presa de acumulación.



## 8.6 El evento del 5 de marzo y sus consecuencias sobre el estudio de alternativas

8.6.1 Evento del 5 de marzo de 1987 Mientras se estaba empezando el estudio definitivo de las tres alternativas preseleccionadas en el numeral anterior con el soporte de la actualización de los estudios y datos básicos (véase punto 8.7.2 del presente informe), ocurrió el evento del 5 de marzo de 1987, que afectó notablemente al sector interesado por las obras de captación/acumulación de las alternativas del Proyecto.

El evento fue originado por una serie de sismos de origen tectónico de intensidad Mercalli (de XII grados) hasta los VIII grados y de magnitud Ms hasta 6,9.

Según las fuentes del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica de Quito y de la red mundial de sismógrafos, hay discrepancias en la ubicación y profundidad de los epicentros de los sismos principales; de todas maneras, las zonas de los epicentros se localizan entre el nevado Cayambe y el volcán El Reventador, en la proximidad de este último (cuenca medio baja del río Salado, cuenca del río Malo, parte occidental de la cuenca del río Dué Grande).

Estos sismos, asociados a los acontecimientos y a la situación anterior a los mismos, es decir las fuertes precipitaciones acumuladas en el mes de febrero estimadas con un tiempo de ocurrencia superior a los 20 años y las condiciones de inestabilidad potencial de las laderas, sobre todo en las zonas adyacentes al anfiteatro del volcán El Reventador, causaron sobre un área bastante extensa grandes movimientos gravitacionales de las laderas montañosas constituidas por suelo vegetal, material coluvial y material laharrítico.

La parte de los materiales deslizados que alcanzó el fondo de los valles se mezcló al agua de los ríos aumentando notablemente el caudal sólido y creando frentes de agua, lodo, bloques y árboles que arrastraron todo lo que encontraron a lo largo de su camino.

Represamientos temporales deben haber ocurrido en el río Coca y en sus tributarios Malo y Salado, así como en el río Dué tributario del río Aguarico; estos represamientos efímeros fueron producidos por derrumbes que acarrearón árboles y bloques. Las olas producidas por el destaponamiento de estos represamientos fueron las causas de los mayores daños a lo largo de los valles.

8.6.2 Consecuencias del evento sobre los criterios de diseño El evento afectó mayormente el sector del Proyecto relacionado a las obras de captación/acumulación a lo largo del río Coca, mientras afectó en grado mucho menor toda el área a la derecha del río, en la que se proyectan el túnel de aducción, el compensador, la tubería de presión y la casa de máquinas (todas en subterráneo excepto el compensador).



Inmediatamente después del evento las principales consecuencias del mismo sobre los criterios de diseño del Proyecto fueron las siguientes:

- Considerar de todas maneras un sismo de diseño más conservador de lo que se habría previsto sin el evento del 5 de marzo, en espera de la finalización de los estudios sismológicos en curso.
- Efectuar un reanálisis integral de las obras de captación/acumulación para que un eventual fenómeno similar, aunque extremadamente improbable durante la vida útil del Proyecto, pueda ocurrir sin perjudicar las obras.
- Hacer una actualización de las alternativas del Proyecto a ser estudiadas en la fase final del estudio.

En lo que se refiere a la actualización de las alternativas se tomó inmediatamente en cuenta que el evento del 5 de marzo prácticamente eliminó la diferencia entre los filos de agua Malo M1 y Malo M2, ya que no existen más las características topográficas peculiares de los dos sitios, mientras que afectó sólo marginalmente la topografía del sitio Salado.

De otro lado, una eventual repetición del evento afectaría más a las presas de acumulación con respecto a las obras de captación a filo de agua.

En base a esto, se decidió seguir adelante con el estudio de las alternativas a filo de agua en el sitio M1 (un poco más atractivo que el sitio M2) y en el sitio Salado, por resultar el sitio menos afectado por el evento del 5 de marzo de 1987.

Se decidió también reestudiar las obras de captación, pensando en una estructura de cierre totalmente en hormigón, controlada por un vertedero libre que permita descargar, sin obstáculos, no solamente la creciente de diseño, sino también avalanchas de lodo y árboles similares a las ocurridas.

Una eventual repetición de los fenómenos observados con el evento del 5 de marzo de 1987, afectaría la operación de la central solamente por el tiempo necesario para efectuar la limpieza de la obra de toma (estimado en unas semanas hasta un máximo de un mes).

Se evaluó que el fenómeno ocurrido pueda ser conservadoramente simulado con una creciente del orden de 15.000 a 20.000 m<sup>3</sup>/s, alrededor de 3 veces la creciente con tiempo de ocurrencia de 1.000 años.

Por lo que se refiere a las obras de acumulación, siguiendo también las sugerencias del Grupo Consultivo de INECCEL, se acordó definitivamente eliminarlas, sea por probable llenado del embalse, como por probables fenómenos de licuación al repetirse eventos similares a los ocurridos.



8.6.3 Alternativas recomendadas después del evento En base a todo lo antedicho, las alternativas recomendadas después del evento se limitan a dos, es decir:

- Filo de agua Salado (B-4) (inicialmente descartado por razones económicas, véase punto 8.2.2) con aducción al compensador o chimenea de equilibrio y casa de máquinas en subterráneo.
- Filo de agua Malo M1 (C-M1-4) igualmente con aducción al compensador o chimenea de equilibrio y casa de máquinas en subterráneo.

Cabe anotar que estas dos alternativas, a igualdad de factor de planta, tienen muy poca diferencia en términos de potencia y de energía, ya que la diferencia de los niveles de captación del agua de unos 15 metros a favor del sitio Salado se reduce en 5 - 6 metros debido a las pérdidas hidráulicas por la mayor longitud del túnel (unos 6 kilómetros), lo que significa una diferencia en salto a un poco menor del 1%. Por otro lado, el caudal al 90%, basado sobre los valores diarios, aumenta desde el sitio Salado hasta el sitio Malo M1 de 128,5 m<sup>3</sup>/s a 130 m<sup>3</sup>/s, lo que significa una diferencia un poco mayor del 1%.

Ambas alternativas a filo de agua, Salado y Malo, se decidió estudiarlas utilizando los resultados de los estudios básicos obtenidos mientras tanto, bajo las condiciones siguientes:

- Obras de control de la captación (vertederos) dimensionados para eventuales avalanchas de lodo similares a la ocurrida con el sismo del 5 de marzo de 1987, correspondientes a caudales hídricos estimados conservadoramente en el orden de 20.000 m<sup>3</sup>/s.
- Desarenadores dimensionados para sedimentar partículas superiores a 0,2 mm en el caso de alternativas con compensador y partículas superiores a 0,15 mm para soluciones asociadas a chimeneas de equilibrio.
- Número de etapas constructivas principales relacionadas al número de túneles de aducción que, con el caudal disponible, se fija en el número de dos; las subetapas pueden ser relacionadas al sistema tuberías de presión-casa de máquinas.
- Compensador con presa en el eje básico sobre la quebrada Grاندillas o alternativas equivalentes incluyendo embalses artificiales, en contraposición a chimeneas de equilibrio.
- Casa de máquinas en subterráneo unos 500 metros adentro respecto al río Coca.

## 8.7 Actualización del estudio de preselección

A continuación se mencionan los resultados de la actualización de los estudios básicos, así como consideraciones preliminares re-



lativas a las principales componentes de las dos alternativas recomendadas.

8.7.1 Estudios básicos Con respecto a la información disponible a la fecha del comienzo del estudio de preselección de alternativas (véase punto 8.3.1), se pudo, en esta nueva etapa del estudio, disponer de mayores informaciones topográficas y geológicas y más confiables elaboraciones hidro-sedimentológicas.

En particular, cabe destacar que los resultados finales del estudio hidro-sedimentológico (ver Capítulo 3), modificaron los valores utilizados en la etapa anterior del estudio de preselección; el caudal promedio del río Coca en las zonas de interés bajó más de un 10 por ciento y el caudal diario al 90% alrededor de un 18 por ciento; paralelamente, la cantidad de transporte sólido subió casi al doble.

8.7.2 Obras de captación En los dos sitios, Salado y Malo M1, se empezó el estudio de las obras de captación según los criterios expresados en el punto 8.6.2, imaginando que los niveles de agua del río con el tiempo regresen a los valores anteriores al evento de marzo de 1987.

Esta hipótesis se está demostrando ser bastante razonable, ya que después de medio año los niveles de agua del río, que por efecto del evento habían subido alrededor de 6 metros en el sitio Salado y de 10 metros en el sitio Malo M1, se encuentran solamente 1 ó 2 metros por arriba de los niveles anteriores al evento.

Con el fin de reducir la altura de las obras de captación, las alternativas en esta fase fueron estudiadas suponiendo la obra de limpia del desarenador equipada con bombas, dejando para el estudio final de alternativas las subalternativas con desarenador a gravedad.

#### a. Sitio Salado

En este sitio se han analizado las tres alternativas siguientes:

- Alternativa con desarenador en subterráneo a presión.
- Alternativa con desarenador al exterior en el morro central.
- Alternativa con desarenador al exterior en la margen derecha unos 500 metros aguas abajo de la toma.

Para todas las alternativas, en base a la aparente facilidad topográfica, se había pensado (como lo sugirió el Grupo Consultivo de INECCEL) colocar un vertedero de emergencia no revestido en la margen izquierda del morro central. Un análisis detallado basado esencialmente sobre problemas constructivos descritos en la Parte B del Anexo K, llevó a la conclusión de mantener en este sitio el mismo vertedero pero revestido.



La comparación técnico-económica preliminar de las tres alternativas sugirió la eliminación de aquella con desarenador al exterior en la margen derecha del río, dejando para el estudio final un reanálisis comparativo entre las dos alternativas restantes, siendo a este nivel aquella con desarenador al exterior en el morro central la más interesante.

#### b. Sitio Malo M1

También en este sitio, más ancho que el anterior, se han estudiado siempre dos vertederos libres, uno principal y uno auxiliar, ambos revestidos.

Las alternativas examinadas para el sitio Malo se limitan a dos, es decir:

- Alternativa con desarenador en subterráneo y en presión.
- Alternativa con desarenador al exterior.

También en este caso la comparación técnico-económica preliminar ha dado indicaciones más favorables a la solución con desarenador al exterior. De todas maneras, se decidió seguir adelante en el estudio final con las dos alternativas en espera de una comparación final con los costos unitarios que se estaban definiendo.

### 8.7.3 Trazado, revestimiento y diámetro de los túneles

#### a. Trazado

En base a las informaciones obtenidas con los dos primeros sondeos rotativos del túnel de aducción, que indican roca bastante alterada y fisurada a lo largo del primer tramo del trazado anterior, se decidió, como también lo sugirió el Grupo Consultivo de INECCEL, desplazar el túnel más adentro del macizo rocoso de la margen derecha para tratar de encontrar mejores condiciones de roca.

La ubicación de la embocadura de la ventana, sea para la alternativa Salado como para la alternativa Malo M1, queda la misma correspondiente al trazado original, pero el largo de la ventana se aumentó de 1 km a 1,7 km y sucesivamente hasta 2,05 km.

En general, es evidente que los tres tramos del túnel tienen que ser excavados en contrapendiente con dos frentes de trabajo desde la ventana y un tercer frente desde el compensador o la chimenea de equilibrio.

El largo total del túnel de aducción del Salado, asociado al compensador, resulta de 24,9 km, mientras que el largo total del túnel del Malo M1, también asociado al compensador, se reduce a 18,9 km.

La ejecución del túnel de la alternativa Salado necesita tres topes, mientras que para la alternativa Malo M1 son suficientes



solamente dos, ya que el primer tramo, solamente de unos 4,4 km, puede ser excavado con método tradicional.

#### b. Revestimiento

En base al grado de conocimiento del macizo rocoso en la margen derecha alcanzado en esta etapa de estudio, se decidió estudiar diferentes porcentajes de tramos revestidos de túnel sobre el largo total, desde un mínimo de un 20%, hasta un máximo del 100%; el espesor del revestimiento se asumió preliminarmente igual a  $1/14$  del diámetro interno del túnel.

#### c. Diámetros

Con los nuevos diagramas de carga diarios ilustrados en el Plano 0209-A-1541, que superan los anteriormente utilizados, véase Apéndice C del Anexo K, y con los criterios de revestimiento antes dichos, se hicieron cálculos de diámetro óptimo, ya sea para túneles asociados a chimeneas de equilibrio como para túneles asociados a compensador. En este último caso se tomó evidentemente en cuenta el costo del compensador mismo.

Los cálculos de optimización se hicieron siempre con los criterios económicos ilustrados en el punto 8.3.3.

Los resultados de este cálculo se compararon con los valores mínimos de los túneles obtenidos para lograr:

- Mantener el nivel piezométrico, aún en las peores condiciones de rugosidad de los túneles, por encima de la bóveda del túnel, del vértice altimétrico más desfavorable.
- Asegurar siempre (en el caso que exista compensador) el volumen regulador necesario oportunamente aumentado por un coeficiente de seguridad.

En la gran mayoría de los casos, los diámetros óptimos resultan inferiores a los valores obtenidos para lograr los objetivos antes dichos y por lo tanto no son utilizables.

8.7.4 Compensador con presa en la quebrada Granadillas y sus alternativas Debido al costo bastante alto de la solución básica del compensador, adoptada en la primera fase de preselección de alternativas, se decidió examinar alternativas a esta misma. La solución básica está constituida por una presa de escollera con pantalla impermeable de hormigón armado a lo largo del paramento de aguas arriba, y está ubicada en la quebrada Granadillas, inmediatamente aguas abajo de la confluencia de la quebrada Los Loros; la zona del embalse en la formación Napo, sujeta a la fluctuación diaria de niveles, se pensó protegerla con hormigón lanzado, anclado y drenado.



a. Alternativa con reservorio(s) excavado(s)

Según las sugerencias del Grupo Consultivo de INECEL se estudiaron alternativas de reservorios excavados en lugar de la presa en la quebrada Granadillas.

En base a la topografía disponible, se identificaron dos zonas posibles para construir reservorios excavados: una al lado derecho de la quebrada Granadillas aguas abajo del eje de la presa y la otra simétrica a la quebrada en su lado izquierdo.

La gran cantidad de excavaciones necesarias para obtener los volúmenes requeridos y la necesidad de protección de los taludes de excavación, en su mayoría en las formaciones Tena y Napo, llevan a costos del orden del doble de aquellos de la solución básica; por lo tanto la alternativa de reservorio(s) de compensación completamente excavado(s) resulta definitivamente descartada.

b. Alternativas con presa(s) más aguas arriba en la quebrada Granadillas

Con los diagramas de carga diarios ilustrados en el Plano 0209-A-1541, que reducen los volúmenes reguladores adoptados anteriormente, se justificó también el estudio de sitios alternativos de presas aguas arriba de la confluencia de las quebradas Los Loros y Granadillas.

Dos fueron los ejes alternativos identificados a lo largo de la quebrada Granadillas aguas arriba de la confluencia, definidos respectivamente: D1 y D2, y también dos, aquellos identificados a lo largo de la quebrada Los Loros y nombrados desde aguas arriba respectivamente: I1 e I2.

Los embalses constituidos por las presas con ejes en D1 e I1, así como los embalses obtendidos con las presas D2 e I2, tendrán que ser puestos en comunicación con túnel(es) (los primeros) o con un canal (los segundos), para tener al final un embalse único.

Entre las dos soluciones resultó más atractiva la de aguas abajo: D2 e I2, esencialmente por falta de volumen suficiente en la solución de aguas arriba.

Una comparación preliminar entre las alternativas D2 e I2 y la solución básica pareció favorecer a la primera por facilitar el escalonamiento por etapas y los problemas constructivos de segunda etapa.

De todas maneras, en espera de completar las investigaciones geognósticas de esta etapa, se decidió llevar adelante el estudio de ambas soluciones.

8.7.5 Tubería de presión, casa de máquinas y subestación A continuación se indican brevemente las principales características de las obras de caídas consideradas durante esta etapa del estudio.



#### a. Tubería de presión

Conservadoramente se consideraron siempre tuberías de alta presión embebidas en hormigón, cuyo espesor está calculado para la máxima presión, incluyendo el golpe de ariete, sin tomar en cuenta por el momento la colaboración de la roca.

En el cálculo de las diferentes alternativas se ha asumido un caudal límite por tubería de 115-120 m<sup>3</sup>/s y una velocidad máxima de 6,6 m/s; el largo de la tubería de alta presión se aproxima a los 925 m, mientras la inclinación de las mismas resulta ser de unos 45 grados.

Los diámetros de las tuberías según los casos varían entre un mínimo de 3,7 y un máximo de 4,8 metros; el espesor del hormigón de empotramiento se ha estimado de 0,60 metros para permitir el montaje y la soldadura de los ramales.

#### b. Casa de máquinas

La poca información geológica disponible a la fecha evidenciaba, sin embargo, la orientación de dos sistemas de fracturaciones perpendiculares en dirección N-W y N-E; este último parecía resultar preponderante, lo que indujo a orientar la casa de máquinas en dirección N-W y a ubicarla alrededor de 500 metros al oeste del Codo Sinclair.

En lo que se refiere al tipo de los grupos, la caída neta disponible variable entre 610 y 630 metros y la presencia de sedimentos abrasivos en el agua, han requerido la instalación de grupos de generación tipo Pelton; la potencia de estos grupos se hizo variar de 110 a 210 MW según las alternativas.

Según la solución básica, la casa de máquinas y galería de equipos de alta tensión estaban en cavernas separadas. El área de montaje estaba situada al centro entre los grupos de primera y segunda etapa, en las soluciones que prevén una caverna única para las dos etapas y al extremo de la caverna en las soluciones de cavernas separadas para cada etapa.

Los transformadores se han previsto conectados a los grupos principales por medio de barras blindadas y están instalados en una galería separada, en la cual son instalados también los transformadores de los servicios auxiliares. Arriba de los transformadores es instalada la subestación en SF6 de 345 kV.

Para la solución básica se estudió también una alternativa con caverna única y bóveda circular. Esta solución permite alojar en una sola caverna también el patio de transformación y la subestación en SF6, simplificando la conexión de barras y cables, pero aumentando notablemente las dimensiones de la bóveda.

Las dos soluciones, desde un punto de vista económico, resultaron prácticamente equivalentes.



En ambos casos la casa de control y mando se ubicó al exterior, cerca de la salida del túnel de acceso.

### c. Subestación

Como anteriormente se describe, siempre se consideró una subestación en SF<sub>6</sub>, sea en la caverna separada de los transformadores o en una caverna única.

Para completar el estudio se analizó también la alternativa con subestación al exterior al borde de la meseta superior, ya que no hay posibilidades de ubicar la subestación a lo largo del talud del valle del río Coca y tampoco en las cercanías de la orilla del río.

Esta alternativa resultó mucho más cara que la solución en SF<sub>6</sub> en subterráneo y por lo tanto fue descartada en la continuación de los estudios.

## 8.8 Conclusiones

El estudio de preselección de alternativas se concluyó por lo tanto, con la identificación de dos alternativas básicas relacionadas a la ubicación de la obra de captación: Salado o Malo M1, a las cuales se asocian varias subalternativas, que se refieren principalmente a la variación de factor de planta.

Otras subalternativas se relacionan a la ubicación del desarenador (al exterior o en subterráneo) y a su sistema de funcionamiento (por bombeo o a gravedad) así como a la ubicación del eje y al tipo de presa del embalse compensador.

Las subalternativas principales de las dos alternativas básicas, relacionadas a la variación del factor de planta, se indican a continuación en el Cuadro 8/2.

Las etapas son esencialmente relacionadas a la construcción de los túneles de aducción, mientras que subetapas menores pueden ser asociadas a las obras de caída y a la casa de máquinas.

En la selección de las subalternativas relacionadas a la variación del factor de planta, de un lado se ha mantenido el mismo factor pasando de la primera etapa a la segunda (subalternativas de 1 a 3) y, de otro lado, se bajó el factor de planta de la primera etapa llegando al desarrollo completo (subalternativas de 4 a 6).

La disposición general de las alternativas y subalternativas finales con presa a filo de agua en los sitios Salado y Malo M1, se ilustra en los Planos de 0209-A-1537 a 0209-A-1540.



Cuadro 8/2

---

 SUBALTERNATIVAS PRINCIPALES RELACIONADAS A LA VARIACION  
 DEL FACTOR DE PLANTA
 

---

Subalternativas	Factor de Planta	
	I Etapa	II Etapa
1	1 CH	1 CH
2	.7 CH/CO	.7 CO
3	.5 CO	.5 CO
4	1 CH	.7 CO
5	1 CH	.5 CO
6	.7 CH/CO	.5 CO

---

 Donde:

- CH o CO indican respectivamente presencia de chime-  
nea de equilibrio o de embalse compensador.
  - El factor de planta de la II Etapa se entiende aque-  
llo correspondiente al desarrollo completo (I más II  
Etapa).
-



## 9. LAS ALTERNATIVAS FINALES

En este capítulo se analizan los esquemas alternativos finales llegando a través de varias comparaciones a determinar la alternativa seleccionada con todas sus subalternativas relacionadas a la variación del factor de planta.

### 9.1 Investigaciones e informaciones adicionales

A continuación se indican brevemente las investigaciones e informaciones adicionales obtenidas después de la finalización del estudio de preselección de alternativas (ver Capítulo 8).

9.1.1 Cartografía y topografía Después del evento del 5 de marzo de 1987, a pesar de la dificultad operativa, se pudieron obtener dos series de fotos aéreas del valle del río Coca aguas abajo de la confluencia del Salado: la primera en fecha 26 de marzo y la segunda en fecha 5 de septiembre de 1987.

Del examen de estas series de fotos y de la fotorestitución en escala 1:5.000 de la primera efectuado por el Consorcio Cepe-Texaco, se pudo hacer un análisis de la evolución del río. Como se ha indicado en el punto 8.7.2, esta evolución está resultando bastante rápida y parece razonable considerar que las condiciones hidráulicas futuras resultarán bastante similares a aquellas existentes anteriormente al evento del 5 de marzo.

Después del estudio de preselección de alternativas, se hicieron también en los sitios Salado y Malo M1 perfiles transversales a escala 1:1.000 y paralelamente se completo el levantamiento de toda el área del embalse compensador, pudiendo así obtener definitivamente las curvas cotas-volúmenes del mismo.

9.1.2. Geología Las principales investigaciones geológicas adicionales ejecutadas después del estudio de preselección de alternativas han consistido esencialmente en:

- . Finalización de los sondeos rotativos a lo largo del túnel de aducción.
- . Ejecución de los sondeos, pozos y trincheras en la zona del embalse compensador.
- . Ejecución del sondeo en casa de máquinas.
- . Pruebas de mecánica de rocas sobre testigos obtenidos de dichos sondeos.



- . Perfiles geofísicos en la zona del sitio Salado.
- . Mapeo geológico de la zona del embalse compensador.

9.1.3. Costos unitarios de las obras civiles Los costos unitarios de los principales rubros de las obras civiles fueron determinados con un detenido análisis de costos según lo indicado en detalle en el Capítulo 10. Estos nuevos costos unitarios, así como los costos actualizados de los equipos electromecánicos (véase Anexo L), fueron utilizados en la gran mayoría de las comparaciones descritas en el presente capítulo.

## 9.2 Las obras de captación

Como complemento de lo indicado en el punto 8.7.2 del capítulo anterior, se hizo un estudio más detallado de las alternativas de obras de captación examinadas anteriormente, haciendo una comparación definitiva entre desarenadores a gravedad o por bombeo, y entre desarenadores en subterráneo o al exterior.

9.2.1. Desarenador a gravedad o por bombeo La comparación entre estos dos tipos de desarenador, se hizo solamente para el sitio Salado adaptando posteriormente los resultados al sitio Malo M1.

La alternativa a gravedad respecto a la solución básica por bombeo requiere subir el umbral de los vertederos en unos 8 metros (umbral a la cota 1.277 en lugar de cota 1.269 para el vertedero principal de 110 metros de ancho y umbral a la cota 1.279 en lugar de cota 1.271 para el vertedero secundario de 66 metros de ancho).

Este aumento de altura de las obras de captación que conlleva mayores problemas de cimentaciones y mayores costos de inversión, permite, la eliminación de la estación de bombeo con sus gastos de operación y, un aumento de generación o una reducción de los diámetros de los túneles (véase también punto 9.3.2).

Siguiendo este segundo camino, para simplificar el cálculo, se hizo una comparación económica basada esencialmente en los costos de las alternativas. Los resultados de la comparación han dado valores bien similares con una pequeña ventaja (inferior al 2%) para la solución con bombeo.

Se estima que el valor de esta ventaja de la solución con bombeo suba más para el sitio Malo M1 (donde las cotas del umbral del vertedero principal resultarían respectivamente de 1.254 m con bombeo y 1.262 m sin bombeo) debido a las condiciones de cimentaciones de este sitio.

Para el estudio final de alternativas se decidió, por lo tanto, adoptar el sistema de desarenador con bombeo que adicionalmente al ser más económico reduce los problemas de cimentaciones.



9.2.2 Desarenador al exterior o en subterráneo La comparación entre la alternativa con desarenador exterior y la alternativa con desarenador en subterráneo, fue reanalizada a la luz de los nuevos costos unitarios de las obras civiles mencionadas en el punto 9.1.3.

El ejercicio de comparación se lo hizo solamente para el sitio Salado adaptando posteriormente los resultados al sitio Malo M1. A continuación se hace una breve descripción de las dos alternativas examinadas en el sitio Salado.

#### Alternativa con el desarenador en subterráneo

Esta alternativa (ver Plano 0209-A-1543 y para, mayores detalles el Plano 0209-C-1050 del Anexo M) está constituida esencialmente por las siguientes obras principales:

- Vertedero normal principal de 110 metros de ancho neto, con el umbral a la cota 1.269 ubicado en el canal de desvío al lado izquierdo del morro central.
- Vertedero normal secundario de 66 metros de ancho neto, con el umbral a la cota 1.271 ubicado en el lecho actual del río.
- Obra de toma y de limpieza de la misma, ubicada en la margen derecha del lecho actual del río.
- Desarenador a presión en subterráneo unos 50 a 150 metros adentro de la formación rocosa de granodiorita.

En lo que se refiere a los vertederos normales sea principal o secundario, se consideró la oportunidad de poder inspeccionar y mantener sus cuencos disipadores, lo que implica la construcción de un puente sobre los muros divisorios de los vertederos (cada 24 metros). El puente arriba de estas obras es también necesario para el acceso definitivo a las obras de toma y de limpieza, así como al desarenador en subterráneo.

Los detalles geométricos e hidráulicos del desarenador, asociado a soluciones con compensador, se ilustran en el Anexo M de Obras Subterráneas. Aquí simplemente se menciona que, en base a cálculos de optimización, resultó más conveniente asociar a cada una de las dos etapas constructivas 6 cámaras de sedimentación; de unos 90 m<sup>2</sup> de sección y de unos 90 m de largo; la velocidad del agua en las cámaras se ha asumido igual a 15 cm/s.

#### Alternativa con desarenador al exterior

Según lo indicado en el punto 8.7.2 de las dos alternativas estudiadas en el sitio Salado con desarenador al exterior, se escogió la con desarenador ubicado en el morro central.

Esta alternativa ilustrada en los Planos 0209-A-1541 y 0209-A-1542, está constituida por las siguientes obras principales:



- Vertedero normal principal de 110 metros de ancho neto, con umbral en la cota 1.269, ubicado en el lecho actual del río.
- Vertedero normal secundario de 66 metros de ancho neto, con umbral a la cota 1.271, ubicado en el canal de desvío.
- Obra de toma y de limpieza de la misma ubicada en el sector derecho del canal de desvío.
- Desarenador al exterior, con cimentaciones en roca, inmediatamente al lado derecho del canal de desvío.
- Tramo de canal entre el desarenador y vertedero normal principal y túnel en el cuerpo de éste último hasta llegar a la margen derecha del valle.

También en este caso se aplicó el criterio de inspeccionar y mantener los cuencos disipadores y por lo tanto se pensó en un puente sobre los vertederos que sirva también como acceso a las obras de toma.

El desarenador fue diseñado como estructura cerrada para soportar mejor los efectos sísmicos.

El número óptimo de cámaras de sedimentación a ser asociado a cada etapa constructiva fue de 3; la sección de cada cámara para soluciones asociadas al compensador resulta de unos 200 m<sup>2</sup> y el largo de unos 95 m.

Cabe mencionar que también esta alternativa, como la anterior, no requiere desplazamiento de la estación de bombeo del Salado y que la ubicación al exterior del desarenador al lado del morro central no constituye absolutamente ningún obstáculo por eventuales repeticiones de fenómenos similares, como los ocurridos en el mes de marzo de 1987.

### Comparación y conclusiones

La comparación económica entre las dos alternativas asociadas al compensador hecha con los nuevos costos unitarios y solamente para las obras variables, confirmó parcialmente los resultados preliminarmente obtenidos en la fase de actualización del estudio de alternativas.

La solución con desarenador en subterráneo resulta un poco más cara en un 10% de la solución con desarenador al exterior; este valor aumenta aún más para el sitio Malo M1 por peores condiciones geológicas.

Desde un punto de vista de seguridad técnica hay que anotar lo que sigue:

- Seguridad mayor de la obra de toma y de limpieza de la misma, para la solución con desarenador al exterior por el peligro de



derrumbes de las laderas muy empinadas en la margen derecha del río Coca donde se ubican las obras en cuestión para la otra alternativa.

- Seguridad mayor de un desarenador en subterráneo respecto a un desarenador al exterior por efectos sísmicos.

De todas las consideraciones arriba indicadas se decidió adoptar, por lo menos para la presente Fase A del Estudio y para soluciones asociadas al compensador, el desarenador al exterior con funcionamiento por bombeo. De todas maneras en la Fase B del estudio, a la luz de mayores informaciones geológicas, se reanalizará también la solución con desarenador en subterráneo asociada al compensador.

Cabe mencionar que en el caso de desarenador asociado a chimeneas de equilibrio sea en primera o segunda etapa (diámetros de granos a ser sedimentados de 0,15 mm en lugar de 0,20 mm), las dimensiones aumentan notablemente. En este caso, mientras en el sitio Malo M1 no hay problemas para ubicar al exterior un desarenador de mayores dimensiones, en el sitio Salado no se encuentra suficiente espacio para esto; por lo tanto en este último caso la solución con desarenador en subterráneo resulta la única posible.

### 9.3 Túneles de aducción y niveles en el compensador

El completamiento de las investigaciones geológicas a lo largo del túnel de aducción, ha permitido tomar decisiones definitivas, para esta fase del estudio, sobre el trazado, el revestimiento y el diámetro de los túneles.

9.3.1 Trazado y revestimiento de los túneles El trazado definitivo de los túneles para las dos alternativas se ilustra en los Planos de 0209-A-1537 a 0209-A-1540, mientras el Plano 0209-A-1546 ilustra el perfil y las características de los túneles.

Como se ha indicado en el punto 8.7.4, se decidió prolongar el largo de la ventana intermedia para tener el primer tramo del túnel más adentro en el macizo rocoso.

El largo total del túnel de la alternativa Salado resulta aproximadamente de 24,9 km si es asociado al compensador y de 25,7 km, si es asociado a la chimenea de equilibrio; paralelamente el largo del túnel de la alternativa Malo M1 se reduce respectivamente a unos 18,9 km y a 19,7 km.

Siempre como se ha indicado en el punto 8.7.4, la alternativa Salado requiere la presencia de 3 topos, mientras la de Malo M1 solamente de dos; el largo máximo de cada frente de trabajo de topo resulta respectivamente de unos 9,5 km para la alternativa Salado y de unos 8,3 km para la alternativa Malo M1 cuando estas alternativas son asociadas al compensador. Cabe anotar que para reducir los tiempos constructivos del primer tramo de túnel del Salado



hasta la ventana, se piensa excavar desde aguas arriba unos 3 km con método tradicional.

En ambas alternativas (véase Plano 0209-A-1546) se decidió revestir en hormigón ligeramente armado todos los tramos excavados con método tradicional (por razones hidráulicas), el 30% de los primeros tramos excavados con topo hasta unos 500 m aguas abajo de la ventana, y el 10% de los tramos restantes en Misahuallí, así como los últimos 3,0 km en la formación Hollín.

Esto lleva a tener aproximadamente un 37% del largo del túnel revestido en el caso de la alternativa Salado y un 48% en el caso de la alternativa Malo M1.

Para los tramos no revestidos y excavados con topo se prevé una protección de unos 5 cm de gunita con malla en acero.

9.3.2 Diámetro de los túneles Además del cálculo de los diámetros económicos de los túneles hechos separadamente para los túneles asociados al compensador y los túneles asociados a la chimenea de equilibrio, según los criterios anteriormente ilustrados se hicieron también los controles mencionados en el punto 8.7.4 para lograr:

- Mantener el nivel piezométrico, aún en las peores condiciones de rugosidad de los túneles (coeficiente de Strickler  $K = 65$  para los tramos revestidos y 52 para aquellos no revestidos) por encima de la bóveda del túnel del vértice altimétrico más desfavorable.
- Asegurar siempre (en el caso que exista compensador) el volumen regulador necesario aumentado de un oportuno coeficiente de seguridad.

Este coeficiente de seguridad asumido igual a 1,5, se justifica por posibles variaciones del diagrama de carga, probables variaciones de la rugosidad de los túneles y probable reducción del volumen útil de los embalses.

En la gran mayoría de los casos de túneles asociados a los compensadores alternativos, el valor del diámetro resulta condicionado por el volumen regulador del compensador, mientras que en el caso de túneles asociados a chimenea de equilibrio este valor está siempre determinado por el nivel piezométrico más desfavorable.

En el Cuadro 9/1 se indican los valores de diámetros de excavación en el caso de las diferentes alternativas y subalternativas suponiendo que se mantenga constante el valor del factor de planta pasando de la primera a la segunda etapa.

9.3.3 Niveles en el embalse compensador Los niveles máximos y mínimos del compensador están lógicamente relacionados a los volúmenes reguladores necesarios y a los diámetros de los túneles de



Cuadro 9/1

DIAMETROS DE EXCAVACION DE LOS TUNELES Y NIVELES DEL COMPENSADOR  
PARA LAS ALTERNATIVAS FINALES

Sitio Alternativo	Cota derivación (msnm)	Factor de Planta (-)	Chimenea o Compensador	Alternativa Compensador	Diámetro Túneles (m)	Nivel Máximo Compensador (msnm)	Nivel Mínimo Compensador (msnm)
Salado	1.269	1	CH	-	5,28	-	-
Salado	1.269	.7	CH	-	6,05	-	-
Salado	1.269	.7	CO	B	5,36	1.225,0	1.217,5
Salado	1.269	.7	CO	D2+I2	5,48	1.230,0	1.220,0
Salado	1.269	.5	CO	B	5,41	1.228,5	1.219,0
Salado	1.269	.5	CO	D2+I2	5,56	1.234,5	1.222,0
Salado	1.277	1	CH	-	5,12	-	-
Salado	1.277	.7	CH	-	5,85	-	-
Salado	1.277	.7	CO	B	5,20	1.225,0	1.217,5
Salado	1.277	.7	CO	D2+I2	5,29	1.230,0	1.220,0
Salado	1.277	.5	CO	B	5,24	1.228,5	1.219,0
Salado	1.277	.5	CO	D2+I2	5,36	1.234,5	1.222,0
Malo M1	1.254	1	CH	-	5,39	-	-
Malo M1	1.254	.7	CH	-	6,17	-	-
Malo M1	1.254	.7	CO	B	5,53	1.226,0	1.219,5
Malo M1	1.254	.7	CO	D2+I2	5,58	1.230,0	1.220,0
Malo M1	1.254	.5	CO	B	5,57	1.228,5	1.219,0
Malo M1	1.254	.5	CO	D2+I2	5,73	1.234,5	1.222,0



Cuadro 9/1 (continuación)

Sitio Alternativo	Cota derivación (msnm)	Factor de Planta (-)	Chimenea o Compensador	Alternativa Compensador	Diámetro Túneles (m)	Nivel Máximo Compensador (msnm)	Nivel Mínimo Compensador (msnm)
Malo M1	1.262	1	CH	-	5,13	-	-
Malo M1	1.262	.7	CH	-	5,87	-	-
Malo M1	1.262	.7	CO	B	5,30	1.226,0	1.219,5
Malo M1	1.262	.7	CO	D2+I2	5,40	1.230,0	1.220,0
Malo M1	1.262	.5	CO	B	5,32	1.228,5	1.219,0
Malo M1	1.262	.5	CO	D2+I2	5,49	1.234,5	1.222,0

- 
- Porcentajes de revestimiento: alternativas Salado 37%, alternativas Malo M1 48%.
  - Para las alternativas del compensador con B se indica el compensador básico, y con D2+I2 se indica la alternativa de aguas arriba.
  - El diámetro de excavación de los túneles y los niveles en el compensador, se refieren al desarrollo completo suponiendo constante el factor de planta entre la primera y segunda etapa.
  - Las diferentes cotas de derivación para cada sitio alternativo se refieren a las subalternativas de desarenador por bombeo o a gravedad.
  - B: eje base para presa compensadora (alternativa aguas abajo).
  - D: eje D2-I2 para presa compensadora (alternativa de aguas arriba).
-



aducción, siendo generalmente estos últimos relacionados a los primeros.

De las consideraciones y cálculos descritos en el párrafo anterior, se determinaron también los niveles máximos y mínimos de las dos alternativas del embalse compensador: la primera con eje en la quebrada Granadillas (B) y la segunda con eje inmediatamente aguas arriba de la confluencia de la quebrada Los Loros con la quebrada Granadillas (D2+I2).

Los valores de estos niveles máximos y mínimos están indicados también en el Cuadro 9/1, anteriormente mencionado.

#### 9.4 Comparación entre la alternativa Salado y la alternativa Malo M1

9.4.1 Generalidades La comparación entre las dos alternativas Salado y Malo M1 fue hecha tomando en cuenta las conclusiones contenidas en los párrafos anteriores 9.2 y 9.3.

Se consideró, por lo tanto, en ambos casos el desarenador al exterior con funcionamiento por bombeo y se utilizaron los valores de largo de túneles y diámetros de excavación anteriormente ilustrados.

En la comparación se han incluido también las obras de regulación y de caída (descritas respectivamente en los puntos 8.5 y 8.7 del presente capítulo), aún si difieren muy poco en ambos casos.

La comparación fue hecha solamente para una de las subalternativas del Cuadro 8/2 y exactamente la 4, que prevé la chimenea de equilibrio con factor de planta 1 en la primera etapa y compensador con factor de planta 0.7 en la segunda etapa. Los resultados así obtenidos se consideran válidos también para las otras subalternativas.

A continuación se hace una breve descripción solamente de las obras de captación y de los túneles de aducción de las alternativas Salado y Malo M1, siendo las otras obras casi idénticas en los dos casos.

9.4.2 Alternativa Salado La obra de captación de la alternativa Salado ya se describió anteriormente en el punto 9.2.2, y está suficientemente ilustrada en los Planos 0209-A-1541 y 0209-A-1542.

Aquí simplemente se añade una somera descripción de los tratamientos de cimentaciones previstos para las obras.

El material aluvial del sitio se caracteriza por una alternancia de material granular con lentes de arcilla o limo presentando generalmente una capacidad portante mayor de la del sitio Malo M1. A esto hay que añadir que buena parte de las obras están previstas apoyarse directa o indirectamente sobre roca.



Como tratamiento de cimentación para este sitio se ha previsto 9.800 m<sup>2</sup> de diafragmas de hormigón de 20 metros de profundidad máxima al pie de aguas arriba y de 15 metros de profundidad máxima al pie de aguas abajo de las obras. Debido a la alta permeabilidad del material de cimentación se ha previsto también alrededor de 23.000 m<sup>2</sup> de diafragmas provisionales en correspondencia de los ejes de las ataguías y de los diques provisionales.

Los túneles de aducción cada uno dimensionado para un caudal de 64,25 m<sup>3</sup>/s, tienen hasta la chimenea de equilibrio y hasta el compensador un largo respectivamente de unos 25,7 km y de 24,9 km; se supone que para un 37% de su largo sean revestidos en hormigón ligeramente armados y para el restante 63% solamente revestidos con un pequeño espesor de gunita. Los diámetros de excavación de los túneles en este caso son de 5,28 y 5,68 m respectivamente en primera y segunda etapa.

9.4.3 Alternativa Malo M1 La obra de captación de la alternativa Malo M1 aún si conceptualmente similar a la correspondiente del sitio Salado, difiere por diversas condiciones topográficas, morfológicas y de cimentaciones.

Las obras de cierre y de control (véase los Planos 0209-A-1544 y 0209-A-1545) están constituidas, mirando desde aguas arriba de izquierda a derecha, por los siguientes componentes.

- Vertedero auxiliar de un ancho neto de 132 m, con umbral a la cota 1.260 con protección en enrocado solamente al pie de aguas abajo.
- Vertedero normal principal de un ancho neto de 132 m con umbral a la cota 1.254 y con cuenco disipador aguas abajo, revestido en hormigón.
- Otro vertedero auxiliar de un ancho neto de 132 m con umbral siempre a la cota 1.260 y solamente con protección en enrocado al pie de aguas abajo sin cuenco disipador.
- Vertedero normal secundario, en correspondencia del canal de desvío, de un ancho neto de 66 m con umbral a la cota 1.256 y con cuenco disipador aguas abajo.
- Obras de toma y de limpia en correspondencia del canal de desvío.
- Desarenador al exterior, protegido aguas arriba por un terraplén, y ubicado inmediatamente al lado derecho del canal de desvío y al pie de la ladera del valle.

Las características geométricas e hidráulicas del desarenador son las mismas del desarenador del Salado descritas en el punto 9.2.2.



También en este caso se prevé un puente sobre de los vertederos para inspeccionar y mantener los cuencos disipadores y para poder acceder a la obra de toma y al desarenador.

El sitio de presa Malo M1 presenta condiciones de cimentaciones algo más desfavorables del sitio Salado; esto se debe a la presencia continua de una capa superficial de unos 15 a 20 m de espesor de material aluvial poco compactado y de alta permeabilidad super-yacente a una capa continua de 50 a 60 m de limo poco consolidado.

El tratamiento de cimentación previsto para la presa consiste esencialmente en una vibrocompactación de la capa superficial de 20 m sobre el área de alrededor de 30.000 m<sup>2</sup>, interesada por las cimentaciones de todas las obras de toma incluyendo aliviaderos y cuencos disipadores.

A más de este tratamiento se han previsto también 35.000 m<sup>2</sup> de diafragmas de hormigón de 30 m de profundidad al pie de aguas arriba de las obras y de 20 m de profundidad al pie de aguas abajo.

Los túneles de aducción están en este caso dimensionados cada uno para un caudal de 65 m<sup>3</sup>/s y tienen hasta la chimenea de equilibrio y hasta el compensador respectivamente un largo de unos 19,7 y de 18,9 km; en base a los criterios ilustrados en el punto 9.3.1, se estima revestir con hormigón ligeramente armado el 48% de largo total de los túneles, siendo el restante simplemente revestido con un pequeño espesor de gunita. Los diámetros de excavación de los túneles resultan, en este caso, de 5,39 y de 5,82 m, respectivamente en primera y segunda etapa.

9.4.4 Comparación y conclusiones La comparación económica entre las dos alternativas se hizo en base a los costos unitarios de las obras descritas en el Capítulo 10 y tomando en cuenta los siguientes porcentajes de imprevistos.

- Obras de captación en el sitio Salado y obras civiles al exterior en general	15%
- Obras de captación en el sitio Malo M1 y compensador	20%
- Obras en subterráneo en general	25%
- Casa de máquinas-obras civiles	20%
- Equipo electromecánico	5%

Los imprevistos más altos para el sitio Malo M1 se justifican por las condiciones locales que aquí se han creado por el evento del 5 de marzo y por los mayores problemas de cimentaciones.

En la comparación económica se tomaron en cuenta no solamente los costos de inversiones, sino también la pequeña variación de beneficios (poco más del 1%) en favor de la solución Malo M1 y los intereses intercalares siempre un poco a favor de esta solución.

Los resultados obtenidos utilizando siempre el mencionado escenario de demanda III, los costos y beneficios a enero 1987 y



suponiendo la entrada en operación de la primera etapa de las alternativas en estudio en el año 2004, llevó a los resultados indicados en el Cuadro 9/2.

Cuadro 9/2

## COMPARACION ECONOMICA DE LAS ALTERNATIVAS SALADO Y MALO M1

Alternativas	Parámetros Económicos				
	Costos Actualizados (10 <sup>6</sup> US\$)	Beneficios Actualizados (10 <sup>6</sup> US\$)	Beneficio Neto (10 <sup>6</sup> US\$)	B/C (-)	TIR (%)
1 Salado 4	1.036,0	2.343,5	1.307,5	2,26	20,163
2 Malo M1 4	1.008,2	2.373,8	1.365,6	2,355	20,795

## Diferencias

(2-1)/2 en %	-2,77	+1,29	+4,52	-4,18	+3,15
--------------	-------	-------	-------	-------	-------

- Tasa de interés adoptado 10%.
- Beneficio de potencia garantizada = 114,0 US\$/kW/año; beneficio de energía primaria = 43,6 US\$/MWh
- TIR calculado suponiendo que los beneficios unitarios no varíen con la tasa de interés.

Del Cuadro 9/2 resulta una cierta ventaja económica para la solución Malo M1 que tiene costos actualizados más bajos de un 2,8% y beneficios netos más altos de 1,3%; estas figuras llevan a tener para la alternativa Malo M1 indicadores económicos más altos, es decir 4,5% más en el beneficio neto, 4,2% más en la relación beneficio-costos y 3,1% más en la tasa interna de retorno.

Del mismo cuadro se ve además, que también la solución Salado presenta indicadores económicos altamente atractivos.

De un lado con esta última consideración y con la constatación que la ventaja de la solución Malo M1 respecto a la del Salado, resulta relativamente modesta y de otro lado tomando en cuenta los mayores problemas relacionados a las cimentaciones del sitio Malo M1 respecto al sitio Salado (véase puntos 9.4.2 y 9.4.3) y, aún si remotos, los riesgos vulcanológicos y sísmicos un poco mayores para la solución Malo M1, se decidió escoger definitivamente la solución Salado.

Esta decisión estuvo anteriormente recomendada por el Grupo Consultivo de INECOL en su visita de diciembre de 1987.



## 9.5 Presa compensadora

En este párrafo se describen y se comparan los ejes y los tipos de presa alternativos analizados en la fase de estudio final de alternativas.

9.5.1 Antecedentes La solución básica del embalse compensador analizada en la primera etapa de los estudios, está constituida por un embalse obtenido con una presa a ser levantada en la quebrada Granadillas, inmediatamente aguas abajo de la confluencia de sus tributarios principales.

La ubicación del eje fue determinada esencialmente por razones morfológicas y topográficas para permitir un suficiente volumen regulador en base a la topografía y en consideración a los diagramas de cargas diarios disponibles.

El tipo de presa inicialmente escogido fue el de escollera con pantalla impermeable de hormigón armado, sobre el talud de aguas arriba bordeado por una viga perimetral de apoyo.

Posteriormente, durante la fase de estudio de actualización de la preselección de alternativas se han identificado algunos sitios alternativos del eje de presa aguas arriba de la confluencia de la quebrada Los Loros con la quebrada Granadillas, entre los cuales resultaron de particular interés los ejes D2 e I2, inmediatamente aguas arriba de la mencionada confluencia, mientras se descartaron los ejes D1 e I1 todavía más aguas arriba por consideraciones económicas preliminares y por falta de volumen regulador natural.

### 9.5.2 Morfología y geología de la zona

El sector de la margen derecha del río Coca, en la zona del Codo Sinclair, constituye, en la parte alta, una meseta ondulada incisa por quebradas progresivamente más profundas a medida que se acercan al borde de la meseta misma.

La quebrada Granadillas, donde están previstas las obras de cierre y de regulación del embalse compensador, presenta en su curso principal y en los afluentes un contraste morfológico muy notorio entre la parte más profunda encañonada, con erosión preva-  
leciente de tipo vertical, y la parte superior de ambos márgenes que, en forma simétrica a partir de la cota 1.210-1.220, se abren con taludes poco inclinados y ligeramente ondulados con pendientes menores de 20°.

El contraste morfológico indicado está directamente relacionado con la litología de las unidades sedimentarias aflorantes en esta zona y con la estratificación subhorizontal, con un ligero buzamiento general hacia el este de 5° a 8°, que caracteriza todas las formaciones interesadas por las obras de cierre.

En realidad, la parte más angosta de las secciones consideradas para las alternativas de presa, ya sea en la quebrada principal o



en las quebradas tributarias, está constituida por areniscas cuarcíticas blancuzcas de la formación cretácica Hollín.

La parte superior de las secciones indicadas, con taludes suaves y poco inclinados, está constituida por estratos de lutita que representan el miembro inferior de la formación cretácica Napo, suprayacente a la formación Hollín.

9.5.3 Tipos de presa y protección del embalse Las informaciones geológicas obtenidas al final de las investigaciones con las cuatro perforaciones ejecutadas en los ejes alternativos de la presa compensadora han dado lugar a abandonar por el momento la solución de presa en escollera con pantalla en hormigón a lo largo del paramento de aguas arriba, así como definitivamente las soluciones de presas en hormigón convencional.

Esto es debido a la baja resistencia mecánica de la formación Napo y a la evidente alteración de la parte superior de la formación Hollín.

Las alternativas de tipo de presa que se decidió seguir estudiando en esta fase de estudio, adaptándolas a las condiciones geológicas encontradas, fueron dos:

- Presa en escollera con núcleo central en material arcilloso, a pesar de la dificultad climática de la colocación del mismo.
- Presa en hormigón compactado con alas laterales en escollera.

a. Presa en escollera con núcleo central

Las secciones previstas para este tipo de presa están indicadas en el Plano 0209-A-1550, donde con la integración de los Planos 0209-A-1547 y 0209-A-1549, se ilustra la presa de mayor altura asociada al eje de aguas abajo (eje base). En la parte central del valle, donde la presa se apoya sobre la formación Hollín, se ha previsto una sección de presa simétrica con pendiente de los paramentos 1,8 sobre 1, mientras que en las partes laterales del valle, donde la presa apoya sobre la formación Napo, la pendiente de los paramentos se suaviza progresivamente hasta llegar al valor de 3 sobre 1.

También el núcleo de arcilla es simétrico con pendientes de los paramentos de 0,15 sobre 1, tanto en la parte central como en las laterales del valle.

La altura de la presa varía de 85 a 90 m en la sección de aguas abajo y de 75 a 80 m en la sección de aguas arriba.

El material para el enrocado, así como para las transiciones, los drenes y los filtros, se prevé obtenerlo de canteras en los afloramientos de granodiorita unos 4 km al nor-oeste de los sitios de presa; la arcilla para el núcleo se puede obtener de los aflora-



mientos de la formación Tena que bordean el afloramiento de granodiorita antes mencionado.

En adición al túnel de desvío también las otras obras hidráulicas anexas a este tipo de presa, o sea la descarga de fondo y el vertedero están constituidas esencialmente por túneles.

#### b. Presa en hormigón compactado

Las secciones previstas para este tipo de presa están indicadas en el Plano 0209-A-1552, donde con la integración de los Planos 0209-A-1548 y 0209-A-1551 se ilustra la presa de mayor altura asociada al eje de aguas arriba (eje D2 e I2).

Tomando en cuenta la sismicidad del área y las condiciones geológicas locales se han previsto para los paramentos pendientes bastante suaves; es decir aquella del paramento de aguas arriba de 0,25 en horizontal sobre 1 en vertical y aquella del paramento de aguas abajo de 0,8 sobre 1.

La gran mayoría de las cimentaciones de la presa está prevista apoyar directamente sobre la formación Hollín (sacando la formación Napo suprayacente) y solamente en las extremidades de las alas apoyar sobre la parte profunda de la formación Napo.

Para tener una menor discontinuidad de las sollicitaciones sobre esta última formación en las alas laterales de la presa y para mejorar estabilidad local, se han previsto en las dos extremidades de la presa espaldones en enrocado.

Tanto para el tipo de presa en escollera, así como también para el tipo de presa en hormigón compactado todos los agregados para fabricar el hormigón tendrán que ser obtenidos de canteras abiertas en los afloramientos de granodiorita.

#### c. Protección del embalse

Como se menciona en el punto 8.7.5, para evitar deslizamientos superficiales en las laderas del embalse en la formación Napo, que pueden ser ocasionados por las oscilaciones de los niveles del agua, se ha previsto una protección sistemática de toda la superficie de la formación antedicha, que se encuentra por debajo del nivel máximo del embalse.

En esta fase de estudio se pensó obtener esta protección regularizando las pendientes de los taludes (generalmente alrededor de 20°) y poniendo sobre éstas un colchón de gabiones de 30 cm de espesor ('materassi tipo Reno') que apoyan sobre un estrato de material drenante separado de la arcilla de la formación Napo con geotextil no tejido. El tipo de protección del embalse tendrá de todas maneras que ser reanalizado en la Fase B del estudio.

#### 9.5.4 Comparación y selección tanto del tipo como del eje de presa La comparación y selección tanto del tipo como del eje de



presa fue hecha por etapas. Primeramente se compararon los dos tipos de presas asociados a los diferentes ejes y seguidamente se compararon los ejes con los tipos de presa escogidos. En la comparación se han considerado constantes los costos de tratamiento de cimentaciones.

a. Comparación de tipos de presa en la sección de aguas abajo

Los dos tipos de presa analizados en este eje son los mismos descritos anteriormente en el punto 9.5.3.

La comparación fue hecha para presas de altura máxima de unos 90 m, que corresponden a las alternativas a desarrollo completo del Proyecto con factor de planta igual a 0,5. Cabe anotar que la reducción de altura de la presa que se puede obtener en primera etapa respecto a la altura definitiva es solamente de 4 a 5 m.

El volumen de la presa con la solución en enrocado resulta aproximadamente de 1'600.000 m<sup>3</sup>, mientras que el volumen de la presa en hormigón compactado se aproxima a los 550.000 m<sup>3</sup>.

Con este eje de presa (eje base) se abandonó la idea de hacer el lavado hidráulico de los sedimentos acumulados en el embalse compensador, a través de la descarga de fondo, pensando más bien en un sistema de dragado para la remoción de los sedimentos del embalse.

La comparación económica basada en los costos unitarios descritos en el Capítulo 10, resulta favorable a la solución en enrocado en un 10%. Por lo que, para este sitio entonces se escogió definitivamente la presa en escollera.

b. Comparación de tipos de presa en la sección de aguas arriba

El eje de aguas arriba tiene la fundamental ventaja de permitir la construcción de la presa por etapas: la primera a lo largo del eje D2 en la quebrada Granadillas y la segunda a lo largo del eje I2 en la quebrada Los Loros.

La morfología local permite, sin mayores problemas, poder construir obras de comunicación/separación de los dos embalses compensadores, que serán de todas maneras alimentados separadamente por túneles que llegan a un nivel más bajo del nivel mínimo del compensador, unos 300-400 metros aguas arriba de las presas.

Las obras de separación/comunicación de los embalses se obtienen con la construcción de un canal o de un túnel controlados por compuertas.

También para este eje de presa se analizaron los dos tipos de presas descritos en el punto 9.5.3, es decir presa en escollera y presa en hormigón compactado.



Para las alternativas de este eje se está pensando en la posibilidad de limpiar hidráulicamente los sedimentos del embalse a través de las descargas de fondo.

La razón principal de la separación de los embalses consiste en la simplificación de los problemas constructivos de la segunda etapa y en la posibilidad de seguir produciendo energía a través de uno de los dos embalses, mientras se está haciendo la limpieza del otro. Esta última operación es completamente posible con la solución en hormigón compactado que permite una aducción auxiliar a través del cuerpo de la presa de primera etapa, mientras resulta posible sólo durante la limpieza del compensador izquierdo para la solución en enrocado.

También en este caso, la comparación fue hecha para las presas de altura máxima, es decir unos 80 m de altura que corresponde otra vez a alternativas a desarrollo completo con factor de planta igual a 0,5.

El volumen total (primera más segunda etapa) de la solución en enrocado, resultó aproximadamente de 1'500.000 m<sup>3</sup>, mientras que el volumen de la en hormigón compactado se aproximó a 530.000 m<sup>3</sup>.

Los costos de las dos alternativas con los precios unitarios descritos en el Capítulo 10, resultaron bastante similares. De todas maneras, en esta fase del estudio se decidió escoger para este eje la solución en hormigón compactado debido a su mayor flexibilidad de operación. Ambas alternativas en enrocado y en hormigón compactado deberán ser reexaminadas en la Fase B del Estudio. Para la alternativa en enrocado, por la dificultad de colocación del núcleo arcilloso debido a las condiciones climáticas, se estudiarán también soluciones con pantallas en hormigón bituminoso o se reexaminará la solución con pantalla en hormigón armado a lo largo del paramento de aguas arriba.

### c. Comparación entre los ejes de presa

La comparación entre los ejes alternativos fue hecha considerando la presa en escollera en la sección de aguas abajo (eje base) y la presa en hormigón compactado en la sección de aguas arriba (eje D2 + I2).

En la comparación hecha siempre para el caso de presas con alturas máximas relacionadas a los factores de planta 0,5, se tomó también en cuenta el costo de la protección del embalse, de los túneles y de la energía perdida, siendo estos últimos costos variables con las alternativas. Evidentemente se tomó también en cuenta el escalonamiento de las inversiones, permitido por la solución de aguas arriba.

El resultado de la comparación resulta bastante claro en favor de la solución de aguas arriba (D2 + I2), que presenta una reducción en costos actualizados superior a un 20% respecto a la solución de aguas abajo.



Por lo tanto, para la terminación del estudio de las alternativas (Fase A) se adoptó definitivamente el eje de aguas arriba (D2 + I2) asociado a una presa en hormigón compactado, la cual deberá ser reanalizada y comparada nuevamente con las soluciones en escollera en la Fase B del estudio.

Debido al costo relativamente alto de las obras del compensador, a los problemas de cimentaciones (véase párrafo siguiente) y a las mediocres condiciones geológicas de la nariz entre los dos tributarios, en la Fase B del estudio se reanalizarán también los ejes alternativos más aguas arriba, es decir D1 e I1.

Esto, sobre todo en el caso que el factor de planta escogido sea de 0.7, permitirá reducir un poco la altura de la presa y posiblemente permitirá encontrar condiciones geológicas menos desfavorables.

9.5.5 Tratamiento de cimentaciones Las condiciones de cimentaciones de la presa del embalse compensador presentan problemas relacionados por un lado a la presencia de la formación Napo muy suave en las partes altas del valle, y por otro a la formación Hollín subyacente alterada en su parte superficial, en general muy permeable.

El estudio de un sistema adecuado de impermeabilización y de drenaje tiene bajo estas condiciones una notable importancia.

En la presente fase de estudio las pantallas de estanqueidad y drenajes fueron analizadas sólo preliminarmente dejando para la Fase B análisis más detenidos.

Solamente para la presa de primera etapa a ser construida a lo largo de la quebrada Granadillas, se han previsto en esta fase de estudios, galerías de inyecciones y de drenaje para un largo total de 1.490 y de 610 m, respectivamente. De las galerías de inyecciones se ha pensado ejecutar una cortina de inyecciones de 68.000 m<sup>2</sup> con perforaciones de 1 1/2" cada 3 m, suponiendo una absorción de 200 l/m.

La cortina de drenaje prevista alcanza alrededor de 50.000 m<sup>2</sup> con perforaciones de 4" cada 5 m.

## 9.6 Comparación chimenea de equilibrio-compensador

La comparación entre chimenea de equilibrio y embalse compensador, se justifica para las subalternativas 2 y 6 para las cuales como se indica en el Cuadro 8/2 en primera etapa con factor de planta 0.7, se podría pensar en una chimenea de equilibrio o en un compensador parcial siendo de todas maneras el compensador completo necesario en segunda etapa.

Se hizo el ejercicio comparativo solamente para la subalternativa 2 considerando ambas etapas y analizando los costos de todas las obras incluyendo las de la caída.



Los resultados en puro término de costos de inversión indican para la solución con compensador costos menores de 3,1% y de 7,5%, respectivamente para la primera y para la segunda etapa. La diferencia de los costos de inversión de las dos alternativas a desarrollo completo resulta del orden de 40 millones de dólares.

Si a esto se añade también una pequeña ventaja en término de potencia y de energía para la solución con compensador, la decisión de descartar la chimenea de equilibrio para la primera etapa de las subalternativas 2 y 6, resulta justificada.

## 9.7 Obras de generación y líneas de transmisión

En este párrafo se hace una actualización de los criterios y de la descripción de las obras de caída y generación, ilustradas anteriormente en el punto 8.7.5, con particular énfasis a los correspondientes equipos electromecánicos.

El presente párrafo concluye con una descripción de las líneas de transmisión desde el área del Proyecto hasta Quito.

Para mayores detalles sobre equipos electromecánicos y líneas de transmisión se hace referencia al Anexo L del presente informe.

9.7.1 Tubería de presión En general se han mantenido para esta etapa de estudio los criterios ilustrados en el párrafo 8.7.6 que consisten esencialmente en considerar tuberías de presión embebidas en hormigón con un diámetro máximo medio (respecto a las pérdidas de carga) hasta 4,8 m sin sobrepasar para cada tubería el caudal de 120 m<sup>3</sup>/s.

Los valores de los diámetros según las diferentes alternativas o subalternativas se obtienen de diagramas de los valores óptimos ilustrados en el Tomo II del Anexo L a este informe.

El eventual grupo de reserva (ver punto 9.7.2) puede ser alimentado aumentando la velocidad óptima del agua en la tubería pero sin superar el valor de inercia hidráulica de 1,8 segundos; este último valor se considera aceptable en la condición excepcional de operar todos los grupos instalados incluyendo la reserva.

El trazado planimétrico y el perfil adoptado en esta Fase A del estudio de la tubería de presión, tanto asociada al compensador como a la chimenea de equilibrio, se ilustra en los Planos de 0209-A-1553 a 0209-A-1556.

Tanto el trazado como el perfil tendrán que ser reexaminados en la Fase B del estudio a la luz de las investigaciones geológicas futuras (ver Capítulo 14) y según las sugerencias contenidas en el Anexo M a este informe.

9.7.2 Casa de máquinas También para la ubicación y orientación de la casa de máquinas se han mantenido generalmente los criterios ya ilustrados en el punto 8.7.6, que consisten en una



ubicación en subterráneo unos 500 metros al oeste del río Coca en el Codo Sinclair y en una orientación N-W como se indica en los Planos 0209-A-1553 y 0209-A-1555.

Se han mantenido grupos tipo Pelton de 6 inyectores, pero con velocidad suficientemente baja para permitir también la adaptación a grupos con 5 inyectores.

En el análisis de las diferentes alternativas y subalternativas, en lo que se refiere a la potencia unitaria de los grupos y a la reserva, se han seguido los criterios y limitaciones siguientes:

- No instalar menos de 3 grupos en la primera etapa y con un factor de planta muy alto, superior a 0,8; instalar adicionalmente un grupo de reserva. En este caso resulta conveniente y necesario, considerando el valor de la potencia total, instalar grupos con potencia unitaria baja, pero no inferior a 110-120 MW.
- Con factores de planta bajos no instalar reserva si no es requerida por el sistema y respetando el criterio de no instalar menos de 3 grupos, instalar grupos de alta potencia unitaria pero no superior a 200-210 MW.
- Pasando de una etapa con alto factor de planta a otra con bajo factor de planta se recomienda convertir la reserva en potencia garantizada, modificando, si es necesario, la tubería de presión de primera etapa para limitar las pérdidas de carga y la inercia hidráulica.

Entre las dos alternativas de casa de máquinas estudiadas con transformadores en caverna separada y transformadores en la misma caverna de las turbinas, se escogió, al fin, la primera para asegurar máxima flexibilidad al pasar cuando sea necesario de soluciones con transformadores trifásicos en primera etapa a otras de segunda con transformadores monofásicos.

La subestación de 345 kV se ha previsto de tipo SF6 ubicándola en el piso superior de la caverna de los transformadores; la subestación queda enlazada casi horizontalmente con cables aislados de 345 kV a los pórticos terminales de línea ubicados en las cercanías de la orilla del río Coca.

Se confirmó para esta fase de estudio la ubicación del área de montaje situada al centro entre los grupos de primera y segunda etapa en las soluciones que prevén una caverna única para las dos etapas y al extremo de la caverna con soluciones de cavernas separadas una para cada etapa.

Los cortes típicos y las dimensiones principales de la casa de máquinas según las subalternativas, se ilustran en el Plano 0209-A-1557, mientras que las obras civiles relacionadas a la casa de máquinas, es decir túneles de acceso y galerías de descarga se indican en los Planos 0209-A-1553 y 0209-A-1555.



Así como para la tubería de presión también para la casa de máquinas en la Fase B, se reexaminará su ubicación y su orientación según las sugerencias contenidas en el Anexo M de este informe.

9.7.3 Líneas de transmisión Con el fin de limitar el costo del sistema de transmisión, se ha previsto siempre una línea a doble circuito a 345 kV en torre común. Si por razones geológicas, el riesgo de tener torres comunes no es considerado aceptable, se deberá prever el montaje de dos líneas independientes a simple circuito, pero habrá un costo suplementario. Podría ser posible, como alternativa, el proveer torres separadas en la región con alto riesgo, y torres comunes en las demás regiones.

Al final de la línea de transmisión, cerca de Quito, deberá ser provista una subestación con dos posiciones de entrada de línea, una posición de acoplamiento, un número apropiado de transformadores de bajada, capacitores, compensadores de línea y todos los equipos para 345 kV requeridos.

El largo total de la línea hasta Quito resulta de unos 150 km, de los cuales 120 km pertenecen a la zona bajo los 3.000 m de altura y 30 km a la zona arriba de este nivel.

Para el trazado de la línea y los tipos de torres previsto, véase Plano 0209-A-1558.

## 9.8 La alternativa seleccionada y sus subalternativas

9.8.1 Generalidades En base a todo lo antedicho en el presente capítulo, la alternativa seleccionada en esta fase de estudio resulta constituida por las obras siguientes:

- Obra de captación a filo de agua en el sitio Salado.
- Desarenador en la mayoría de los casos al exterior y siempre con funcionamiento de limpieza por bombeo.
- Dos túneles de aducción (uno de primera y uno de segunda etapa) hacia el compensador o hacia la chimenea de equilibrio.
- Compensador previsto por etapas (primera etapa en la quebrada Granadillas aguas arriba de la confluencia y segunda etapa en la quebrada Los Loros) o chimeneas de equilibrio con cámara de válvulas.
- Presa compensadora, si es prevista, en hormigón compactado.
- Tubería de alta presión subterránea en acero embebida en hormigón.
- Casa de máquinas en subterráneo unos 500 m adentro en el macizo rocoso.



- Transformadores y subestación en SF6 en caverna separada.

La alternativa arriba descrita es general y asociable a diferentes valores del factor de planta en su desarrollo por etapas.

Las diferentes combinaciones de los valores del factor de planta según las etapas constituyen las alternativas finales. Estas subalternativas son las mismas ya indicadas en el Cuadro 8/2, donde hay que eliminar la subalternativa con factor de planta 0.7 en primera etapa asociada a la chimenea de equilibrio.

9.8.2 Características geométricas principales A continuación se describen y se ilustran someramente con cuadros las características geométricas principales que varían de una alternativa a la otra, mientras para mayores detalles se hace referencia a los Planos de 0209-A-1537 a 0209-A-1559.

a. Obras de captación

Las obras de captación para las diferentes subalternativas son en su mayoría iguales. Siempre hay que construir las mismas obras de retención/control, de toma y de limpieza (véase Planos 0209-A-1541 y 0209-A-1542) ya en primera etapa. Lo único que se deja para la segunda etapa es la parte del desarenador asociada al segundo túnel de aducción.

Los desarenadores constituyen las únicas obras que pueden variar de una subalternativa a la otra, según lo que esté previsto el compensador o la chimenea de equilibrio. Con la chimenea de equilibrio las cámaras de sedimentación, manteniendo el mismo largo, prácticamente se duplican de número; esto debido al criterio de diseño anteriormente ilustrado (véase párrafo 8.6.3). En el caso de la subalternativa 1 es decir factor de planta 1, tanto en primera como en segunda etapa, el desarenador será de todas maneras en subterráneo.

b. Túneles de aducción y tuberías de presión

Las características geométricas principales de los túneles de aducción y de las tuberías tanto de baja como de alta presión de las seis subalternativas elegidas, están indicadas en el Cuadro 9/3. En este cuadro las características de primera y segunda etapa son ilustradas separadamente.

c. Compensador o chimenea de equilibrio

Las características principales de la presa compensadora o de la chimenea de equilibrio de las alternativas elegidas según sus etapas de desarrollo son ilustradas en el Cuadro 9/4.

d. Casa de máquinas y túneles de restitución

Análogamente a los otros cuadros el cuadro 9/5 ilustra las características principales de las casas de máquinas y de los



túneles de restitución para las subalternativas escogidas en sus diferentes etapas de desarrollo.

9.8.3 Potencias instaladas y energías firmes Para cada subalternativa y cada etapa, el Cuadro 9/6 indica las principales características de generación. En particular el cuadro para cada combinación de subalternativas y etapas, ilustra el caudal turbinado, la caída neta, el número y la potencia unitaria de cada grupo, la potencia instalada, la de reserva y al fin la energía firme.



Cuadro 9/3

ADUCCION Y TUBERIA DE PRESION  
CARACTERISTICAS GEOMETRICAS PRINCIPALES

Subalternas- tivas y Etapas	Factor de Planta (-)	Túnel de aducción		Tub. de baja presión		Tub. de alta presión	
		Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro	Longitud	Diámetro
		(m)	Excavac. (m)	(m)	Interno (m)	(m)	Tubería (m)
-----							
I Etapa							
1	1(1)	25.683	5,28	-	-	975	1 x 3,80
2	.7	24.896	5,48	660	1 x 5,30	926	1 x 4,55
3	.5	24.896	5,56	660	2 x 4,50	926	2 x 3,80
4	1(1)	25.683	5,28	-	-	975	1 x 4,30
5	1(1)	25.683	5,28	-	-	975	1 x 4,30
6	.7	24.896	5,48	660	1 x 5,30	926	1 x 4,55
II Etapa							
1	1(1)	25.654	5,28	-	-	870	1 x 3,80
2	.7	24.898	5,48	660	1 x 5,30	820	1 x 4,55
3	.5	24.898	5,56	660	2 x 4,50	820	2 x 3,80
4	.7(2)	24.898	5,68	660	1 x 5,50	820	1 x 4,65
5	.5(2)	24.898	5,83	660	2 x 5,00	820	2 x 4,30
6	.5(2)	24.898	5,63	660	2 x 4,90	820	2 x 4,20

(1) Subalternativas con chimenea de equilibrio.

(2) Valores finales del factor de planta (primera más segunda etapa).



Cuadro 9/4

COMPENSADOR O CHIMENEA DE EQUILIBRIO  
CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LAS SUBALTERNATIVAS

Subalternativas y Etapas	Factor de Planta (-)	Compensador				Chimenea de Equilibrio		
		Nivel Máximo (msnm)	Nivel Mínimo (msnm)	Volumen Util (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	Volumen Presa (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	Diámetro Pozo (m)	Altura Pozo (m)	Area Vasca Superior (m <sup>2</sup> )
-----								
I Etapa								
1	1(1)	-	-	-	-	5,55	130	2.200
2	.7	1.230,0	1.220,0	650	245	-	-	-
3	.5	1.234,5	1.222,0	900	312	-	-	-
4	1(1)	-	-	-	-	5,55	130	2.200
5	1(1)	-	-	-	-	5,55	130	2.200
6	.7	1.230,0	1.220,0	650	312	-	-	-
II Etapa								
1	1(1)	-	-	-	-	5,55	130	2.200
2	.7	1.230,0	1.220,0	350	165	-	-	-
3	.5	1.234,5	1.222,0	500	203	-	-	-
4	.7(2)	1.230,0	1.220,0	1.000	385	-	-	-
5	.5(2)	1.234,5	1.222,0	1.400	474	-	-	-
6	.5(2)	1.234,5	1.222,0	750	203	-	-	-

(1) Subalternativas con chimenea de equilibrio.

(2) Valores finales del factor de planta (primera más segunda etapa).



Cuadro 9/5

CASA DE MAQUINAS Y GALERIAS DE RESTITUCION  
CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LAS SUBALTERNATIVAS

Subalternativas y Etapas	Factor de Planta (-)	Grupos		Casa de máquinas-Dimensiones				Galería de Restitución		
		Potencia Unitaria (MW)	Número (-)	Distancia Ejes (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Longitud (m)	Caudal (m³/s)	Longitud (m)	Diámetro Interno (m)
I Etapa										
1	1	112,4	3 + 1	14,9	19,5	34,4	104,3	64,25	540	5,5
2	.7	163,8	3	16,9	22,1	37,0	93,0	92,5	540	6,2
3	.5	172,7	4	17,0	22,3	37,1	119,0	129,5	540	7,0
4	1	112,4	3 + 1	14,9	19,5	34,4	96,9	64,25(1)	540	6,0
5	1	112,4	3 + 1	14,9	19,5	34,4	96,9	64,25(1)	540	6,0
6	.7	164,8	3	16,9	22,1	37,0	93,0	92,5	540	6,2
II Etapa										
1	1	112,4	3	14,9	19,5	34,4	44,7	64,25	540	5,5
2	.7	163,8	3	16,9	22,1	37,0	50,7	92,5	540	6,2
3	.5	172,7	4	17,0	22,3	37,1	68,0	129,5	540	7,0
4	.7(2)	174,7	3	17,0	22,3	37,1	76,5	99,3	540	6,3
5	.5(2)	184,0	5	17,2	22,5	37,2	111,8	173,3	540	7,8
6	.5(2)	176,6	5	17,0	22,3	37,1	110,5	166,5	540	7,7

(1) El valor de 64,25 sube a 85,7 en segunda etapa cuando se opera también el grupo de reserva; consecuentemente variarán también un poco las potencias unitarias de primera etapa según lo indicado en el Plano 0209-A-1556.

(2) Valores finales del factor de planta (primera más segunda etapa).



Cuadro 9/6

## POTENCIAS INSTALADAS Y ENERGÍAS FIRMES DE LAS SUBALTERNATIVAS

Subalternativas y Etapas	Factor de Planta (-)	Caudal Turbinado (m <sup>3</sup> /s)	Caída Neta (m)	Grupos		Potencia Instalada (MW)	Potencia de Reserva (MW)	Energía Firme (GWh/a)
				Potencia Unitaria (MW)	Número (-)			
I Etapa								
1	1	64,25	601,3	112,4	3 + 1	337,3	112,4	2.955,0
2	.7	92,5	608,6	163,8	3	491,5	-	3.014,0
3	.5	129,5	611,0	172,7	4	690,7	-	3.025,0
4	1	64,25(1)	604,5	112,4	3 + 1	337,3	112,4(1)	2.970,0
5	1	64,25(1)	604,5	112,4	3 + 1	337,3	112,4(1)	2.970,0
6	.7	92,5	608,6	163,8	3	491,5	-	3.014,0
II Etapa								
1	1(1)	64,25	601,8	112,4	3	337,3	-	2.957,0
2	.7	92,5	609,0	163,8	3	491,5	-	3.016,0
3	.5	129,5	611,6	172,7	4	690,7	-	3.028,0
4	.7(2)	99,3	609,0	174,7	3	524,1	-	3.032,0(3)
5	.5(2)	173,3	611,6	184,0	5	919,8	-	3.063,0(3)
6	.5(2)	166,5	611,4	176,6	5	883,2	-	3.019,0(3)

- (1) El caudal de 64,25 m<sup>3</sup>/s sube a 85,7 m<sup>3</sup>/s en segunda etapa cuando se opera continuamente también el grupo de reserva; consecuentemente variarán un poco también las caídas netas, las potencias unitarias y energías de primera etapa, según lo indicado en el Plano 0209-A-1556.
- (2) Valores finales del factor de planta (primera más segunda etapa).
- (3) Valores de energía adicional producida en la segunda etapa.



## 10. METODOLOGIA CONSTRUCTIVA, COSTOS Y PRESUPUESTOS

En este capítulo se describen brevemente la metodología constructiva adoptada, la programación de las actividades previstas, el análisis de los costos unitarios, los presupuestos y los cronogramas de inversiones de las subalternativas seleccionadas en el capítulo anterior. Para mayores detalles sobre los asuntos antes mencionados se hace referencia al Anexo N "Metodología Constructiva y Costos" del presente informe.

### 10.1 Metodología constructiva

10.1.1 Caminos y campamentos En esta fase de los estudios se ha considerado que los caminos de acceso a las obras, canteras y campamentos, empalmen con la carretera Quito-Lago Agrio y que ésta opere en toda su longitud. Además se ha considerado que la carretera Quito-Lago Agrio tenga características suficientes como para permitir el tránsito de los equipos pesados destinados al Proyecto.

Los caminos de acceso tendrán una sección de 8 m de calzada más espaldones y serán pavimentados con 50 cm de sub-base y 40 cm de base.

Los accesos a construirse (véase Plano 0209-A-1559) son dos:

- El primero empalma con la carretera Quito-Lago Agrio unos pocos kilómetros aguas abajo de la confluencia entre los ríos Malo y Coca, cruza este último con un puente de 150 m de luz y sube a la meseta pasando por la ventana del túnel de aducción. Este camino pasa cerca de la cantera de granodiorita y llega al campamento principal del "Codo Alto". Su longitud es de 45 km.
- El segundo empalma desde el km 64 a salir de Lago Agrio de la carretera Quito-Lago Agrio y se desarrolla a lo largo de la cuchilla conformada por la divisoria entre los ríos Coca y Dashiño, bajando finalmente al Codo Sinclair. Este camino cruza el río Coca con un puente de 100 m de luz y llega al campamento secundario ubicado a lado del acceso de la casa de máquinas, en el "Codo Bajo". Su longitud es de 25 km.

La conexión entre "Codo Bajo" y "Codo Alto" se realiza a través de un teleférico de tipo ida y vuelta, que a un lado tendrá la cabina para el personal y al otro lado una plataforma de carga.

En lo concerniente a los campamentos se ha previsto un campamento principal, ubicado en el "Codo Alto", y tres secundarios. El principal se ha ubicado en el "Codo Alto" por ser ésta la zona más baricéntrica y más segura. Este campamento incluirá oficinas,



talleres, almacenes, viviendas, hospital, escuelas, albergue, clubes, etc, por un total de 20.000 m<sup>2</sup>. El segundo en orden de importancia será el campamento ubicado cerca de la presa de captación, a lado de la carretera Quito-Lago Agrio. Por su ubicación será el campo base de la obra, a través del cual se movilizarán equipos y materiales.

Por último, se consideran dos campamentos de servicio ubicados cerca de la ventana y de la casa de máquinas.

El área total cubierta de los campamentos alcanzará los 35.000 m<sup>2</sup>, y el tiempo necesario para su construcción será de 18 meses.

Durante los primeros 12 meses se construirán también todos los caminos de acceso. Los accesos secundarios y de servicio a los diferentes sectores de las obras estarán a cargo del contratista.

10.1.2 Excavaciones a cielo abierto Las excavaciones a cielo abierto están constituidas en su mayoría por las excavaciones relativas a los estribos y cimentaciones de las presas de captación y del embalse compensador. Estas actividades no se encuentran en la ruta crítica del Proyecto y por lo tanto serán ejecutadas una vez que todas las instalaciones y servicios sean operativos.

Las excavaciones se realizarán con la metodología tradicional, es decir equipo tipo Caterpillar para los materiales sueltos y Track-drills para la roca.

La secuencia de las excavaciones será determinada por la construcción de las ataguías y la excavación del canal de desvío, en el caso de la presa de captación, o del túnel de desvío, en el caso de la presa del embalse compensador.

Una vez terminadas las excavaciones y antes de iniciar la construcción de las presas, deberán efectuarse los tratamientos de las cimentaciones. Estos tratamientos serán constituidos por diafragmas de hormigón de 20 y 15 m de profundidad, en el caso de la presa de captación del Salado, y cortinas de inyecciones de consolidación, en el caso de la presa del embalse compensador.

10.1.3 Excavación y revestimiento de los túneles La construcción del túnel de aducción representa la ruta crítica del Proyecto, en cualquiera de sus subalternativas, por lo tanto su ejecución ha sido analizada más en detalle y se ha tomado la decisión de utilizar 3 topes (Tunnel Boring Machine), que excavarán los tramos más largos del túnel, en donde la alta tecnología de estos equipos permitirá desarrollar elevadas producciones diarias y consecuentemente bajar los plazos constructivos. Al mismo tiempo, en los sectores que cruzan rocas superficiales muy deterioradas o fracturadas, o que se excaven en materiales de derrumbe, se ha preferido volver a la tecnología clásica y a la metodología tradicional que son más flexibles. Esta última solución se ha adoptado por ejemplo para la ventana, cuyo tramo inicial se excava en derrumbe.



Durante la excavación se aplicarán una serie de protecciones que van de una simple capa de hormigón lanzado de 2" de espesor hasta la instalación de cimbras metálicas I 160 y pernos de anclajes, en función del tipo de roca encontrada y de su grado de alteración.

Los túneles menores y las galerías de acceso y de descarga se excavarán con método tradicional y en el caso de galerías la excavación se ejecutará en dos partes, antes la bóveda y sucesivamente el banco.

El túnel inclinado de la tubería de presión y la eventual chimenea de equilibrio se excavarán utilizando el método clásico del pozo piloto ejecutado desde abajo hacia arriba con equipo Alimak y sucesivo ensanche con Track-drills y perforadoras a mano.

En cuanto se refiere al revestimiento definitivo de los túneles en esta fase del Proyecto, se ha adoptado un criterio general en función del tipo de roca:

- En roca tipo A solamente por razones hidráulicas se aplicará una capa de 2" de hormigón lanzado.
- En roca tipo B se aplicarán dos capas de hormigón lanzado de 2" de espesor, incluyendo entre una y otra una malla de 15 x 15 x 0,4 cm; la segunda capa deberá pulirse para disminuir el coeficiente de rugosidad.
- En roca tipo C se realizará el vaciado de hormigón incluyendo el acero de refuerzo que sea necesario.

Este criterio general no se aplicará en la galería de descarga y en la chimenea de equilibrio que serán revestidas en su totalidad.

En fin, en lo concerniente a la tubería de presión, en esta fase del Proyecto se ha optado por el criterio de embeber en hormigón la totalidad de la tubería de presión en acero.

10.1.4 Construcción de la casa de máquinas La casa de máquinas y la caverna de los transformadores se ubican en subterráneo, en la formación Misahuallí, constituida por rocas andesíticas sanas y moderadamente poco fracturadas, lo que permite escoger una metodología de excavación clásica.

En una primera etapa se excavará la bóveda de la casa de máquinas, en dos fases, y se procederá de inmediato a revestir la misma aplicando los anclajes postensados. La excavación de la caverna se realizará en cuatro fases sucesivas con el sistema de voladuras por bancada, siendo cada una de ellas de una altura variable entre 5,50 y 7,00 m. Durante la excavación se aplicarán en las paredes las protecciones que sean necesarias.



La excavación de la caverna de los transformadores se realizará con la misma metodología y en sucesión a las varias fases de la casa de máquinas, de manera de no interferir con la ejecución de esta última cuya realización es prioritaria.

Una vez terminada la excavación de la última fase de la casa de máquinas, se procederá a efectuar los vaciados masivos de hormigón de la parte inferior. El vaciado del hormigón estructural será realizado grupo por grupo, dando prioridad al grupo más cercano a la galería de acceso.

10.1.5 Construcción presa de captación La construcción de la presa de captación, empezará a comienzos del tercer año de actividades, una vez completados los accesos, los campamentos y las excavaciones del canal de desvío y de las cimentaciones.

La comunicación entre las márgenes izquierda y derecha del río Coca se efectuará a través de un puente Bailey.

Para la ejecución del vaciado del hormigón de la presa se utilizará un Blondin de 8 ton de capacidad, lo que corresponde a 3 m<sup>3</sup> de hormigón.

Concluida la construcción de la presa, se procederá a construir el viaducto sobre la misma y a instalar las compuertas.

10.1.6 Construcción presa del embalse compensador El embalse compensador escogido en esta Fase prevé la construcción de dos presas inmediatamente aguas arriba de la confluencia de la quebrada Los Loros con la quebrada Granadillas. Como tipo de presa se han analizado dos alternativas: la primera de una presa en escollera con núcleo tradicional de arcilla, y la segunda de una presa en hormigón compactado con rodillo vibratorio (Roller Compacted Concrete); esta última ha sido considerada para fines de presupuestos.

En este caso el volumen de la presa de primera etapa con máxima altura llega en su totalidad a unos 330.000 m<sup>3</sup>, de los cuales 300.000 m<sup>3</sup> constituyen el hormigón compactado y 30.000 m<sup>3</sup> el hormigón normal que conforma los dos paramentos de la presa.

La mezcla de agregados, puzolana y cemento, en las cantidades de 70 kg de cemento y 30 kg de puzolana por cada m<sup>3</sup> de agregado, será preparada en una plataforma cerca de la presa y tendida en capas de 70 cm de espesor. Cada dos capas deberá vaciarse una capa de 1/2" de lechada de cemento.

## 10.2 Programación de las actividades

Para las subalternativas dejadas abiertas en esta fase de estudio (es decir las 6 subalternativas con obras de captación en el sitio Salado), se han determinado los correspondientes programas de construcción.



Con este fin se ha estudiado un programa de barras para la subalternativa 2S\* con factor de planta 0,7, sea de primera como de segunda etapa, mientras los programas constructivos de las otras subalternativas se han determinado reajustando el programa de la subalternativa 2S.

Cabe anotar que para todas las subalternativas y sus etapas, la ruta crítica está constituida por la construcción del túnel de aducción y entonces el tiempo total necesario para la construcción de las diferentes subalternativas queda invariable para la misma etapa, mientras se modifica el programa constructivo de las otras obras (chimenea de equilibrio o compensador, obras de caída y obras de generación y restitución), de manera que siempre el flujo de desembolsos resulte el más conveniente.

En su totalidad las obras de la primera etapa podrán realizarse en un plazo de 7,5 años, incluyéndose en él la construcción de las carreteras de acceso y de los campamentos, actividades que se cumplirán en un 75% en el curso del primer año permitiendo empezar a comienzos del segundo año la construcción de las obras principales.

Al culminarse el plazo de 7,5 años deberá entrar en operación el primer grupo, mientras los demás entrarán secuencialmente uno cada mes y medio o dos, empezándose las pruebas de un grupo cuando el grupo anterior entre en operación.

La segunda etapa, que entrará en operación cuando el Sistema Nacional Interconectado lo requiera para cubrir la demanda del país, presenta un tiempo constructivo más reducido de 5 años, ya que no se necesitará construir los caminos y campamentos, ya realizados en la primera etapa y que han quedado de propiedad de INECCEL; además, las obras de toma y la ventana ya están preparadas para poder dar comienzo sin demora alguna a la construcción del segundo túnel.

### 10.3 Costos unitarios de las obras civiles

A continuación se tratan separadamente los criterios generales adoptados y los análisis de costos unitarios directos y totales de la gran mayoría de los rubros relacionados a las obras civiles del Proyecto.

10.3.1 Generalidades En la determinación de los costos y de los presupuestos de las subalternativas elegidas, se han considerado las condiciones del mercado al mes de enero de 1987.

Todos los precios se han expresado en sus componentes en moneda nacional (sucres) y en moneda extranjera (dólares americanos); para el cálculo del valor de costo equivalente en dólares, se ha utilizado la tasa de cambio oficial del mercado de intervención de enero de 1987, es decir 147 sucres por un dólar norteamericano.

---

\* Véanse Croquis de 0209-C-119 a 0209-C-121 del Tomo I del Anexo N.



En la evaluación de los costos unitarios de las obras civiles se ha considerado que la construcción será objeto de licitaciones públicas abiertas a compañías nacionales e internacionales asociadas, que demuestren una capacidad técnico-financiera adecuada, y que las obras sean financiadas en su totalidad por entidades financieras internacionales y/o Fondos del Tesoro Público. Estas mismas hipótesis se han adoptado para la determinación de los costos del equipo electromecánico (véase punto 10.4).

El costo de construcción de las carreteras de acceso y de los campamentos, tanto del principal como de los secundarios, ha sido evaluado a parte e incluido en la tabla de cantidades y precios, porque se considera conveniente que la construcción se realice a cargo de INECEL, la cual quedará como propietaria de estas instalaciones, hecho particularmente importante siendo el Proyecto previsto realizarse por etapas.

También se ha considerado a cargo de INECEL la construcción del teleférico entre el "Codo Bajo" y el "Codo Alto", el mismo que quedará en operación una vez terminada la construcción de las obras, para el personal que efectuará la operación y el mantenimiento de la central, cuyas residencias se ubicarán en el campamento principal del "Codo Alto".

Quedarán a cargo del contratista y por esta razón el costo respectivo se ha incluido como costos indirectos en los análisis de precios unitarios, los caminos secundarios de servicio como los accesos a las canteras, a las plantas trituradoras y de hormigón, a los diferentes niveles constructivos de las presas, a la chimenea, etc.

10.3.2 Análisis de los costos unitarios directos El análisis de los costos unitarios directos se ha realizado desglosando cada rubro en sus componentes de mano de obra, materiales y equipo.

Los costos de "mano de obra", que incluyen todos los gastos de Ley, beneficios, vacaciones, porcentaje de días perdidos, etc, han sido obtenidos de la "tabla de sueldos y costos mínimos y costos horarios", vigentes a enero de 1987 de conformidad con los cálculos efectuados por INECEL. Estos costos se dividen en dos grupos según si el personal desempeña sus labores a cielo abierto o en subterráneo.

Para los componentes en moneda nacional y extranjera de los costos de los materiales, que incluyen también la incidencia del transporte y manejo hasta el sitio de la obra, se hizo referencia al "archivo de datos de costos de materiales" de INECEL (marzo de 1987).

También, los costos horarios del equipo en sus componentes en moneda nacional y extranjera han sido obtenidos con las tablas de "costo horario del equipo mecanizado" de INECEL (marzo de 1987). En estas tablas los costos se subdividen en sus componentes de "costo de propiedad", que incluye la amortización del valor de



adquisición, los intereses, los seguros, etc, y de "costo de operación" que incluye los combustibles y los gastos de mantenimiento normal y excepcional.

Una vez obtenido el costo unitario combinando los costos de mano de obra, de materiales y de equipo, se ha añadido un porcentaje de imprevistos (aproximadamente un 12%) para cubrir las eventuales deficiencias en las operaciones involucradas en la ejecución del trabajo analizado. De esta manera se ha obtenido, para cada rubro, lo que se define como costo unitario directo.

10.3.3 Costos unitarios totales Los costos unitarios totales se obtienen sumando a los costos directos los costos indirectos del contratista.

Estos últimos están constituidos por todos los gastos que no es posible cargar en forma directa a la partida de trabajo analizada, como son los sueldos, beneficios y gastos de Ley de todo el personal técnico y administrativo del contratista; la incidencia de los accesos secundarios a las obras, la oficina principal, alquileres, seguros, impuestos, vehículos, viajes, honorarios legales, médicos, gastos de hospitalización y otros similares.

El porcentaje de costos indirectos que se ha considerado corresponde al 55% de los costos directos; por lo tanto, agregando este porcentaje a los costos directos se obtienen los costos unitarios totales.

Se han analizado alrededor de 60 rubros que cubren más del 90% del presupuesto total de las obras civiles. Estos rubros con sus componentes en moneda nacional y extranjera están incluidos en el Cuadro 10/1.

#### 10.4 Costos del equipo electromecánico

A continuación se hace una somera descripción de la metodología utilizada para la determinación de los costos tanto del equipo mecánico como eléctrico. Para mayores detalles se hace referencia al Anexo L "Equipo Electromecánico" del presente informe.

10.4.1 Equipo mecánico Las dimensiones y el peso del equipo se han determinado por medio de fórmulas empíricas y estadísticas. En particular para los equipos principales de los grupos, tales como generador, turbina y válvula de máquina, se ha utilizado un programa que determina varios parámetros de dimensionamiento y calcula los pesos respectivos.

Los costos en dólares a enero de 1987 fueron obtenidos utilizando valores unitarios (costo/kg) de recientes ofertas y contratos internacionales; todos los costos incluyen suministro, transporte y montaje.

El costo total de los grupos, las grúas, los auxiliares y



las compuertas, se ha calculado en base a la siguiente descomposición: 74% suministro (FOB), 7% transporte y 19% montaje; mientras que para la tubería se ha considerado 48% suministro (FOB), 10% transporte y 42% montaje.

Entre los costos unitarios adoptados para el equipo mecánico se mencionan los siguientes: turbinas 20 US\$/kg, generadores 12 US\$/kg, válvulas 15 US\$/kg y tuberías de presión 2,7 US\$/kg.

10.4.2 Equipo eléctrico en alto voltaje También el dimensionamiento del equipo eléctrico en alto voltaje se hizo en base a fórmulas empíricas y estadísticas.

Para los transformadores de 13,8/345 kV se han adoptado costos variables de 6 a 8,8 US\$/kVA, según sea trifásico o monofásico y según la potencia. Conservadoramente, en esta etapa de estudio, se ha asumido el límite de transporte por carretera de 90 t, lo que permite llegar con los transformadores trifásicos a 138 MVA y con los monofásicos a 320 MVA.

El costo adoptado para la subestación subterránea en SF6 con el voltaje escogido de 345 kV fue del orden de 700.000 US\$ por posición, mientras, en el caso de conexión trifásica, el costo de los cables aislados de alta tensión resultó de 1.150 US\$/m.

Para las líneas de transmisión de 345 kV el costo adoptado, que incluye también las obras civiles, varía de 200.000 a 315.000 US\$/km, según la cota y sobre todo según las líneas, sean de simple o doble circuito.

Todos los costos arriba mencionados incluyen suministro, transporte y montaje, cuya descomposición es la siguiente: 70% suministro, 10% transporte y 20% montaje. Para las líneas de transmisión estos porcentajes varían como sigue: 60% suministro, 7% transporte y 33% montaje y obras civiles.

## 10.5 Presupuestos

El presupuesto de las diferentes subalternativas se determinó calculando separadamente los costos de las obras civiles y del equipo.

Como ya se ha mencionado, los análisis de costos unitarios de las obras civiles indicados en el Cuadro 10/1 cubren más del 90% del presupuesto total de estas obras. La parte restante del presupuesto se evaluó con estimación de costos unitarios (como diafragmas en hormigón, vibrocompactación, inyecciones, rellenos menores, etc, indicados en el Apéndice C del Anexo N) y en parte añadiendo una estimación global de la incidencia de los ítems menores y de los acabados. Esta incidencia se ha considerado variable según las obras de un mínimo de un 3% para los túneles de aducción y las tuberías de presión, hasta un máximo de un 12% para la casa de máquinas.



La suma de los costos directos de las obras civiles así obtenidos y de los costos del equipo ilustrados en el párrafo anterior, conlleva al costo directo total de cada subalternativa.

A este costo directo total se añade un 10% para cubrir los gastos de ingeniería y administración.

Los imprevistos, generalmente debidos al incompleto conocimiento geológico y topográfico, fueron calculados como porcentajes del monto total de cada obra, según lo indicado a continuación:

- 25 por ciento en general para obras civiles en subterráneo (casa de máquinas excluida) y para la presa del embalse compensador con sus obras anexas, en el caso de factor de planta de 0.5.
- 20 por ciento para la casa de máquinas, la chimenea de equilibrio y para la presa del embalse compensador con sus obras anexas, en el caso de factor de planta de 0.7.
- 15 por ciento para todas las otras obras civiles al exterior.
- 5 por ciento para el equipo.

La incidencia ponderada de los imprevistos arriba indicados varía normalmente entre el 16,4 y el 18,2 por ciento según las subalternativas y sus etapas. Estos mismos porcentajes de imprevistos se han aplicado, según el criterio generalmente adoptado por INECEL, también a los gastos de ingeniería y administración.

Con la metodología arriba mencionada se han calculado los presupuestos, que se detallan en el Apéndice A de este informe, de cada etapa de todas las 6 subalternativas Salado de 1S a 6S. Para cada subalternativa se incluyen también los presupuestos de una eventual tercera etapa en el caso de que todas las obras sean al fin dimensionadas para derivar un caudal correspondiente al Q 90 mensual del río en el sitio Salado (véase Capítulo 11).

El Cuadro 10/2 resume las características principales y los presupuestos globales por etapas de las 6 subalternativas examinadas.

Las inversiones para las líneas que están indicadas aparte en el Cuadro 10/3, varían incluyendo imprevistos ingeniería y administración de 62 a 67 millones de dólares en primera etapa y de 5 a 16 millones de dólares en segunda etapa. Esta fuerte variación entre los presupuestos de las líneas de transmisión de primera y segunda etapa se debe al hecho de que aún si no es necesario se prevé por razones de seguridad ya una línea de transmisión a doble circuito en primera etapa.



Cuadro 10/1

## CUADRO RESUMEN DE LOS COSTOS UNITARIOS DE LAS OBRAS CIVILES

Rubro N°	Descripción	Unidad	Costo unitario		Equivalente (Dólares)
			Sucres	Dólares	
1.E.A.	EXCAVACIONES A CIELO ABIERTO				
1.E.A.1.1	Excavación en roca para presa compensador	m <sup>3</sup>	484	8.6	11.9
1.E.A.1.2	Excavación en roca para presa de captación	m <sup>3</sup>	408	7.2	10.0
1.E.A.2	Excavación en material común para presas	m <sup>3</sup>	272	4.0	5.9
1.E.A.3	Excavación en aluvial con presencia de agua	m <sup>3</sup>	546	7.6	11.3
2.E.S	EXCAVACIONES EN SUBTERRANEO				
2.E.S.1	Excavación en túneles de acceso (método tradicional)				
2.E.S.1.1	En roca tipo A	m <sup>3</sup>	2.433	37.8	54.4
2.E.S.1.2	En roca tipo B	m <sup>3</sup>	2.752	42.8	61.5
2.E.S.1.3	En roca tipo C	m <sup>3</sup>	3.028	48.1	68.7
2.E.S.2	Excavación en túneles de descarga (método tradicional)				
2.E.S.2.1	En roca tipo A	m <sup>3</sup>	3.100	43.5	64.6
2.E.S.2.2	En roca tipo B	m <sup>3</sup>	3.449	48.4	71.8
2.E.S.2.3	En roca tipo C	m <sup>3</sup>	3.835	53.0	79.1
2.E.S.3	Excavación tramo inclinado (tubería de presión)				
2.E.S.3.1	En roca tipo A	m <sup>3</sup>	5.336	73.7	110.0
2.E.S.3.2	En roca tipo B	m <sup>3</sup>	5.625	77.8	116.1
2.E.S.3.3	En roca tipo C	m <sup>3</sup>	5.947	82.1	122.6
2.E.S.4	Excavación vertical de chimenea de equilibrio				
2.E.S.4.1	En roca tipo A	m <sup>3</sup>	4.019	53.1	80.4
2.E.S.4.2	En roca tipo B	m <sup>3</sup>	4.506	56.9	87.5
2.E.S.4.3	En roca tipo C	m <sup>3</sup>	4.733	62.5	94.7
2.E.S.5	Excavación casa de máquinas	m <sup>3</sup>	1.577	23.7	34.4
2.E.S.6	Excavación túnel de aducción (método tradicional)				
2.E.S.6.1	Tramo: toma-ventana				
2.E.S.6.1.1	En roca tipo A	m <sup>3</sup>	3.120	49.5	70.7
2.E.S.6.1.2	En roca tipo B	m <sup>3</sup>	3.400	54.8	78.0
2.E.S.6.1.3	En roca tipo C	m <sup>3</sup>	3.758	59.7	85.2
2.E.S.7	Excavación desarenador en subterráneo	m <sup>3</sup>	3.030	49.0	69.6



Cuadro 10/1 (continuación)

## CUADRO RESUMEN DE LOS COSTOS UNITARIOS DE LAS OBRAS CIVILES

Rubro N°	Descripción	Unidad	Costo unitario		Equivalente (Dólares)
			Sucres	Dólares	
2.E.S.8	Excavación túnel desvío compensador	m <sup>3</sup>	5.882	34.5	74.5
2.E.S.10	Excavación túnel de aducción (Topo)				
2.E.S.10.1	En roca tipo A	m <sup>3</sup>	2.670	65.4	83.6
2.E.S.10.2	En roca tipo B	m <sup>3</sup>	2.837	68.4	87.7
2.E.S.10.3	En roca tipo C	m <sup>3</sup>	2.984	71.8	92.1
3.P.E	PROTECCION DE EXCAVACION				
3.P.E.1	Hormigón lanzado 2" de espesor	m <sup>2</sup>	796	5.7	11.1
3.P.E.2	Hormigón lanzado 4" de espesor	m <sup>2</sup>	1.554	10.7	21.3
3.P.E.3	Malla electrosoldada				
3.P.E.3.1	τ = 3 mm (10 x 10 cm)	m <sup>2</sup>	2.289	10.2	25.8
3.P.E.3.2	τ = 4 mm (15 x 15 cm)	m <sup>2</sup>	2.343	10.2	26.1
3.P.E.4	Pernos de anclaje				
3.P.E.4.1	De 3 metros a expansión	u	4.158	80.0	108.3
3.P.E.4.2	De 3 metros con resina epóxica	u	4.178	83.5	111.9
3.P.E.4.3	De 5 metros a expansión	u	5.788	115.8	155.2
3.P.E.4.4	De 5 metros con resina epóxica	u	5.996	125.2	166.0
3.P.E.5	De 20 metros post-tensados	u	458.643	2.787.4	5.907.4
3.P.E.6	Cimbras metálicas				
3.P.E.6.1	De 120 mm para diámetro de 4-7 m	u	20.116	1.255.4	1.392.2
3.P.E.6.2	De 160 mm para diámetros de 7-10 m	u	21.056	2.912.3	3.055.5
4.H	HORMIGONES				
4.H.1	Hormigón en masa para presa de captación	m <sup>3</sup>	6.651	54.4	99.6
4.H.2	Hormigón estructural para presa de captación				
4.H.2.1	f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	8.968	67.0	128.0
4.H.2.2	f'c = 280 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	10.733	78.2	151.2
4.H.4	Hormigón estructural para casa de máquinas				
4.H.4.1	f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	15.043	91.2	193.5
4.H.4.2	f'c = 280 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	21.509	147.9	294.2
4.H.5	Revestimiento en túneles (con invec. contacto)	m <sup>3</sup>	15.066	108.7	211.2
4.H.6	Revestimiento en chimenea de equilibrio	m <sup>3</sup>	15.774	116.4	223.7



Cuadro 10/1 (continuación)

## CUADRO RESUMEN DE LOS COSTOS UNITARIOS DE LAS OBRAS CIVILES

Rubro N°	Descripción	Unidad	Costo unitario		Equivalente (Dólares)
			Sucres	Dólares	
4.H.7	Revestimiento en tubearia de presión	m³	16.771	130.9	245.0
4.H.8	Roller Compacted Concrete (RCC)	m³	4.445	40.4	70.6
4.H.9	Acero de refuerzo				
4.H.9.1	Para estructuras a cielo abierto	ton	176.756	124.3	1.326.7
4.H.9.2	Para estructuras en subterráneo	ton	191.962	124.3	1.430.2
5.P.1	PERFORACIONES E INYECCIONES				
5.P.1.1	Perforación e inyección de 1 1/2" hasta 30 m	m1	4.370	43.0	72.7
5.P.1.2	Perforación e inyección de 4" hasta 30 m	m1	17.941	159.6	281.6
6.P.E	PRESAS EN ESCOLLERA				
6.P.E.1	Ataquías				
6.P.E.1.1	Preataquia	m³	495	8.2	11.6
6.P.E.1.2	Ataquia principal	m³	495	8.0	11.4
6.P.E.2	Escollera	m³	977	15.0	21.7
6.P.E.3	Núcleo	m³	760	9.3	14.5
6.P.E.4	Filtro	m³	1.404	21.2	30.8
6.P.E.5	RIP-RAP	m³	889	11.5	17.6
6.P.E.6	Gaviones (colchón con dren inferior)	m²	1.302	12.4	21.3
6.P.E.7	Enrocado con mat. exc. presa	m³	471	5.9	9.1
6.P.E.8	Dren con material Hollin	m³	527	7.2	10.8
7.C.C.	CAMINOS Y CAMPAMENTOS				
7.C.C.1	Caminos definitivos	km	1720.000	249.200.0	366.200.0
7.C.C.2	Campamentos				
7.C.C.2.1	Tipo A	m²	45.000		306.1
7.C.C.2.2	Tipo B	m²	38.000		258.5
7.C.C.2.3	Tipo C	m²	32.000		217.7

Costos a enero de 1987.

1 US\$ = 147 sucres.



Cuadro 10/2

## PRESUPUESTOS GLOBALES DE LAS SUBALTERNATIVAS SIN LINEAS DE TRANSMISION (1)

Subalterantiva	Factor de Planta (-)		Potencia Instalada (MW)			Presupuestos(2) (10 <sup>6</sup> US\$)		
	I Etapa	II Etapa	I Etapa	II Etapa	Total	I Etapa	II Etapa	Total
1S	1	1	337,3	337,3	674,6	397,4	258,4	655,8
2S	.7	.7	491,5	491,5	983,0	442,9	301,7	744,6
3S	.5	.5	690,7	590,7	1.381,4	507,2	365,3	872,5
4S	1	.7(3)	337,3	641,7	979,0	401,5	355,9	757,4
5S	1	.5(3)	337,3	1.040,1	1.377,4	402,1	454,2	856,3
6S	.7	.5(3)	491,5	886,2	1.377,7	456,2	397,5	853,7

(1) No se indican los valores de una eventual tercera etapa.

(2) No se incluyen los intereses intercalares.

(3) Valores finales del factor de planta (primera más segunda etapa).



### 10.6 Cronograma de inversiones

Combinando los presupuestos de las diferentes obras civiles y del equipo de cada subalternativa con los correspondientes cronogramas de construcción descritos en el punto 10.2, se han obtenido los cronogramas de inversiones.

En el Apéndice B de este informe se ilustran para cada etapa (incluyendo la tercera: véase punto 11.3.5) y cada alternativa los correspondientes cronogramas de inversión con sus componentes en moneda nacional y moneda extranjera.

Cuadro 10/3

PRESUPUESTOS DE LAS LINEAS DE TRANSMISION (1)

Subalternativa	Presupuestos (2) (10 <sup>6</sup> US\$)		
	I Etapa	II Etapa	Total
1S	62,3	4,6	66,9
2S	63,0	8,7	71,7
3S	67,4	9,3	76,7
4S	62,5	9,1	71,6
5S	62,5	16,3	78,8
6S	63,0	13,4	76,4

(1) No se indican los valores de una eventual tercera etapa.

(2) No se incluyen los intereses intercalares.



## 11. PLANIFICACION ECONOMICA

El presente capítulo contiene en forma resumida la evaluación económica del Proyecto Hidroeléctrico Coca-Codo Sinclair, considerando integrado al Sistema Nacional Interconectado; para mayores detalles se hace referencia al Anexo 0 del presente informe.

### 11.1 Generalidades

El objetivo del estudio de planificación económica es el de escoger dentro del Sistema Nacional Interconectado (SNI) la alternativa más interesante del Proyecto Coca-Codo Sinclair y en particular determinar su primera etapa de desarrollo.

El estudio se ha dividido en dos fases: la primera ha consistido en determinar el plan de generación del SNI de costo mínimo para el período octubre de 1994 a septiembre de 2014, sin considerar el Proyecto Coca-Codo Sinclair, y la segunda ha consistido en determinar el plan de generación del SNI de costo mínimo para el mismo período, considerando el Proyecto Coca-Codo Sinclair desarrollado por etapas.

Como situación eléctrica actual del país se ha considerado aquella ya descrita en los puntos 7.4.1 y 7.4.2 del presente informe, suponiendo por lo tanto considerar escenarios de equipamiento variables solamente a partir del comienzo del año 1995, como se especifica en el numeral 3.4.1 del alcance detallado de los estudios e investigaciones del Contrato.

### 11.2 Metodología adoptada

11.2.1 Aspectos generales La evaluación económica de un proyecto integrado al SNI requiere una comparación del mismo con muchos otros proyectos, cuyos niveles de estudio pueden ser de hecho diferentes (del nivel de estudio de inventario hasta el nivel de proyecto de diseño). Esto induce a adoptar criterios de penalización a aquellos proyectos que tienen estudios menos avanzados a fin de que la comparación sea confiable.

Aún si los resultados de una comparación directa de un proyecto con otros en estudio, para un cierto horizonte, sean favorables al primero, no necesariamente descalifican a los segundos, ya que éstos pueden ser muy favorables cuando su tipo de producción (base, punta, localización geográfica, etc) sea un requisito importante del sistema en un cierto período.

En la evaluación de proyectos de generación eléctrica, los estudios económicos no tienen como objetivo determinar la rentabi-



lidad o nivel de eficiencia absoluta del proyecto, sino, más bien, definir sus posiciones relativas y las correspondientes prioridades de instalación a través del tiempo. Por lo tanto, no tiene sentido estudiar en forma absoluta si el proyecto merece o no ser implantado, sino, la prioridad temporal de ejecución que a él debe ser asignada.

La comparación se hará por lo tanto entre los diferentes escenarios alternativos de equipamiento que pueden incluir o no al proyecto en examen y se basará, según la metodología adoptada por Planificación de INECEL, sobre el criterio del mínimo costo actualizado de los equipamientos.

En conclusión se puede decir que:

- Los estudios de evaluación de proyectos de generación eléctrica deben realizarse en el contexto del sistema en el cual operan, más que en forma individual.
- El criterio de valor que debe ser usado en la evaluación de los proyectos será, en general, el de costo mínimo del escenario al cual pertenecen en vez del beneficio máximo, en razón de que lo último está ligado a los precios de la energía fijados en función del costo del parque térmico equivalente.

11.2.2 Definiciones de secuencias de instalaciones Con la utilización del catálogo de los proyectos de generación disponibles para incorporarse al SNI a partir de 1995, se han definido sin y con el Proyecto Hidroeléctrico Coca-Codo Sinclair muchos escenarios de equipamiento del sistema, determinando para cada uno sus costos de inversión y operación.

Para la definición de secuencias de generación eléctrica se utilizó el modelo DSIG de Planificación de INECEL, que tiene por objeto generar secuencias que cubran la demanda del sistema eléctrico en un período de expansión dado y seleccionar las secuencias más atractivas.

El modelo utiliza la técnica de simulación y en él se distinguen dos componentes principales:

- Un generador de secuencias de instalaciones de generación que cubren la demanda del sistema en el período de expansión.
- Y un simulador de operación que permite determinar los costos variables de operación del sistema.

A continuación se ilustran diferentes puntos del proceso de definición de secuencias de instalaciones.

#### a. Criterios económicos

Como anteriormente se menciona, el modelo utiliza el criterio de costos mínimos actualizados para generar y evaluar las secuen-



cias de instalaciones. Determina un flujo de costos totales anuales debidos a las secuencias en el período de expansión y en un período complementario de operación. El costo total anual es la suma de los costos de inversión de los proyectos y los costos de operación y mantenimiento de los mismos.

#### b. Información de entrada

La información de entrada necesaria para el modelo consiste esencialmente en: el catálogo de los proyectos, costos y producción energética de los mismos y lógicamente la demanda eléctrica.

El catálogo de proyectos describe las características básicas de las centrales hidroeléctricas y termoeléctricas existentes, programadas y futuras con que cuenta el sistema. Las centrales programadas son aquellos proyectos prefijados a entrar en operación en el sistema en un determinado año. Las centrales futuras son proyectos que pueden ser seleccionados para entrar en el sistema cuando éste lo requiera.

Para cada proyecto se tiene que especificar el año que, técnicamente, resulta el más próximo para su entrada en operación y eventuales restricciones de posterioridad y/o exclusividad con otros proyectos.

Cada proyecto del catálogo es caracterizado por costos, referidos a un nivel de precios dado, convenientemente separados en costos de inversión y costos de operación y mantenimiento. A los costos de inversión de los proyectos de generación se asocian también los correspondientes costos de inversión de las líneas de transmisión. Los costos de inversión tienen que ser repartidos según el calendario anual de inversiones.

Para cada proyecto hay que especificar los valores de potencia garantizada y de energía firme ya que son estos los parámetros que interesan para la demanda de potencia y de energía del sistema.

La demanda del sistema resulta definida por: la potencia máxima anual con su reserva y las curvas de duración de cargas representativas de cada estación del año. Con esta información el modelo evalúa la demanda de energía anual y define las curvas de carga.

#### c. Generación de secuencias

Con la información de entrada descrita, el modelo genera secuencias de entrada en operación de proyectos seleccionados del catálogo, con el objeto de satisfacer la demanda en el período de expansión.

La dificultad de este proceso de tipo combinatorio, radica en la enorme cantidad de posibles soluciones, lo que requiere para su simplificación un procedimiento eficiente de comparación y selección de proyectos.



Este procedimiento consiste en la determinación de un factor económico de comparación (ver Anexo 0), en términos de costos actualizados, de la secuencia de dos proyectos que puedan entrar consecutivamente, pero sin orden secuencial preestablecido, en el sistema para cubrir la demanda.

Así se determinan por lo tanto, para todos los proyectos del catálogo, los factores económicos de comparación, preseleccionando los proyectos que tengan los menores valores de este factor. A este punto se comparan todas las combinaciones posibles entre los n proyectos preseleccionados escogiendo la de mínimo costo actualizado; sucesivamente se reanalizan con el mismo criterio los proyectos preseleccionados que quedan hasta satisfacer la demanda del sistema en el período de expansión analizado.

#### d. Simulación de la operación

Definida la secuencia de proyectos que satisfacen la demanda, el modelo pasa a simular la operación del sistema que consiste en realizar despachos de carga sobre las curvas de carga.

#### e. Planes de expansión

Los procesos de generación de secuencias y simulación de la operación del sistema definen un flujo anual de costos fijos, costos variables y costos de déficit, cuya suma representa los costos totales anuales de la secuencia durante el período de expansión y el período complementario de operación del sistema. Este flujo es llevado a valor presente a un año especificado y constituye el parámetro de comparación entre secuencias de equipamiento generados por el modelo DSIG.

Las secuencias con los menores valores presentes constituyen las opciones económicamente más atractivas.

### 11.3 Información utilizada

11.3.1 Escenario futuro de la demanda eléctrica De los dos escenarios futuros de la demanda eléctrica ilustrados en el Capítulo 7 se ha adoptado el menos favorable (ver Cuadro 7/2), ya que se lo considera como el más probable de ocurrir en la economía futura del país.

11.3.2 Proyectos de generación disponibles para incorporarse al SNI a partir de 1995 Hasta el año 1995 la demanda eléctrica está cubierta con los proyectos existentes y con los que están actualmente en construcción.

La lista completa de los proyectos disponibles para incorporarse al SNI a partir de este año está ilustrada en el Cuadro 7/4 que presenta para cada proyecto la potencia instalada, los años de construcción, el nivel de estudio y la fecha más temprana posible de su entrada en operación.



11.3.3 Disponibilidades energéticas de los proyectos hidroeléctricos Las disponibilidades energéticas anuales y mensuales de los proyectos hidroeléctricos han sido previamente determinadas con el empleo del modelo RECH de INECEL sobre una serie histórica de caudales de 21 años (1964-1984). En bases a las disponibilidades históricas anuales se ha definido empíricamente una curva de distribución de probabilidades, asociando a ella 7 estados hidrológicos distintos que dan diferentes valores de garantías del sistema y de garantías individuales.

Debido a la diversidad de los regímenes hidrológicos, las garantías individuales de los proyectos son diferentes de las garantías del sistema.

11.3.4 Costo de los proyectos Para los costos de inversión, así como para el calendario de inversiones de los proyectos y del sistema de transmisión asociado, se hizo referencia al catálogo de los proyectos anteriormente mencionado.

Los costos de inversión incluyen costos directos, ingeniería y administración e imprevistos.

Los costos de operación y mantenimiento para proyectos hidroeléctricos se han asumido iguales al 1,2% del costo de inversión del sistema de generación y al 2% del sistema de transmisión asociado.

Los costos variables de operación y mantenimiento (combustible) para las plantas térmicas fueron determinados en base a los precios internacionales de combustibles a enero de 1987, es decir:

Tipo de combustible	Costo CIF (US\$/barril)
Crudo	17,91
Bunker C	16,72
Diesel	21,53

11.3.5 Alternativas de desarrollo del Proyecto Coca-Codo Sinclair Las alternativas del Proyecto Coca-Codo Sinclair consideradas dentro del Sistema Nacional Interconectado son aquellas seis descritas y definidas en el Capítulo 9 y 10 como subalternativas Salado.

Siendo que las alternativas (subalternativas) del Proyecto Coca-Codo Sinclair están diseñadas para derivar un caudal 90% diario y que éstas se comparan con otros proyectos en el SNI, que están diseñados para un caudal 90% mensual, se decidió, solamente con fines comparativos homogenizar las alternativas del Proyecto Coca-Codo Sinclair con las condiciones de diseño de los demás proyectos.



En el período 1964-1984, el caudal 90% mensual en el río Coca en el sitio Salado resulta de  $183,4 \text{ m}^3/\text{s}$ , lo que representa un aumento del 43% respecto al valor del caudal Q90%/diario. Con fines comparativos con otros proyectos se decidió considerar este incremento de caudal como correspondiente a una eventual tercera etapa, manteniendo para esta última el mismo factor de planta de la segunda etapa.

Los presupuestos de las alternativas en sus diferentes etapas y los cronogramas de inversiones se pueden ver, respectivamente, en los Apéndices A y B del presente informe.

#### 11.4 Evaluación del Proyecto Coca-Codo Sinclair en el sistema

11.4.1 Generalidades Con fines de evaluar el Proyecto Coca-Codo Sinclair en el sistema y determinar la economicidad que su inclusión produce, se definieron planes alternativos de expansión del sistema nacional para un período de 20 años, a partir del año 1994.

Con las instalaciones actualmente en operación, más los proyectos que se encuentran en construcción (Paute Fase C y Daule-Peripa), se prevé abastecer la demanda de energía eléctrica del SNI hasta fines del año 1994. El equipamiento ya definido en los estudios actualizados del Plan Maestro de Electrificación prevé cubrir la demanda del sistema hasta el año 2003.

En consecuencia, el nuevo proyecto a entrar en operación en el sistema, para finales del 2003, deberá ser seleccionado de entre los que para esta fecha tienen posibilidades técnicas, económicas y financieras de ser ejecutados.

11.4.2 Programas alternativos de expansión Con la información descrita en el punto 11.3 y la utilización del modelo computacional DSIG, cuya finalidad es generar secuencias de equipamientos y seleccionar a aquella de costo mínimo, se procedió al análisis del equipamiento del sistema en el período antes señalado.

Se definió primeramente el plan de equipamiento de costo mínimo sin considerar el Proyecto Coca-Codo Sinclair, generando para ello alrededor de 150 secuencias. El plan de equipamiento así escogido se ilustra en el Cuadro 11/1.

Luego se procedió a generar secuencias de equipamiento incluyendo las diferentes alternativas del Proyecto Coca-Codo Sinclair y considerando sus desarrollos en el sistema por etapas.

Se han considerado 130 secuencias que incluyen las alternativas del Proyecto Coca-Codo Sinclair, resultando las más interesantes aquellas dos siempre indicadas en el Cuadro 11/1 antes mencionado.



Cuadro 11/1

PLANES ALTERNATIVOS DE EQUIPAMIENTO DEL SNI SIN Y CON EL PROYECTO  
COCA-CODO SINCLAIR A PARTIR DE OCTUBRE DE 1994

Plan sin el Proyecto Coca-Codo Sinclair			Plan con el Proyecto Coca-Codo Sinclair			Plan con el Proyecto Coca-Codo Sinclair		
Proyecto	Potencia Instalada (MW)	Fecha de entrada en operación	Proyecto	Potencia Instalada (MW)	Fecha de entrada en operación	Proyecto	Potencia Instalada (MW)	Fecha de entrada en operación
Equipamiento de unos 700 MW ya definido, según el Plan Maestro hasta el año 2003			Equipamiento de unos 700 MW ya definido, según el Plan Maestro hasta el año 2003			Equipamiento de unos 700 MW ya definido, según el Plan Maestro hasta el año 2003		
Gualaquiza	660	oct-2003	Cascabel	280	oct-2003	Coca 2S-1E	491,5	oct-2003
Cascabel	280	oct-2006	Coca 2S-1E	491,5	oct-2006	Gas	66	oct-2007
Cedroyacu	250	oct-2009	Coca 2S-2E	491,5	oct-2009	Coca 2S-2E	491,5	oct-2008
Chambo	240	oct-2011	Geotérmico	75	oct-2013	Cascabel	280	oct-2011
Lligua Muyo	100	oct-2013	Gas	43	oct-2013	Geotérmico	75	oct-2013
Negro	90	oct-2013						
Valor presente con i= 8% 2.767,0			Valor presente con i= 8% 2.618,7			Valor presente con i= 8% 2.629,5		
con i=10% 2.472,2			con i=10% 2.350,0			con i=10% 2.359,0		
con i=12% 2.255,8			con i=12% 2.155,2			con i=12% 2.164,0		

El valor presente a octubre de 1994 está expresado en 10<sup>6</sup>US\$ e incluye los costos de inversión y operación del sistema en el período 1994-2003.



Ambas se refieren a la alternativa (o subalternativa) 2S, cuya primera etapa tiene que entrar en operación en el año 2006 o en el 2003.

La selección de programas de equipamiento fue hecha inicialmente utilizando una tasa de actualización del 8%, que es la recomendada por el estudio macroeconómico realizado en INECCEL en 1985. Sucesivamente, para las secuencias más interesantes, se hizo variar esta tasa al 10 y 12 % respectivamente, obteniendo los valores presentes indicados siempre en el Cuadro 11/1.

11.4.3 Ventajas del Proyecto Coca-Codo Sinclair para el sistema Las ventajas de la alternativa 2S del Proyecto en estudio se evidencian como la diferencia de costo en valor presente del programa, que incluye la alternativa 2S del Proyecto Coca-Codo Sinclair, en relación al costo asociado al mejor programa alternativo.

De las cifras del valor presente señaladas en el cuadro anterior, puede observarse que las alternativas con el Proyecto Coca-Codo Sinclair presentan claras ventajas para todas las tasas de actualización del 8%, 10% y 12%, ventajas que están dadas por la disminución de los costos en valor presente respecto al costo del programa alternativo.

Estas ventajas, para el plan de equipamiento más atractivo, varían de unos 100 a unos 150 millones de dólares según la tasa de actualización.

Después de la alternativa (o subalternativa) 2S las otras que resultan más interesantes con este tipo de ejercicio son respectivamente la 6S y la 3S, como se indica en el Cuadro 11/2.

Como se ve, también estas alternativas como todas las otras, es decir 1S, 4S y 5S entran en planes de equipamiento más atractivos del plan de equipamiento de costo mínimo sin el Proyecto Coca-Codo Sinclair.

#### 11.5 Parámetros económicos de las alternativas del Proyecto Coca-Codo Sinclair

En base a los resultados obtenidos con la evaluación del Proyecto Coca-Codo Sinclair en el sistema, que prevé la entrada en operación de su primera etapa en el 2006 (o en alternativa en el 2003) y de la segunda a continuación, cuando el mercado eléctrico lo requiera, se determinaron para todas las alternativas (subalternativas) del Proyecto los indicadores económicos principales.



Cuadro 11/2

---

 PLANES ALTERNATIVOS DE EQUIPAMIENTO DEL SNI CON EL PROYECTO COCA-CODO SINCLAIR A PARTIR DE OCTUBRE DE 1994
 

---

Alternativas		Valor Presente (10 <sup>6</sup> US\$)		
		i = 8%	i = 10%	i = 12%
2S	con entrada en operación en el 2006	2.618,7	2.350,0	2.155,2
2S	con entrada en operación en el 2003	2.629,5	2.359,0	2.164,0
6S	con entrada en operación en el 2006	2.663,0	2.386,0	2.184,0
3S	con entrada en operación en el 2006	2.677,0	2.398,0	2.195,1

- 
- Como entrada en operación se entiende aquella de la primera etapa.
  - El valor presente a octubre de 1994 incluye todos los costos de inversión y operación del sistema del período 1994-2013.
- 

El proceso adoptado se basa sobre los flujos de costos y beneficios y sobre las hipótesis a veces simplificativas siguientes:

- Demanda de potencia y energía según lo indicado en el Cuadro 7/2 y el Plano 0209-A-1563.
- Entrada en operación de la primera etapa de las alternativas (subalternativas) en el año 2006 y a continuación, de la segunda etapa.
- Para cada alternativa utilizo de las producciones energéticas netas según lo indicado en el Cuadro 5/6 del Anexo 0.
- Tasa de actualización del 12%, lo que significa a enero de 1987 beneficios de potencia = 120,52 US\$/kW y de energía firme = 46,96 US\$/MWh.
- Costos de operación y mantenimiento iguales al 1,2% del costo de inversión.
- TIR determinado utilizando los beneficios unitarios de potencia garantizada y de energía primaria indicados en el Cuadro 11/3.
- Costos de líneas de transmisión no incluidos.



- Costos y beneficios unitarios considerados constantes en el tiempo e iguales a aquellos de enero 1987.

Los resultados de estas elaboraciones se indican en el Cuadro 11/4 y son ilustrados gráficamente en el Plano 0209-A-1561.

Con estos resultados se confirma, no solamente en términos de B/C y de TIR sino también en términos de beneficio neto, el mayor interés económico de la alternativa (subalternativa) 2S respecto a todas las otras del Proyecto.

#### 11.6 Análisis de sensibilidad

Para completar el cálculo de la tasa interna de retorno (TIR) de todas las alternativas del Proyecto descrito en el numeral anterior, se hizo también un análisis de sensibilidad haciendo variar separadamente los costos y los beneficios.

Se examinaron tres casos de variaciones de costos aumentándolos en un 10 y un 20% y disminuyéndolos en un 10%; también tres fueron los casos de variaciones de beneficios examinados, disminución de un 10 y un 20% y aumento de un 10%.

Los resultados de todos estos cálculos e ilustran en el Cuadro 11/5, donde se confirma el interés económico del Proyecto, también en el caso extremo que los costos aumentan en un 20% o los beneficios disminuyan en el mismo porcentaje.

Cuadro 11/3

BENEFICIOS DE POTENCIA GARANTIZADA Y DE ENERGIA			
Tasa de Actualización (%)	Potencia Garantizada (US\$/kw)	Energía	
		Primaria (US\$/MWh)	Secundaria (US\$/MWh)
2,0	97,03	26,61	15,61
4,0	96,27	35,13	18,45
6,0	101,49	38,08	19,43
8,0	107,65	40,66	20,29
10,0	114,03	43,60	21,27
12,0	120,52	46,96	22,39
14,0	127,77	50,18	23,47
16,0	138,90	50,18	23,47
18,0	150,68	50,18	23,47
20,0	163,10	50,18	23,47
22,0	176,18	50,18	23,47
24,0	189,92	50,18	23,47
26,0	204,32	50,18	23,47
28,0	219,39	50,18	23,47
30,0	235,13	50,18	23,47



Cuadro 11/4

---

 PARAMETROS ECONOMICOS DE LAS ALTERNATIVAS DEL PROYECTO COCA-CODO  
 SINCLAIR
 

---

Alternativas (Subalternativas)	Beneficios (10 <sup>6</sup> US\$)	Costos (10 <sup>6</sup> US\$)	Beneficios Netos (10 <sup>6</sup> US\$)	B/C (-)	TIR (%)
1S	1.713,8	826,0	887,8	2,07	21,64
2S	2.141,6	923,3	1.218,3	2,32	22,74
3S	2.210,9	1.057,7	1.153,2	2,09	21,42
4S	1.954,7	946,9	1.007,8	2,06	21,47
5S	2.032,7	1.035,7	997,1	1,96	20,95
6S	2.211,1	1.012,4	1.198,7	2,18	22,15

---

- Beneficios y costos actualizados al año 2006 con tasa de interés del 12%.
  - TIR determinado utilizando los beneficios unitarios de potencia garantizada y de energía primaria, indicados en el Cuadro 11/3.
-



Cuadro 11/5

ANALISIS DE SENSIBILIDAD DE LA TASA INTERNA DE RETORNO PARA LAS ALTERNATIVAS DEL PROYECTO  
COCA-CODO SINCLAIR

Alternativas (Subalternativas)	Tasa interna de Retorno (TIR)						
	Caso Base	Costos + 10%	Costos + 20%	Costos - 10%	Beneficios - 10%	Beneficios - 20%	Beneficios + 10%
1S	21,64	20,22	18,98	23,28	20,06	18,42	23,13
2S	22,74	21,32	20,09	24,36	21,17	19,54	24,21
3S	21,42	20,03	18,84	23,01	19,88	18,29	22,87
4S	21,47	20,06	18,84	23,10	19,90	18,29	22,95
5S	20,95	19,54	18,30	22,60	19,39	17,75	22,60
6S	22,15	20,73	19,50	23,79	20,58	18,93	23,64

- TIR determinado utilizando los beneficios unitarios de potencia garantizada y de energía primaria indicados en el Cuadro 11/3.



## 12. LA SOLUCION ESCOGIDA

A continuación se ilustran las características principales de la primera etapa de la solución escogida a través del examen de la Dirección de Planificación de INECEL.

### 12.1 Generalidades

Lo que se describe a continuación es el resultado final de las consideraciones y de los cálculos técnico-económicos desarrollados durante esta fase del estudio.

Lo que se indica no pretende absolutamente ser, en todos sus detalles, la solución definitiva a confirmarse en la Fase B del estudio. Faltan todavía investigaciones adicionales ya previstas (véase Capítulo 14) y análisis más detallados de diferentes componentes del esquema, como por ejemplo:

- Nueva comparación entre desarenador al exterior y en subterráneo.
- Reexamen global del eje de la presa compensadora de su tipo y su tratamiento de cimentaciones.
- Reexamen del trazado y del diseño de las obras de caída y generación.

Aspectos relacionados a las obras subterráneas que se piensa analizar en la Fase B del estudio son mencionados brevemente en el punto 14.8 y más detenidamente en el Anexo M de este informe.

### 12.2 Obras de captación

La morfología del sitio Salado con la presencia del morro central de granodiorita que divide el cauce viejo del cauce actual del río Coca presenta características bastante favorables para la implantación y construcción de las obras de captación. Estas obras son ilustradas en los Planos 0209-A-1541 y 0209-A-1542.

12.2.1 Desvío y manejo del río El desvío del río se obtiene a través de la construcción de un canal de unos 100 m de ancho y unos 800 m de largo ubicado en la margen izquierda del morro central sin afectar a la estación de bombeo del oleoducto transandino. El canal de desvío cuyo fondo se encuentra en la cota 1.260, fue diseñado para un caudal de unos 3.400 m<sup>3</sup>/s correspondiente a la creciente máxima con un tiempo de ocurrencia de 25 años.



La construcción de este canal y de las dos ataguías a lo largo del lecho actual del río, aguas arriba y aguas abajo del eje de cierre, permite la ejecución de las obras al lado derecho del morro central. Una vez acabadas estas obras, demolidas las ataguías y cerrado el canal de desvío se pueden construir las obras de la margen izquierda del morro.

#### 12.2.2 Condiciones de cimentaciones y tratamiento previsto

Las condiciones de cimentaciones son diferentes en el lecho actual y en el viejo lecho del río, siendo en el primero el espesor estimado del estrato aluvial posiblemente de unos 30 metros, mientras que en el segundo este espesor alcanza los 200 metros. En la parte central y en la ladera derecha la formación rocosa de granodiorita resulta prácticamente aflorante.

El material aluvial del viejo lecho del río presenta alternancias de material granular con lentes de arcilla o limo generalmente de espesor limitado.

La mayoría de las obras previstas (desarenador y aliviadero principal) apoyan directamente o indirectamente sobre roca, mientras el aliviadero secundario se apoya principalmente sobre aluvión.

Como tratamiento definitivo de cimentaciones se han previsto dos diafragmas de hormigón uno de una profundidad máxima de 20 m al pie de aguas arriba de las estructuras y uno de 15 m al pie de aguas abajo de las mismas.

Como tratamiento provisional durante la construcción, debido a la alta permeabilidad del material de cimentación, se ha propuesto una serie de diafragmas en correspondencia de los ejes de las ataguías y de los diques provisionales.

12.2.3 Vertederos Se han previsto dos vertederos libres. El vertedero principal de 110 m de ancho neto con umbral en la cota 1.269, ubicado en el lecho actual del río, y el vertedero secundario de 66 m de ancho neto con umbral en la cota 1.271, que cierra el canal de desvío.

Este último vertedero está equipado también con una compuerta a sector de 10 m de ancho y de 10 m de alto que será operada solamente en condiciones de grandes crecientes y/o para limpiar eficazmente la obra de toma (ver párrafo siguiente).

Para todos los vertederos se prevén cuencos disipadores de 50 m de largo, revestidos en hormigón. Está prevista la posibilidad de inspeccionar y mantener estos cuencos lo que implica la construcción de un puente apoyado cada 24 m en los muros divisorios de los vertederos.

La creciente de 7.000 m<sup>3</sup>/s (10.000 años de tiempo de ocurrencia) pasará creando un nivel máximo excepcional a la cota 1.276,



mientras la creciente catastrófica de 20.000 m<sup>3</sup>/s hará subir el nivel del agua a la 1.283.

Las cotas de coronación de las obras se fijan, por lo tanto, en la cota 1.283,4 para estructuras en hormigón y en la 1.284 para diques en tierra.

La altura máxima del umbral de los vertederos sobre el piso de cimentaciones, resulta de 14,0 m, mientras la altura de la coronación del puente sobre el piso antedicho sube a 28,4 m.

12.2.4 Obras de toma y de limpieza La obra de toma dimensionada para un caudal de 64,25 m<sup>3</sup>/s en primera etapa y para un caudal doble en segunda, se sitúa al lado derecho del canal de desvío aguas arriba del eje del vertedero secundario.

La embocadura de la toma protegida por rejas (con correspondiente limpiarrejas) tiene el umbral a la cota 1.265 y está equipada con compuertas deslizantes que controlan el flujo hacia el desarenador.

La limpieza de esta embocadura se obtiene con un funcionamiento alternado de dos compuertas de 3,5 m de ancho y 4 m de alto con el fondo en la cota 1.261; estas compuertas se sitúan en la extremidad derecha del vertedero secundario inmediatamente al lado de la compuerta de sector de mayores dimensiones mencionada en el numeral anterior. Los dispositivos de limpieza se completan con un ducto despiador inmediatamente abajo de la embocadura de la toma.

12.2.5 Desarenador El desarenador al exterior, previsto funcionar a flujo libre, se ubica al lado derecho del canal de desvío inmediatamente aguas abajo de la obra de toma y tiene sus cimentaciones en la roca del morro central.

La obra en su primera etapa está constituida por tres cámaras desarenadoras de unos 90 m de largo y 13,4 m de ancho; otras tres cámaras iguales se prevén para la segunda etapa; la sección transversal de cada cámara, diseñada como estructura cerrada para soportar mejor los efectos sísmicos, está dividida en dos partes: la parte inferior de forma trapezoidal de 5 m de alto y la parte superior de forma rectangular de 13,8 m de alto (incluyendo el borde libre y el espesor de la losa superior).

Abajo de la zona de sedimentación se sitúa el ducto de limpia que lleva el material sedimentado a una estación de bombeo situada siempre al lado derecho del canal de desvío e inmediatamente aguas abajo del desarenador mismo.

El dimensionamiento hidráulico del desarenador se hizo para sedimentar partículas superiores a 0,2 mm y asumiendo una velocidad del agua de 15 cm/s.

El agua limpia que sale del desarenador llega al túnel de aducción a través de un canal que bordea aguas abajo el morro central y



a través de una galería en el cuerpo del aliviadero principal en el lecho actual del río.

### 12.3 Túnel de aducción

El túnel de aducción por su longitud constituye la componente de mayor incidencia económica y su construcción es la que determina el tiempo de ejecución del Proyecto. En segunda etapa se prevé la construcción de un segundo túnel paralelo en todo su largo, a excepción del tramo terminal, al de primera etapa.

12.3.1 Trazado El trazado del túnel de primera etapa escogido está indicado en el Plano 0209-A-1562 que ilustra también la ubicación y las características de las otras obras que componen el Proyecto.

El túnel que tiene un largo aproximado de 24,9 km se puede considerar dividido en dos tramos, el primero de 10,5 km hasta la ventana intermedia, cuyo largo es de 2,05 km, y el segundo de 14,4 km desde la ventana hasta el embalse compensador.

En el perfil longitudinal la cota del fondo del túnel pasa de 1.260 m en su entrada al sitio Salado en la cota 1.202 m a su salida en el embalse compensador. Hasta la ventana el túnel desciende con una pendiente del 0,4%, después sube para 4,9 km con una pendiente del 0,075% para bajar hasta su terminación con pendiente de 0,165%.

12.3.2 Condiciones geológicas esperadas Según el trazado anteriormente descrito, el túnel atraviesa en los primeros 21,9 km la formación Misahuallí (a excepción de su primer tramo en granodiorita) y en los últimos 3,0 km la formación Hollín.

La cobertura rocosa oscila alrededor de 600 m en los primeros 16 km, en los siguientes 6,5 km baja progresivamente a 300 m hasta llegar con los últimos 2,4 km al embalse compensador con cobertura siempre más reducida.

Las condiciones geológicas detectadas con las investigaciones ejecutadas indican para la formación Misahuallí roca medianamente fracturada pero de buenas características mecánicas, mientras que para la formación Hollín caracterizada por una alta permeabilidad las características mecánicas son menos favorables.

La piezometría del túnel a lo largo de su trazado se encuentra siempre abajo de la napa freática por lo menos cuando el túnel se encuentra en la formación Misahuallí.

12.3.3 Secciones típicas Según el método de excavación previsto y según el tipo de roca que se espera encontrar se han adoptado las diferentes secciones típicas de excavación y revestimiento indicadas en el Plano 0209-A-1563.



Cabe anotar que la gran mayoría del largo del túnel está prevista ser excavada con el empleo de tres topos: dos que empiezan a trabajar desde la ventana, uno hacia aguas arriba y el otro hacia aguas bajo y el tercero desde el compensador hacia aguas arriba; todos los topos están previstos trabajar en contrapendiente.

La excavación con método tradicional se limita a la ventana y al primer tramo del túnel de 3 km por las razones constructivas ilustradas en el Anexo N.

El tramo excavado con método tradicional con una sección de excavación en herradura tiene que ser revestido en hormigón esencialmente por razones hidráulicas. El diámetro de excavación de esta sección en herradura se ha mantenido igual al de la sección circular excavada con topo, es decir 5,48, valor que resultó de los cálculos mencionados en el punto 9.3.2.

En el tramo excavado con topo se ha previsto solamente un revestimiento de hormigón lanzado, con malla electrosoldada, de 5 cm de espesor cuando la roca se considera medianamente buena (más del 70% de su largo), mientras que cuando las condiciones resulten medianamente malas se adopta un revestimiento de hormigón ligeramente armado con un espesor igual a  $1/16$  del diámetro de excavación.

Los valores del diámetro interno del túnel resultan por lo tanto de 5,38 o de 4,78 según el tipo de revestimiento.

#### 12.4 Compensador

El compensador escogido por el momento, obtenido con una presa de primera etapa con eje ubicado en la quebrada Granadillas, un poco aguas arriba de la confluencia del tributario izquierdo de Los Loros (véase Plano 0209-A-1548), permite con su operación diaria de transformar el caudal casi constante que llega del túnel de aducción en un caudal variable destinado a las obras de generación.

El embalse de primera etapa cuyo volumen total es de 1,5 millones de  $m^3$ , tiene un volumen útil de 0,65 millones, del cual solamente 0,5 millones utilizados inicialmente y un volumen de reserva (ver punto 9.3.2) y volumen muerto que suman a 0,85 millones de  $m^3$ . Los niveles máximos y mínimos que se tendrán a desarrollo completo son respectivamente de 1.230 y 1.220 m.

12.4.1 Presa La presa adoptada por el momento es del tipo de hormigón compactado como se indica en los Planos 0209-A-1551 y 0209-A-1552, aún si con cota de coronación a la 1.234,5 en lugar de la 1.239, que se necesitaría con un factor de planta .5.

La altura máxima de la presa sobre el piso de cimentaciones resulta de 79,5 y el volumen total de hormigón de primera etapa incluyendo el aliviadero alcanza los 245.000  $m^3$ .



Los paramentos de aguas arriba y de aguas abajo tienen pendientes respectivamente de 0,25 y de 0,8 en horizontal sobre 1 en vertical.

Las cimentaciones de la presa apoyan casi siempre sobre la formación Hollín y solamente sus extremidades sobre la parte profunda de la Napo. En este último caso para reducir las solicitaciones se ha previsto completar la presa con espaldones de enrocado y núcleo central impermeable.

Las condiciones de cimentaciones de la presa presentan dos problemas relacionados por un lado a la presencia de la formación Napo muy suave y por otro a la presencia de la formación Hollín muy permeable y superficialmente alterada. El tratamiento de las cimentaciones tendrá que ser analizado detalladamente en la Fase B; por el momento se han previsto galerías de inyecciones y de drenaje para un largo total de 1.490 y de 610 m, respectivamente. Las cortinas previstas de inyecciones y de drenaje se extienden respectivamente para 70.000 y 50.000 m<sup>2</sup>.

12.4.2 Otras obras Las otras obras del embalse compensador son constituidas por el túnel de desvío, el vertedero, la descarga de fondo, la obra de toma para la tubería de presión y las obras de protección del embalse.

Túnel de desvío El túnel de desvío no indicado en los planos se localiza en la margen derecha de la quebrada Granadillas, tiene un largo aproximado de unos 300 m y una sección correspondiente a la mínima de excavación, ya que el caudal a desviarse no supera los 20 a 30 m<sup>3</sup>/s.

Vertedero La obra a caída libre (véase Planos 0209-A-1551 y 0209-A-1552), se ubica en el espaldón que divide el tributario de Los Loros de la quebrada Granadillas. Tiene un largo de unos 120 m, un ancho variable a lo largo de la caída de 16,5 a 10 m siendo completamente revestido en hormigón hasta el trampolín terminal. Está dimensionado para un caudal de diseño de unos 75 m<sup>3</sup>/s que se obtiene del caudal que puede llegar a través del túnel de aducción más la creciente de la cuenca natural de unos 5 km<sup>2</sup> laminada por efecto del embalse. Por efecto de este caudal el nivel máximo del embalse sube al valor excepcional de 1.233,0.

Descarga de fondo La obra prevista en el cuerpo de la presa (véase Planos 0209-A-1551 y 0209-A-1552), permite vaciar y sobre todo limpiar el embalse compensador de los sedimentos llevados a través del túnel de aducción y no sedimentados en el desarenador. Se ha adoptado como caudal de diseño de esta obra con el embalse a nivel mínimo el valor de 65 m<sup>3</sup>/s.

Obra de toma La obra de toma de la tubería de presión dimensionada para un caudal de 92,5 m<sup>3</sup>/s se ubica en la margen derecha de la quebrada Granadillas unos 400 m aguas arriba de la presa. La embocadura está protegida con rejas y compuertas planas operadas a través de un pozo que controlan el flujo hacia aguas abajo.



Protección del embalse Para evitar deslizamientos superficiales en las laderas del embalse en la formación Napo, se ha previsto proteger la mayoría de esta superficie que se encuentra por debajo del nivel máximo del embalse. Por el momento se ha pensado realizar esta protección con un colchón de gaviones de 30 cm de espesor sobre un filtro de 10 cm que se apoya sobre un tejido geotextil.

## 12.5 Tubería de presión

Durante la Fase A del estudio no se han hecho investigaciones específicas para las obras de caída y por lo tanto la solución de tubería de presión escogida por el momento tendrá que ser completamente reexaminada en la Fase B del estudio.

12.5.1 Trazado El trazado de la tubería de presión está indicado planimétricamente y altimétricamente en el Plano 0209-A-1564.

El trazado modifica un poco aquello adoptado durante el estudio de preselección de alternativas bajando el tramo de tubería subhorizontal en baja presión para ubicarlo en la formación Misahuallí en lugar de la formación Hollín.

El largo total de la tubería es de alrededor de 1.700 m, de los cuales unos 910 constituyen el tramo de baja presión y unos 790 el tramo de alta presión.

La excavación del tramo subhorizontal está prevista desde aguas abajo a través de un acceso en la ladera del valle inmediatamente por debajo del afloramiento de la formación Hollín. A través de este mismo acceso se piensa montar la tubería en acero del tramo de alta presión.

Un segundo acceso a mitad del tramo inclinado puede facilitar la construcción del mismo.

Para la segunda etapa se prevé otra tubería de presión paralela a la de primera etapa y con las mismas características geométricas.

12.5.2 Condiciones esperadas de rocas y secciones de la tubería A pesar del primer tramo inclinado del túnel de baja presión en la formación Hollín, toda la tubería se encuentra en la formación Misahuallí.

Las condiciones de esta última formación en la zona en estudio son deducibles un poco de las informaciones del sondeo SCM2 ejecutado en correspondencia de la casa de máquinas.

Mientras la fracturación de la roca en la parte más superficial es bastante pronunciada, las condiciones mecánicas siguen presentándose relativamente buenas.



De todas maneras en esta etapa del estudio se ha pensado revestir la tubería de presión en todo su largo, en hormigón un poco armado en el tramo de baja presión y en acero embebido en 60 cm de hormigón en el tramo de alta presión.

Los diámetros internos en los dos tramos son respectivamente de 5,30 y 4,55 m, siendo el último un valor promedio. La velocidad máxima en la tubería de alta presión es de 5,96 m/s, mientras que la inercia hidráulica del sistema alcanza 1,4 segundos.

## 12.6 Casa de máquinas y obras de restitución

12.6.1 Disposición general Para la ubicación y orientación de la casa de máquinas (ver Plano 0209-A-1564) se han mantenido los criterios ya descritos en el punto 8.7.6 de este informe que consisten en una ubicación en subterráneo unos 500 m al oeste del río Coca en el Codo Sincliar y en una orientación N-W.

El conjunto del sistema casa de máquinas y restitución está constituido (siempre en primera etapa) por dos cavernas una principal de los grupos y una secundaria de los transformadores; dos túneles de acceso, uno principal que contiene en su bóveda los cables de alta y otro secundario, ambos de unos 500 m de largo y una galería de descarga de unos 470 m de largo.

12.6.2 Cavernas Como se ilustra en los Planos 0209-A-1564 y 0209-A-1565, se ha previsto la casa de máquinas en dos cavernas separadas.

La caverna principal que aloja a los grupos tiene un ancho de 23,70 m y un alto máximo en correspondencia de la bóveda semicircular de 38,30 m. La longitud total (de primera etapa) alcanza los 93,0 m de los cuales 25,40 están ocupados por el área de montaje ubicada a una extremidad de la caverna.

La caverna de los transformadores cuyo eje tiene una distancia de unos 37 m del eje de la caverna de los grupos, resulta de 10,6 m de ancho, 24,70 m de alto y 73,70 m de largo (siempre en primera etapa). Esta caverna aloja también en su parte superior la subestación en SF6.

Las dos cavernas están conectadas con galerías de barras y con túneles de acceso principal y secundario.

En segunda etapa las cavernas serán prolongadas hasta alcanzar un largo total de 143,70 y de 140,80 m, respectivamente para la caverna de los grupos y la de los transformadores. En esta etapa se añadirá también un nuevo tramo de otro túnel de acceso secundario.

12.6.3 Equipo electromecánico En la primera etapa se prevé la instalación de 3 turbinas Pelton de eje vertical de 300 rpm, con 6 inyectores y una potencia instalada unitaria de 163,8 MW. A cada turbina se asocia una válvula esférica y un generador de 182 MVA.



La casa de máquinas dispondrá de 4 niveles, a saber:

- Nivel de acceso y desmontaje en el cual se ubicarán los equipos de mando y control local.
- Nivel generador en el cual se instalarán las celdas, los equipos de excitación y los otros auxiliares del generador.
- Nivel turbina en el cual se instalarán los equipos de enfriamiento y aire comprimido y los auxiliares de turbina.
- Nivel de válvula y extracción del rodete.

Para el montaje y desmontaje de los grupos están previstas dos grúas de una capacidad de 150 t cada una. La parte alta de la bóveda está ocupada por el ducto de ventilación.

Para cada unidad se prevén 3 transformadores monofásicos de 13,8/345 kV cada uno con potencia de 182/3 MVA ubicados en la caverna de transformadores. En la parte baja de esta misma caverna se ubican también el equipo anti-incendio y los servicios auxiliares de los transformadores, mientras que en la parte alta se ubica la subestación en SF6 de 345 kV.

La conexión entre generadores y transformadores está prevista con barras de 13,8 kV.

12.6.4 Galería de restitución La galería de restitución diseñada para trabajar a flujo libre está constituida por una galería en herradura de 6,2 m de diámetro. El caudal de diseño de la galería es siempre de 92,5 m<sup>3</sup>/s y la pendiente escogida del 1%, siendo la cota de fondo de la galería en correspondencia con el río Coca de 600,0 m.

Básicamente por razones hidráulicas la galería de descarga se ha considerado revestida en hormigón en todo su largo.

En segunda etapa se construirá una segunda galería de restitución exactamente igual y paralela a la de primera etapa.

12.6.5 Obras al exterior Las obras al exterior consisten en los pórticos de alto voltaje y en el edificio de control ubicados cerca de la orilla del río Coca unos 500 m aguas arriba del Codo Sinclair, véase Plano 0209-A-1564.

Los pórticos de alto voltaje constituyen el terminal de las líneas de transmisión y contienen solamente el equipo esencial para éstas.

El edificio de control ubicado cerca de los pórticos terminales de líneas contiene las salas de control, de equipo SCADA, de comunicaciones, de baterías, los transformadores de reducción, el sistema de aire acondicionado, los paneles de bajo voltaje, oficinas y salas de reunión.



### 12.7 Líneas de transmisión

Las líneas de transmisión a 345 kV (véase Plano 0209-A-1558) unen los pórtillos de salida del Proyecto Hidroeléctrico Coca-Codo Sinclair, a la subestación de Santa Rosa cerca de Quito, a través de un largo aproximado de 150 km; de este largo unos 120 km pertenecen a la zona bajo los 3.000 m de altitud y 30 km a la zona sobre este nivel. Las diferentes torres previstas a emplearse según la altitud se indican siempre en el Plano 0209-A-1558.

Para la primera etapa de equipamiento de la casa de máquinas un sólo circuito podría llevar la carga total, pero por razones de seguridad se aprecia justificado construir una línea a doble circuito desde el comienzo, que servirá también para la segunda etapa.



## 13. DIAGNOSTICO AMBIENTAL

En este capítulo se presenta un resumen de las actividades desarrolladas y de las conclusiones alcanzadas con el estudio de diagnóstico ambiental del área del Proyecto; para mayores detalles a este respecto, se hace referencia al Anexo P del presente informe.

### 13.1 Generalidades

En esta primera fase del estudio de Factibilidad del Proyecto Hidroeléctrico Coca-Codo Sinclair y en el ámbito del estudio básico de ecología se ha llevado adelante el análisis del diagnóstico ambiental del Proyecto.

Generalmente a través del diagnóstico ambiental se pueden predecir los principales efectos en el medio ambiente ocasionados por un proyecto y dar indicaciones preliminares para la solución de los problemas diagnosticados.

Efectivamente para el Proyecto Coca-Codo Sinclair una vez realizado el diagnóstico sobre los aspectos físicos, biológicos, socio-económicos y culturales de la cuenca del río Quijos Coca, se han identificado y calificado los posibles impactos que ocasionaría el Proyecto al ambiente y viceversa.

El estudio se ha completado con una serie de conclusiones preliminares y recomendaciones con la finalidad de conseguir el menor impacto ambiental posible en la zona del Proyecto.

A continuación se hace una breve descripción ambiental de la zona del Proyecto, se identifican y califican los efectos ocasionados por el mismo y se hacen conclusiones y sugerencias sobre los principales efectos identificados y calificados.

### 13.2 Descripción ambiental de la zona del Proyecto

La descripción ambiental de la zona del Proyecto abarca diferentes aspectos como la subdivisión por zonas de vida natural de la cuenca, los ecosistemas terrestres y acuáticos de la misma, su hidrometeorología y los aspectos socio-económicos y culturales del área.

Cabe mencionar que parte de la cuenca hidrográfica del río Quijos-Coca (toda el área norte-occidental comprendida entre la cordillera central y los valles de los ríos Quijos y Salado) forma parte de la Reserva Cayambe-Coca, que está considerada como un



Parque Nacional y como tal se está realizando una serie de estrategias para su protección.

13.2.1 Zonas de vida natural en la cuenca del sistema Quijos-Coca La identificación, de las diferentes zonas de vida natural en la cuenca del sistema Quijos-Coca, se hizo en base al sistema de clasificación de las formaciones vegetales o zonas de vida natural del mundo por L.R. Holdrige.

En base a esta clasificación se han identificado ocho zonas de vida natural (desde el bosque pluvial-premontano en la parte más baja de la cuenca hasta el bosque pluvial subalpino-alpino en las partes altas de la Cordillera Central), de acuerdo a su localización, características climáticas, topografía y suelos, vegetación y uso actual y potencial del área (ver Plano 0209-A-1566).

La zona de vida donde se encuentran las obras del Proyecto Hidroeléctrico Coca-Codo Sinclair se la identifica como formada por un bosque pluvial premontano con una potencialidad del suelo bastante limitada para uso agrícola y pecuario.

13.2.2 Ecosistema terrestre Para la identificación de las diferentes zonas zoogeográficas se hizo referencia a la clasificación de Albuja que divide el área en cuatro pisos zoogeográficos desde el piso tropical oriental hasta el piso altoandino. También se ha relacionado los pisos zoogeográficos con las zonas de vida de Holdridge, ya que esta última clasificación es más detallada y ayuda a comprender mejor aún la dinámica de los ecosistemas. Pues en una determinada zona de vida existirán especies propias de esa zona y no podrán migrar a otras áreas que posean otro piso ecológico, ya que allí no existen las especies de las cuales se alimentan.

El piso zoográfico interesado directamente por las obras del Proyecto se identifica con el piso subtropical donde se pueden encontrar también especies tanto del piso tropical como del piso templado.

13.2.3 Ecosistema acuático El ecosistema acuático constituye una parte importante de un proyecto hidroeléctrico, pues este factor resulta normalmente afectado por el proyecto y viceversa.

La clasificación de las diferentes zonas acuáticas (para los peces) coincide con la clasificación de las zonas zoogeográficas del párrafo anterior.

Además de los peces y otros macroorganismos una importancia particular tienen los seres microscópicos: Bentos, Zoo y Fitoplancton y macrofitas acuáticas que permiten posiblemente la existencia de los primeros. Para el estudio de estos seres microscópicos, así como de los parámetros físicos químicos del agua, se indica la metodología a ser empleada en la prosecución de los estudios.



13.2.4 Usos de agua e hidrometeorología de la cuenca El uso actual y futuro de las aguas del sistema Quijos-Coca relacionado a otros sectores como el agrícola, ganadero, industrial, agua potable, etc, no tiene mayores conflictos con el uso hidroeléctrico previsto con el Proyecto.

La hidrometeorología de la cuenca, que obviamente tiene una influencia básica sobre las zonas de vida natural y los ecosistemas terrestres y acuáticos, está suficientemente descrita en el Capítulo 3 del presente informe.

13.2.5 Aspectos socio-económicos La población de la cuenca del río Quijos-Coca, que supera un poco los 7.500 habitantes está ubicada principalmente a lo largo del cordón vial que une el norte del país con el oriente.

A excepción de las ciudades de Baeza (cabecera cantonal) y de San Francisco de Borja, cuya consolidación data del siglo XVI, la mayoría del resto de localidades como Linares, El Chaco, Santa Rosa de Quijos y Díaz de Pineda son de reciente creación y no van más allá del año 1970.

La ocupación del territorio en la cuenca del río Quijos-Coca es relativamente baja resultando solamente de 1,9 hab/km<sup>2</sup> sobre el área total y de 10,6 hab/km<sup>2</sup> sobre el área (de 801 km<sup>2</sup>) considerada ocupada.

Las actividades económicas dominantes en el área de estudio son la agricultura, ganadería, silvicultura, caza y pesca, y la especialización de la zona es eminentemente extractiva de recursos naturales, especialmente de los forestales.

Se puede advertir que las condiciones socio-económicas de la población han decaído últimamente, por un cambio en los patrones de uso agrícola y pecuario con rendimientos en constante caída. A esto se agrega la baja capacidad productiva intrínseca de los suelos en estudio y la muy baja asistencia técnica para manejar esas tierras, situación que se ve afectada también por la inestabilidad de los precios, tanto de los productos, como de la mano de obra, en un contexto excesivamente estacionario de condiciones de estos mercados.

Se considera que la ejecución del Proyecto conllevará la posibilidad de un buen desarrollo local y regional (además de los beneficios energéticos nacionales).

### 13.3 Identificación y calificación de los efectos ocasionados por el Proyecto al medio ambiente

Para la identificación y calificación de los efectos ocasionados por un proyecto al medio ambiente se hace generalmente referencia a varias metodologías y entre ellas en particular se encuentran aquellas basadas sobre la matriz de Leopold y colaboradores y la matriz de Battelle y Columbus.



Esta última matriz para los países andinos resulta demasiado conservadora mientras la de Leopold oportunamente adaptada, utilizando en parte el método colombiano, resulta ser aplicable.

En la matriz así adoptada se ha considerado el volumen de las obras a realizarse, las etapas en las cuales se prevé su construcción y su operación, las características del medio ambiente tomando como referencia los diferentes sitios de la presa, del túnel de aducción, del embalse compensador y de las obras de caída.

Para definir la matriz se han determinado varios grupos de efectos ambientales: hídricos, atmosféricos, geológicos, edafológicos, bióticos, socio-económicos y culturales. Una vez identificados estos efectos se procedió a efectuar una calificación cualitativa de cada uno de ellos, la misma que se hizo tomando en cuenta su magnitud de importancia.

Al fin una vez realizada la calificación se procedió a describir cada uno de los efectos y a recomendar medidas a tomarse en cuenta en la próxima etapa de desarrollo de los estudios.

#### 13.4 Conclusiones sobre los principales efectos identificados y calificados

Dentro de cada uno de los grupos de efectos identificados y calificados, se han hecho ciertas conclusiones referentes al impacto ambiental en la zona del Proyecto.

En lo concerniente al componente hídrico preocupa la alteración del normal flujo de las aguas en los meses menos lluviosos, sobre todo preocupa la disminución del caudal en la cascada San Rafael, considerada como un principal centro turístico de la zona; se recomienda por lo tanto cuidar bien este aspecto y analizar sus consecuencias.

Pero, así mismo, el embalse compensador y sus zonas aledañas, se pueden desarrollar como centros con atractivo turístico, convirtiéndose en un lugar para remo, pesca y sitio de esparcimiento.

Por otro lado, se sabe que la construcción del Proyecto ocasionará algunos efectos negativos, pero que con un cuidado adecuado serán controlados y los problemas que se presenten serán minimizados; así por ejemplo el ruido y la vibración es un problema ambiental acústico que hay que tomarlo en cuenta, pues a más de afectar a la fauna circundante es nocivo para la salud de las personas que trabajan en la obra, debiendo tomarse todas las precauciones pertinentes en todas las etapas de desarrollo del Proyecto, y de esta manera causar el menor daño posible.

Así mismo, el material extraído de la construcción de accesos, campamentos, túnel de aducción y demás obras, tiene que ser depositado en lugares preestablecidos para luego ser expandidos y que en el futuro sean sembrados con plantas. Paralelamente se deberá



también tomar precauciones para evitar la erosión de taludes y espaldones.

También, se considera que la realización del Proyecto alterará en alguna medida la composición florística y faunística del ecosistema, sobre todo durante la etapa de construcción; pero una vez que esté operando el Proyecto esta situación será controlable con una adecuada coordinación que se tenga entre las instituciones con interés en la zona para proteger la riqueza natural que tiene el área en cuestión y transformarla en un verdadero Parque Nacional aprovechándolo turísticamente.

Ahora bien, dentro de los efectos positivos que genera el Proyecto, excluyendo la generación de energía eléctrica, está el referente a la oferta de empleo que ocurre en todas las actividades de su ejecución, empleo que permitirá dinamizar la economía local y regional debido al aporte de dinero en las transacciones.

Le siguen en importancia los efectos positivos sociológicos sobre las poblaciones cercanas, que advierten la posibilidad de ocupar y expandir la frontera agrícola haciendo producir nuevas tierras, y por ende mejorar sus ingresos. Los accesos del Proyecto les dará una mayor facilidad para sacar sus productos, lo que se sumaría al aumento de demanda de la producción generada por la población que se desplazaría, debido a la construcción de las obras.

### 13.5 Estudios básicos recomendados para las fases futuras del Proyecto

El estudio realizado en esta fase se limita a un diagnóstico ambiental que ha permitido individualizar y calificar los principales efectos en el medio ambiente ocasionados por el Proyecto.

Para las fases futuras del estudio del Proyecto Hidroeléctrico Coca-Codo Sinclair en lo que concierne a Ecología se recomienda realizar varias actividades que permitan estudiar y planificar el uso adecuado de todos los recursos de la zona atendiendo a su potencialidad de integración al desarrollo regional y nacional.

Las actividades propuestas son detalladas en el próximo capítulo de este informe.



## 14. ESTUDIOS E INVESTIGACIONES RECOMENDADAS PARA LA FASE "B"

### 14.1 Generalidades

Los estudios básicos y las investigaciones llevadas a cabo en la Fase A de Factibilidad, han permitido obtener una gran cantidad de datos e informaciones apropiadas y necesarias para la Selección de Alternativas que se presenta en este informe.

Sin embargo es preciso que, en la siguiente Fase B, se realicen nuevas investigaciones y se completen los estudios básicos iniciados, de manera que, la alternativa propuesta, al finalizar los Estudios de Factibilidad, resulte claramente definida en todos los aspectos técnicos y económicos. En particular resultará indispensable investigar las condiciones de cimentación de la presa derivadora y de la presa del embalse compensador, además de las condiciones mecánicas y estructurales del primer tramo del túnel de aducción, a partir de la presa derivadora, y las alternativas de las obras en la zona de caída. Además, deberá ser implantado el sistema de monitoreo del volcán y la red sísmica en el área del Proyecto, para hacer efectivo el control de los riesgos volcánico y sísmico.

A continuación se presentan los detalles de las investigaciones y de los estudios recomendados para la Fase B.

### 14.2 Topografía y cartografía

La topografía y cartografía disponible se considera adecuada para el Estudio de Factibilidad una vez completadas las siguientes actividades:

- Revisión de la red geodésica del Proyecto puesto que el sismo del 5 de marzo puede haber determinado desplazamientos de los vértices de la red tanto en coordenadas como en cotas.
- Levantamientos topográficos de detalle en escala 1:1.000 del sitio de la obra de captación Salado, del sitio de salida de la galería de restitución, de la entrada de los túneles de acceso a la casa de máquinas y el sitio del edificio de control de la misma. También en el área de la embocadura de la ventana del túnel de aducción podrá resultar necesario un levantamiento con el mismo detalle.
- Eventual restitución fotogramétrica del área de la ventana del túnel de aducción como alternativa al levantamiento terrestre de la misma. Se utilizarían en este caso las fotos aéreas del 5 de septiembre de 1987 o eventuales fotos posteriores.



- Replanteo de las diferentes investigaciones geológicas previstas con inclusión de la red sísmica que tendrá que ser enlazada a la red principal de Proyecto.
- Levantamiento para el diseño de los caminos de acceso.

#### 14.3 Hidrología y sedimentología

Los acontecimientos del 5 de marzo han destruido completamente las estaciones hidrométricas Salado AJ Coca, Coca AJ Malo y Coca en San Rafael.

Dada la imposibilidad de rehabilitar las dos primeras, se sugiere la reconstrucción urgente de la última paralelamente a la instalación actualmente en curso de una nueva estación en el río Coca al sitio de presa Salado, la cual reemplazará prácticamente a la de Coca AJ Malo.

Una vez que estén operando estas dos estaciones se tendrán que hacer varias medidas de transporte sólido en suspensión sobre todo con caudales líquidos altos, para actualizar después del evento del 5 de marzo de 1987 todos los estudios sedimentológicos.

Paralelamente se recomienda la repetición de medidas de pendientes del agua en correspondencia del sitio de presa y la determinación de las características físicas y mineralógicas de los sedimentos.

Los aportes tanto líquidos como sólidos de la quebrada Granadillas, deberán ser determinados con mayor precisión a través de unos cuantos aforos, de lecturas limnimétricas y de medidas de transporte sólido en suspensión. Además se sugiere la instalación de una nueva estación meteorológica en las proximidades del sitio previsto para el embalse compensador, así como la reubicación de las estaciones El Chaco y Borja (Misión Josefina).

#### 14.4 Geología

Los eventos ocurridos en el curso de la Fase A determinaron varios cambios en el programa de investigaciones previsto inicialmente. Algunas actividades fueron modificadas en cantidad y otras postergadas para la Fase B. Por lo tanto, el programa de investigaciones y estudios de geología que se recomienda es el siguiente:

14.4.1 Fotogeología y mapeo geológico Los estudios de fotogeología deberán ser actualizados en base a la nueva serie de fotos aéreas tomadas por el Instituto Geográfico Militar después del sismo y que resultaron disponibles, recién, al finalizar los trabajos de la Fase A. La fotointerpretación geológica del área cubierta con estos nuevos documentos, será de gran importancia para verificar y completar los aspectos sismotectónicos y vulcanológicos ya estudiados.



En los sitios de las obras relacionadas con la alternativa seleccionada, deberán ser realizados mapeos geológicos de detalle, complementando o actualizando los que fueran ya disponibles. Además es muy recomendable completar el mapeo geológico regional de la cuenca del río Salado, en base a los estudios de fotointerpretación arriba indicado.

En fin, en las galerías de exploración deberá ser realizado el levantamiento lito-estructural de detalle acompañando a los trabajos de excavación.

14.4.2 Perforaciones rotativas En el sector de presa Salado se considera necesario efectuar el reconocimiento del cauce actual del río Coca mediante 4 sondeos inclinados:

- SS1: cota 1.280, margen derecha, profundidad 80 m, aguas arriba del eje de presa.
- SS2: cota 1.280, margen derecha, profundidad 80 m, aguas abajo del eje de presa.
- SS3: cota 1.280, margen izquierda, profundidad 80 m, aguas arriba del eje de presa.
- SS4: cota 1.280, margen izquierda, profundidad 80 m, aguas abajo del eje de presa.

Además en el sitio de la presa Salado se recomienda la ejecución de 3 sondeos verticales, en los cuales serán instalados piezómetros tipo Casagrande y eléctricos para medir la presión de poros en relación con los eventuales sismos registrados por los acelerógrafos:

- SS5: al W del morro, profundidad 60 m.
- SS6: al N del morro, profundidad 60 m.
- SS7: al N del morro, profundidad 60 m.

A lo largo del trazado del túnel de aducción deberá ser investigado el tramo entre la toma Salado y la ventana de acceso intermedia mediante 4 sondeos verticales:

- ST5: cota 1.550, progresiva 0+375, profundidad 290 m, sitio Salado.
- ST6: cota 1.700, progresiva 3+625, profundidad 460 m, sitio quebrada río Malva Grande.
- ST7: cota 1.600, progresiva 5+875, profundidad 370 m, sitio quebrada río Malva Chico
- ST8: cota 1.350, profundidad 140 m, sitio ventana de acceso



En el sector del embalse compensador deberán investigarse los dos sitios de presa alternativos en las quebradas Granadillas y de Los Loros, mediante 5 sondeos verticales:

Presa en la quebrada Granadillas

- SC9: estribo derecho, profundidad 60 m.
- SC10: estribo izquierdo, profundidad 60 m.
- SC11: cauce de la quebrada, profundidad 50 m.

Presa en la quebrada Los Loros

- SC12: estribo derecho, profundidad 60 m.
- SC13: estribo izquierdo, profundidad 60 m.
- SC14: cauce de la quebrada, profundidad 50 m.

En el sector del Codo Sinclair deberá investigarse el área de la parte alta de la tubería de presión y el área de la casa de máquinas, con dos perforaciones verticales:

- SCE1: en el área del tramo inicial de la tubería de presión, hasta alcanzar el tramo superior de la misma, profundidad 300 m.
- SCM3: en el área de la casa de máquinas, hasta alcanzar el tramo inferior de la tubería de presión, profundidad 360 m.

En total las perforaciones propuestas, y que se presentan en el Plano 0209-A-1567, alcanzan una longitud de 2.760 m, de los cuales 320 m inclinados y 2.440 m verticales.

En las perforaciones se llevarán a cabo los siguientes ensayos, a ser definidos y repartidos en los diferentes sondeos en base a programas específicos de detalle:

- |   |         |
|---|---------|
| - Permeabilidad por infiltración        | 50 m    |
| - Permeabilidad tipo Lugeon             | 170 m   |
| - Permeabilidad por hidrofracturamiento | 30 m    |
| - Ensayos de penetración SPT            | 80 m    |
| - Muestras inalteradas Shelby           | 20 m    |
| - Instalación de piezómetros            | 1.500 m |

Además, en algunos sondeos del sector compensador, se recomiendan ensayos de inyección de cemento para verificar la posibilidad de tratamiento de las cimentaciones.

14.4.3 Geofísica Se proponen investigaciones sísmicas de refracción integradas por sondeos eléctricos verticales en las siguientes áreas:



- Ventana del túnel de aducción: 4.000 m de perfiles sísmicos de refracción con espaciamento entre los geófonos hasta 10 m y eventuales 1.000 m con espaciamento mayor a 10 m. Sondeos eléctricos verticales en los puntos de cruce y en otros puntos típicos.
- Codo Sinclair, obras de generación y restitución: 2.500 m de perfiles sísmicos de refracción con espaciamento entre los geófonos hasta 10 m y eventuales 500 m con espaciamento mayor a 10 m.

Sondeos eléctricos verticales en los puntos de cruce y en otros puntos típicos.

Se recomienda también realizar investigaciones microsísmicas en las galerías exploratorias por un total de 600 m de longitud de perfiles.

14.4.4 Galerías, pozos y zanjas Se recomienda la excavación de las siguientes 4 galerías exploratorias para el reconocimiento lito-estructural del macizo rocoso y la realización de ensayos de mecánica de rocas en sitio:

- GT1: longitud 100 m; en el sitio Salado en la embocadura del túnel de aducción.
- GT3: longitud 100 m; en la quebrada Granadillas en la desembocadura del túnel de aducción.
- GTP1: longitud 150 m, en la margen derecha del río Coca en el sector Codo Sinclair para explorar la parte intermedia y alta de la tubería de presión.
- GCM1: longitud 500 m; en la margen derecha del río Coca, en el sector Codo Sinclair para explorar la zona de la casa de máquinas.

La longitud total de las galerías exploratorias propuestas es de 850 m (ver Plano 0209-A-1567).

Pozos y zanjas se excavarán de acuerdo a las necesidades en los sitios de las obras y en las áreas de préstamo. En total se estima excavar una cantidad de 2.000 m<sup>3</sup> en suelo y 1.500 m<sup>3</sup> en roca.

#### 14.5 Sismología y Vulcanología

Las recomendaciones para las actividades futuras en el área de Sismología incluyen:

- Instalación a la brevedad posible de la red sísmica prevista en el área del Proyecto, puesta en marcha, interpretación de los registros y definición de los parámetros sísmicos finales para el diseño de las obras.



- Seguimiento e interpretación de los registros de los acelerógrafos ya instalados.
- Investigación de campo para la verificación de la estabilidad de los taludes mediante el control de la napa freática.

Para el área de Vulcanología se recomiendan las siguientes actividades:

- Revisión del programa para el monitoreo del volcán a la luz de los resultados obtenidos por la red sísmica.
- Muestreo periódico de las fumarolas y aguas termales.
- Diseño final del sistema de monitoreo del volcán, su instalación y puesta en marcha.

#### 14.6 Mecánica de Suelos y Mecánica de Rocas

En mecánica de suelos y mecánica de rocas se propone ejecutar una serie de ensayos de campo y de laboratorio indispensables para la definición de los parámetros índices y mecánicos a ser utilizados en la Fase B para el diseño de las obras civiles.

##### 14.6.1 Mecánica de suelos

##### Unidades

a. Ensayos de campo	
. Permeabilidad in situ	10
. Densidad de campo	50
. Carga directa	10
. Granulometría de materiales aluviales y para enrocado	20
b. Ensayos de laboratorio	
. Humedad natural	300
. Granulometría por lavado	300
. Granulometría por hidrometría	200
. Límites de Atterberg	300
. Límite de contracción	50
. Permeabilidad materiales finos (arenas y arcillas)	30
. Permeabilidad materiales gruesos ( Ø 4")	20
. Triaxial UU, CU y CD (cada uno)	25
. Corte directo	30
. Consolidación	30
. Compactación	150
. Gravedad específica	150
. Peso volumétrico suelto y compactado	100
. Abrasión Los Angeles	50
. Desgaste a los sulfatos	30



. Compresión simple	50
. Reactividad potencial	30
. Estudios mineralógicos y petrográficos	50

#### 14.6.2 Mecánica de rocas

##### a. Ensayos de campo

. Ensayo de deformabilidad con dilatómetro	80
. Carga directa sobre placas	5
. Ensayo de deformabilidad con gato plano en pared	10
. Taladro transversal (cross hole)	50

##### b. Ensayos de laboratorio

. Peso de volumen y velocidad sónica	50
. Peso específico y porosidad	50
. Prueba de abrasión	30
. Prueba de durabilidad	10
. Prueba de absorción	20
. Prueba de hinchamiento	10
. Compresión simple	50
. Compresión simple instrumentada (monoaxial)	30
. Corte directo	90
. Prueba de carga puntual	300
. Análisis petrográfico	80

#### 14.7 Impacto ambiental

El estudio de diagnóstico ambiental llevado a cabo en la Fase A servirá de punto de partida para la evaluación del impacto ambiental del Proyecto.

Esta evaluación tendrá que analizar más detenidamente las características del medio según sus sectores principales: hídrico, geosférico, biótico y atmosférico. A este respecto particular atención tendrá que ponerse en vulcanología al estudio del riesgo volcánico de los nevados del Antisana y del Cayambe y en limnología al estudio taxonómico y de diversidad de poblaciones de fitoplankton y de micro y macrofitas.

Los aspectos socio-económicos del área en general ya suficientemente analizadas en esta etapa del estudio, tendrán que ser completadas sobre todo por lo que se refiere a infraestructuras y servicios.

Se tendrá que enfrentar el estudio institucional y legal vinculado al desarrollo de la zona y a la gestión ambiental.

El ordenamiento del suelo en función de su capacidad de uso, el estudio étnico cultural del área y la formulación de un plan de manejo ambiental de la zona tendrán que completar las actividades necesarias para la evaluación del impacto ambiental.



#### 14.8 Alternativas de diseño

Para lograr optimizar el Proyecto en la Fase B del estudio se tendrán que analizar nuevamente en detalle los aspectos siguientes:

- Altura óptima del umbral del vertedero principal de la obra de captación en el sitio Salado.
- Posibilidad de construir parte del vertedero secundario con estructura erosionable en el caso de eventos catastróficos.
- Comparación definitiva entre desarenador al exterior y desarenador en subterráneo.
- Tipo de revestimiento para los diferentes tramos del túnel de aducción.
- Eje, tipo de presa y tratamiento de cimentaciones de la presa del embalse compensador.
- Obras de protección del embalse compensador.
- Determinación final del factor de planta más adecuado.
- Trazado plano-altimétrico y tipo de revestimiento de la tubería de presión.
- Ubicación y orientación final de la casa de máquinas con sus obras anexas.

El estudio de las alternativas de la obra de captación en el sitio Salado podría ya, a este nivel de estudio, ser sustentado con modelos hidráulicos, tanto a lecho fijo como móvil.



## APENDICES



**APENDICE A**

**PRESUPUESTO ESTIMATIVO DE  
LAS SUBALTERNATIVAS**



PROYECTO HIDROELECTRICO COCA CODO SINCLAIF  
PRESUPUESTO ESTIMATIVO DE LAS ALTERNATIVAS

A-1

SUBALTERNATIVAS: 15 ETAPA: 1a POT.INST.:337.3 (1) MW  
EN.PROD. : 2955 GWh/año

NIVEL DE PRECIOS: ENERO 1987

CONCEPTO	Costo Parcial		Costo Total
	Local \$10^6 \$	Extranjera \$10^3 \$	
1 INGENIERIA Y ADMINISTRACION	10036.468	20700.363	30736.831
2 COSTOS DIRECTOS	100364.684	207003.626	307368.310
2.1 Obras Civiles	92093.580	137589.342	229682.922
2.1.1 Terrenos v Servidumbres	0.000	0.000	0.000
2.1.2 Vias de acceso v campamentos	13659.097	12021.276	25680.373
2.1.3 Presa y obras anexas	29119.138	37622.912	66742.050
2.1.4 Conduccion	33595.759	69011.051	102606.810
2.1.5a Chimenea de Equilibrio	1124.613	1194.058	2318.671
2.1.5b Embalse Compensador	0.000	0.000	0.000
2.1.6 Tuberia de presion	2444.969	4125.931	6570.899
2.1.7 Casa de Maquinas	8169.150	9379.492	17548.642
2.1.8 Obras de descarga	1518.893	2001.791	3520.684
2.1.9 Patio de Maniobras	1955.058	1917.195	3872.253
2.1.10 Otros trabajos	506.904	315.637	822.541
2.2 Equipos (2)	8271.104	69414.284	77685.388
2.2.1 De la obra de captacion	2481.144	12459.114	14940.258
2.2.2 Equipo Electro-mecanico	5789.960	56955.170	62745.130
3 IMPREVISTOS (17.55%)	19373.203	39957.514	59330.717
T. T O T A L	129774.356	267661.502	397435.858

(1) Con una unidad de reserva adicional de 112.4 MW

(2) Impuestos del concepto 2.2 Equipos. no incluido = 10.4%

0209-A- 150



PROYECTO HIDROELECTRICO COCA CODO SINCLAIR  
PRESUPUESTO ESTIMATIVO DE LAS ALTERNATIVAS

A-2

SUBALTERNATIVAS: 1S ETAPA: 2a POT. INST.: 337.3 (1) MW  
EN. PROD. : 2955 GWh/año

NIVEL DE PRECIOS: ENERO 1987

CONCEPTO	Costo Parcial		Costo Total
	Local	Extranjera	
	\$10^6 \$	\$10^3 \$	\$10^3 \$
1 INGENIERIA Y ADMINISTRACION	5883.272	13982.921	19866.193
2 COSTOS DIRECTOS	58832.716	139829.210	198661.925
2.1 Obras Civiles	52964.725	89634.118	142598.843
2.1.1 Terrenos y Servidumbres	0.000	0.000	0.000
2.1.2 Vias de acceso y campamentos	0.000	0.000	0.000
2.1.3 Presa y obras anexas	12822.235	16553.778	29376.013
2.1.4 Conduccion	31116.229	62272.536	93388.765
2.1.5a Chimenea de Equilibrio	1104.260	1147.873	2252.133
2.1.5b Embalse Compensador	0.000	0.000	0.000
2.1.6 Tuberia de presion	2257.905	3845.364	6103.269
2.1.7 Casa de Maquinas	2338.305	2258.010	4596.314
2.1.8 Obras de descarga	1518.893	2001.791	3520.684
2.1.9 Patio de Maniobras	1499.927	1461.005	2960.932
2.1.10 Otros trabajos	306.972	93.761	400.733
2.2 Equipos (2)	5867.990	50195.092	56063.082
2.2.1 De la obra de captacion	1719.200	8572.272	10291.472
2.2.2 Equipo Electro-mecanico	4148.790	41622.820	45771.610
3 IMPREVISTOS (18.28%)	11826.849	28109.173	39936.023
T. T O T A L	76542.837	181921.304	258464.141

(1) Con una unidad de reserva adicional de 112.4 MW

(2) Impuestos del concepto 2.2 Equipos. no incluido = 10.4%

0209-A- 150



PROYECTO HIDROELECTRICO COCA CODO SINCLAIR  
PRESUPUESTO ESTIMATIVO DE LAS ALTERNATIVAS

A-3

SUBALTERNATIVAS: 1S ETAPA: 3a(1) POT.INST.: 275.8 MW  
EN.PROD.: 2416 GWh/año

NIVEL DE PRECIOS: ENERO 1987

CONCEPTO	Costo Parcial		Costo Total
	Local	Extranjera	
	\$10^6 \$	\$10^3 \$	\$10^3 \$
1 INGENIERIA Y ADMINISTRACION	5612.800	12241.680	17854.480
2 COSTOS DIRECTOS	56128.000	122416.800	178544.800
2.1 Obras Civiles	51050.000	78538.800	129588.800
2.1.1 Terrenos y Servidumbres	0.000	0.000	0.000
2.1.2 Vias de acceso y campamentos	4167.000	804.000	4971.000
2.1.3 Presa y obras anexas	10477.000	13526.800	24003.800
2.1.4 Conduccion	25425.700	50884.300	76310.000
2.1.5a Chimenea de Equilibrio	902.300	937.700	1840.000
2.1.5b Embalse Compensador	0.000	0.000	0.000
2.1.6 Tuberia de presion	1845.000	3142.000	4987.000
2.1.7 Casa de Maquinas	5870.000	6730.000	12600.000
2.1.8 Obras de descarga	1241.000	1635.000	2876.000
2.1.9 Patio de Maniobras	815.000	785.000	1600.000
2.1.10 Otros trabajos	307.000	94.000	401.000
2.2 Equipos (2)	5078.000	43878.000	48956.000
2.2.1 De la obra de caotacion	1448.000	7462.000	8910.000
2.2.2 Equipo Electro-mecanico	3630.000	36416.000	40046.000
3 IMPREVISTOS (18.05%)	11143.617	24304.554	35448.171
T. T O T A L	72884.417	158963.034	231847.451

(1) Etapa eventual en la hipotesis de derivar el 890% mensual

(2) Impuestos del concepto 2.2 Equipos. no incluido = 10.4%

0209-A-150



PROYECTO HIDROELECTRICO COCA COCODO SINCLAIR  
PRESUPUESTO ESTIMATIVO DE LAS ALTERNATIVAS

A-4

SUBALTERNATIVAS 25 ETAPA: 1a POT. INST.: 491.5 MW  
ENE. PROD. 3014 GWH/año

NIVEL DE PRECIOS ENERO 1987

CONCEPTO	Costo Parcial		
	Moneda		Total
	Local \$10^3 \$	Extrtraniara \$10^3 \$	
1 INGENIERIA Y ADMINISTRACION	11634.462	22716.934	34351.396
2 COSTOS DIRECTOS	116344.623	227169.336	343513.959
2.1 Obras Civiles	108263.823	158145.309	266409.132
2.1.1 Terrenos v Servidumbres	0.000	0.000	0.000
2.1.2 Vias de acceso v campamen	13659.097	12021.276	25680.373
2.1.3 Presa v obras anexas	25301.937	29002.425	54304.362
2.1.4 Conduccion	34754.274	71084.938	105839.212
2.1.5a Chimenea de Equilibrio	0.000	0.000	0.000
2.1.5b Embalse Comoensador	17821.004	25075.754	42896.758
2.1.6 Tuberia de Presion	5056.055	7902.358	12958.413
2.1.7 Casa de Maquinas	7869.282	8930.703	16799.985
2.1.8 Obras de Descarga	1738.339	2311.652	4049.991
2.1.9 Patio de Maniobras	1556.931	1500.566	3057.497
2.1.10 Otros trabajos	506.904	315.637	822.541
2.2 Equipos (1)	8080.800	69024.027	77104.827
2.2.1 De la obra de captacion	2330.250	11518.527	13848.777
2.2.2 Equipo Electromecanico	5750.550	57505.500	63256.050
3 Imprevistos 17.200	22013.077	42981.754	64994.831
TOTAL	149992.162	292868.024	442860.186

(1) Impuestos del concepto 2.2 Equipos = 10.4%



PROYECTO HIDROELECTRICO COCA CODO SINCLAIR  
PRESUPUESTO ESTIMATIVO DE LAS ALTERNATIVAS

A-5

SUBALTERNATIVAS: 2S ETAPA: 2a POT. INST.: 491.5 MW  
EN. PROD.: 3016 GWh/ano

NIVEL DE PRECIOS: ENERO 1987

CONCEPTO	Costo Parcial		Costo Total
	Local	Extranjera	
	\$10^6 \$	\$10^3 \$	\$10^3 \$
1 INGENIERIA Y ADMINISTRACION	6920.268	16436.970	23357.238
2 COSTOS DIRECTOS	69202.681	164369.702	233572.383
2.1 Obras Civiles	61835.931	100380.425	162216.357
2.1.1 Terrenos y Servidumbres	0.000	0.000	0.000
2.1.2 Vias de acceso y campamentos	0.000	0.000	0.000
2.1.3 Presa y obras anexas	7478.028	7644.477	15122.506
2.1.4 Conduccion	32123.581	64063.575	96187.157
2.1.5a Chimenea de Equilibrio	0.000	0.000	0.000
2.1.5b Embalse Compensador	10919.384	14420.054	25339.438
2.1.6 Tuberia de presion	4817.683	7538.565	12356.248
2.1.7 Casa de Maquinas	3047.231	2971.343	6018.574
2.1.8 Obras de descarga	1737.628	2305.124	4042.751
2.1.9 Patio de Maniobras	1405.424	1343.526	2748.950
2.1.10 Otros trabajos	306.972	93.761	400.733
2.2 Equipos (1)	7366.750	63989.277	71356.027
2.2.1 De la obra de captacion	1960.250	9678.527	11638.777
2.2.2 Equipo Electro-mecanico	5406.500	54310.750	59717.250
3 IMPREVISTOS 17.44%	13273.153	31526.295	44799.448
T. TOTAL	89396.102	212332.967	301729.070

(1) Impuestos del concepto 2.2 Equipos, no incluido = 10.4%.



PROYECTO HIDROELECTRICO COCA COBO SINCLAIR  
PRESUPUESTO ESTIMATIVO DE LAS ALTERNATIVAS

A-6

SUBALTERNATIVAS: 25 ETAPA: 3a(1) POT.INST.: 398.7 MW  
EN.PROD. : 2445 GWh/año

NIVEL DE PRECIOS: ENERO 1987

CONCEPTO	Costo Parcial		Costo Total
	Local	Extranjera	
	\$10^6 \$	\$10^3 \$	\$10^3 \$
1 INGENIERIA Y ADMINISTRACION	6112.600	13623.900	19736.500
2 COSTOS DIRECTOS	61126.000	136239.000	197365.000
2.1 Obras Civiles	54784.000	82092.000	136876.000
2.1.1 Terrenos y Servidumbres	0.000	0.000	0.000
2.1.2 Vias de acceso y campamentos	4167.000	804.000	4971.000
2.1.3 Presa y obras anexas	5657.000	6700.000	12357.000
2.1.4 Conduccion	26249.000	52348.000	78597.000
2.1.5a Chimenea de Equilibrio	0.000	0.000	0.000
2.1.5b Embalse Compensador	4047.000	5353.000	9400.000
2.1.6 Tuberia de presion	3937.000	6160.000	10097.000
2.1.7 Casa de Maquinas	7595.000	7405.000	15000.000
2.1.8 Obras de descarga	1420.000	1883.000	3303.000
2.1.9 Patio de Maniobras	1405.000	1345.000	2750.000
2.1.10 Otros trabajos	307.000	94.000	401.000
2.2 Equipos (2)	6342.000	54147.000	60489.000
2.2.1 De la obra de captacion	1870.000	9220.000	11090.000
2.2.2 Equipo Electro-mecanico	4472.000	44927.000	49399.000
3 IMPREVISTOS (17.53%)	11785.331	26267.409	38052.740
T. T O T A L	79023.931	176130.309	255154.240

(1) Etapa eventual en la hipotesis de derivar el 090% mensual

(2) Impuestos del concepto 2.2 Equipos, no incluido = 10.4%

0209-A-150



PROYECTO HIDROELECTRICO COCA CODO SINCLAIF  
PRESUPUESTO ESTIMATIVO DE LAS ALTERNATIVAS

SUBALTERNATIVAS: 3S ETAPA: 1a POT.INST.: 690.7 MW  
EN.PROD. : 3025 6Wh/ano

NIVEL DE PRECIOS: ENERO 1987

CONCEPTO		Costo	Parcial	Costo Total
		Moneda		
		Local	Extranjera	
		\$10^6 \$	\$10^3 \$	\$10^3 \$
<hr/>				
1	INGENIERIA Y ADMINISTRACION	12829.867	26515.703	39345.571
2	COSTOS DIRECTOS	128298.673	265157.034	393455.706
2.1	Obras Civiles	117089.190	169839.484	286928.674
2.1.1	Terrenos v Servidumbres	0.000	0.000	0.000
2.1.2	Vias de acceso v campamentos	13659.097	12021.276	25680.373
2.1.3	Presa v obras anexas	25301.937	29002.425	54304.362
2.1.4	Conduccion	35455.959	72613.426	108069.385
2.1.5a	Chimenea de Equilibrio	0.000	0.000	0.000
2.1.5b	Embalse Comoadensador	20489.940	28110.072	48600.012
2.1.6	Tuberia de presion	8323.153	12849.316	21172.469
2.1.7	Casa de Maquinas	9412.781	10376.311	19789.092
2.1.8	Obras de descarga	2001.746	2684.454	4686.200
2.1.9	Patio de Maniobras	1937.673	1866.567	3804.239
2.1.10	Otros trabajos	506.904	315.637	822.541
2.2	Equipos (1)	11209.482	95317.550	106527.033
2.2.1	De la obra de captacion	3335.502	16715.890	20051.393
2.2.2	Equipo Electro-mecanico	7873.980	78601.660	86475.640
3	IMPREVISTOS (17.18%)	24250.268	50118.438	74368.705
T.	T O T A L	165378.807	341791.175	507169.982

(1) Impuestos del concepto 2.2 Equipos, no incluido = 10.4%.



PROYECTO HIDROELECTRICO COCA COBO SINCLAIR  
PRESUPUESTO ESTIMATIVO DE LAS ALTERNATIVAS

A-8

SUBALTERNATIVAS: 3S ETAPA: 2a POT.INST.: 690.7 MW  
EN.PROD.: 3028 GWh/año

NIVEL DE PRECIOS: ENERO 1987

CONCEPTO	Costo Parcial		Costo Total
	Local \$10^6 \$	Extranjera \$10^3 \$	
1 INGENIERIA Y ADMINISTRACION	8030.590	20399.266	28429.855
2 COSTOS DIRECTOS	80305.895	203992.658	284298.554
2.1 Obras Civiles	69466.413	110515.108	179981.521
2.1.1 Terrenos y Servidumbres	0.000	0.000	0.000
2.1.2 Vias de acceso y campamentos	0.000	0.000	0.000
2.1.3 Presa y obras anexas	7478.028	7644.477	15122.506
2.1.4 Conduccion	32770.377	65466.970	98237.347
2.1.5a Chimenea de Equilibrio	0.000	0.000	0.000
2.1.5b Embalse Compensador	12579.110	16376.933	28956.043
2.1.6 Tuberia de presion	7943.783	12281.534	20225.317
2.1.7 Casa de Maquinas	4184.826	4043.588	8228.414
2.1.8 Obras de descarga	2001.746	2684.454	4686.200
2.1.9 Patio de Maniobras	1921.626	1844.498	3766.124
2.1.10 Otros trabajos	586.916	172.654	759.570
2.2 Equipos (1)	10839.482	93477.550	104317.033
2.2.1 De la obra de captacion	2965.502	14875.890	17841.393
2.2.2 Equipo Electro-mecanico	7873.980	78601.660	86475.640
3 IMPREVISTOS 16.83%	14863.160	37755.330	52618.490
T. T O T A L	103199.645	262147.254	365346.899

(1) Impuestos del concepto 2.2 Equipos, no incluido = 10.4%.



PROYECTO HIDROELECTRICO COCA CODO SINCLAIR  
PRESUPUESTO ESTIMATIVO DE LAS ALTERNATIVAS

A-9

SUBALTERNATIVAS: 3S ETAPA: 3a(1) POT. INST.: 560.3 MW  
EN. PROD. : 2454 6Wh/año

NIVEL DE PRECIOS: ENERO 1987

CONCEPTO	Costo Parcial		Costo Total
	Local	Extranjera	
	\$10^6 \$	\$10^3 \$	\$10^3 \$
1 INGENIERIA Y ADMINISTRACION	6733.100	16282.200	23015.300
2 COSTOS DIRECTOS	67331.000	162822.000	230153.000
2.1 Obras Civiles	58334.000	86352.000	144686.000
2.1.1 Terrenos y Servidumbres	0.000	0.000	0.000
2.1.2 Vias de acceso y campamentos	4167.000	804.000	4971.000
2.1.3 Presa y obras anexas	5657.000	6700.000	12357.000
2.1.4 Conduccion	26777.000	53495.000	80272.000
2.1.5a Chimenea de Equilibrio	0.000	0.000	0.000
2.1.5b Embalse Compensador	1951.000	2539.000	4490.000
2.1.6 Tuberia de presion	6491.000	9766.000	16257.000
2.1.7 Casa de Maquinas	9257.000	8943.000	18200.000
2.1.8 Obras de descarga	1636.000	2193.000	3829.000
2.1.9 Patio de Maniobras	1811.000	1739.000	3550.000
2.1.10 Otros trabajos	587.000	173.000	760.000
2.2 Equipos (2)	8997.000	76470.000	85467.000
2.2.1 De la obra de captacion	2686.000	13472.000	16158.000
2.2.2 Equipo Electro-mecanico	6311.000	62998.000	69309.000
3 IMPREVISTOS (16.41%)	12152.726	29388.114	41540.840
T. T O T A L	86216.826	208492.314	294709.140

(1) Etapa eventual en la hipotesis de derivar el 990% mensual

(2) Impuestos del concepto 2.2 Equipos. no incluido = 10.4%

0209-A-150



PROYECTO HIDROELECTRICO COCA CODO SINCLAIF  
PRESUPUESTO ESTIMATIVO DE LAS ALTERNATIVAS

A-10

SUBALTERNATIVAS: 4S ETAPA: 1a POT. INST.: 337.3(1) MW  
EN. PROD.: 2970 GWh/año

NIVEL DE PRECIOS: ENERO 1987

CONCEPTO		Costo Parcial Moneda		Costo Total
		Local \$10^6 \$	Extranjera \$10^3 \$	
1	INGENIERIA Y ADMINISTRACION	10493.445	20845.287	31338.732
2	COSTOS DIRECTOS	104934.447	208452.874	313387.321
2.1	Obras Civiles	96439.397	137962.254	234401.651
2.1.1	Terrenos v Servidumbres	0.000	0.000	0.000
2.1.2	Vias de acceso v campamentos	13659.097	12021.276	25680.373
2.1.3	Presa v obras anexas	32779.966	36646.902	69426.868
2.1.4	Conduccion	33838.242	69578.704	103416.946
2.1.5a	Chimenea de Equilibrio	1124.613	1194.058	2318.671
2.1.5b	Embalse Comensador	0.000	0.000	0.000
2.1.6	Tuberia de presion	2857.020	4860.455	7717.475
2.1.7	Casa de Maquinas	7941.413	9114.627	17056.040
2.1.8	Obras de descarga	1685.959	2221.752	3907.711
2.1.9	Patio de Maniobras	2046.185	2008.843	4055.027
2.1.10	Otros trabajos	506.904	315.637	822.541
2.2	Equipos (2)	8495.050	70490.620	78985.670
2.2.1	De la obra de captacion	2705.090	13535.450	16240.540
2.2.2	Equipo Electro-mecanico	5789.960	56955.170	62745.130
3	IMPREVISTOS (16.46%)	18999.036	37741.692	56740.728
T.	T O T A L	134426.927	267039.854	401466.781

(1) Con una unidad de reserva adicional de 112.3 MW que con segunda etapa es P.I.

(2) Impuestos del concepto 2.2 Equipos, no incluido = 10.4%



PROYECTO HIDROELECTRICO COCA CODO SINCLAIR  
PRESUPUESTO ESTIMATIVO DE LAS ALTERNATIVAS

SUBALTERNATIVAS: 4S ETAPA: 2a POT.INST.: 524.1 MW  
EN.PROD.: 3032 6Wh/año

NIVEL DE PRECIOS: ENERO 1987

CONCEPTO		Costo Parcial Moneda		Costo Total \$10^3 \$
		Local \$10^6 \$	Extranjera \$10^3 \$	
1	INGENIERIA Y ADMINISTRACION	8209.966	19292.655	27502.621
2	COSTOS DIRECTOS	82099.661	192926.548	275026.209
2.1	Obras Civiles	73393.951	119426.298	192820.249
2.1.1	Terrenos y Servidumbres	0.000	0.000	0.000
2.1.2	Vias de acceso y campamentos	0.000	0.000	0.000
2.1.3	Presa y obras anexas	0.000	0.000	0.000
2.1.4	Conduccion	33997.930	67784.432	101782.362
2.1.5a	Chimenea de Equilibrio	0.000	0.000	0.000
2.1.5b	Embalse Compensador	24920.415	33555.849	58476.264
2.1.6	Tuberia de presion	6430.336	9937.971	16368.308
2.1.7	Casa de Maquinas	4242.575	4058.617	8301.191
2.1.8	Obras de descarga	1765.084	2348.200	4113.284
2.1.9	Patio de Maniobras	1730.639	1647.467	3378.107
2.1.10	Otros trabajos	306.972	93.761	400.733
2.2	Equipos (1)	8705.710	73500.250	82205.960
2.2.1	De la obra de captacion	2730.970	13962.490	16693.460
2.2.2	Equipo Electro-mecanico	5974.740	59537.760	65512.500
3	IMPREVISTOS (17.62%)	15958.195	37500.269	53458.464
T.	T O T A L	106267.822	249719.472	355987.294

(1) Impuestos del concepto 2.2 Equipos, no incluido = 10.4%.



PROYECTO HIDROELECTRICO COCA CODO SINCLAIR  
PRESUPUESTO ESTIMATIVO DE LAS ALTERNATIVAS

A-12

SUBALTERNATIVAS: 45 ETAPA: 3a(1) PDT. INST.: 398.7 MW  
EN. PROD.: 2445 GWh/año

NIVEL DE PRECIOS: ENERO 1987

CONCEPTO	Costo Parcial		Costo Total
	Local \$10^6 \$	Extranjera \$10^3 \$	
1 INGENIERIA Y ADMINISTRACION	6112.600	13623.900	19736.500
2 COSTOS DIRECTOS	61126.000	136239.000	197365.000
2.1 Obras Civiles	54784.000	82092.000	136876.000
2.1.1 Terrenos y Servidumbres	0.000	0.000	0.000
2.1.2 Vias de acceso y campamentos	4167.000	804.000	4971.000
2.1.3 Presa y obras anexas	5657.000	6700.000	12357.000
2.1.4 Conduccion	26249.000	52348.000	78597.000
2.1.5a Chimenea de Equilibrio	0.000	0.000	0.000
2.1.5b Embalse Compensador	4047.000	5353.000	9400.000
2.1.6 Tuberia de presion	3937.000	6160.000	10097.000
2.1.7 Casa de Maquinas	7595.000	7405.000	15000.000
2.1.8 Obras de descarga	1420.000	1883.000	3303.000
2.1.9 Patio de Maniobras	1405.000	1345.000	2750.000
2.1.10 Otros trabajos	307.000	94.000	401.000
2.2 Equipos (2)	6342.000	54147.000	60489.000
2.2.1 De la obra de captacion	1870.000	9220.000	11090.000
2.2.2 Equipo Electro-mecanico	4472.000	44927.000	49399.000
3 IMPREVISTOS (17.53%)	11785.331	26267.409	38052.740
T. T O T A L	79023.931	176130.309	255154.240

(1) Etapa eventual en la hipotesis de derivar el 890% mensual

(2) Impuestos del concepto 2.2 Equipos, no incluido = 10.4%



PROYECTO HIDROELECTRICO COCA CODO SINCLAIR  
PRESUPUESTO ESTIMATIVO DE LAS ALTERNATIVAS

A-13

SUBALTERNATIVAS: 55 ETAPA: Ia POT. INST.: 337.3(1) MW  
EN. PROD.: 2970 GWh/año

NIVEL DE PRECIOS: ENERO 1987

CONCEPTO		Costo Parcial		Costo Total
		Moneda		
		Local \$10^6 \$	Extranjera \$10^3 \$	\$10^3 \$
1	INGENIERIA Y ADMINISTRACION	10504.654	20877.498	31382.152
2	COSTOS DIRECTOS	105046.542	208774.977	313821.519
2.1	Obras Civiles	96563.759	138253.260	234817.019
2.1.1	Terrenos y Servidumbres	0.000	0.000	0.000
2.1.2	Vias de acceso y campamentos	13659.097	12021.276	25680.373
2.1.3	Presa y obras anexas	32779.966	36646.902	69426.868
2.1.4	Conduccion	33962.604	69869.710	103832.314
2.1.5a	Chimenea de Equilibrio	1124.613	1194.058	2318.671
2.1.5b	Embalse Comensador	0.000	0.000	0.000
2.1.6	Tuberia de presion	2857.020	4860.455	7717.475
2.1.7	Casa de Maquinas	7941.413	9114.627	17056.040
2.1.8	Obras de descarga	1685.959	2221.752	3907.711
2.1.9	Patio de Maniobras	2046.185	2008.843	4055.027
2.1.10	Otros trabajos	506.904	315.637	822.541
2.2	Equipos (2)	8482.782	70521.717	79004.500
2.2.1	De la obra de captacion	2692.822	13566.547	16259.370
2.2.2	Equipo Electro-mecanico	5789.960	56955.170	62745.130
3	IMPREVISTOS (16.47%)	19031.598	37824.391	56855.990
T.	T O T A L	134582.794	267476.867	402059.661

(1) Con una unidad de reserva de 112.4 MW que con segunda etapa es P.I.

(2) Impuestos del concepto 2.2 Equipos. no incluido = 10.4%.



PROYECTO HIDROELECTRICO COCA CODO SINCLAIR  
PRESUPUESTO ESTIMATIVO DE LAS ALTERNATIVAS

SUBALTERNATIVAS: 55 ETAPA: 2a POT. INST.: 919.8 MW  
EN. PROD. : 3063 GWh/año

NIVEL DE PRECIOS: ENERO 1987

CONCEPTO		Costo Parcial		Costo Total
		Local Moneda \$10^6 \$	Extranjera \$10^3 \$	\$10^3 \$
1	INGENIERIA Y ADMINISTRACION	10025.032	25166.650	35191.681
2	COSTOS DIRECTOS	100250.316	251666.496	351916.812
2.1	Obras Civiles	86538.001	136803.087	223341.088
2.1.1	Terrenos y Servidumbres	0.000	0.000	0.000
2.1.2	Vias de acceso y campamentos	0.000	0.000	0.000
2.1.3	Presa y obras anexas	0.000	0.000	0.000
2.1.4	Conduccion	35495.414	70701.460	106196.874
2.1.5a	Chimenea de Equilibrio	0.000	0.000	0.000
2.1.5b	Embalse Compensador	28648.663	37919.514	66568.177
2.1.6	Tuberia de presion	10577.952	16326.339	26904.291
2.1.7	Casa de Maquinas	6448.606	6198.933	12647.540
2.1.8	Obras de descarga	2282.463	3097.970	5380.433
2.1.9	Patio de Maniobras	2497.987	2386.217	4884.203
2.1.10	Otros trabajos	586.916	172.654	759.570
2.2	Equipos (1)	13712.315	114863.409	128575.724
2.2.1	De la obra de cantacion	4091.207	20639.097	24730.304
2.2.2	Equipo Electro-mecanico	9621.108	94224.312	103845.420
3	IMPREVISTOS 17.35%	19135.824	48038.210	67174.034
T.	T O T A L	129411.172	324871.356	454282.527

(1) Impuestos del concepto 2.2 Equipos, no incluido = 10.4%.



PROYECTO HIDROELECTRICO EDOCA CODO SINCLAIR  
PRESUPUESTO ESTIMATIVO DE LAS ALTERNATIVAS

A-15

SUBALTERNATIVAS: SS ETAPA: 3a(1) POT.INST.: 560.3 MW  
EN.PROD. : 2454 6Wh/ano

NIVEL DE PRECIOS: ENERO 1987

CONCEPTO	Costo Parcial		Costo Total
	Local	Extranjera	
	\$10^6 \$	\$10^3 \$	\$10^3 \$
1 INGENIERIA Y ADMINISTRACION	6733.100	16282.200	23015.300
2 COSTOS DIRECTOS	67331.000	162822.000	230153.000
2.1 Obras Civiles	58334.000	86352.000	144686.000
2.1.1 Terrenos y Servidumbres	0.000	0.000	0.000
2.1.2 Vias de acceso y campamentos	4167.000	804.000	4971.000
2.1.3 Presa y obras anexas	5657.000	6700.000	12357.000
2.1.4 Conduccion	26777.000	53495.000	80272.000
2.1.5a Chimenea de Equilibrio	0.000	0.000	0.000
2.1.5b Embalse Compensador	1951.000	2539.000	4490.000
2.1.6 Tuberia de presion	6491.000	9766.000	16257.000
2.1.7 Casa de Maquinas	9257.000	8943.000	18200.000
2.1.8 Obras de descarga	1636.000	2193.000	3829.000
2.1.9 Patio de Maniobras	1811.000	1739.000	3550.000
2.1.10 Otros trabajos	587.000	173.000	760.000
2.2 Equipos (2)	8997.000	76470.000	85467.000
2.2.1 De la obra de captacion	2686.000	13472.000	16158.000
2.2.2 Equipo Electro-mecanico	6311.000	62998.000	69309.000
3 IMPREVISTOS (16.41%)	12152.726	29388.114	41540.840
T. T O T A L	86216.826	208492.314	294709.140

(1) Etapa eventual en la hipotesis de derivar el 090% mensual

(2) Impuestos del concepto 2.2 Equipos, no incluido = 10.4%

0209-A-150



PROYECTO HIDROELECTRICO COCA CODO SINCLAIR  
PRESUPUESTO ESTIMATIVO DE LAS ALTERNATIVAS

SUBALTERNATIVAS: 65 ETAPA: 1a POT. INST.: 491.5 MW  
EN. PROD.: 3014 GWh/año

NIVEL DE PRECIOS: ENERO 1987

CONCEPTO	Costo Parcial		Costo Total
	Local \$10^6 \$	Extranjera \$10^3 \$	
1 INGENIERIA Y ADMINISTRACION	11961.993	23220.638	35182.631
2 COSTOS DIRECTOS	119619.932	232206.382	351826.314
2.1 Obras Civiles	111330.347	161726.692	273057.039
2.1.1 Terrenos y Servidumbres	0.000	0.000	0.000
2.1.2 Vias de acceso y campamentos	13659.097	12021.276	25680.373
2.1.3 Presa y obras anexas	25301.937	29002.425	54304.362
2.1.4 Conduccion	34865.710	71345.703	106211.413
2.1.5a Chimenea de Equilibrio	0.000	0.000	0.000
2.1.5b Embalse Comoensador	20489.940	28110.072	48600.012
2.1.6 Tuberia de presion	5117.178	7960.000	13077.178
2.1.7 Casa de Maquinas	7897.585	8980.789	16878.374
2.1.8 Obras de descarga	1737.628	2305.124	4042.751
2.1.9 Patio de Maniobras	1754.368	1685.666	3440.034
2.1.10 Otros trabajos	506.904	315.637	822.541
2.2 Equipos (1)	8289.585	70479.690	78769.275
2.2.1 De la obra de captacion	2503.935	12474.840	14978.775
2.2.2 Equipo Electro-mecanico	5785.650	58004.850	63790.500
3 IMPREVISTOS (17.89%)	23537.144	45690.337	69227.481
T. T O T A L	155119.069	301117.357	456236.426

(1) Impuestos del concepto 2.2 Equipos, no incluido = 10.4%.



PROYECTO HIDROELECTRICO COCA CODO SINCLAIR  
PRESUPUESTO ESTIMATIVO DE LAS ALTERNATIVAS

A-17

SUBALTERNATIVAS: 6S ETAPA: 2a POT.INST.: 883.2 MW  
EN.PROD.: 3019 GWh/año

NIVEL DE PRECIOS: ENERO 1987

CONCEPTO		Costo Parcial Moneda		Costo Total
		Local \$10^6 \$	Extranjera \$10^3 \$	\$10^3 \$
1	INGENIERIA Y ADMINISTRACION	8623.042	22429.693	31052.735
2	COSTOS DIRECTOS	86230.422	224296.932	310527.354
2.1	Obras Civiles	73846.422	116205.572	190051.994
2.1.1	Terrenos y Servidumbres	0.000	0.000	0.000
2.1.2	Vias de acceso y campamentos	0.000	0.000	0.000
2.1.3	Presa y obras anexas	7478.028	7644.477	15122.506
2.1.4	Conduccion	33351.088	66717.832	100068.920
2.1.5a	Chimenea de Equilibrio	0.000	0.000	0.000
2.1.5b	Embalse Compensador	12579.110	16376.933	28956.043
2.1.6	Tuberia de presion	8865.269	13863.284	22728.553
2.1.7	Casa de Maquinas	6298.868	6048.301	12347.169
2.1.8	Obras de descarga	2250.379	3045.335	5295.714
2.1.9	Patio de Maniobras	2436.765	2336.755	4773.519
2.1.10	Otros trabajos	586.916	172.654	759.570
2.2	Equipos (1)	12384.000	108091.360	120475.360
2.2.1	De la obra de captacion	3198.720	16326.880	19525.600
2.2.2	Equipo Electro-mecanico	9185.280	91764.480	100949.760
3	IMPREVISTOS 16.38%	15533.780	40405.453	55939.233
T.	T O T A L	110387.245	287132.078	397519.323

(1) Impuestos del concepto 2.2 Equipos, no incluido = 10.4%.



PROYECTO HIDROELECTRICO COCA CODO SINCLAIR  
PRESUPUESTO ESTIMATIVO DE LAS ALTERNATIVAS

A-18

SUBALTERNATIVAS: 65 ETAPA: 3a(1) POT. INST.: 560.3 MW  
EN. PROD.: 2454 GWh/año

NIVEL DE PRECIOS: ENERO 1987

CONCEPTO	Costo Parcial		Costo Total
	Local \$10^6 \$	Moneda Extranjera \$10^3 \$	
1 INGENIERIA Y ADMINISTRACION	6733.100	16282.200	23015.300
2 COSTOS DIRECTOS	67331.000	162822.000	230153.000
2.1 Obras Civiles	58334.000	86352.000	144686.000
2.1.1 Terrenos y Servidumbres	0.000	0.000	0.000
2.1.2 Vias de acceso y campamentos	4167.000	804.000	4971.000
2.1.3 Presa y obras anexas	5657.000	6700.000	12357.000
2.1.4 Conduccion	26777.000	53495.000	80272.000
2.1.5a Chimenea de Equilibrio	0.000	0.000	0.000
2.1.5b Embalse Compensador	1951.000	2539.000	4490.000
2.1.6 Tuberia de presion	6491.000	9766.000	16257.000
2.1.7 Casa de Maquinas	9257.000	8943.000	18200.000
2.1.8 Obras de descarga	1636.000	2193.000	3829.000
2.1.9 Patio de Maniobras	1811.000	1739.000	3550.000
2.1.10 Otros trabajos	587.000	173.000	760.000
2.2 Equipos (2)	8997.000	76470.000	85467.000
2.2.1 De la obra de captacion	2686.000	13472.000	16158.000
2.2.2 Equipo Electro-mecanico	6311.000	62998.000	69309.000
3 IMPREVISTOS (16.41%)	12152.726	29388.114	41540.840
T. T O T A L	86216.826	208492.314	294709.140

(1) Etapa eventual en la hipotesis de derivar el 890% mensual

(2) Impuestos del concepto 2.2 Equipos. no incluido = 10.4%



## **APENDICE B**

### **CRONOGRAMA DE INVERSIONES DE LAS SUBALTERNATIVAS**



## PROGRAMA DE INVERSIONES EN MILLONES DE DOLARES

## SUBALTERNATIVA (15)

Concepto	1		2		3		4		5		6		7		8		Inversion	
	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML (1)	ME
PRIMERA ETAPA																		
1 Ingeniería y Administración	1.015	0.900	1.345	2.528	1.101	1.970	2.320	3.823	1.454	3.433	1.206	5.853	1.311	1.822	0.088	0.371	10.037	20.701
2 Costos Directos	10.149	8.998	15.430	25.279	11.008	19.702	23.197	38.233	14.538	34.332	12.056	58.529	13.108	18.220	0.880	3.712	100.366	207.005
3 Imprevistos (17.548%)	1.959	1.737	2.978	4.880	2.125	3.803	4.478	7.380	2.806	6.627	2.327	11.298	2.530	3.517	0.170	0.717	19.373	39.958
T Total	13.123	11.635	19.751	32.686	14.234	25.475	29.994	49.436	18.798	44.392	15.589	75.680	16.949	23.559	1.138	4.800	129.776	267.663
SEGUNDA ETAPA																		
1 Ingeniería y Administración	0.502	1.433	0.692	2.452	1.489	3.254	1.990	5.377	1.040	1.110	0.170	0.357					5.883	13.983
2 Costos Directos	5.020	14.330	6.924	24.521	14.891	32.539	19.901	53.766	10.400	11.100	1.697	3.573					58.833	139.829
3 Imprevistos 18.275%	1.009	2.881	1.392	4.929	2.993	6.541	4.001	10.808	2.091	2.231	0.341	0.718					11.827	28.109
T Total	6.531	18.644	9.008	31.902	19.374	42.334	25.892	69.951	13.531	14.441	2.208	4.649					76.543	181.921
TERCERA ETAPA Eventual (2)																		
1 Ingeniería y Administración	0.816	1.263	1.016	2.960	1.614	2.619	2.083	5.100	0.128	0.300							5.658	12.242
2 Costos Directos	8.163	12.626	10.161	29.600	16.141	26.188	20.832	51.002	1.281	3.001							56.578	122.417
3 Imprevistos 18.049%	1.621	2.507	2.017	5.877	3.205	5.199	4.136	10.126	0.254	0.596							11.233	24.305
T Total	10.600	16.395	13.194	38.437	20.960	34.006	27.051	66.228	1.663	3.897							73.469	158.963

(1) 1 US dolar = 147 sucres

(2) En la hipótesis de derivar 090% mensual



## PROGRAMA DE INVERSIONES EN MILLONES DE DOLARES

## SUBALTERNATIVA (15)

Concepto	1		2		3		4		5		6		7		8		Inversion	
	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML (1)	ME
PRIMERA ETAPA																		
1 Ingenieria y Administracion	1.017	0.402	1.403	2.106	0.930	1.761	2.554	5.086	2.632	5.071	1.746	5.945	1.265	1.377	0.089	0.469	11.635	22.717
2 Costos Directos	10.167	9.015	14.033	21.959	9.299	17.609	25.543	50.856	26.315	50.715	17.455	59.453	12.647	13.772	0.886	4.690	116.345	227.166
3 Imprevistos (17.201%)	1.924	1.796	2.655	3.985	1.759	3.332	4.833	9.623	4.979	9.596	3.303	11.249	2.393	2.606	0.168	0.887	22.014	42.983
T Total	13.107	11.622	18.091	27.149	11.988	22.702	32.930	65.564	33.926	65.382	22.503	76.647	16.305	17.755	1.142	6.046	149.993	292.869
SEGUNDA ETAPA																		
1 Ingenieria y Administracion	0.524	1.616	1.107	2.480	1.730	4.247	2.539	7.068	1.021	1.927							6.920	16.437
2 Costos Directos	5.235	16.157	11.968	24.795	17.301	42.465	25.393	70.682	10.205	10.271							69.202	164.370
3 Imprevistos 17.436%	1.004	3.099	2.123	4.756	3.318	8.145	4.870	13.557	1.957	1.970							13.273	31.526
T Total	6.763	20.872	14.298	32.030	22.349	54.856	32.803	91.307	13.183	13.268							89.395	212.333
TERCERA ETAPA Eventual (2)																		
1 Ingenieria y Administracion	0.420	1.013	1.080	3.090	2.007	3.126	2.416	5.991	0.191	0.403							6.113	13.624
2 Costos Directos	4.197	10.134	10.796	30.904	20.067	31.257	24.155	59.913	1.911	4.031							61.126	136.239
3 Imprevistos 17.528%	0.809	1.954	2.082	5.959	3.869	6.027	4.657	11.552	0.368	0.777							11.786	26.268
T Total	5.426	13.101	13.957	39.953	25.943	40.409	31.228	77.456	2.471	5.211							79.024	176.131

(1) 1 US dolar = 147 sucres

(2) En la hipotesis de derivar 090% mensual



## CRONOGRAMA DE INVERSIONES EN MILLONES DE DOLARES

SUBALTERNATIVA (35)

Concepto	1		2		3		4		5		6		7		8		Inversion	
	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML (1)	ME
PRIMERA ETAPA																		
1 Ingenieria y Administracion	1.020	0.933	1.401	2.123	0.950	1.680	2.677	4.652	2.794	5.757	2.118	8.734	1.742	2.142	0.108	0.496	12.830	26.516
2 Costos Directos	10.204	9.329	14.011	21.225	9.504	16.797	26.765	46.517	27.936	57.570	21.380	87.340	17.421	21.421	1.078	4.957	128.299	265.156
3 Imprevistos (17.183)	1.929	1.763	2.648	4.012	1.796	3.175	5.059	8.792	5.280	10.881	4.041	16.508	3.293	4.049	0.204	0.937	24.250	50.118
T Total	13.153	12.025	18.060	27.359	12.251	21.652	34.500	59.961	36.010	74.208	27.559	112.582	22.456	27.612	1.390	6.390	165.379	341.790
SEGUNDA ETAPA																		
1 Ingenieria y Administracion	0.575	1.611	1.182	3.788	2.047	3.976	2.664	8.789	1.562	2.236							8.030	20.400
2 Costos Directos	5.754	16.108	11.823	37.877	20.467	39.760	26.635	87.892	15.624	22.358							80.303	203.995
3 Imprevistos 16.826%	1.065	2.981	2.188	7.011	3.788	7.359	4.930	16.268	2.892	4.138							14.863	37.757
T Total	7.394	20.700	15.194	48.675	26.302	51.095	34.228	112.949	20.078	28.732							103.196	262.151
TERCERA ETAPA Eventual (2)																		
1 Ingenieria y Administracion	0.497	2.017	1.244	2.774	2.242	4.600	2.527	6.358	0.224	0.533							6.733	16.282
2 Costos Directos	4.968	20.173	12.438	27.744	22.418	46.002	25.268	63.576	2.239	5.328							67.331	162.823
3 Imprevistos 16.408%	0.897	3.641	2.245	5.007	4.046	8.303	4.561	11.475	0.404	0.962							12.152	29.388
T Total	6.361	25.831	15.927	35.526	28.706	58.905	32.355	81.408	2.867	6.822							86.217	208.493

(1) 1 US dolar = 147 sucres

(2) En la hipotesis de derivar 890% mensual



## CRONOGRAMA DE INVERSIONES EN MILLONES DE DOLARES

## SUBALTERNATIVA (4S)

Concepto	1		2		3		4		5		6		7		8		Inversion	
	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML (1)	ME
PRIMERA ETAPA																		
1 Ingenieria y Administracion	1.017	0.929	1.507	2.426	1.157	1.886	2.496	3.817	1.522	3.552	1.324	6.266	1.378	1.598	0.092	0.371	10.493	20.846
2 Costos Directos	10.174	9.294	15.068	24.260	11.573	18.863	24.962	38.167	15.218	35.522	13.237	62.660	13.779	15.979	0.923	3.710	104.934	208.455
3 Imprevistos (16.46%)	1.842	1.683	2.728	4.393	2.095	3.415	4.520	6.911	2.755	6.432	2.397	11.345	2.495	2.893	0.167	0.672	18.999	37.743
T Total	13.034	11.906	19.303	31.079	14.826	24.165	31.978	48.894	19.495	45.506	16.957	80.271	17.652	20.470	1.182	4.753	134.427	267.043
SEGUNDA ETAPA																		
1 Ingenieria y Administracion	0.629	1.757	1.614	4.317	2.173	3.796	2.468	7.492	1.128	1.446	0.197	0.485					8.210	19.293
2 Costos Directos	6.291	17.566	16.135	43.174	21.734	37.960	24.684	74.917	11.284	14.463	1.973	4.845					82.101	192.925
3 Imprevistos 17.671%	1.223	3.414	3.136	8.392	4.225	7.379	4.798	14.562	2.193	2.811	0.384	0.942					15.959	37.501
T Total	8.143	22.737	20.885	55.884	28.132	49.135	31.951	96.971	14.606	18.721	2.554	6.271					106.270	249.718
TERCERA ETAPA Eventual (2)																		
1 Ingenieria y Administracion	0.420	1.013	1.080	3.090	2.007	3.126	2.416	5.991	0.191	0.403							6.113	13.624
2 Costos Directos	4.197	10.134	10.796	30.904	20.067	31.257	24.155	59.913	1.911	4.031							61.126	136.239
3 Imprevistos 16.528%	0.809	1.954	2.082	5.959	3.869	6.027	4.657	11.552	0.368	0.777							11.786	26.268
T Total	5.426	13.101	13.957	39.953	25.943	40.409	31.228	77.456	2.471	5.211							79.024	176.131

(1) 1 US dolar = 147 sucres

(2) En la hipotesis de derivar 090% mensual



## CRONOGRAMA DE INVERSIONES EN MILLONES DE DOLARES

SUBALTERNATIVA (55)

Concepto	1		2		3		4		5		6		7		8		Inversion	
	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML (1)	ME
PRIMERA ETAPA																		
1 Ingenieria y Administracion	1.016	0.901	1.515	2.429	1.153	1.890	2.504	3.845	1.535	3.540	1.527	6.292	1.567	1.869	0.089	0.112	10.505	20.878
2 Costos Directos	10.160	9.007	15.151	24.286	11.533	18.903	25.035	38.447	15.347	35.403	13.266	62.919	13.665	18.693	0.890	1.117	105.047	208.775
3 Imprevistos (16.47%)	1.841	1.632	2.745	4.400	2.089	3.425	4.536	6.966	2.780	6.414	2.403	11.399	2.476	3.387	0.161	0.202	19.032	37.824
T Total	13.017	11.540	19.411	31.115	14.776	24.218	32.074	49.257	19.662	45.357	16.996	80.610	17.507	23.949	1.140	1.431	134.583	267.477
SEGUNDA ETAPA																		
1 Ingenieria y Administracion	0.680	1.874	1.047	5.177	2.724	4.702	3.081	10.723	1.694	2.690							10.025	25.167
2 Costos Directos	6.801	18.742	18.465	51.770	27.240	47.023	30.806	107.233	16.939	26.899							100.251	251.667
3 Imprevistos 17.353%	1.298	3.578	3.525	9.882	5.200	8.976	5.880	20.469	3.233	5.135							19.136	48.039
T Total	8.779	24.194	23.836	66.829	35.164	60.701	39.767	138.425	21.866	34.723							129.412	324.873
TERCERA ETAPA Eventual (2)																		
1 Ingenieria y Administracion	0.497	2.017	1.244	2.774	2.242	4.600	2.527	6.358	0.224	0.533							6.733	16.282
2 Costos Directos	4.968	20.173	12.438	27.744	22.418	46.002	25.268	63.576	2.239	5.328							67.331	162.823
3 Imprevistos 16.408%	0.897	3.641	2.245	5.007	4.046	8.303	4.561	11.475	0.404	0.962							12.152	29.388
T Total	6.361	25.831	15.927	35.526	28.706	58.905	32.355	81.408	2.867	6.822							86.217	208.493

(1) 1 US dolar = 147 sucres

(2) En la hipotesis de derivar el 9 90% mensual



## CRONOGRAMA DE INVERSIONES EN MILLONES DE DOLARES

## SUBALTERNATIVA (6S)

Concepto	1		2		3		4		5		6		7		8		Inversion	
	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML	ME	ML (1)	ME
PRIMERA ETAPA																		
1 Ingenieria y Administracion	1.019	0.931	1.398	2.170	0.937	1.680	2.502	4.377	2.643	5.182	1.909	6.829	1.463	1.681	0.092	0.371	11.962	23.221
2 Costos Directos	10.192	9.313	13.975	21.699	9.368	16.796	25.016	43.770	26.434	51.818	19.091	68.289	14.626	16.814	0.917	3.707	119.619	232.206
3 Imprevistos (16.888%)	2.005	1.833	2.750	4.270	1.843	3.305	4.922	8.613	5.201	10.196	3.756	13.437	2.878	3.308	0.180	0.729	23.537	45.691
T-Total	13.217	12.077	18.122	28.139	12.148	21.781	32.440	56.760	34.279	67.196	24.757	88.555	18.967	21.804	1.189	4.807	155.118	301.117
SEGUNDA ETAPA																		
1 Ingenieria y Administracion	0.589	1.445	1.254	3.824	2.205	4.060	2.892	10.267	1.684	2.835							8.623	22.430
2 Costos Directos	5.888	14.448	12.537	38.235	22.050	40.597	28.915	102.669	16.840	28.348							86.230	224.297
3 Imprevistos 16.376%	1.061	2.603	2.258	6.887	3.972	7.313	5.209	18.494	3.033	5.106							15.533	40.404
T Total	7.537	18.495	16.049	48.946	28.227	51.970	37.015	131.430	21.557	36.289							110.386	287.131
TERCERA ETAPA Eventual (2)																		
1 Ingenieria y Administracion	0.497	2.017	1.244	2.774	2.242	4.600	2.527	6.358	0.224	0.533							6.733	16.282
2 Costos Directos	4.968	20.173	12.438	27.744	22.418	46.002	25.268	63.576	2.239	5.328							67.331	162.823
3 Imprevistos 16.408%	0.897	3.641	2.245	5.007	4.046	8.303	4.561	11.475	0.404	0.962							12.152	29.388
T Total	6.361	25.831	15.927	35.526	28.706	58.905	32.355	81.408	2.867	6.822							86.217	208.493

(1) 1 US dolar = 147 sucres

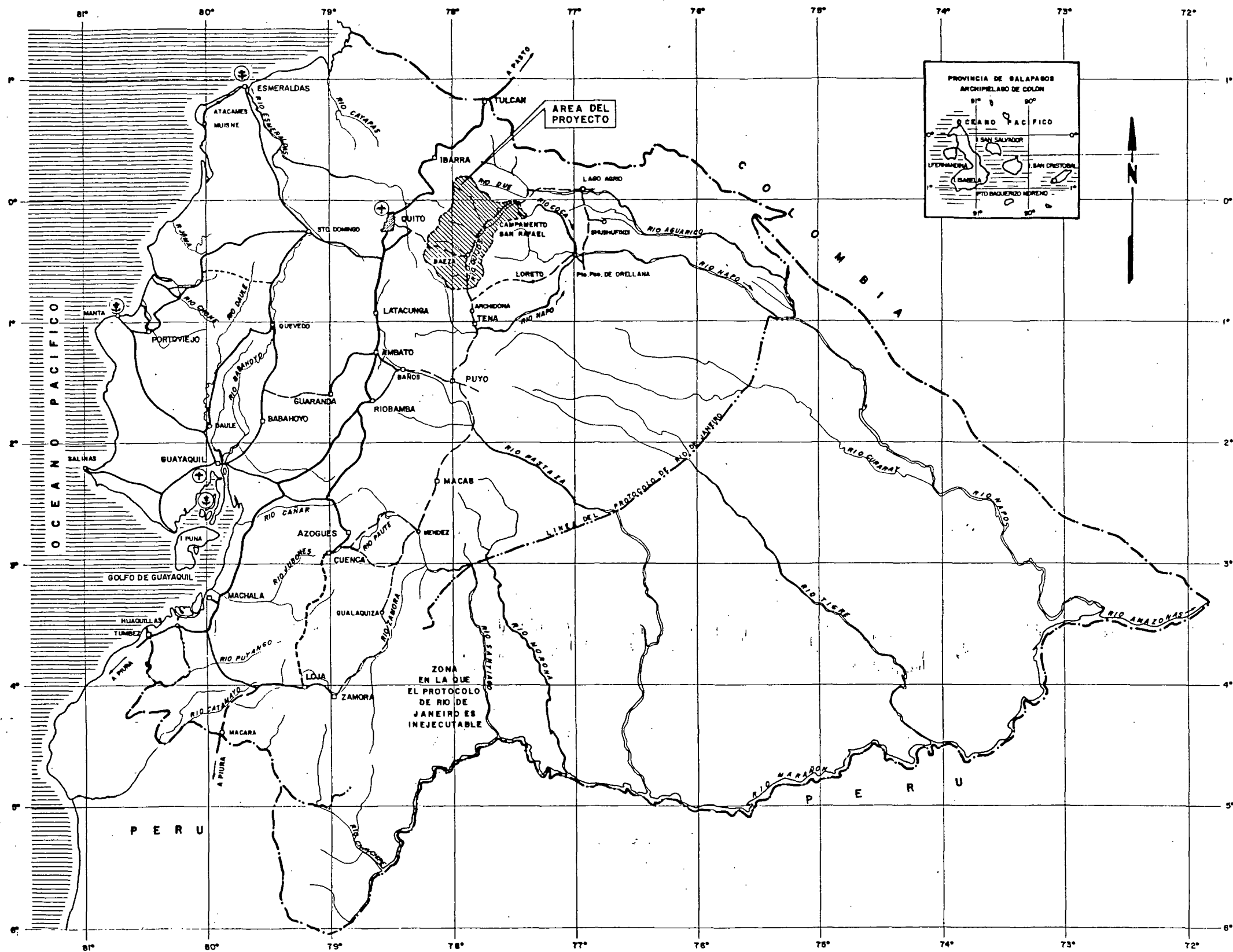
(2) En la hipotesis de derivar 090% mensual



## PLANOS

( )

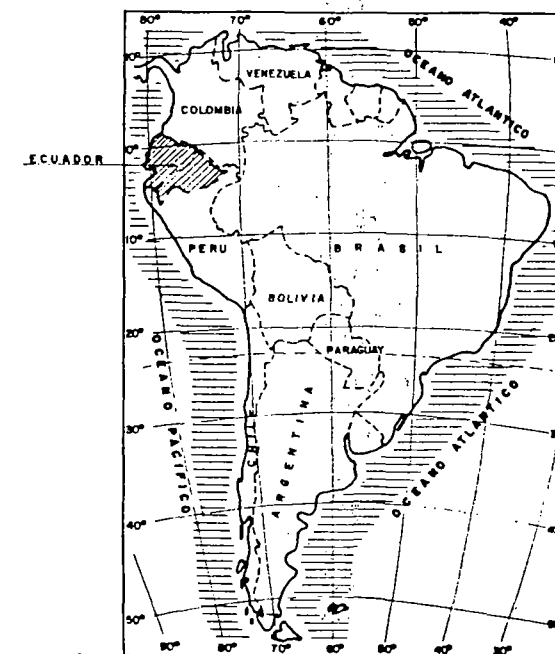




DISTANCIAS TERRESTRES  
(KILOMETROS)

	QUITO	GUAYAQUIL	ESMERALDAS	MANTA	TENA	BAEZA	C. SAN RAFAEL
QUITO	-	420	318	390	186	94	180
GUAYAQUIL	420	-	472	196	428	514	600
ESMERALDAS	318	472	-	442	497	412	498
MANTA	390	196	442	-	584	484	570
TENA	186	428	497	584	-	92	178
BAEZA	94	514	412	484	92	-	86
C. SAN RAFAEL	180	600	498	570	178	86	-

SITUACION GEOGRAFICA DE LA  
REPUBLICA DEL ECUADOR



LEYENDA:

- CAPITAL DE LA REPUBLICA
- CAPITAL DE PROVINCIA
- CABECERA CANTONAL, PARROQUIAL
- CARRETERA PANAMERICANA
- CARRETERA ASFALTADA
- CARRETERA AFIRMADA
- CARRETERA EN CONSTRUCCION
- LIMITE INTERNACIONAL
- AEROPUERTOS INTERNACIONALES
- PUERTOS MARITIMOS

NOTA:  
- SE HAN INDICADO UNICAMENTE LOS PUERTOS Y AEROPUERTOS MAS IMPORTANTES DEL PAIS Y QUE PODRAN SER UTILIZADOS PARA EL DESARROLLO FUTURO DEL PROYECTO

ESC 20 0 20 40 60 80 km

ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO  
ASTEC-MELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES

INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION  
QUITO - ECUADOR

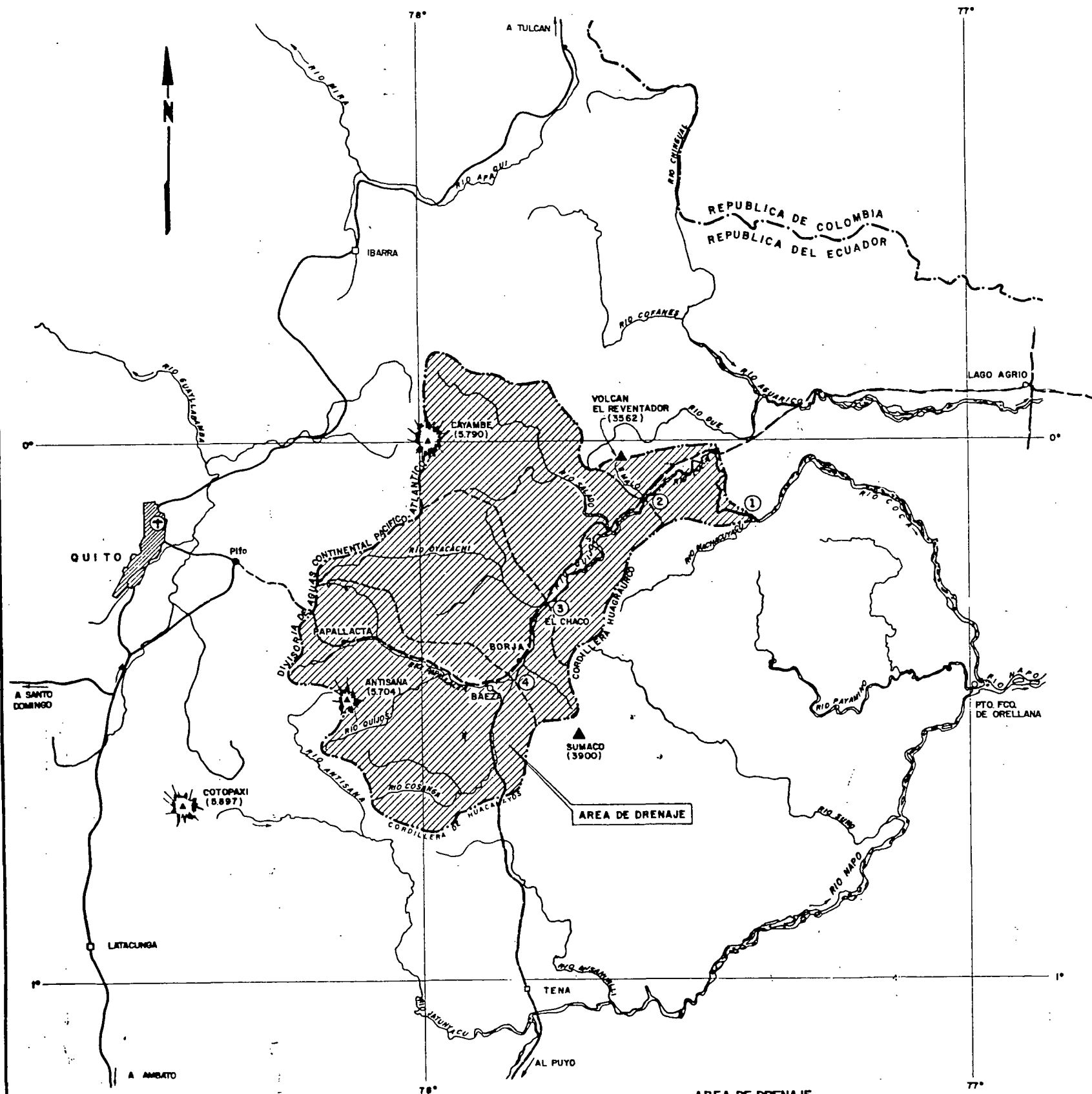
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR  
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"  
INFORME GENERAL  
UBICACION DEL AREA DEL PROYECTO

HOJA DE  
DISEÑADO: S.B./L.S.L./S.P.  
DISEÑADO: P.B./S.B.  
REVISADO: S.  
FECHA: DICIEMBRE/1967  
RECOMENDADO: [Signature]  
APROBADO: [Signature]  
REF: 0209-A-1501

REV. N°	FECHA	NATURALEZA DE LA REVISION	POR	VERIF.	APROB.



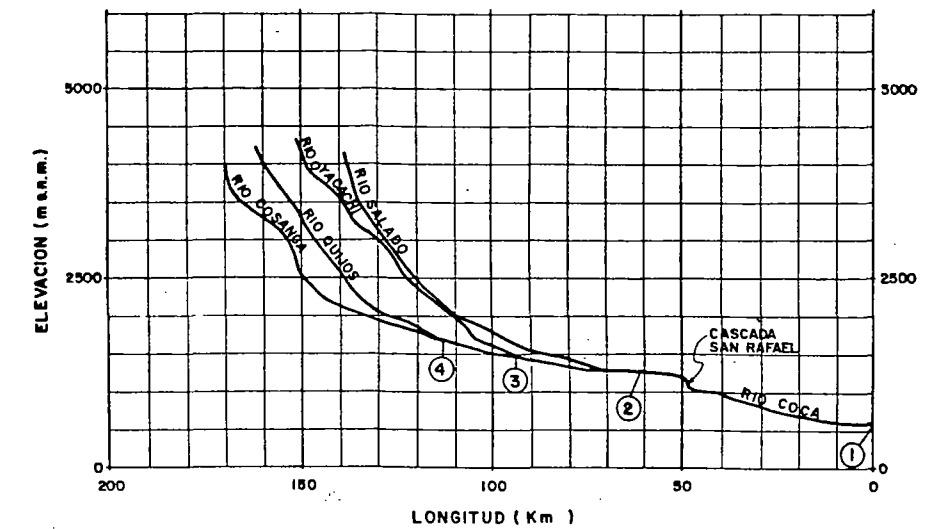
# PLANTA



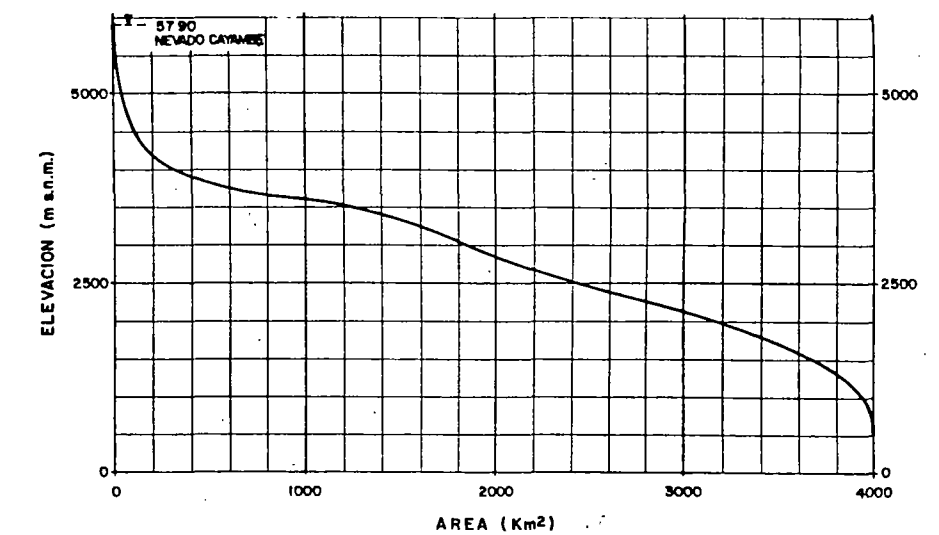
AREA DE DRENAJE

SECCION	AREA DE DRENAJE (Km <sup>2</sup> )
① COCA A.J. MACHACUYACU	4 004
② COCA A.J. MALO	3 828
③ QUIJOS D.J. OYACACHI	2 381
④ QUIJOS D.J. COSANGA	1 385

## RIO QUIJOS - COCA PERFIL LONGITUDINAL



## CURVA HIPSOMETRICA



### LEYENDA:

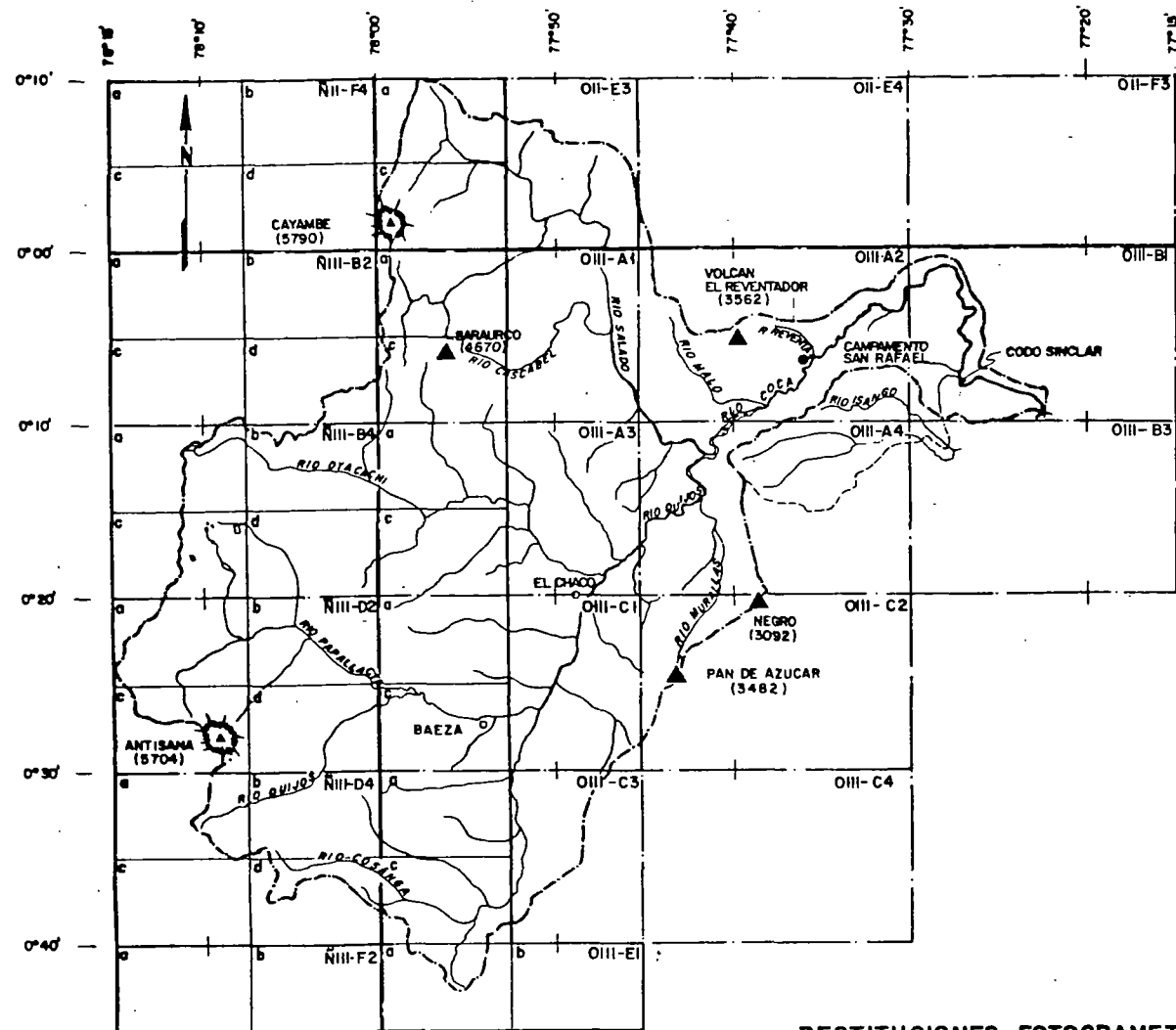
- CAPITAL DE LA REPUBLICA
- CAPITAL DE PROVINCIA
- CABECERA CANTONAL, PARROQUIA
- ✈ AEROPUERTO INTERNACIONAL
- LIMITE INTERNACIONAL
- ▲ NEVADO
- ▲ ELEVACION EN m.s.n.m.
- LIMITE DE SUBCUENCA
- ① CIERRE DE LA SUBCUENCA
- LIMITE DE CUENCA
- CARRETERA ASFALTADA
- CARRETERA AFIRMADA

ESC. 20 10 0 10 20 km

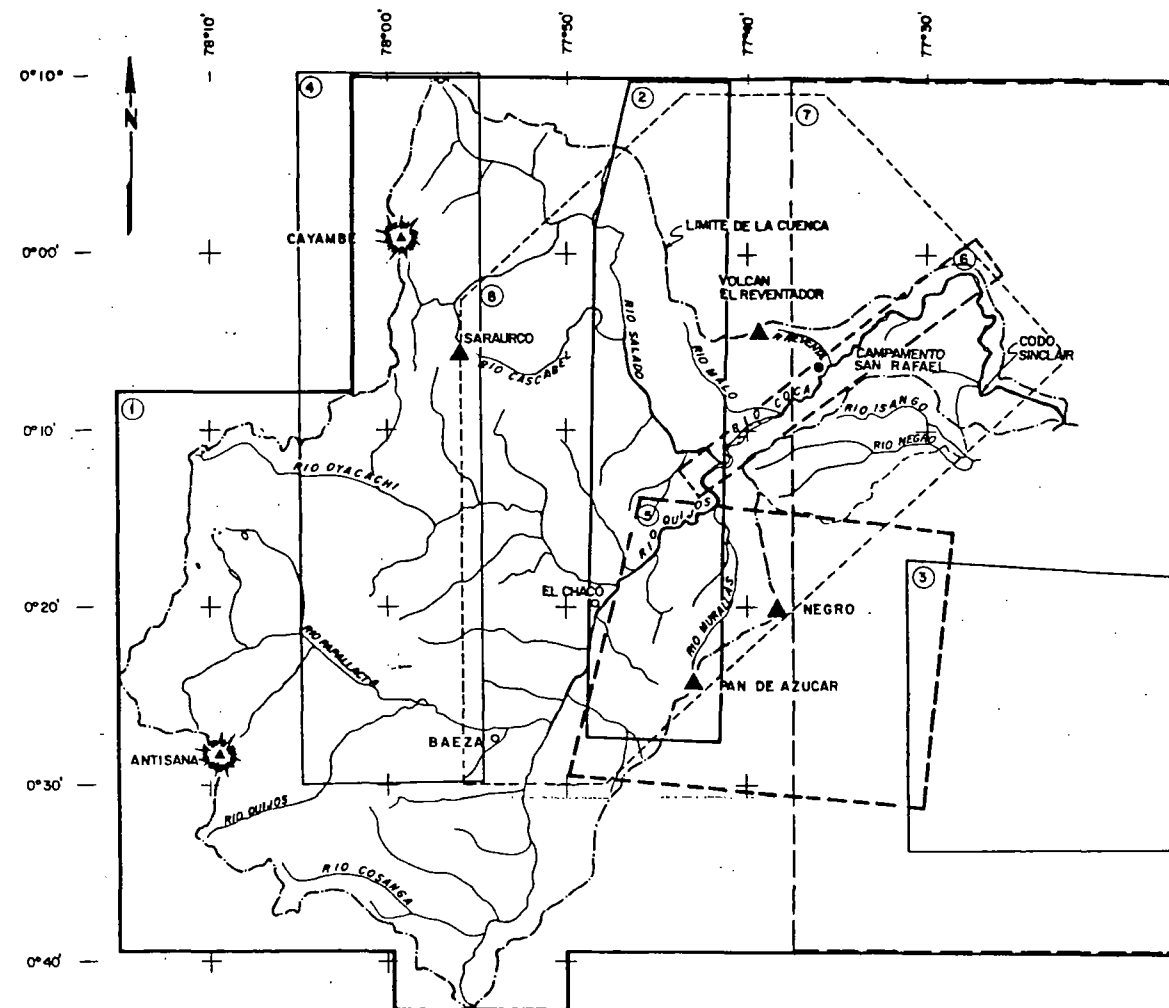
ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES			
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION QUITO - ECUADOR			
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"			
INFORME GENERAL - AREA DEL PROYECTO			
HOJA DE	ENC. INCHADA		
ELABORADO	L.S.L./G.F.	RECOMENDADO	
DISEÑADO	R.B.	APROBADO	
REVISADO	E.		
FECHA	DICIEMBRE / 1987	REF.	0209 - A - 1502



# CARTAS TOPOGRAFICAS



# AEROFOTOGRAMETRIA



## LEYENDA

- ① ESC. 1:60.000 (I.G.M. 1979/1983)
- ② ESC. 1:31.500 (I.G.M. 1974)
- ③ ESC. 1:25.000 (I.G.M. 1973)
- ④ ESC. 1:34.000 (USAF. 1973)
- ⑤ ESC. 1:31.000 (I.G.M. )
- ⑥ ESC. 1:25.000 (I.G.M. 1979)
- ⑦ ESC. 1:40.000 (TEXACO 1965/1966)
- ⑧ ESC. 1:30.000 + 1:60.000 (I.G.M. 1967)

## RESTITUCIONES FOTOGRAMETRICAS Y LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

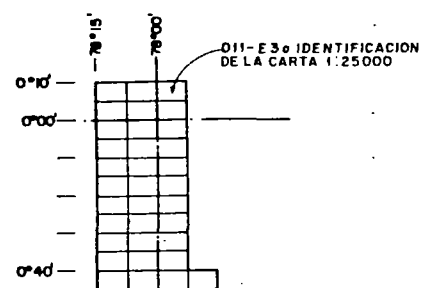
## SIMBOLOGIA GENERAL

- CABECERA CANTONAL
- ▲ NEVADO
- ▲ ELEVACION EN m.s.n.m.
- LIMITE DE LA CUENCA

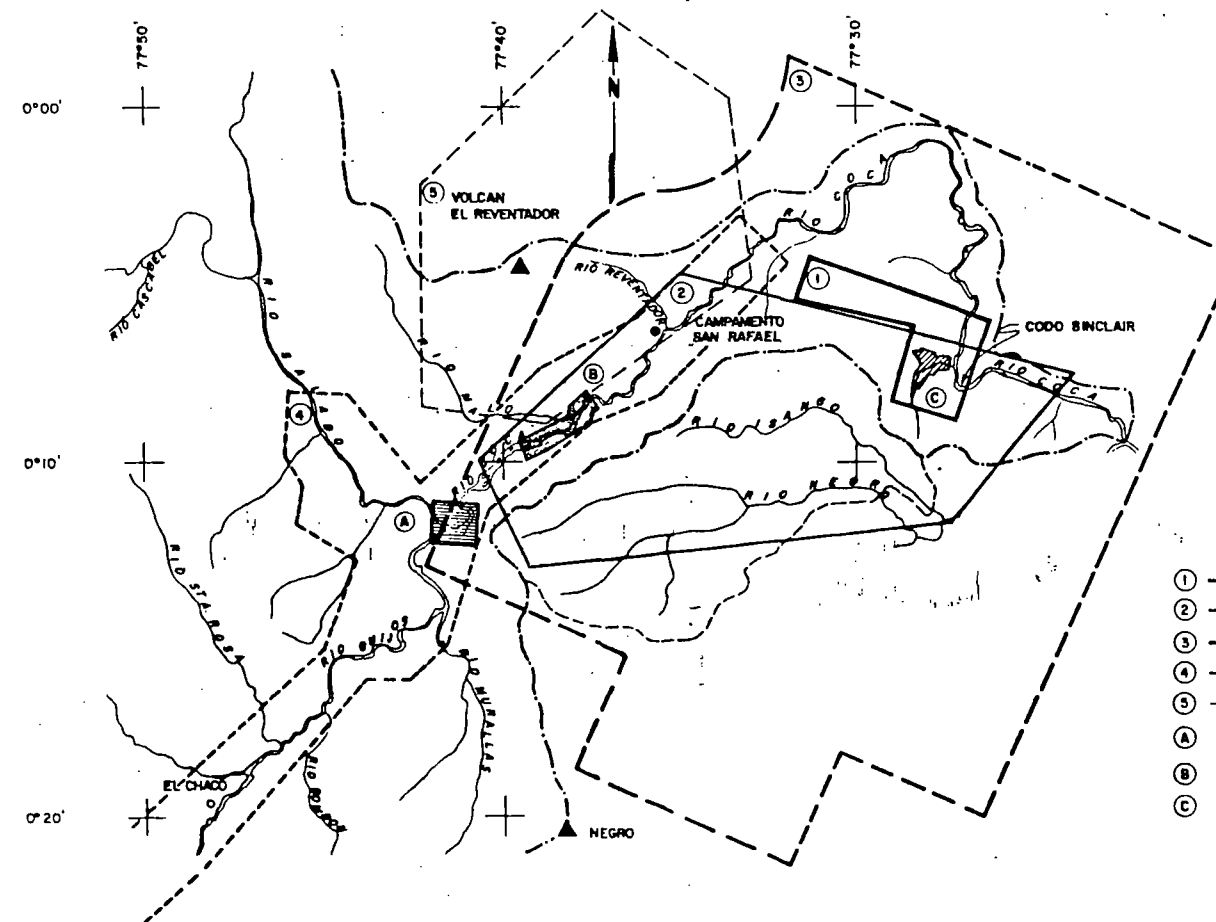
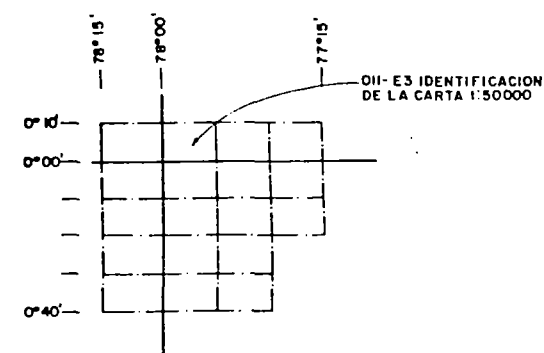
## NOTAS

- EN ESTE PLANO NO CONSTA LA RESTITUCION ESC. 1:10.000 REALIZADA POR HIDROSERVICE, POR ENCONTRARSE DIFERENCIAS ALTIMETRICAS Y PLANIMETRICAS CON LAS RESTITUCIONES ACTUALES.
- TODAS LAS RESTITUCIONES TOPOGRAFICAS HAN SIDO ENLAZADAS A LA RED GEODESICA NACIONAL DEL INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR (I.G.M.)
- LAS CARTAS TOPOGRAFICAS ESC. 1:30.000 A LA FECHA, EN PARTE SON DOCUMENTOS PROVISIONALES DEL I.G.M.

## CARTAS TOPOGRAFICAS - ESC. 1:25.000 (I.G.M.)



## CARTAS TOPOGRAFICAS - ESC. 1:50.000 (I.G.M.)



## LEYENDA

- ① ESC. 1:10.000 (I.G.M. 1986, 3 PLANOS)
- ② ESC. 1:10.000 (I.G.M. 1980, 13 PLANOS)
- ③ ESC. 1:25.000 (I.G.M. 1984, INEMIM)
- ④ ESC. 1:10.000 (I.G.M. 1976/1977)
- ⑤ ESC. 1:25.000 (I.G.M. 1986, 6 PLANOS)
- A LEVANTAMIENTO ESC. 1:10.000 (HIDROSERVICE, 1978, 1 PLANOS)
- B RESTITUCION ESC. 1:20.000 (AEROMAPA 1986, 8 PLANOS)
- C LEVANTAMIENTO ESC. 1:10.000 (CCS 1987, 17 PLANOS)

ESC. 10 5 0 5 10 15 20 km

ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO  
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES

INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION  
QUITO - ECUADOR

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR  
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"

INFORME GENERAL  
TOPOGRAFIA  
INFORMACION TOPOGRAFICA Y AEROFOTOGRAFICA

HOJA DE	ESC. INDICADA
DISEÑADO	S.S./L.S.L./S.F.
DIBUJADO	S.S./F.A.S.
REVISADO	S.
FECHA	DICIEMBRE / 1987
REV. N°	FECHA
NATURALEZA DE LA REVISION	FOR
VERIF.	APROB.
FECHA	DICIEMBRE / 1987
REV	0209-A-1503



ESTACIONES METEOROLOGICAS Y PLUVIOMETRICAS

Nº	ESTACION	TIPO	ELEVACION (m.s.n.m.)	REGISTRO DE PRECIPITACIONES											
				AÑO	1960	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
1	PAPALLACTA	M	3150												
2	EL CHACO	M	1640												
3	SAN RAFAEL	M	1330												
4	EL REVENTADOR	M	1470												
5	BAEZA	M	1925												
6	RIO SALADO	M	1310												
7	CUYUJA	Pg	2380												
8	QUIJOS SUPERIOR	Pg	2950												
9	COSANGA SUPERIOR	Pg	2150												
10	BORJA SUPERIOR	Pg	2120												
11	PLANADAS DE LA VIRGEN	Pg	3340												
12	MURALLAS DEL MEDIO	Pg	2180												
13	SANTA ROSA SUPERIOR	Pg	1870												
14	FALDAS DEL REVENTADOR	Pg	1800												
15	SARAURO SUR	Pg	2880												
16	SALADO A.J. HUATARUNGO	Pg	1500												
17	CODO SINCLAIR SUPERIOR	Pg	940												
18	SALADO A.J. CASCABEL	Pg	1530												
19	OYACACHI	Pg	3200												
20	COSANGA	Pg	1940												
21	SAN JUAN GRANDE	Pg	3200												
22	BORJA-MISION JOSEFINA	Pm	1740												
23	SANTA ROSA A.J. QUIJOS	Pm	1520												
24	SARDINAS	Pm	1615												
25	BORJA A.J. QUIJOS	Pm	1580												
26	CODO SINCLAIR INFERIOR	Pm	875												
27	CHALPI	Pm	2850												
28	TENA	M	665												
29	SANTA CECILIA	M	395												
30	PUENTE AGUARICO	Pm	470												
31	BAÑOS	M	1043												
32	ARCHIDONA	M	630												
33	EL PUJO	M	960												

SIMBOLOGIA: M ESTACION METEOROLOGICA Pg ESTACION PLUVIOGRAFICA Pm ESTACION PLUVIOMETRICA M ESTACIONES FUERA DE LA CUENCA

ESTACIONES HIDROLOGICAS

Nº	ESTACION	TIPO	AREA DE DRENAJE (Km²)	REGISTRO DE CAUDALES											
				AÑO	1960	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
1	COCA EN SAN RAFAEL	Lg	3 790												
2	COCA A.J. MALO	Lg	3 628												
3	QUIJOS A.J. BOMBON	Lg	2 448												
4	QUIJOS A.J. BORJA	Lg	1 398												
5	QUIJOS EN BAEZA	Lg	853												
6	COSANGA A.J. QUIJOS	Lg	483												
7	OYACACHI A.J. QUIJOS	Lg	692												
8	SALADO A.J. COCA	Lg	771												
9	MALO A.J. COCA	Lm	81												
10	COCA A.J. MACHACUYACU	Lg	4 004												
11	QUIJOS D.J. OYACACHI	Lg	2 381												
12	BOMBON A.J. QUIJOS	Lg	50												
13	BORJA A.J. QUIJOS	Lg	81												
14	SANTA ROSA A.J. QUIJOS	Lg	58												
15	SARDINAS GRANDE A.J. QUIJOS	Lg	97												

SIMBOLOGIA: Lg ESTACION LIMNIGRAFICA Lm ESTACION LIMNIMETRICA

LEYENDA:

- ESTACION METEOROLOGICA
- ESTACION PLUVIOGRAFICA
- ESTACION PLUVIOMETRICA
- ESTACION LIMNIGRAFICA
- ESTACION LIMNIMETRICA
- NEVADO
- ELEVACION EN m.s.n.m.
- CURSO DE AGUA
- LIMITE DE LA CUENCA
- DIVISORIA DE AGUA
- CURVA DE NIVEL

ESC. 0 5 10 15 km

ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO  
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES

INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION  
QUITO - ECUADOR

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"

INFORME GENERAL

HIDROLOGIA

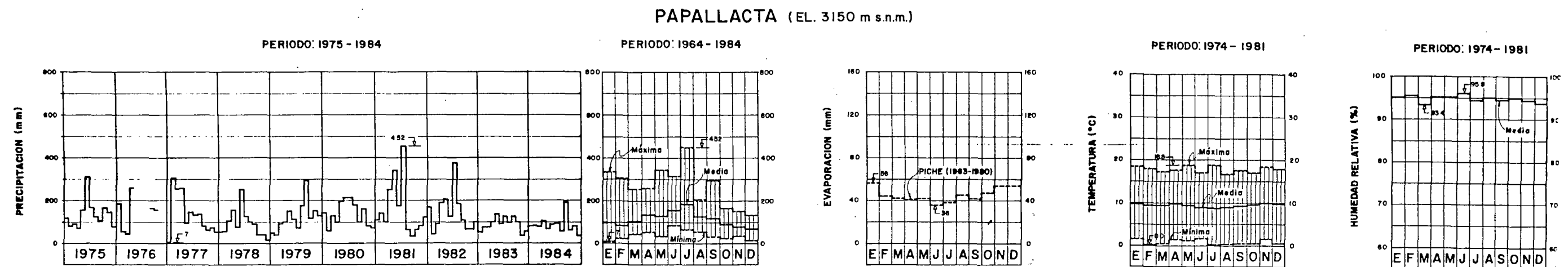
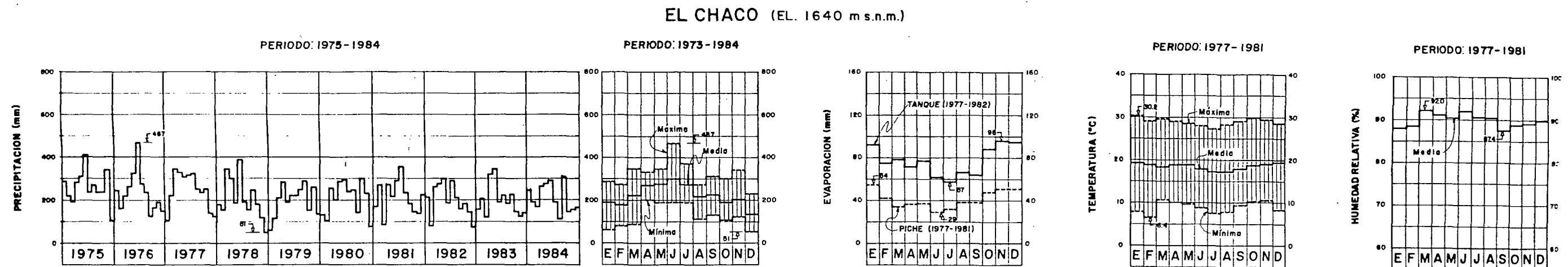
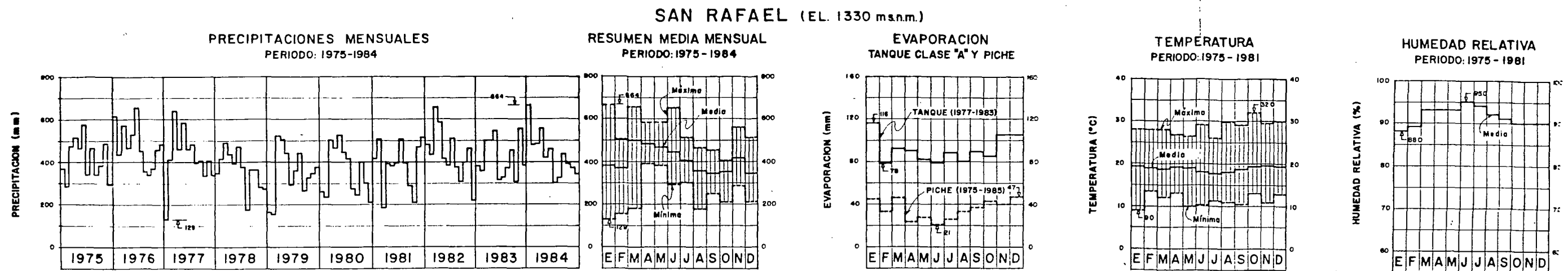
ESTACIONES HIDROMETEOROLOGICAS

HOJA DE

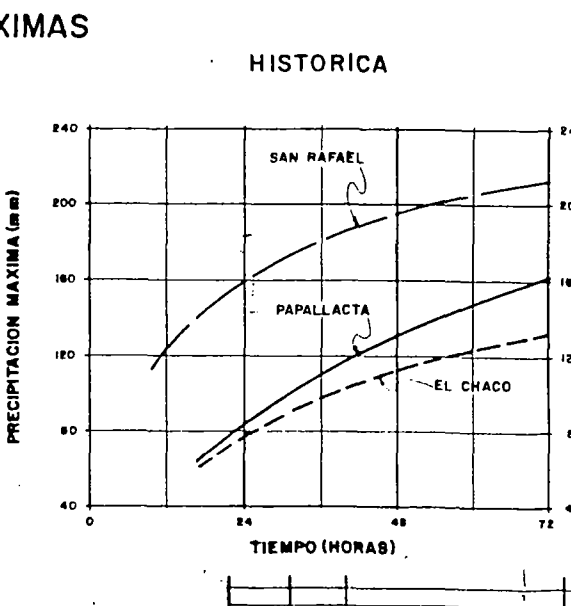
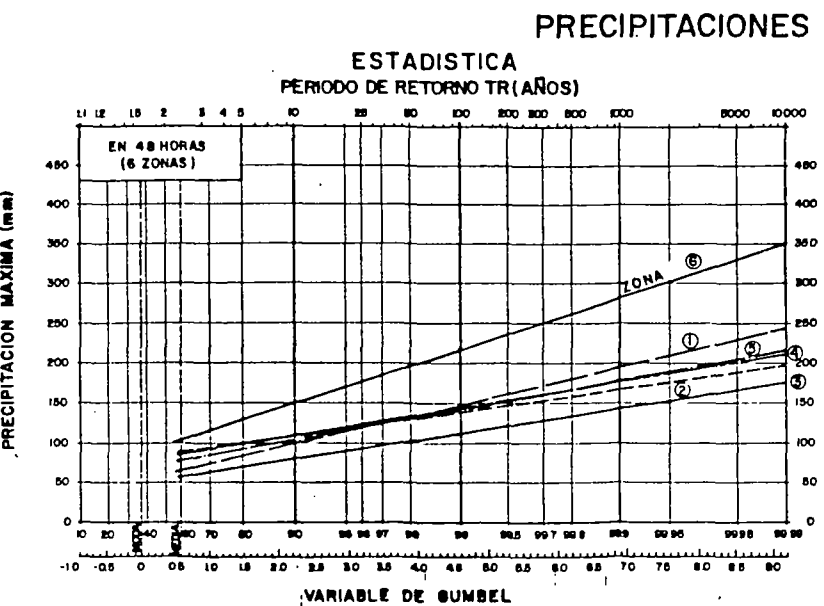
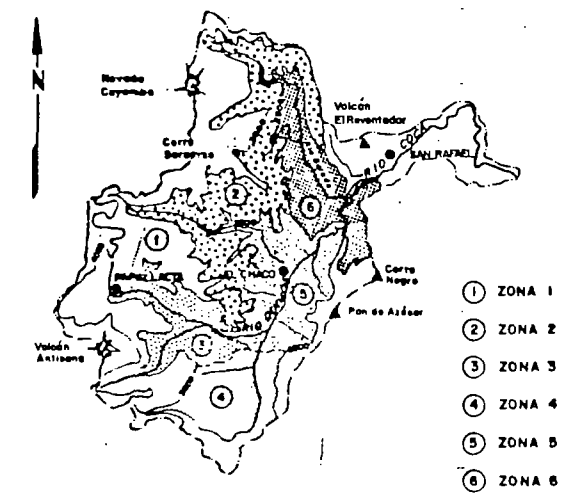
DISEÑADO L.S.L./S.F. REVISADO R.B. APROBADO

FECHA DICIEMBRE / 1987 REV. 0209 - A - 1504





**ZONIFICACION HIDROLOGICA DE LA CUENCA**



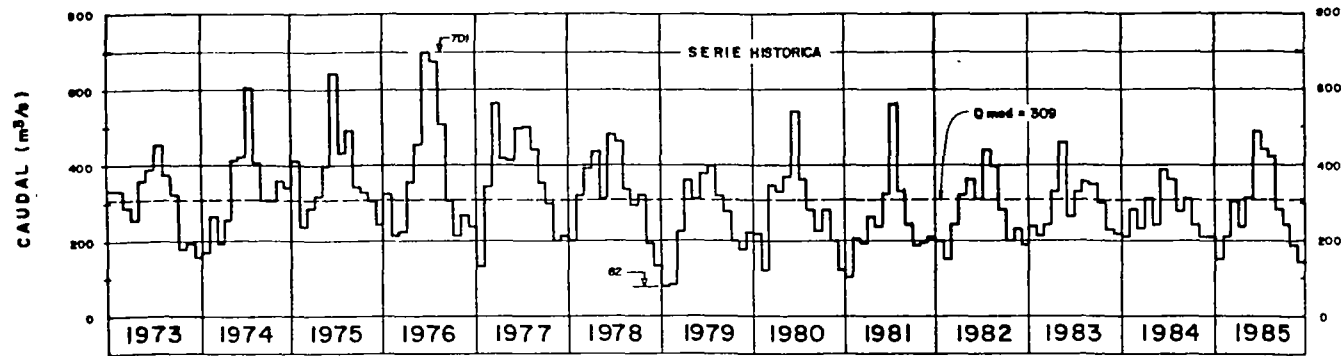
ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES			
<b>INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION</b> QUITO - ECUADOR			
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"			
<b>INFORME GENERAL</b> HIDROLOGIA CARACTERISTICAS METEOROLOGICAS			
HOJA DE			
DISEÑADO	L.R.L. / S.F.	REVISADO	[Signature]
ELABORADO	M.M. / R.B.	APROBADO	[Signature]
REVISADO	[Signature]	FECHA	DICIEMBRE / 1987
REV. N°		FECHA	
NATURALEZA DE LA REVISION		PLN	
VERIF.		APROB.	
REF 0209 - A - 1505			



**RIO COCA EN SAN RAFAEL ( AREA = 3790 Km<sup>2</sup> )**

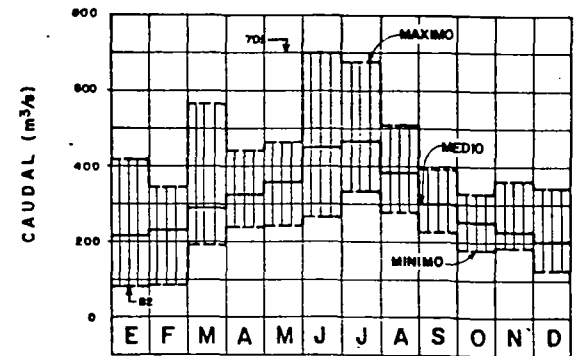
### CAUDALES MEDIOS MENSUALES

**PERIODO: 1973-1985**



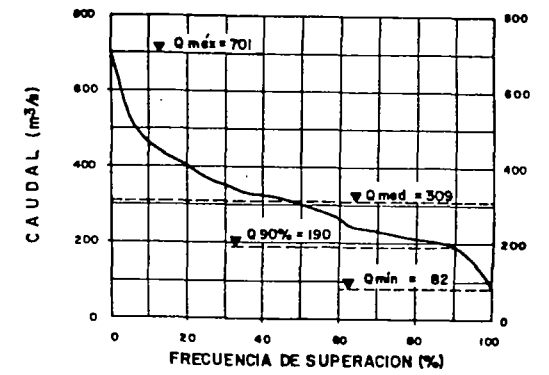
## RESUMEN MEDIO MENSUAL

PERIODO: 1973-1985



### CURVAS DE DURACION MENSUAL

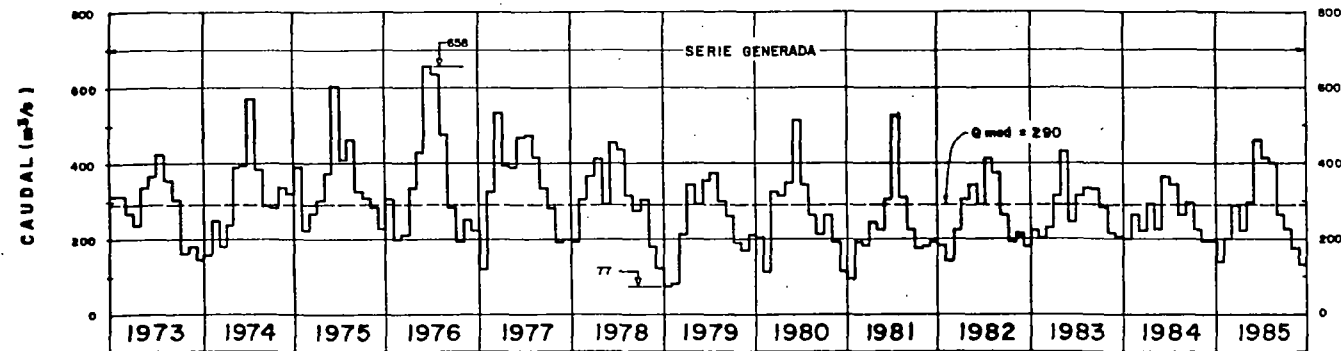
**PERIODO: 1973-1985**



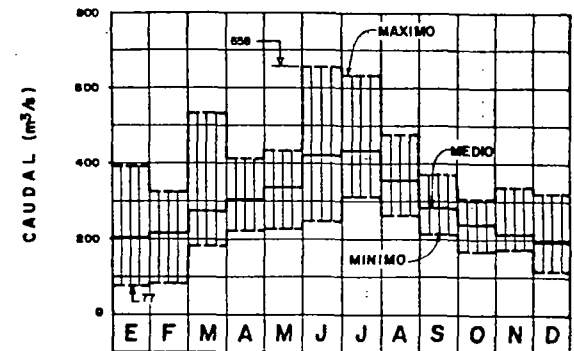
**RIO COCA EN SITIO DE PRESA SALADO (AREA = 3601 Km<sup>2</sup>)**

**SERIE GENERADA**

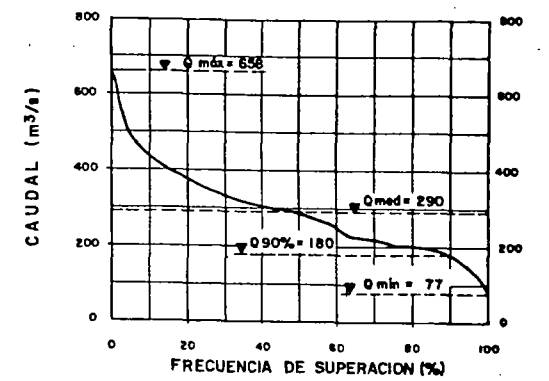
Q mod = 290



800	(A)
-----	-----

[illegible]

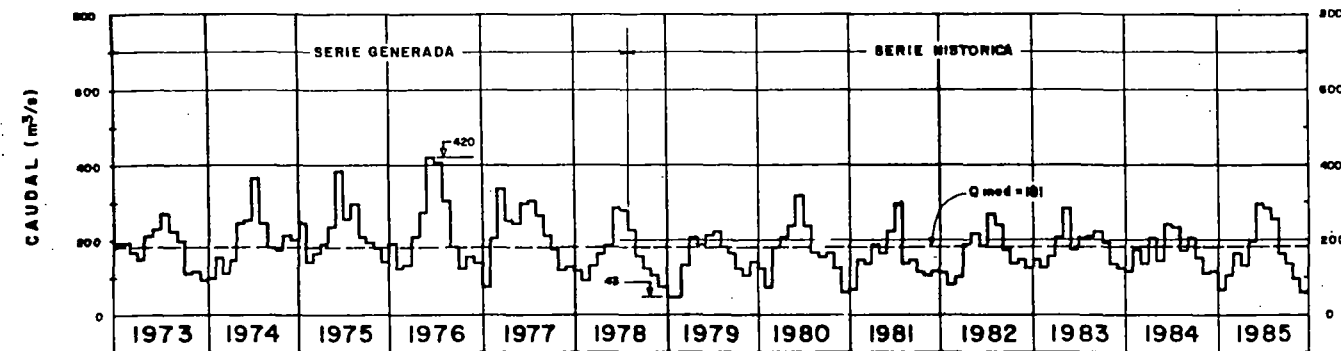
(b)



**RIO QUIJOS A.J. BOMBON ( AREA = 2448 Km<sup>2</sup> )**

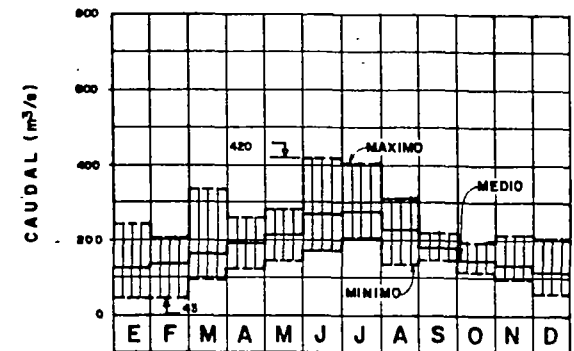
**SERIE GENERADA**

- SERIE HISTORICA -



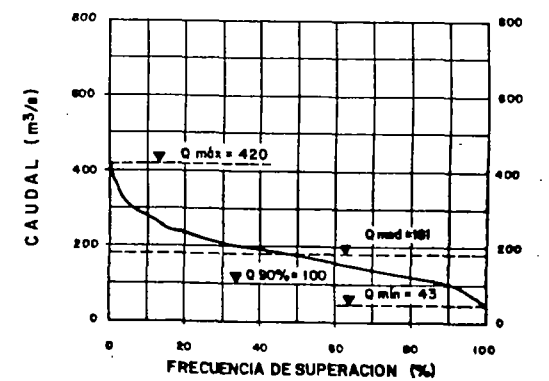
	8	(9)
--	---	-----

--	--	--	--	--



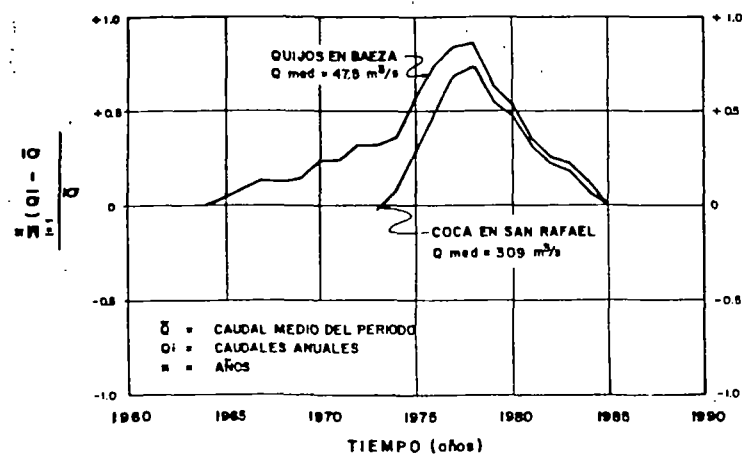
(2)

600



### CURVAS DIFERENCIALES DE MASAS (ADIMENSIONALES)

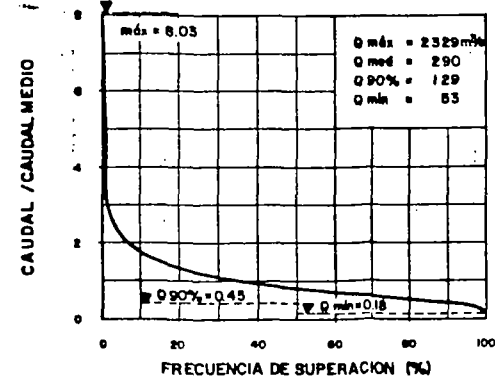
**QUIJOS EN BAEZA Y COCA EN SAN RAFAEL**



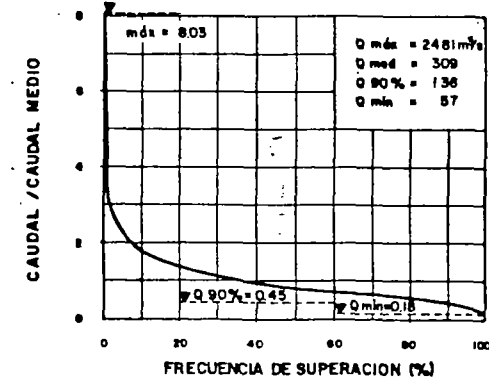
### CURVAS ADIMENSIONALES DE DURACION DIARIA


PERIODO: 1973-1985

**SITIO DE PRESA SALADO**



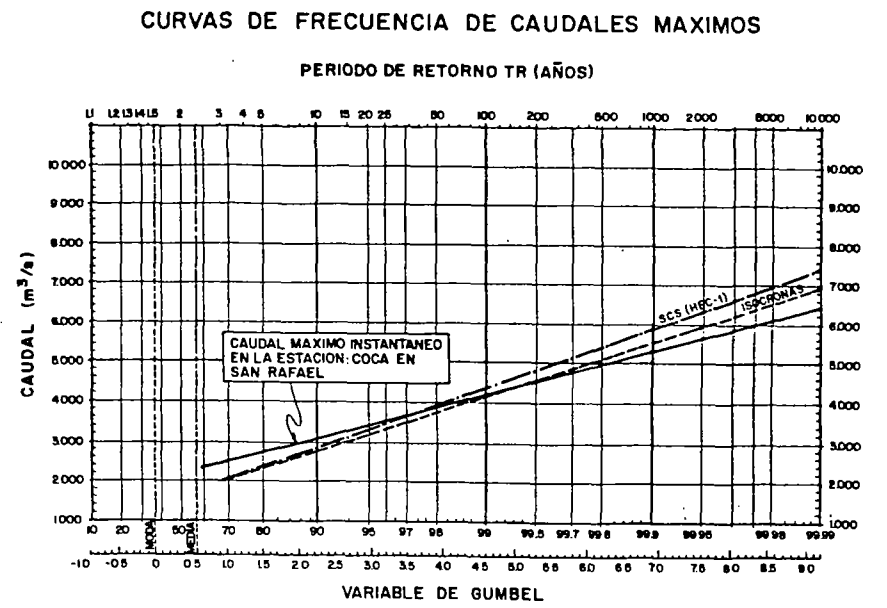
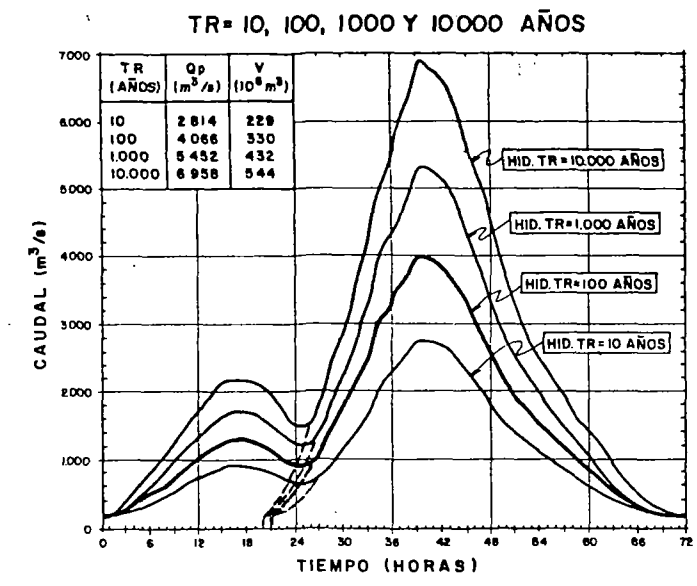
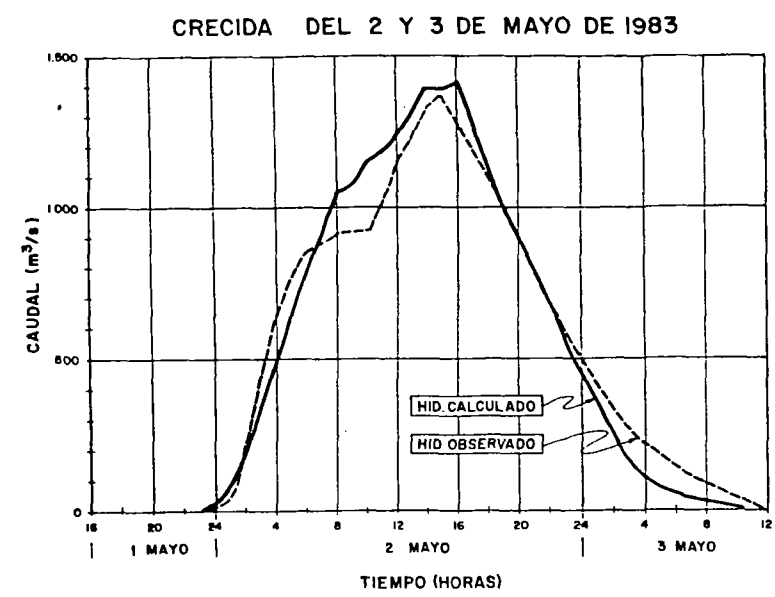
## COCA EN SAN RAFAEL



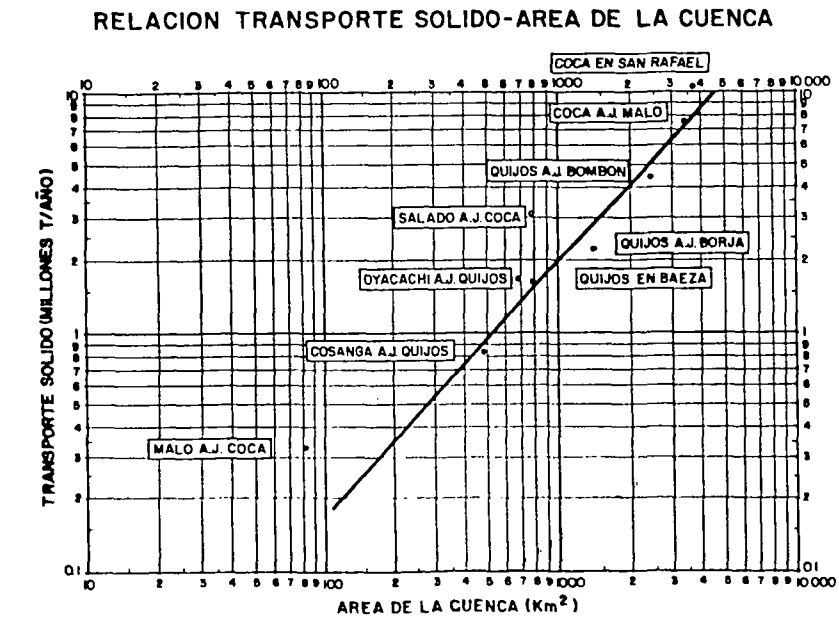
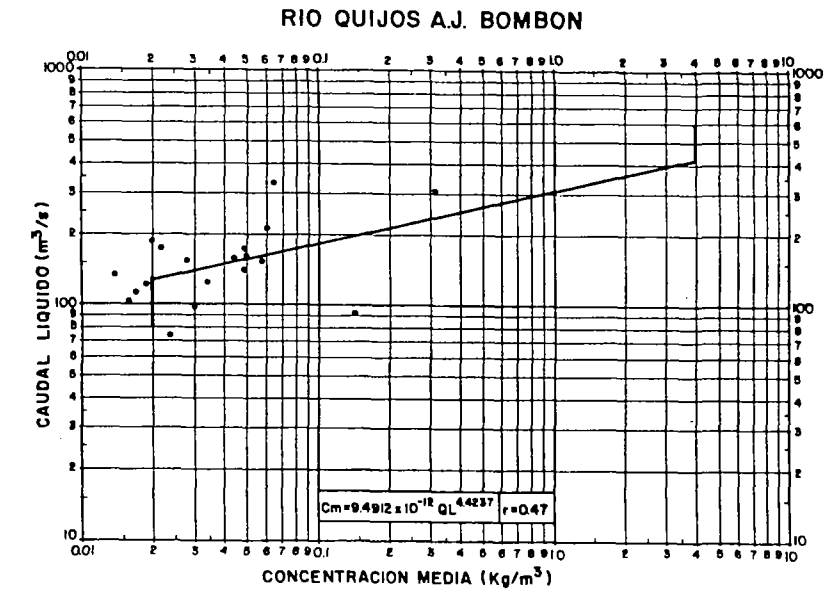
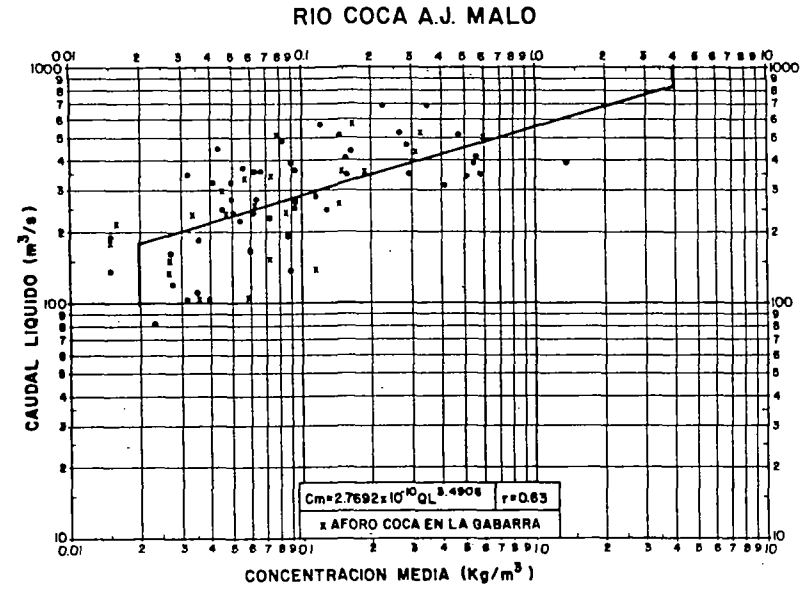
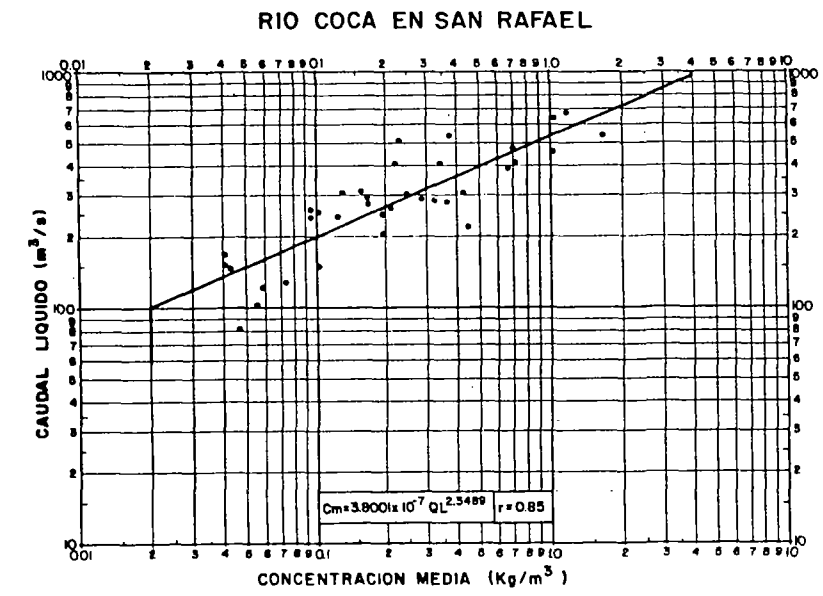
ELECTROCONSULT-TRACCIONEL-RADIO ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES							
 <b>INECEL</b>	<b>INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION</b> QUITO - ECUADOR						
	<b>PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR</b> ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A" <b>INFORME GENERAL</b> <b>HIDROLOGIA</b> <b>CAUDALES</b>						
HOJA DE <table border="1"> <tr> <td> <b>ELABORADO</b>          S.S.S./O.F./L.S.L.       </td> <td> <b>RECOMENDADO</b>  <i>[Signature]</i> </td> </tr> <tr> <td> <b>REVISADO</b>          E.       </td> <td> <b>APROBADO</b>  <i>[Signature]</i> </td> </tr> <tr> <td> <b>FECHA</b>          DICIEMBRE / 1987       </td> <td> <b>REF.</b> 0209 - A-1506       </td> </tr> </table>	<b>ELABORADO</b> S.S.S./O.F./L.S.L.	<b>RECOMENDADO</b> <i>[Signature]</i>	<b>REVISADO</b> E.	<b>APROBADO</b> <i>[Signature]</i>	<b>FECHA</b> DICIEMBRE / 1987	<b>REF.</b> 0209 - A-1506	ENC.
<b>ELABORADO</b> S.S.S./O.F./L.S.L.	<b>RECOMENDADO</b> <i>[Signature]</i>						
<b>REVISADO</b> E.	<b>APROBADO</b> <i>[Signature]</i>						
<b>FECHA</b> DICIEMBRE / 1987	<b>REF.</b> 0209 - A-1506						



ESTUDIO DE CRECIDAS- RIO COCA A.J. MALO (A=3628 Km<sup>2</sup>)  
HIDROGRAMAS DE CRECIDA. METODO DE LAS ISOCRONAS



SEDIMENTOLOGIA-CONCENTRACION DE SEDIMENTOS



NOTAS:  
- r = COEFICIENTE DE CORRELACION  
- LOS HIDROGRAMAS DE CRECIDA DEL RIO COCA EN EL SITIO DE PRESA SALADO HAN SIDO ASUMIDOS IGUAL A LOS DEL SITIO MALO

ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO  
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES

**INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION**  
QUITO - ECUADOR

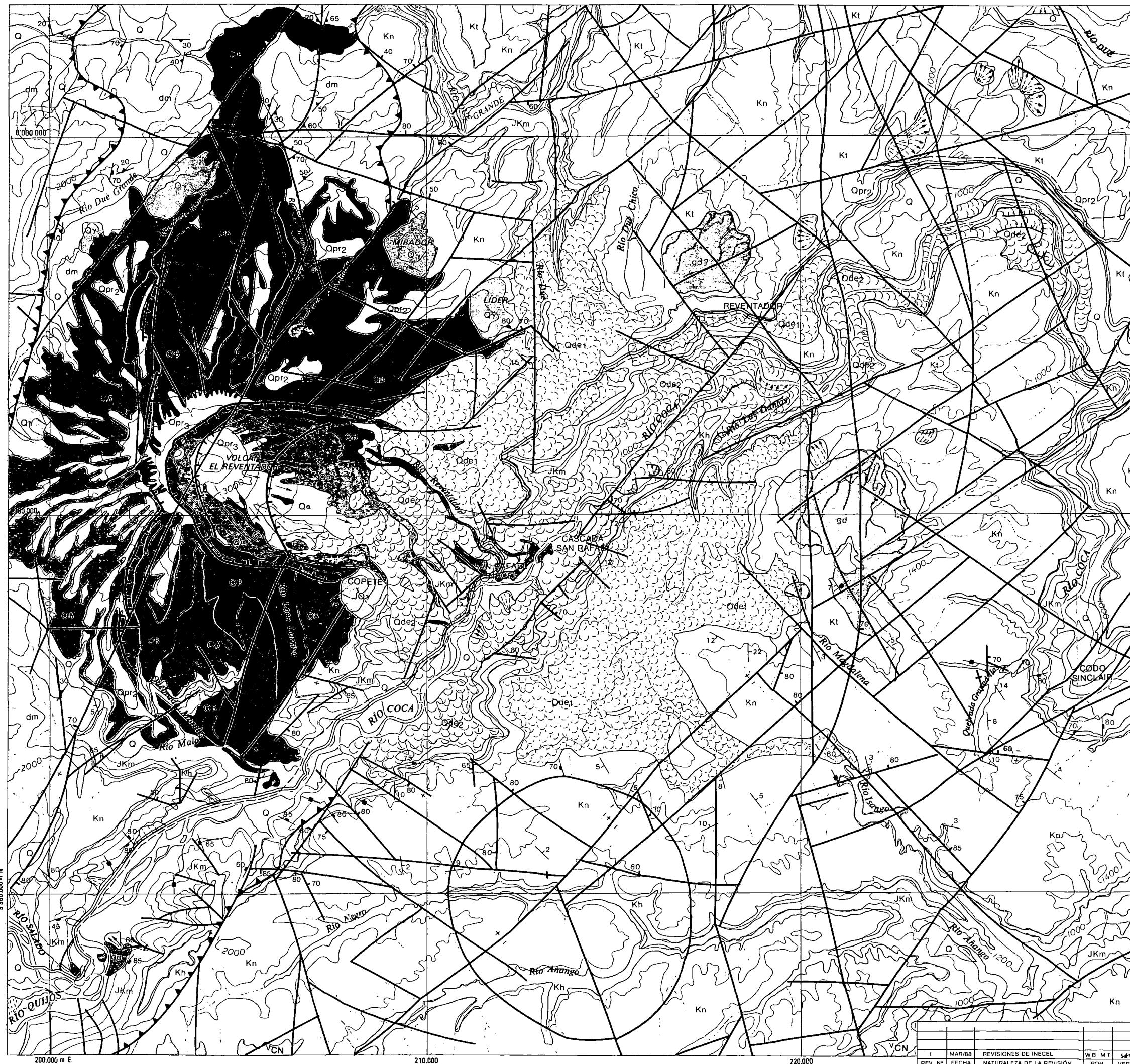
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR  
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"  
INFORME GENERAL  
HIDROLOGIA Y SEDIMENTOLOGIA  
ESTUDIO DE CRECIDAS  
CONCENTRACION DE SEDIMENTOS

HOJA DE

REVISADO	FECHA	REVISADO	FECHA
...	...	...	...

FECHA: DICIEMBRE/1987  
REF: 0209-A-1507





**LEYENDA**

**MATERIALES SUELTOS  
ROCAS SEDIMENTARIAS,  
IGNEAS Y METAMORFICAS**

**ROCAS VOLCANICAS**

**MATERIALES SUELTOS ACTUALES Y RECIENTES**

**ROCAS VOLCANICAS**

**DEPOSITOS Y FLUJOS PIROCLASTICOS**

**LAVAS HISTORICAS**

**LAVAS RECIENTES**

**DEPOSITOS DE AVALANCHA**

**MATERIALES PIROCLASTICOS**

**ALTERNANCIA DE LAVAS Y LAHARES**

**DOMOS**

**DEPOSITOS DE AVALANCHA**

**ALTERNANCIA DE LAVAS Y LAHARES**

**ROCAS MESOZOICAS DINAMOMETAMORFICAS**

**VOLCANICOS DEL CERRO NEGRO**

**CUERPOS INTRUSIVOS**

**FORMACION TENA**

**FORMACION NAPO**

**FORMACION HOLLIN**

**FORMACION MISAHUALLI**

**SIMBOLOGIA**

**CONTACTO GEOLOGICO**

**FALLA O LINEAMIENTO FOTOGEOLOGICO**

**+ BLOQUE LEVANTADO**

**- BLOQUE HUNDIDO**

**FALLA INVERSA**

**SUPERFICIE DE DESPRENDIMIENTO DE AVALANCHAS**

**ESTRATIFICACION INCLINADA, VERTICAL, HORIZONTAL**

**FOLIACION INCLINADA**

**FRACTURA INCLINADA, VERTICAL, HORIZONTAL**

**PLIEGUE VOLCADO**

**DESPLAZAMIENTOS, CONOS DE DEYECCION**

**ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO  
ASTEC-INELIN-INGECOSULT-CAMINOS Y CANALES**

**INSTITUTO ECUATORIANO DE  
ELECTRIFICACION**

**QUITO - ECUADOR**

**PROYECTO HIDROELECTRICO COCA - CODO SINCLAIR**

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE " "**

**GEOLOGIA**

**MAPA GEOLOGICO REGIONAL**

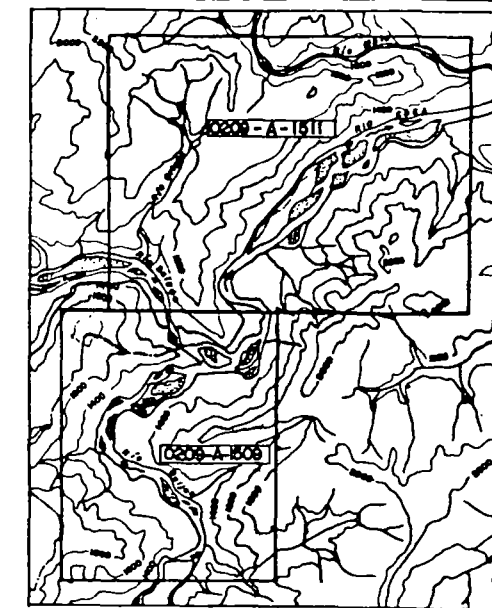
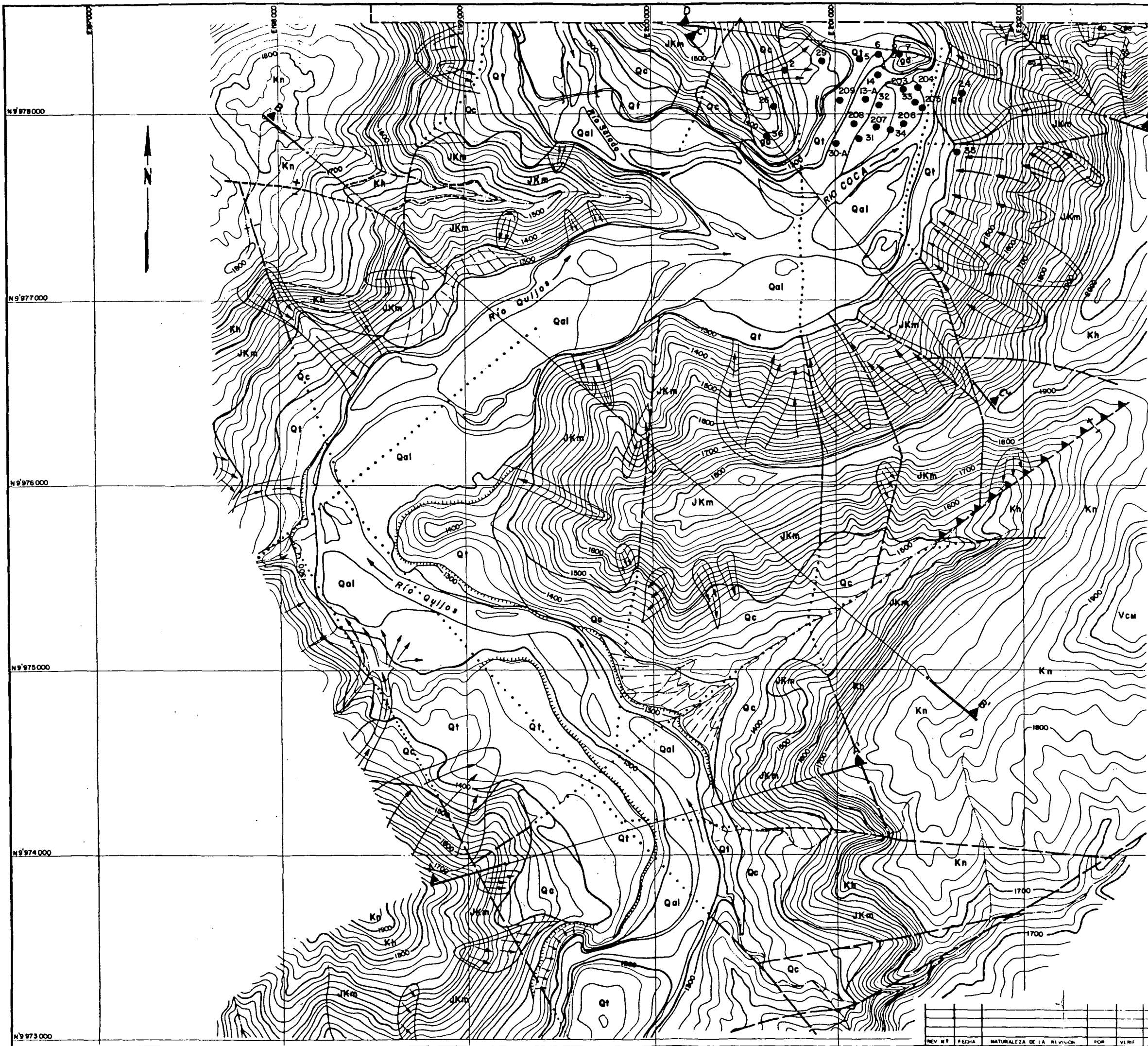
**ESCALA INDICADA**

**DISEÑADO** W.B.E.A.M.F.P.L.C.C. **RECOMENDADO**

**DIBUJADO** R.B.R.A.A. **APROBADO**

**REVISADO** S.M. **FECHA** DICIEMBRE/87 **REF** 0209 A - 1508





MAPA DE UBICACION

LEYENDA:

MATERIALES SUELTOS

- Qc DEPOSITOS COLUMNALES
- Qal DEPOSITOS ALUVIALES ACTUALES Y RECIENTES
- Ql DEPOSITOS FLUVIO-LACUSTRES
- Qf TERRAZAS ALUVIALES ANTIGUAS

ROCAS VOLCANICAS

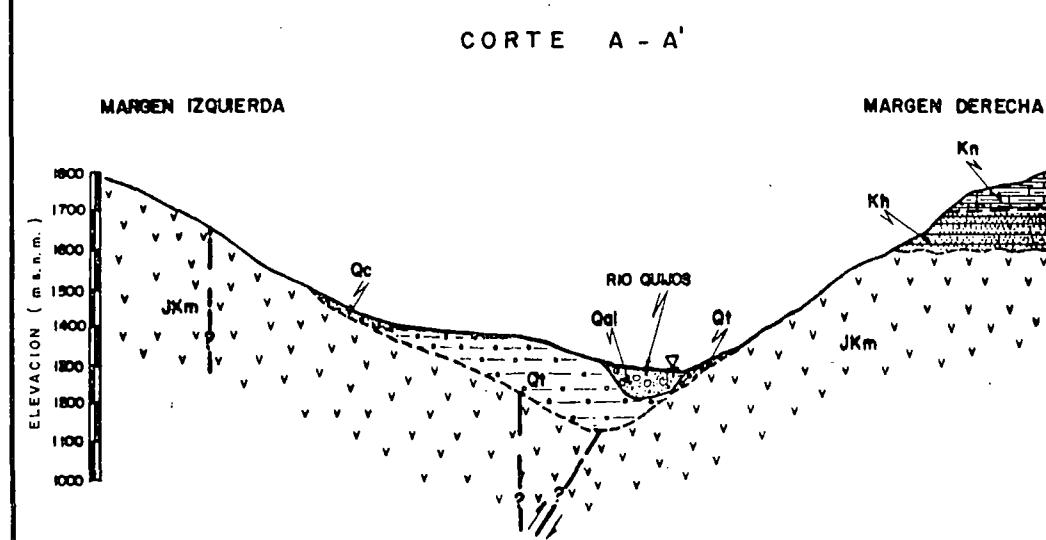
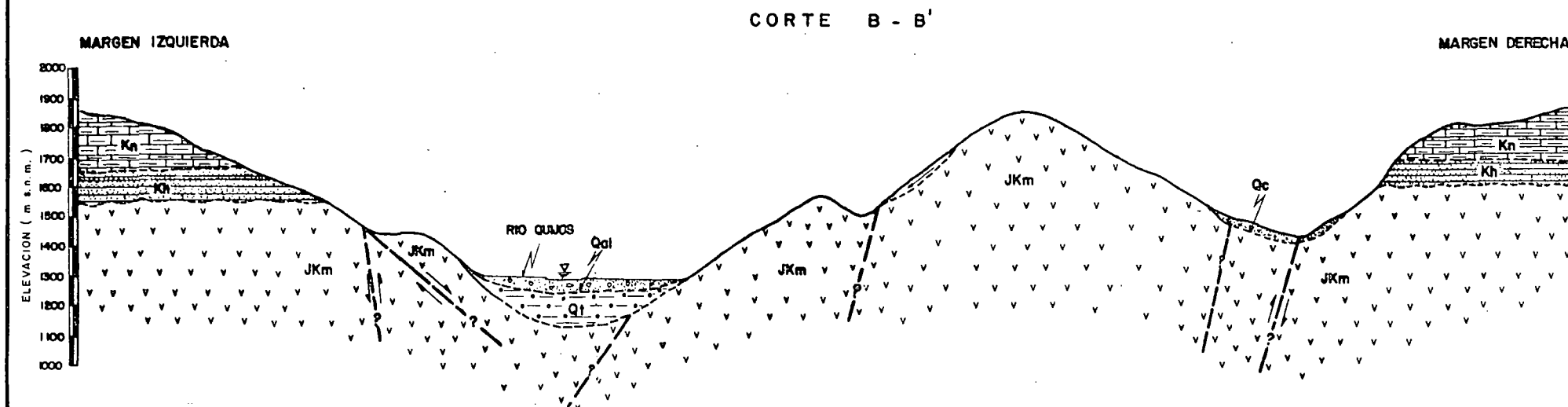
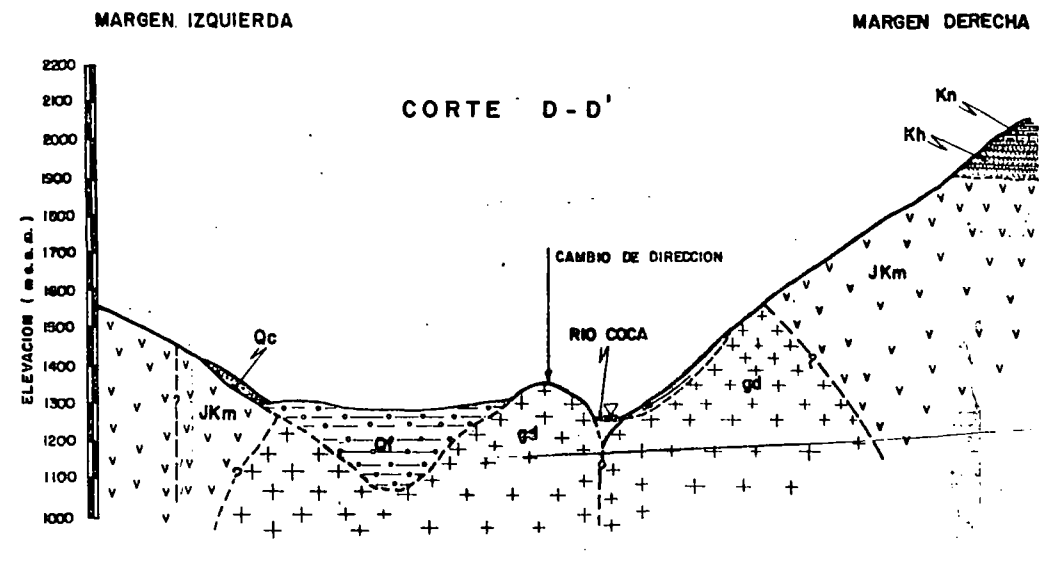
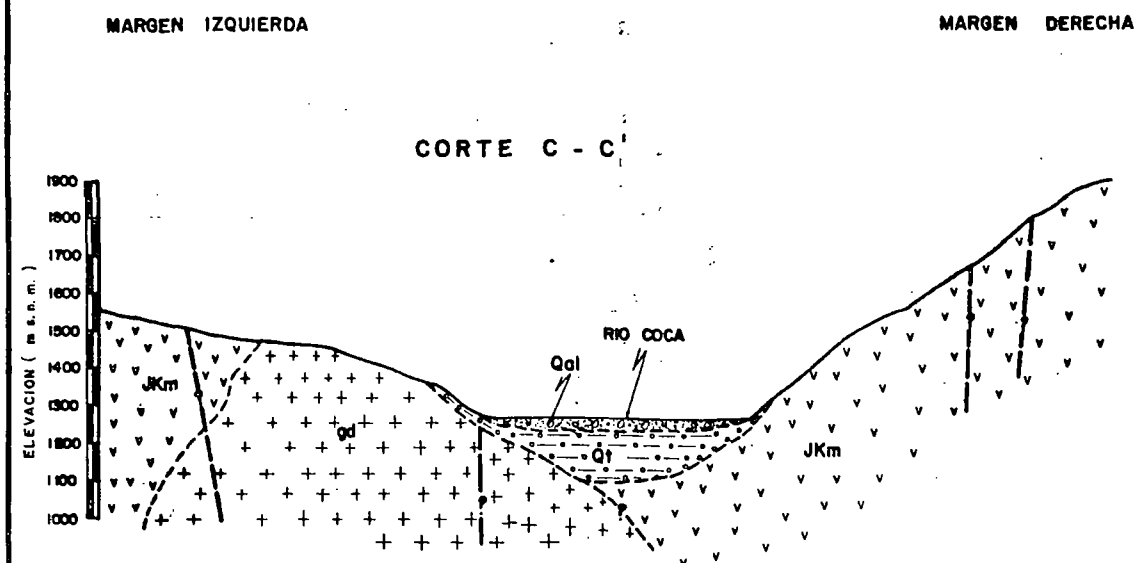
- Qd/ih2 ALTERNANCIA DE LAVAS Y LAHARES DEL VOLCAN PALEOREVENTADOR
- Qd/ih1 ALTERNANCIA DE LAVAS Y LAHARES DEL COMPLEJO VOLCANICO BASAL PRODUCTOS SIN DIFERENCIAR VOLCAN CERRO NEGRO
- Vcm ROCAS SEDIMENTARIAS E IGNEAS INTRUSIVO GRANODIORITICO
- Qd Fm. HOLLIN
- Kh Fm. MISAHUALLI
- Qih2 LAHARES
- Qd LAVAS
- Qih1 LAHARES
- Qd LAVAS
- Kn Fm. NAPO
- Jkm Fm. MISAHUALLI

- CONTACTO OBSERVADO E INFERIDO
- + BLOQUE LEVANTADO
- BLOQUE HUNDIDO
- FALLA NORMAL
- FALLA INVERSA
- FALLA INFERIDA Y CUBIERTA
- XXXXXXXXXX ZONA DE BRECHA
- ESTRATIFICACION INCLINADA Y VERTICAL
- FRACATURA INCLINADA Y VERTICAL
- DESPLAZAMIENTO ACTIVO, PARCIAL E INTENSO
- ESCARPE EROSIONAL
- CONO DE DEYECCION
- BONDEOS EJECUTADOS (INECEL - CONSORCIO HIDROSERVICE) PARA CORTES VER PLANO 0209-A-1510

ESC. 0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 Km

ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES			
<b>INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION</b> INTEL - ECUADOR			
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"			
INFORME GENERAL GEOLOGIA AREA DEL EMBALSE SALADO MAPA GEOLOGICO			
HOJA 1 DE 2			
DISEÑADO	R.L./A.M./M.B.	RECOMENDADO	[Firma]
REVISADO	M.H.A./R.A.A.	APROBADO	[Firma]
FECHA	DIC/1987	REF.	0209-A-1509

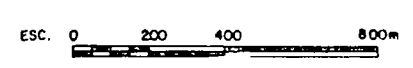




LEYENDA:

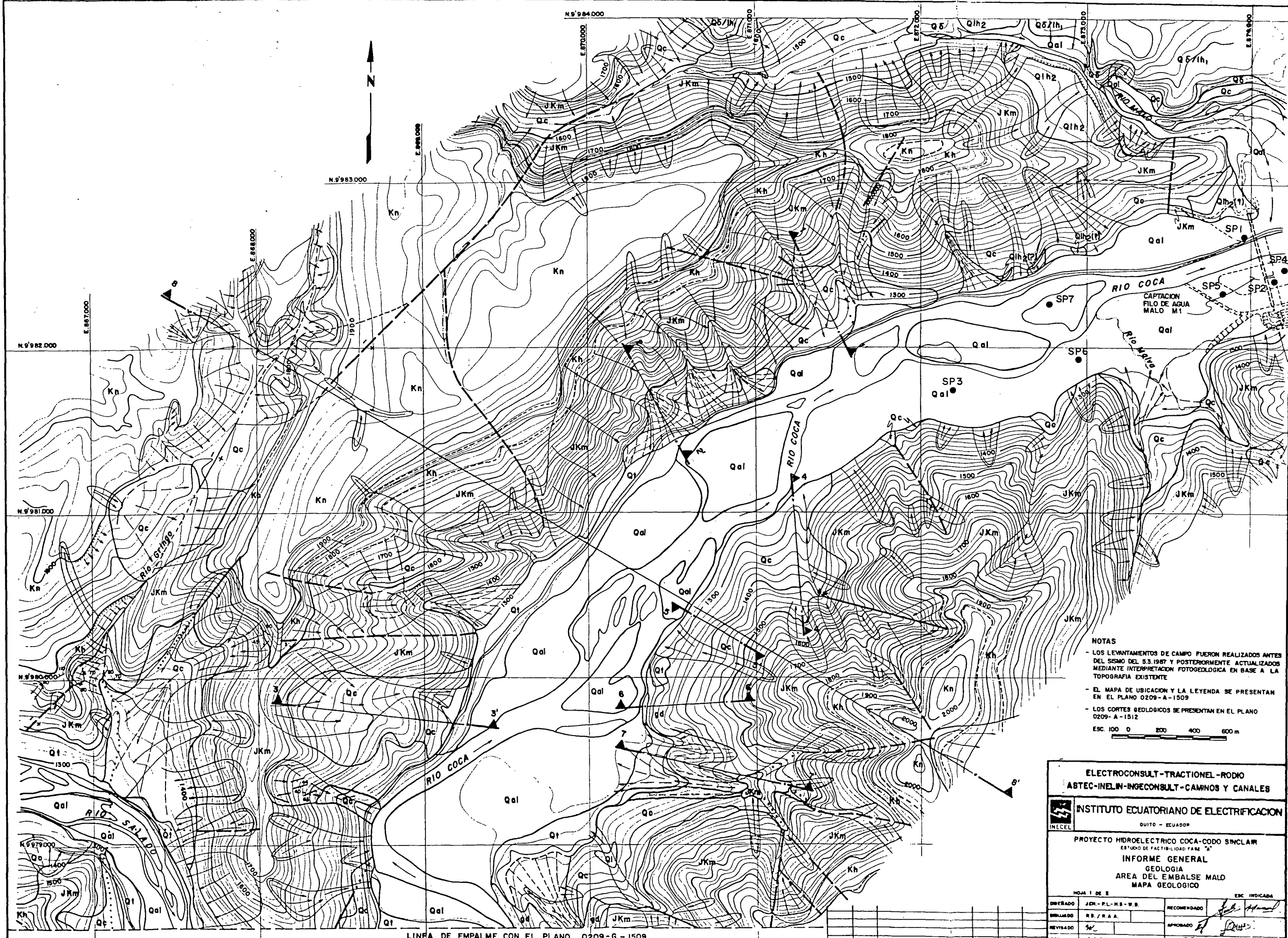
- MATERIALES SUELTOS**
- Qc DEPOSITOS COLUVIALES
  - Qal DEPOSITOS ALUVIALES ACTUALES Y RECIENTES (gravas, arenas, limos)
  - Qf TERRAZAS ALUVIALES ANTIGUAS (gravas, arenas, limos)
- ROCAS SEDIMENTARIAS E IGNEAS**
- gd INTRUSIVO GRANODIORITICO
  - Kn FORMACION NAPO (lutitas, areniscas, calizas, margas)
  - Kh FORMACION HOLLIN (areniscas)
  - JKm FORMACION MESAHUALLI (rocas volcanicas)
- CONTACTO OBSERVADO
- - - CONTACTO INFERIDO
- /// FALLA
- - - DESLIZAMIENTO ACTIVO

NOTAS: - LA UBICACION DE LOS CORTES SE PRESENTA EN EL PLANO 0209-A-1509



ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO			
ASTEC-INELIN-INRECONSULT-CAMINOS Y CANALES			
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION			
QUITO - ECUADOR			
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-COD- SINGULAR			
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"			
INFORME GENERAL			
GEOLOGIA			
AREA DEL EMBALSE SALADO			
CORTES GEOLOGICOS			
HOJA DE	W. B.	REVISADO	APROBADO
ELABORADO	M.A.S./R.A.A.	REVISADO	APROBADO
REVISADO	SAC	REVISADO	APROBADO
FECHA	DICIEMBRE/1987	REV	0209-A-1510





NOTAS


- LOS LEVANTAMIENTOS DE CAMPO FUERON REALIZADOS ANTES DEL SISMO DEL 5.3.1987 Y POSTERIORMENTE ACTUALIZADOS MEDIANTE INTERPRETACION FOTOGEOLOGICA EN BASE A LA TOPOGRAFIA EXISTENTE
- EL MAPA DE UBICACION Y LA LEGENDA SE PRESENTAN EN EL PLANO 0209-A-1509
- LOS CORTES GEOLOGICOS SE PRESENTAN EN EL PLANO 0209-A-1512

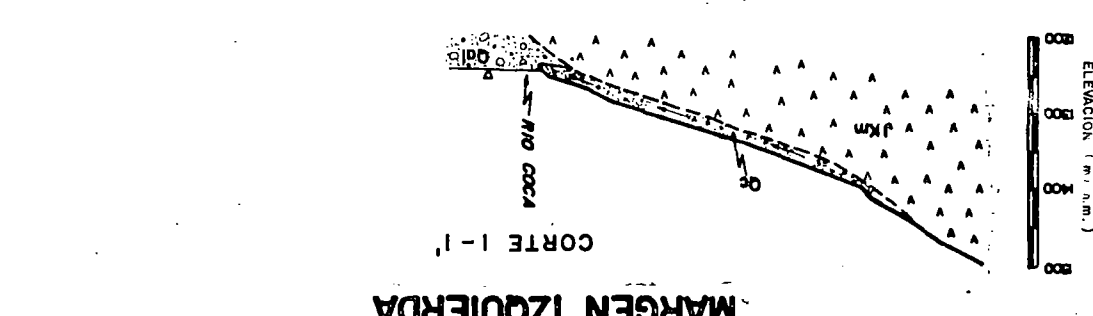
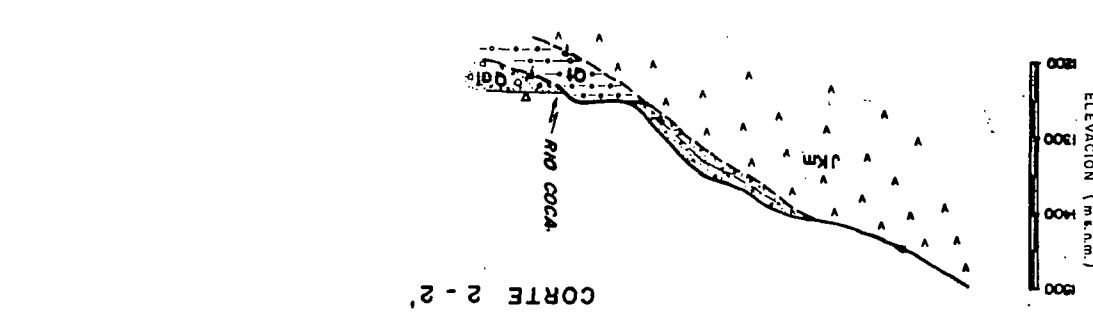
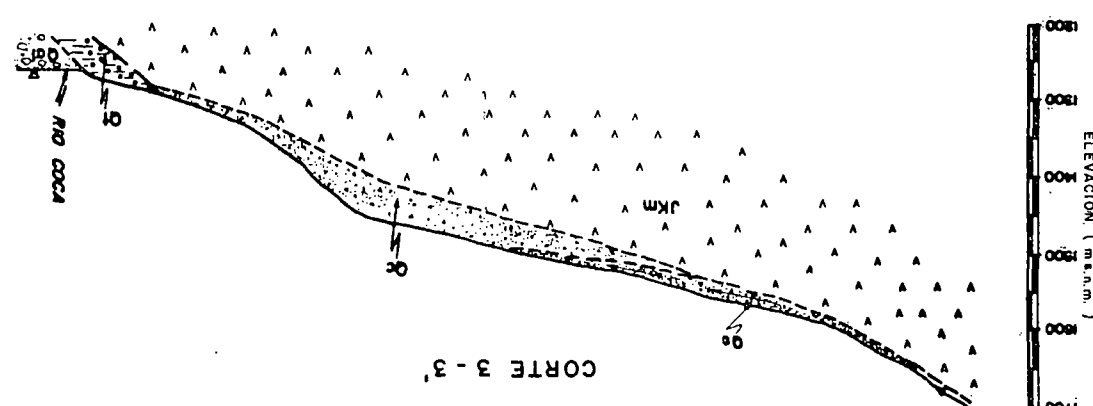
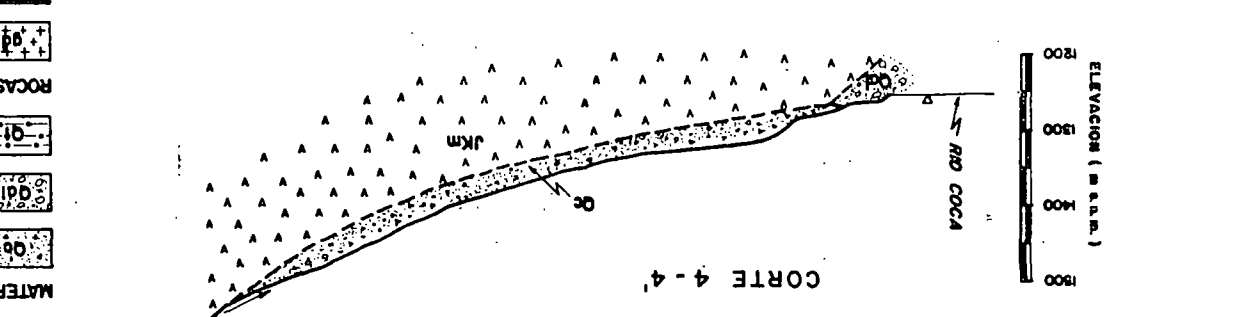
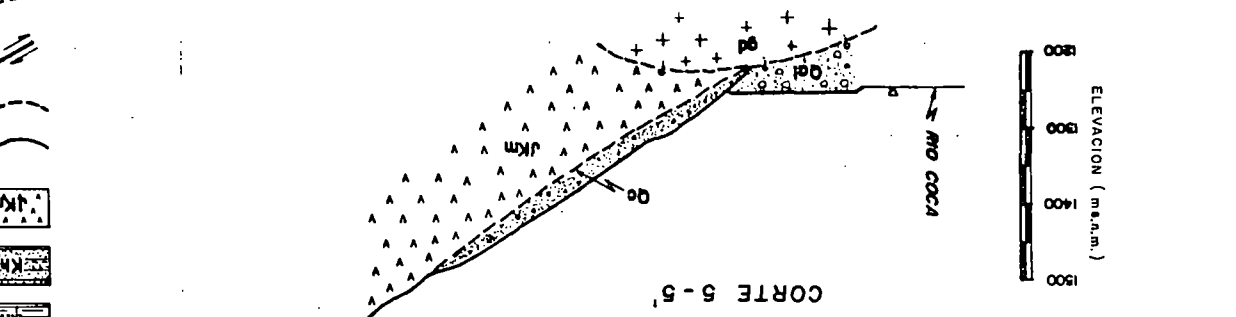
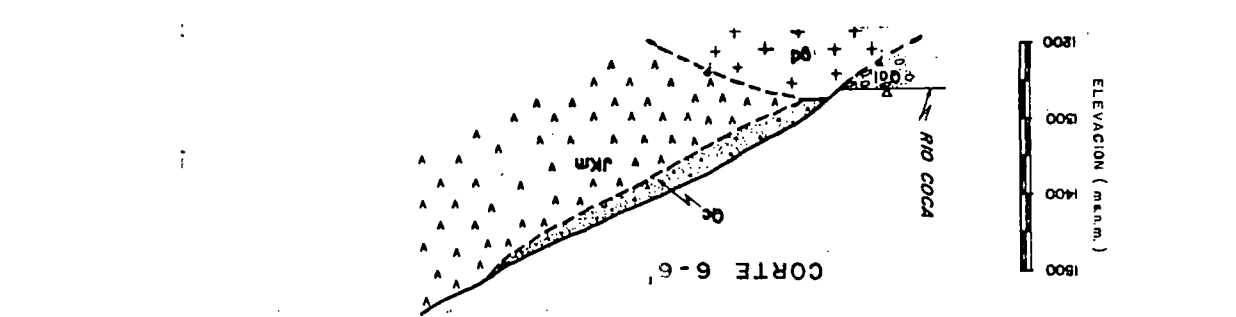
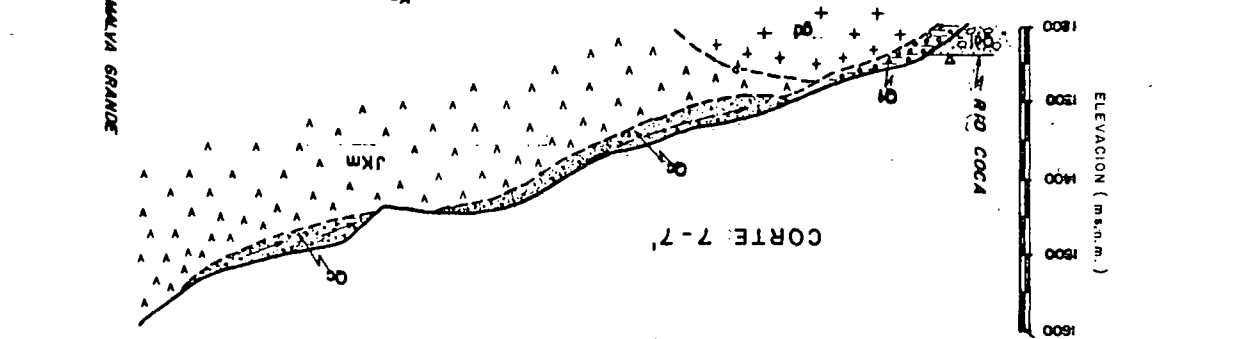
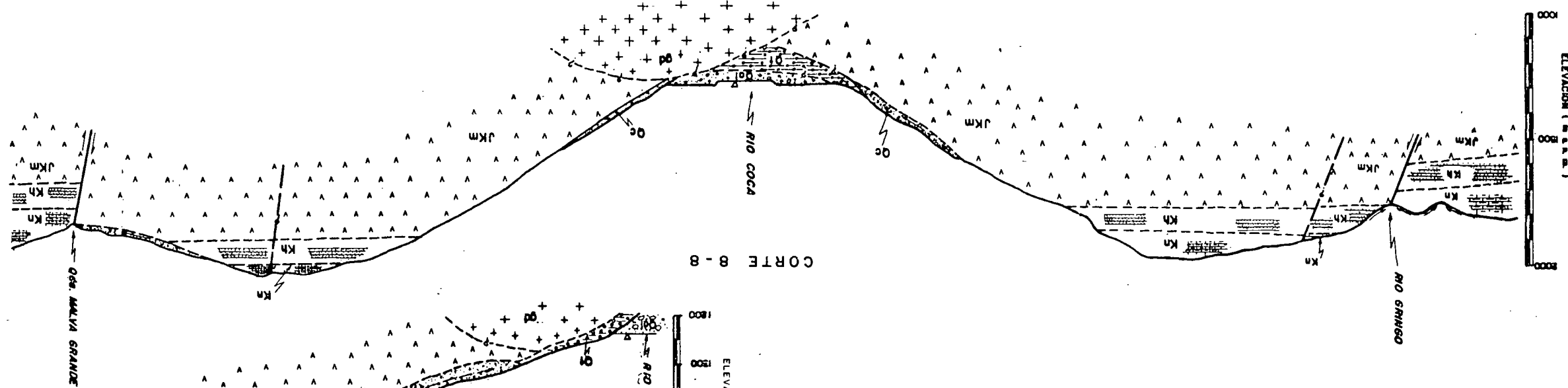
ESC. 100 0 200 400 600 m

ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO			
ABTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES			
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION			
QUITO - ECUADOR			
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAM			
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"			
INFORME GENERAL			
GEOLOGIA			
AREA DEL EMBALSE MALO			
MAPA GEOLOGICO			
HOJA 1 DE 2			
ELABORADO	JCR - P.L. - M.S. - W.B.	RECOMENDADO	<i>[Signature]</i>
DISEÑADO	R.B. / R.A.A.	APROBADO	<i>[Signature]</i>
REVISADO	<i>[Signature]</i>	FECHA	DIC / 88
REV. N°		FECHA	NATURALEZA DE LA OBRERA
REF. 0209-A-1511			

LINEA DE EMPALME CON EL PLANO 0209-G-1509



ELECTROCONSULT-TRACTOINEL-MODIO		ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CANALOS Y CANALES	
		INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION	
		QUITO -- ECUADOR	
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A" INFORME GENERAL GEOLOGIA AREA DEL EMBALE MALO CORTES GEOLÓGICOS		HOJA 2 DE 2 ESC. INGENIEROS	
ESTADO P.L./R.B.		RECIBIDO RECIBIDO RECIBIDO	
DISEÑADO M.B.S./R.A.A.		REVISADO J.M.C.	
FECHA 1968		REV. N° EDICION NATURALEZA DE LA REVISION POR VENT A. P. 0508	
0209-A-1512		0209-A-1512	














NOTA : - LA UBICACION DE LOS CORTESES SE PRESENTA EN EL PLANO 0209-A - 1811

**LEYENDA:**

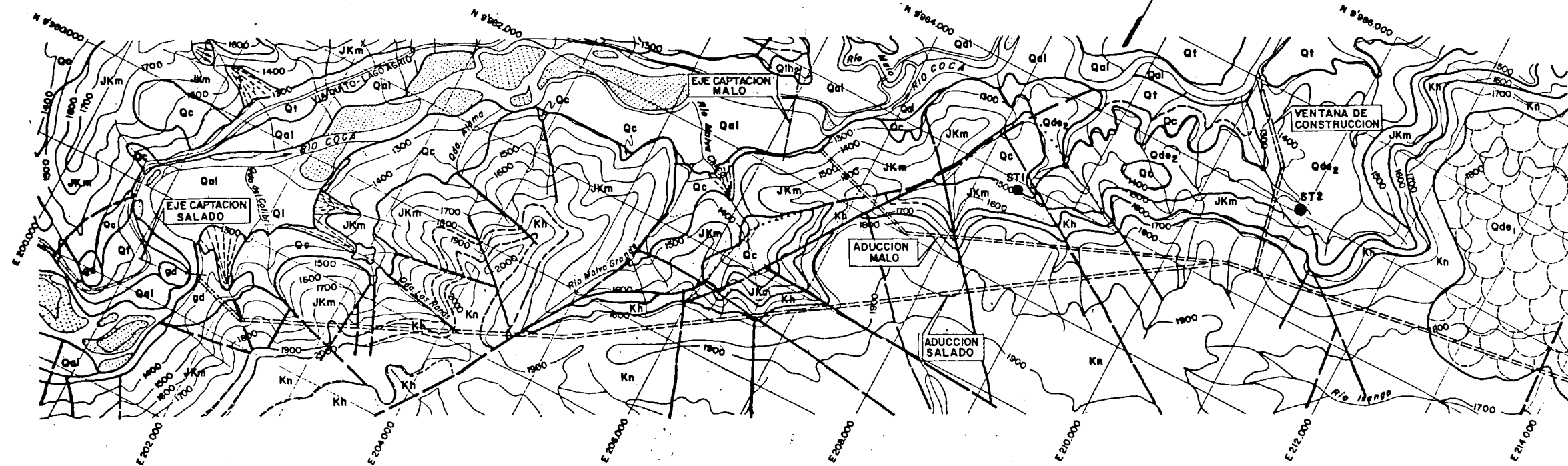
**MARGEN DERECHA**

**MARGEN IZQUIERDA**

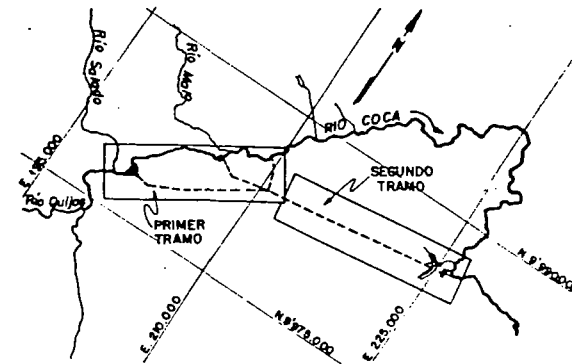
- |   |   |
|---|---|
| MATERIALES SUELTOS                      |   |
| DEPOSITOS COLUVIALES                    |  |
| DEPOSITOS ALUVIALES ACTUALES Y RECENTES |  |
| TERRAZAS ALUVIALES ANTIGUAS             |  |
| (graves, arenas, limos)                 |   |
| ROCAS SEDIMENTARIAS E IGNEAS            |   |
| INTRUSIVO GRANODIORITICO                |  |
| MAPO                                    |  |
| (bites, areniscos, colinas, arenas)     |   |
| FORMACION HOLITA                        |  |
| (areniscos)                             |   |
| FORMACION MISAHUALI                     |  |
| (rocas volcánicas)                      |   |
| DESARMAZAMIENTO ACTIVO                  |  |
| FALLA                                   |  |
| CONTACTO INFERIDO                       |  |
| CONTACTO OBSERVADO                      |  |



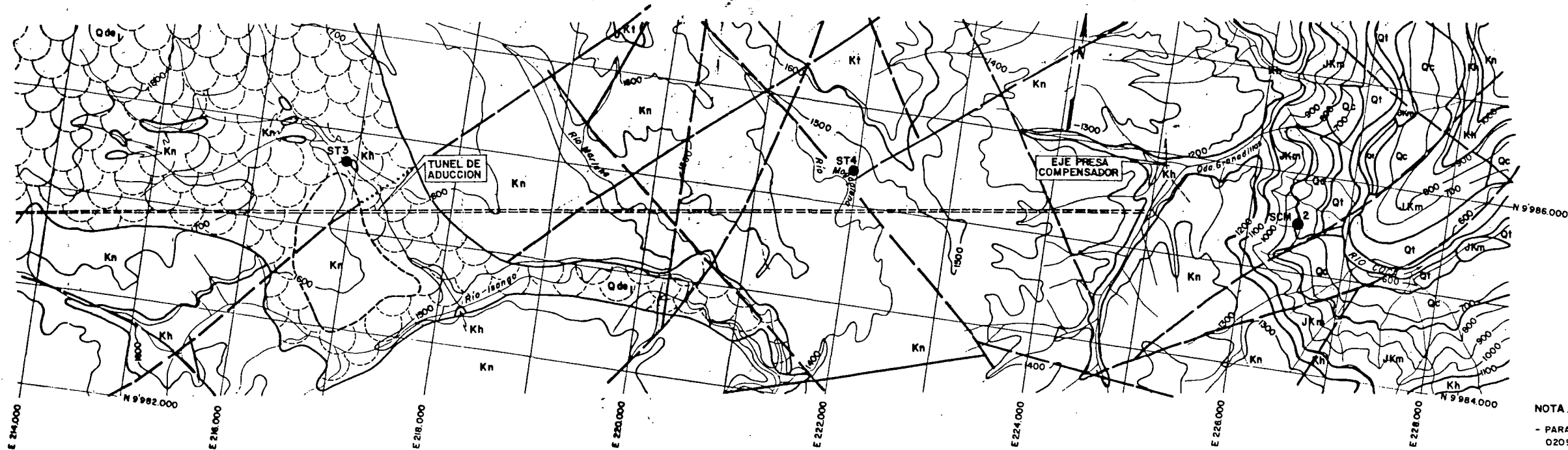
# CAPTACION SALADO Y MALO PRIMER TRAMO



## CROQUIS DE UBICACION



## SEGUNDO TRAMO



NOTA:

- PARA PERFIL DEL TUNEL DE ADUCCION VER PLANO 0209 - A - 1514

## LEYENDA:

### MATERIALES SUELTOS ROCAS SEDIMENTARIAS E IGNEAS

Qc	DEPOSITOS COLUVIALES	gd	INTRUSIVO GRANODIORITICO
Qal	DEPOSITOS ALUVIALES ACTUALES Y RECIENTES	Kt	FORMACION TENA (Arcillas rojas)
Ql	DEPOSITOS FLUVIO-LACUSTRES	Kn	FORMACION NAPO (Lutitas, areniscas, calizas y margas)
Qt	TERRAZAS ALUVIALES ANTIGUAS	Kh	FORMACION HOLLIN (Areniscas)
		JKm	FORMACION MISAHUALLI (Rocas volcánicas)

### ROCAS VOLCANICAS

Qde2	DEPOSITOS DE AVALANCHA DE ESCOMBROS DEL VOLCAN PALEOREVENTADOR	Qih2	LAHARES Y AGLOMERADOS
Qb/ih2	ALTERNANCIA DE LAVAS, LAHARES Y AGLOMERADOS VOLCANICOS DEL VOLCAN PALEOREVENTADOR	Qb	LAVAS
Qde1	DEPOSITO DE AVALANCHA DE ESCOMBROS DEL COMPLEJO VOLCANICO BASAL	Qih1	LAHARES Y AGLOMERADOS
Qb/ih1	ALTERNANCIA DE LAVAS Y LAHARES CON AGLOMERADOS VOLCANICOS DEL COMPLEJO VOLCANICO BASAL	Qb	LAVAS

## SIMBOLOGIA:

	CONTACTO OBSERVADO		FALLA NORMAL
	CONTACTO INFERIDO		FALLA INVERSA
	FALLA NORMAL		FALLA CUBIERTA
	FALLA		
	ESTRATIFICACION INCLINADA, VERTICAL		
	PUNTO DE AGUA		
	SONDEO EJECUTADO		
	DESIZAMIENTO ANTIGUO		
	CONO DE DEYECCION		

ESC. 0 0.5 1 1.5 2 km

## ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES

INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION  
QUITO - ECUADOR

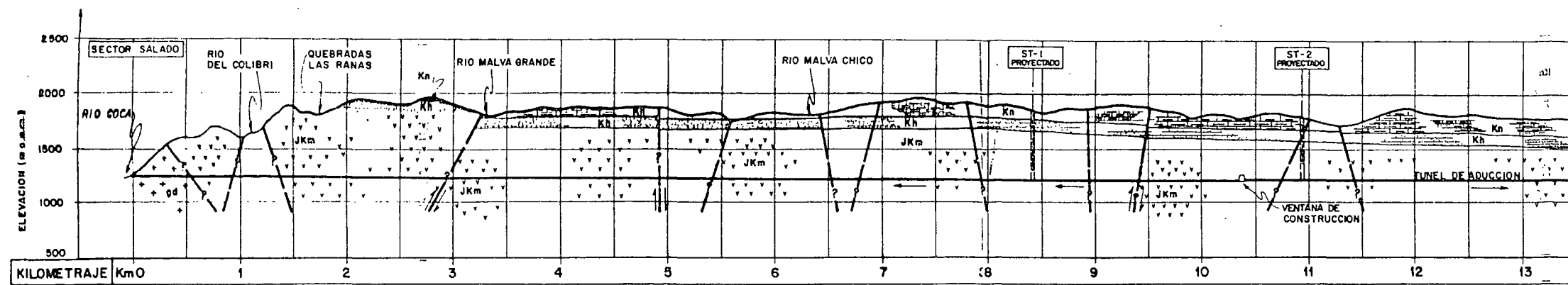
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR  
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"

INFORME GENERAL  
GEOLOGIA  
TUNEL DE ADUCCION  
PLANTA

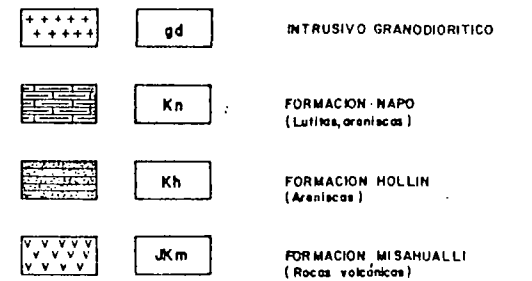
HOJA DE	FECHA	NATURALEZA DE LA DIVISION	HOJA	VERI	APROBADO	FECHA	REF
01	1987					DICIEMBRE/1987	0209 - A - 1513



# ADUCCION SALADO PRIMER TRAMO



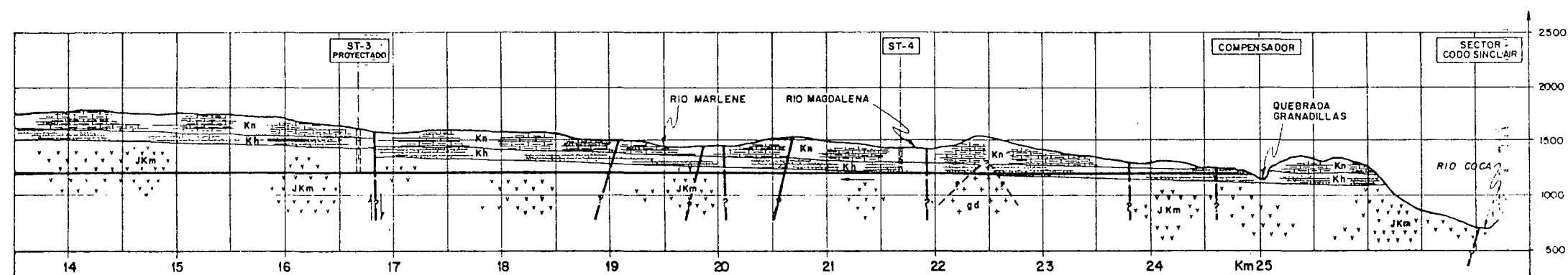
## LEYENDA:



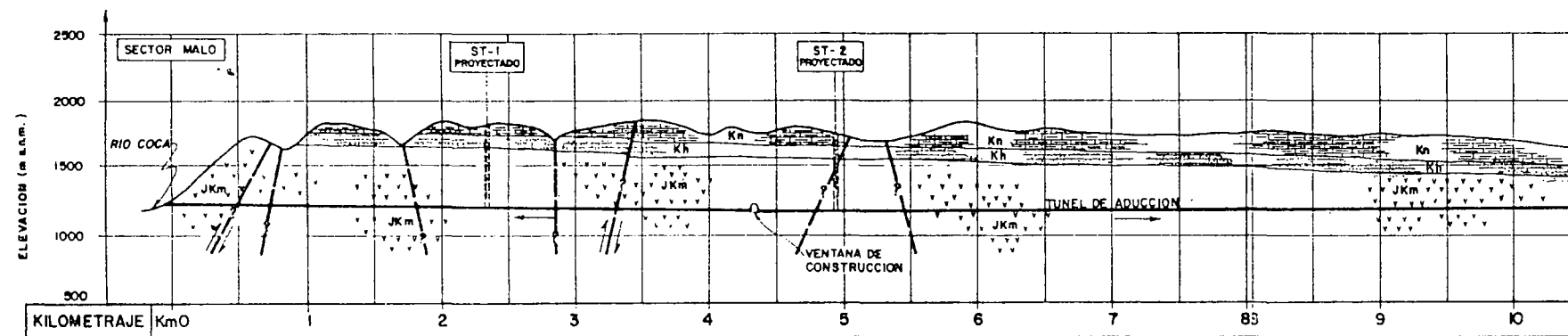
## SIMBOLOGIA:



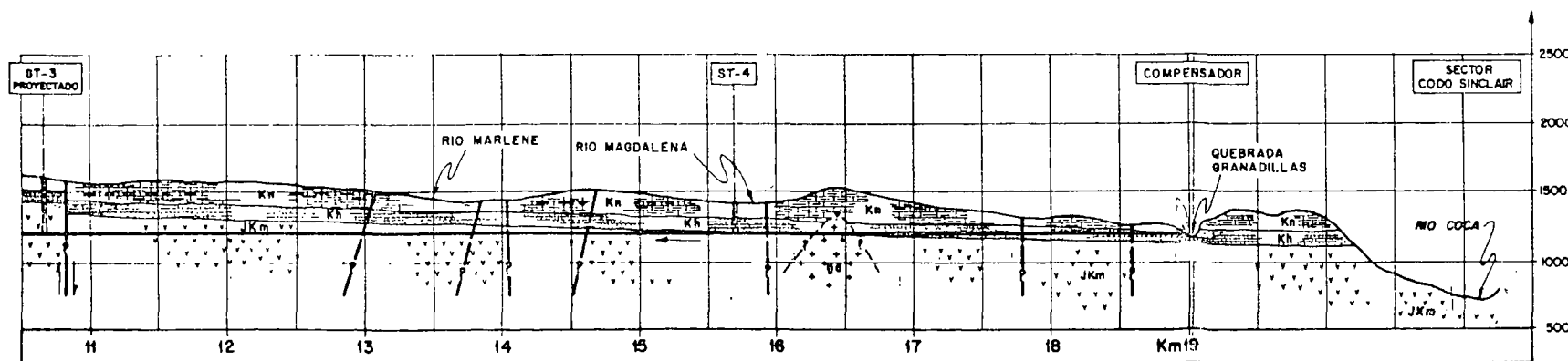
# SEGUNDO TRAMO



# ADUCCION MALO PRIMER TRAMO



# SEGUNDO TRAMO



NOTA:  
- PARA PLANTA DEL TUNEL DE ADUCCION VER PLANO 0209-A-1513

ESC. 0 5 10 15 20 km

ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO			
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES			
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION			
QUITO - ECUADOR			
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR			
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"			
INFORME GENERAL			
GEOLOGIA			
TUNEL DE ADUCCION			
PERFIL			
NOVA DE	ELABORADO	RECONSTRUIDO	REVISADO
ELABORADO	RECONSTRUIDO	REVISADO	APROBADO
FECHA	FECHA	FECHA	FECHA
DICIEMBRE/1987			
REF. 0209-A-1514			

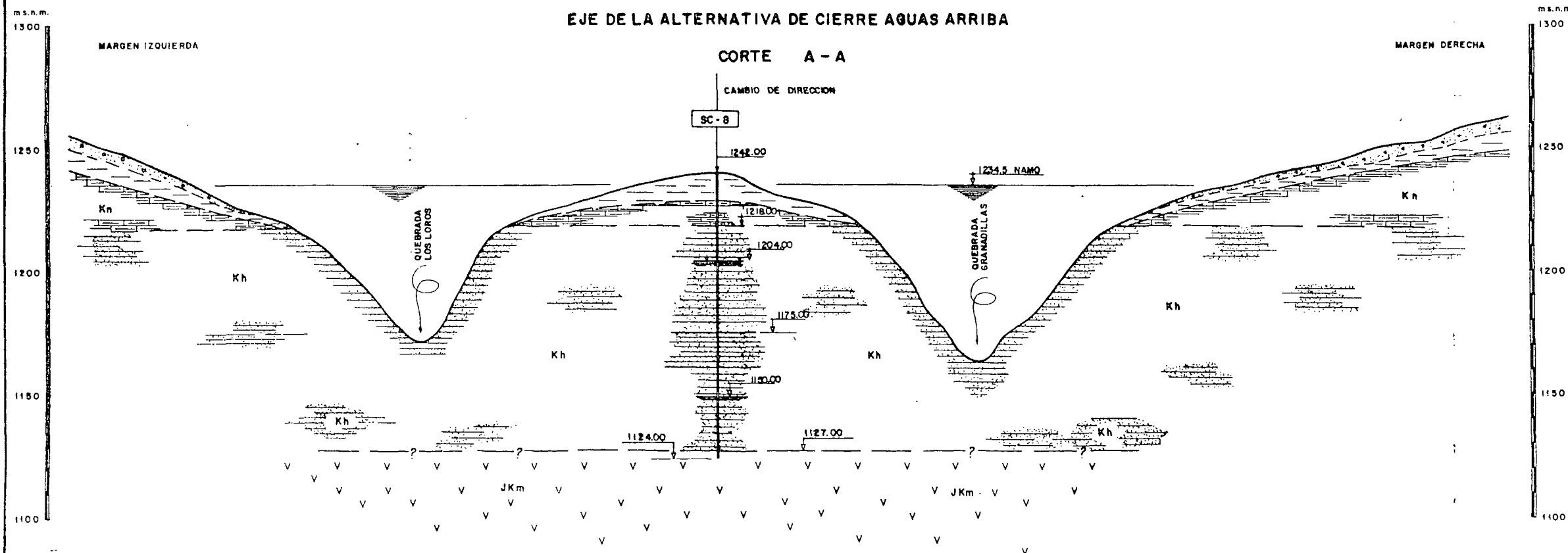






# EJE DE LA ALTERNATIVA DE CIERRE AGUAS ARRIBA

## CORTE A - A

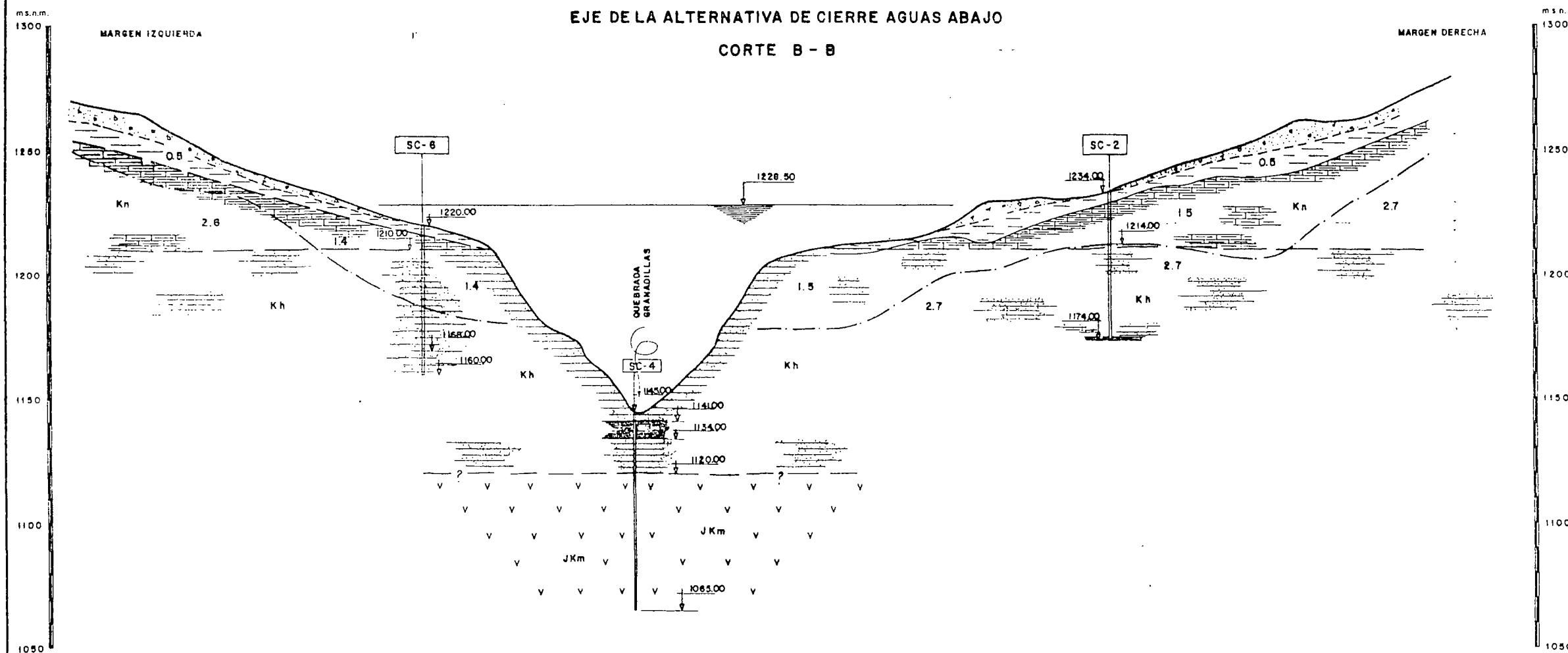


### LEYENDA :

- DEPOSITOS COLUVIALES
- SUELOS RESIDUALES
- FORMACION NAPO (Lutitas)
- FORMACION HOLLIN (Areniscas con intercalaciones de lutitas y asfalto)
- FORMACION MISAHUALLI (Rocas volcánicas)
- LUTITAS
- ASFALTO
- HORIZONTE SISMICO Y VELOCIDADES SISMICAS (en Km/seg)

# EJE DE LA ALTERNATIVA DE CIERRE AGUAS ABAJO

## CORTE B - B



NOTA  
- LA UBICACION DE LOS CORTES SE PRESENTA EN EL PLANO 0209-A-1515

ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO  
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES

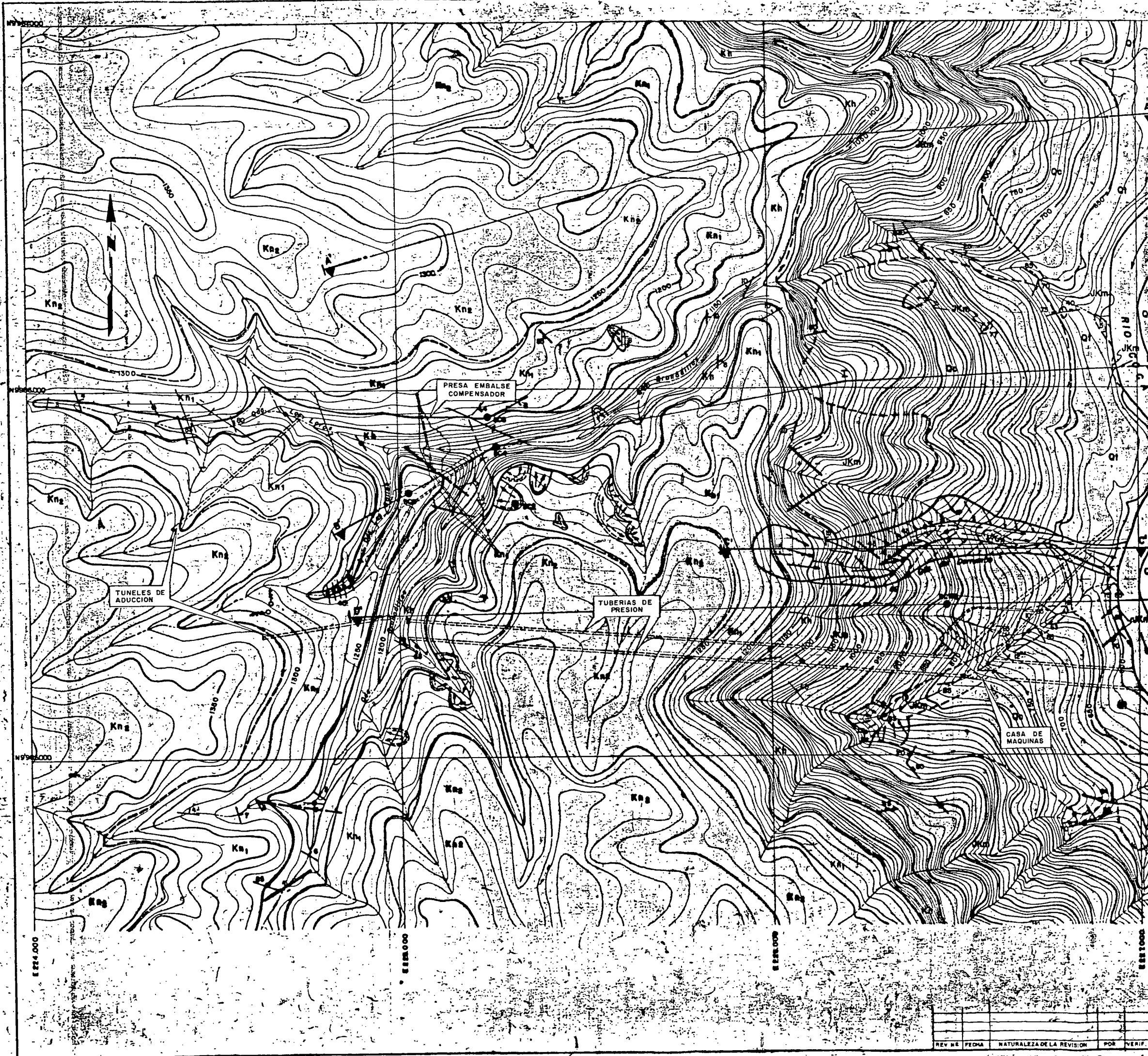
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION  
QUITO - ECUADOR

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR  
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"  
INFORME GENERAL  
GEOLOGIA  
SECTOR EMBALSE COMPENSADOR  
CORTES GEOLOGICOS

ELABORADO	EE S.A.	RECOMENDADO	EE S.A.
DISEÑADO	EN / R.A.A.	APROBADO	EE S.A.
REVISADO	SA	FECHA	NOVIEMBRE - 1987
REF. N°	FECHA	NATURALEZA DE LA REVISION	IMP. VERA / PROO

REF 0209-A-1516





# LEYENDA

## MATERIALES SUELTOS

- Qc** DEPOSITO COLUVIALES
- Qal** DEPOSITOS ALUVIALES ACTUALES Y RECIENTES  
(gravas, arenas, limas)
- Ql** TERRAZAS ALUVIALES ANTIGUAS  
(gravas, arenas, limas)

## ROCAS SEDIMENTARIAS E IGNEAS

- Kn** FORMACION NAPO
- Kh** FORMACION HELLIS  
(arenas con intercalaciones de limo y arcilla)
- QKm** FORMACION QISABALLA  
(rocas volcánicas)

## SIMBOLOGIA

- CONTACTO OBSERVADO
- CONTACTO SUPUESTO
- FALLA NORMAL
- ESTRATIFICACION INCLINADA Y HORIZONTAL
- FRATURAS INCLINADA, VERTICAL, HORIZONTAL
- DEBILIZAMIENTOS ACTIVOS Y POTENCIALES
- PUNTOS DE AGUA
- BORDEOS EJECUTADOS

## NOTAS:

- EL MAPA GEOLOGICO DE DETALLE DEL EMBALSE COMPENSADOR SE PRESENTA EN EL PLANO 0209-A-1515
- LOS CORTES GEOLOGICOS SE PRESENTA EN EL PLANO 0209-A-1518

ESCALA 1:50,000

ELECTROCONSULTA-TRACTIONEL - RODIO  
ASTEC-INELIN - INGECONSULT - CAMINOS Y CANALES

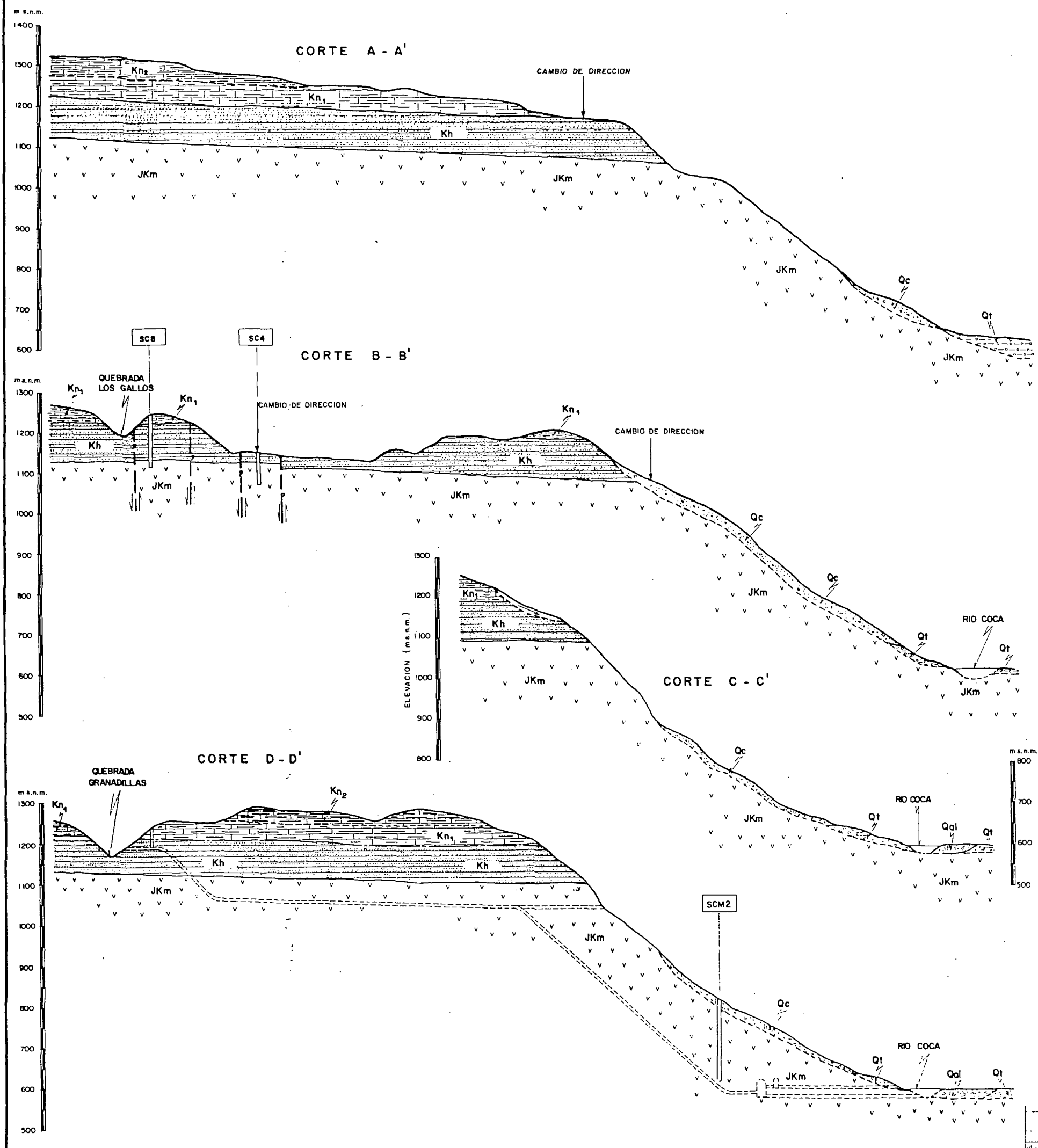
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION  
INECEL

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR  
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE A  
INFORME GENERAL  
GEOLOGIA  
SECTOR CODO SINCLAIR  
MAPA GEOLOGICO

ELABORADO	J. C. M. B. A. / J. C. M. B. A.	REVISADO	J. C. M. B. A. / J. C. M. B. A.
ELABORADO	M. B. / M. B.	REVISADO	M. B. / M. B.
ELABORADO	M. B. / M. B.	REVISADO	M. B. / M. B.
FECHA	15/05/1987	FECHA	15/05/1987

0209-A-1517





# LEYENDA:

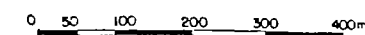
## MATERIALES SUELTOS

- Qc DEPOSITOS COLUMNALES
- Qal DEPOSITOS ALUVIALES ACTUALES Y RECIENTES
- Ql TERRAZAS ALUVIALES ANTIGUAS

## ROCAS SEDIMENTARIAS E IGNEAS

- Kn FORMACION NAPO
  - Kn<sub>2</sub> MIEMBRO MEDIO
  - Kn<sub>1</sub> MIEMBRO INFERIOR
- Kh FORMACION HOLLIN
- JKm FORMACION MISAHUALLI
- CONTACTO OBSERVADO
- CONTACTO INFERIDO
- FALLA INFERIDA
- DESPLAZAMIENTO ACTIVO

NOTA: LA UBICACION DE LOS CORTES GEOLOGICOS SE PRESENTAN EN EL PLANO 0209-A-1517



ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO			
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES			
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION			
QUITO - ECUADOR			
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR			
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"			
INFORME GENERAL			
GEOLOGIA			
SECTOR CODO SINCLAIR			
CORTES GEOLOGICOS			
HOJA DE	DE	ESC. INDICADA	
ELABORADO	W.B.	RECOMENDADO	
REVISADO	M.A.S.	APPROBADO	
FECHA	DICIEMBRE / 1987	NO. 0209-A-1518	



## ESTRUCTURA GENERAL Y MISCELANEA









	M	A	P	A	S
VOLCÁN EL REVENTADOR (VER)					
VOLCÁN PALEOREVENTADOR (VPR)					
COMPLEJO VOLCÁNICO BASAL (CVB)					

PRODUCTOS SIN DIFERENCIAR DEL  
VOLCÁN CERRO NEGRO

LAS LEYENDAS Y SÍMBOLOS INDICADOS SON SUSCEPTIBLES DE AMPLIACIÓN Y/O CAMBIOS  
A MEDIDA QUE AVANCEN LOS ESTUDIOS

LAVAS

LAVAS

	POZO, ZANJA
	GALERIA EXPLORATORIA
	PERFORACIÓN ROTATIVA (VERTICAL, INCLINADA, CON PIEZOMETRO)
	PERFORACIÓN TRICÓNICA
	PERFIL SISMICO
	SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL (S.E.V.) CON AB MAX. HASTA 200 m, 500 m, 1000 m.
	HELIPUERTO
	CAMPAMENTO PROVISIONAL

# GEOLOGÍA

## Y SÍMBOLOS GEOLÓGICOS

5	MAR/88	REVISIÓN FINAL DE INCECL	WB-MT	SAL	RA	DISEÑADO DPTO DE GEOLOGIA RECOMENDADO <i>Falk</i> DIBUJADO VHA APROBADO <i>Alfonso</i> REVISADO SAL FECHA DICIEMBRE /87 REF 0209-A-1519
4	OCT/87	REVISIÓN GENERAL	GS	SAL	RA	
3	SEP/87	ACTUALIZACIONES	M.F.-G.P.	SAL	RA	
2	ABR/87	OBSERVACIONES DE INCECL	WB-D.T	SAL	RA	
1	MAR/87	REVISIÓN GENERAL	G.S.-M.F	SAL	RA	
REV. N°	FECHA	NATURALEZA DE LA REVISIÓN	POR	VERIF	APROB	

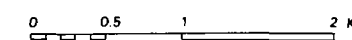




ALTO RÍO SALADO	RÍO DUÉ GRANDE	RÍO DUÉ CHICO
RÍO SALADO	VOLCÁN EL REVENTADOR	CODO SINCLAIR
LAS PALMAS	RÍO QUIJOS - COCA	RÍO MACHACUYACU

#### NOTAS:

- TOPOGRAFÍA COMPILADA EN BASE A RESTITUCIONES EN DIFERENTES ESCALAS, REALIZADAS POR el Instituto Geográfico Militar.
- FUENTES DE INFORMACIÓN GEOLÓGICA UTILIZADAS PARCIALMENTE:
  - MAPA GEOLÓGICO GENERAL-ESC. 1:50.000 PROYECTO HIDROELÉCTRICO COCA FASE DE INVENTARIO, 1976 Instituto Ecuatoriano de Electrificación
  - INFORME GEOLÓGICO PROYECTO HIDROELÉCTRICO COCA - CODO SINCLAIR, 1983 Instituto Ecuatoriano de Electrificación
  - MAPA GEOLÓGICO-ESC. 1:50.000 PROYECTO FOSFATOS, 1984 Dirección General de Geología y Minas
- LA LEYENDA Y LOS SÍMBOLOS GEOLÓGICOS SE PRESENTAN EN EL PLANO 0209 - A - 1519
- LOS CORTES GEOLÓGICOS SE PRESENTAN EN EL PLANO 0209 - A - 1521



ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO  
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES

**INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACIÓN**  
QUITO - ECUADOR

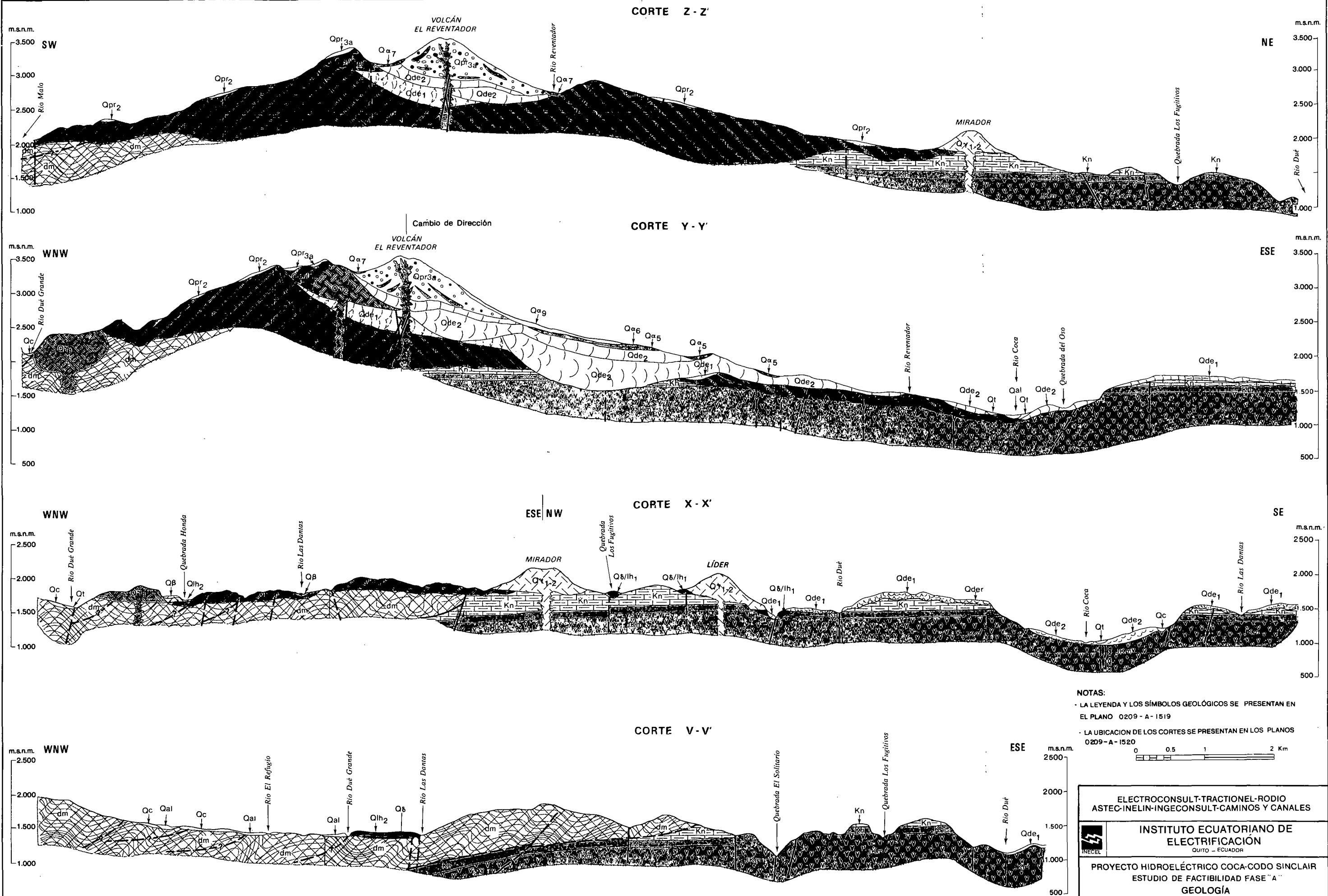
PROYECTO HIDROELÉCTRICO COCA-CODO SINCLAIR  
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"  
GEOLOGÍA  
SECTOR VOLCÁN EL REVENTADOR  
MAPA GEOLÓGICO

ESCALA INDICADA

SEPARACIÓN DE COLORES E IMPRESIÓN EN EL INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR - MAYO DE 1988

DISEÑADO	M.F. - W.B. - P.L. - E.A.	RECOMENDADO	
DIBUJADO	R.A.A. - V.H.A.	APROBADO	
REVISADO			
REV. N°	FECHA	NATURALEZA DE LA REVISIÓN	POR VERIF. APROB.
2	MAR/88	REVISIONES DE INECEL	W.B.-M.T.
1	DIC/87	ACTUALIZACIÓN	W.B.-M.F.
FECHA	DICIEMBRE/87	REF	0209 - A - 1520





NOTAS:

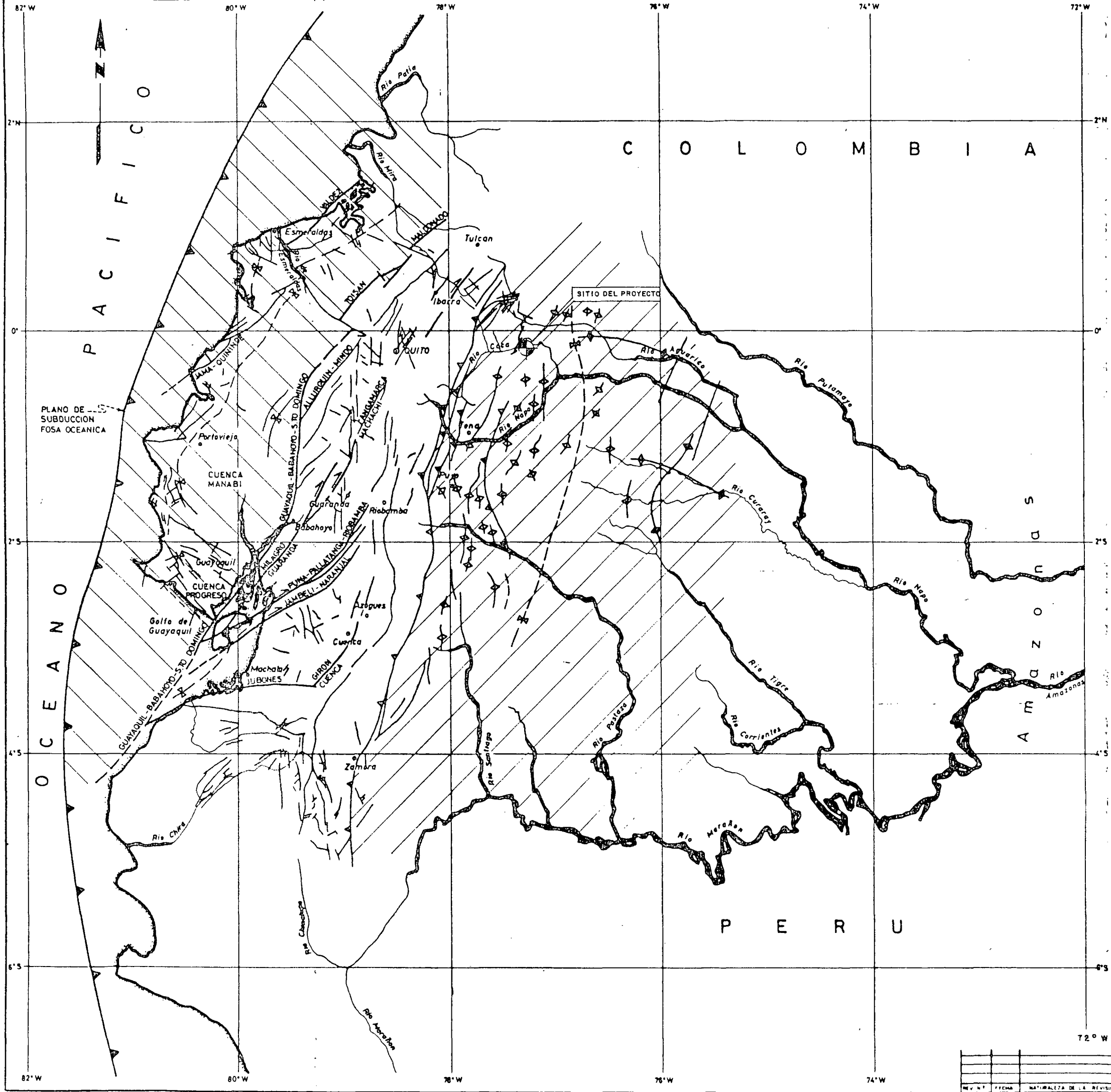
- LA LEYENDA Y LOS SÍMBOLOS GEOLÓGICOS SE PRESENTAN EN EL PLANO 0209 - A - 1519
- LA UBICACION DE LOS CORTES SE PRESENTAN EN LOS PLANOS 0209 - A - 1520

0 0.5 1 2 Km

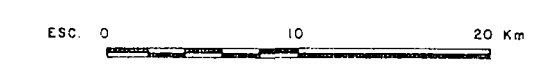
ELECTROCONSULTA-TRACCIONEL-RODIO ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES			
 <b>INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRICACION</b> QUITO - ECUADOR			
PROYECTO HIDROELÉCTRICO COCA-CODO SINCLAIR ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A" <b>GEOLOGÍA</b> <b>VOLCÁN EL REVENTADOR</b> <b>CORTES GEOLÓGICOS</b>			
DISEÑADO M F - WB		RECOMENDADO 	
DIBUJADO R. A. A.		APROBADO 	
REVISADO 		FECHA DICIEMBRE/87	
REV. N°		REF 0209-A-1521	

1	MAR/88	REVISIONES DE INECEL	WB-M1	VERIF	APROB.
REV. N°	FECHA	NATURALEZA DE LA REVISIÓN	POR	VERIF	APROB.



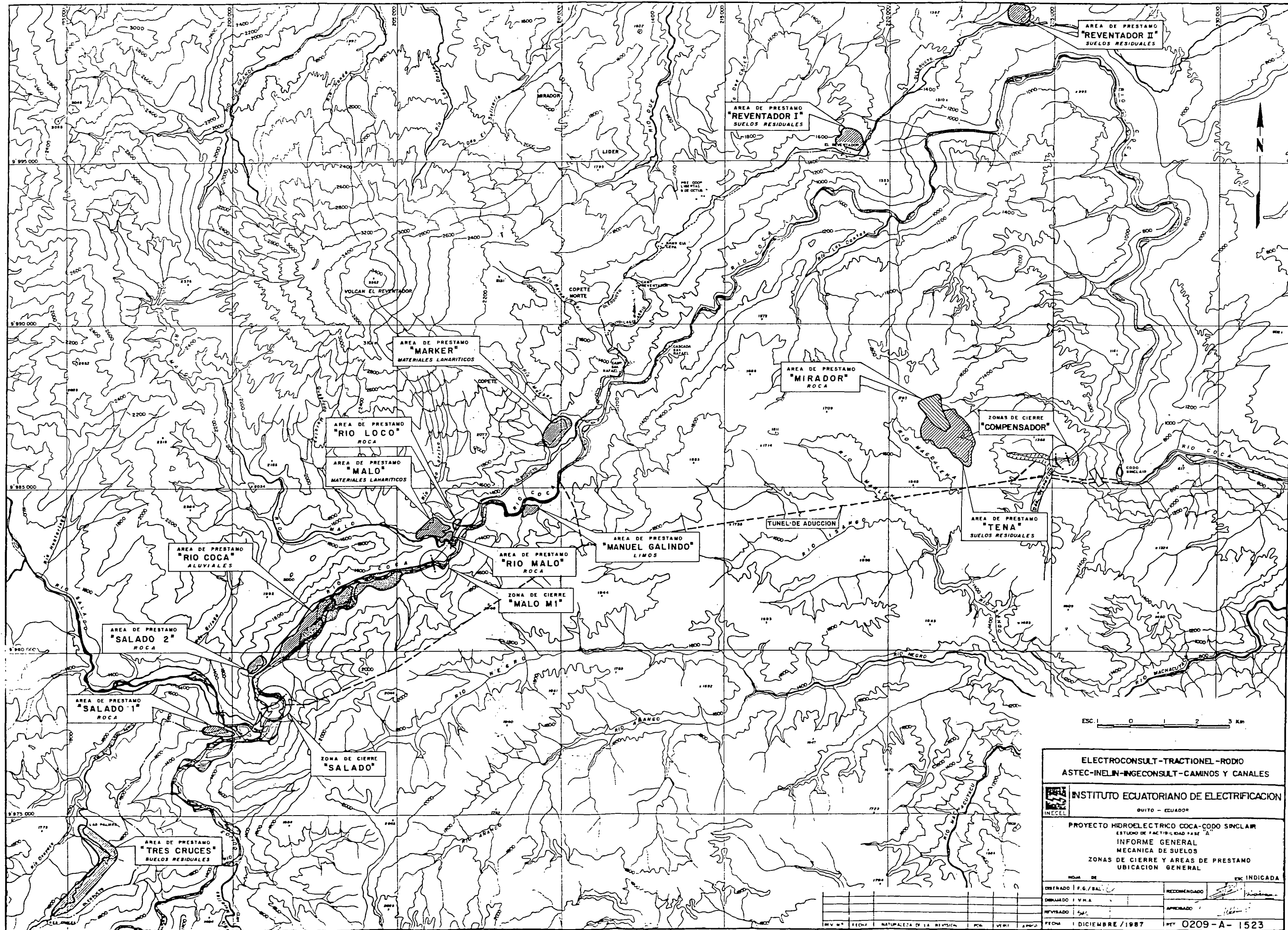



- LEYENDA:
- Margen de subducción activa
  - Falla principal transcurrente
  - Falla de compresión
  - Falla secundaria
  - Eje anticlinal
  - Eje sinclinal
  - Arco de levantamiento (\*concealed arc)
  - Costa
  - Sierra
  - Oriente
  - Sitio del proyecto



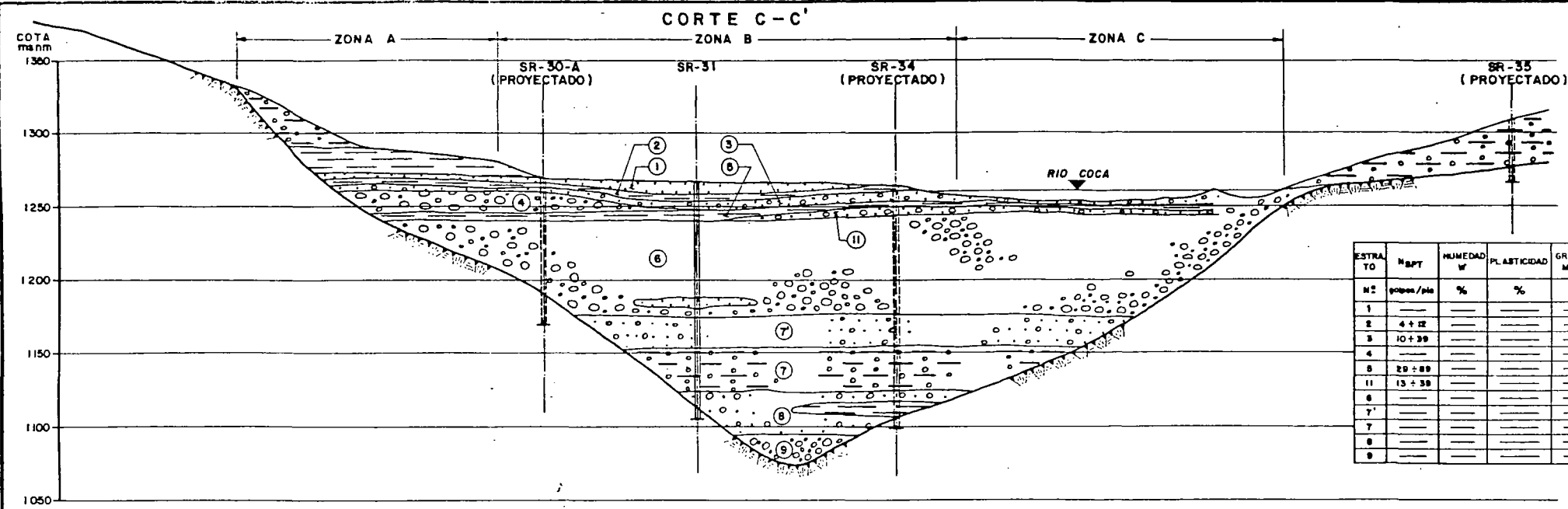
ELECTROCONSULT-TRACCIONEL-RODIO			
ABTEC-PALEN-BOECONSULT-CAMINOS Y CANALES			
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION			
QUITO - ECUADOR			
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-GODO SINCLAIR			
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"			
INFORME GENERAL			
SISMOLOGIA			
MAPA TECTONICO DEL ECUADOR			
Escala: 1:4'000 000			
REVISADO	BEL	RECOMENDADO	
ELABORADO		APROBADO	
FECHA: DICIEMBRE / 1987		REF: 0209-A-1522	



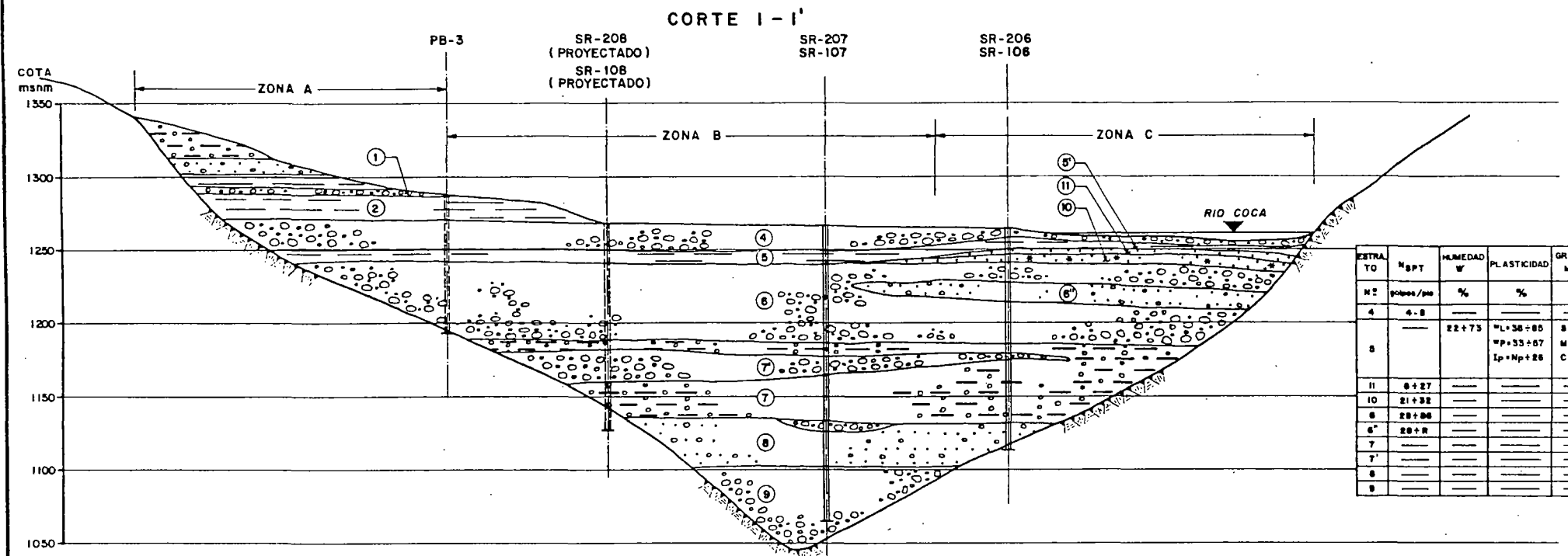


ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO			
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES			
 <b>INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION</b> QUITO - ECUADOR			
<b>PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SYNCLINAL</b> ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A" <b>INFORME GENERAL</b> MECANICA DE SUELOS ZONAS DE CIERRE Y AREAS DE PRESTAMO UBICACION GENERAL			
INDICADA		E.C. INDICADA	
ELABORADO P.C./SAL	RECOMENDADO		
DISEÑADO I.V.H.A.	APROBADO		
REVISADO			
FECHA: 1 DICIEMBRE / 1987	PROY: 0209-A-1523		

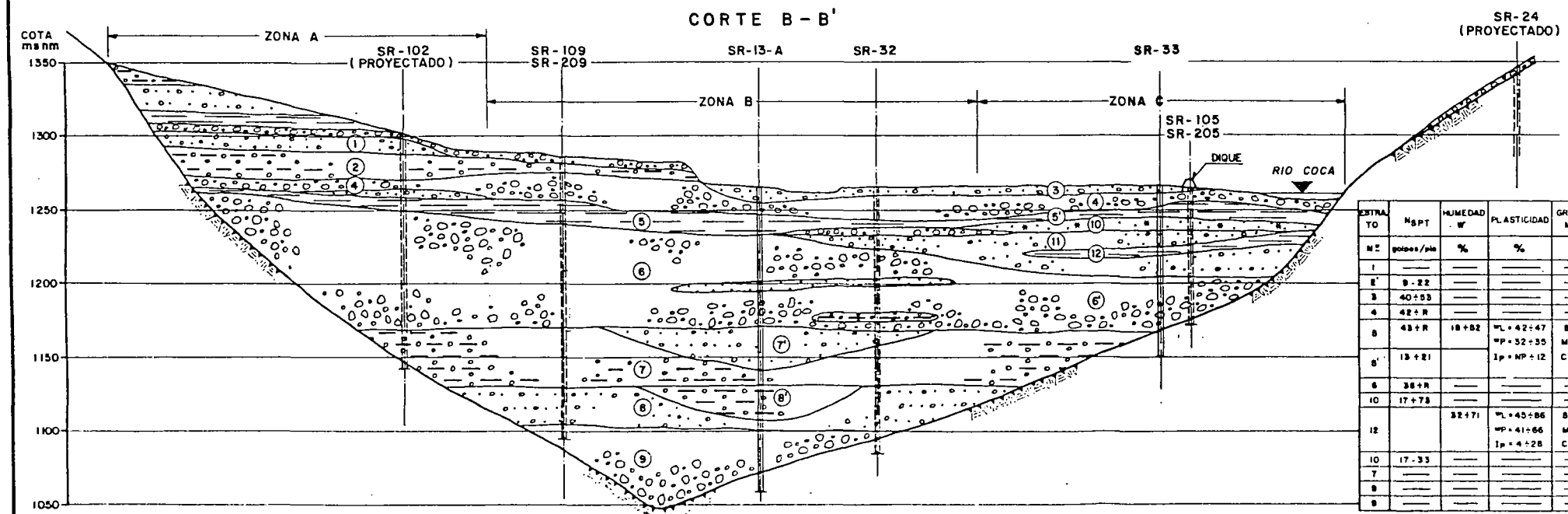




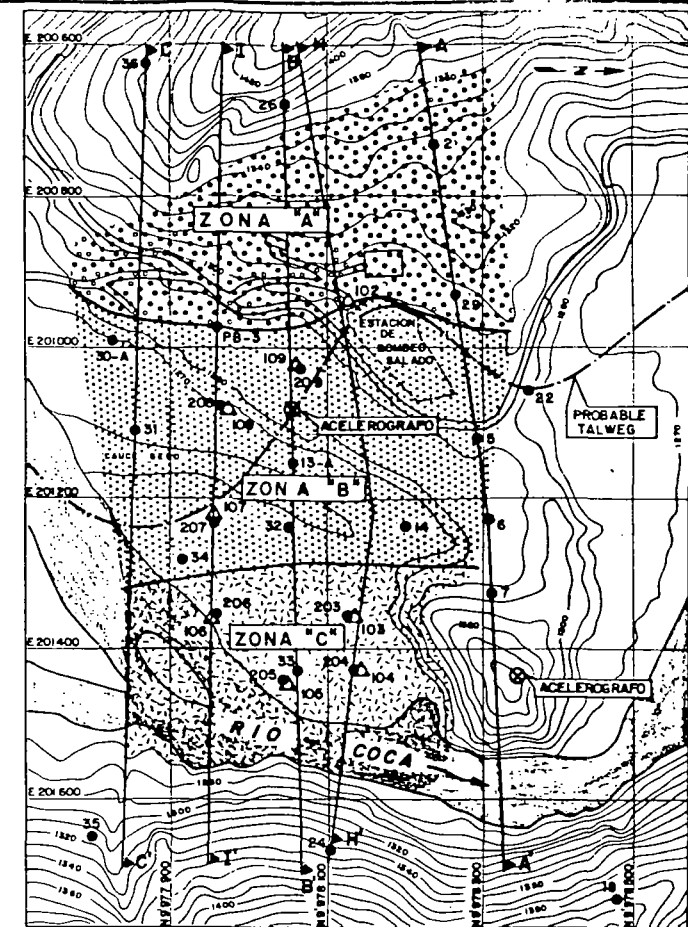
ESTRATO	NºPT	HUMEDAD W	PLASTICIDAD	GRANULO. METRIA	PESOS ESPECIFICOS	RESISTENCIA AL CORTE
Nº	golpes/pla	%	%	%	t/m³	σ (t) c (Kg/cm²)
1						
2	4 + 12					
3	10 + 39					
4						
5	29 + 89					
11	13 + 38					
6						
7						
8						
9						



ESTRATO	NºPT	HUMEDAD W	PLASTICIDAD	GRANULO. METRIA	PESOS ESPECIFICOS	RESISTENCIA AL CORTE
Nº	golpes/pla	%	%	%	t/m³	σ (t) c (Kg/cm²)
4	4 + 8					
5		22 + 73	ML = 38 + 85 MP = 33 + 67 Ip = Np + 26	B = 0 + 37 M = 87 + 81 C = 5 + 29	γs = 2.82 + 2.83 γu = 1.73 + 1.85	σu = 4 + 11.0 cu = 0.9 + 2.0 σ' = 27 + 35 c' = 0.0 + 0.5
11	8 + 27					
10	21 + 32					
6	28 + 86					
6'	28 + 8					
7						
7'						
8						
9						



ESTRATO	NºPT	HUMEDAD W	PLASTICIDAD	GRANULO. METRIA	PESOS ESPECIFICOS	RESISTENCIA AL CORTE
Nº	golpes/pla	%	%	%	t/m³	σ (t) c (Kg/cm²)
1						
2	9 + 22					
3	40 + 53					
4	42 + 8					
5	48 + 8	18 + 82	ML = 42 + 47 MP = 32 + 35 Ip = NP + 12	B = 2 + 40 M = 51 + 80 C = 3 + 26	γs = 2.83 + 2.87 γu = 1.88 + 1.91	σu = 29 + 34 cu = 0.0 + 0.15 σ' = 1 c' = 0.5
6	38 + 8					
10	17 + 73					
12		32 + 71	ML = 45 + 86 MP = 41 + 66 Ip = 4 + 28	B = 3 + 41 M = 53 + 70 C = 3 + 33	γs = 2.57 + 2.80	
10	17 + 33					
7						
8						
9						



UBICACION Y ZONIFICACION

LEYENDA:

- R RECHAZO
- WL LIMITE LIQUIDO
- WP LIMITE PLASTICO
- Ip INDICE DE PLASTICIDAD
- G GRAVA
- S ARENA
- M LIMO
- C ARCILLA
- γs PESO ESPECIFICO SOLIDOS
- γu PESO ESPECIFICO SUELO
- σu ANGULO DE FRICCION APARENTE, EN ESFUERZOS TOTALES
- cu COHESION APARENTE, EN ESFUERZOS TOTALES
- σ' ANGULO DE FRICCION INTERNA, EN ESFUERZOS EFECTIVOS
- c' COHESION DRENADA, EN ESFUERZOS EFECTIVOS
- LIMITE PROBABLE DE LAS ZONAS

NOTAS:

- PARA SIMBOLOGIA, VER PLANO: 0209-A-1519
- PARA CORTES GEOSTRATIGRAFICOS A-A' Y H-H', VER PLANO 0209-G-1525

50 0 50 100 m

ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO  
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES

INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION  
QUITO - ECUADOR

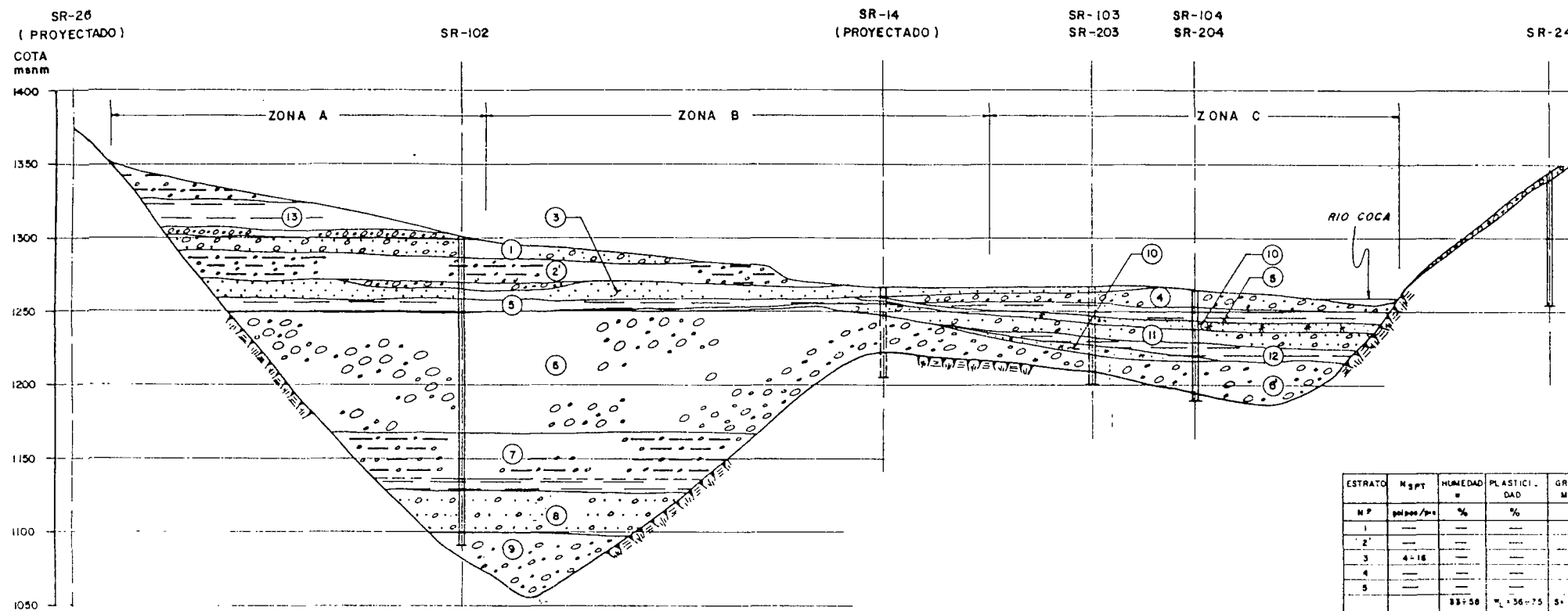
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR  
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"  
INFORME GENERAL  
MECANICA DE SUELOS  
CORTES GEOSTRATIGRAFICOS (C-C', I-I', B-B')

HOJA 02 ESC INDICADA

DISEÑADO	F.G.M.	RECOMENDADO	
DIBUJADO	V.H.A.	APROBADO	
REVISADO	SA		
FECHA	DICIEMBRE / 1987	REF	0209-A-1524



# CORTE H - H'



## LEYENDA:

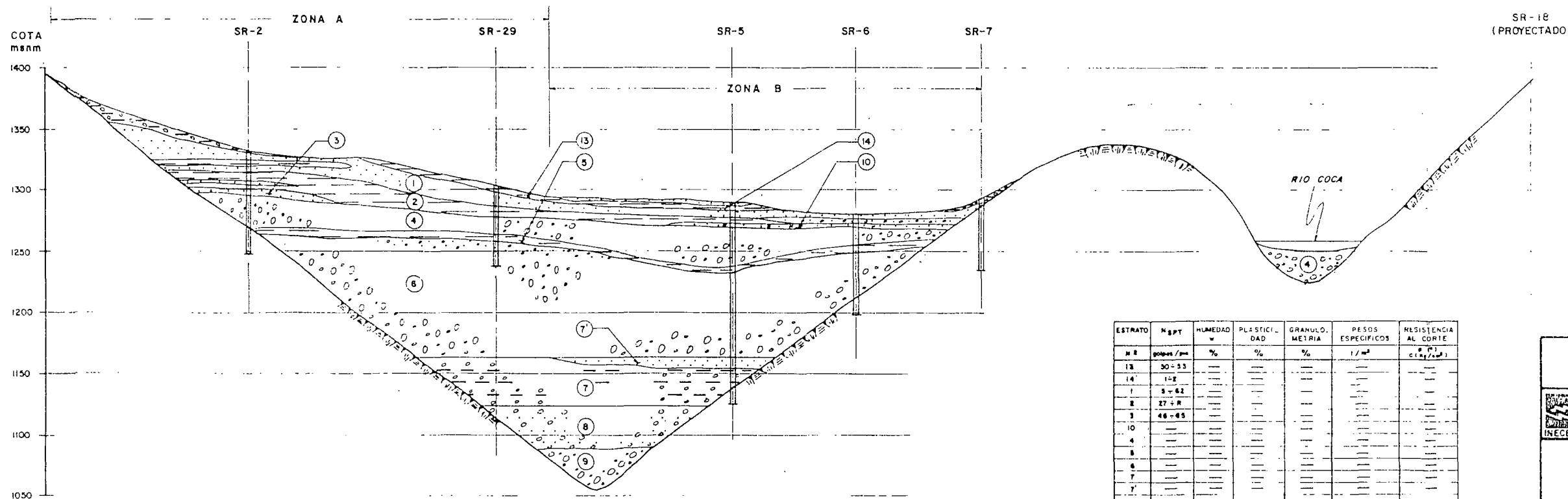
- R REHAZO
- $w_L$  LIMITE LIQUIDO
- $w_p$  LIMITE PLASTICO
- $I_p$  INDICE DE PLASTICIDAD
- G GRAVA
- S ARENA
- M LIMO
- C ARCILLA
- $\gamma_s$  PESO ESPECIFICO SOLIDOS
- $\gamma$  PESO ESPECIFICO SUELO
- $\theta_u$  ANGULO DE FRICCION APARENTE, EN ESFUERZOS TOTALES
- $c_u$  COHESION APARENTE, EN ESFUERZOS TOTALES
- $\theta'$  ANGULO DE FRICCION INTERNA, EN ESFUERZOS EFECTIVOS
- $c'$  COHESION DRENADA, EN ESFUERZOS EFECTIVOS
- LIMITE PROBABLE DE LOS ESTRATOS

ESTRATO	$N_{spt}$	HUMEDAD	PLASTICIDAD	GRANULOMETRIA	PESOS ESPECIFICOS	RESISTENCIA AL CORTE
Nº	golpes/cm	%	%	%	$\gamma$ / m <sup>3</sup>	$\tau$ (kg/cm <sup>2</sup> )
1	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—
3	4-16	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—
5	—	—	—	—	—	—
5'	—	33-50	$w_L = 36-75$ $w_p = 27-52$ $I_p = 10-25$	$S = 1-40$ $M = 55-90$ $C = 8-37$	$\gamma_s = 2.64-2.79$ $\gamma = 1.61-1.85$	$\theta_u = 2$ $c_u = 1.12$ $\theta' = 29-56$ $c' = 0.2-0.4$
6	—	—	—	—	—	—
10	9-43	—	—	—	—	—
11	14-90	—	—	—	—	—
12	12	20-75	$w_L = 23-92$ $w_p = 18-84$ $I_p = 8-33$	$G = 0-34$ $S = 3-71$ $M = 22-80$ $C = 8-33$	$\gamma_s = 2.54-2.77$ $\gamma = 1.80-1.96$	$\theta_u = 34-42$ $c_u = 0$
10	17-56	—	—	—	—	—
6'	13-8	—	—	—	—	—
7	—	—	—	—	—	—
8	—	—	—	—	—	—
9	—	—	—	—	—	—

## NOTA:

- LA UBICACION DE LOS CORTES SE PRESENTA EN EL PLANO 0209-A-1524

# CORTE A - A'



ESC 50 0 50 100 m

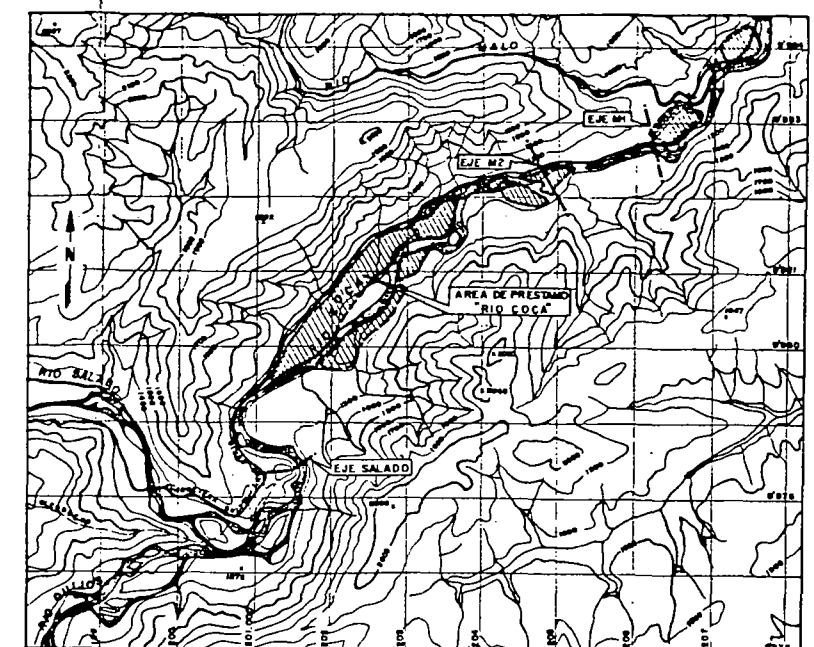
ESTRATO	$N_{spt}$	HUMEDAD	PLASTICIDAD	GRANULOMETRIA	PESOS ESPECIFICOS	RESISTENCIA AL CORTE
Nº	golpes/cm	%	%	%	$\gamma$ / m <sup>3</sup>	$\tau$ (kg/cm <sup>2</sup> )
13	30-53	—	—	—	—	—
14	1-2	—	—	—	—	—
1	3-62	—	—	—	—	—
2	27-8	—	—	—	—	—
3	48-65	—	—	—	—	—
10	—	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—
5	—	—	—	—	—	—
6	—	—	—	—	—	—
7	—	—	—	—	—	—
7'	—	—	—	—	—	—
8	—	—	—	—	—	—
9	—	—	—	—	—	—

ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO	
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES	
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION	
QUITO - ECUADOR	
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR	
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA	
INFORME GENERAL	
MECANICA DE SUELOS	
SITIO PRESA SALADO	
CORTES GEOESTRATIGRAFICOS (H-H', A-A')	
FECHA	DICIEMBRE / 1987
REF	0209-A-1525



The map illustrates the Rio Mayo area, highlighting recent alluvial fans (ALUVIALES RECIENTES) and ancient terraces (TERRAZAS ANTIGUAS). Key features include:

- ALUVIALES RECIENTES:** Recent alluvial fans, labeled PAL-1 through PAL-6, are shown as shaded areas along the river.
- TERRAZAS ANTIGUAS:** Ancient terraces, labeled PAL-1 and PAL-2, are shown as shaded areas on the right side of the map.
- Rio Mayo:** The main river channel is labeled RIO MAYO.
- EJE M1 and EJE M2:** Major roads or axes are labeled EJE M1 and EJE M2.
- EJE SALADO:** A road or axis is labeled EJE SALADO.
- EST. DE BOMBEO EL SALADO:** A station or facility is labeled EST. DE BOMBEO EL SALADO.
- Contour Lines:** The map shows contour lines indicating elevation, with labels such as 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, and 2000.
- Scale Bar:** A scale bar at the bottom indicates distances up to 1000 meters.



- 
- 0.5 0 0.5 1 Km

- 

- ① ARENA LIMOSA FINA Y MEDIA, MARRON GRISACEO, MICACEA, LIBERAMENTE DENSA. PRESENCIA DE RAICES. 15 % DE FINOS.
- ② GRAVA LIMOSA CON 10 % FINOS Y FRAGMENTOS SEMIANGULOSOS DE TAMAÑO MAXIMO = 50 cm. COLOR GRIS.
- ③ ARENA LIMOSA MARRON OSCURO CON 10 % DE GRAVA Y BLOQUES Y 35 % FINOS PLASTICOS. OXIDACION. NO SE MUESTREA POR LA MALA CALIDAD DEL MATERIAL.

- 
- Diagram illustrating the vertical profile of the water body, showing two layers (1 and 2) and a water level indicator at 0.7 m depth.

- ① BLOQUES Y CANTOS RODADOS DE HASTA 50 cm. DE TAMAÑO MAXIMO.
- ② CANTO RODADO Y GRAVA ARENOSA BIEN GRADUADA, TAMAÑO MAXIMO OBSERVADO = 40 cm. MAYOR CANTIDAD DE FRAGMENTOS GRANDES.

- ① ARENA FINA A MEDIA, GRIS, BIEN GRADUADA.
- ② ALUVIAL CON FRAGMENTOS REDONDEADOS DE BUENA CALIDAD, BIEN GRADUADO. TAMAÑO MÁXIMO = 20 cm. GRAVA ARENOSA CON ALGUN CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA.

BLOQUES	GRAVA	ARENA			FINOS	
		GRUESA	MEDIA	FINA	LIMO	ARCILLA
<p style="text-align: center;">FAJA GRANULOMETRICA</p>						
TAMICES	9" 1 1/2" 3/4" 3/8" 4 8 10 20 40 60 100 200					Nº TABLA
ARTM						ABERTURA (mm)

[illegible]

POZO	PROFUNDIDAD	DESGASTE		PESOS ESPECIFICOS			ABSORCION	COLOR
		ABRASION	SULFATOS	SECO	S.S.S	APARENTE		
Nº	m	%	%	1/m³	1/m³	1/m³		FIG. N
PAL - 1	PAL 1-1	34.6	3.3	2.34	2.44	2.61	4.4	3
PAL - 1	PAL 1-2	34.5	-	2.43	2.53	2.70	4.1	5
PAL - 4	PAL 4-1	16.4	00	2.61	2.69	2.82	2.8	2
PAL - 5	PAL 5-1	15.3	00	2.63	2.70	2.82	2.5	1
PAL - 6	PAL 6-1	17.3	01	2.66	2.69	2.75	1.3	1

0.5 0 0.5 1.5 km

SUELO VEGETAL

ARCILLA INORGANICA

LIMO, LIMO ARCILLOSO

LIMO ARENOSO

ARENA LIMOSA, ARENA ARCILLOSA

ARENA LIMPIA

GRAVA ARENOSA Y/O ARENA GRUOSA, MAL GRADUADA

GRAVA Y CANTOS RODADOS O BLOQUES, LIMPIA, BIEN GRADUADA, CON Poca ARENA

GRAVA LIMOSA, GRAVA ARCILLOSA

CANTOS RODADOS Y BLOQUES

TURBA, SUELOS MUY ORGANICOS

MATERIA ORGANICA - RESTOS VEGETALES

INTERVALO MUESTREADO

TRINCHERA

POZO

LIMITE PROBABLE DEL AREA DE PRESTAMO

CAMBIO DE TIPO DE SUELO

FILTRACION

NIVEL FREATICO

ELECTROCONSULT-TRACTIONEL - RADIO  
ASTEC-INELIN - INGECONSULT - CAMINOS Y CANALES

INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION

QUITO - ECUADOR

PROYECTO MICROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"  
INFORME GENERALINFORME GENERAL  
MECANICA DE SUELOS

AREA DE PRESTAMO "RIO COCA"  
ALUVIALES

INDICADA

1980	P. 6. 12 (2)	00000000	1/1	1/1
------	--------------	----------	-----	-----

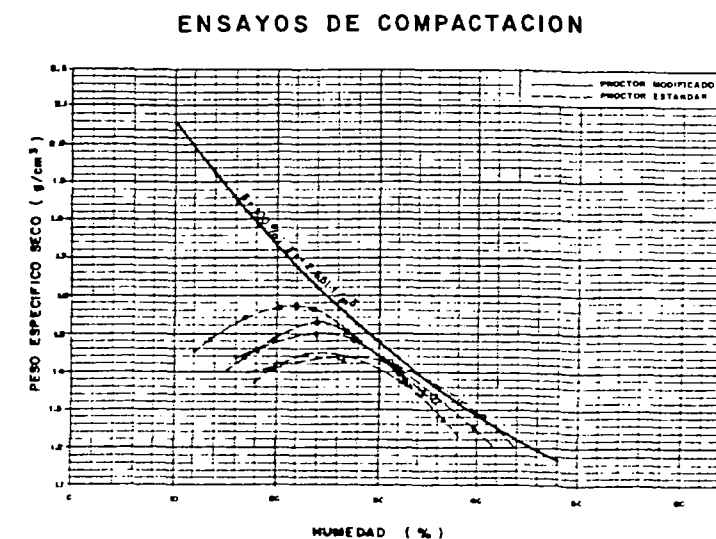
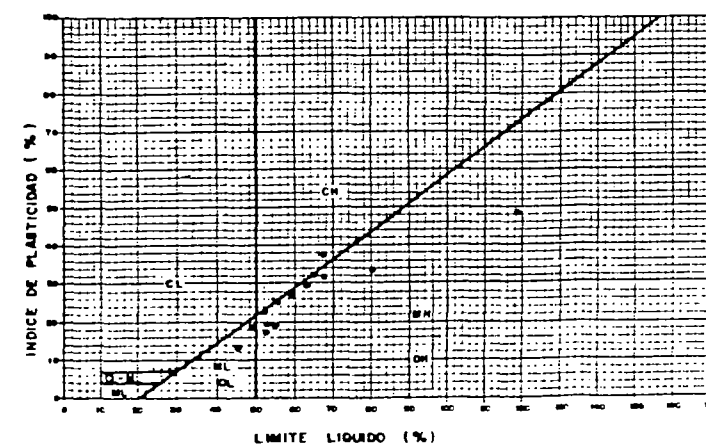
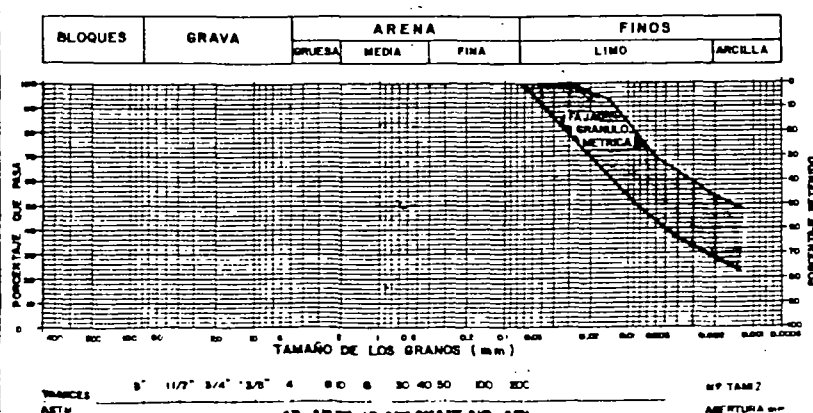
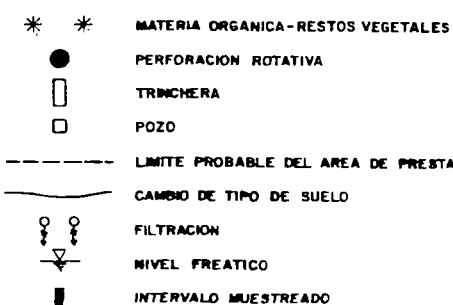
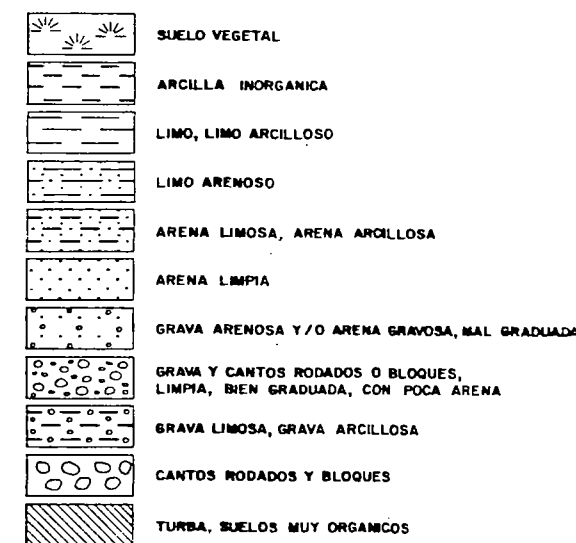
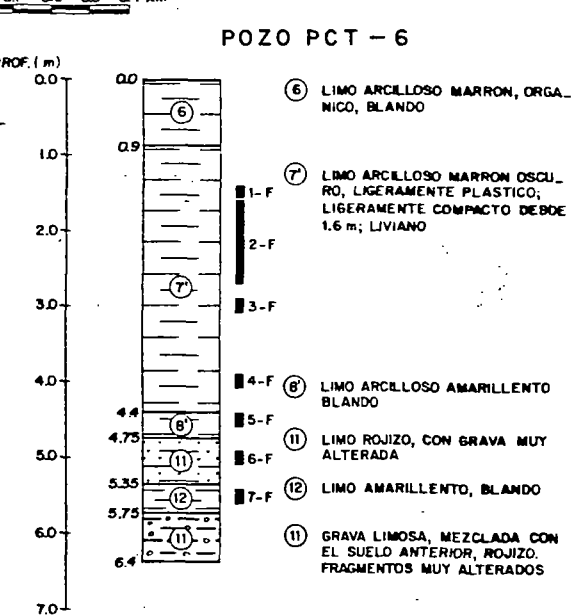
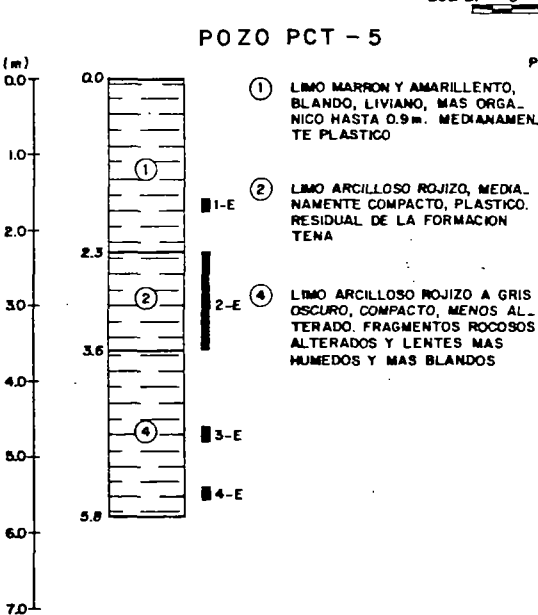
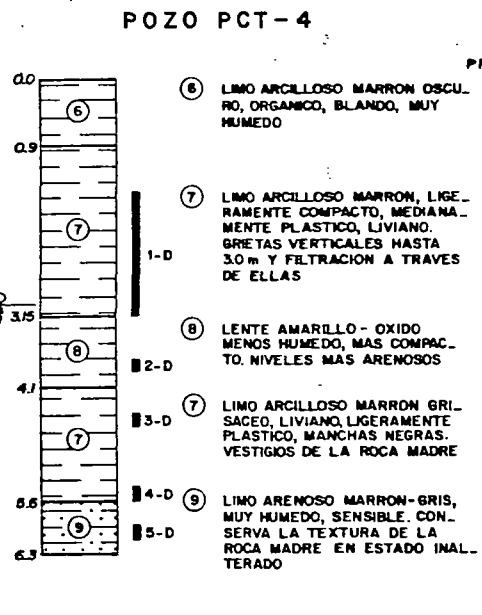
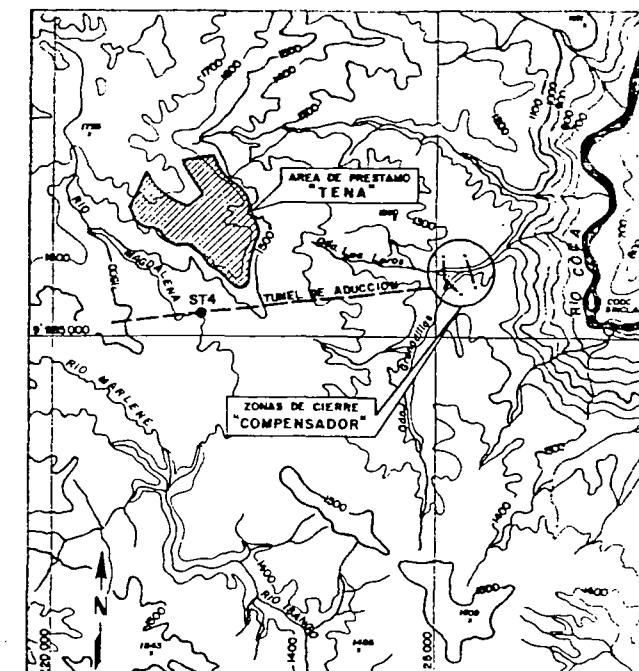
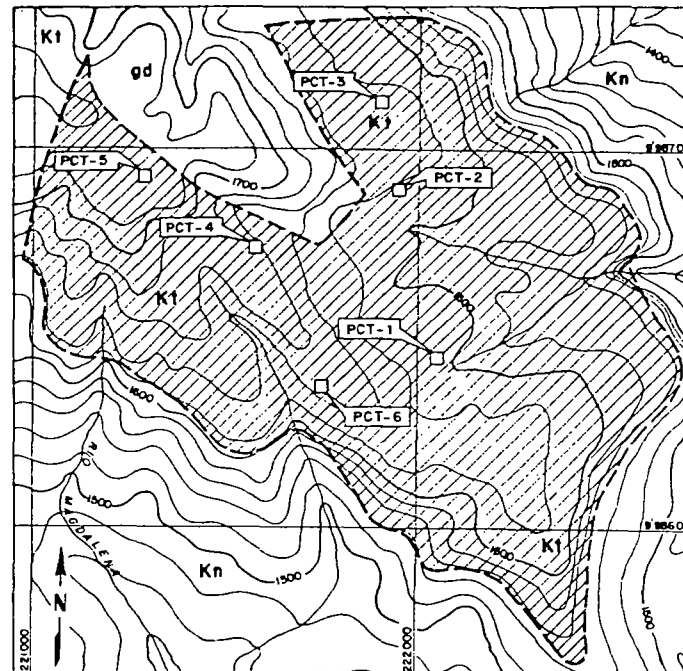
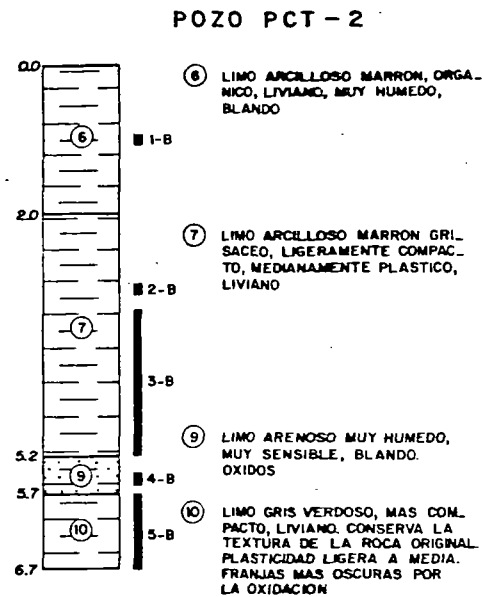
ADD	R.A.G./KHA	R.D.			
-----	------------	------	--	--	--


180	22		APPROVED	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
-----	----	--	----------	--------------------	--------------------

DICIEMBRE / 1987	REV. 0209 - A - 1526
------------------	----------------------

\_\_\_\_\_

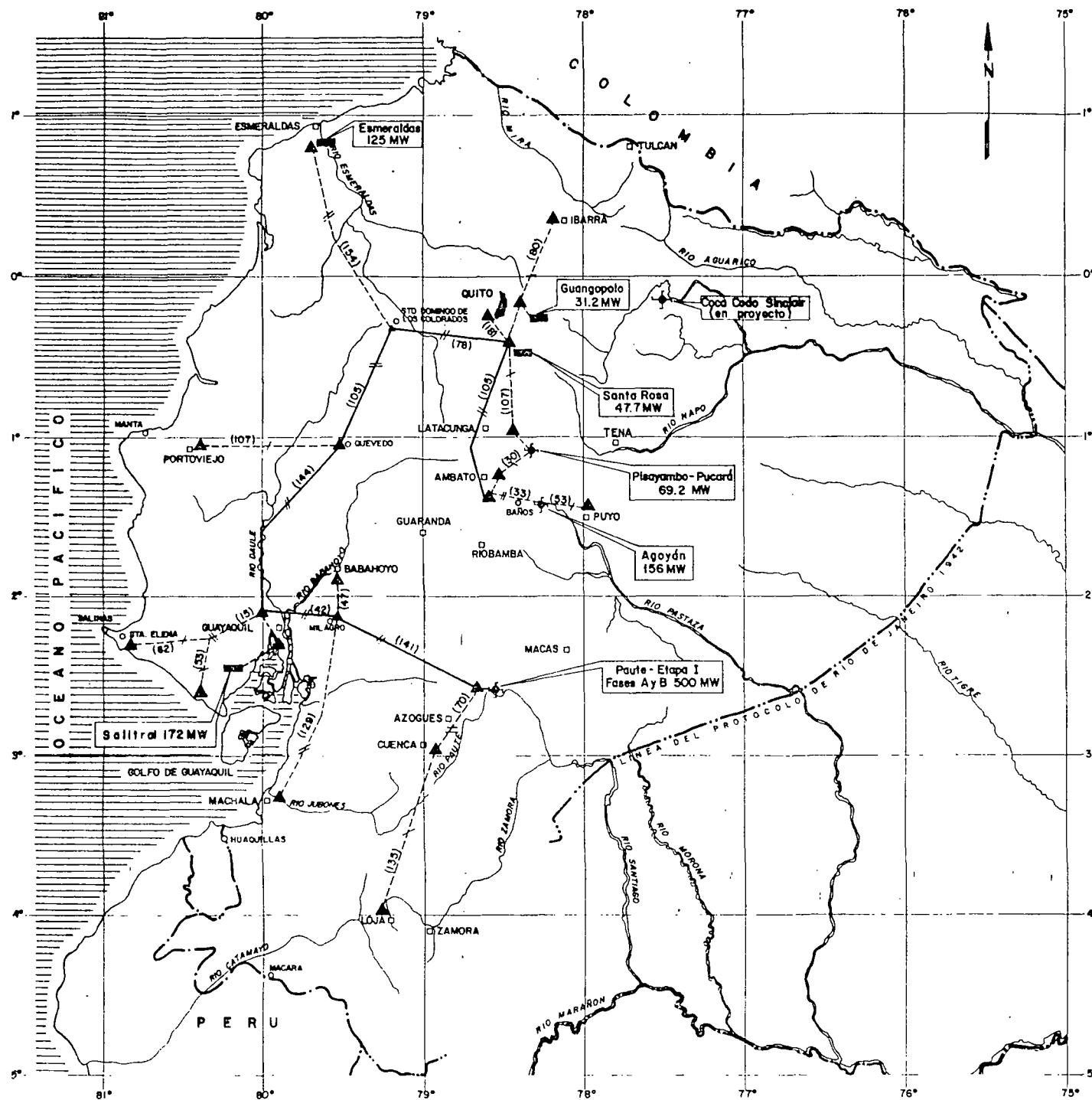




ELECTROCONSULT - TRACCIONEL - RODIO	
ASTEC - INELIN - INGECONSULT - CAMINOS Y CANALES	
	INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION
QUITO - ECUADOR	
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINGLEAIR ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A" INFORME GENERAL MECANICA DE SUELOS AREA DE PRESTAMO "TENA" SUELOS RESIDUALES	
HOJA	DE
DISEÑADO	F. L. M.
DIBUJADO	V. H. A.
REVISADO	S. C.
FECHA	DICIEMBRE / 1987
RECIBIDO	APROBADO
REF 0209 - A - 1527	

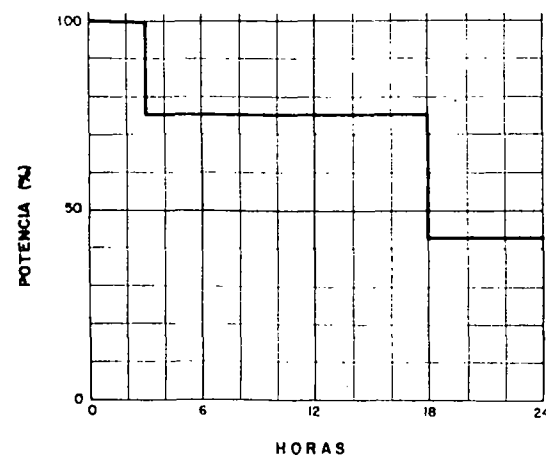


# SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO A 1987

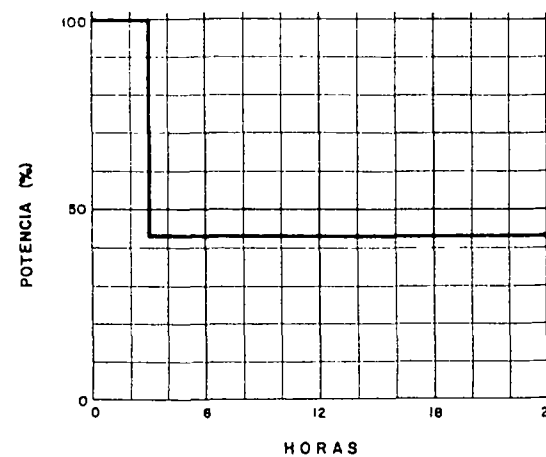


CURVAS DE CARGA DIARIA

Fc = 0.70

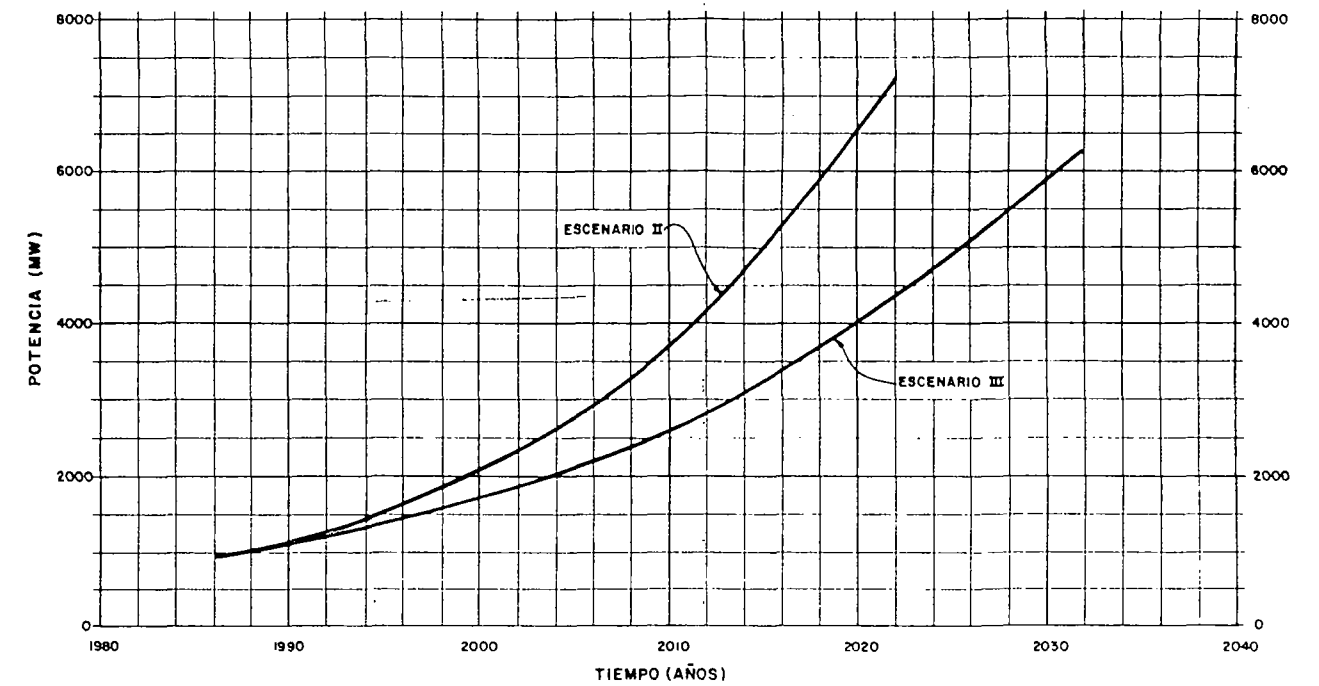


Fc = 0.50

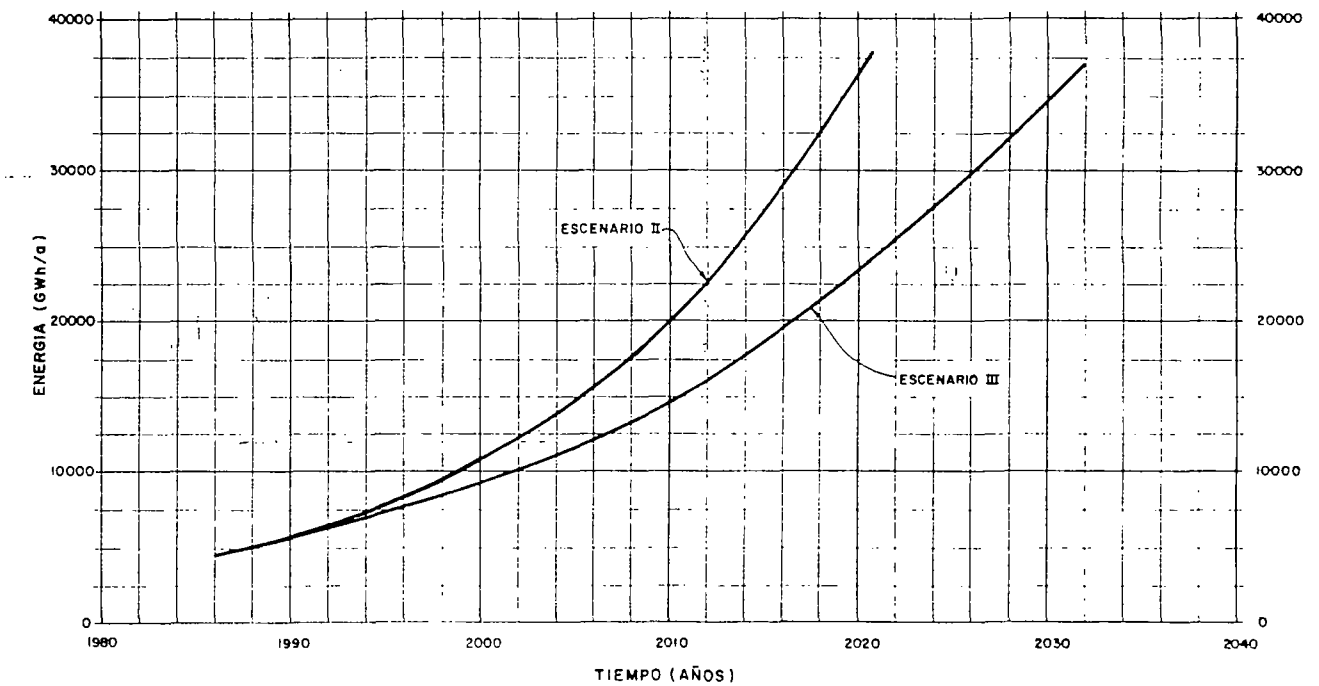


- LEYENDA:
- CAPITAL DE LA REPUBLICA
  - CAPITAL DE PROVINCIA
  - CABECERA CANTONAL
  - LIMITE INTERNACIONAL
  - ⚡ CENTRAL HIDROELECTRICA
  - CENTRAL TERMICA
  - ▲ SUBESTACION
  - LINEA DE TRANSMISION 230KV
  - - - LINEA DE TRANSMISION 138KV
  - // SIMPLE Y DOBLE CIRCUITO
  - (80) LONGITUD EN KILOMETROS

## CURVAS DE DEMANDA DE POTENCIA DEL SISTEMA GLOBAL NACIONAL



## CURVAS DE DEMANDA DE ENERGIA DEL SISTEMA GLOBAL NACIONAL



ESC 20 0 20 40 60 80 Km

### NOTAS:

— LAS INFORMACIONES DE DEMANDA Y ENERGIA ASI COMO DE CURVAS DE CARGA DIARIA FUERON PROPORCIONADAS POR INECEL RESPECTIVAMENTE EN SEPTIEMBRE DE 1986 Y EN MAYO DE 1987.

— AL FINAL DEL ESTUDIO ( VEASE PLANO 0209 - A - 1561 ) LAS CURVAS DE DEMANDA DE POTENCIA Y DE ENERGIA FUERON ACTUALIZADAS

ELECTROCONSULT-TRACCIONEL-PRODIO  
ASTEC-INEEL-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES

INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION  
QUITO - ECUADOR

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"

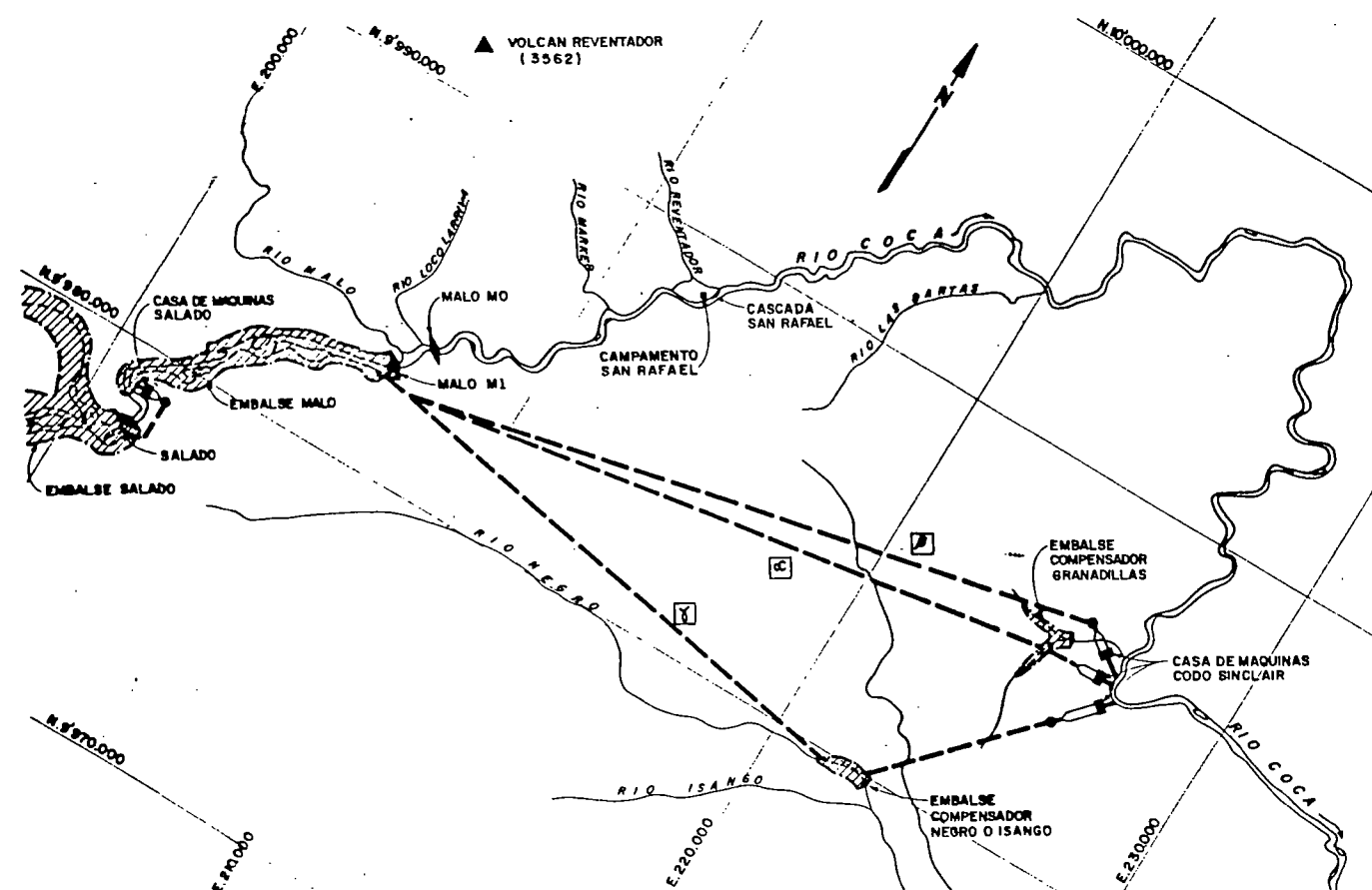
INFORME GENERAL

SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO Y MERCADO ELECTRICO

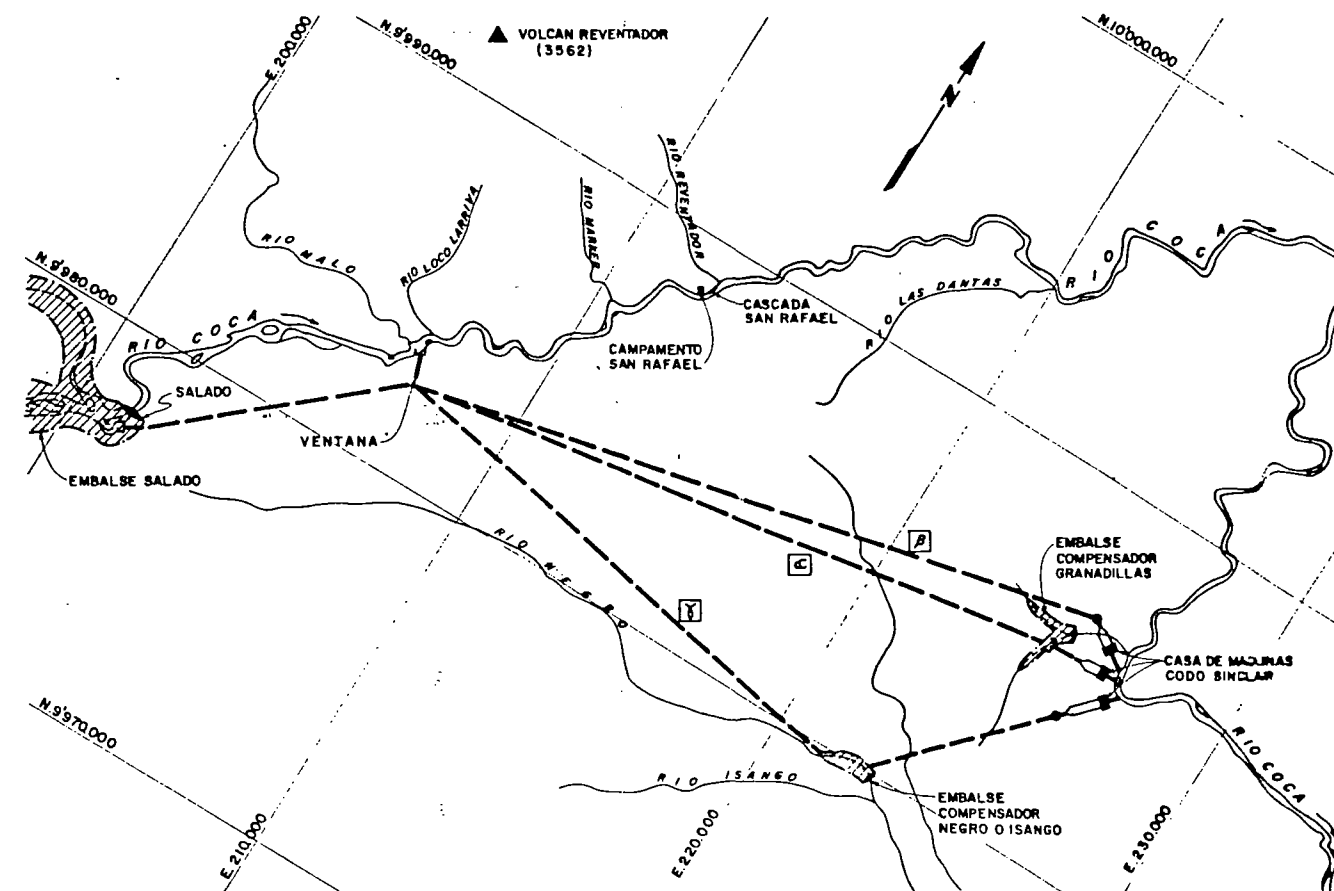
HOJA DE		ESC INDICADA	
DESARROLLADO	S.F./L.S.L.	RECOMENDADO	<i>[Signature]</i>
DISEÑADO	M.M./S.M.	APROBADO	<i>[Signature]</i>
REVISADO	<i>[Signature]</i>	FECHA	DICIEMBRE/1987
REF		0209-A-1528	



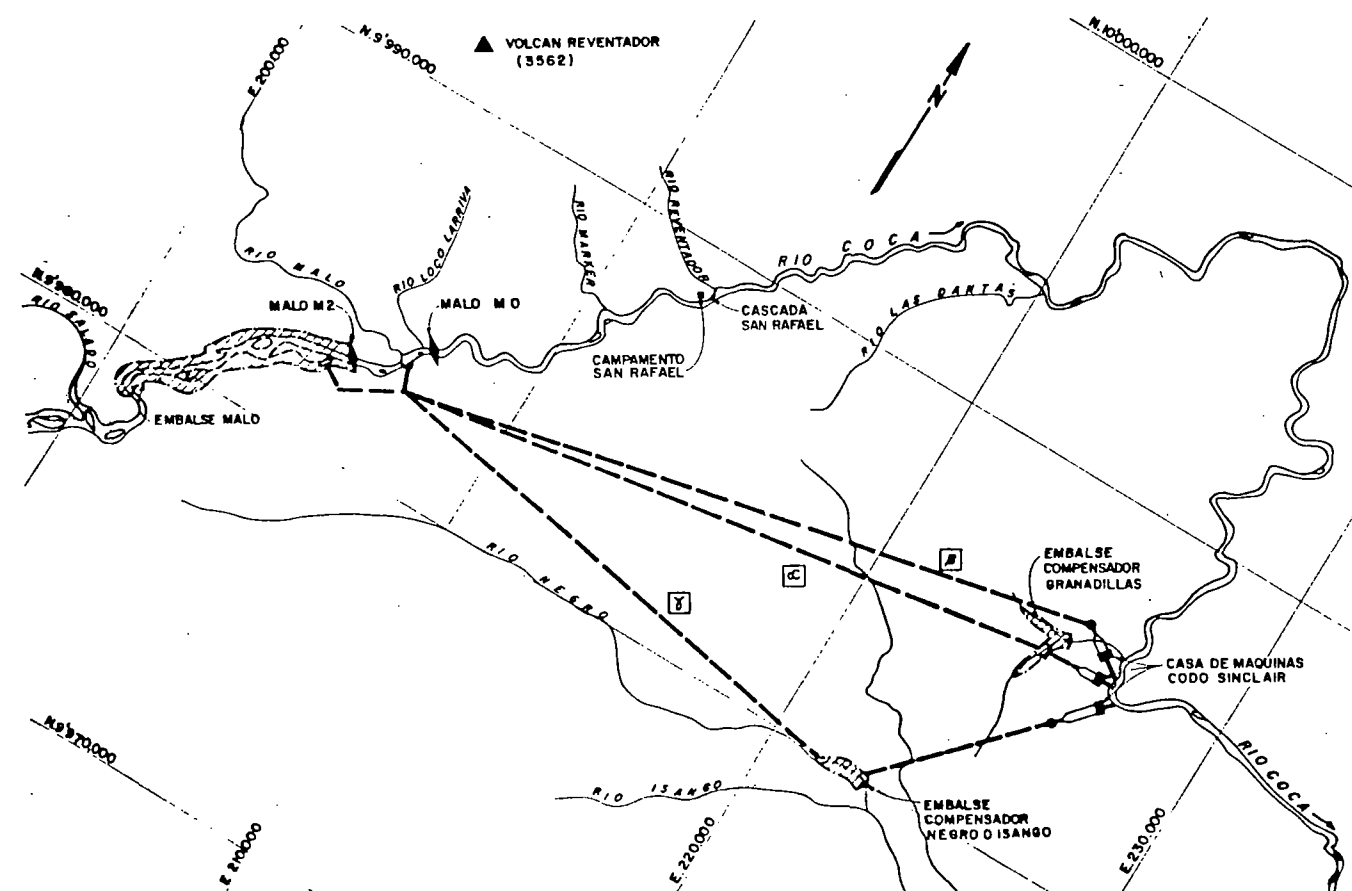
# ESQUEMAS A-A0



# ESQUEMAS B



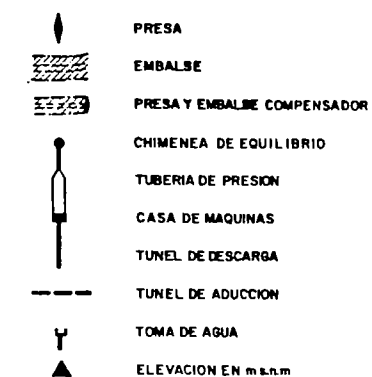
# ESQUEMAS C-C0



## CARACTERISTICAS DE LOS ESQUEMAS

ESQUEMA	SISTEMA	APROVECHAMIENTOS ALTERNATIVOS	DENOMINACION PARA LA PRESELECCION FINAL
A	SALADO MALO M0 CODO SINCLAIR	A1 (NA 1385) (NA 1264)	CODO SINCLAIR (NADO 606)
		A2 (NA 1365) (NA 1264)	
		A3 (NA 1345) (NA 1264)	
		A4 (NA 1385) (FILO AGUA)	
		A5 (NA 1365) (FILO AGUA)	
		A6 (NA 1345) (FILO AGUA)	
A0	SALADO MALO M1/M2 CODO SINCLAIR	A01 (NA 1385) (NA 1264)	CODO SINCLAIR (NADO 606)
		A02 (NA 1365) (NA 1264)	
		A03 (NA 1345) (NA 1264)	
		A04 (NA 1385) (FILO AGUA)	
		A05 (NA 1365) (FILO AGUA)	
		A06 (NA 1345) (FILO AGUA)	
B	SALADO CODO SINCLAIR	B1 (NA 1385)	CODO SINCLAIR (NADO 606)
		B2 (NA 1365)	
		B3 (NA 1345)	
		B4 (FILO AGUA)	
C	MALO M0 CODO SINCLAIR	C1 (NA 1385)	CODO SINCLAIR (NADO 606)
		C2 (NA 1345)	
		C3 (NA 1325)	
		C4 (FILO AGUA)	
C0	MALO M1/M2 CODO SINCLAIR	C01 (NA 1385)	CODO SINCLAIR (NADO 606)
		C02 (NA 1345)	
		C03 (NA 1325)	
		C04 (FILO AGUA)	

## LEYENDA:



ESC. 3 2 1 0 1 2 3 km

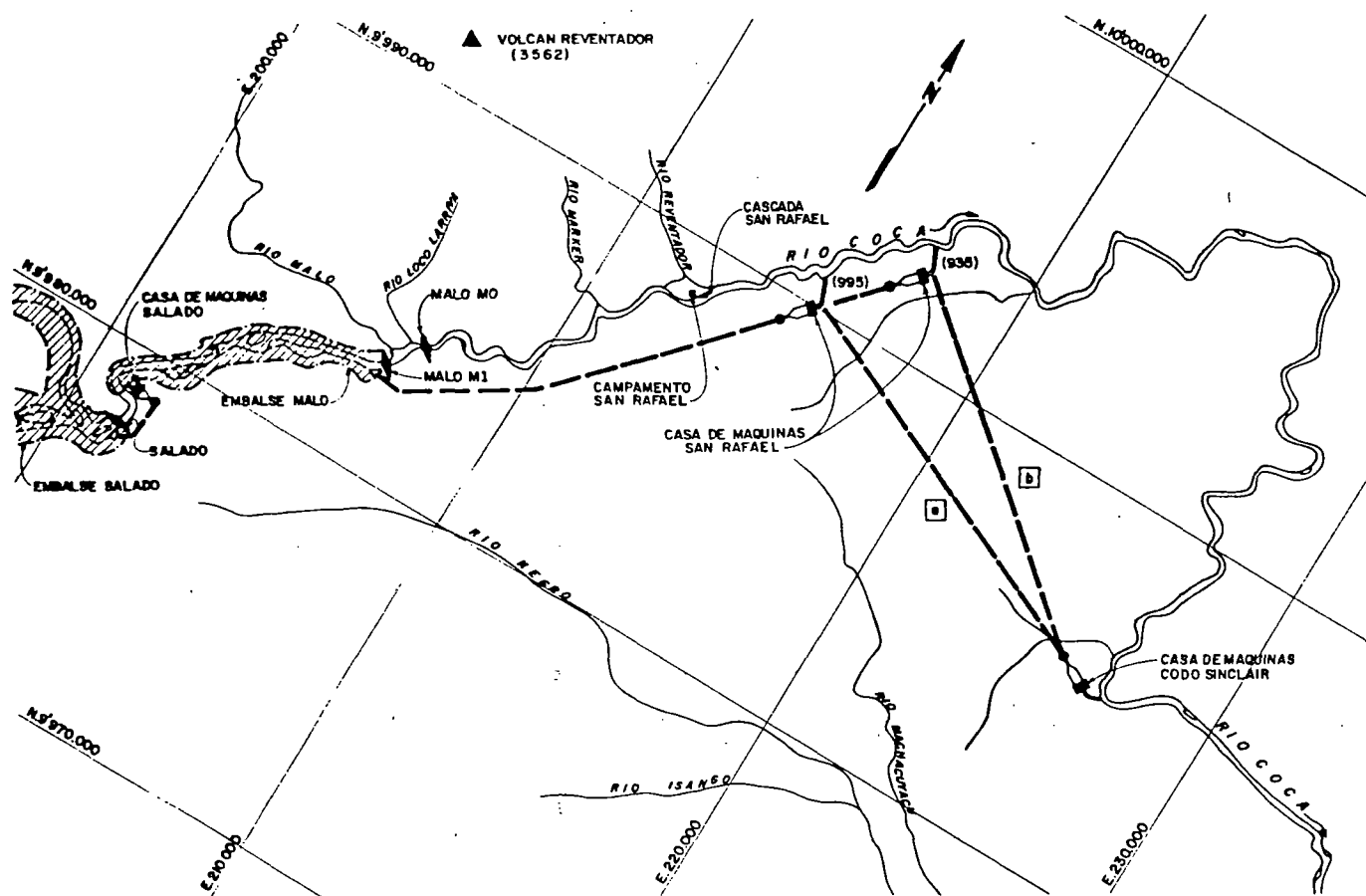
## NOTAS:

- [C], [B] y [Y] SON ALTERNATIVAS DE TRAZADO DEL TUNEL DE ADUCCION QUE CORRESPONDEN RESPECTIVAMENTE A UN TRAZADO CON EL COMPENSADOR GRANADILLAS, TRAZADO CON CHIMENEA DE EQUILIBRIO Y TRAZADO CON EL COMPENSADOR NEGRO O ISANGO
- PARA LOS ESQUEMAS DESDE A1 HASTA A3/A01+A03 SE PREVEE EN PRIMER LUGAR LA CONSTRUCCION DEL APROVECHAMIENTO SALADO Y POSTERIORMENTE EL APROVECHAMIENTO MALO. PARA LOS ESQUEMAS DESDE A4 HASTA A6 (A04+A06) LA SECUENCIA CONSTRUCTIVA ES INVERSA
- LOS ESQUEMAS ENMARCADOS HAN QUEDADO PARA LA PRESELECCION FINAL CON LA DENOMINACION INDICADA

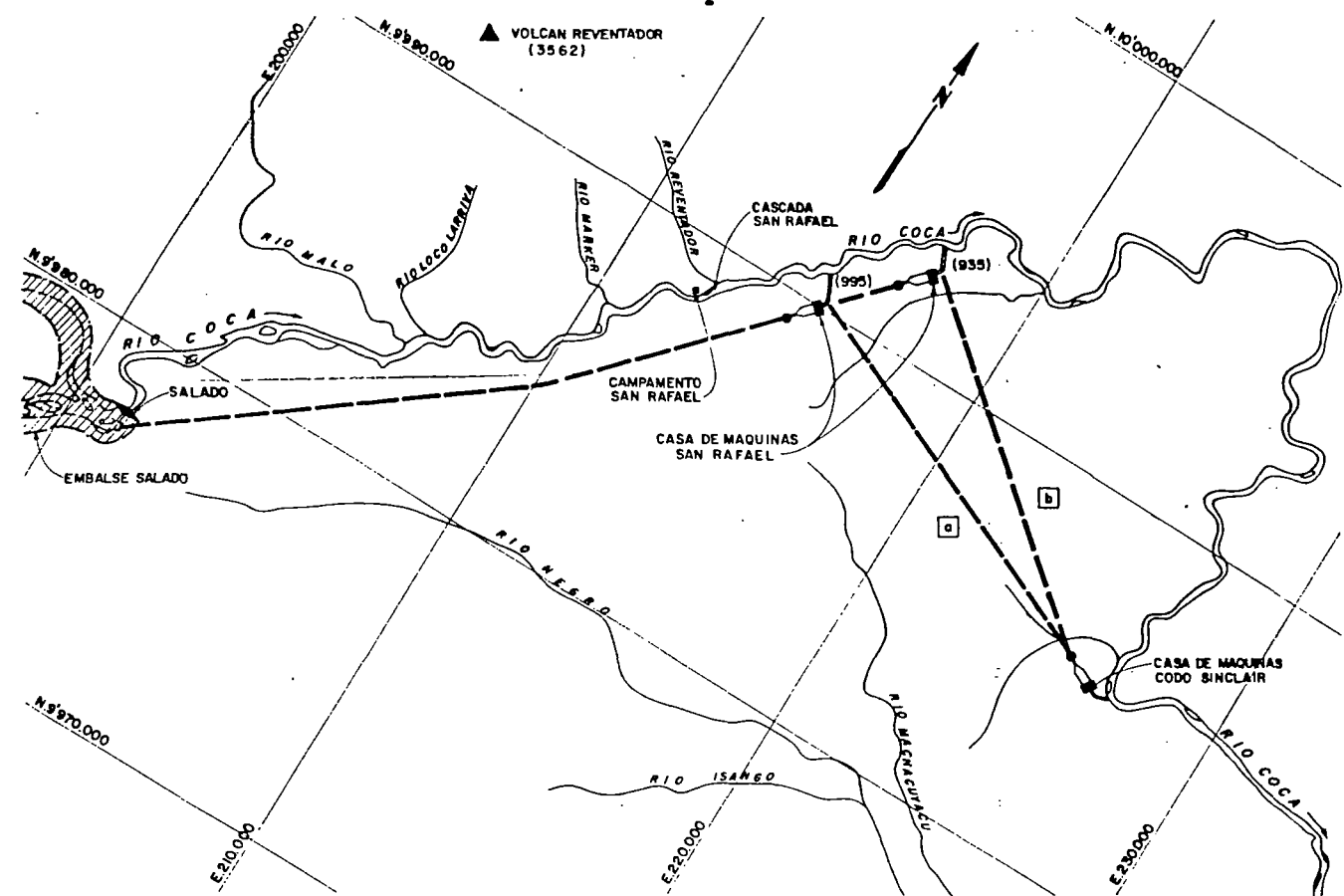
ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO			
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES			
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION			
QUITO - ECUADOR			
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR			
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"			
INFORME GENERAL			
IDENTIFICACION DE ALTERNATIVAS			
ESQUEMAS A) B) Y C)			
HOJA DE	DISERADO	RECOMENDADO	REC. INDICADA
DISERADO	REVISADO	APROBADO	
FECHA	DICIEMBRE / 1987	REF.	0209-A-1529



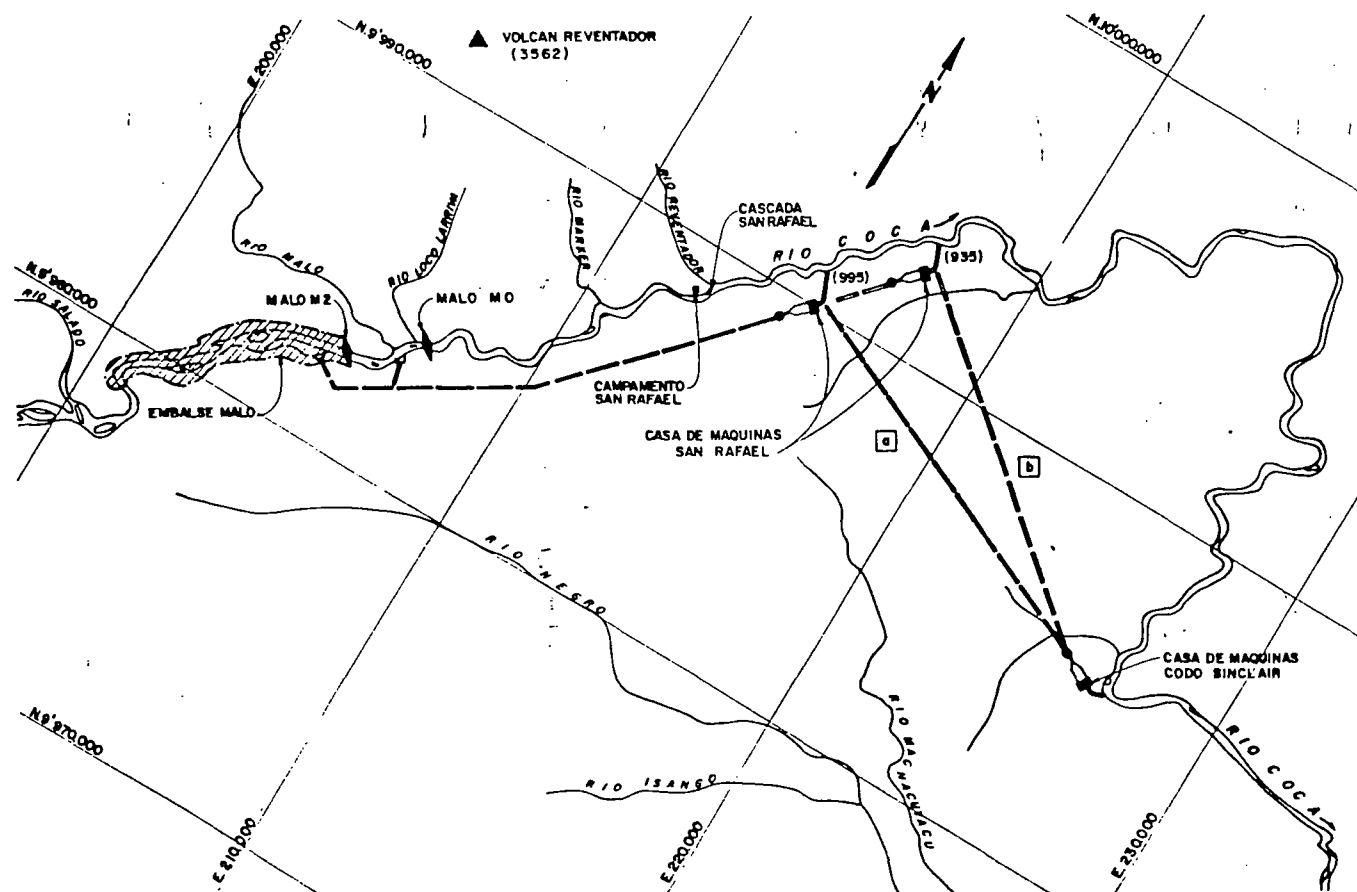
# ESQUEMAS D - DD



# ESQUEMAS E



# ESQUEMAS F - FD



## CARACTERISTICAS DE LOS ESQUEMAS

ESQUEMA	SISTEMA	APROVECHAMIENTOS ALTERNATIVOS	
D	SALADO MALO MO SAN RAFAEL CODO SINCLAIR	D1	(NA 1385) (NA 1264)
		D2	(NA 1365) (NA 1264)
		D3	(NA 1345) (NA 1264)
		D4	(NA 1385) (FILO AGUA) → SAN RAFAEL (995) → CODO SINCLAIR (NADO 606)
		D5	(NA 1365) (FILO AGUA)
		D6	(NA 1345) (FILO AGUA)
DD	SALADO MALO M1/M2 SAN RAFAEL CODO SINCLAIR	DD1	(NA 1385) (NA 1264)
		DD2	(NA 1365) (NA 1264)
		DD3	(NA 1345) (NA 1264)
		DD4	(NA 1385) (FILO AGUA) → SAN RAFAEL (995) → CODO SINCLAIR (NADO 606)
		DD5	(NA 1365) (FILO AGUA)
		DD6	(NA 1345) (FILO AGUA)
E	SALADO SAN RAFAEL CODO SINCLAIR	E1	(NA 1385)
		E2	(NA 1365) → SAN RAFAEL (995) → CODO SINCLAIR (NADO 606)
		E3	(NA 1345) (FILO AGUA)
		E4	(FILO AGUA)
F	MALO MO SAN RAFAEL CODO SINCLAIR	F1	(NA 1365)
		F2	(NA 1345) → SAN RAFAEL (995) → CODO SINCLAIR (NADO 606)
		F3	(NA 1325) (FILO AGUA)
		F4	(FILO AGUA)
FD	MALO M1/M2 SAN RAFAEL CODO SINCLAIR	FD1	(NA 1365)
		FD2	(NA 1345) → SAN RAFAEL (995) → CODO SINCLAIR (NADO 606)
		FD3	(NA 1325) (FILO AGUA)
		FD4	(FILO AGUA)

## LEYENDA:

- PRESA
- EMBALSE
- PRESA Y EMBALSE COMPENSADOR
- CHIMENEA DE EQUILIBRIO
- TUBERIA DE PRESION
- CASA DE MAQUINAS
- TUNEL DE DESCARGA
- TUNEL DE ADUCCION
- TOMA DE AGUA
- ELEVACION EN m s.n.m.

ESC. 3 2 1 0 1 2 3 km

## NOTAS:

- [a] y [b] SON ALTERNATIVAS DE TRAZADO DEL TUNEL DE ADUCCION QUE CORRESPONDEN RESPECTIVAMENTE A UN TRAZADO CON CASA DE MAQUINAS SAN RAFAEL A LA COTA 995 Y A UN TRAZADO CON CASA DE MAQUINAS SAN RAFAEL A LA COTA 935.

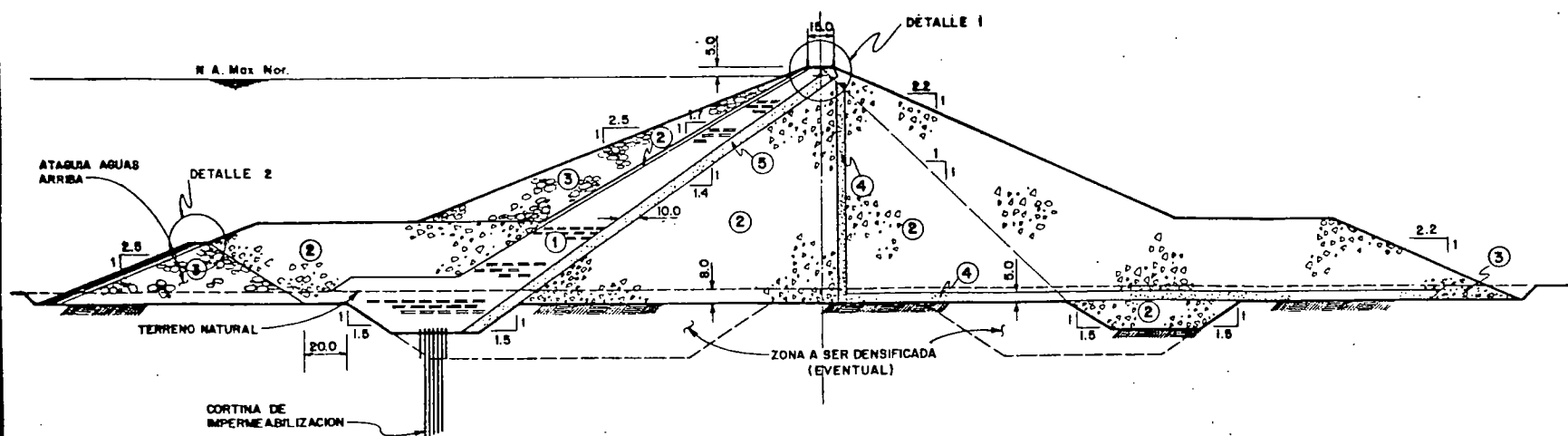
ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO  
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES  
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION  
QUITO - ECUADOR  
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR  
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"  
INFORME GENERAL  
IDENTIFICACION DE ALTERNATIVAS  
ESQUEMAS D, E Y F

NO. DE	ESPECIFICACION	RECOMENDADO	ESPECIFICACION
DEFINIDO	S.P. / L.S.L.		
DISEÑADO	R.B. / PAB.		
REVISADO			
FECHA	DICIEMBRE / 1987	REF	0209 - A-1530



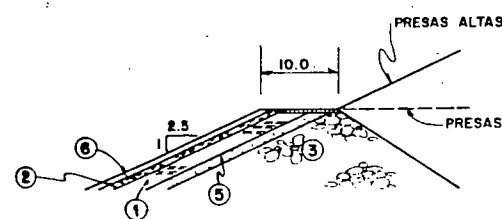
**PRESA DE ESCOLLERA**  
SECCION TIPICA PRESAS ALTAS

ESC. 0 30 60 90 120 150 m



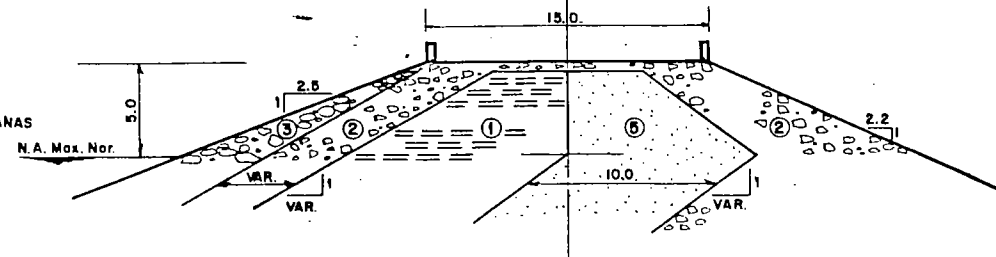
**DETALLE 2**  
CORONA ATAGUA AGUAS ARRIBA

ESC. 0 5 10 15 20 25 m



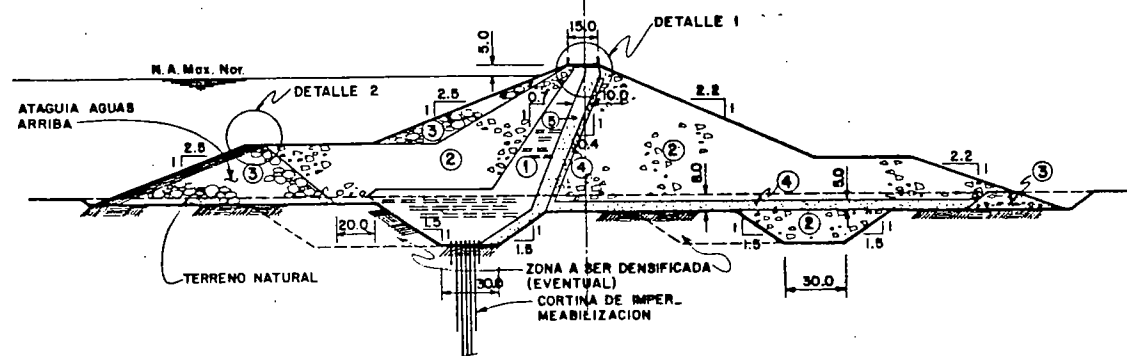
**DETALLE 1**  
CORONA PRINCIPAL

ESC. 0 3 6 9 12 15 m



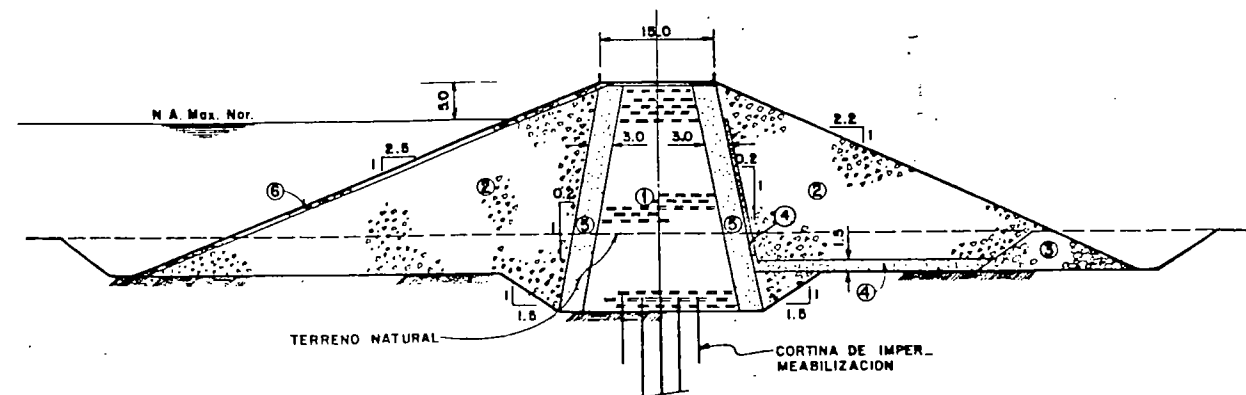
**PRESA DE ESCOLLERA**  
SECCION TIPICA PRESAS MEDIANAS

ESC. 0 30 60 90 120 150 m



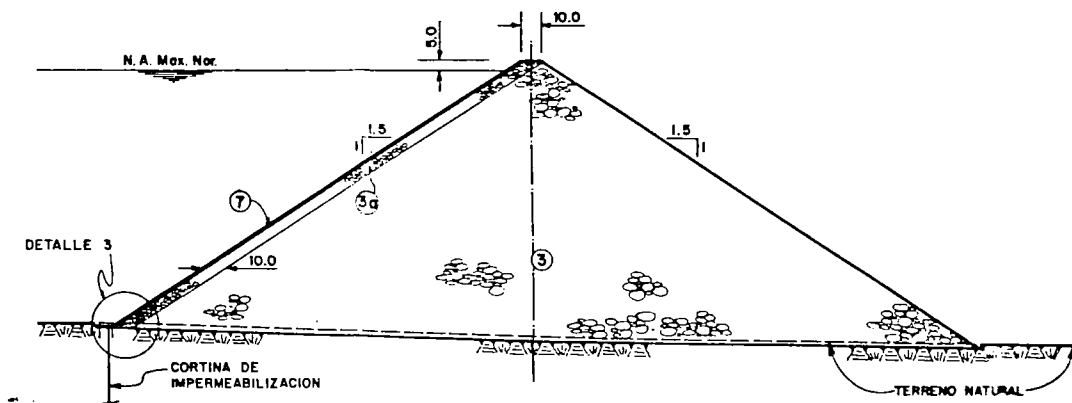
**PRESA DE ESCOLLERA**  
SECCION TIPICA PRESAS FILO DE AGUA O PRESAS CONTRAEMBALSE

ESC. 0 5 10 15 20 25 m



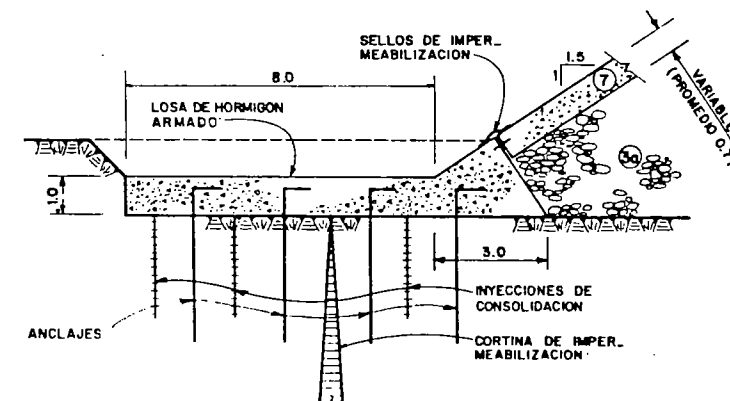
**PRESA DE ESCOLLERA CON PANTALLA IMPERMEABLE**  
SECCION TIPICA PRESAS DEL EMBALSE DE COMPENSACION

ESC. 0 30 60 90 120 150 m



**DETALLE 3**  
UNION DE LA IMPERMEABILIZACION  
AL PIE AGUAS ARRIBA DE LA PRESA

ESC. 0 2.5 5.0 7.5 m



**LEYENDA DE LOS MATERIALES  
DE RELLENO Y DE CONSTRUCCION**

TIPO	MATERIAL
①	NUCLEO DE IMPERMEABILIZACION (LAHAR)
②	MATERIAL DE ESPALDON (FLUVIAL)
③	MATERIAL DE ESPALDON (ESCOLLERA)
④	CAPA DE REGULARIZACION (ESCOLLERA PROCESADA)
⑤	DREN (FLUVIAL PROCESADO)
⑥	FILTRO (FLUVIAL PROCESADO)
⑦	REVESTIMIENTO (RIP-RAP)
⑧	PANTALLA DE IMPERMEABILIZACION (HORMIGON ARMADO)

**NOTAS:**

- LOS ESQUEMAS SON TIPICOS, ESCOGIDOS EN BASE AL CONOCIMIENTO PRESENTE DE LAS CONDICIONES EXISTENTES Y VALEN PARA LOS SITIOS MALO, SALADO Y COMPENSADOR
- NO SE INDICAN DIMENSIONES Y NIVELES LOS CUALES FUERON CONSIDERADOS EN LA DETERMINACION DE LOS VOLUMENES DE CONSTRUCCION DE CADA ALTERNATIVA

ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-ROOIO  
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES

**INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION**  
QUITO - ECUADOR

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR  
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"

**INFORME GENERAL**  
PRESELECCION DE ALTERNATIVAS  
OBRAS TIPICAS  
PRESAS

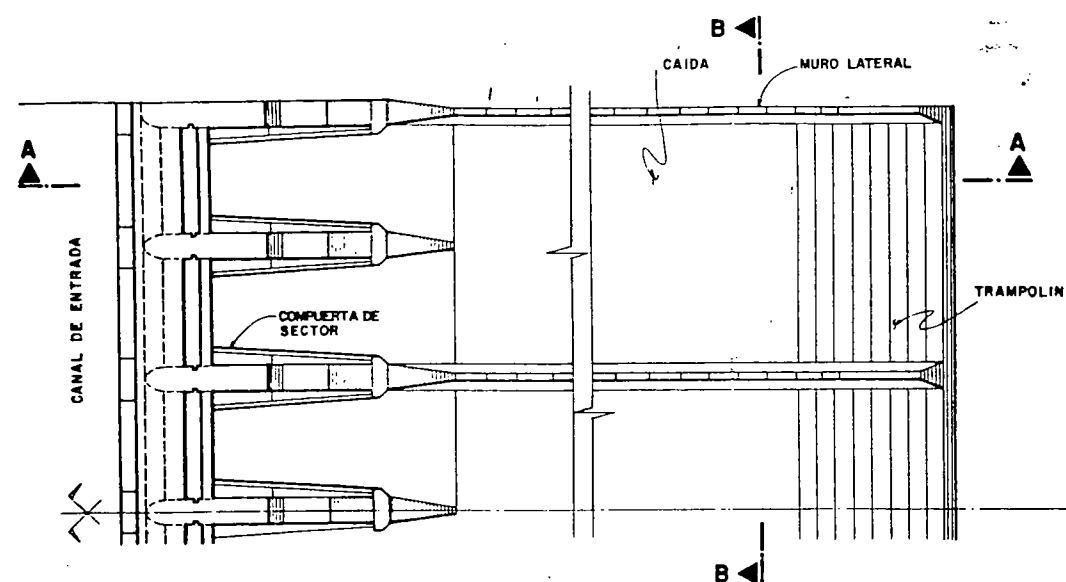
NO. DE	FECHA	REVISADO	APROBADO	FECHA
1	15/10/87	2	15/10/87	3
4	15/10/87	5	15/10/87	6
7	15/10/87	8	15/10/87	9
10	15/10/87	11	15/10/87	12

FECHA	REVISADO	APROBADO	FECHA
15/10/87	15/10/87	15/10/87	15/10/87
15/10/87	15/10/87	15/10/87	15/10/87
15/10/87	15/10/87	15/10/87	15/10/87
15/10/87	15/10/87	15/10/87	15/10/87

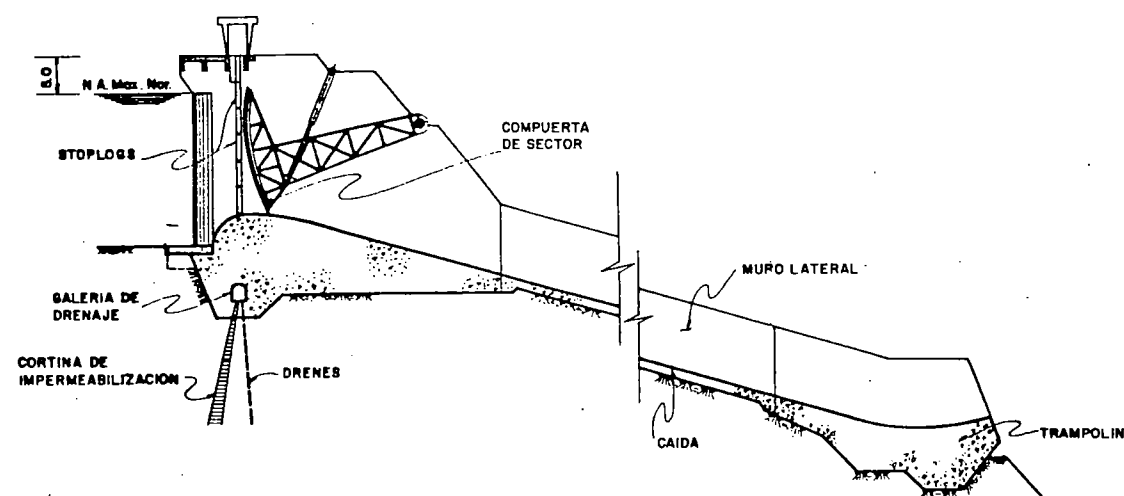
REF 0209-A-1531



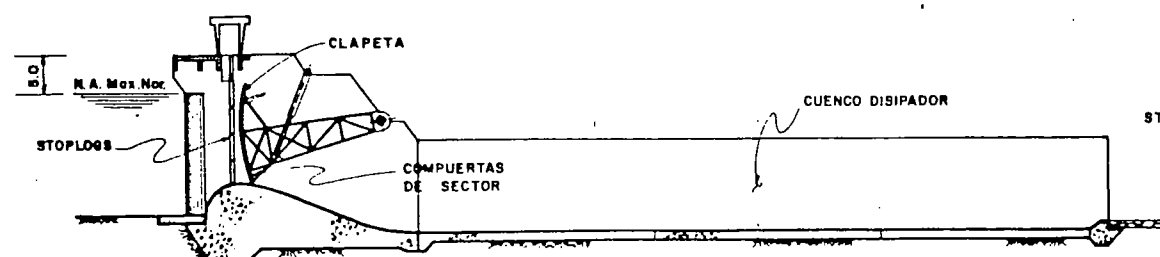
# VERTEDERO PRESAS ALTAS O MEDIANAS PLANTA TÍPICA



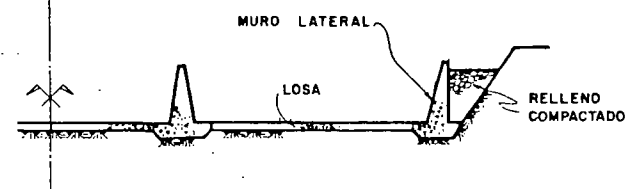
## CORTE A-A SECCION TÍPICA LONGITUDINAL



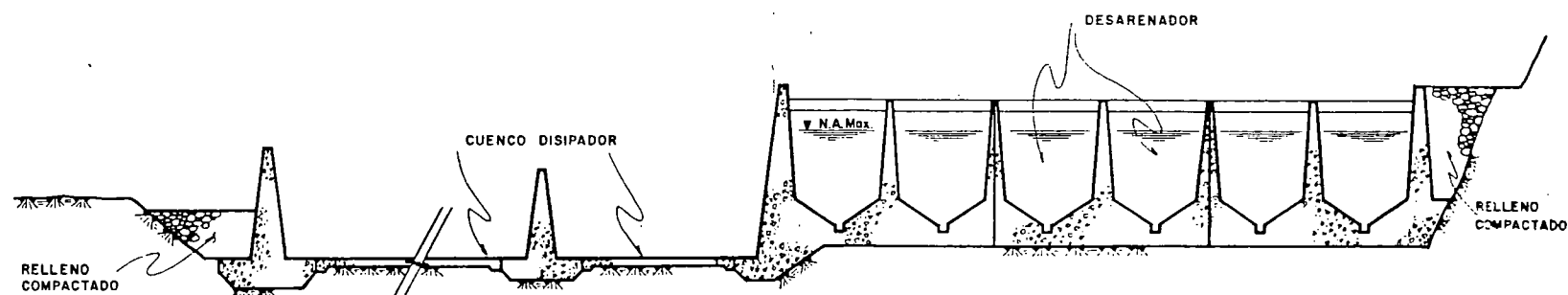
## VERTEDERO PRESAS FILO DE AGUA O CONTRAEMBALSE SECCION TÍPICA LONGITUDINAL



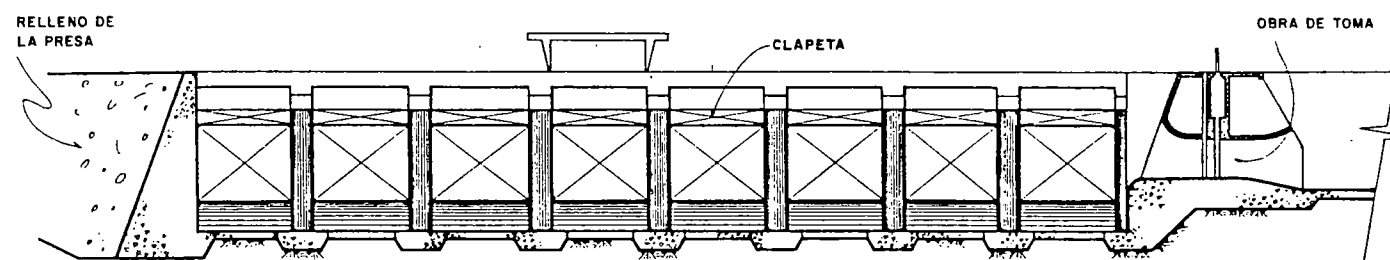
## CORTE B-B CAIDA - SECCION TÍPICA TRANSVERSAL



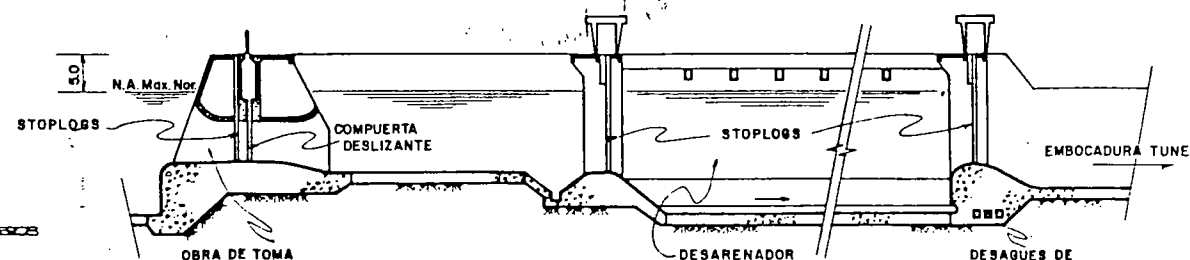
## VERTEDERO/DESARENADOR PRESAS FILO DE AGUA SECCION TÍPICA TRANSVERSAL



## VERTEDERO PRESAS FILO DE AGUA O CONTRAEMBALSE VISTA TÍPICA DESDE AGUAS ARRIBA



## TOMA A FILO DE AGUA SECCION TÍPICA LONGITUDINAL



### NOTAS:

- NO SE INDICAN DIMENSIONES Y NIVELES LOS CUALES FUERON CONSIDERADOS EN LA DETERMINACION DE LOS VOLUMENES DE CONSTRUCCION DE CADA ALTERNATIVA
- NO SE INDICAN LOS DESAGÜES DE FONDO NO CONSIDERADOS EN LA COMPARACION DE ALTERNATIVAS.

ESC. 10 0 10 20 30 m

ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO  
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES

INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION  
QUITO - ECUADOR

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR  
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"  
INFORME GENERAL  
PRESELECCION DE ALTERNATIVAS  
OBRAS TÍPICAS

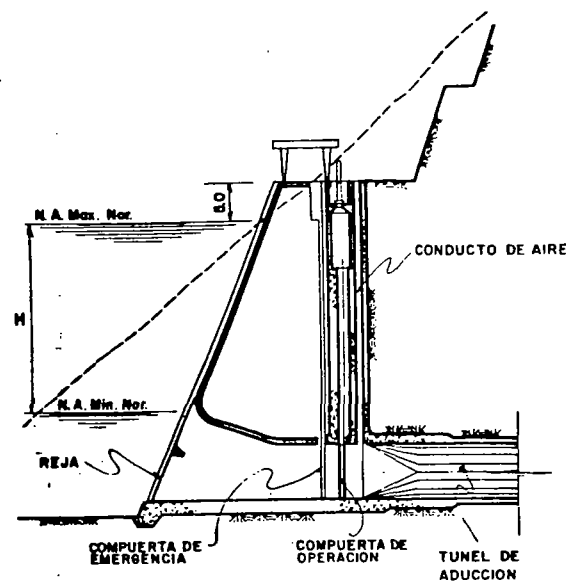
VERTEDEROS, DESARENADOR Y TOMA A FILO DE AGUA  
ESC. INDICADA

DISEÑADO	L.E.	RECOMENDADO	
DIBUJADO	M.M./R.B.	APROBADO	
REVISADO			
FECHA	DICIEMBRE / 1987	REF	0209-A-1532

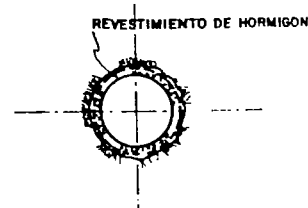
REV. Nº	FECHA	NATURALEZA DE LA REVISION	POR	VERIF	APROB



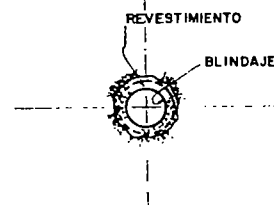
OBRA DE TOMA A PRESION  
SECCION TIPICA LONGITUDINAL  
(CON H ≤ 25m)



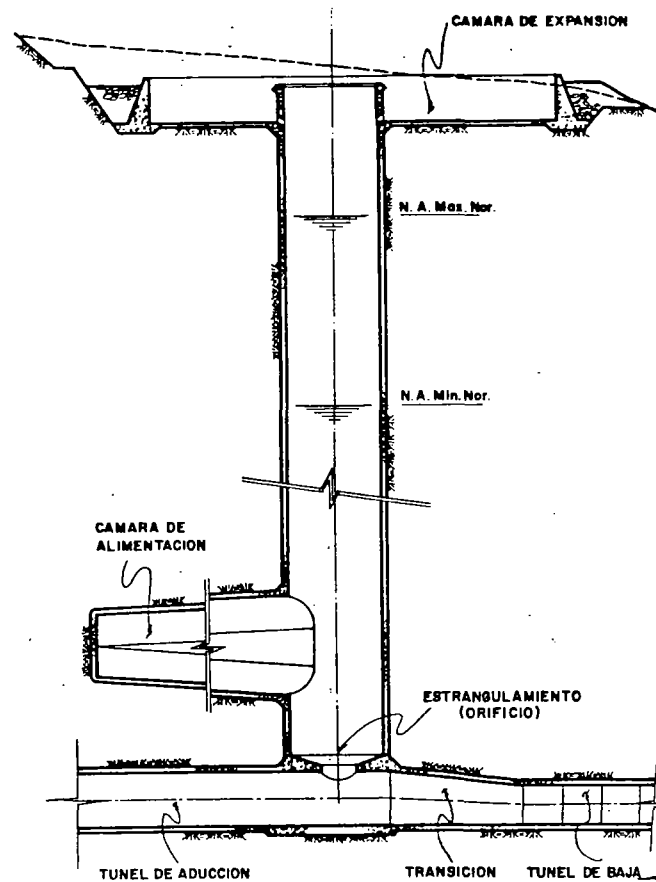
TUNEL DE ADUCCION  
SECCION TIPICA TRANSVERSAL



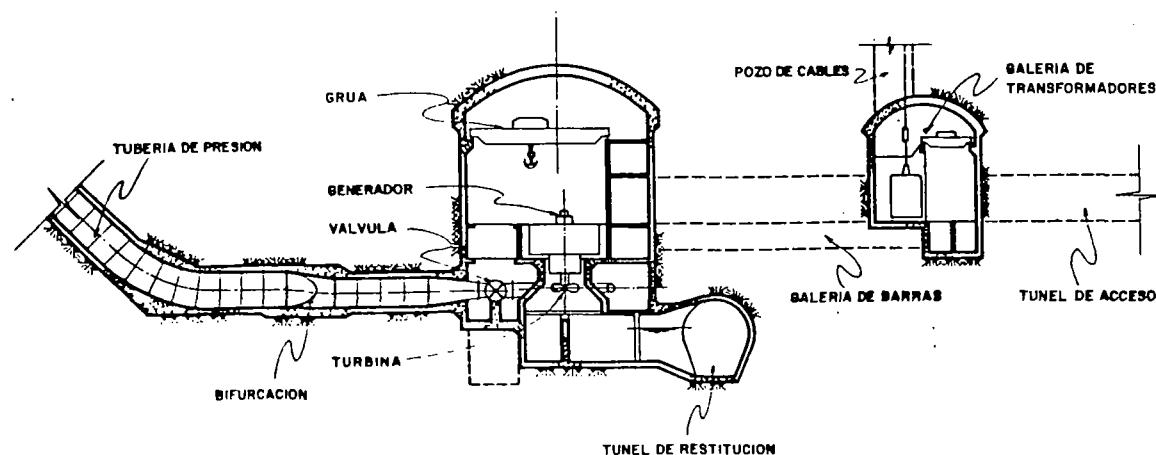
TUBERIA DE PRESION  
SECCION TIPICA TRANSVERSAL



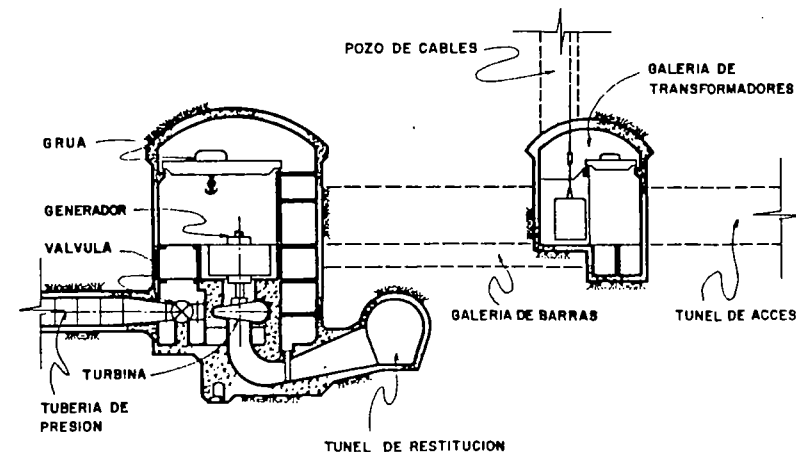
CHIMENEA DE EQUILIBRIO, CAMARA DE VALVULAS  
SECCION TIPICA LONGITUDINAL



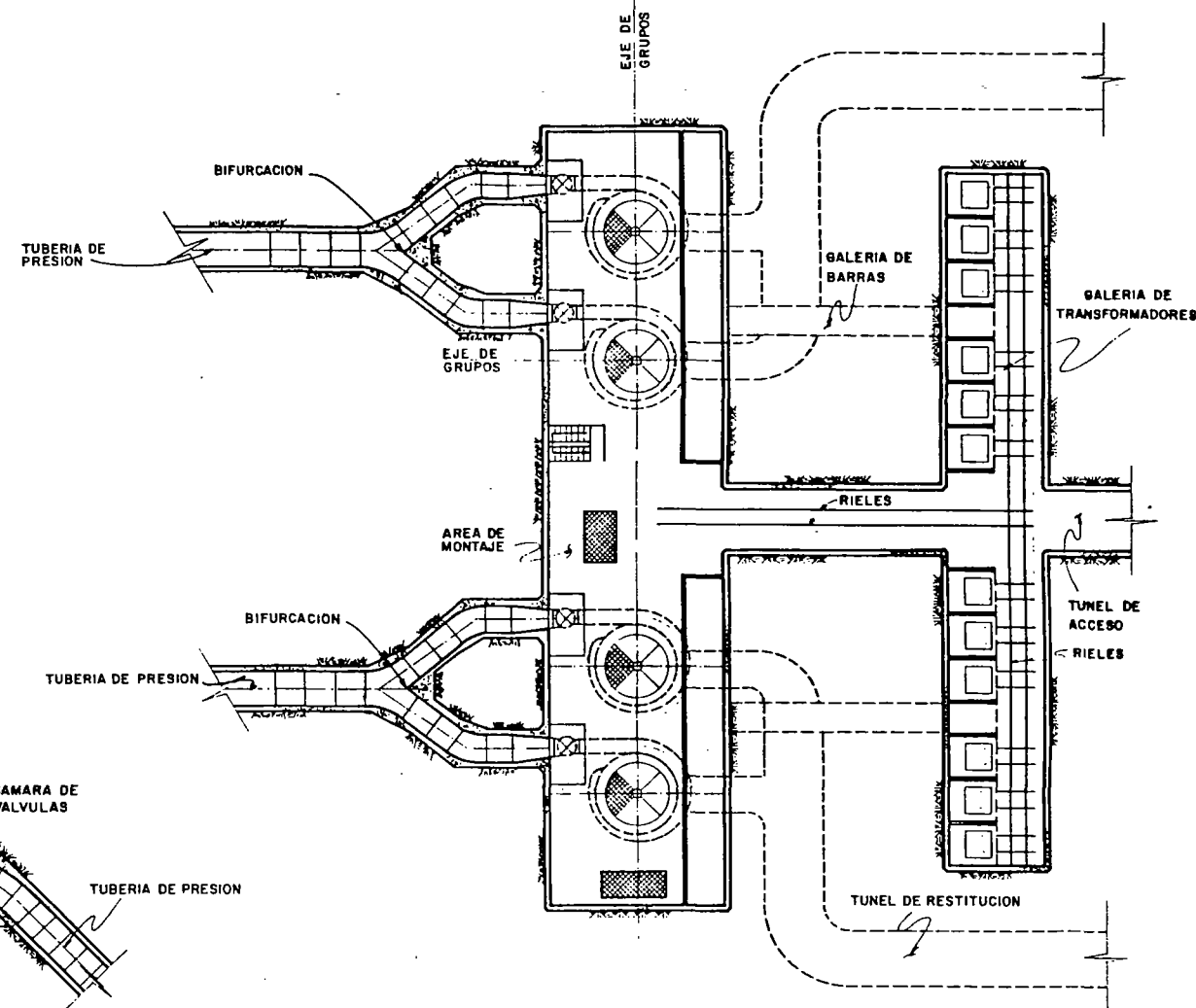
CASA DE MAQUINAS EN SUBTERRANEO  
SECCION TIPICA LONGITUDINAL  
EN CAVERNA EQUIPADA CON GRUPOS PELTON



CASA DE MAQUINAS EN SUBTERRANEO  
SECCION TIPICA LONGITUDINAL  
EN CAVERNA EQUIPADA CON GRUPOS FRANCIS



CASA DE MAQUINAS  
PLANTA TIPICA  
EN CAVERNA EQUIPADA CON GRUPOS PELTON



NOTA:

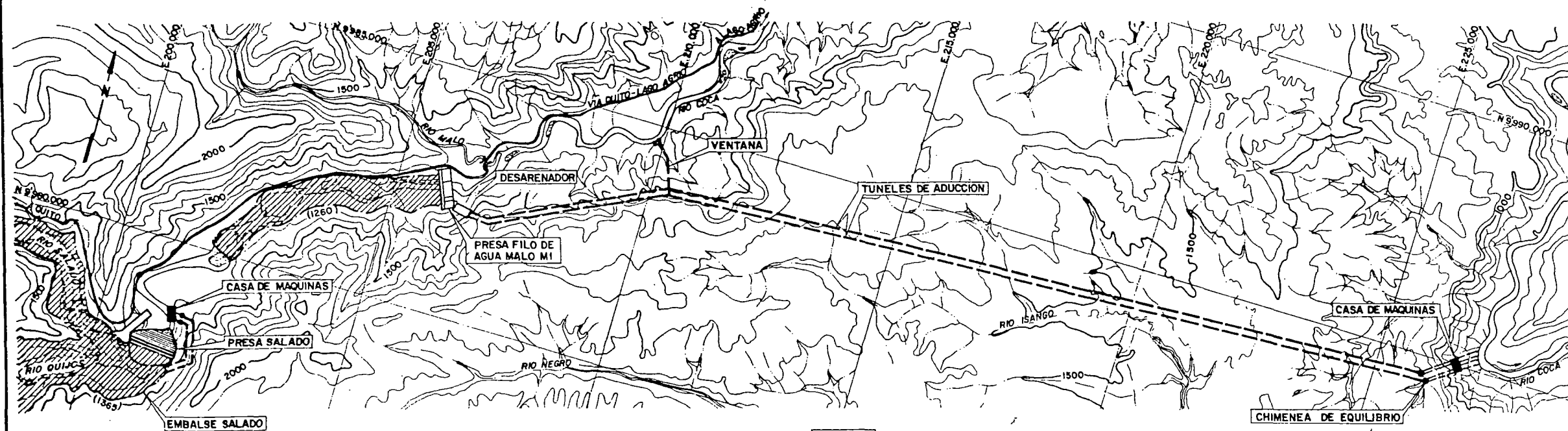
- NO SE INDICAN DIMENSIONES Y NIVELES, LOS CUALES FUERON CONSIDERADOS EN LA DETERMINACION DE LOS VOLUMENES DE CONSTRUCCION DE CADA ALTERNATIVA

ESC. 10 0 10 20 30 m

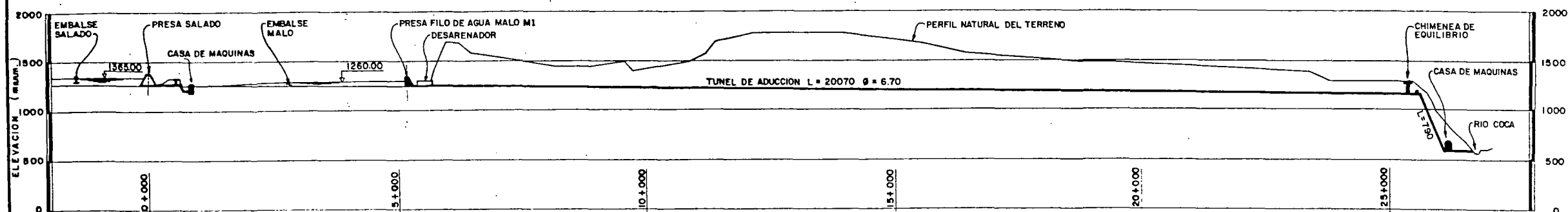
ELECTROCONSULT - TRACCIONEL - RODIO	
ASTEC - INELIN - INGECONSULT - CAMINOS Y CANALES	
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION	
QUITO - ECUADOR	
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR	
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"	
INFORME GENERAL	
PRESELECCION DE ALTERNATIVAS	
OBRAS TIPICAS	
TOMA A PRESION, CHIMENEA DE EQUILIBRIO Y CASA DE MAQUINAS	
ESC. INDICADA	
DESIGNADO	L. E.
DISEÑADO	M. M.
REVISADO	J. J.
APROBADO	J. J.
REV. N°	FECHA
NATURALEZA DE LA REVISION	
POR	VERIF.
APROB.	FECHA
DICIEMBRE / 1987	
REF 0209 - A - 1533	



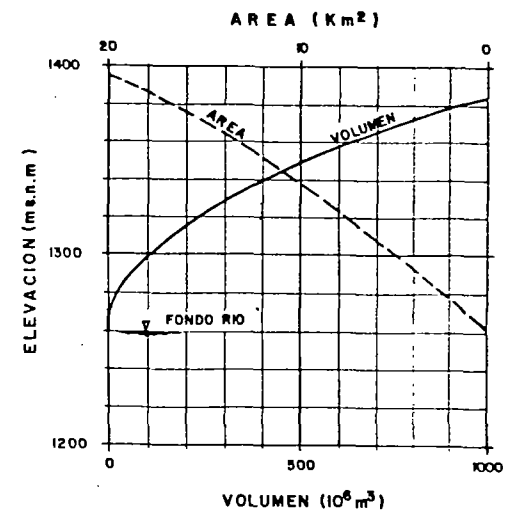
ESQUEMA A-M1-3-PLANTA



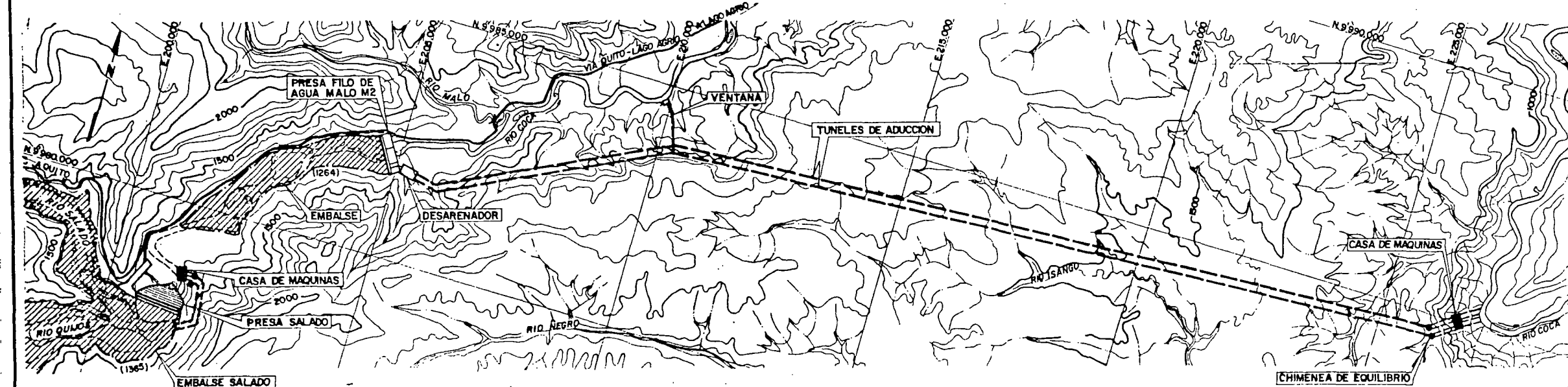
ESQUEMA A-M1-3-PERFIL



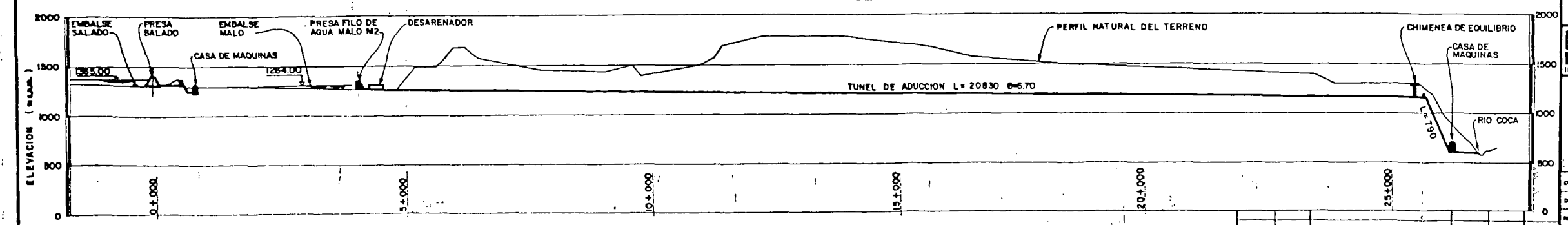
EMBALSE SALADO  
CURVA: AREA-VOLUMEN



ESQUEMA A-M2-5-PLANTA

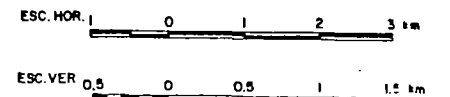


ESQUEMA A-M2-5-PERFIL



NOTAS:

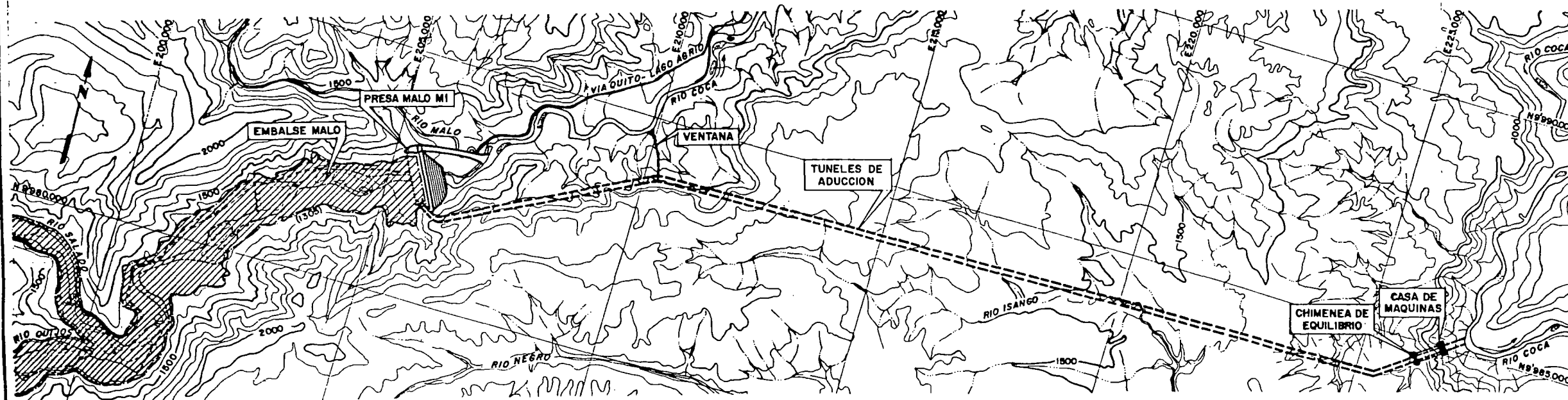
- LAS DIMENSIONES INDICADAS EN EL PLANO SE REFIEREN A FACTOR DE PLANTA 1 Y A UN CAUDAL (90% DIARIO) DE 157 m³/s POSTERIORMENTE MODIFICADO.
- ESTOS ESQUEMAS TIENEN CHIMENEA O COMPENSADOR. EN EL PLANO SE HA INDICADO EL TRAZADO CON CHIMENEA.
- LOS APROVECHAMIENTOS MALO FILO DE AGUA SE CONSTRUIRAN ANTES A LOS DEL SALADO. YA CONTINUACION SE AMPLIARAN LOS DE MALO FILO DE AGUA.



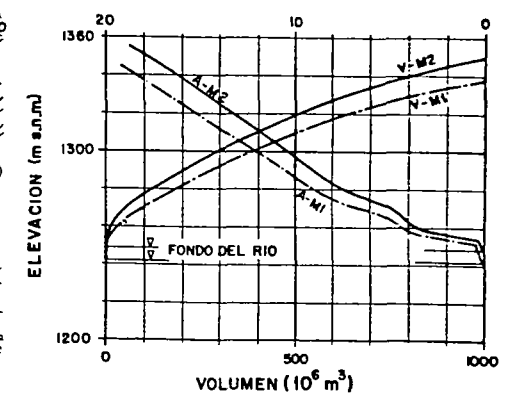
ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO			
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES			
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION			
QUITO - ECUADOR			
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR			
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"			
INFORME GENERAL			
PRESELECCION DE ALTERNATIVAS			
ESQUEMAS (A-M1-3) Y (A-M2-5)			
SISTEMA SALADO-MALO-CODO SINCLAIR			
HOJA DE			
ELABORADO	REV. / L.B.L.	RECOMENDADO	REV. / R.B.
REVISADO		APROBADO	
FECHA	DICIEMBRE / 1987	REF	0209-A-1534



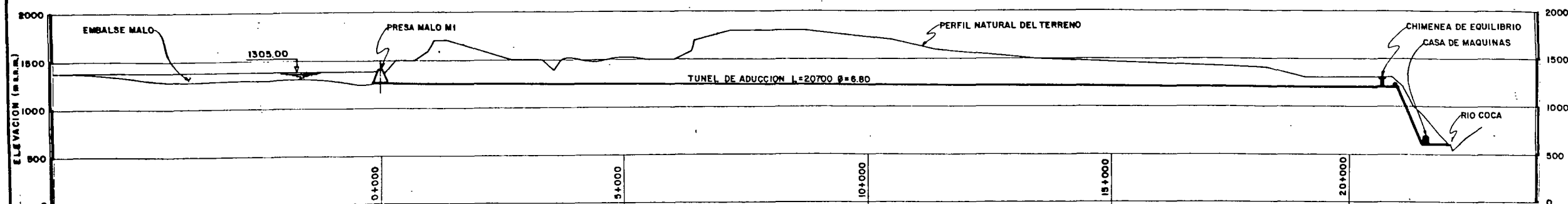
ESQUEMA C-M1-3-PLANTA



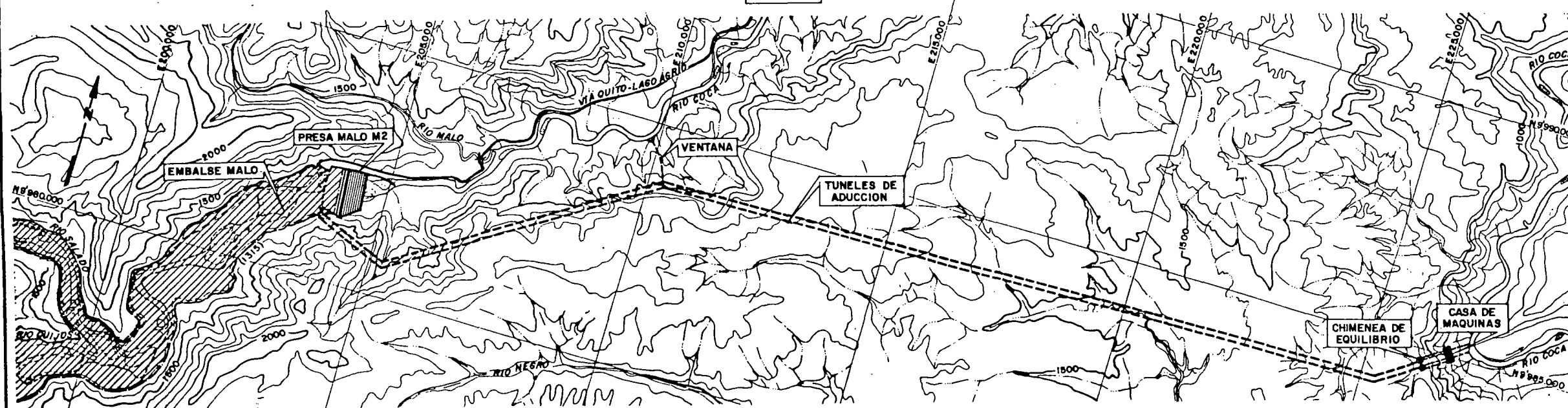
EMBALSE MALO  
CURVA: AREA-VOLUMEN  
AREA (Km<sup>2</sup>)



ESQUEMA C-M1-3-PERFIL



ESQUEMA C-M2-3-PLANTA



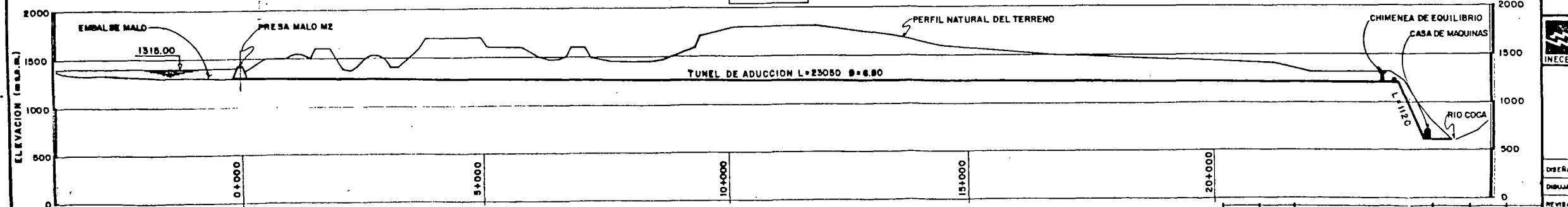
NOTAS:

- LAS DIMENSIONES INDICADAS EN EL PLANO SE REFIEREN A FACTOR DE PLANTA 1 Y A UN CAUDAL (90% DIARIO) DE 157 m<sup>3</sup>/s POSTERIORMENTE MODIFICADO
- LOS ESQUEMAS MALO PRESAS ALTAS ELIMINAN LA POSIBILIDAD DEL APROVECHAMIENTO DEL SALADO Y FUNCIONAN UNICAMENTE CON CHIMENEA

ESC. HOR. -1 0 1 2 3 Km

ESC. VER. -0.5 0 0.5 1 1.5 Km

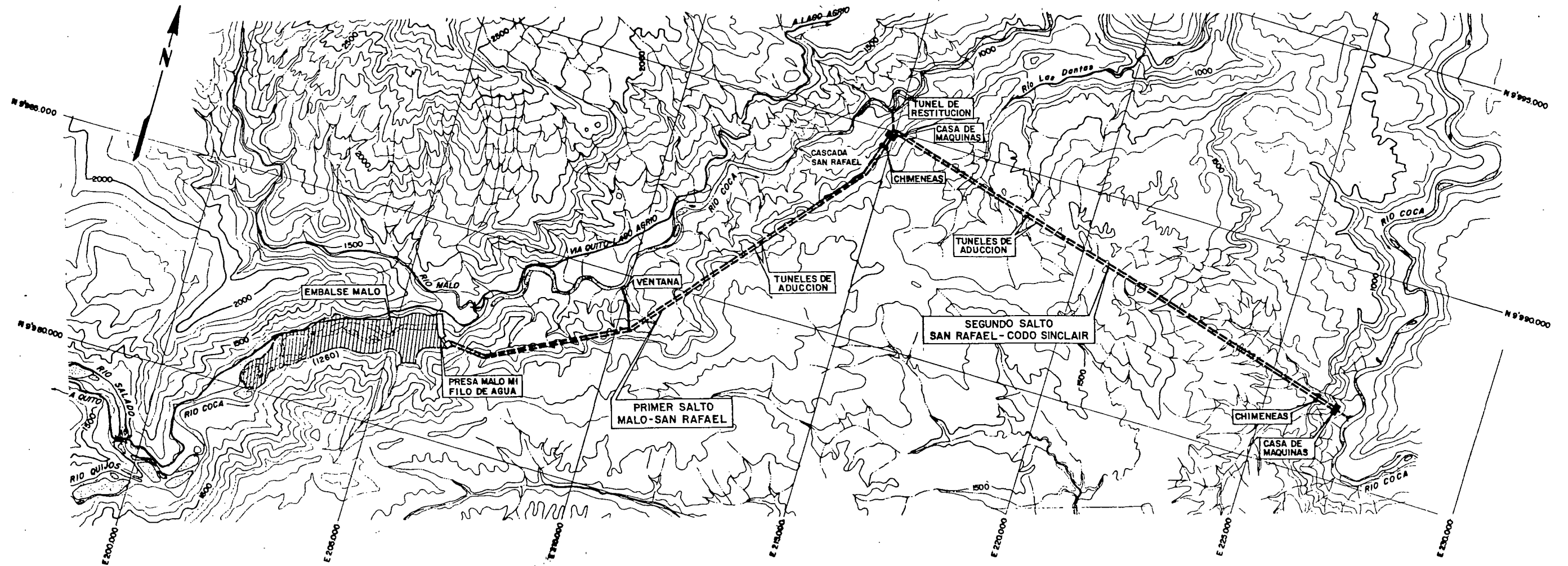
ESQUEMA C-M2-3-PERFIL



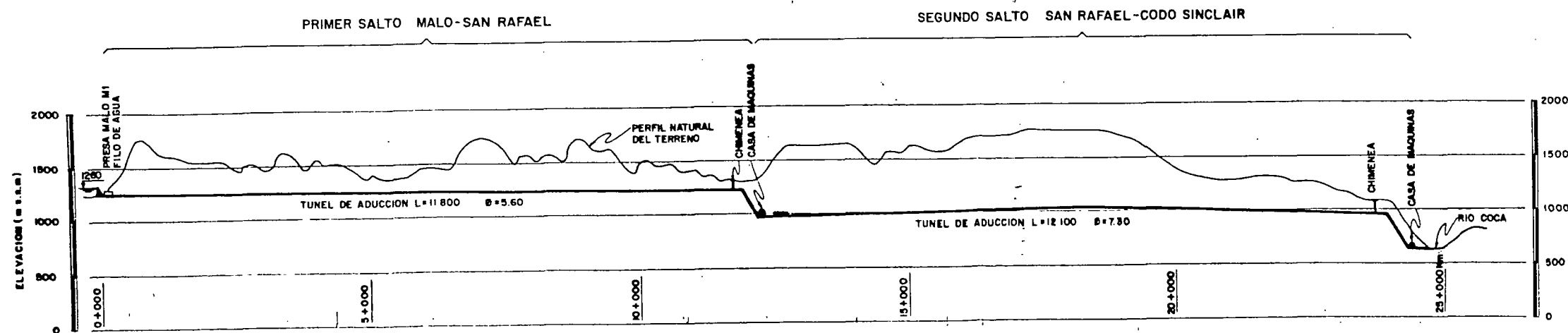
ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RADIO			
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES			
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION			
QUITO - ECUADOR			
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR			
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"			
INFORME GENERAL			
PRESELECCION DE ALTERNATIVAS			
ESQUEMAS C-M1-3 Y C-M2-3			
SISTEMA MALO-CODO SINCLAIR			
HOJA DE			
ELABORADO	E. F. / L. S. L.	RECOMENDADO	REC. INDICADAS
DISEÑADO	E. H. / M. H.	APROBADO	
REVISADO		FECHA	DICIEMBRE/1987
REV. N°	FECHA	NATURALEZA DE LA REVISIÓN	POR
VERIF.	APROB.		
REF 0209-A-1535			



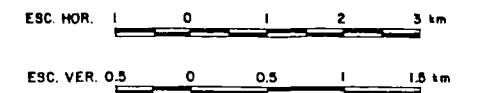
# ESQUEMA DOBLE SALTO F04 - PLANTA



## ESQUEMA DOBLE SALTO F04 - PERFIL



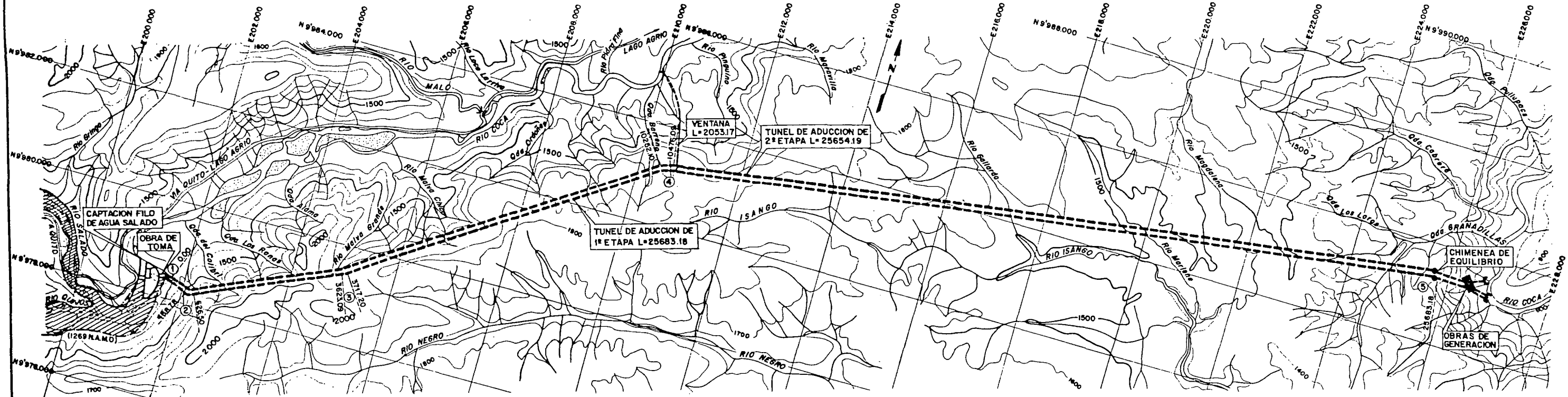
NOTAS:  
 - LOS ESQUEMAS EN DOBLE SALTO ESTAN ASOCIADOS A UNA OBRA DE DERIVACION A FILO DE AGUA EN MI O A UNA PRESA SIEMPRE EN MI CON NIVEL DE AGUA 1305.00  
 - EN ESTE PLANO SE INDICA EL ESQUEMA CON TOMA A FILO DE AGUA



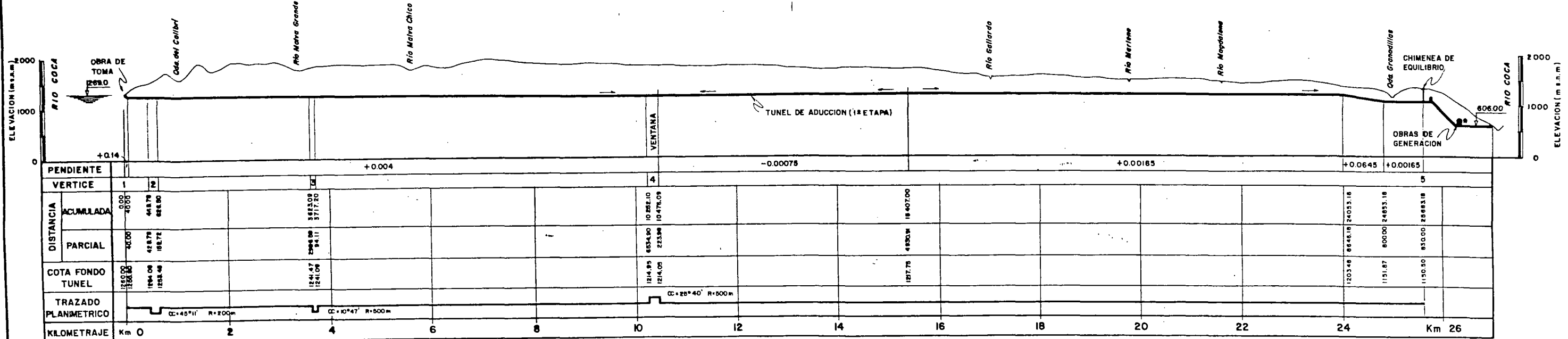
ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO			
ABTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES			
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION			
QUITO - ECUADOR			
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR			
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"			
INFORME GENERAL			
PRESELECCION DE ALTERNATIVAS			
ESQUEMA DOBLE SALTO F04			
SISTEMA MALO-SAN RAFAEL-CODO SINCLAIR			
NOVA DE			
DISERADO	P.R./B.F.	RECOMENDADO	de/mad
DISEÑADO	M.M./B.M.	APROBADO	de/mad
REVISADO		FECHA	DICIEMBRE/1987
REV. 01	FECHA	NATURALEZA DE LA REVISION	REF. 0209-A-1536



# CAPTACION FILO DE AGUA SALADO CON CHIMENEA PLANTA



## PERFIL



### SUBALTERNATIVAS IDENTIFICADAS Y SUS VARIANTES

SUB ALTERNATIVA	FACTOR DE PLANTA			TOMA		VARIANTES EXAMINADAS			
	1ª ETAPA	2ª ETAPA	FINAL	MALO	SALADO	CHIMENEA COMP. ARRIBA	COMP. ABAJO	DEBAR. GRAY.	DEBAR. BOMB.
1	1	1	1	1M	1S	X			X
2	7	7	7	2M	2S	X	X		
3	5	5	5	3M	3S		X	X	
4	1+75	65	7	4M	4S		X**	X**	
5	1+75	37	5	5M	5S		X**	X**	
6	7	39	5	6M	6S		X	X	

X\* SOLAMENTE EN 1ª ETAPA  
X\*\* SOLAMENTE EN 2ª ETAPA

#### NOTA

NO SE INDICAN LAS OBRAS DE UNA  
EVENTUAL 3ª ETAPA

### CARACTERISTICAS DE LAS SUBALTERNATIVAS

ETAPA	SUB ALTERNATIVA	FACTOR DE PLANTA		FILO DE AGUA	TUNEL DE ADUCCION	CHIMENEA EQUILIBRIO	TUBERIA FORZADA	CASA DE MAQUINAS	
		DE ETAPA	FINAL	N.A.M.O. (m.s.n.m.)	LONGITUD (m)	ALTURA (m)	LONGITUD (m)	POTENCIA Y NÚM. UNIDADES (N x MW)	COTA TURB. NADO (m.s.n.m.)
1ª	18	1	1						
	45 (1)	1	7	1269.00	25683.18	130.00	978.00	(3+1) x 112.40	609.50
	55 (1)	1	5						
2ª	15	1	1	1269.00	25654.19	130.00	870.00	3 x 112.40	609.50

(1) EN 2ª ETAPA LAS SUBALTERNATIVAS 45 Y 55 TIENEN FACTOR DE PLANTA INFERIOR A 1 Y POR LO TANTO FUNCIONAN CON COMPENSADOR (VER PLANO 0209-A-1538)

ESC. 1:10 0 10 20 Km

ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO  
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES

INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION  
QUITO - ECUADOR

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAR  
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"

INFORME GENERAL  
ALTERNATIVAS FINALES  
CAPTACION FILO DE AGUA SALADO CON CHIMENEA  
CONJUNTO

NOVA DE

OPERADO S.F./L.S.L.  
DISEÑADO S.F./S.M.  
REVISADO S.F./S.M.

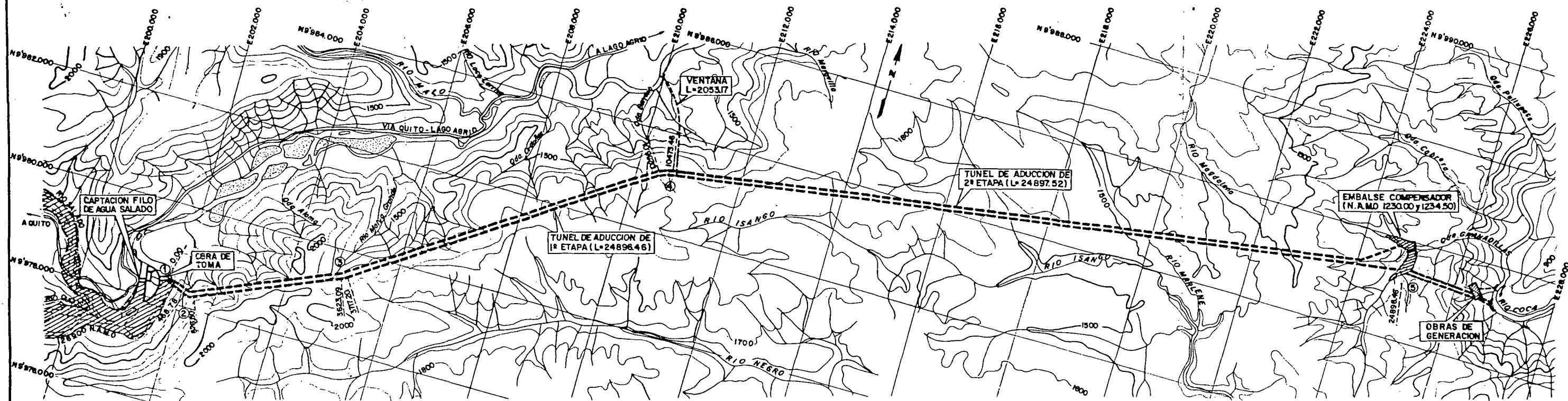
RECOMENDADO S.F./S.M.  
APROBADO S.F./S.M.

FECHA DICIEMBRE / 1987

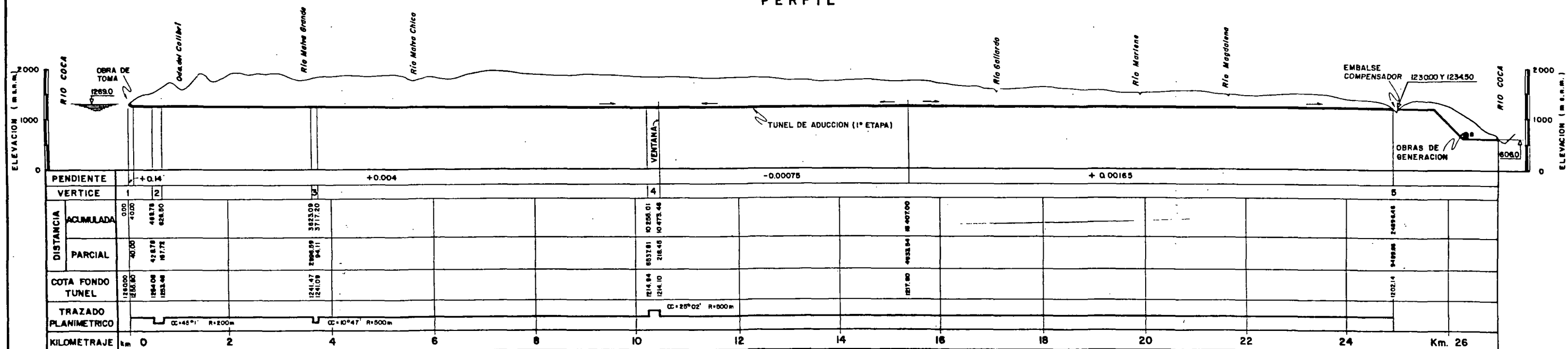
REF 0209-A-1537



# CAPTACION FILO DE AGUA SALADO CON COMPENSADOR PLANTA



## PERFIL



### CARACTERISTICAS DE LAS SUBALTERNATIVAS

ETAPA	SUB ALTERNATIVA	FACTOR DE PLANTA		FILO DE AGUA	TUNEL DE ADUCCION	EMBALSE (1) COMPENSADOR		TUBERIA		CASA DE MAQUINAS		NADO
		DE ETAPA	FINAL			N.A.M.D.	LONGITUD (m)	DIAM. (m)	LONG. (m)	POTENCIA Y UNIDADES (N° x MW)	COTA TURB. (m.s.n.m.)	
1ª	(23)	7	7	1269.0	24896.46	1230.0	0.65	680.0	926.0	3 x 183.8	610.2	606.0
	(33)	5	5			1234.5	0.90			4 x 172.7		
	(65)	7	5			123	0.65			3 x 183.8		
2ª	(23)	7	7	1269.0	24897.52	1230.0	0.35	680.0	920.0	3 x 183.8	610.2	606.0
	(33)	5	5			1234.5	0.50			4 x 172.7		
	(43)(2)	65	7			1230.0	1.00			3 x 174.7		
	(65)(2)	37	5			1234.5	1.40			5 x 184.0		
	(68)	39	5			1234.5	0.75			6 x 176.6		

NOTA

- NO SE INDICAN LAS OBRAS DE UNA EVENTUAL 3ª ETAPA

ESC. 1:0 0 1:0 2:0 Km

ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO  
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES

**INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION**  
QUITO - ECUADOR

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR  
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"  
**INFORME GENERAL**  
ALTERNATIVAS FINALES  
CAPTACION FILO DE AGUA SALADO CON COMPENSADOR CONJUNTO

HOJA: DE \_\_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_

ELABORADO: S.F./L.B.L. RECOMENDADO: *[Signature]*

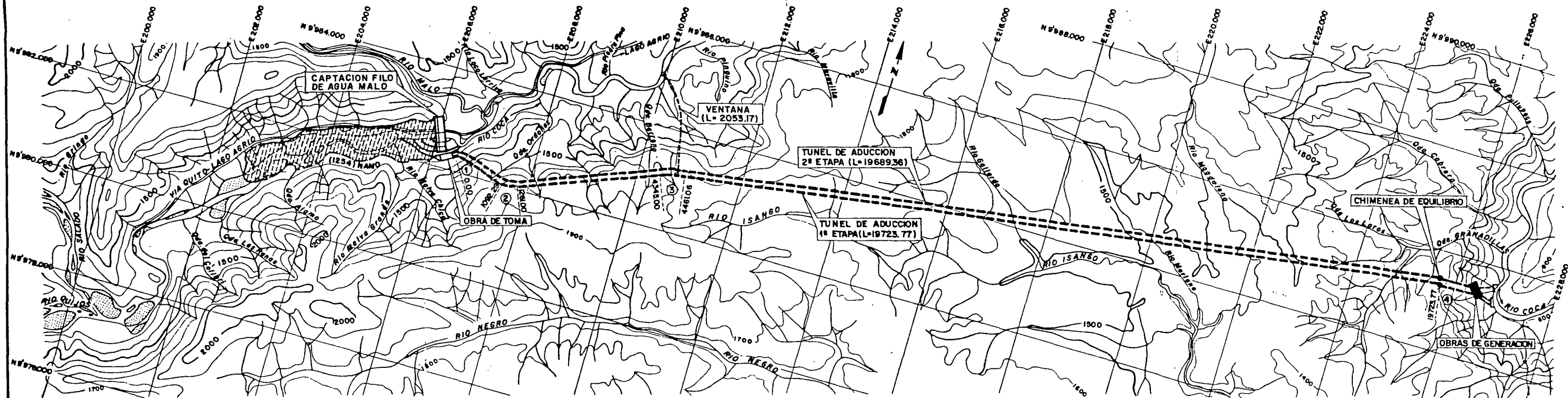
DISEÑADO: N.M./R.B. APROBADO: *[Signature]*

REVISADO: *[Signature]* FECHA: DICIEMBRE / 1987 REF: 0209-A-1538

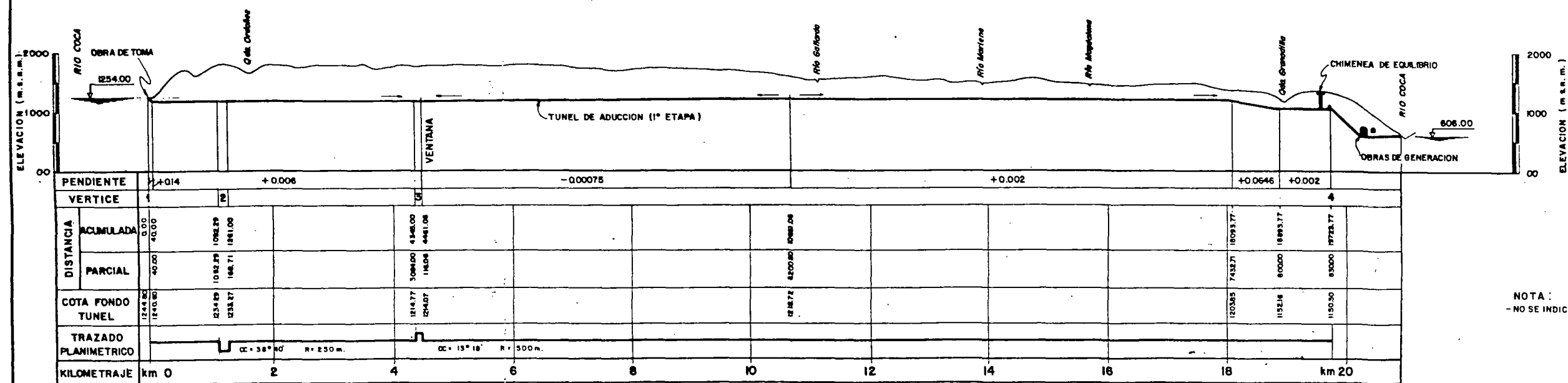
(1) LAS COTAS DE N.A.M.D. SE REFIEREN AL COMPENSADOR CON EJE DE PRESA AGUAS ARRIBA  
(2) EN 1ª ETAPA LAS SUBALTERNATIVAS (45) Y (55) TIENEN FACTOR DE PLANTA = 1 Y POR LO TANTO FUNCIONAN CON CHIMENEAS (VER PLANO 0209-A-1537)



## CAPTACION FILO DE AGUA MALO CON CHIMENEA PLANTA



P E R F I L




NOTA :  
- NO SE INDICAN LAS OBRAS DE UNA EVENTUAL 3ª ETAPA

### CARACTERISTICAS DE LAS SUBALTERNATIVAS

ETAPA	SUB ALTERNATIVA	FACTOR DE PLANTA		FILO DE AGUA N.A. M.G. (m.s.n.m.)	TUNEL DE ADUCCION LONGITUD (m)	CHIMENEA EQUILIBRIO ALTURA (m)	TUBERIA ALTA PRESION LONGITUD (m)	CASA DE MAQUINAS		
		DE ETAPA	FINAL					POTENCIA Y Nº UNIDADES (Nº x M W)	COTA TURB. m.s.n.m.	NADO m.s.n.m.
1ª	(1a)	1	1	1254.0	1972.377	130.00	975.00	(3 x) 118.9	609.5	606.0
	(2a) (1)	1	.7							
	(3a) (1)	1	.5							
2ª	(1b)	1	1	1254.0	1968.336	130.00	870.00	3 x 113.9	609.5	606.0

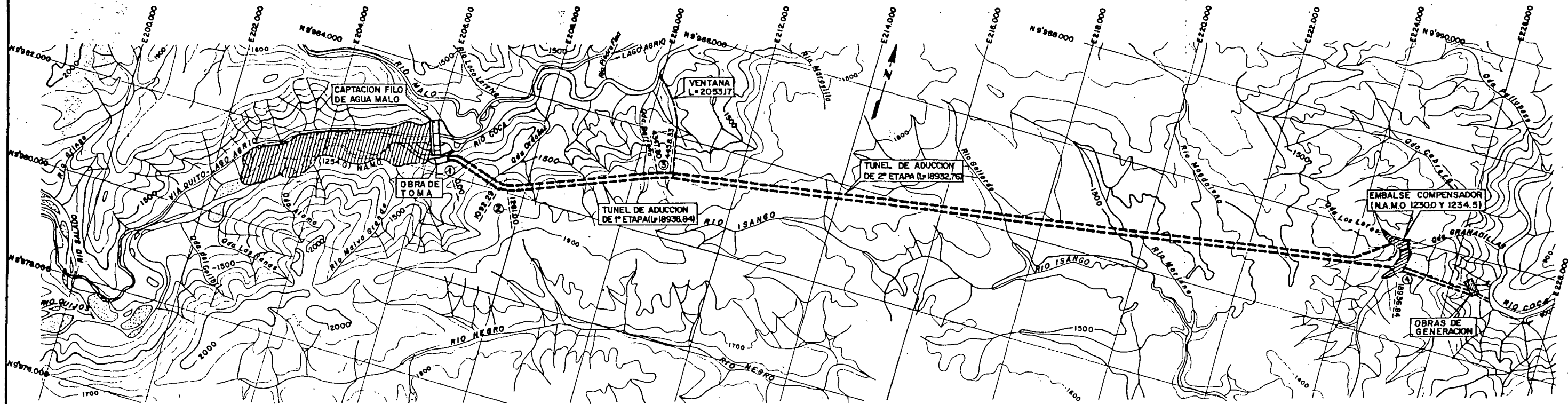
(1) EN 2ª ETAPA LAS SUBALTERNATIVAS (AM) Y (CM) TIENEN FACTOR DE PLANTA INFERIOR A 1 Y POR LO TANTO FUNCIONA CON COMPENSADOR (VER PLANO 0209-A-1540)

ESC 1.0 0 1.0 2.0 km

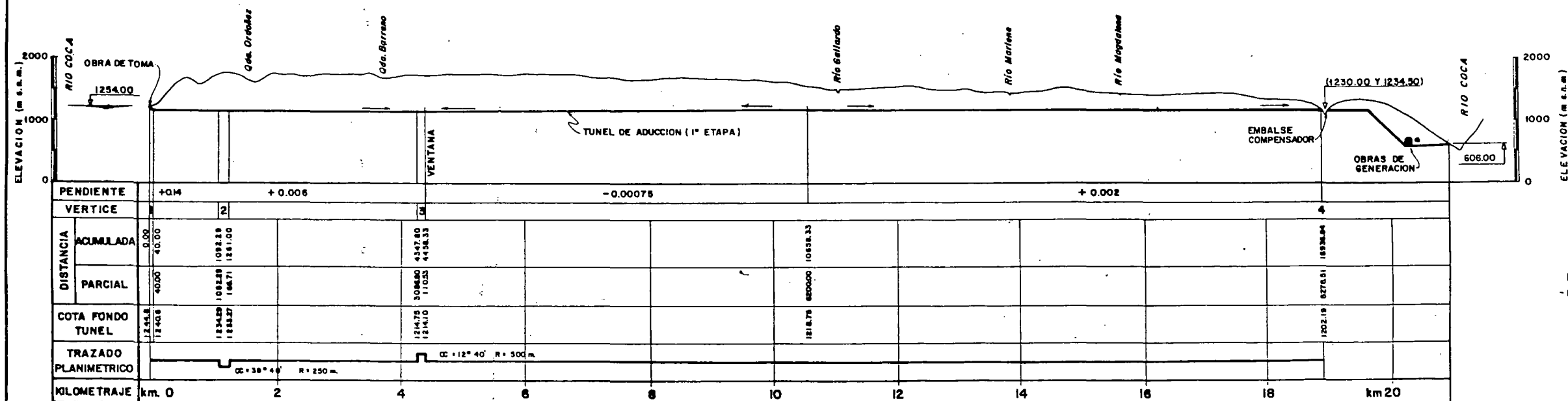
ELECTROCONSULT-TRACCIONEL-RODIO ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES			
 <b>INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION</b> QUITO - ECUADOR			
<b>PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR</b> ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"			
<b>INFORME GENERAL</b> <b>ALTERNATIVAS FINALES</b> <b>CAPTACION FILO DE AGUA MALO CON CHIMENEA</b> <b>CONJUNTO</b>			
HOJA DE		ENC. INDICADA	
DESARADO	E.F./L.B.L	RECOMENDADO	<i>[Signature]</i>
DEBILADO	R.B.	APROBADO	<i>[Signature]</i>
REVISADO	E		
FECHA	DICIEMBRE / 1987	REF	0209 - A - 1539



# CAPTACION FILO DE AGUA MALO CON COMPENSADOR P L A N T A



## P E R F I L



NOTA:  
- NO SE INDICAN LAS OBRAS DE UNA EVENTUAL 3ª ETAPA

## CARACTERISTICAS DE LAS SUBALTERNATIVAS

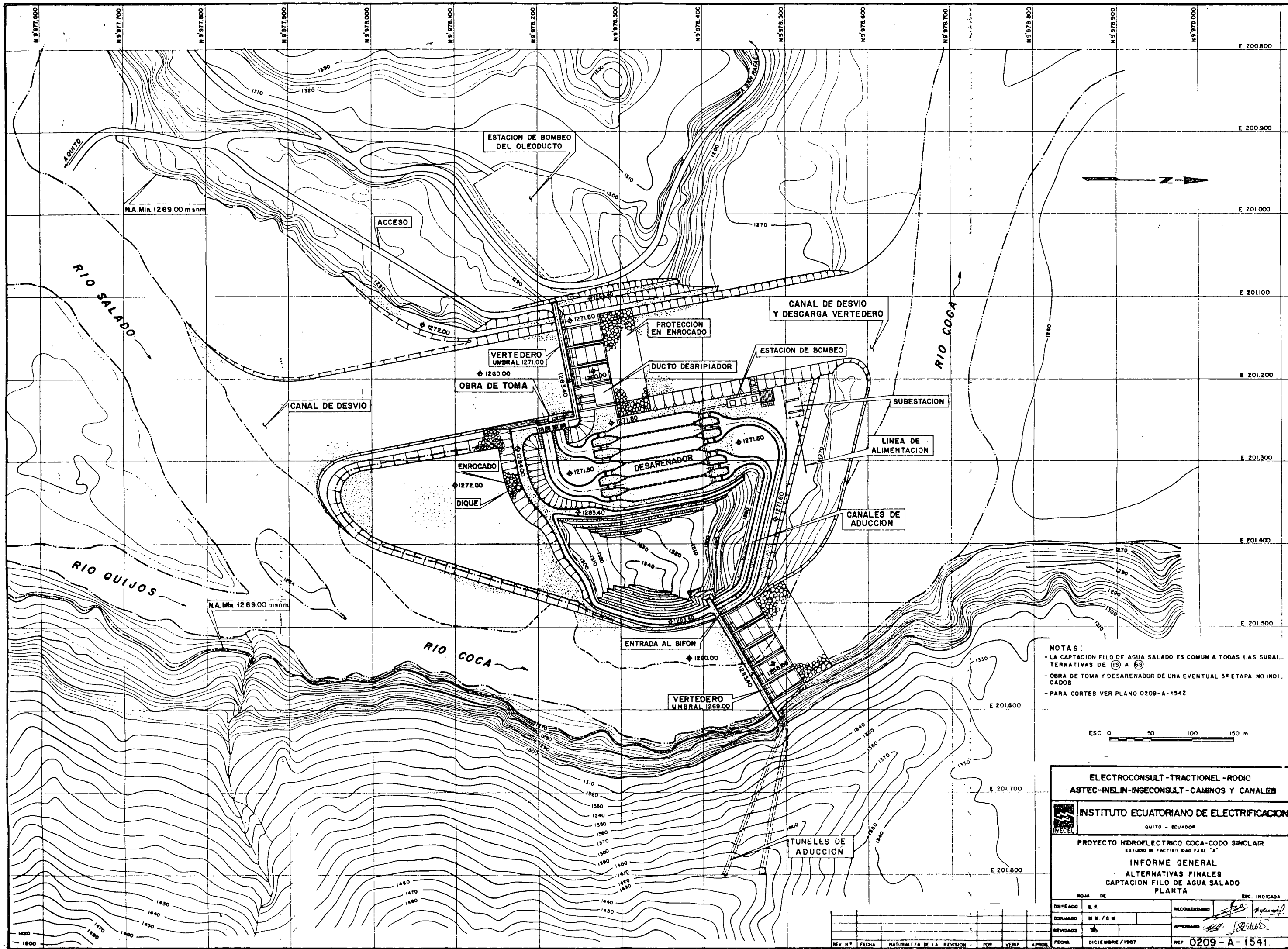
ETAPA	SUB ALTERNATIVA	FACTOR DE PLANTA		FILO DE AGUA	TUNEL DE ADUCCION	EMBALSE (I) COMPENSADOR		TUBERIA		CASA DE MAQUINAS		
		DE ETAPA	FINAL			N.M.O. (m.s.n.m.)	LONGITUD (m)	N.M.O. (m.s.n.m.)	LONGITUD (m)	POTENCIA Y N° UNIDADES (N° x MW)	COTA TURB. (m.s.n.m.)	NADO (m.s.n.m.)
1ª	(2M)	.7	.7			1230.0	0.65			3 x 165.7		
	(5M)	.5	.5	1254.0	18936.84	1234.5	0.90	660.0	926.0	4 x 174.7	610.2	606.0
	(6M)	.7	.5			1230.0	0.65			3 x 165.7		
2ª	(2M)	.7	.7			1230.0	0.35			3 x 165.7		
	(5M)	.5	.5			1234.5	0.50			4 x 174.7		
	(4M) (2)	.65	.7	1254.0	18932.76	1230.0	1.00	660.0	820.0	3 x 176.8	610.2	606.0
	(5M) (2)	.37	.5			1234.5	1.40			3 x 165.2		
	(6M)	.39	.5			1234.5	0.75			3 x 176.8		

(1) LAS COTAS DE N.M.O. SE REFIEREN AL COMPENSADOR CON EJE DE PRESA AGUAS ARRIBA  
(2) EN 1ª ETAPA LAS SUBALTERNATIVAS (4M) Y (5M) TIENEN FACTOR DE PLANTA = 1 Y POR LO TANTO FUNCIONAN CON CHIMNEA (VER PLANO 0209-A-1539)

ESC 1:10 0 10 20 km

ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO			
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES			
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION			
QUITO - ECUADOR			
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR			
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"			
INFORME GENERAL			
ALTERNATIVAS FINALES			
CAPTACION FILO DE AGUA MALO CON COMPENSADOR CONJUNTO			
NO. DE	FECHA	INDICADA	
DISCUTIDO	0.7 / L.S.L.	RECOMENDADO	
DEBIDO	0.7 / R.R.	APROBADO	
REVISADO			
FECHA	DICIEMBRE / 1967	REF	0209-A-1540





NOTAS:  
 - LA CAPTACION FILO DE AGUA SALADO ES COMUN A TODAS LAS SUBALTERNATIVAS DE 15 A 63  
 - OBRA DE TOMA Y DESARENADOR DE UNA EVENTUAL 3ª ETAPA NO INDICADOS  
 - PARA CORTES VER PLANO 0209-A-1542

ESC. 0 50 100 150 m

ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO  
 ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMENOS Y CANALES

INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION  
 QUITO - ECUADOR

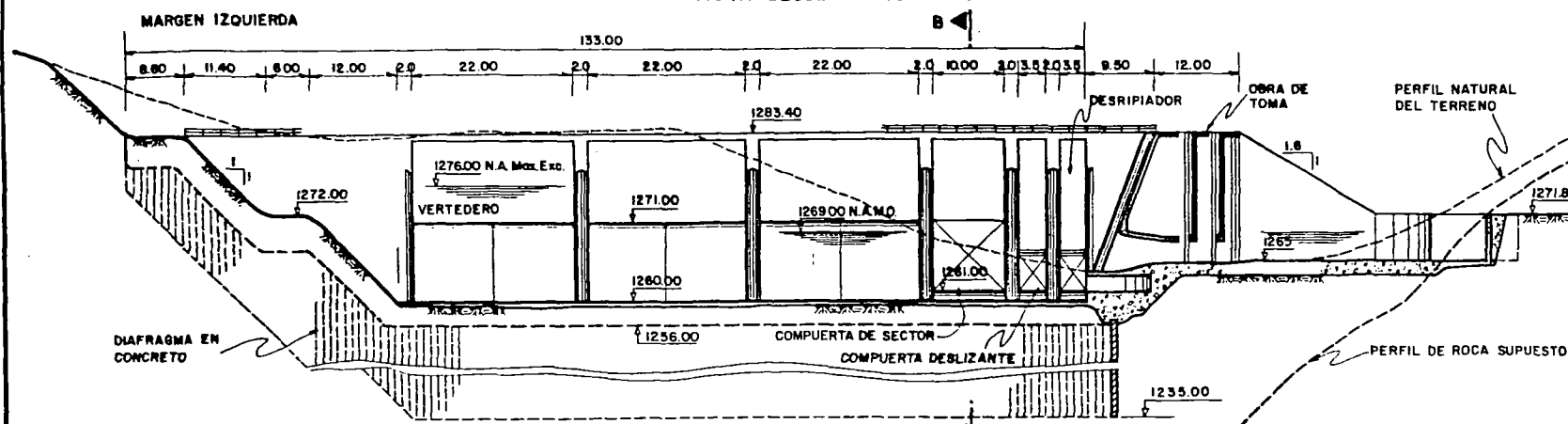
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR  
 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"

INFORME GENERAL  
 ALTERNATIVAS FINALES  
 CAPTACION FILO DE AGUA SALADO  
 PLANTA

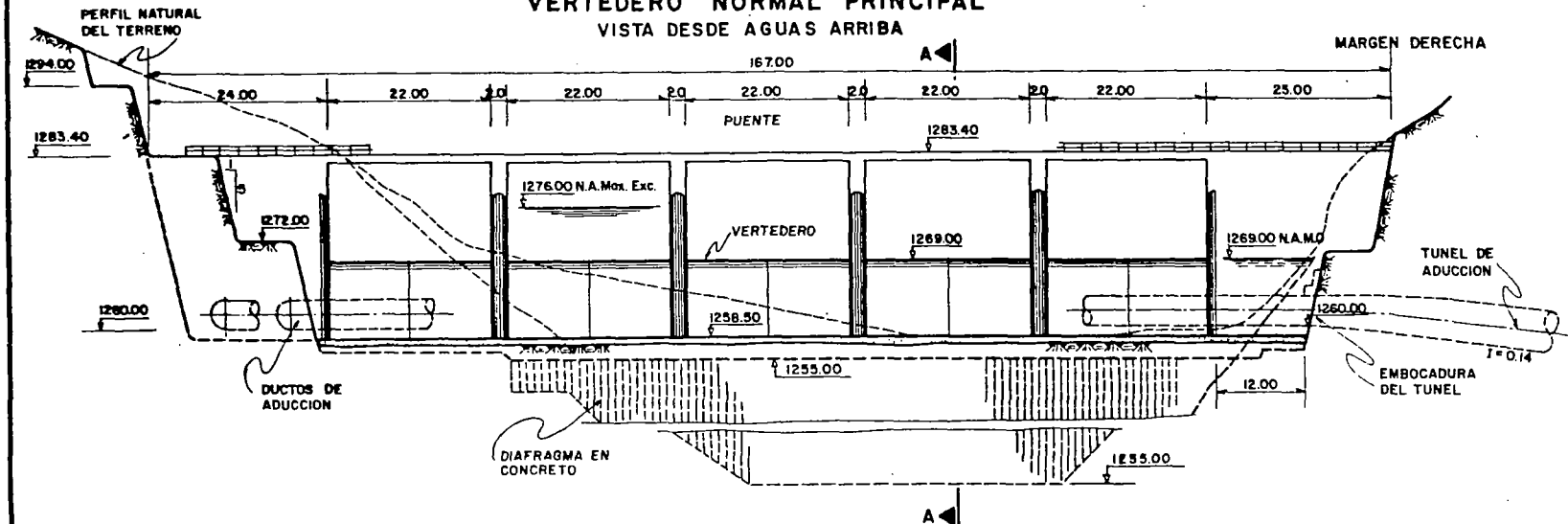
BOJA	DE	REC. INDICADA
ELABORADO	E. F.	
REVISADO	M. H. / S. M.	
APROBADO		
FECHA	DICIEMBRE / 1967	REF 0209 - A - 1541



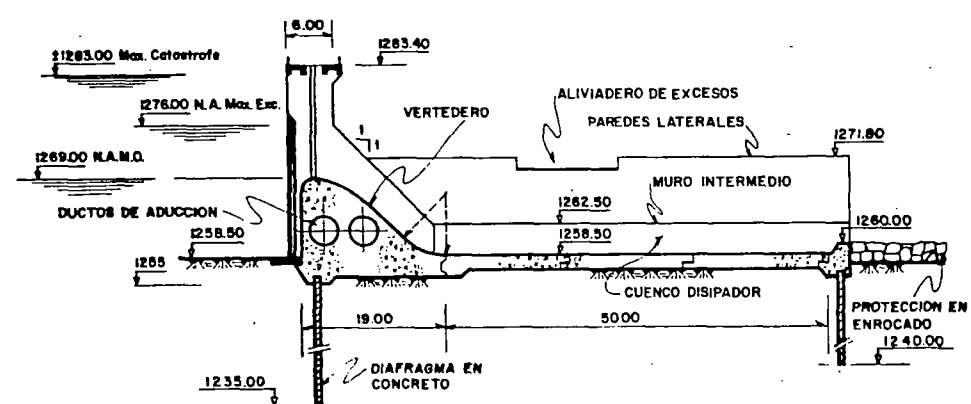
# VERTEDERO NORMAL SECUNDARIO VISTA DESDE AGUAS ARRIBA



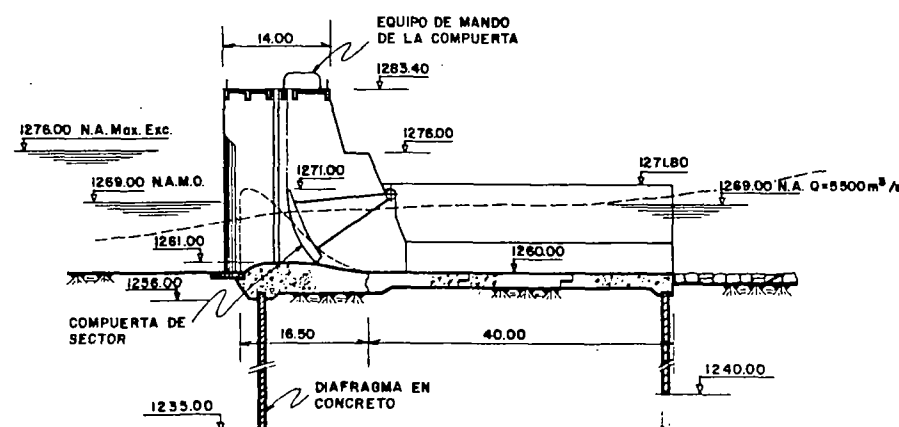
# VERTEDERO NORMAL PRINCIPAL VISTA DESDE AGUAS ARRIBA



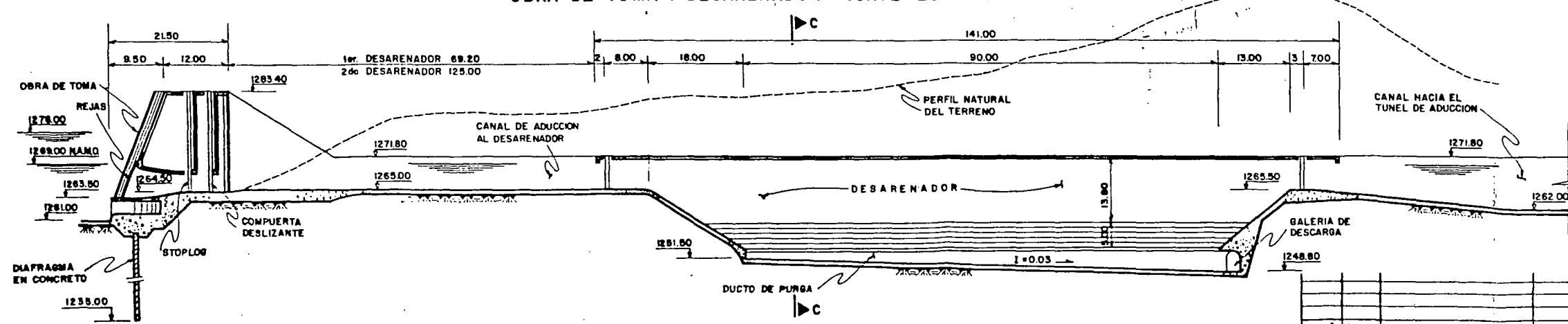
# CORTE A-A



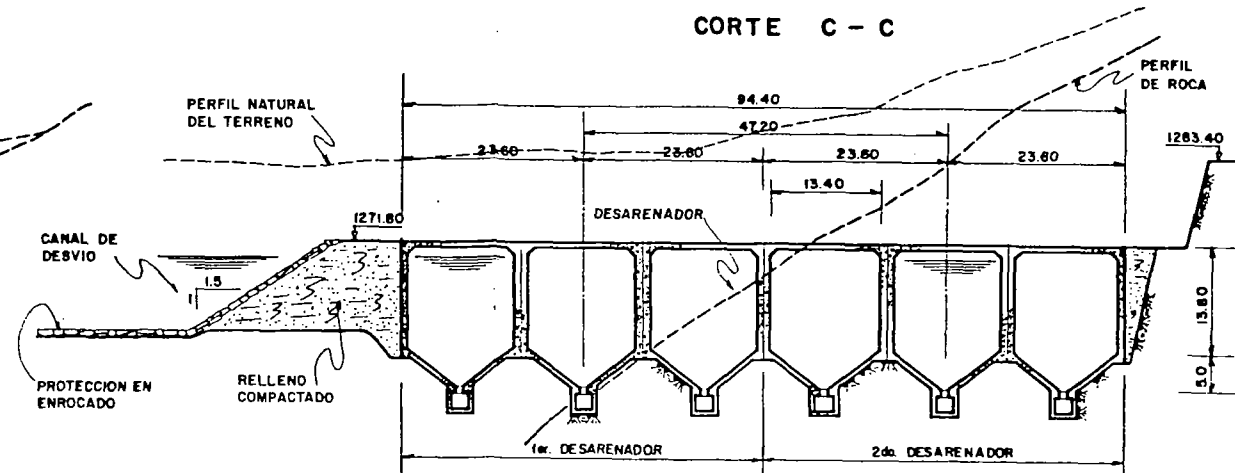
# CORTE B-B



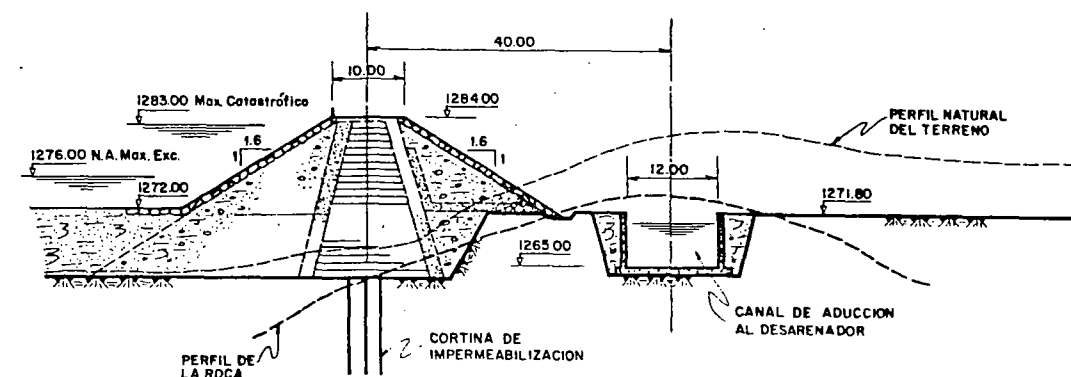
# OBRA DE TOMA Y DESARENADOR - CORTE LONGITUDINAL



# CORTE C-C



# DIQUE-CORTE TIPO



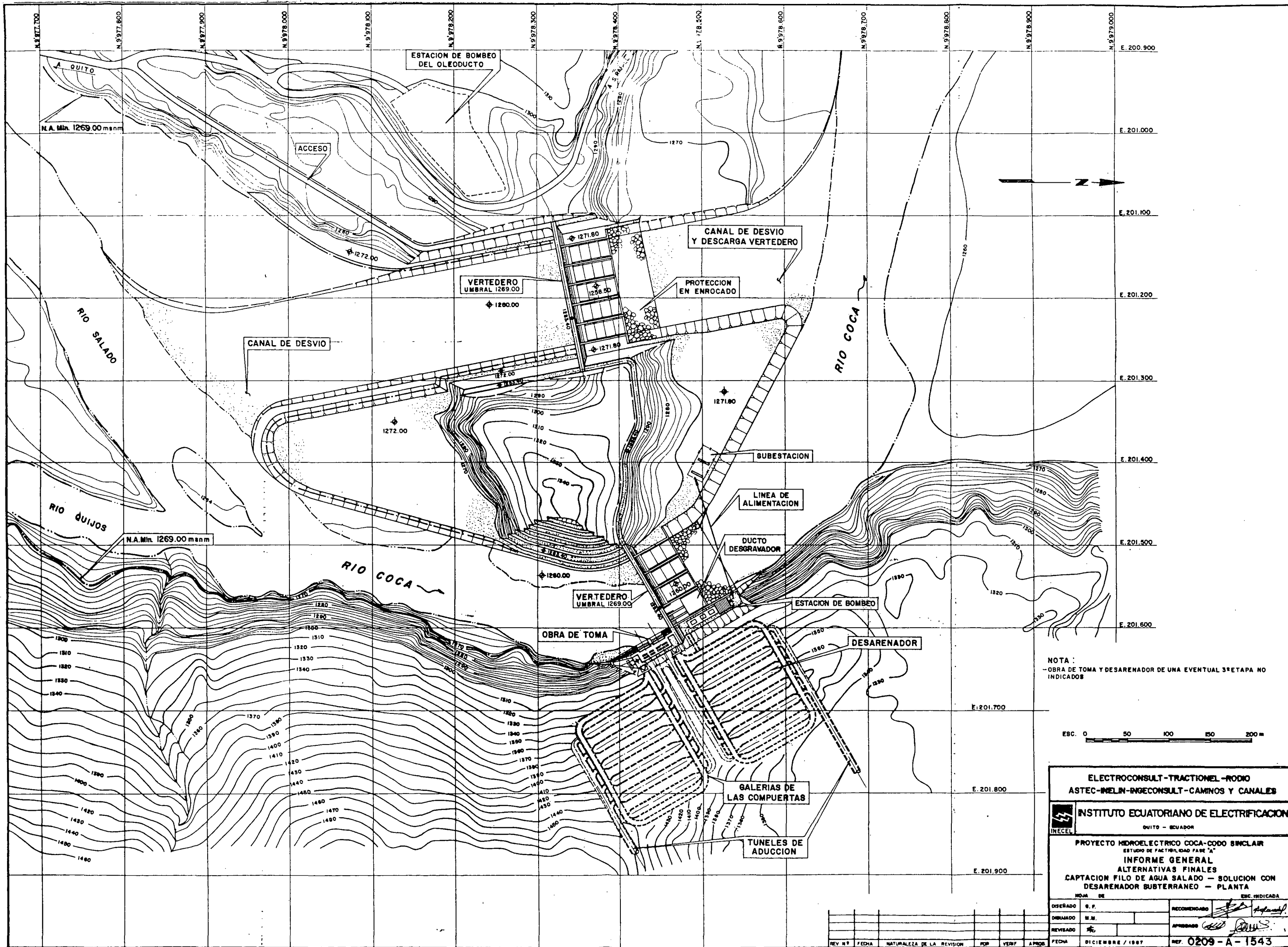
# NOTAS:

- LA CAPTACION FILO DE AGUA SALADO ES COMUN A TODAS LAS SUB ALTERNATIVAS DE 15 A 65
- PARA PLANTA VER PLANO 0209-A-1541

ESC. 20 10 0 10 20 m

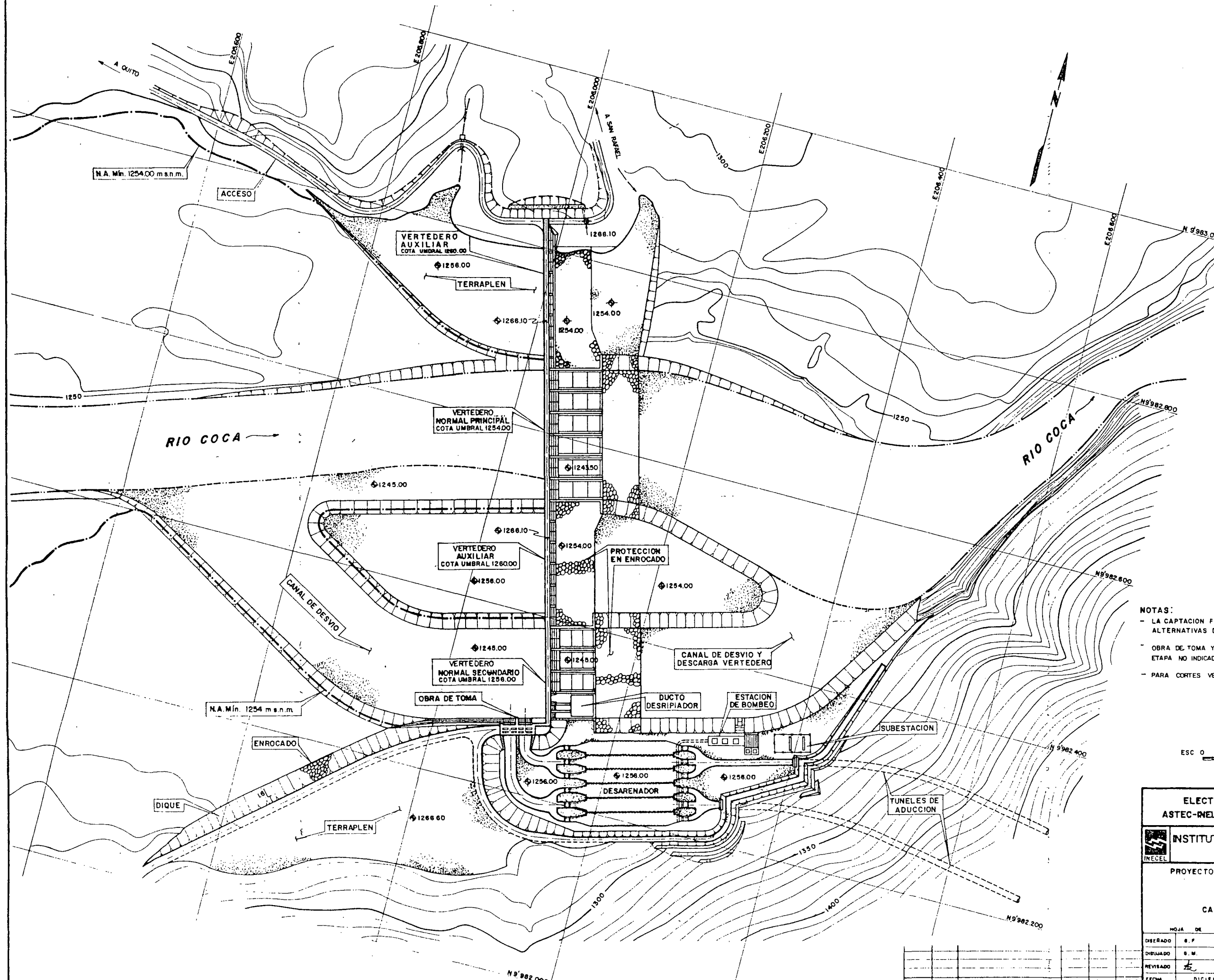
ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO			
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES			
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION			
QUITO - ECUADOR			
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR			
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"			
INFORME GENERAL			
ALTERNATIVAS FINALES			
CAPTACION FILO DE AGUA SALADO			
CORTES			
HOJA DE	DESBARBO	RECOMENDADO	ENC. INDICADA
1	1	1	1
FECHA	FECHA	FECHA	FECHA
12/10/87	12/10/87	12/10/87	12/10/87
REF 0209-A-1542			





ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO			
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES			
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION			
QUITO - ECUADOR			
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR			
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"			
INFORME GENERAL			
ALTERNATIVAS FINALES			
CAPTACION FILO DE AGUA SALADO - SOLUCION CON			
DESARENADOR SUBTERRANEO - PLANTA			
NOVA DE			
DISERADO	E. P.	RECOMENDADO	APROBADO
DISERADO	M. R.	APROBADO	APROBADO
REVISADO		APROBADO	APROBADO
FECHA	FECHA	FECHA	FECHA
NOV 1987	NOV 1987	NOV 1987	NOV 1987
REF. 0209-A-1543			





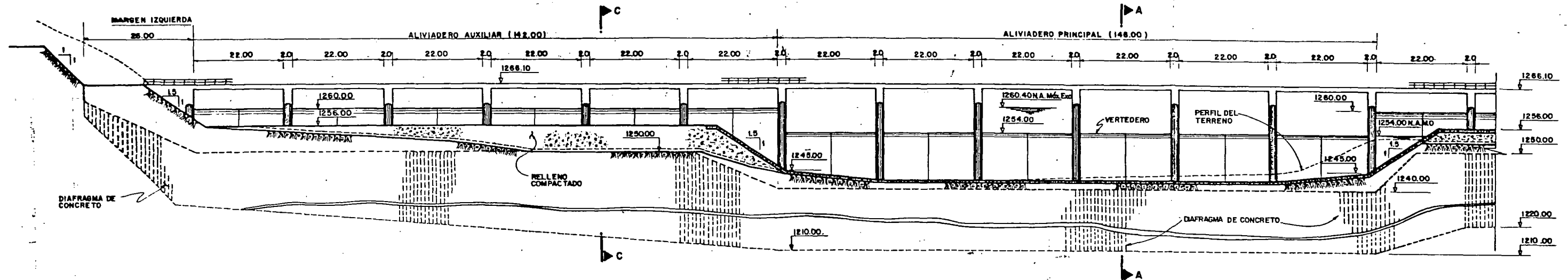
- NOTAS:
- LA CAPTACION FILO DE AGUA MALO ES COMUN A TODAS LAS ALTERNATIVAS DE (1M) A (5M)
  - OBRA DE TOMA Y DESARENADOR DE UNA EVENTUAL 3ª ETAPA NO INDICADOS.
  - PARA CORTES VER PLANO 0209-A-1545



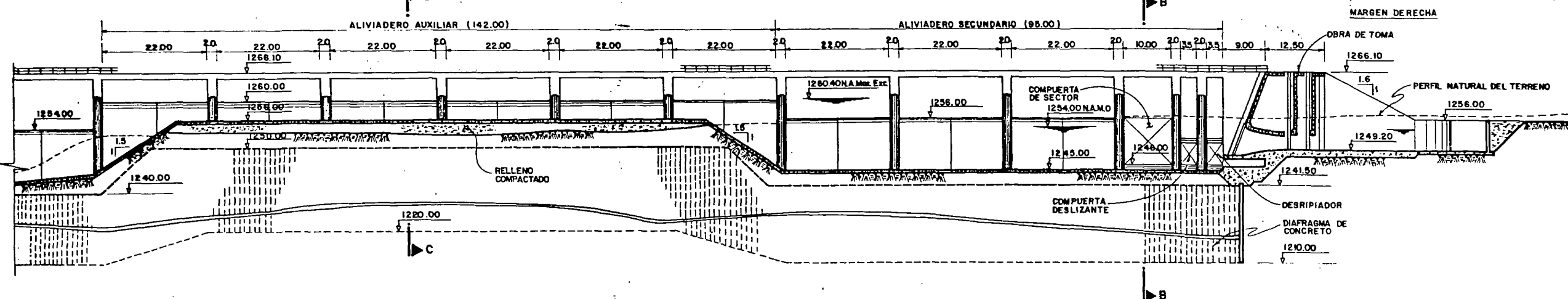
ELECTROCONSULT-TRACCIONEL-RODIO			
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES			
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION			
QUITO - ECUADOR			
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR			
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"			
INFORME GENERAL			
ALTERNATIVAS FINALES			
CAPTACION FILO DE AGUA MALO			
PLANTA			
HOJA DE	DE	ESC INDICADA	
DISERADO	S. F.	RECOMENDADO	
DISEÑADO	S. M.	APROBADO	
REVISADO			
FECHA	DICIEMBRE / 1987	REF	0209-A-1544



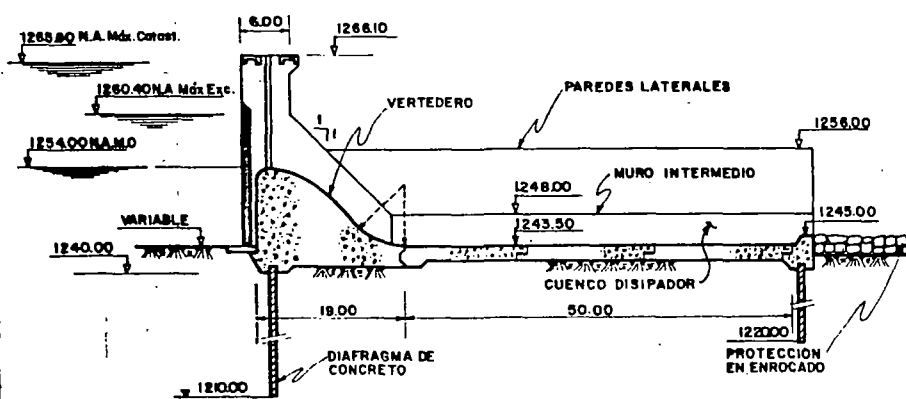
# VERTEDERO AUXILIAR Y PRINCIPAL - VISTA DESDE AGUAS ARRIBA



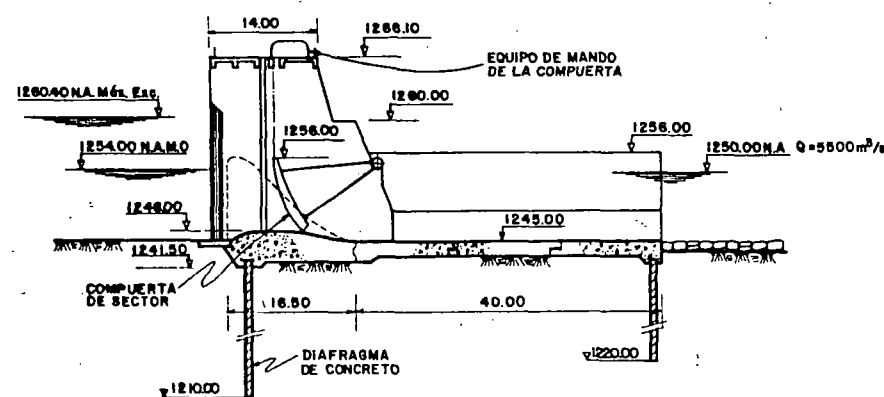
## VERTEDERO AUXILIAR Y SECUNDARIO - VISTA DESDE AGUAS ARRIBA



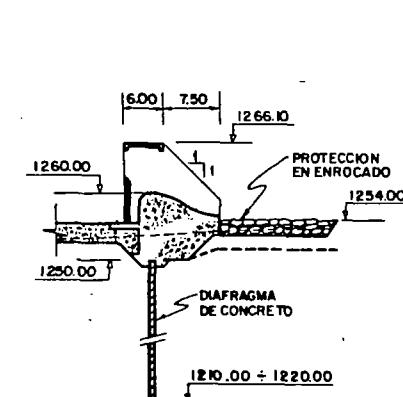
CORTE A-A



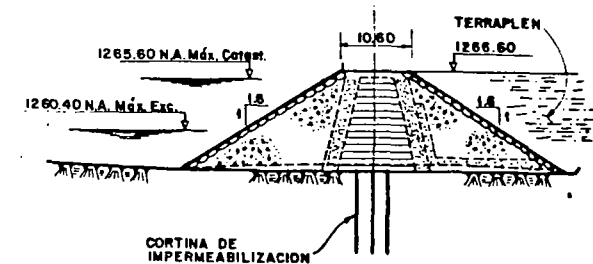
CORTE B-B



CORTE C-C



DIQUE - CORTE TIPICO

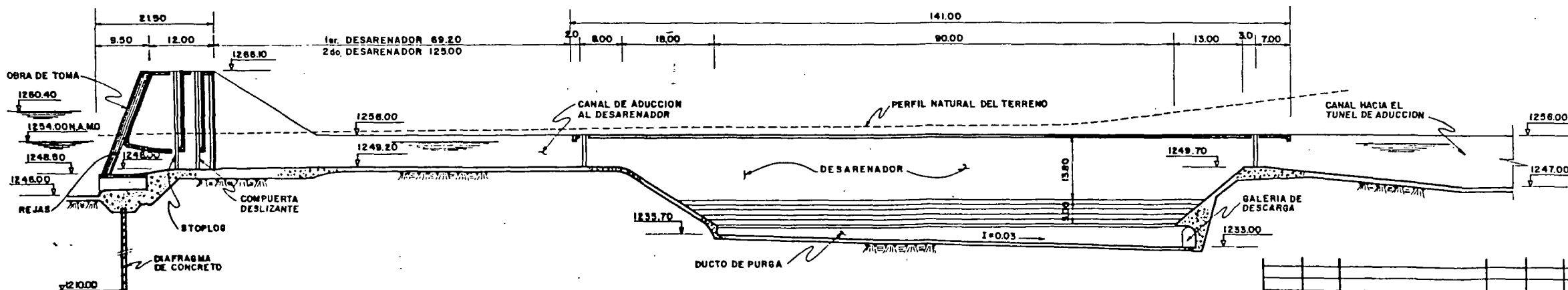


### NOTAS:

- TODA EL AREA INTERESADA POR LAS OMENTACIONES DE LOS VERTEDEROS Y CUENCOS DISIPADORES TENDRA QUE SER PREVIAMENTE VIBRO COMPACTADA HASTA UNA PROFUNDIDAD APROXIMADA DE 20 m.
- PARA PLANTA VER PLANO 0209 - A - 1544

ESC. 0 10 20 30 40 50 m

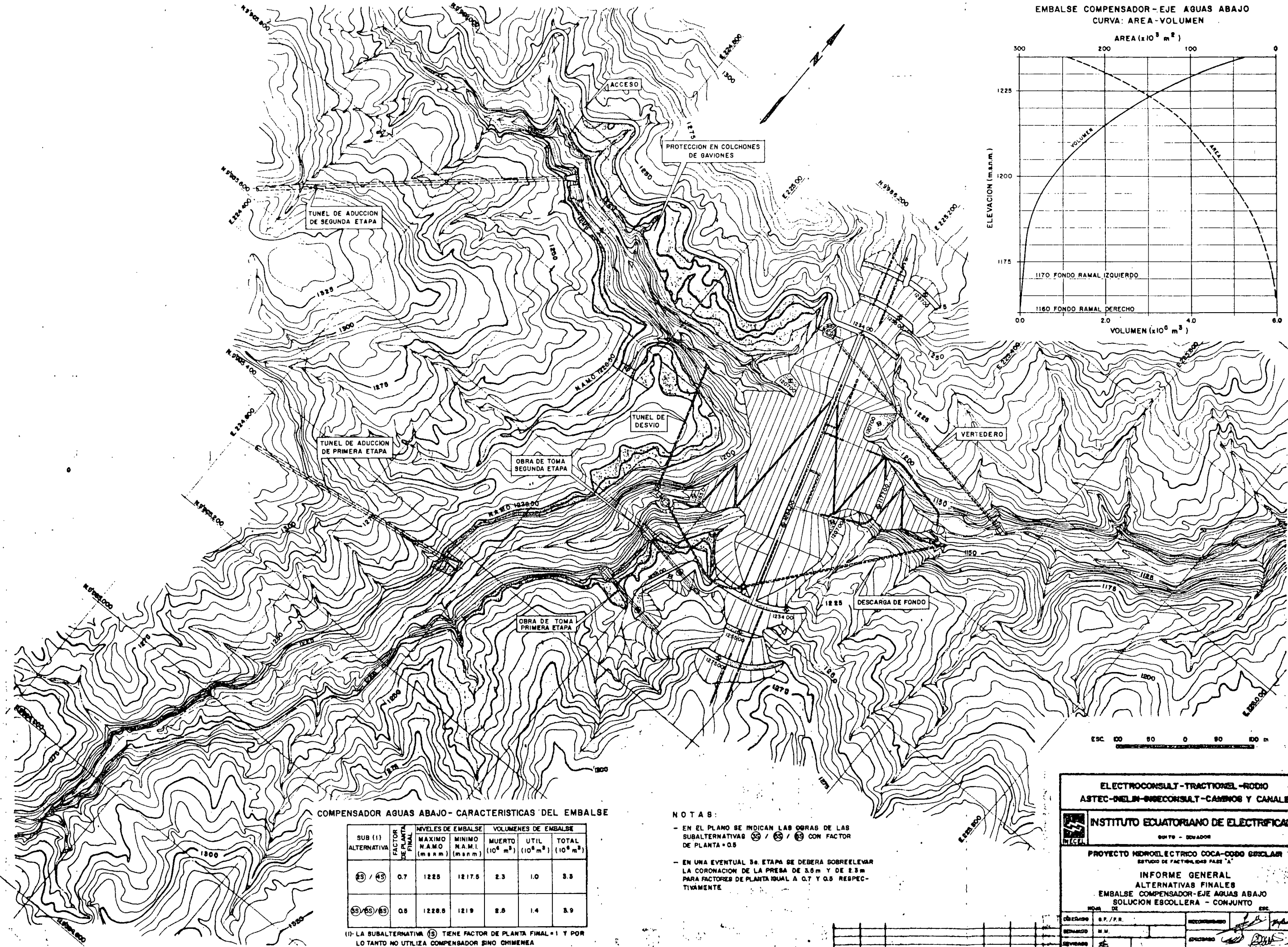
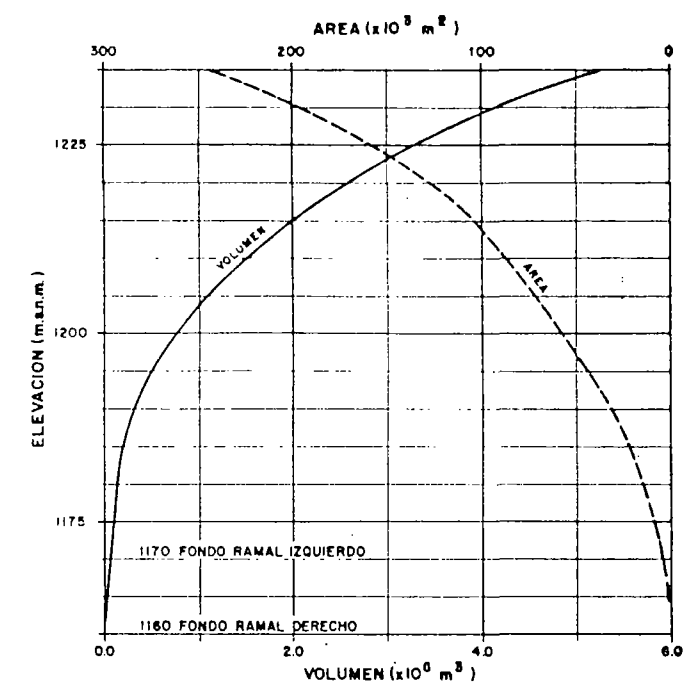
## OBRAS DE TOMA Y DESARENADOR - CORTE LONGITUDINAL



ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO			
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES			
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION			
QUITO - ECUADOR			
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR			
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"			
INFORME GENERAL			
ALTERNATIVAS FINALES			
CAPTACION FILO DE AGUA MALO			
CORTES			
NO. DE	DE	RECOMENDADO	REC. INDICADA
0209-A-1544	0.1	0.1	0.1
REVISADO	0.1	0.1	0.1
FECHA	DICIEMBRE / 1987	REV. 0209 - A - 1545	



EMBALSE COMPENSADOR-EJE AGUAS ABAJO  
CURVA: AREA-VOLUMEN



COMPENSADOR AGUAS ABAJO- CARACTERISTICAS DEL EMBALSE

SUB (1) ALTERNATIVA	FACTOR DE PLANTA DE FINAL	NIVELES DE EMBALSE		VOLUMENES DE EMBALSE		
		MAXIMO N.A.M.O (m.n.m.)	MINIMO N.A.M.I. (m.n.m.)	MUERTO (10^6 m^3)	UTIL (10^6 m^3)	TOTAL (10^6 m^3)
25 / 45	0.7	1225	1217.5	2.3	1.0	3.3
55/65/65	0.5	1228.5	1219	2.5	1.4	3.9

(1)- LA SUBALTERNATIVA (5) TIENE FACTOR DE PLANTA FINAL = 1 Y POR LO TANTO NO UTILIZA COMPENSADOR SINO CHIMENEA

NOTAS:

- EN EL PLANO SE INDICAN LAS OBRAS DE LAS SUBALTERNATIVAS 25 / 45 / 55 CON FACTOR DE PLANTA = 0.5
- EN UNA EVENTUAL 3a. ETAPA SE DEBERA SOBREELEVAR LA CORONACION DE LA PRESA DE 3.5m Y DE 2.3m PARA FACTORES DE PLANTA IGUAL A 0.7 Y 0.5 RESPECTIVAMENTE

ELECTROCONSULT-TRACCIONEL-RODIO  
ASTEC-INELIN-INSECONSULT-CAMINOS Y CANALES

INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION  
QUITO - ECUADOR

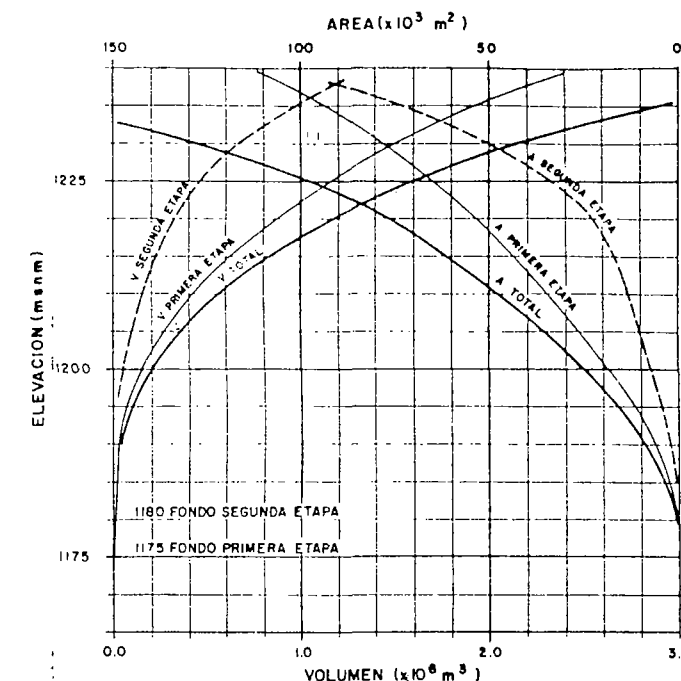
PROYECTO MICROELECTRICO COCA-CODO SUSCLAR  
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"

INFORME GENERAL  
ALTERNATIVAS FINALES  
EMBALSE COMPENSADOR-EJE AGUAS ABAJO  
SOLUCION ESCOLLERA - CONJUNTO

FECHA: DICIEMBRE / 1987  
REF: 0209 - A - 1547



EMBALSE COMPENSADOR-EJE AGUAS ARRIBA  
CURVA: AREA-VOLUMEN



COMPENSADOR AGUAS ARRIBA - CARACTERISTICAS DEL EMBALSE

SUB (1) ALTERNATIVA	FACTOR DE PLANTA FINAL	NIVELES DE EMBALSE		VOLUMENES EMBALSE (1a ETAPA)			VOLUMENES EMBALSE (FINAL)		
		MAXIMO N.A.M.O. (msnm)	MINIMO N.A.M.I. (msnm)	MUERTO ( $10^6 \text{ m}^3$ )	UTIL ( $10^6 \text{ m}^3$ )	TOTAL ( $10^6 \text{ m}^3$ )	MUERTO ( $10^6 \text{ m}^3$ )	UTIL ( $10^6 \text{ m}^3$ )	TOTAL ( $10^6 \text{ m}^3$ )
(25) / (45)	0.7	1230	1220	0.85	0.85	1.50	1.18	1.00	2.18
(55) / (65)	0.8	1234.5	1222	0.98	0.90	1.88	1.33	1.40	2.73

(1) LA SUBALTERNATIVA (15) TIENE FACTOR DE PLANTA FINAL = 1 Y POR LO TANTO NO UTILIZA COMPENSADOR SINO CHIMENEA

NOTAS:

- EN EL PLANO SE INDICAN LAS OBRAS DE 1a. Y 2a. ETAPA DE LAS SUBALTERNATIVAS (25) / (45) / (65) CON FACTOR DE PLANTA = 0.8
- EN UNA EVENTUAL 3a. ETAPA SE DEBERA SOBREELEVAR LA CORONACION DE LA PRESA DE 4m Y DE 2.5m PARA FACTORES DE PLANTA IGUAL A 0.7 Y 0.8 RESPECTIVAMENTE
- NO SE INDICAN LOS TUNELES DE DESVIO

ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO  
ASTEC-INELIN-INSECONSULT-CAMEROS Y CANALES

INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION  
QUITO - ECUADOR

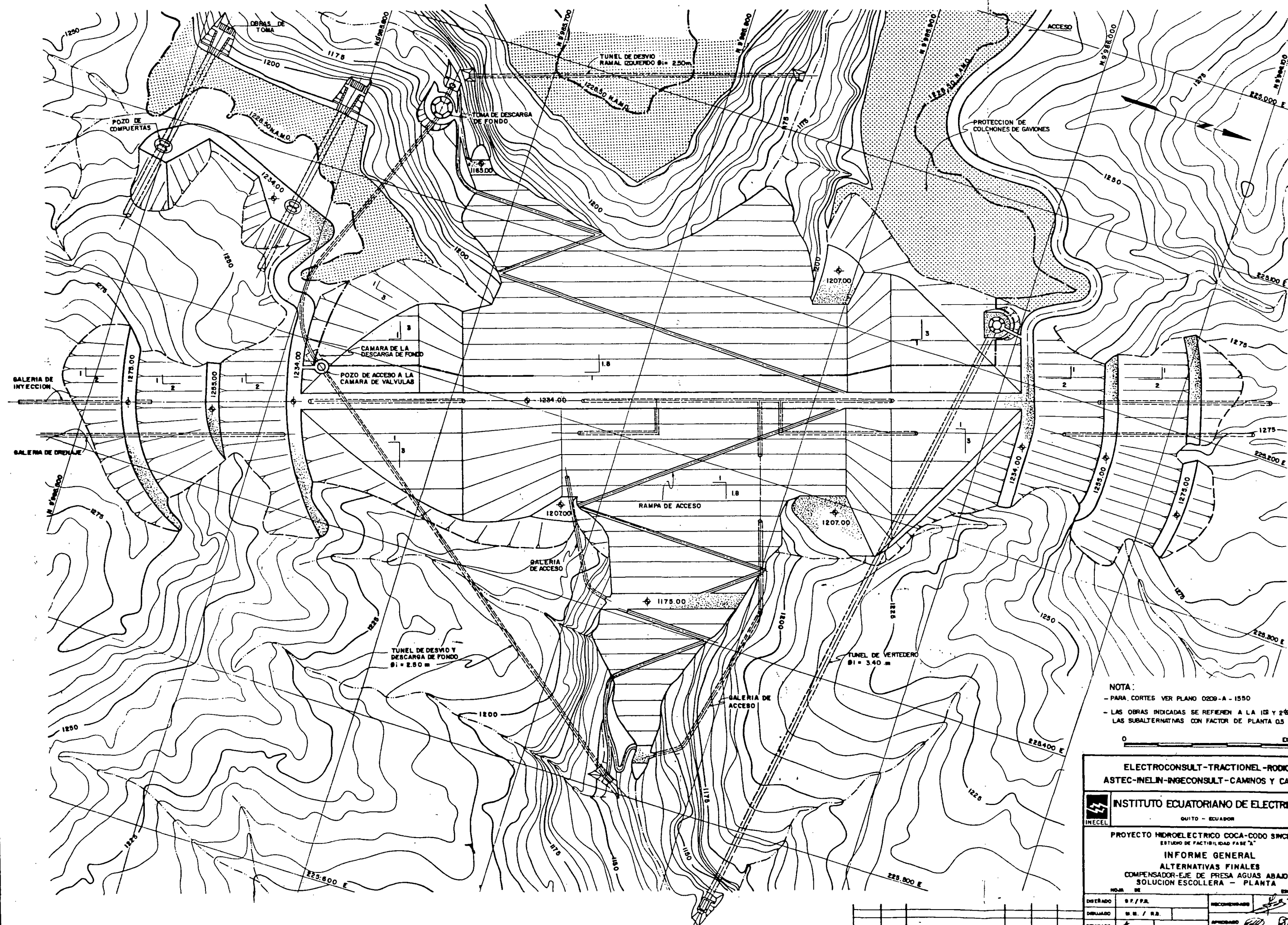
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SURCLAR  
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"

INFORME GENERAL  
ALTERNATIVAS FINALES

EMBALSE COMPENSADOR-EJE AGUAS ARRIBA  
SOLUCION HORMIGON COMPACTADO - CONJUNTO

REVISADO: [Firma] RECOMENDADO: [Firma]  
APROBADO: [Firma]  
FECHA: DICIEMBRE / 1987 REP: 0209 - A - 1548

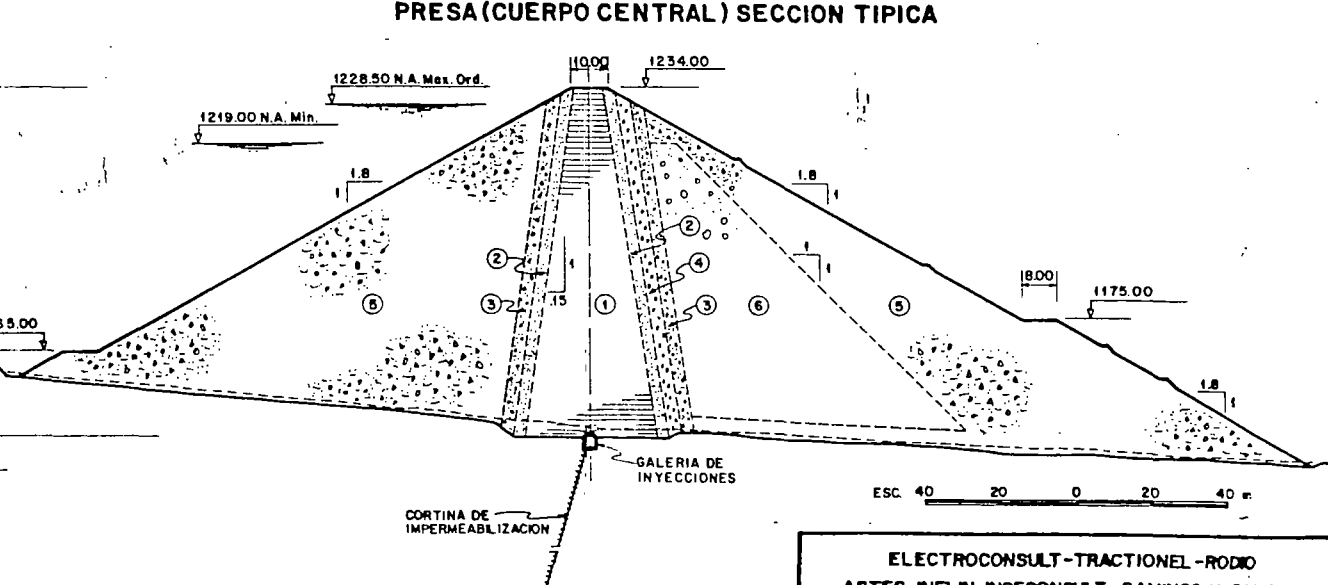
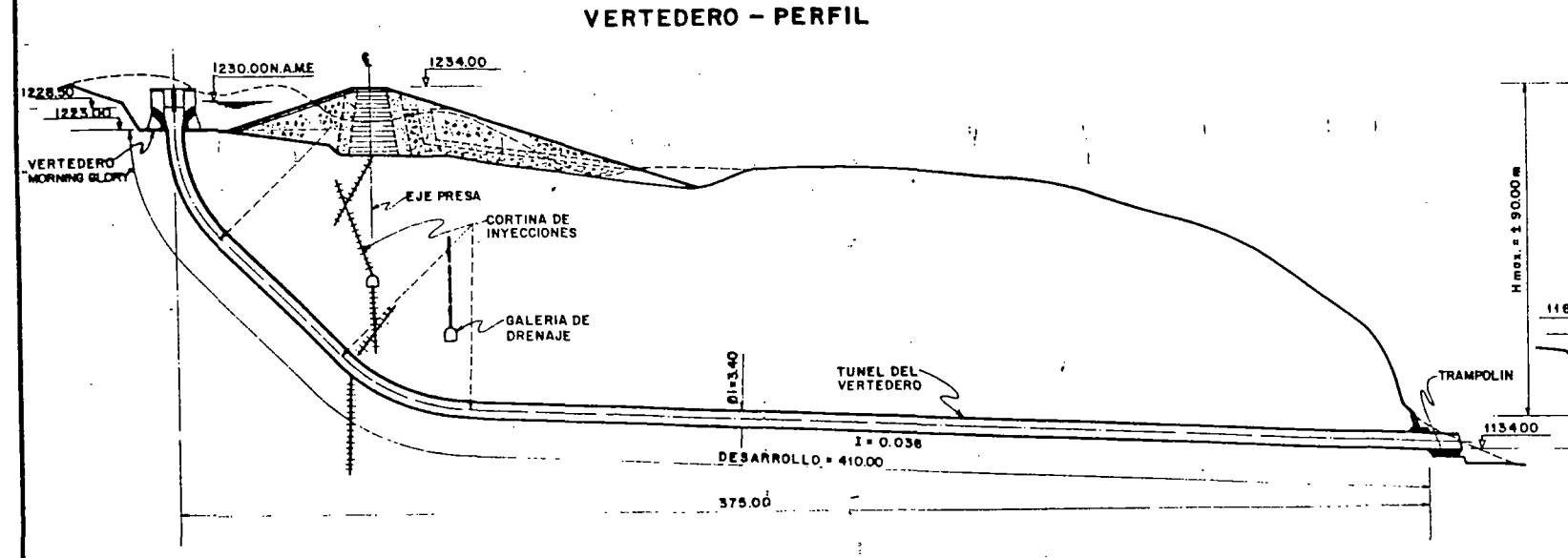
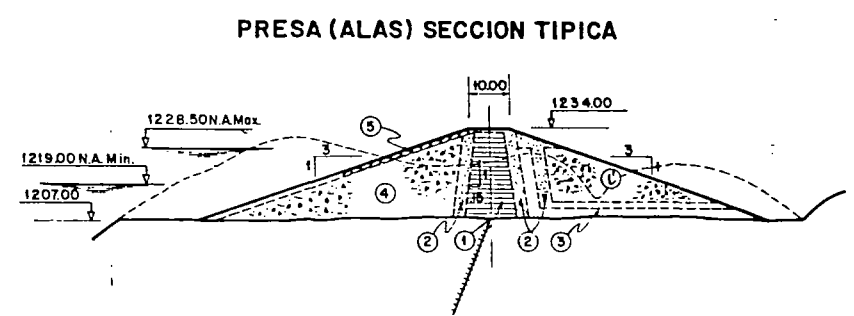
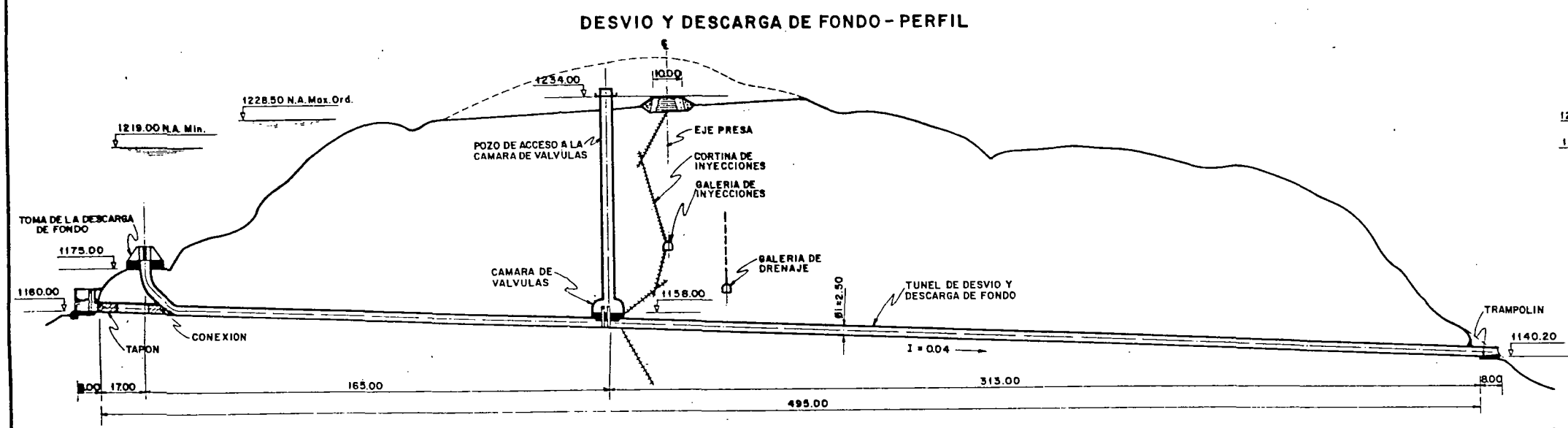
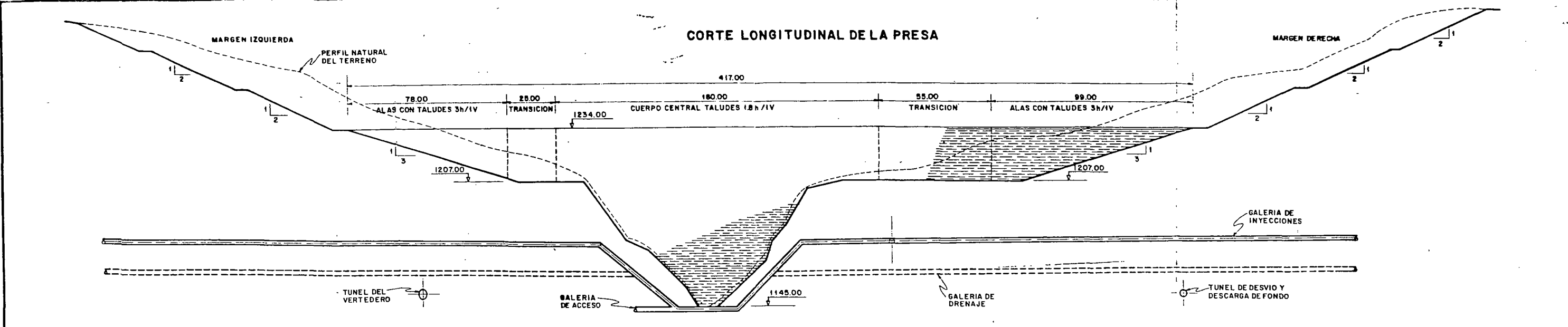




NOTA:  
 - PARA CORTES VER PLANO 0209-A-1550  
 - LAS OBRAS INDICADAS SE REFIEREN A LA 1ª Y 2ª ETAPA DE LAS SUBALTERNATIVAS CON FACTOR DE PLANTA 0.5

ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO	
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES	
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION	
QUITO - ECUADOR	
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR	
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"	
INFORME GENERAL	
ALTERNATIVAS FINALES	
COMPENSADOR-EJE DE PRESA AGUAS ABAJO	
SOLUCION ESCOLLERA - PLANTA	
HOJA DE	ENC. INDICADA
DISEÑADO 97/P.A.	RECOMENDADO
DIBUJADO M.B. / R.B.	APROBADO
REVISADO	FECHA
REV. N°	FECHA
NATURALEZA DE LA REVISION	FECHA
FOR	VERIF
APRUE	FECHA
DICIEMBRE / 1987	REV. 0209-A-1549





**PRESA (CUERPO CENTRAL) - MATERIALES**

- ① NUCLEO
- ② FILTRO FINO
- ③ TRANSICION
- ④ DREN
- ⑤ ENROCADO DRENANTE
- ⑥ MATERIAL ROCOSO

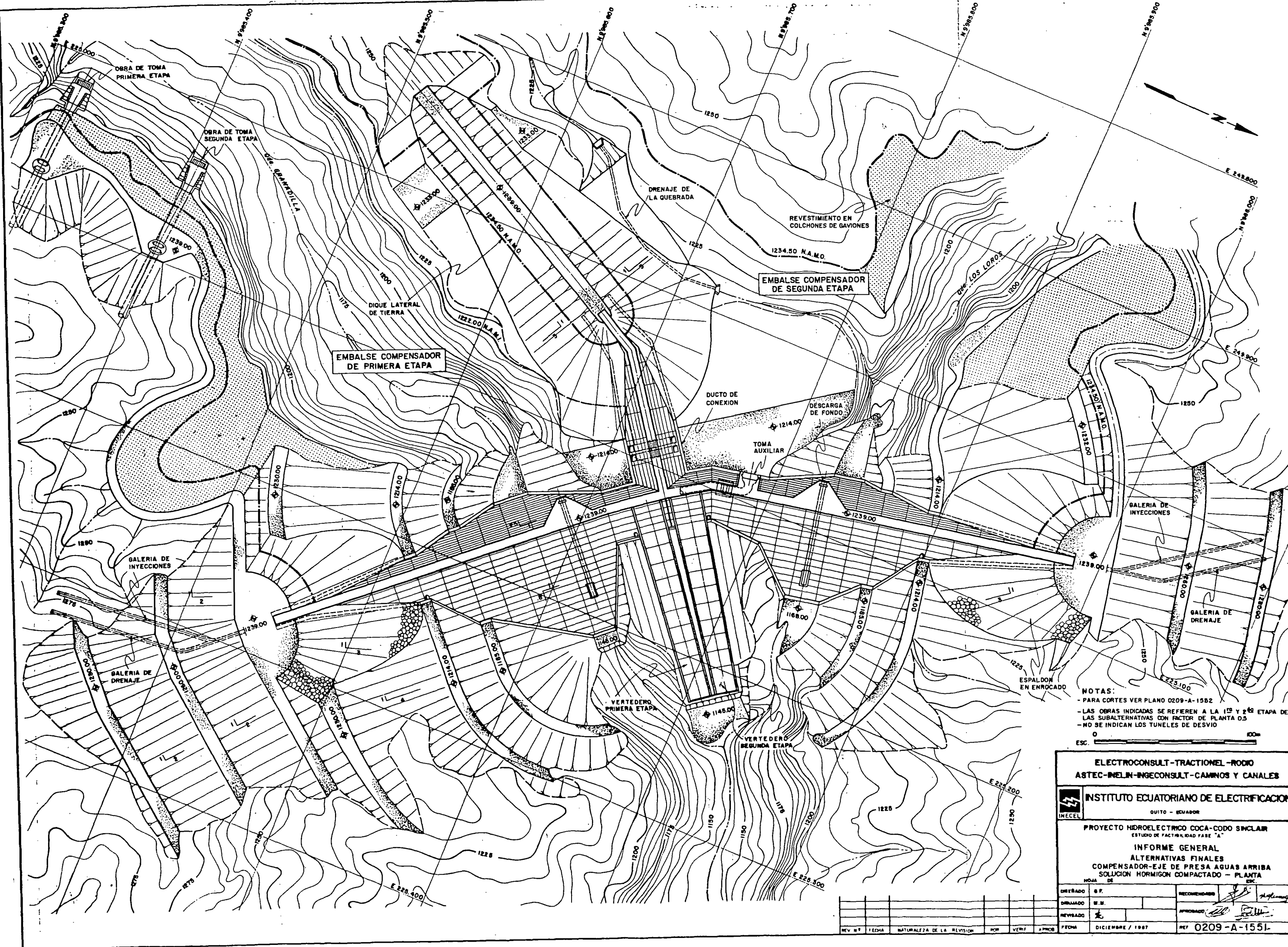
**PRESA (ALAS) - MATERIALES**

- ① NUCLEO
- ② MATERIAL DE EXCAVACION (HOLLIN)
- ③ FILTRO
- ④ DREN
- ⑤ MATERIAL DRENANTE (HOLLIN)
- ⑥ RIP-RAP

NOTA:  
PARA PLANTA VER PLANO 0209-A-1549

ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES			
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION QUITO - ECUADOR			
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINGLAIR ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"			
INFORME GENERAL ALTERNATIVAS FINALES COMPENSADOR-EJE DE PRESA AGUAS ABAJO SOLUCION ESCOLLERA - CORTES			
HOJA	DE	ESC	INDICADA
DISEÑADO	S. F. / P. R.	RECOMENDADO	
DIBUJADO	S. M.	APROBADO	
FECHA	DICIEMBRE / 1987	REF	0209-A-1550



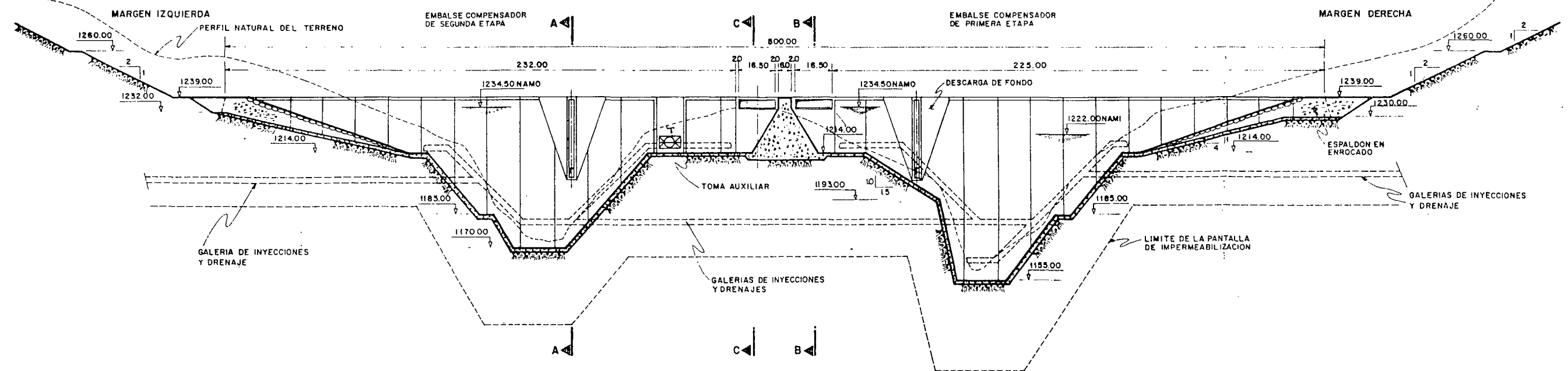


NOTAS:  
- PARA CORTES VER PLANO 0209-A-1582  
- LAS OBRAS INDICADAS SE REFEREN A LA 1ª Y 2ª ETAPA DE LAS SUBALTERNATIVAS CON FACTOR DE PLANTA 0.5  
- NO SE INDICAN LOS TUNELES DE DESVIO

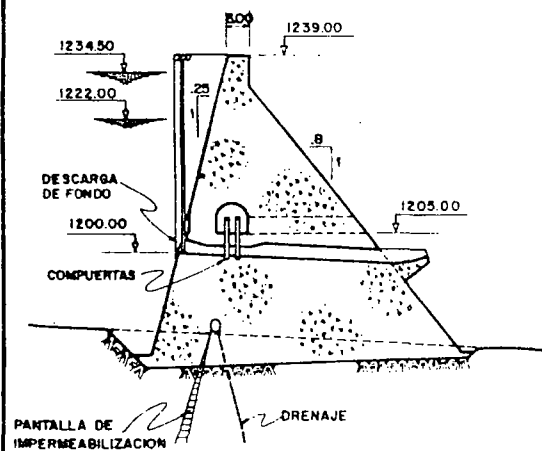
ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO	
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES	
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION	
QUITO - ECUADOR	
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR	
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"	
INFORME GENERAL	
ALTERNATIVAS FINALES	
COMPENSADOR-EJE DE PRESA AGUAS ARRIBA	
SOLUCION HORMIGON COMPACTADO - PLANTA	
HOJA DE	
DISEÑADO	S.F.
DISEÑADO	H.M.
REVISADO	
FECHA	DICIEMBRE / 1987
REV. N°	FECHA
NATURALEZA DE LA REVISION	
POR	
VERIF	
APROB	
REF 0209-A-1551	



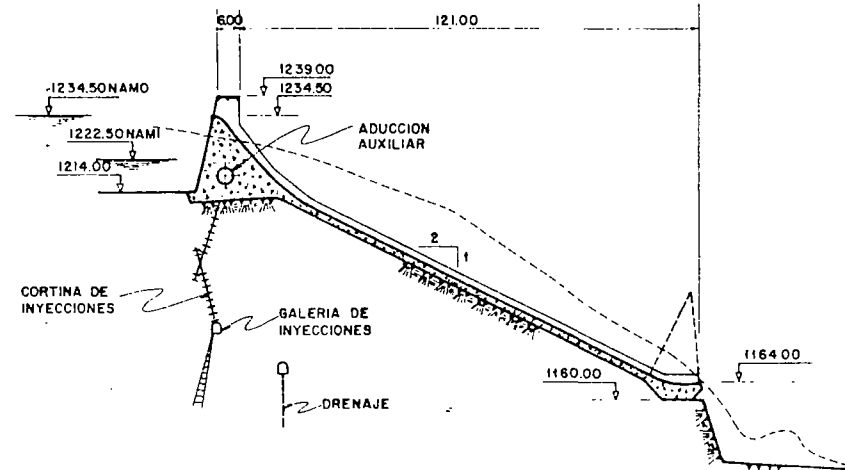
# VISTA DESDE AGUAS ARRIBA



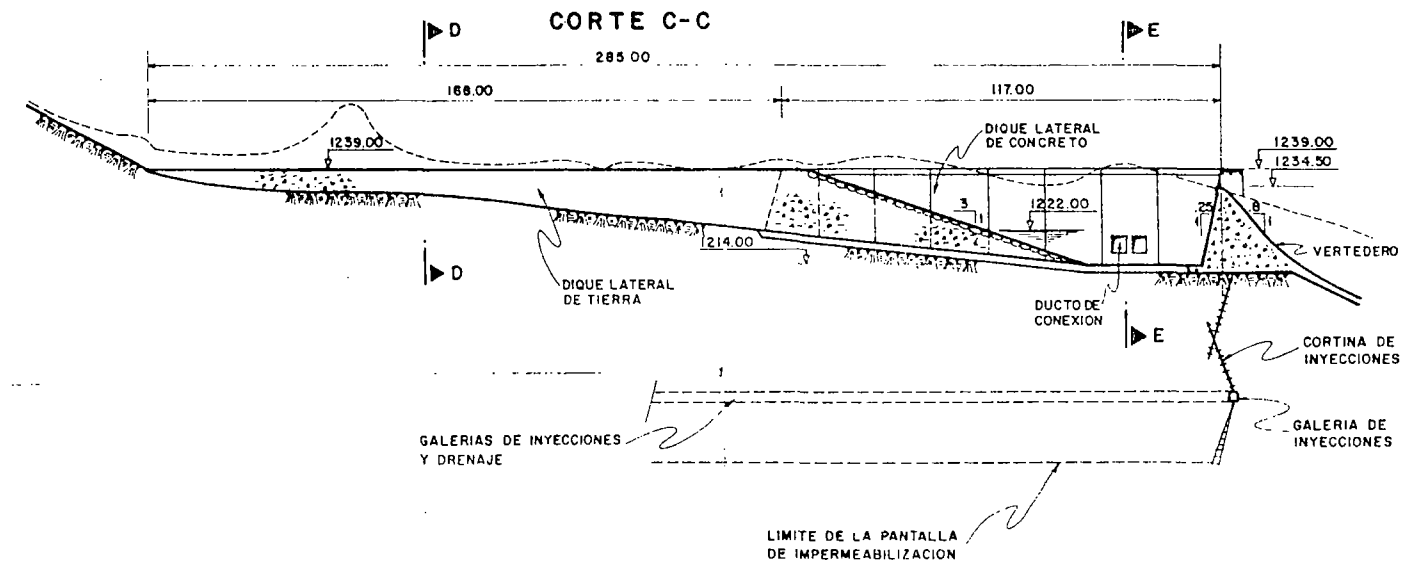
CORTE A-A



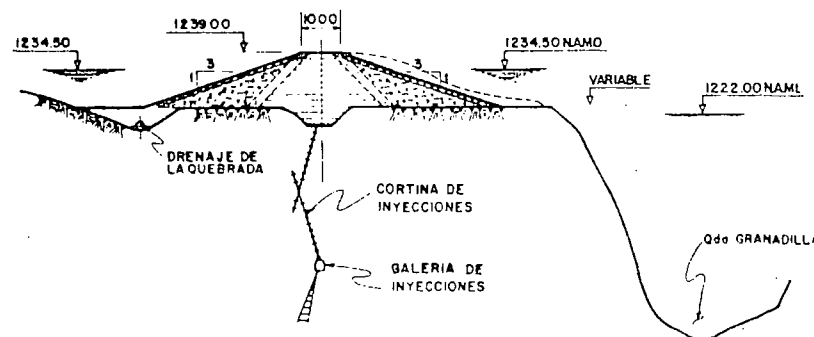
CORTE B-B



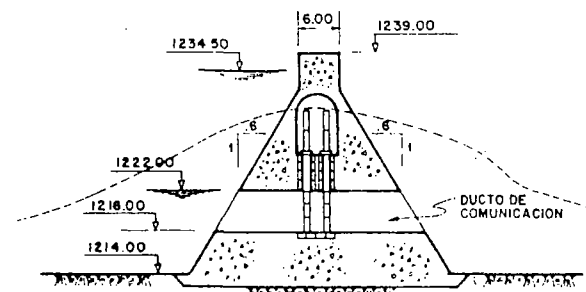
CORTE C-C



CORTE D-D

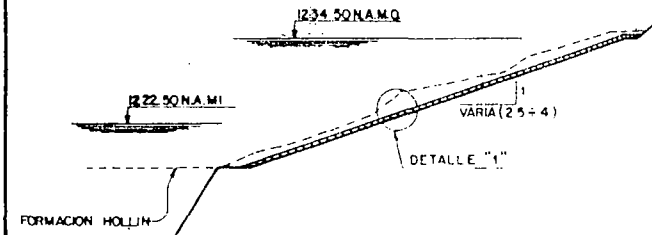


CORTE E-E

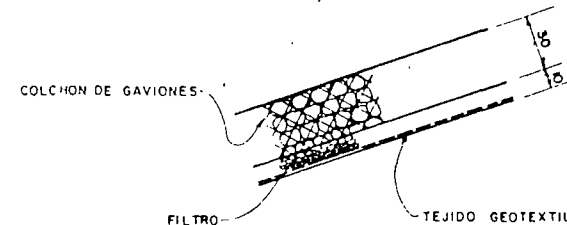


## REVESTIMIENTO EN COLCHONES DE GAVIONES

CORTE TÍPICO



DETALLE "1"



NOTA:  
- PARA PLANTA VER PLANO 0209-A-1551

ESC. 40 20 0 20 40 m

ELECTROCONSULT-TRACCIONEL-RODIO  
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES

INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION  
QUITO - ECUADOR

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR  
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"

INFORME GENERAL  
ALTERNATIVAS FINALES  
COMPENSADOR-EJE DE PRESA AGUAS ARRIBA  
SOLUCION HORMIGON COMPACTADO - CORTES

DISENADO	S.F. / L.S.L.	RECOMENDADO	
DISEÑADO	S.M. / F.A.O. / M.M.	APROBADO	
REVISADO		FECHA	DICIEMBRE / 1987
REV. N°	FECHA	NATURALEZA DE LA REVISION	MOR. VERI. / PROB.

REF 0209-A-1552

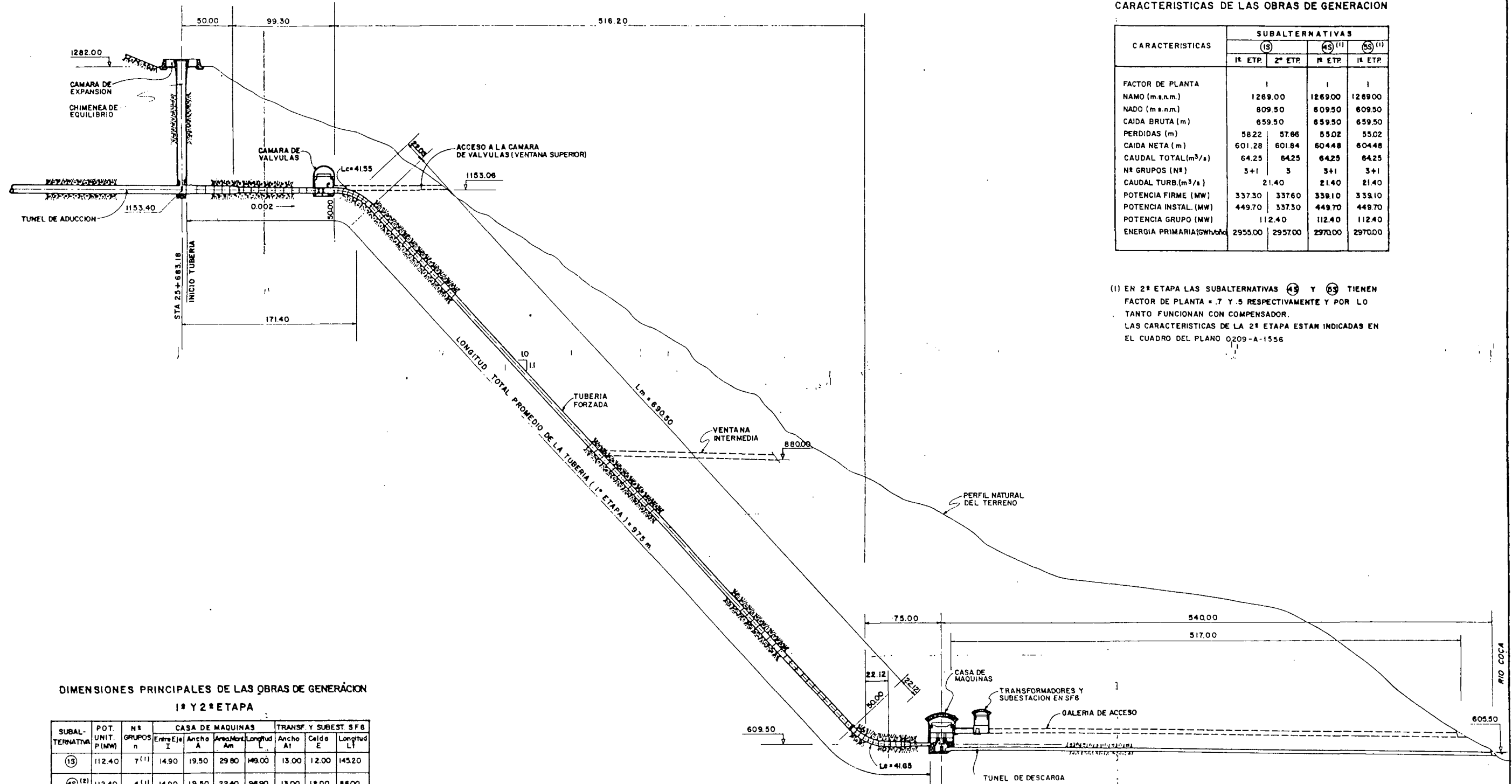






# OBRAS DE GENERACION PERFIL LONGITUDINAL

ESC. 0 50 100 150 200 m



## CARACTERISTICAS DE LAS OBRAS DE GENERACION

CARACTERISTICAS	SUBALTERNATIVAS			
	(19)		(45) (1)	(55) (1)
	1ª ETP.	2ª ETP.	1ª ETP.	1ª ETP.
FACTOR DE PLANTA	1	1	1	1
NAMO (m.s.n.m.)	1269.00	1269.00	1269.00	1269.00
NADO (m.s.n.m.)	809.50	809.50	809.50	809.50
CAIDA BRUTA (m)	659.50	659.50	659.50	659.50
PERDIDAS (m)	58.22	57.86	55.02	55.02
CAIDA NETA (m)	601.28	601.84	604.48	604.48
CAUDAL TOTAL (m³/s)	64.25	64.25	64.25	64.25
Nº GRUPOS (Nº)	3+1	3	3+1	3+1
CAUDAL TURB. (m³/s)	21.40	21.40	21.40	21.40
POTENCIA FIRME (MW)	337.30	337.60	339.10	339.10
POTENCIA INSTAL. (MW)	449.70	337.30	449.70	449.70
POTENCIA GRUPO (MW)	112.40	112.40	112.40	112.40
ENERGIA PRIMARIA (GWh/año)	2955.00	2957.00	2970.00	2970.00

(1) EN 2ª ETAPA LAS SUBALTERNATIVAS (45) Y (55) TIENEN FACTOR DE PLANTA = 7 Y 5 RESPECTIVAMENTE Y POR LO TANTO FUNCIONAN CON COMPENSADOR. LAS CARACTERISTICAS DE LA 2ª ETAPA ESTAN INDICADAS EN EL CUADRO DEL PLANO 0209-A-1556

## DIMENSIONES PRINCIPALES DE LAS OBRAS DE GENERACION 1ª Y 2ª ETAPA

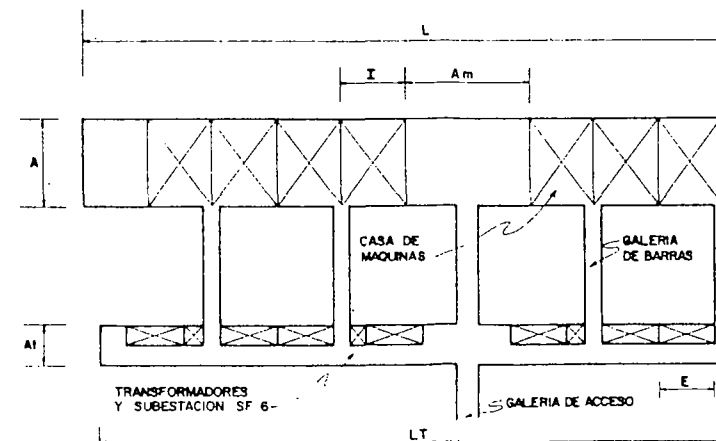
SUBALTERNATIVA	POT. UNIT. P (MW)	Nº GRUPOS n	CASA DE MAQUINAS				TRANSF. Y SUBEST. SF6		
			Entre Ejes I	Ancho A	Area Mont. Am	Longitud L	Ancho At	Celda E	Longitud Lt
(19)	112.40	7 (1)	14.90	19.50	29.80	149.00	13.00	12.00	145.20
(45) (2)	112.40	4 (1)	14.90	19.50	22.40	96.90	13.00	12.00	86.00
(55) (2)	112.40	4 (1)	14.90	19.50	22.40	96.90	13.00	12.00	86.00

## 3ª ETAPA (EVENTUAL)

SUBALTERNATIVA	POT. UNIT. P (MW)	Nº GRUPOS n	CASA DE MAQUINAS				TRANSF. Y SUBEST. SF6		
			Entre Ejes I	Ancho A	Area Mont. Am	Longitud L	Ancho At	Celda E	Longitud Lt
(19)	137.90	2	16.00	20.80	24.00	72.00	10.00	14.50	63.50

- (1) INCLUYENDO UN GRUPO DE RESERVAS  
(2) EN 2ª ETAPA LAS SUBALTERNATIVAS (45) Y (55) TIENEN FACTOR DE PLANTA < 1 Y POR LO TANTO FUNCIONAN CON COMPENSADOR (VER PLANO 0209-A-1556)

## CASA DE MAQUINAS ESQUEMA DE CONJUNTO



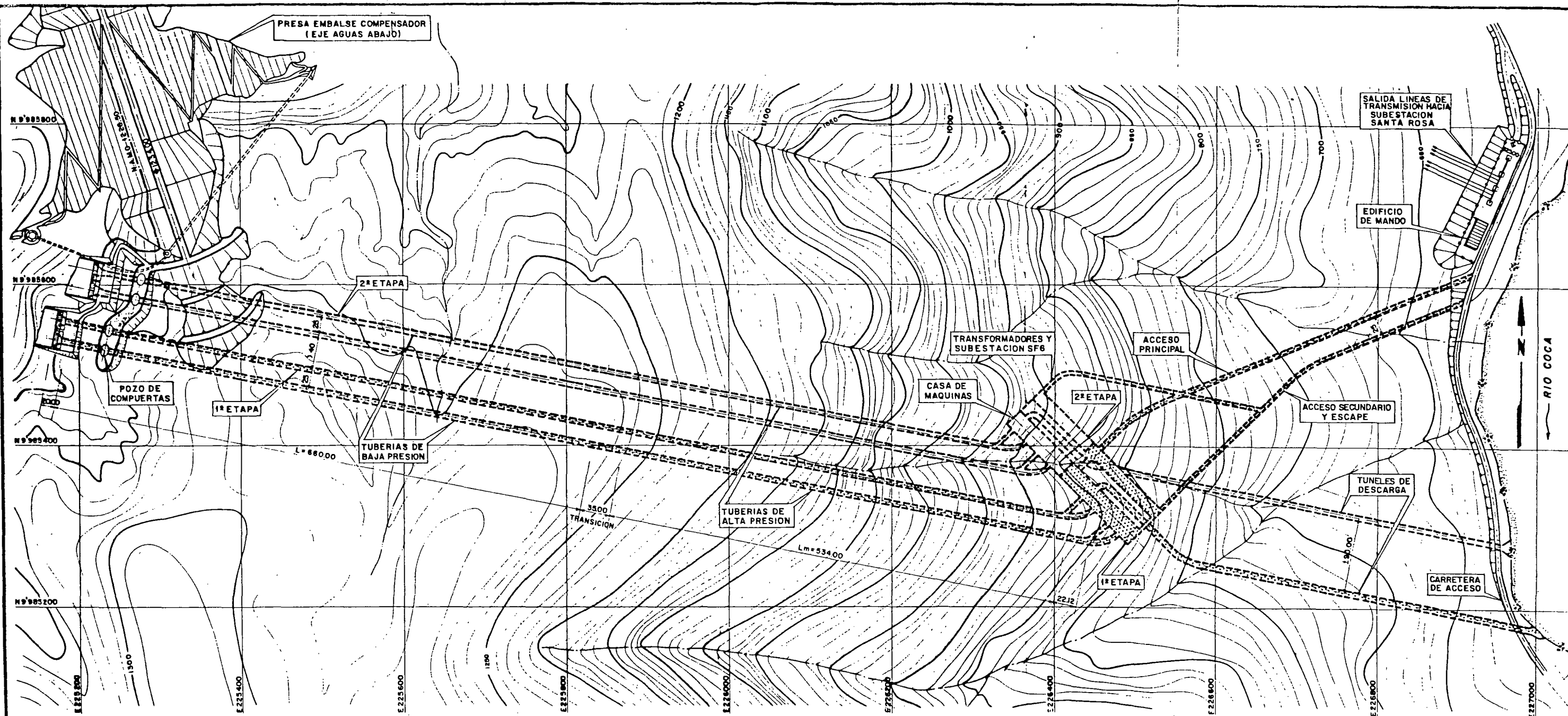
ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO  
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES

INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION  
QUITO - ECUADOR

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR  
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"  
INFORME GENERAL  
ALTERNATIVAS FINALES  
OBRAS DE GENERACION CON CHIMENEA  
PERFIL

HOJA DE  
REVISADO G.F./L.B.L.  
DISEÑADO G.M./R.B.  
REVISADO E.  
FECHA DICIEMBRE/1987  
REF 0209-A-1554





DIMENSIONES PRINCIPALES DE LA TUBERIA DE PRESION  
1ª Y 2ª ETAPA

SUBALTERNATIVA	Nº DE TUBERIAS	CAUDAL TOTAL (m³/s)	TUBERIA BAJA PRESION				TUBERIA ALTA PRESION				INERCIA TOTAL (s)
			DIAMETRO (m)	CAUDAL (m³/s)	VELOCIDAD (m/s)	LONGITUD (m)	DIAMETRO (m)	CAUDAL (m³/s)	VELOCIDAD (m/s)	LONGITUD (m)	
19	ESTA SUBALTERNATIVA FUNCIONA CON CHIMENEA DE EQUILIBRIO										
23	2	185.00	5.30	92.50	4.19	660.00	4.55	92.50	5.89	926 (1ª ETAPA) 8202 (2ª ETAPA)	1.35 1.24
53	4	259.00	4.50	64.75	4.07	660.00	3.80	64.75	5.71	926 (1ª ETAPA) 8202 (2ª ETAPA)	1.35 1.23
63 (1)	1	185.00	—	—	—	—	4.30	85.70	5.90	1500.00	1.48
	1		5.50	99.30	4.18	660.00	4.65	99.30	5.85	820.00	1.26
59 (1)	1	259.00	—	—	—	—	4.30	85.70	5.90	1500.00	1.48
	2		5.00	66.65	4.41	660.00	4.30	86.65	5.97	820.00	1.30
63	1	259.00	5.30	92.50	4.19	660.00	4.55	92.50	5.89	926.00	1.34
	2		4.90	83.25	4.41	660.00	4.20	83.25	6.01	820.00	1.31

(1) EN 1ª ETAPA LAS SUBALTERNATIVAS 63 Y 63 TIENEN FACTOR DE PLANTA = 1 Y POR LO TANTO FUNCIONAN CON CHIMENEA (VER PLANO 0209-A-1553)

3ª ETAPA  
(EVENTUAL)

SUBALTERNATIVA	Nº DE TUBERIAS	CAUDAL TOTAL (m³/s)	TUBERIA BAJA PRESION				TUBERIA ALTA PRESION				INERCIAS TOTAL (s)
			DIAMETRO (m)	CAUDAL (m³/s)	VELOCIDAD (m/s)	LONGITUD (m)	DIAMETRO (m)	CAUDAL (m³/s)	VELOCIDAD (m/s)	LONGITUD (m)	
19	ESTA SUBALTERNATIVA FUNCIONA CON CHIMENEA DE EQUILIBRIO										
23 43	1	75.00	4.75	75.00	4.23	660.00	4.05	75.00	5.82	870.00	1.32
53 63	1	105.00	5.70	105.00	4.11	660.00	4.80	105.00	5.90	870.00	1.29

DIMENSIONES PRINCIPALES DE LA GALERIA DE DESCARGA  
1ª Y 2ª ETAPA

SUBALTERNATIVA	Nº DE GALERIAS	CAUDAL TOTAL (m³/s)	DIAMETRO (m) (1)	CAUDAL GALERIA (m³/s)	VELOCIDAD (m/s)	LONGITUD (m)
23	2	185.00	6.20	92.50	3.35	540.00
53	2	259.00	7.00	129.50	3.68	540.00
63	1	185.00	6.00	85.70	3.32	540.00
63	1	185.00	6.30	99.30	3.49	540.00
53	1	259.00	6.00	85.70	3.32	540.00
53	1	259.00	7.80	173.30	3.97	540.00
63	1	259.00	6.20	92.50	3.35	540.00
63	1	259.00	7.70	166.50	3.91	540.00

NOTAS:

- EN ESTE PLANO SE INDICA EL CONJUNTO DE LA SUBALTERNATIVA (53)
- NO SE INDICA LA UBICACION DE LAS OBRAS DE GENERACION DE UNA EVENTUAL 3ª ETAPA

ESC. 0 50 100 150 200 m

ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO  
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMNOS Y CANALES

INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION  
QUITO - ECUADOR

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR  
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"

INFORME GENERAL  
ALTERNATIVAS FINALES  
OBRAS DE GENERACION CON COMPENSADOR  
CONJUNTO

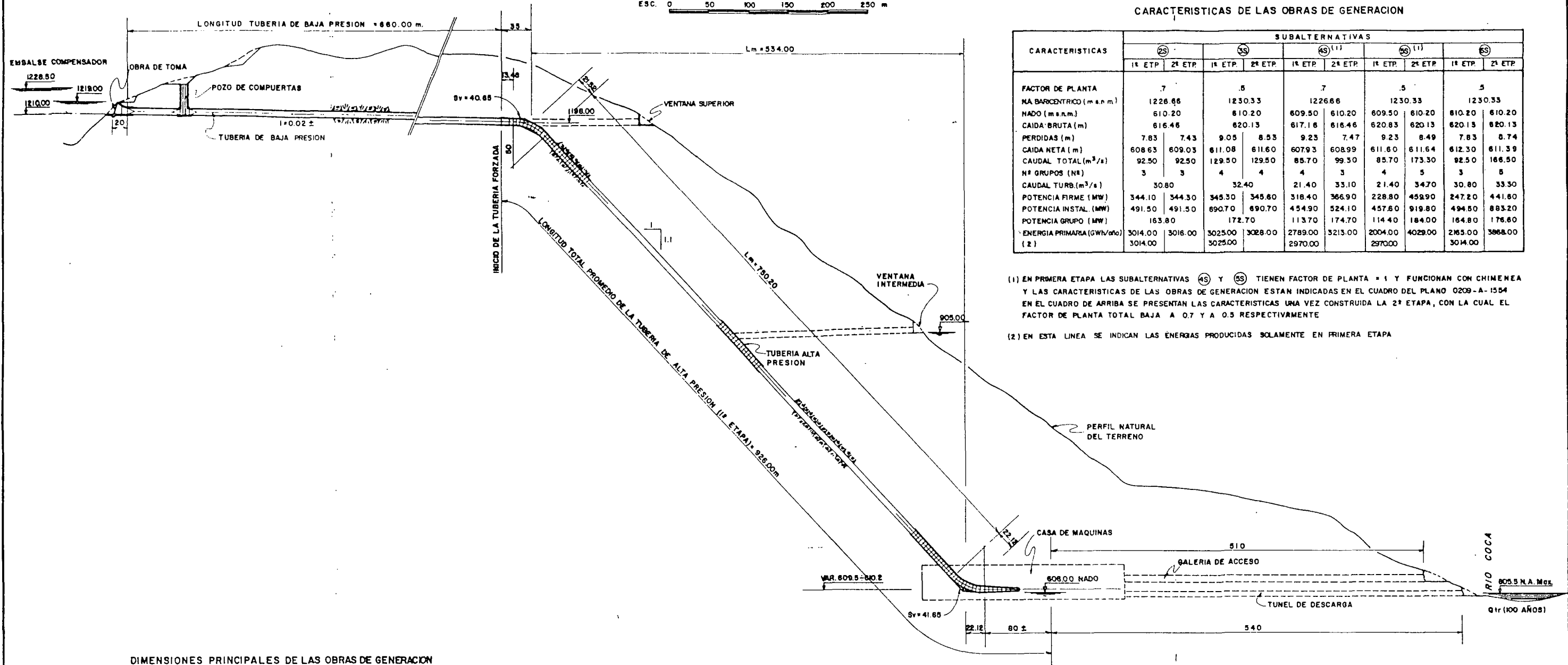
HOJA DE  
DISEÑADO: S.F./L.B.L.  
DIBUJADO: S.M.  
REVISADO: S.M.  
FECHA: DICIEMBRE / 1987  
REC. 0209-A-1555

(1) SECCION EN FORMA DE HERRADURA



# OBRA DE GENERACION PERFIL LONGITUDINAL

ESC. 0 50 100 150 200 250 m



## CARACTERISTICAS DE LAS OBRAS DE GENERACION

CARACTERISTICAS	SUBALTERNATIVAS									
	23		33		45 (1)		55 (1)		65	
	1ª ETP	2ª ETP	1ª ETP	2ª ETP	1ª ETP	2ª ETP	1ª ETP	2ª ETP	1ª ETP	2ª ETP
FACTOR DE PLANTA	7		5		7		5		5	
NA BARICENTRICO (m.s.n.m.)	1226.66		1230.33		1226.66		1230.33		1230.33	
NADO (m.s.n.m.)	610.20		610.20		609.50	610.20	609.50	610.20	610.20	610.20
CAIDA BRUTA (m)	616.46		620.13		617.16	616.46	620.83	620.13	620.13	620.13
PERDIDAS (m)	7.83	7.43	9.05	8.53	9.23	7.47	9.23	8.49	7.83	6.74
CAIDA NETA (m)	608.63	609.03	611.08	611.60	607.93	608.99	611.60	611.64	612.30	611.39
CAUDAL TOTAL (m³/s)	92.50	92.50	129.50	129.50	85.70	99.50	85.70	173.30	92.50	166.50
Nº GRUPOS (Nº)	3	3	4	4	4	3	4	5	3	5
CAUDAL TURB. (m³/s)	30.80		32.40		21.40	33.10	21.40	34.70	30.80	33.30
POTENCIA FIRME (MW)	344.10	344.30	345.30	345.60	318.40	366.90	228.80	452.90	247.20	441.60
POTENCIA INSTAL. (MW)	491.50	491.50	690.70	690.70	454.90	524.10	457.60	919.80	494.50	883.20
POTENCIA GRUPO (MW)	163.80		172.70		113.70	174.70	114.40	184.00	164.80	176.60
ENERGIA PRIMARIA (GW/año)	3014.00	3016.00	3025.00	3028.00	2789.00	3213.00	2004.00	4029.00	2163.00	3868.00
(2)	3014.00		3025.00		2970.00		2970.00		3014.00	

(1) EN PRIMERA ETAPA LAS SUBALTERNATIVAS 45 Y 55 TIENEN FACTOR DE PLANTA = 1 Y FUNCIONAN CON CHIMENEA Y LAS CARACTERISTICAS DE LAS OBRAS DE GENERACION ESTAN INDICADAS EN EL CUADRO DEL PLANO 0209-A-1554 EN EL CUADRO DE ARRIBA SE PRESENTAN LAS CARACTERISTICAS UNA VEZ CONSTRUIDA LA 2ª ETAPA, CON LA CUAL EL FACTOR DE PLANTA TOTAL BAJA A 0.7 Y A 0.5 RESPECTIVAMENTE

(2) EN ESTA LINEA SE INDICAN LAS ENERGIAS PRODUCIDAS SOLAMENTE EN PRIMERA ETAPA

## DIMENSIONES PRINCIPALES DE LAS OBRAS DE GENERACION

### 1ª Y 2ª ETAPA

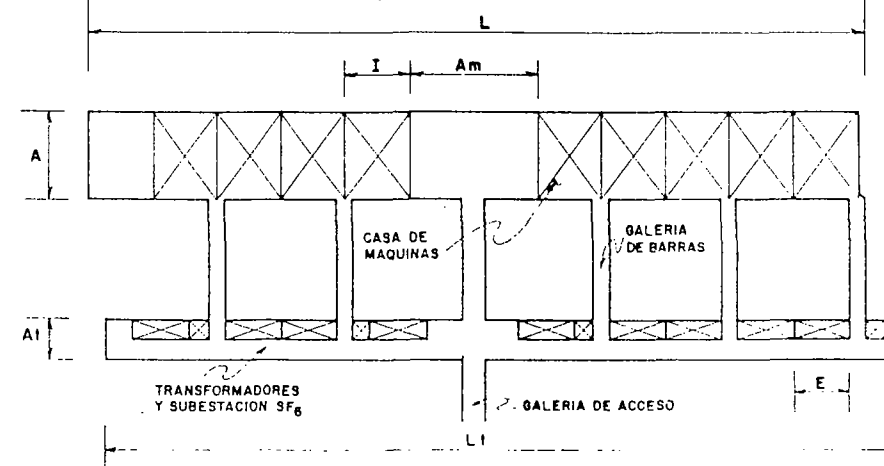
SUBAL- TERNATIVA	POT. UNIT. P (MW)	Nº GRUPOS n	CASA DE MAQUINAS				TRANSF. Y SUBEST. SF 6			
			Entre Eje I	Ancho A	Area Mont. Am	Longitud L	Ancho At	Celda E	Longitud Lt	
23	163.80	6	16.90	22.30	25.40	143.70	10.00	15.00	140.80	
33	172.70	8	17.00	22.30	34.00	187.00	10.00	15.00	184.00	
45 (1)	113.70	4	14.90	19.50	22.40	173.40	13.00	12.00	169.40	
	174.70	3	17.00	22.30	25.50		10.00	15.00		
55 (1)	114.40	4	14.90	19.50	22.40	208.70	13.00	12.00	204.70	
	184.00	5	17.20	22.50	25.80		10.50	15.50		
65	164.80	3	16.90	22.10	25.40	203.50	10.00	15.00	191.20	
	176.60	5	17.00	22.30	25.50		10.00	15.00		

### 3ª ETAPA (EVENTUAL)

SUBAL- TERNATIVA	POT. UNIT. P (MW)	Nº GRUPOS n	CASA DE MAQUINAS				TRANSF. Y SUBEST. SF 6			
			Entre Eje I	Ancho A	Area Mont. Am	Longitud L	Ancho At	Celda E	Longitud Lt	
23 45	199.40	2	18.10	23.60	27.10	81.40	11.00	16.00	70.30	
55 65	186.80	3	17.20	22.50	25.80	94.60	10.50	15.50	94.40	

(1) EN 1ª ETAPA LAS SUBALTERNATIVAS 45 Y 55 TIENEN FACTOR DE PLANTA = 1 Y POR LO TANTO FUNCIONAN CON CHIMENEA (VER PLANO 0209-A-1554) PARA LA SUBALTERNATIVA 65 (VER PLANO 0209-A-1554)

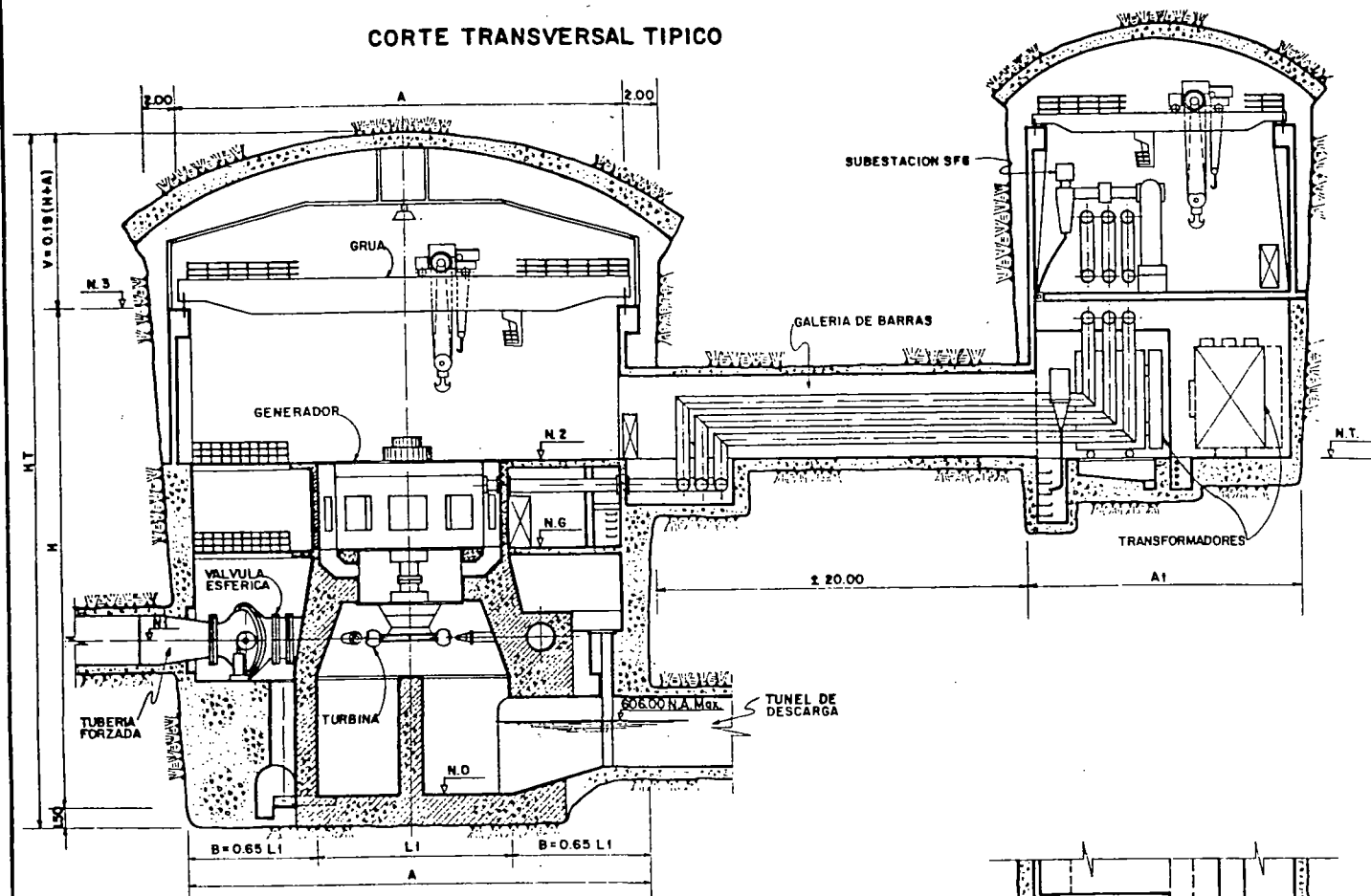
## CASA DE MAQUINAS ESQUEMA DE CONJUNTO



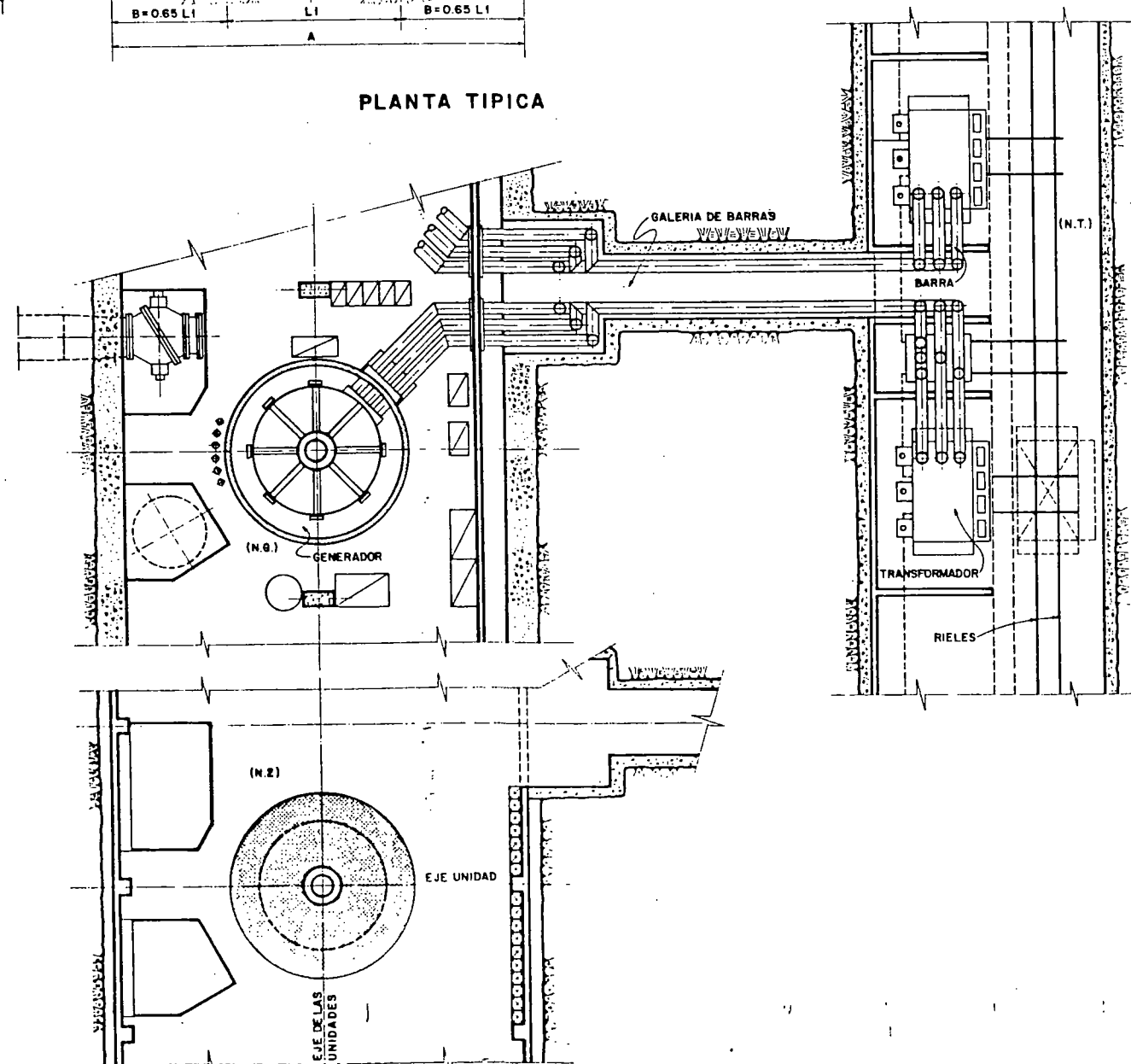
ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO	
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES	
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION	
QUITO - ECUADOR	
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR	
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"	
INFORME GENERAL	
ALTERNATIVAS FINALES	
OBRAS DE GENERACION CON COMPENSADOR	
PERFIL	
HOJA DE	ESC. INDICADA
DISEÑADO E.F./L.B.L.	RECOMENDADO
DISEÑADO M.E./R.S.	APROBADO
REVISADO	FECHA
REV. Nº	FECHA
NATURALEZA DE LA REVISION	FECHA
FECHA	DICIEMBRE / 1987
REV. 0209-A-1556	



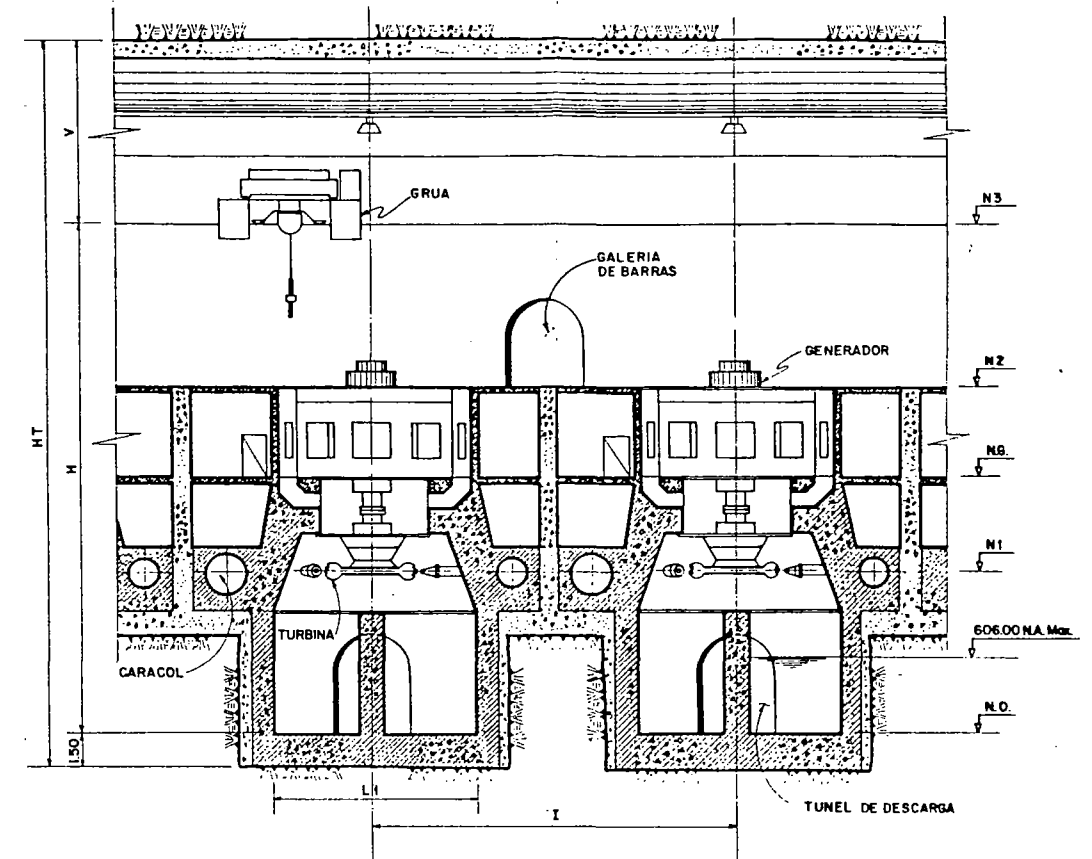
CORTE TRANSVERSAL TÍPICO



PLANTA TÍPICA



CORTE LONGITUDINAL TÍPICO

DIMENSIONES PRINCIPALES DE LA CASA DE MAQUINAS  
1ª Y 2ª ETAPA

SUBALTER. NATIVAS	POT. UNIT. P.(MW)	Nº GRUPOS n	DIMENSIONES CASA DE MAQUINAS.										NIVELES CASA DE MAQUINAS			
			Entre Eje I	Ancho A	Alt.Grue H	Boveda V	Alt.Total HT	Alt.Mont. AM	Descarga LI	Longitud L	REST. NADO	FONDO DESC. NO	RUEDA N1	GRUA N3		
(15)	112.40	7 (1)	14.90	19.50	23.90	8.20	34.40	29.80	7.95	149.00	606.00	602.75	609.50	626.65		
(25)	163.80	6	16.90	22.10	25.60	9.10	37.00	25.40	9.40	143.70	606.00	602.40	610.20	628.00		
(35)	172.70	8	17.00	22.30	25.70	9.10	37.10	24.00	9.45	187.00	606.00	602.40	610.20	628.10		
(45)	113.70 174.70	4 3	14.90 17.00	19.50 22.30	23.90 25.70	8.20 9.10	34.40 37.10	22.40 25.50	7.95 9.45	173.40	606.00	602.75 602.40	609.50 610.20	626.65 628.10		
(55)	114.40 184.00	4 5	14.90 17.20	19.50 22.50	23.90 25.80	8.20 9.10	34.40 37.20	22.40 25.80	7.95 9.50	208.70	606.00	602.75 602.45	609.50 610.20	626.65 628.25		
(65)	164.80 176.60	3 5	16.90 17.00	22.10 22.30	25.60 25.70	9.10	37.00 37.10	25.40 25.50	9.40 9.45	203.50	606.00	602.40	610.20	628.00 628.10		

3ª ETAPA  
(EVENTUAL)

SUBALTER. NATIVAS	POT. UNIT. P.(MW)	Nº GRUPOS n	DIMENSIONES CASA DE MAQUINAS										NIVELES CASA DE MAQUINAS			
			Entre Eje I	Ancho A	Alt.Grue H	Boveda V	Alt.Total HT	Alt.Mont. AM	Descarga LI	Longitud L	REST. NADO	FONDO DESC. NO	RUEDA N1	GRUA N3		
(15)	137.90	2	16.00	20.80	24.50	8.60	35.40	24.00	8.65	72.00	606.00	602.55	609.80	627.05		
(25)	199.40	2	18.10	23.60	26.60	9.50	38.40	27.10	10.15	81.40	606.00	602.20	610.50	628.80		
(35)	186.80	3	17.20	22.50	25.90	9.20	37.40	25.80	9.50	94.60	606.00	602.40	610.20	628.30		

(1) INCLUYENDO 1 GRUPO DE RESERVA

ESC. 0 5 10 15 m

ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO  
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALESINSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION  
INCEL  
QUITO - ECUADORPROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR  
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"INFORME GENERAL  
ALTERNATIVAS FINALES  
CASA DE MAQUINAS  
CORTES TÍPICOS Y DIMENSIONES

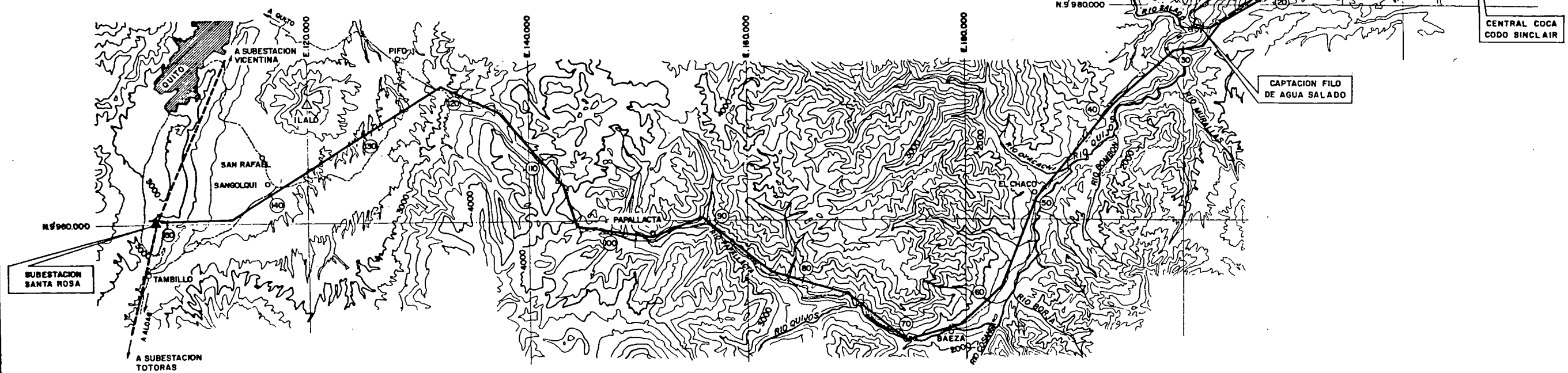
ELABORADO	REVISADO	APROBADO	FECHA	REVISADO	FECHA	REVISADO	FECHA	REVISADO	FECHA	REVISADO	FECHA	REVISADO	FECHA	REVISADO	FECHA	REVISADO	FECHA
ELABORADO	REVISADO	APROBADO	FECHA	REVISADO	FECHA	REVISADO	FECHA	REVISADO	FECHA	REVISADO	FECHA	REVISADO	FECHA	REVISADO	FECHA	REVISADO	FECHA
ELABORADO	REVISADO	APROBADO	FECHA	REVISADO	FECHA	REVISADO	FECHA	REVISADO	FECHA	REVISADO	FECHA	REVISADO	FECHA	REVISADO	FECHA	REVISADO	FECHA

DICIEMBRE/1987  
REV 0209-A-1557

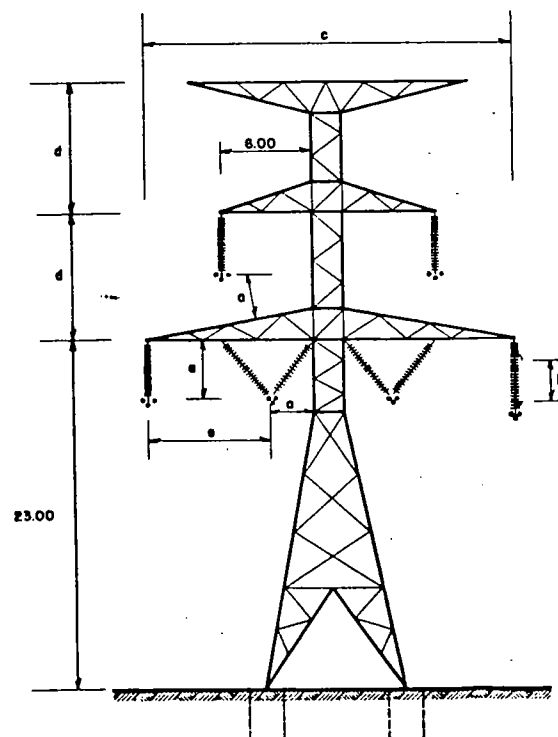


# SISTEMA DE TRANSMISION DISPOSICION GENERAL - PLANTA

ESC. 5 0 5 10 km



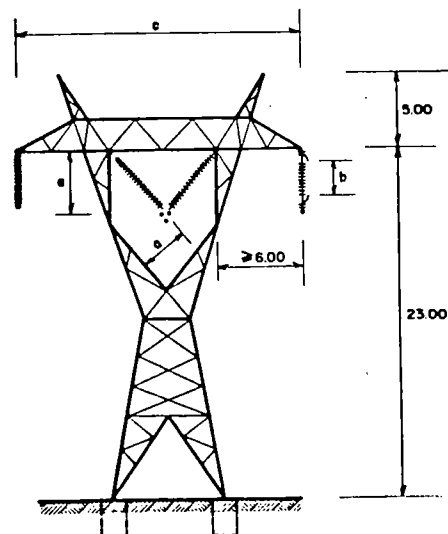
TORRE A DOBLE CIRCUITO (345 KV)



ASLAMIENTO

DIMENSION	ALTITUD m.s.n.m.	
	1000 + 3000	3000 + 4000
a	≥ 2.75	≥ 3.00
b	2.30	2.60
c	22.50	24.00
d	8.20	8.50
e	7.50	8.00

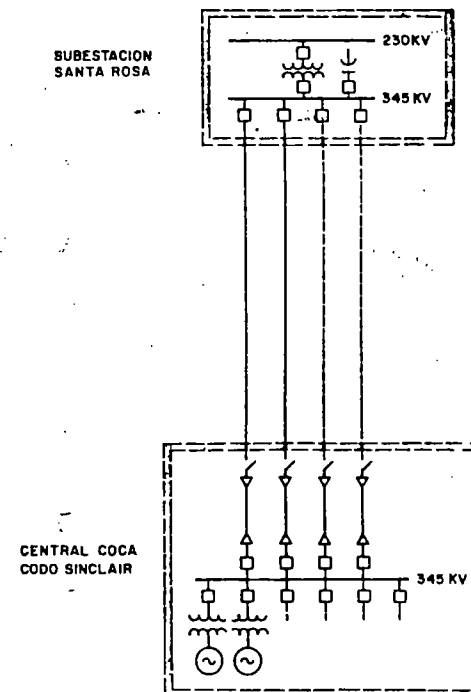
TORRE A SIMPLE CIRCUITO (345 KV)



ASLAMIENTO

DIMENSION	ALTITUD m.s.n.m.	
	1000 + 3000	3000 + 4000
a	≥ 2.80	≥ 3.10
b	2.30	2.60
c	18.00	20.00

DIAGRAMA UNIFILAR



LEYENDA:

- LINEA DEL SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO
- 100 DISTANCIA EN km
- LINEA DE TRANSMISION (345 KV) EN PROYECTO
- OBRAS DEL PROYECTO
- CARRETERA EXISTENTE
- CARRETERA EN PROYECTO
- ▲ SUBESTACION
- △ ELEVACION
- POBLACION

ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO  
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES

INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION  
QUITO - ECUADOR

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR  
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"  
INFORME GENERAL  
ALTERNATIVAS FINALES  
SISTEMA DE TRANSMISION  
CARACTERISTICAS PRINCIPALES

NO. DE

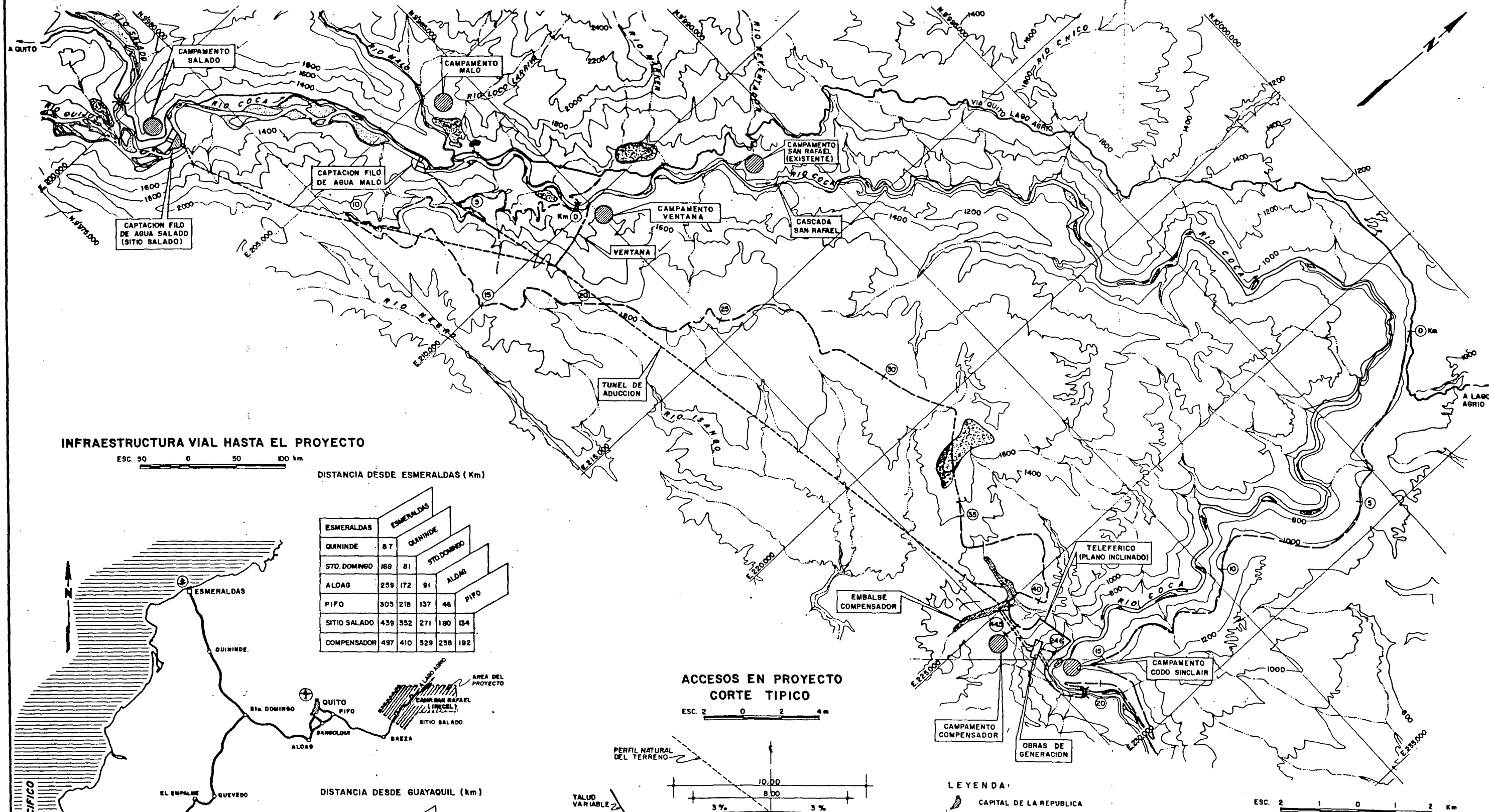
ELABORADO	L.S.L. / S.F.	RECOMENDADO	APROBADO
DISEÑADO	M. N.	APROBADO	APROBADO
REVISADO		APROBADO	APROBADO

REV. N°	FECHA	NATURALEZA DE LA REVISION	POR	VERI	APROB	FECHA

REF 0209-A-1558



# ACCESOS EN EL AREA DEL PROYECTO



## INFRAESTRUCTURA VIAL HASTA EL PROYECTO

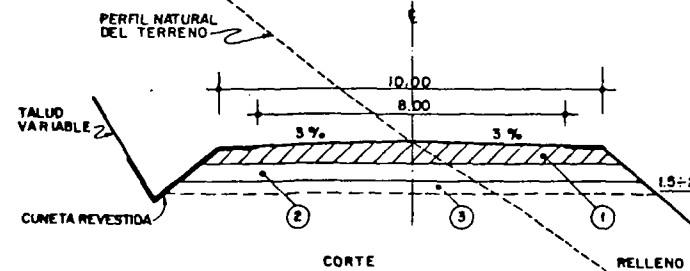
ESC. 50 0 50 100 km

DISTANCIA DESDE ESMERALDAS (Km)

ESMERALDAS	ESMERALDAS	QUINDE	STO. DOMINGO	ALOAG	PIFO
QUINDE	87				
STO. DOMINGO	168	81			
ALOAG	259	172	91		
PIFO	305	218	137	46	
SITIO SALADO	439	352	271	180	134
COMPENSADOR	497	410	329	238	192

## ACCESOS EN PROYECTO CORTE TÍPICO

ESC. 2 0 2 4 m



### MATERIALES:

- 40cm. DE BASE TRITURADA
- 50cm. DE SUB-BASE
- EMPALIZADO CON TRONCOS (EN LOS TRAMOS QUE SE REQUIERA)

### LEYENDA:

- CAPITAL DE LA REPUBLICA
- CAPITAL DE PROVINCIA
- PUNTOS DE ENLACE
- CARRETERA EXISTENTE ASFALTADA
- CARRETERA EXISTENTE AFIRMADA
- ACCESOS EN PROYECTO
- AEROPUERTO INTERNACIONAL
- PUERTO MARITIMO
- AREAS DE CAMPAMENTOS
- AREAS DE PRESTAMO DE MATERIALES

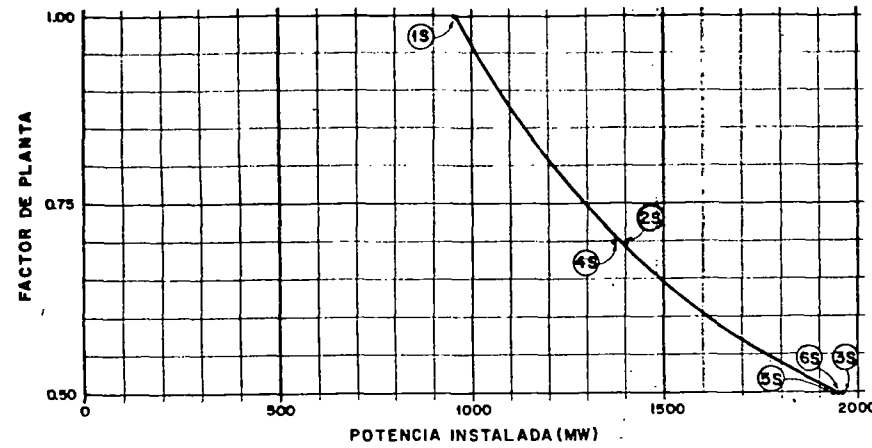
DISTANCIA DESDE GUAYAQUIL (km)

GUAYAQUIL	GUAYAQUIL	QUEVEDO	STO. DOMINGO	ALOAG	PIFO
QUEVEDO	196				
STO. DOMINGO	296	100			
ALOAG	387	191	91		
PIFO	433	237	137	46	
SITIO SALADO	567	371	271	180	134
COMPENSADOR	625	429	329	238	192

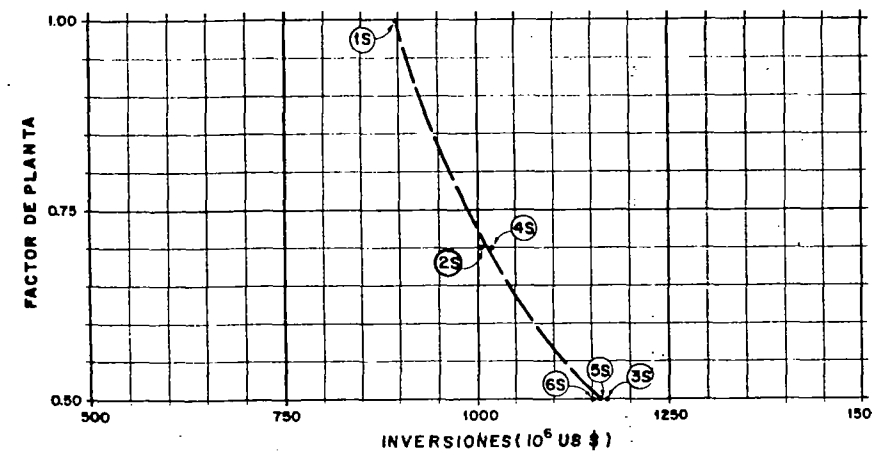
ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO			
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES			
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION			
QUITO - ECUADOR			
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR			
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"			
INFORME GENERAL			
ALTERNATIVAS FINALES			
INFRAESTRUCTURAS DE LAS OBRAS			
NO. DE	FECHA	REVISADO	APROBADO
1	10/10/87		
2	10/10/87		
3	10/10/87		
4	10/10/87		
5	10/10/87		
6	10/10/87		
7	10/10/87		
8	10/10/87		
9	10/10/87		
10	10/10/87		
11	10/10/87		
12	10/10/87		
13	10/10/87		
14	10/10/87		
15	10/10/87		
16	10/10/87		
17	10/10/87		
18	10/10/87		
19	10/10/87		
20	10/10/87		
21	10/10/87		
22	10/10/87		
23	10/10/87		
24	10/10/87		
25	10/10/87		
26	10/10/87		
27	10/10/87		
28	10/10/87		
29	10/10/87		
30	10/10/87		
31	10/10/87		
32	10/10/87		
33	10/10/87		
34	10/10/87		
35	10/10/87		
36	10/10/87		
37	10/10/87		
38	10/10/87		
39	10/10/87		
40	10/10/87		
41	10/10/87		
42	10/10/87		
43	10/10/87		
44	10/10/87		
45	10/10/87		
46	10/10/87		
47	10/10/87		
48	10/10/87		
49	10/10/87		
50	10/10/87		
51	10/10/87		
52	10/10/87		
53	10/10/87		
54	10/10/87		
55	10/10/87		
56	10/10/87		
57	10/10/87		
58	10/10/87		
59	10/10/87		
60	10/10/87		
61	10/10/87		
62	10/10/87		
63	10/10/87		
64	10/10/87		
65	10/10/87		
66	10/10/87		
67	10/10/87		
68	10/10/87		
69	10/10/87		
70	10/10/87		
71	10/10/87		
72	10/10/87		
73	10/10/87		
74	10/10/87		
75	10/10/87		
76	10/10/87		
77	10/10/87		
78	10/10/87		
79	10/10/87		
80	10/10/87		
81	10/10/87		
82	10/10/87		
83	10/10/87		
84	10/10/87		
85	10/10/87		
86	10/10/87		
87	10/10/87		
88	10/10/87		
89	10/10/87		
90	10/10/87		
91	10/10/87		
92	10/10/87		
93	10/10/87		
94	10/10/87		
95	10/10/87		
96	10/10/87		
97	10/10/87		
98	10/10/87		
99	10/10/87		
100	10/10/87		



FACTOR DE PLANTA vs POTENCIA INSTALADA (I+II+III ETAPA)

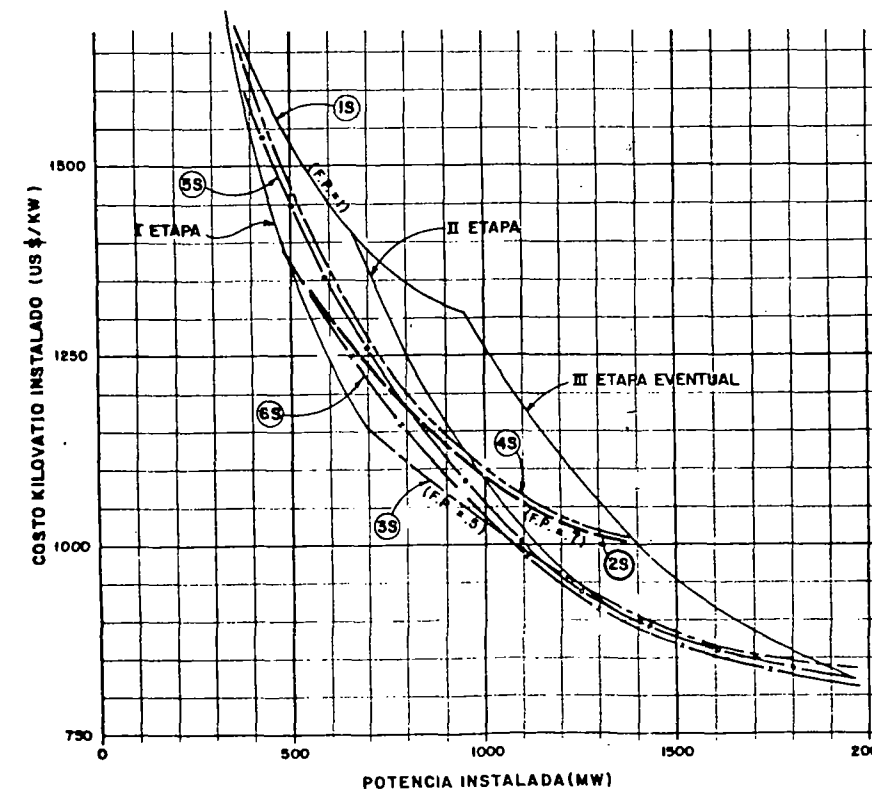


FACTOR DE PLANTA vs INVERSIONES<sup>②</sup> (I+II+III ETAPA)



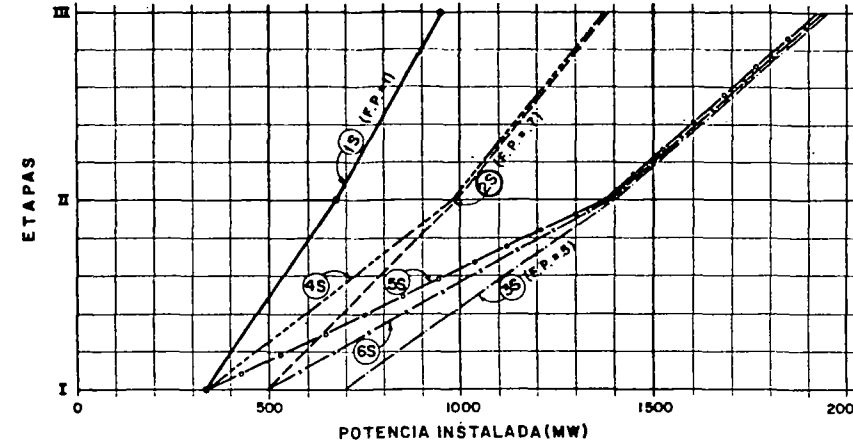
② SIN INTERESES DURANTE LA CONSTRUCCION Y SIN LINEA DE TRANSMISION

COSTO KILOVATIO<sup>③</sup> vs POTENCIA INSTALADA

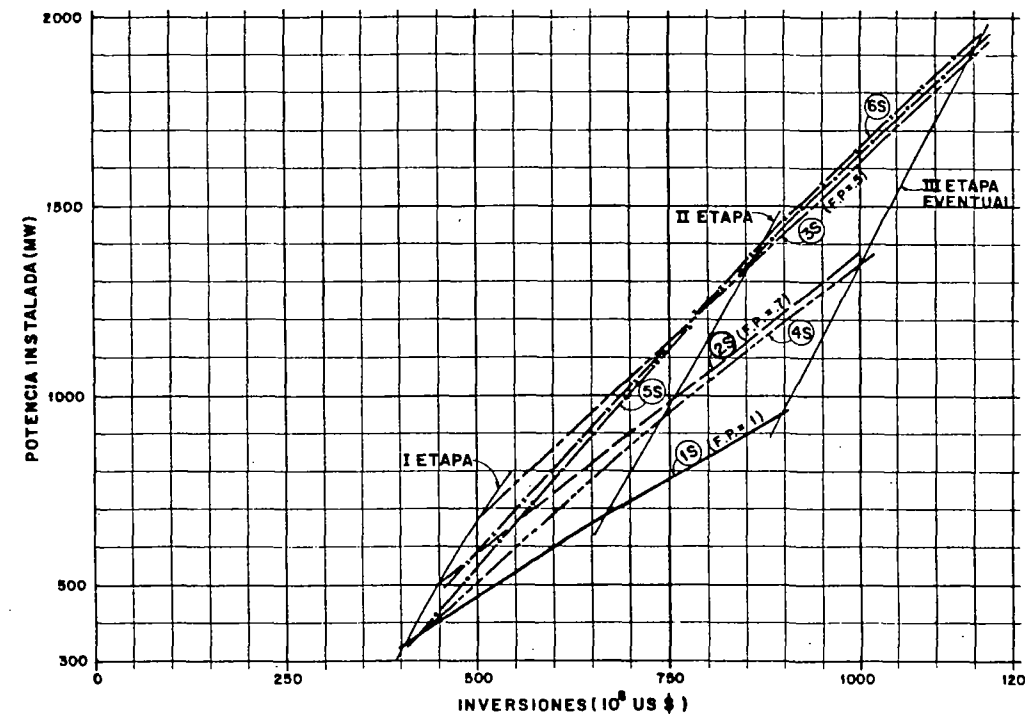


③ TASA DE INTERES = 12%, LINEA DE TRANSMISION NO INCLUIDA

ETAPA DE DESARROLLO vs POTENCIA INSTALADA

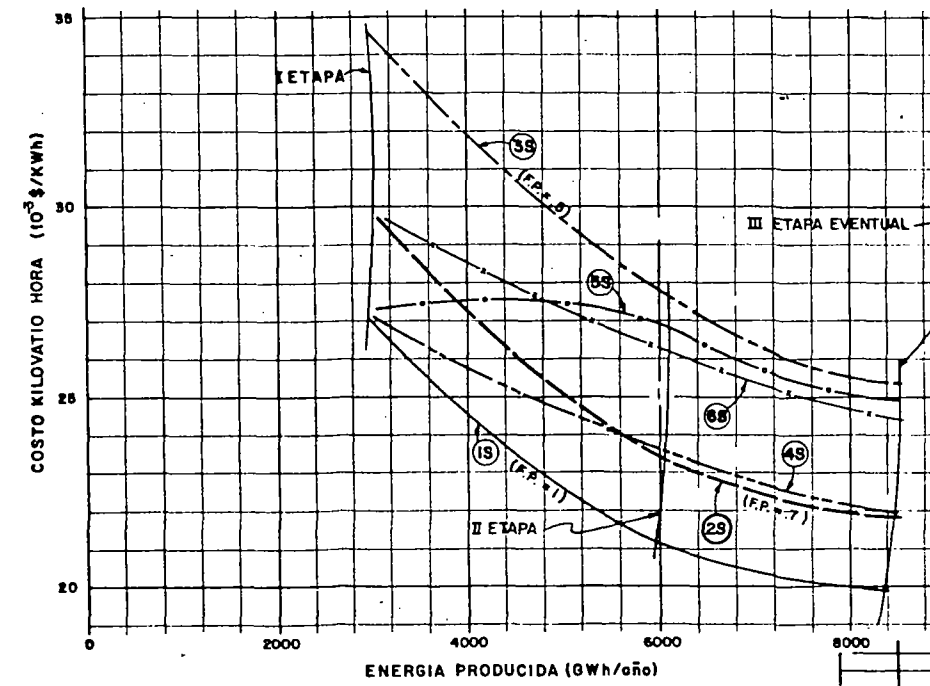


POTENCIA INSTALADA vs INVERSIONES<sup>②</sup> (I+II+III ETAPA)



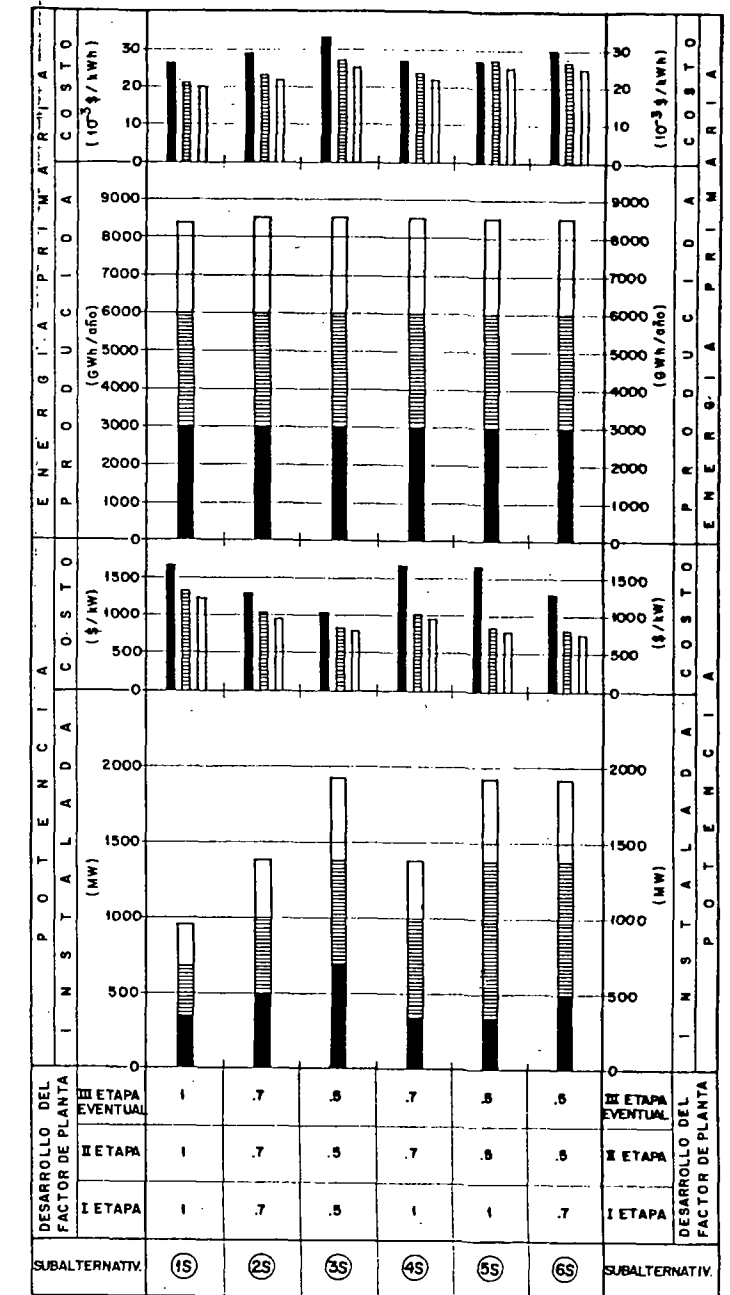
② SIN INTERESES DURANTE LA CONSTRUCCION Y SIN LINEA DE TRANSMISION

COSTO KILOVATIO-HORA<sup>④</sup> vs ENERGIA PRODUCIDA



④ TASA DE INTERES = 12%, LINEA DE TRANSMISION NO INCLUIDA

RESUMEN DE CARACTERISTICAS Y DE PARAMETROS ECONOMICOS



NOTAS:  
- TODAS LAS INVERSIONES Y COSTOS UNITARIOS ESTAN INDICADOS EN USA \$, NIVEL DE PRECIOS: ENERO 1987 CAMBIO A LA FECHA: 1 USA \$ = 14.7 SUCRES  
- LOS VALORES DE LA ENERGIA PRODUCIDA SON TEORICOS BRUTOS

III ETAPA EVENTUAL  
II ETAPA  
I ETAPA

ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO  
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES

INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION  
QUITO - ECUADOR

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR  
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"

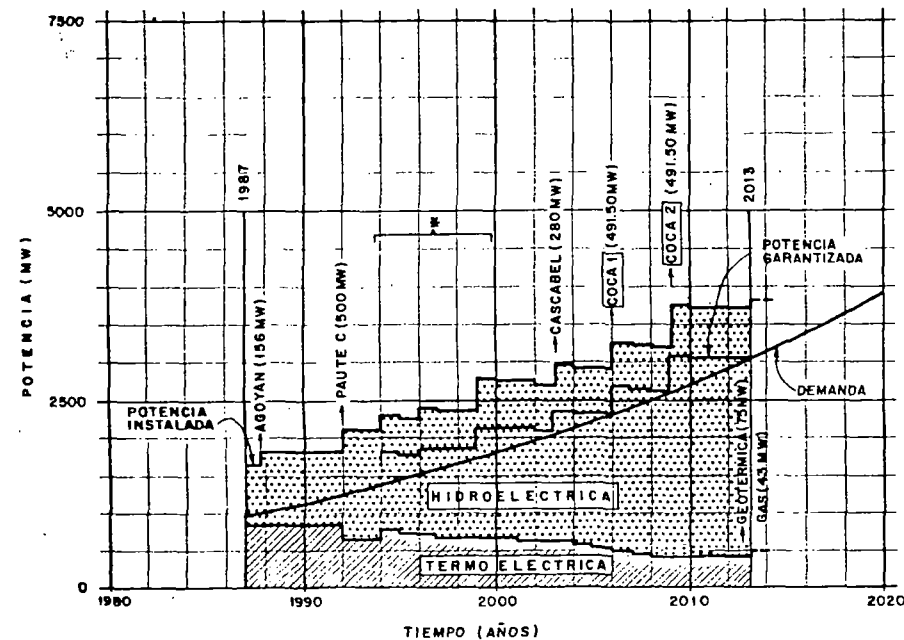
INFORME GENERAL  
ALTERNATIVAS FINALES  
CARACTERISTICAS Y PARAMETROS ECONOMICOS

HOJA DE  
DISEÑADO: G.F. / L.E.  
DIBUJADO: G.M.  
REVISADO: [Signature]  
FECHA: FEBRERO / 1988

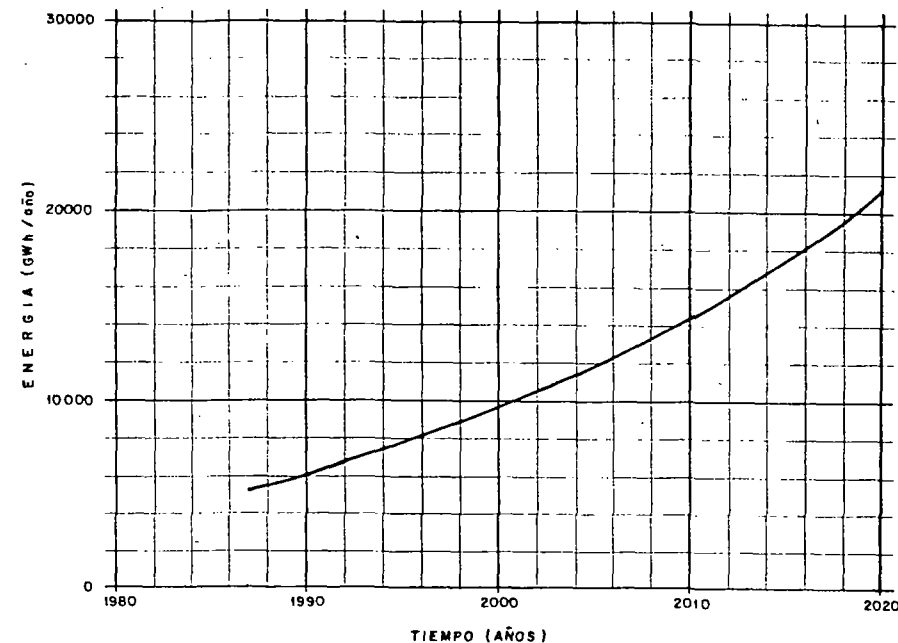
RECOMENDADO: [Signature]  
APROBADO: [Signature]  
REF: 0209-A-1560



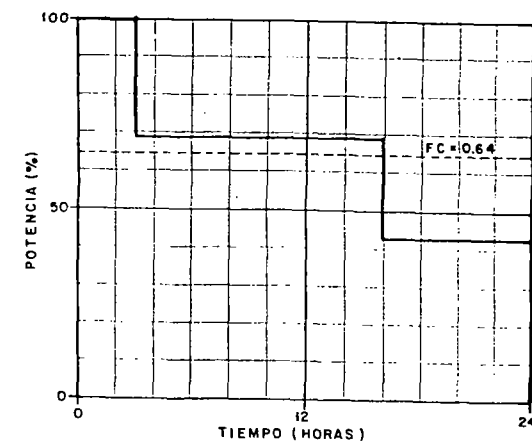
# EVOLUCION DE LA DEMANDA ELECTRICA Y SU PLAN DE EQUIPAMIENTO



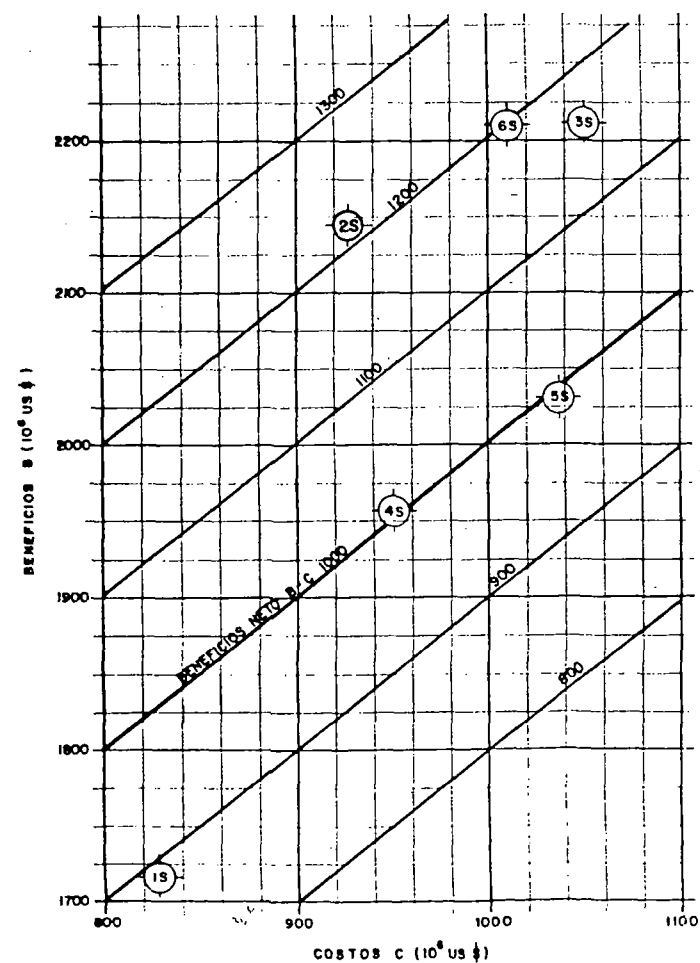
■ PROGRAMA A CORTO PLAZO YA DEFINIDO POR INECEL



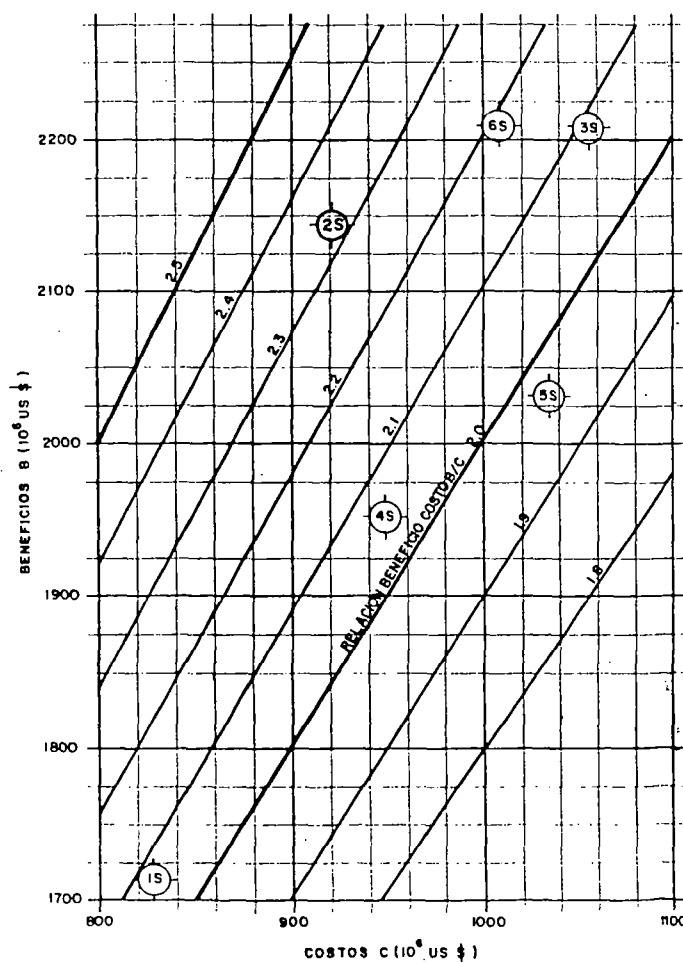
## CARGA DIARIA DEL SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO



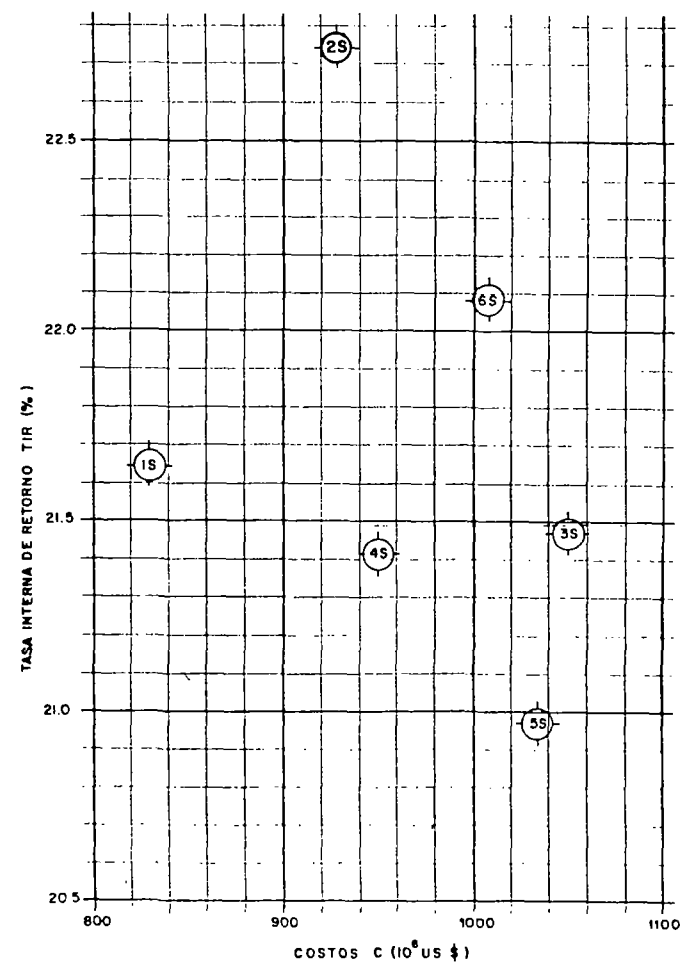
## BENEFICIOS NETOS ACTUALIZADOS



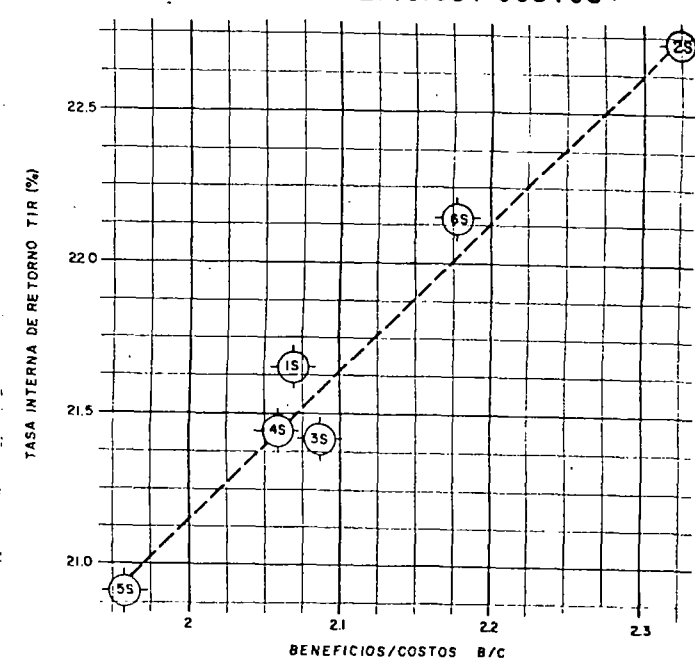
## RELACION BENEFICIOS/COSTOS



## TASA INTERNA DE RETORNO



## TASA INTERNA DE RETORNO vs BENEFICIOS/COSTOS



- NOTAS:
- TASA DE INTERES ADOPTADA 12%
  - BENEFICIOS CALCULADOS EN BASE A LAS PRODUCCIONES ENERGETICAS METAS (VER ANEXO O DEL INFORME GENERAL)
  - LOS COSTOS INCLUYEN INTERESES INTERCALARES Y COSTOS OPERACION Y MANTENIMIENTO
  - NIVEL DE PRECIOS ENERO 1987

ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO			
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES			
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION			
QUITO - ECUADOR			
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR			
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"			
INFORME GENERAL			
LAS ALTERNATIVAS FINALES EN LA PLANIFICACION DEL SISTEMA FUTURO			
HOJA DE			
DISEÑADO	MO/67/L.E.	RECOMENDADO	25
DIBUJADO	6 M	APROBADO	25
REVISADO	2	FECHA	FEBRERO/1988
REV. N°	FECHA	NATURALIZADO	0209-A-1561



# DATOS CARACTERÍSTICOS (1ª. ETAPA)

## CUENCA HIDROGRÁFICA

ÁREA DE LA CUENCA (SITIO SALADO)	Km <sup>2</sup>	3 601,00
CAUDAL 90% DIARIO	m <sup>3</sup> /s	128,50
CRECIENTE MAX. 10000 AÑOS	m <sup>3</sup> /s	7 000,00
CRECIENTE CATASTRÓFICA	m <sup>3</sup> /s	20 000,00

## OBRA DE CAPTACIÓN

ALTURA UMBRAL SOBRE CIMENTACIÓN	m	14,00
ANCHO VERTEDERO PRINCIPAL	m	110,00
ANCHO VERTEDERO SECUNDARIO	m	76,00
NIVEL AGUA MAX. ORD. N.A.M.O.	m s.n.m.	1 269,00
NIVEL AGUA MAX. EXC. N.A.M.E.	m s.n.m.	1 276,00
COTA CORONACIÓN	m s.n.m.	1 283,40

## TÚNEL DE ADUCCIÓN

CAUDAL DE DISEÑO	m <sup>3</sup> /s	64,25
DIÁMETRO DE EXCAVACIÓN	m	5,48
LONGITUD TOTAL	km	24,90

## EMBALSE COMPENSADOR (EJE AGUAS ARRIBA)

ALTURA MAX. PRESA	m	79,50
NIVEL AGUA MINIMO N.A.M.I.	m s.n.m.	1 220,00
NIVEL AGUA MAX. ORD. N.A.M.O.	m s.n.m.	1 230,00
NIVEL AGUA MAX. EXC. N.A.M.E.	m s.n.m.	1 233,00
COTA CORONACIÓN	m s.n.m.	1 234,50
VOLUMEN TOTAL	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	1,50
CAUDAL VERTEDERO	m <sup>3</sup> /s	75,00
CAUDAL DESCARGA DE FONDO	m <sup>3</sup> /s	65,00

## TUBERÍA DE BAJA Y ALTA PRESIÓN

CAUDAL DE DISEÑO	m <sup>3</sup> /s	92,50
DIÁMETRO TUB. BAJA PRESIÓN (EN HORM.)	mm	5,30
DIÁMETRO TUB. ALTA PRESIÓN (EN ACERO)	mm	4,55
LONGITUD TUBERÍA BAJA PRESIÓN	mm	915,23
LONGITUD TUBERÍA ALTA PRESIÓN	mm	791,00

## CASA DE MÁQUINAS

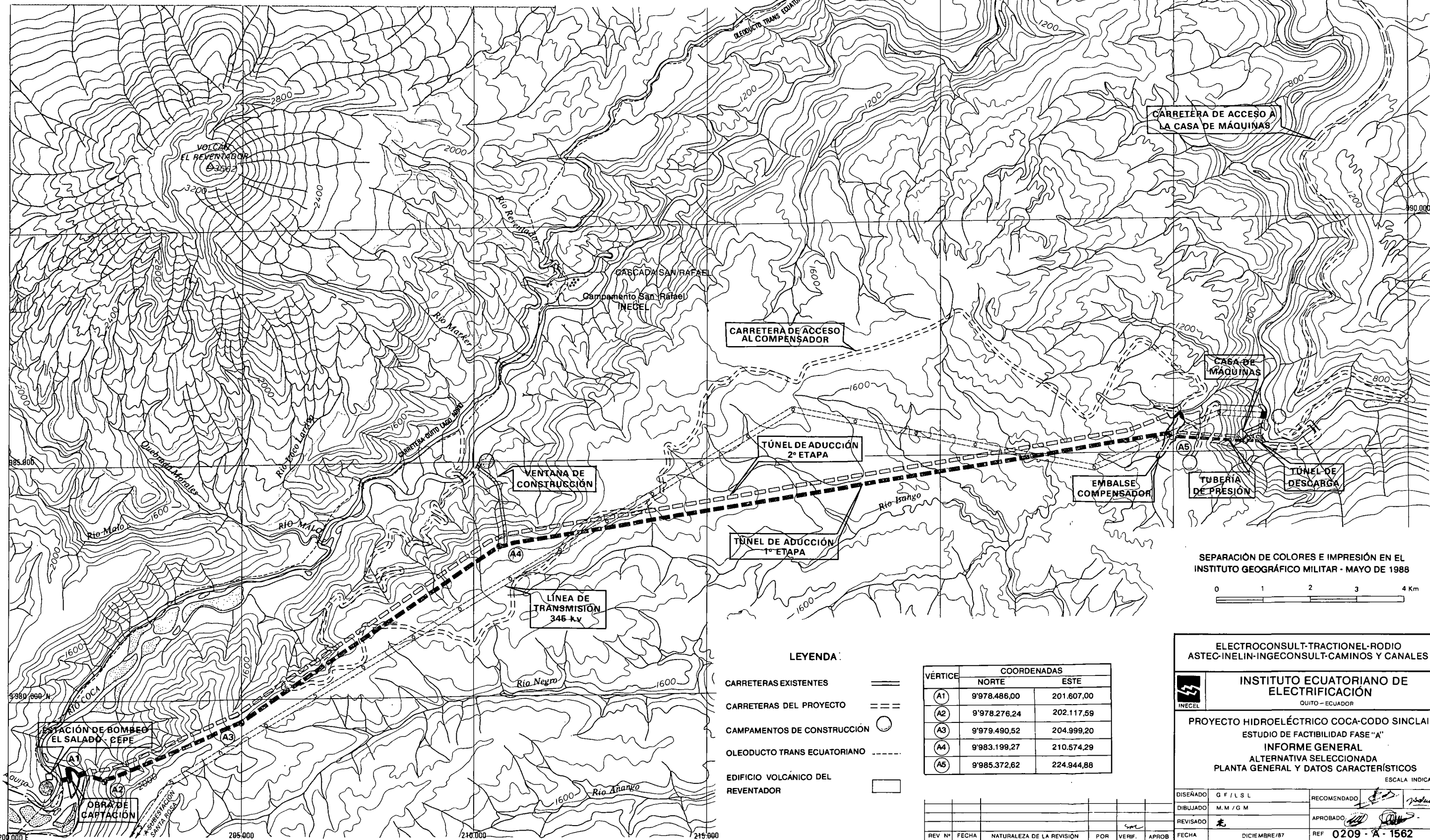
FACTOR DE PLANTA	-	0,70
ANCHO	m	23,70
ALTURA	m	38,30
LONGITUD	m	93,00
CAÍDA NETA	m	608,60
POTENCIA INSTALADA	MW	491,50
Nº DE GRUPOS	-	3
POTENCIA DEL GRUPO	MW	163,80
ENERGÍA ANUAL	GWh/año	3 014,00

## TÚNEL DE DESCARGA

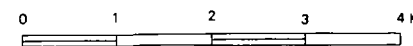
DIÁMETRO INTERNO	m	6,20
LONGITUD	m	465,90

## LÍNEA DE TRANSMISIÓN

Nº LÍNEAS	-	1
Nº CIRCUITOS	-	2
VOLTAJE	kV	345,00
LONGITUD	km	151,00



SEPARACIÓN DE COLORES E IMPRESIÓN EN EL INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR - MAYO DE 1988



## LEYENDA

CARRETERAS EXISTENTES	==
CARRETERAS DEL PROYECTO	---
CAMPAMENTOS DE CONSTRUCCIÓN	○
OLEODUCTO TRANS ECUATORIANO	----
EDIFICIO VOLCÁNICO DEL REVENTADOR	□

VERTICE	COORDENADAS	
	NORTE	ESTE
(A1)	9'978.486,00	201.607,00
(A2)	9'978.276,24	202.117,59
(A3)	9'979.490,52	204.999,20
(A4)	9'983.199,27	210.574,29
(A5)	9'985.372,62	224.944,88

ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO  
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES

**INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACIÓN**  
QUITO - ECUADOR

PROYECTO HIDROELÉCTRICO COCA-CODO SINCLAIR  
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"  
**INFORME GENERAL**  
ALTERNATIVA SELECCIONADA  
PLANTA GENERAL Y DATOS CARACTERÍSTICOS

ESCALA INDICADA

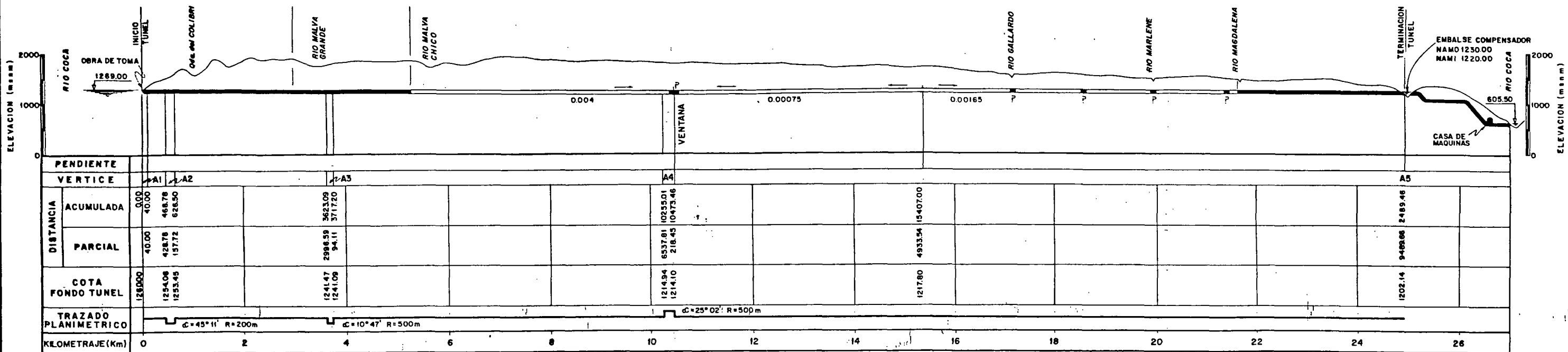
DISEÑADO	G F / L S L	RECOMENDADO	
DIBUJADO	M. M / G M	APROBADO	
REVISADO		REF	0209 - A - 1562

REV. Nº FECHA NATURALEZA DE LA REVISIÓN POR VERIF. APROB. FECHA DICIEMBRE/87



PERFIL  
ESC. 1:0 0 1.0 2.0 km

SECCION TIPICA	I	II	III	Y	II	II	OBRAS DE GENERACION
TRAMO	3000.00	2242.46	15689.58	650.00	3314.42		191486
TOTAL				24896.46			VER PLANO 0209-A-1564



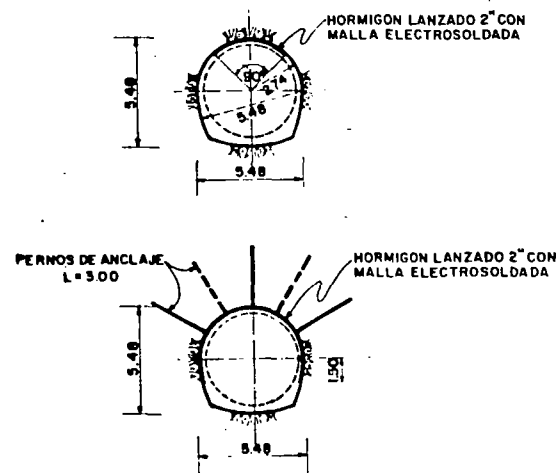
SECCIONES TIPICAS DE EXCAVACION  
EJECUCION TRADICIONAL EJECUCION CON TOPO

CARACTERISTICAS HIDRAULICAS DE LAS SECCIONES

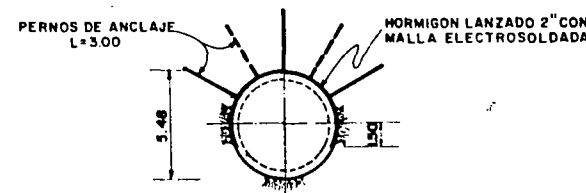
SECCION TIPO	D (m)	A (m <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /s)	V (m/s)	K	C (m)	R (m)	J
I Y II	4.78	17.95	64.25	3.58	75	15.02	1.20	0.0018
III	5.38	22.73	64.25	2.83	60	16.90	1.35	0.0014

NOTA:  
- EL TRAMO DE REVESTIMIENTO DE 2242.46m DE SECCION TIPICA (II), EN LUGAR DE UBICARSE A CONTINUACION DE LA SECCION (I), PUEDE DISTRIBUIRSE HASTA LA VENTANA, DE ACUERDO AL TIPO DE ROCA

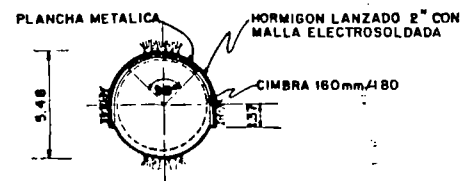
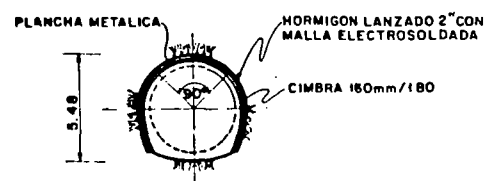
ROCA DE BUENA CALIDAD (TIPO A)



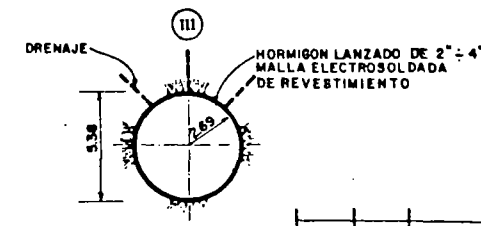
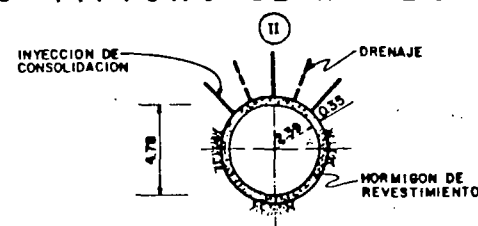
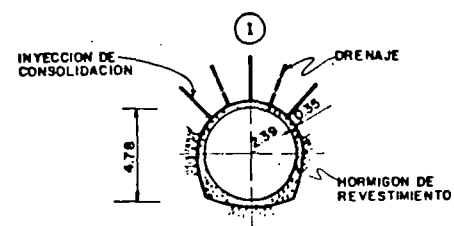
ROCA DE MEDIANA CALIDAD (TIPO B)



ROCA DE MALA CALIDAD (TIPO C)



SECCIONES TIPICAS DE REVESTIMIENTO



ESC. 0 50 100 150 200 m

ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO  
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES

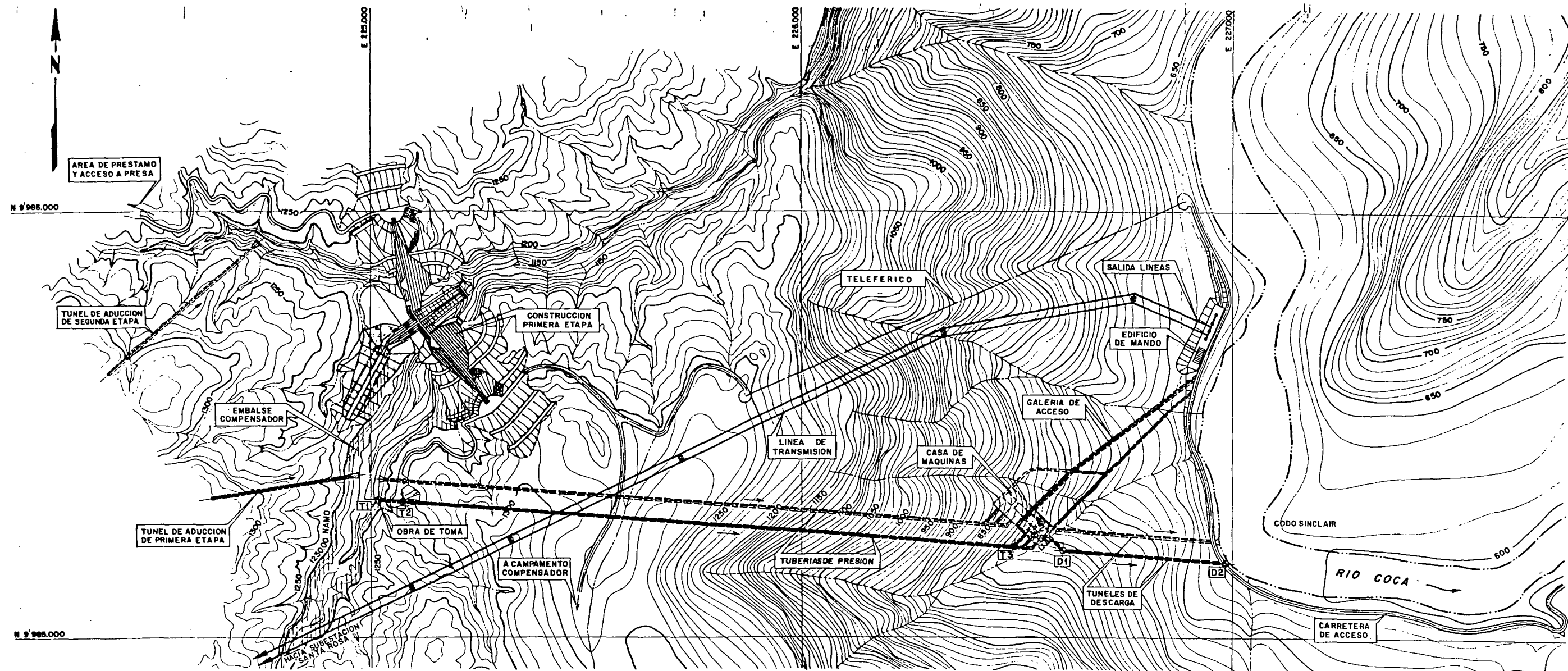
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION  
QUITO - ECUADOR

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR  
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"  
INFORME GENERAL  
ALTERNATIVA SELECCIONADA  
TUNEL DE ADUCCION  
PERFIL Y SECCIONES TIPICAS

HOJA DE  
DISEÑADO: S.F./L.S.L.  
DISEÑADO: S.M.  
REVISADO: S.  
FECHA: FEBRERO/1988  
RECOMENDADO: S.  
APROBADO: S.  
FECHA: FEBRERO/1988  
REF. 0209-A-1563



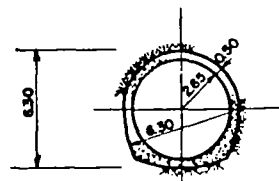
# OBRAS DE GENERACION PLANTA



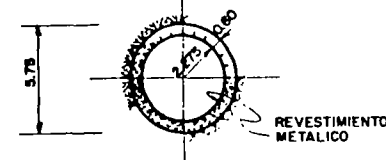
## SECCIONES TICAS

0 20 m

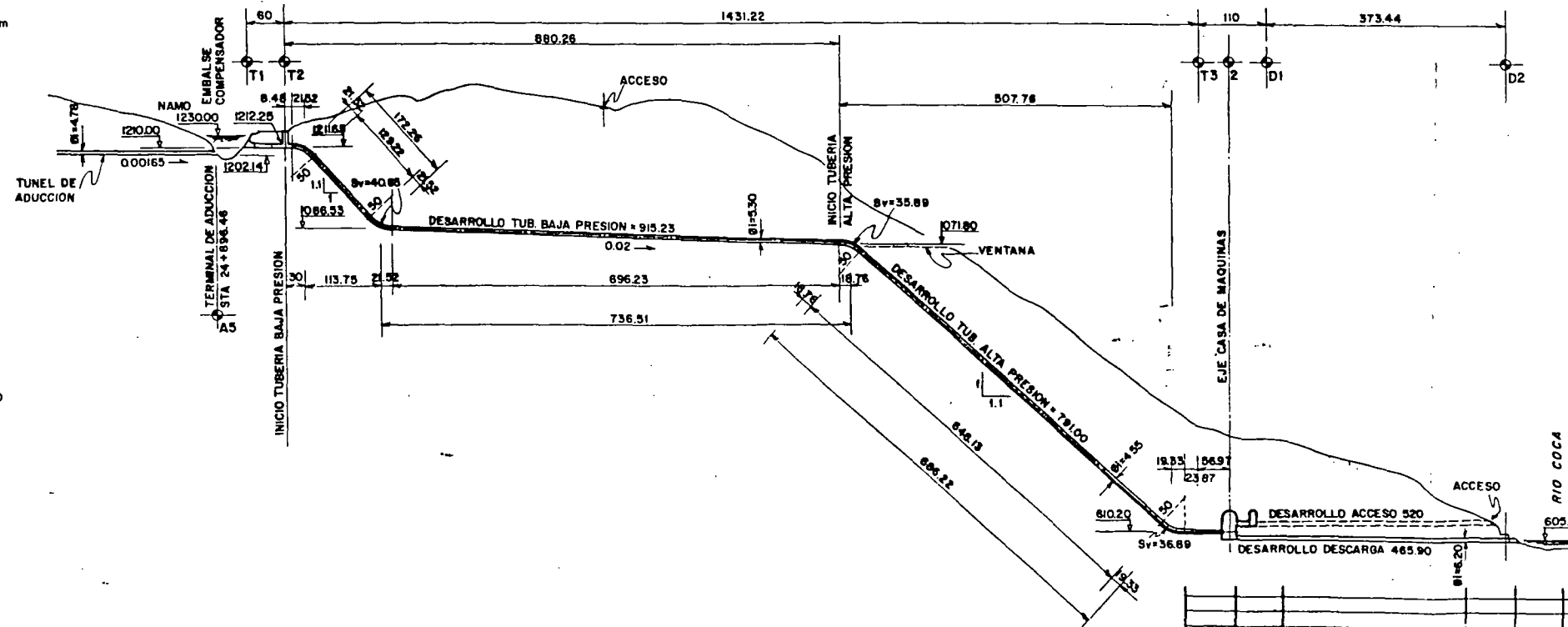
### TUBERIA BAJA PRESION



### TUBERIA ALTA PRESION



## P E R F I L



## TRAZADO

VERTICE	COORDENADAS	
	NORTE	ESTE
T 1	9'985.324,27	225.009,97
T 2	9'985.319,90	225.069,81
T 3	9'985.215,70	226.497,24
2	9'985.239,78	226.545,21
D 1	9'985.207,69	226.606,95
D 2	9'985.180,50	226.979,40

0 100 200 300 500 m

ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO  
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES

INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION  
QUITO - ECUADOR

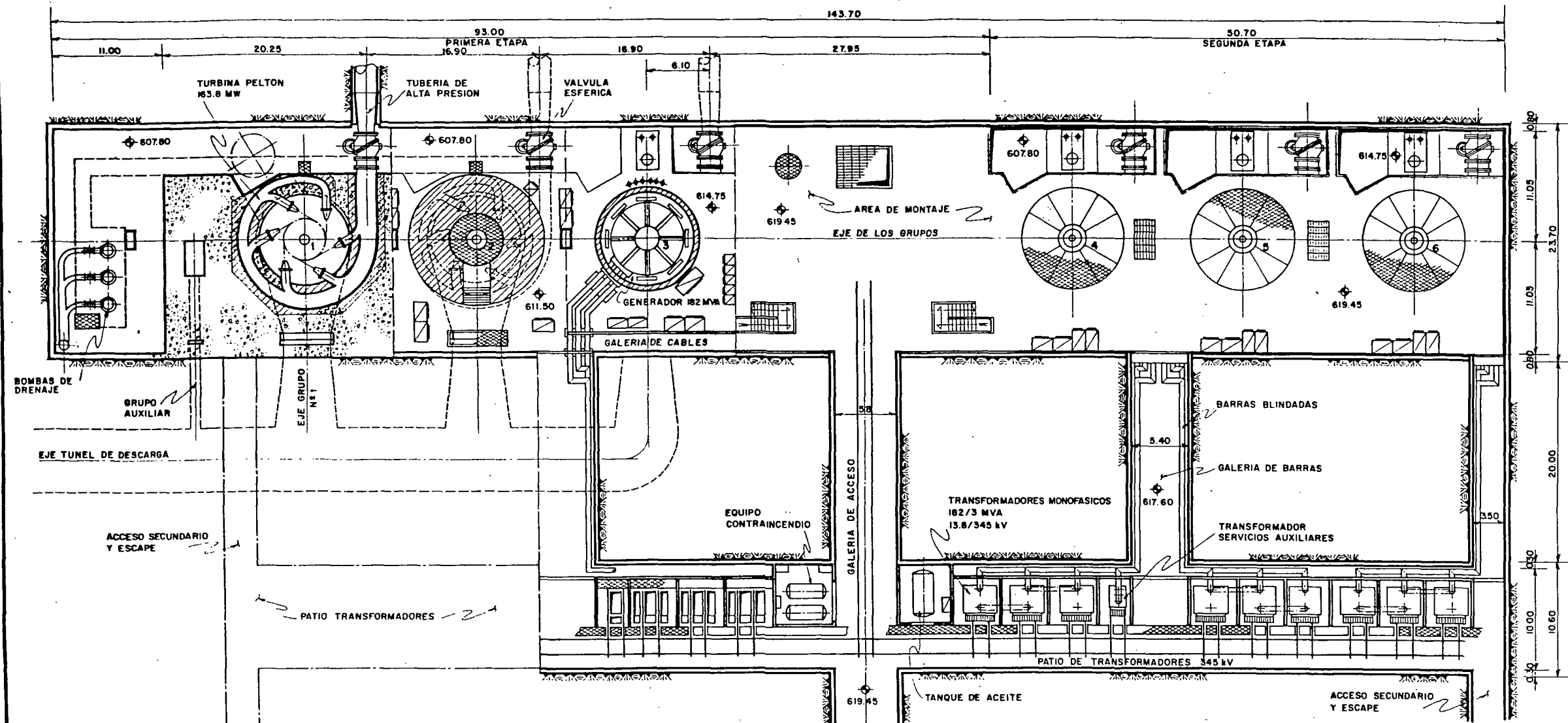
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR  
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"

INFORME GENERAL  
ALTERNATIVA SELECCIONADA  
OBRAS DE GENERACION  
PLANTA Y PERFIL

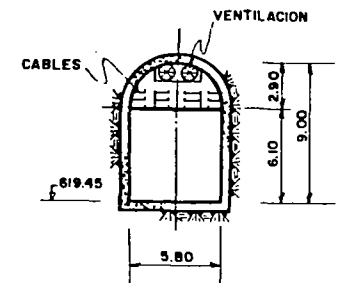
NO. DE	ESC. INDICADA
DESARROLLO	0. F. / L. S. L.
DISEÑADO	M. M.
REVISADO	2
FECHA	FEBRERO/1988
REV. 01	FECHA
NATURALEZA DE LA REVISION	POR
VERI	APROB
REF. 0209 - A - 1564	



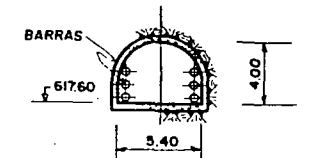
# PLANTA



## GALERIA DE ACCESO

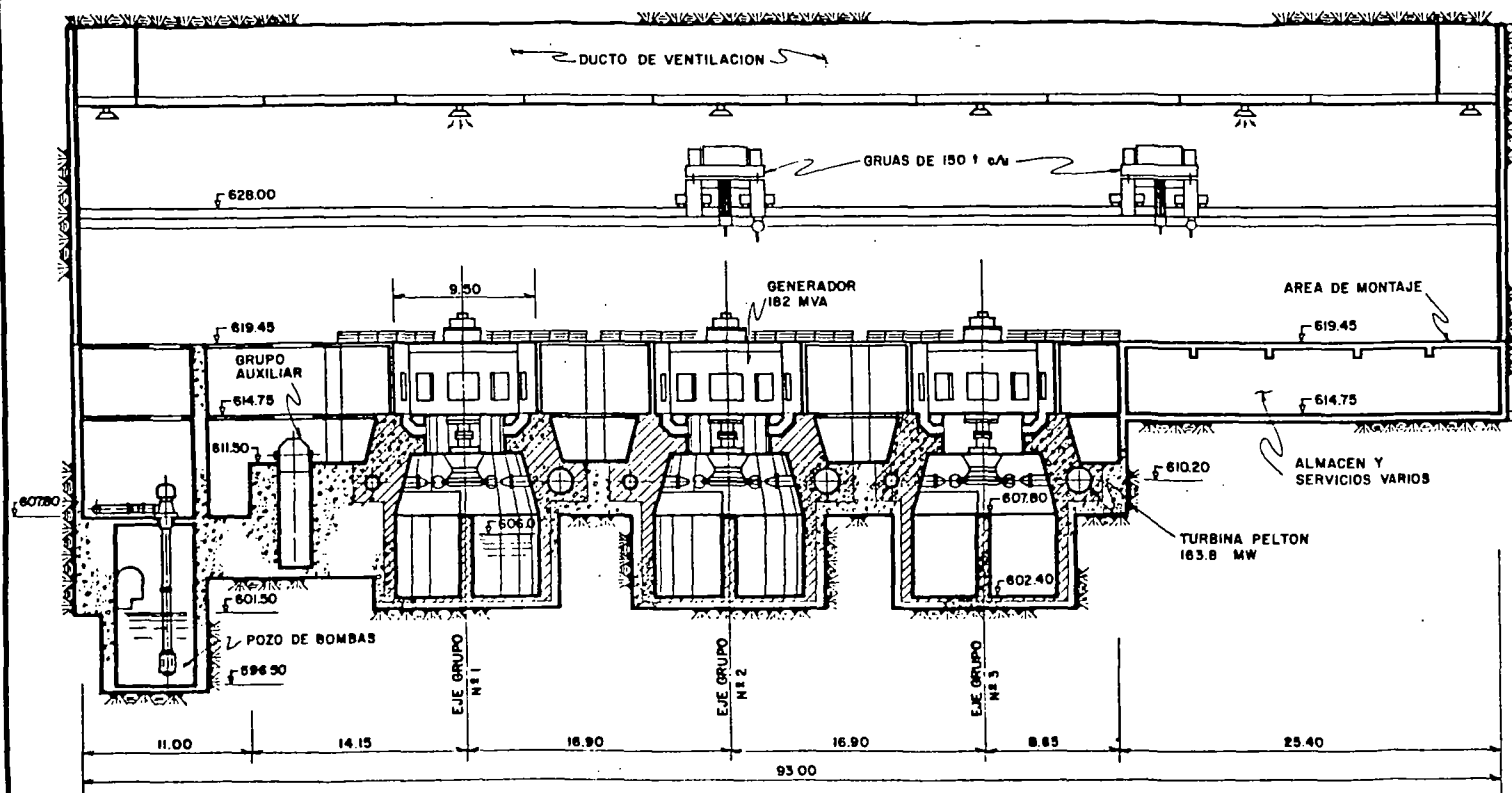


## GALERIA DE BARRAS

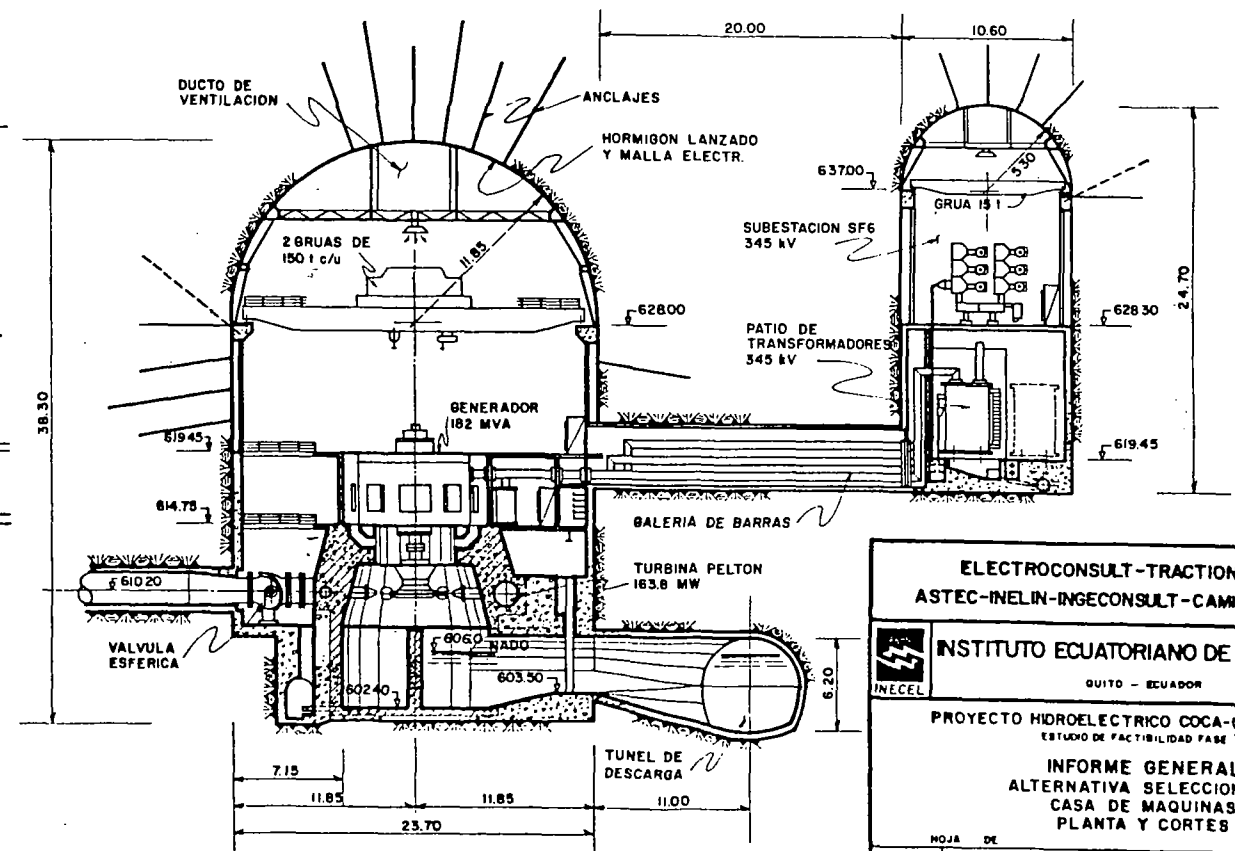


ESC. 0 5 10 20 m

## CORTE LONGITUDINAL (PRIMERA ETAPA)



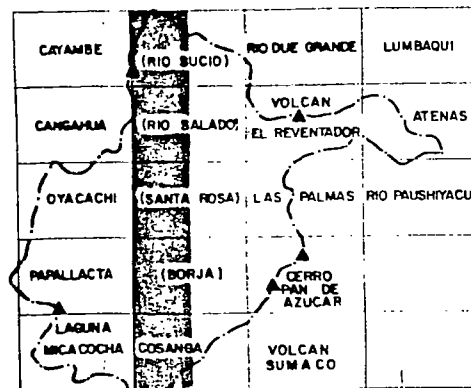
## CORTE TRANSVERSAL



ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO			
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMPOS Y CANALES			
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION			
QUITO - ECUADOR			
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR			
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"			
INFORME GENERAL			
ALTERNATIVA SELECCIONADA			
CASA DE MAQUINAS			
PLANTA Y CORTES			
HOJA DE	DISERADO	RECOMENDADO	ESB INDICADA
DISERADO	M.M.		
REVISADO		APROBADO	
FECHA	FEBRERO/1988	REF	0209-A-1565



MAPA INDICE DE HOJAS- ESC. 1:50.000(I.G.M.)



HOJAS ESC. 1:25.000 (I.G.M.)

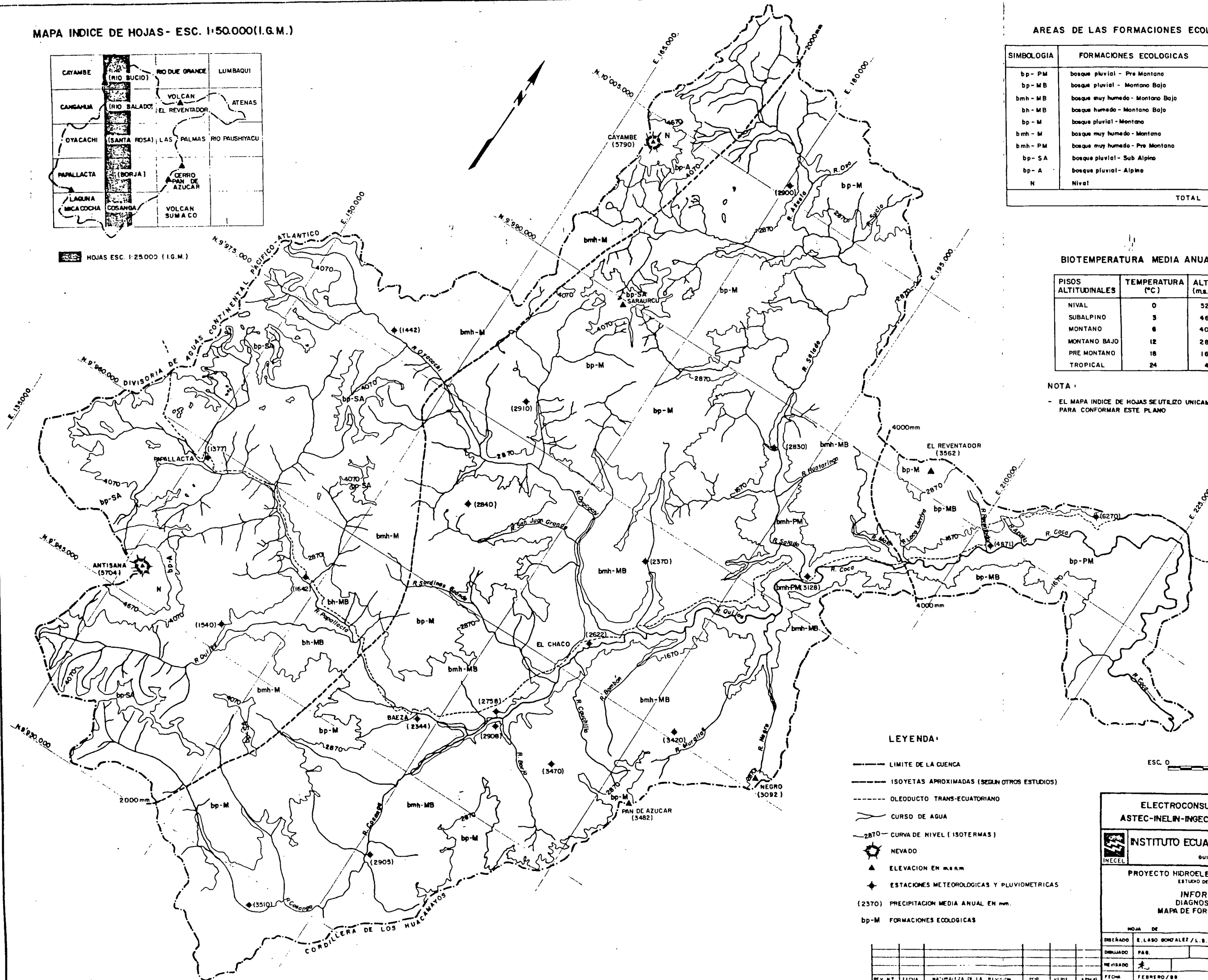
AREAS DE LAS FORMACIONES ECOLOGICAS

SIMBOLOGIA	FORMACIONES ECOLOGICAS	AREA	
		Km <sup>2</sup>	%
bp-PM	bosque pluvial - Pre Montano	224	5.6
bp-MB	bosque pluvial - Montano Bajo	90	2.2
bmh-MB	bosque muy humedo - Montano Bajo	1413	35.4
bh-MB	bosque humedo - Montano Bajo	83	2.0
bp-M	bosque pluvial - Montano	870	21.7
bmh-M	bosque muy humedo - Montano	893	22.4
bmh-PM	bosque muy humedo - Pre Montano	177	4.4
bp-SA	bosque pluvial - Sub Alpino	163	4.1
bp-A	bosque pluvial - Alpino	55	1.4
N	Nival	34	0.8
TOTAL		4004	100.0

BIOTEMPERATURA MEDIA ANUAL

PISOS ALTITUDINALES	TEMPERATURA (°C)	ALTITUD (m.s.n.m.)
NIVAL	0	5270
SUBALPINO	3	4670
MONTANO	6	4070
MONTANO BAJO	12	2870
PRE MONTANO	18	1670
TROPICAL	24	470

NOTA:  
- EL MAPA INDICE DE HOJAS SE UTILIZO UNICAMENTE PARA CONFORMAR ESTE PLANO



LEYENDA

- LIMITE DE LA CUENCA
- ISOYETAS APROXIMADAS (SEGUN OTROS ESTUDIOS)
- OLEODUCTO TRANS-ECUATORIANO
- CURSO DE AGUA
- 2870 — CURVA DE NIVEL (ISOTERMAS)
- ☼ NEVADO
- ▲ ELEVACION EN M.S.N.M.
- ◆ ESTACIONES METEOROLOGICAS Y PLUVIOMETRICAS
- (2370) PRECIPITACION MEDIA ANUAL EN mm.
- bp-M FORMACIONES ECOLOGICAS

ESC. 0 5 10 km

ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO  
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES

**INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION**  
QUITO - ECUADOR

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR  
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"

**INFORME GENERAL  
DIAGNOSTICO AMBIENTAL  
MAPA DE FORMACIONES ECOLOGICAS**

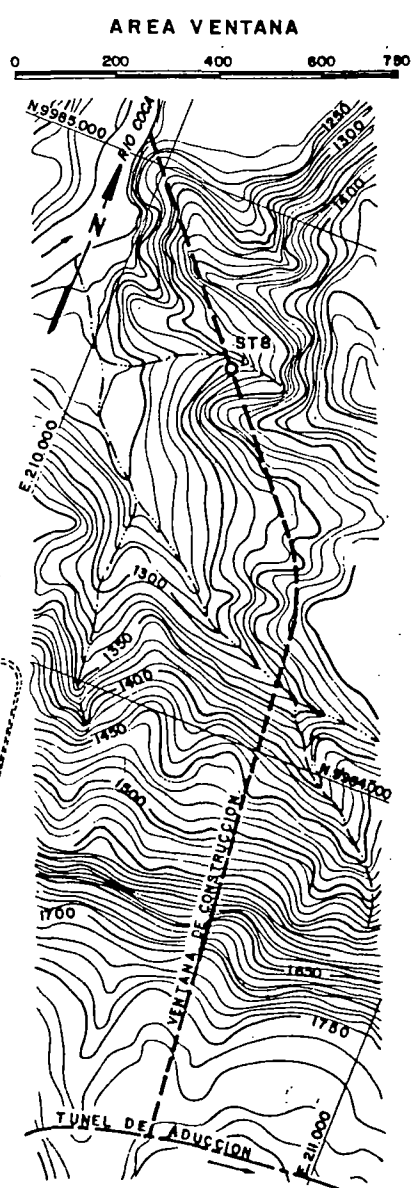
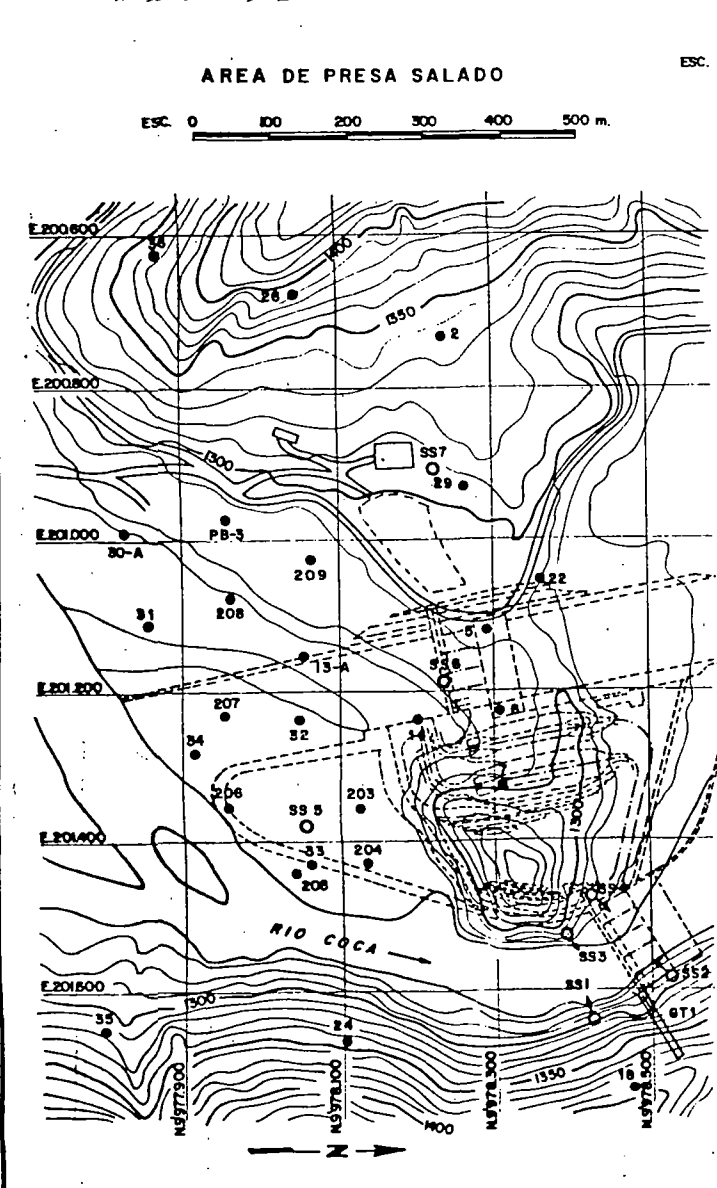
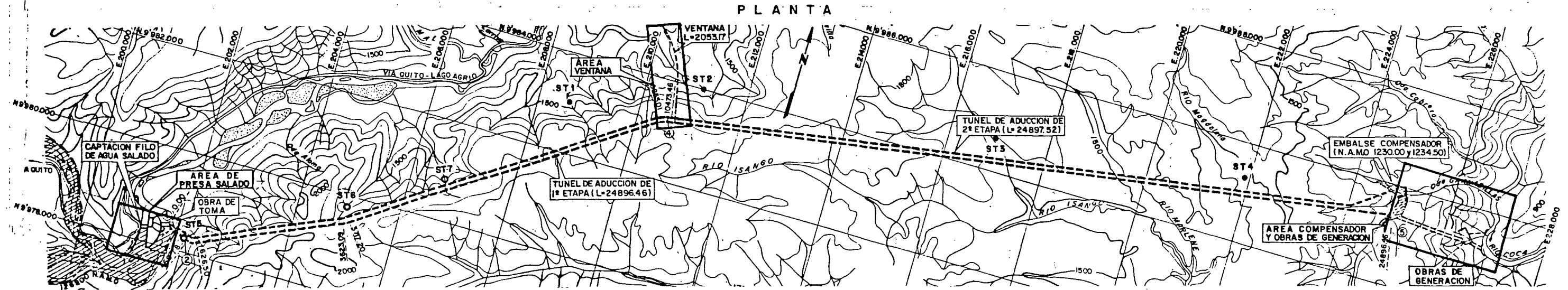
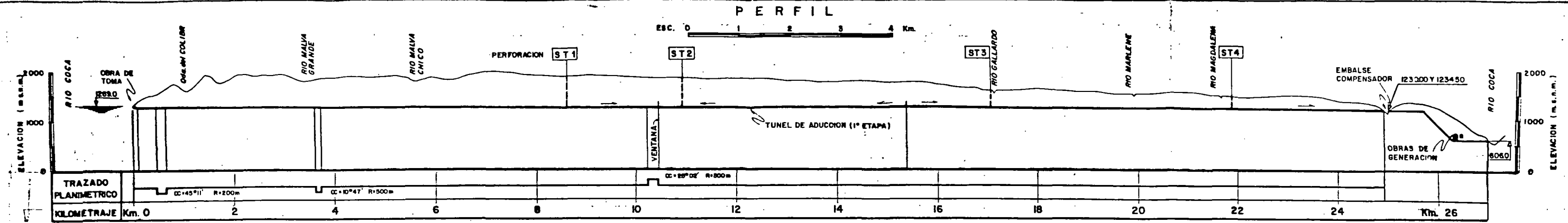
HOJA DE: \_\_\_\_\_ E.C. INDICADA: \_\_\_\_\_

DISEÑADO: E. LAGO GONZALEZ / L.B.L. RECOMENDADO: \_\_\_\_\_

DIBUJADO: PAB. \_\_\_\_\_ APROBADO: \_\_\_\_\_

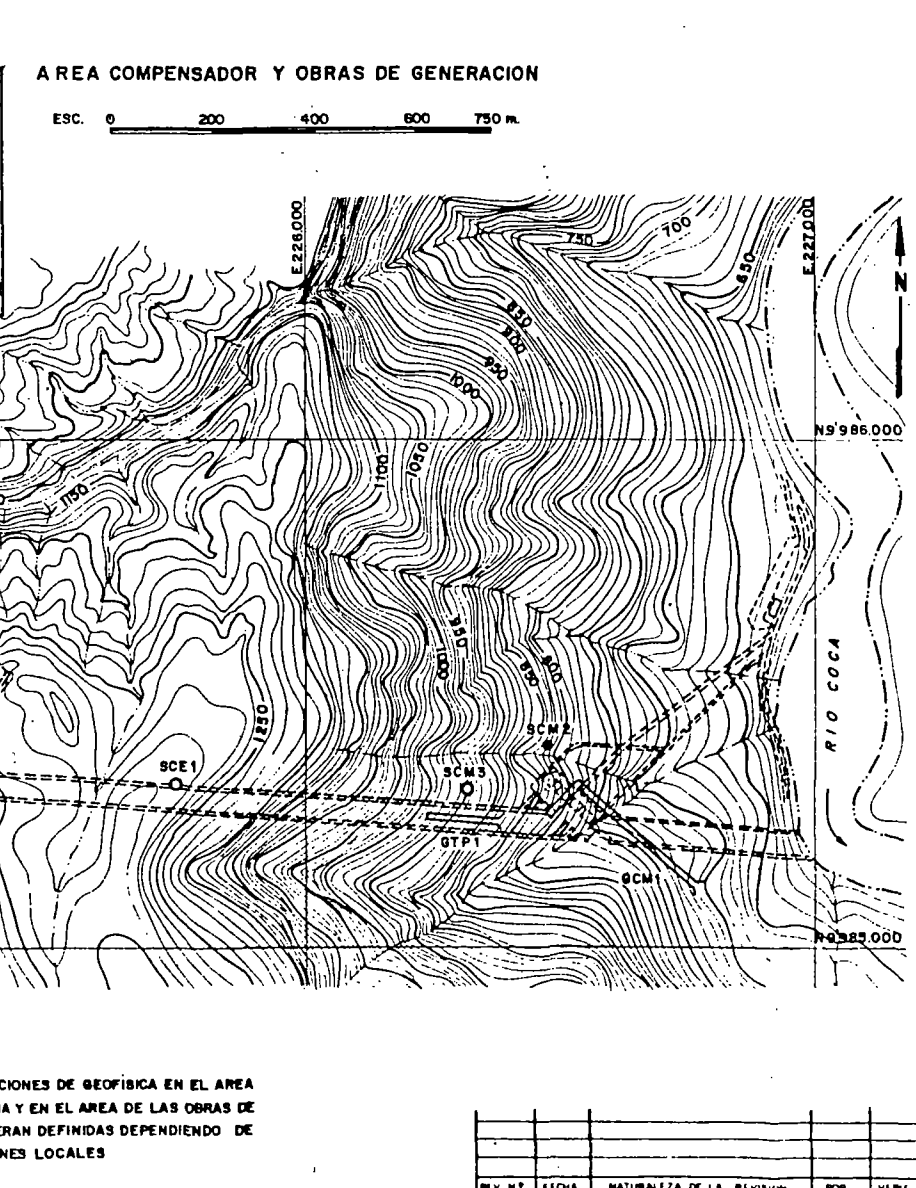
REVISADO: \_\_\_\_\_ FECHA: FEBRERO/88 REF: 0209-A-1566





#### GALERIAS RECOMENDADAS PARA LA FASE "B"

UBICACION	GALERIA	LONGITUD
SECTOR DE TUNEL DE ADUCCION	GT1	100
	GT3	100
OBRAS DE GENERACION	GT P1	150
	SCM1	500
		<b>850</b>



#### PERFORACIONES ROTATIVAS RECOMENDADAS PARA LA FASE "B"

UBICACION	PERFORACION	INCLINACION	PROFUNDIDAD (m)
SITIO SALADO	SS1	45°	80
	SS2	45°	80
	SS3	45°	80
	SS4	45°	80
	SS5	VERTICAL	60
	SS6	VERTICAL	60
	SS7	VERTICAL	500
SECTOR TUNEL DE ADUCCION	ST5	VERTICAL	290
	ST6	VERTICAL	480
	ST7	VERTICAL	370
	ST8	VERTICAL	140
		<b>1260</b>	
EMBALSE COMPENSADOR Q.E. LOS LOBOS	SC9	VERTICAL	60
	SC10	VERTICAL	60
	SC11	VERTICAL	90
	SC12	VERTICAL	60
SECTOR SINCLAIR	SC13	VERTICAL	60
	SC14	VERTICAL	90
	SCE1	VERTICAL	300
	SCM5	VERTICAL	360
		<b>660</b>	
		<b>2760</b>	

#### LEYENDA

SC2 PERFORACION ROTATIVA EJECUTADA

SCE1 PERFORACION ROTATIVA RECOMENDADA PARA LA FASE "B"

GT1 GALERIA EXPLORATORIA RECOMENDADA PARA LA FASE "B"

**NOTA:**

- LAS INVESTIGACIONES DE GEOFISICA EN EL AREA DE LA VENTANA Y EN EL AREA DE LAS OBRAS DE GENERACION SERAN DEFINIDAS DEPENDIENDO DE LAS CONDICIONES LOCALES

**ELECTROCONSULT-TRACCIONEL-RODIO**

**ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES**

**INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION**

QUITO - ECUADOR

**PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR**

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"

**INFORME GENERAL**

GEOLOGIA

INVESTIGACIONES RECOMENDADAS PARA LA FASE "B"

HOJA DE: \_\_\_\_\_ ESC. INDICADA: \_\_\_\_\_

ELABORADO: G.F.	REVISADO: R.B.	APROBADO: _____
FECHA: _____	FECHA: _____	FECHA: _____

REF. 0209 - A - 1567





**INECEL**

**REPUBLICA DEL ECUADOR**

**MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS**

**INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION**

*Lo-701/87-EC*

*SS  
rpt*

## **PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR**

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"**

**SELECCION DE ALTERNATIVAS**

**ANEXO E**

**GEOFISICA**

*Anexo Fec-2962*

**MAYO 1988**

**ESTUDIOS REALIZADOS POR INECEL Y LA ASOCIACION DE FIRMAS CONSULTORAS**

**ELECTROCONSULT - TRACTIONEL - RODIO  
ASTEC - INELIN - INGECONSULT - CAMINOS Y CANALES**

**FINANCIAMIENTO: INECEL - BID - FONAPRE**



**SELECCION DE ALTERNATIVAS**

**ANEXO E**

**GEOFISICA**



El presente Anexo forma parte de los documentos que constituyen el Informe Final del Estudio de Selección de Alternativas del Proyecto Hidroeléctrico Coca-Codo Sinclair.

La documentación completa se compone de los siguientes Informes:

0209-A-150	INFORME GENERAL
0209-A-151	ANEXO A: Topografía y Cartografía
0209-A-152	ANEXO B: Hidrología
0209-A-153	ANEXO C: Sedimentología
0209-A-154	ANEXO D: Geología
0209-A-155	ANEXO E: Geofísica
0209-A-156	ANEXO F: Perforaciones
0209-A-157	ANEXO G: Vulcanología
0209-A-158	ANEXO H: Sismología y Tectónica
0209-A-159	ANEXO I: Mecánica de Suelos
0209-A-160	ANEXO J: Mecánica de Rocas
0209-A-161	ANEXO K: Preselección de Alternativas
0209-A-162	ANEXO L: Equipos Electromecánicos
0209-A-163	ANEXO M: Obras Subterráneas
0209-A-164	ANEXO N: Metodología Constructiva y Costos
0209-A-165	ANEXO O: Planificación Económica
0209-A-166	ANEXO P: Diagnóstico Ambiental



El presente volumen constituye el Anexo E del Estudio de Selección de Alternativas del Proyecto Hidroeléctrico Coca-Codo Sinclair, en el que se presentan las conclusiones de los estudios e investigaciones realizadas en el área de Geofísica.

Este Anexo sustituye los informes de avance 0209-A-401-GF, 0209-A-402-GF/1 y 0209-A-403-GF, así como el informe de Evaluación Final de Geofísica, 0209-A-117.



# GEOFISICA

## Indice

	Página
1. INTRODUCCION	1
2. CONCLUSIONES	2
2.1 Sector Malo	2
2.2 Sector Codo Sinclair	3
2.3 Sitio Salado	5
3. ESTUDIOS GEOFISICOS ANTERIORES	6
4. METODOLOGIA DE TRABAJO Y CANTIDADES EJECUTADAS	7
4.1 Sector Malo	7
4.1.1 Sísmica de refracción	7
4.1.2 Geoelectrica	8
4.2 Sector Codo Sinclair	8
4.2.1 Sísmica de refracción	8
4.2.2 Geoelectrica	8
4.3 Sitio Salado	8
4.3.1 Sísmica de refracción	8
4.3.2 Geoelectrica	9
5. METODOLOGIA DE INTERPRETACION	10
5.1 Sector Malo	10
5.1.1 Sísmica de refracción	10
5.1.2 Geoelectrica	10
5.2 Sector Codo Sinclair	10
5.2.1 Sísmica de refracción	10
5.2.2 Geoelectrica	11
5.3 Sitio Salado	11
5.3.1 Sísmica de refracción	11
5.3.2 Geoelectrica	11
6. INTERPRETACION GENERAL DE LOS RESULTADOS	12
6.1 Sector Malo	12



	Página
6.1.1 Sísmica de refracción	12
6.1.2 Geoeléctrica	13
6.1.3 Correlaciones entre los datos sísmicos y eléctricos	15
6.1.4 Comparación entre los datos de las perforaciones rotativas y los resultados geofísicos	15
6.1.5 Curvas isoipsas del substrato y de la base de los depósitos de limo fluvio-lacustre	17
6.2 Sector Codo Sinclair	18
6.2.1 Sísmica de refracción	18
6.2.2 Geoeléctrica	20
6.3 Sitio Salado	22
6.3.1 Margen derecha	22
6.3.2 Margen izquierda	22
7. INVESTIGACIONES RECOMENDADAS PARA LA FASE "B"	28
7.1 Ventana de acceso	28
7.2 Obras de restitución y casa de máquinas	28

#### CUADROS

Cuadro 6/1	Espesores de las capas (h) y resistividad ( $\rho$ ) obtenidas con los SEV ejecutados en el sector Codo Sinclair	21
Cuadro 6/2	Sitio Salado. Correlación entre las capas geofísicas y la geología. (Perfiles L-L', F-F', H-H')	23
Cuadro 6/3	Sitio Salado. Correlación entre las capas geofísicas y la geología. (Perfiles G-G', D-D')	24
Cuadro 6/4	Sitio Salado. Correlación entre las capas geofísicas y la geología. (Perfiles E-E', I-I')	25

#### PLANOS

0209-G-1034-1	Geofísica Sector presa Malo Ubicación de los perfiles sísmicos y sondeos eléctricos verticales (SEV)
---------------	--



Sector Malo - Perfiles sismoestratigráficos - Leyenda  
Sector Malo - Secciones electroestratigráficas - Leyenda

0209-G-1059-1	Geofísica Sector presa Malo (M1) Perfil sismoestratigráfico "H"
0209-G-1060-1	Geofísica Sector presa Malo (M1) Perfil sismoestratigráfico "I"
0209-G-1061-1	Geofísica Sector presa Malo (M1) Perfil sismoestratigráfico "J"
0209-G-1062-1	Geofísica Sector presa Malo (M1) Perfil sismoestratigráfico "K"
0209-G-1063-1	Geofísica Sector presa Malo (M1) Perfil sismoestratigráfico "L"
0209-G-1071-1	Geofísica Sector presa Malo (M1) Sección electroestratigráfica "H"
0209-G-1072-1	Geofísica Sector presa Malo (M1) Sección electroestratigráfica "HL"
0209-G-1073-1	Geofísica Sector presa Malo (M1) Secciones electroestratigráficas "K1-K2-K3"
0209-G-1074-1	Geofísica Sector presa Malo (M1) Sección electroestratigráfica "I-J"
0209-G-1064-1	Geofísica Sector presa Malo (M2) Perfil sismoestratigráfico "P"
0209-G-1065-1	Geofísica Sector presa Malo (M2) Perfil sismoestratigráfico "Q"
0209-G-1066-1	Geofísica Sector presa Malo (M2) Perfil sismoestratigráfico "S"
0209-G-1067-1	Geofísica Sector presa Malo (M2) Perfil sismoestratigráfico "T"



0209-G-1068-1	Geofísica Sector presa Malo (M2) Perfil sismoestratigráfico "U"
0209-G-1075-1	Geofísica Sector presa Malo (M2) Sección electroestratigráfica "QT"
0209-G-1076-1	Geofísica Sector presa Malo (M2) Secciones electroestratigráficas "PQ"-"U"
0209-G-1077-1	Geofísica Sector presa Malo (M2) Secciones electroestratigráficas "P"-"S"
0209-G-1132	Geofísica Sector presa Malo Correlaciones entre registros de perforación, perfiles sísmicos y sondeos eléctricos verticales
0209-G-1133	Geofísica Sector presa Malo Isoipsas del substrato de alta velocidad sísmica
0209-G-1134	Geofísica Sector presa Malo Isoipsas de la base de los depósitos de baja velocidad sísmica
0209-G-1114	Geofísica Sector Codo Sinclair Ubicación de los perfiles sísmicos y sondeos eléctricos verticales (SEV) Sector Codo Sinclair - Perfiles sismoestratigráficos - Leyenda Sector Codo Sinclair - Secciones electroestratigráfi- cas - Leyenda
0209-G-1123	Geofísica Sector Codo Sinclair Perfil sismoestratigráfico "AA"
0209-G-1124	Geofísica Sector Codo Sinclair Perfiles sismoestratigráficos "BB-CC"
0209-G-1125	Geofísica Sector Codo Sinclair Perfil sismoestratigráfico "DD"
0209-G-1126	Geofísica Sector Codo Sinclair Perfil sismoestratigráfico "EE"



0209-G-1127	Geofísica Sector Codo Sinclair Perfil sismoestratigráfico "FF"
0209-G-1128	Geofísica Sector Codo Sinclair Perfiles sismoestratigráficos "GG-HH-II"
0209-G-1129	Geofísica Sector Codo Sinclair Perfil sismoestratigráfico "JJ"
0209-G-1130	Geofísica Sector Codo Sinclair Perfiles sismoestratigráficos "KK-LL"
0209-G-1131	Geofísica Sector Codo Sinclair Secciones electroestratigráficas "XX-AA-JJ"
0209-G-1212	Geofísica Sector presa Salado Perfiles sismoestratigráficos



## 1. INTRODUCCION

Las investigaciones geofísicas que se efectuaron durante la Fase A de los Estudios de Prefactibilidad del Proyecto Coca-Codo Sinclair, estuvieron concentradas en tres sectores; Malo, Codo Sinclair y Salado. En este informe se presentan individualmente los resultados obtenidos en cada uno de dichos sectores que están relacionados con la disposición de las obras contempladas dentro de las alternativas que se estudiaron en esta Fase.

Las investigaciones del sitio Salado y la correspondiente interpretación de los resultados fueron realizadas directamente por la División de Ingeniería Geotécnica de INECEL.



## 2. CONCLUSIONES

### 2.1 Sector Malo

La investigación sísmica efectuada en el sector Malo, indica una secuencia estratigráfica que, eliminando algunos detalles, podría esquematizarse como sigue:

- a. Una cobertura superficial con un espesor que puede alcanzar hasta 15 m, caracterizada por valores muy bajos de velocidad sísmica comprendidos entre 0,4 y 0,5 km/s.
- b. Una unidad de baja velocidad sísmica (0,8-1,2 km/s) cuyo espesor varía entre 0 y más de 200 m.
- c. Una unidad de velocidad sísmica intermedia con valores comprendidos entre 1,7 y 2,0 km/s y espesores de hasta 160 m.
- d. Un substrato de alta velocidad sísmica con valores de 3,5 a 5,0 km/s.

Esta clasificación se relaciona con la siguiente secuencia litológica:

- a. Terrenos sueltos aireados que corresponden a la cobertura superficial.
- b. Terrenos limosos de origen fluvio-lacustre correspondientes a la unidad de baja velocidad.
- c. Depósitos caóticos de la avalancha de escombros del Paleoreventador incluidos en la unidad intermedia.
- d. Las rocas compactas de la formación Misahuallí relacionadas con el substrato de alta velocidad.

Similarmente, la clasificación derivada de los sondeos eléctricos verticales podría resumirse de la siguiente forma:

- a. Unidad superficial de resistividad muy variable y generalmente elevada (60 - 3.000 Ohm x m), que comprende la cobertura aluvial seca y húmeda.
- b. Unidad conductiva, con valores de resistividad comprendidos entre 15 y 50 Ohm x m, correspondiente a los depósitos de limos fluvio-lacustres.



- c. Unidad semi-conductiva ( $80 - 160 \text{ Ohm} \times \text{m}$ ) que corresponde a los depósitos caóticos de la avalancha de escombros del Paleoreventador.
- d. Substrato resistivo ( $> 500 \text{ Ohm} \times \text{m}$ ) constituido por la formación Misahuallí.

Tanto la investigación sísmica como la eléctrica indican una distinción análoga entre las unidades que conforman el subsuelo del área estudiada; esto constituye una ayuda para la interpretación en el caso que alguna de ellas resulte más evidente a través de alguno de los dos métodos utilizados.

La unidad más difícil de determinarse es la denominada intermedia, en cuanto a velocidad sísmica ( $V = 1,7 - 2,0 \text{ km/s}$ ), y la unidad semiresistiva ( $\rho = 80 - 160 \text{ Ohm} \times \text{m}$ ) porque su espesor es relativamente pequeño respecto a la profundidad en que se encuentra.

En este caso, en la investigación sísmica no se evidencian los impulsos refractados por dicha unidad debido a que primeramente arriban los del substrato. Por lo tanto, en la interpretación se ha hipotetizado su presencia o ausencia. Como resultado se obtuvieron profundidades del substrato erradas por exceso o por defecto, respectivamente.

## 2.2 Sector Codo Sinclair

En la zona de la presa del embalse compensador y de los túneles del conducto forzado, tanto los perfiles sísmicos como los sondeos eléctricos se efectuaron sobre rocas alteradas pertenecientes a la formación Napo. Únicamente la parte más baja del perfil sísmico AA se aproximó a la subyacente formación Hollín.

A partir de los sondeos sísmicos no se pudo obtener ninguna información respecto al contacto entre las mencionadas formaciones que, en base a los levantamientos geológicos, se encuentra alrededor de la cota 1.200 m. Tampoco ha podido evidenciarse el contacto entre la formación Hollín y el substrato constituido por la formación Misahuallí, que se encuentra alrededor de la cota 1.100 m. Esto se debe a que no existe entre ellas un apreciable contraste de velocidad.

Por el contrario, la investigación sísmica ha determinado detalladamente los espesores y las características de las rocas alteradas más superficiales.

Los estratos más alterados presentan valores de velocidad comprendidos entre  $0,4 - 0,6 \text{ km/s}$  y espesores que pueden llegar hasta 25 - 30 m encontrándose estrechamente ligados a la topografía del terreno, en el sentido que los espesores más grandes se encuentran en las zonas más elevadas, mientras que los más pequeños coinciden con las zonas más bajas.



Por debajo de este estrato superficial de baja velocidad, se encuentra un intermedio caracterizado por presentar velocidades comprendidas entre 1,3 y 2,0 km/s y espesores que varían entre unos pocos metros hasta cerca de 20 m. Se trata también de una roca meteorizada pero con un menor grado de alteración el mismo que, de forma aproximada, puede considerarse inversamente proporcional a la velocidad sísmica. Los espesores son, por lo general, mayores en los sitios donde la pendiente topográfica es más fuerte.

En fin, por debajo del estrato precedente se encuentran valores más altos de velocidad que corresponderían a una roca suficientemente compacta. Dichos valores en la parte superior, son iguales a 2,5 - 3,0 km/s y se incrementan paulatinamente con la profundidad hasta llegar a 3,5 - 4,2 km/s. Consecuentemente, las características de consolidación de la roca aumentan con la profundidad.

Contrariamente a lo que sucede en la sísmica, los sondeos eléctricos evidencian claramente el contacto entre las formaciones Napo y Hollín, puesto que entre ellas existe una notable diferenciación eléctrica que depende de su distinta composición litológica. En efecto, mientras la formación Napo está constituida predominantemente por margas y lutitas, en la formación Hollín predominan las areniscas. Los valores de resistividad que caracterizan a la formación Napo son bastante homogéneos y están comprendidos entre 90 y 150 Ohm x m; los de la formación Hollín, por el contrario, son elevados (>5.000 Ohm x m) y prácticamente no se distinguen de los que se encuentran en la formación Misahuallí subyacente. Las secciones electroestratigráficas reflejan muy bien este contacto que, partiendo de una cota aproximada de 1.200 m (en medio del altiplano) desciende ligeramente en dirección NNE.

Los perfiles sísmicos efectuados en la zona de las alternativas 1 y 2 del conducto forzado, se han desarrollado, en la parte alta, sobre depósitos coluviales y sobre aluviales en la parte baja de la ladera que desciende desde el altiplano hasta la orilla derecha del río Coca. En estas dos zonas puede definirse sin dificultad el substrato rocoso perteneciente a la formación Misahuallí, que está caracterizada por presentar una velocidad sísmica de 3,2 - 3,6 km/s.

A lo largo del trazado de la alternativa 1 (perfil FF), los espesores de la cobertura disminuyen gradualmente, de 60 hasta 10-15 m, desde las partes altas hacia el fondo del valle. Sus valores de velocidad se mantienen en alrededor de 1,0 - 1,1 km/s hasta la cota 730 m y se incrementan a 1,5 km/s en el tramo comprendido entre las cotas 730 y 640 m. Finalmente, en el fondo del valle, aumentan hasta 2,0 km/s.

Se han evidenciado también estratos más superficiales de velocidad más baja (0,5 km/s) que son, generalmente, de pequeño espesor. Los perfiles sísmicos transversales al perfil FF muestran que los espesores de la cobertura se encuentran estrechamente ligados a



la topografía del terreno; de esta forma, los mayores espesores se hallan en las zona topográficamente más elevadas.

A lo largo del trazado de la alternativa 2, la cobertura de las rocas del substrato presenta un menor espesor y una velocidad de 1,6 km/s.

En ambas zonas es factible que la parte baja de la cobertura, que se encuentra cerca de la roca compacta del substrato, incluya también algunos tramos de roca alterada.

### 2.3 Sitio Salado

Mediante la interpretación de los datos sísmicos y eléctricos se ha podido investigar hasta una profundidad máxima de 65 m en la margen derecha, perfil L-L', y de 100 m en la margen izquierda, perfil G-G', habiéndose determinado cuatro capas.

A partir del análisis de los parámetros geofísicos de cada capa se puede concluir que, excepto en los perfiles de la margen izquierda, las capas segunda y tercera presentan valores de velocidad sísmica y resistividad eléctrica que caracterizan a materiales de ligera a medianamente cementados.

Mediante esta investigación geofísica se ha podido determinar el perfil del basamento, así como también delimitar las zonas de fuerte alteración.

En cuanto a los espesores, estos pueden variar entre 10 y 15% debido a la accidentada topografía que caracteriza a la zona y al nivel de ruido que provoca la corriente fluvial del río Coca, el trabajo de maquinaria pesada que opera en la zona, el viento, la lluvia, etc.

Los perfiles geofísicos se dibujaron con líneas cortadas cuando los espesores representados no se obtuvieron mediante datos de campo. Esto ocurrió fundamentalmente al inicio o al final de algunos perfiles.



### 3. ESTUDIOS GEOFISICOS ANTERIORES

En 1977, dentro de los estudios de prefactibilidad de las presas Malo y Salado, se efectuaron algunas investigaciones geofísicas que cubrieron un tramo del valle del río Coca comprendido entre los sitios de presa Malo M0 y Malo M2.

Dichas investigaciones consistieron en perfiles sísmicos de refracción y sondeos eléctricos verticales (SEV). Los sismogramas, las dromocronas y las curvas obtenidas en los sondeos están extraviadas, habiendo quedado disponibles solamente las láminas con los perfiles interpretativos sísmo y electroestratigráficos (INECEL - Proyecto Hidroeléctrico Coca, Informe de Prefactibilidad, Anexo II, Volumen I y II, diciembre de 1977).

Estas elaboraciones pese a ser muy limitadas debido a la falta de los datos originales y la mala calidad de la interpretación, resultan de todas formas útiles debido a que proporcionan información referente a las características geométricas y mecánicas de los terrenos a investigarse, dentro de los sitios de presa.

Al revisar esta información se pudo establecer que, en el valle del río Coca, dentro de las áreas de interés, se podía inferir la presencia de grandes espesores de materiales sueltos, e inclinaciones del substrato rocoso mayores o iguales a 45 grados.

También sobre esta base se hipotetizó que algunos de los errores interpretativos podrían ser atribuibles a la presencia de coladas de lava que estarían recubiertas por los depósitos sueltos del río Coca.

Estos datos resultaron muy importantes para definir la extensión de los perfiles sísmicos, la profundidad de los SEV y, en definitiva, para elaborar un programa de trabajo y sus modalidades de ejecución. Complementariamente se diseñó un programa matemático para verificar la interpretación sísmica, utilizando la computadora, que fuera adecuado a las condiciones particulares de las investigaciones a ser programadas.

En el sector del Codo Sinclair no se había efectuado anteriormente ningún tipo de investigación geofísica.



#### 4. METODOLOGIA DE TRABAJO Y CANTIDADES EJECUTADAS

Durante el desarrollo de los estudios correspondientes a la Fase A de la Factibilidad del Proyecto, se investigaron las diferentes alternativas de cierre y obras complementarias que se agruparon en tres distintos sectores denominados: sector Malo, sector Codo Sinclair y sitio Salado.

A continuación se presenta una descripción de la metodología de trabajo que se empleó en cada uno de ellos y sus correspondientes cantidades.

##### 4.1 Sector Malo

Los programas y la metodología de trabajo que se utilizaron en cada uno de los sitios investigados, fueron elaborados en base a los datos resultantes de la revisión de las investigaciones anteriores y a las nuevas informaciones que se obtuvieron de los recientes estudios geológicos.

4.1.1 Sísmica de refracción Los perfiles sísmicos se efectuaron mediante bases de 12 geófonos utilizando espaciamientos estándar de 10 y 20 m con longitudes totales de 110 y 220 m. Las bases de 220 m utilizaron un total de 7-9 disparos: 3 interiores y 4 ó 5 exteriores. La ubicación de los perfiles y las correspondientes cantidades ejecutadas, se presentan en el Plano 0209-G-1034-1.

En el sitio M2, debido a las variaciones de nivel del río Coca, se necesitaron dos tendidas adicionales con un espaciamiento de 10 m.

Además, para satisfacer la necesidad de disponer de datos en detalle, así como la de investigar hasta profundidades de 200-250 m, se decidió juntar las bases de 220 m en perfiles generalmente mayores o iguales a 660 m.

Se excluyeron los sitios donde podía preverse que existen espesores más pequeños.

- Los perfiles se realizaron con algunos disparos comunes para todas sus bases, de forma que se obtuvieron dromocronas continuas a lo largo de cada uno de ellos.
- Los tiros largos, exteriores a los perfiles, especialmente de los longitudinales, se efectuaron donde el curso del perfil atravesaba el pie del talud, o a una distancia mínima de 1.000 m de los extremos de dicho perfil.



La realización de los perfiles mediante esta metodología de trabajo resultó muy laboriosa debido a la fuerte absorción de energía que presenta el área investigada. Consecuentemente, en algunos casos no se pudo obtener registros de buena calidad. No obstante, no habría sido posible determinar las profundidades del substrato rocoso sin utilizar esta metodología.

4.1.2 Geoelectrica Para los sondeos eléctricos se utilizaron espaciamientos A-B variables entre 500 y 1.000 m a pesar de que estuvo inicialmente previsto que no excederían de 200 m.

## 4.2 Sector Codo Sinclair

4.2.1 Sísmica de refracción Los perfiles sísmicos se efectuaron mediante bases de 12 geófonos con espaciamientos estándar de 10 y 20 m, que alcanzaron longitudes totales de 110 y 220 m, respectivamente. La ubicación de los perfiles y las correspondientes cantidades ejecutadas se presentan en el Plano 0209-G-1114.

Las bases de 220 m necesitaron un total de 5-7 disparos de los cuales 3 fueron interiores. Los restantes disparos (3-4) se efectuaron al exterior de la base, compatiblemente con las condiciones topográficas del terreno.

En los sitios donde se esperaba encontrar depósitos sueltos (o con velocidades sísmicas medio-bajas) de espesor inferior a 20 m, los perfiles sísmicos se efectuaron mediante arreglos de 110 m. Cuando se preveía un mayor espesor de estos depósitos sueltos se utilizaron bases de 200 m.

A veces estas previsiones no pudieron confirmarse tal como a lo largo del perfil FF, donde se esperaban pequeños espesores y se llegaron a determinar valores superiores a 50 m.

Sin embargo, la ejecución de tiros largos, exteriores a las bases, permitió que se alcancen las profundidades previstas concordantemente con las necesidades de la investigación.

En general, y donde fue posible, los tiros largos se efectuaron en los extremos de las bases adyacentes, de forma que se obtuvieron dromocronas continuas con una longitud mínima de 220 m.

4.2.2 Geoelectrica En la parte más alta del área del embalse compensador se efectuaron sondeos eléctricos verticales (SEV) del tipo Schlumberger, con el objeto de comprobar la validez de las investigaciones sísmicas y determinar el contacto entre las formaciones Napo y Hollín. En este caso se utilizaron extendimientos de hasta 1.000 m.

## 4.3 Sitio Salado

4.3.1 Sísmica de refracción La prospección sísmica en el sitio Salado fue realizada directamente por la División de Ingenie-



ría Geotécnica de INECCEL abarcando ambas márgenes del río con la distribución que a continuación se detalla:

Margen	Perfil	Longitud
<u>Derecha</u>	H - H'	110 m
	F - F'	230 m
	L - L'	230 m
	Subtotal	3 perfiles
<u>Izquierda</u>	D - D'	165 m
	E - E'	110 m
	G - G'	200 m
	I - I'	230 m
Subtotal	4 perfiles	725 m
	TOTAL	7 perfiles
		1.295 m

Los perfiles se efectuaron mediante bases de 12 y 24 geófonos con espaciamiento de 10 y 15 m, respectivamente, obteniéndose longitudes de 110, 165 y 230 m. La ubicación de los perfiles está indicada en el Plano 0209-G-1212.

Se utilizaron 5 disparos de los cuales 2 fueron exteriores. Las condiciones topográficas y el ruido originado por el viento, la lluvia y la corriente del río Coca, influyeron negativamente sobre la calidad de los registros. Para vencer estas dificultades se utilizaron los correspondientes filtros instrumentales, así como una mayor cantidad de explosivos.

**4.3.2 Geoeléctrica** También en ambas márgenes del río Coca se efectuaron sondeos eléctricos verticales tipo Schlumberger. El perfil D-D' fue cubierto mediante un perfilaje eléctrico que utilizó el método B-63. Este método emplea el dispositivo A-M-N-B con la particularidad que uno de los dos electrodos de corriente se lo planta teóricamente al infinito. La separación entre los electrodos de potencial fue de 5 metros para obtener lecturas de resistividad aparente, también cada 5 metros. La ubicación de los sondeos eléctricos se presenta en el Plano 0209-G-1212.



## 5. METODOLOGIA DE INTERPRETACION

### 5.1 Sector Malo

5.1.1 Sismica de refracción La interpretación de los datos sísmicos de los sitios Malo y Codo Sinclair, se la efectuó en tres diferentes fases:

- Durante la primera, se analizaron los sismogramas originales para identificar las "primeras llegadas" de las ondas longitudinales. En algunos casos esta identificación se tornaba confusa debido a una fuerte absorción de energía por parte de una potente serie de depósitos de baja velocidad (0,8-1,2 km/s). Por esta causa, en ciertos casos no se elaboraron las dromocronas correspondientes a algunos de los disparos efectuados en el campo.
- En una segunda fase se correlacionaron en las dromocronas, los tiempos correspondientes a las primeras llegadas. Los gráficos así obtenidos fueron sometidos a una operación manual de "smoothing" para que puedan reconocerse mejor los tramos pertenecientes a diferentes capas, asumiendo que para los grandes espesores de depósitos sueltos, las pequeñas diferencias en los tiempos de llegada no están relacionados con las variaciones de profundidad de las capas más inferiores.

Sobre las mismas gráficas se aplicaron los métodos de los "tiempos de intercepción" y del "plus minus" con el objeto de determinar los espesores de las diferentes unidades.

- En la tercera fase, los perfiles sismo-estratigráficos más significativos fueron sometidos a un análisis numérico mediante un programa basado en la trayectoria de los rayos refractados mediante el cual se modificó la interpretación.

5.1.2 Geoelectrica Los sondeos eléctricos tipo Schlumberger, fueron interpretados mediante la comparación con curvas de dos y tres capas. Cada una de las interpretaciones fueron correlacionadas a través de secciones electroestratigráficas.

Algunos sondeos fueron comprobados mediante un programa para computadora basado en los filtros matemáticos de Ghosh.

### 5.2 Sector Codo Sinclair

5.2.1 Sismica de refracción En el área del embalse compensador y de los túneles del conducto forzado, se presentaron algunas dificultades para la interpretación de los datos sísmicos debidas,



fundamentalmente, al proceso de meteorización que ha afectado a una masa de roca con un alto porcentaje de intercalaciones de delgadas capas de arcillas y lutitas. De esta forma, se ha podido observar que las características mecánicas de las rocas mejoran con una tendencia más o menos constante hasta una profundidad de 40-50 m, lo cual se refleja en las velocidades sísmicas que se incrementan gradualmente con la profundidad.

5.2.2 Geoeléctrica Para la interpretación de los sondeos eléctricos tipo Schlumberger se utilizaron curvas teóricas para compararlas con las de campo (curvas para uno o más estratos, curvas de composición). Posteriormente se efectuó un control de la primera interpretación mediante la utilización de los filtros de Gosh.

Debe mencionarse las limitaciones que presentan los dos métodos geofísicos empleados para la resolución de los estratos existentes en el subsuelo; esto es, determinar su espesor, profundidad y, aún sus características físicas (resistividad y velocidad sísmica) que dependerá fundamentalmente de la relación entre espesor y profundidad.

Dicha relación no debe ser inferior a ciertos límites que, a su vez, dependen del contraste de las características eléctricas o sísmicas existentes entre el estrato a determinarse y aquellos adyacentes hacia arriba y hacia abajo.

### 5.3 Sitio Salado

5.3.1 Sísmica de refracción Se determinaron las "primeras llegadas" con una aproximación de 1 miliseg. A partir de las dromocronas se interpretó el perfil de velocidades empleando principalmente el método de análisis computacional de datos sísmicos ABC (ABEM, Suecia), complementado con el análisis de Hagiwara en su versión ampliada.

El programa utilizado se denomina "Autost" y permite la utilización de datos originales o corregidos aparte de que puede realizar cambios en caso de haberse detectado errores.

5.3.2 Geoeléctrica Los sondeos eléctricos se corrieron a través del programa VES-32, que permite almacenar hasta 20 datos por cada sondeo y, a través de un proceso iterativo de cálculo, producir un modelo para ajustar la curva de campo conforme avanza la interpretación.



## 6. INTERPRETACION GENERAL DE LOS RESULTADOS

### 6.1 Sector Malo

6.1.1 Sismica de refracción En los tres sitios investigados que se indican en el Plano 0209-G-1034-1, se reconocieron cuatro diferentes unidades sísmicas que presentan intervalos de velocidad muy bien marcados.

#### a. Terrenos aireados

Se caracterizan por presentar una baja velocidad sísmica, comprendida entre 0,4 y 0,5 km/s.

Dentro de esta unidad están incluidos el suelo vegetal y los depósitos aluviales secos, ubicados por encima del nivel piezométrico. Se encuentra difundida en toda el área investigada, exceptuándose unos cuantos puntos centrales del sector Malo M2, en donde la superficie piezométrica se encuentra muy cerca de la superficie topográfica (Plano 0209-G-1066-1). Su espesor es generalmente inferior a 10 m, no obstante, en algunos casos alcanza hasta 16 m.

#### b. Unidad de baja velocidad sísmica

Está caracterizada por presentar velocidades comprendidas entre 0,8 y 1,2 km/s.

Su composición litológica es predominantemente limosa, de origen lacustre, y secundariamente arenosa, tal como en el sitio Malo M2, donde esta unidad llega a estar en contacto con el substrato rocoso (Planos de 0209-G-1064-1 a 0209-G-1068-1).

Sus espesores son muy variables; así, en el área ubicada entre los sitios Malo M0 y Malo M1, cerca del río Malo, se reduce hasta desaparecer (Plano 0209-G-1063-1). Desde este punto hacia aguas abajo (sitio Malo M0), se incrementa hasta alcanzar unos 60 m (perfil I, Plano 0209-G-1060-1) al igual que en la dirección opuesta.

En efecto, hacia aguas arriba sus espesores aumentan muy rápidamente, hasta a alcanzar los 200 m en el sitio Malo M2 (Plano 0209-G-1066-1).

En los sectores Malo M1 (perfil I) y Malo M2 (perfiles P y S, Planos 0209-G-1064-1 y 0209-G-1066-1), se han determinado espesores de 10 a 40 m, y velocidades variables entre 1,0 y 1,3 km/s, por sobre los taludes del valle. Esta variación podría corresponder a



depósitos detríticos-coluviales o también a las capas meteorizadas del substrato rocoso.

c. Unidad intermedia

Presenta velocidades variables entre 1,6 y 2,0 km/s. Su naturaleza litológica correspondería a los depósitos caóticos de la avalancha de escombros originada por el derrumbe del Paleoreventador, cuyos afloramientos pueden observarse en las laderas de la margen izquierda de los sitios Malo M1 y Malo M0. Se supone que esta composición litológica no varía por debajo de las unidades más superficiales.

En la margen izquierda del sitio Malo M1, (perfil I, Plano 0209-G-1060-1), dentro de esta unidad están también incluidos algunas porciones de roca pertenecientes a la formación Misahuallí que, probablemente, se encuentran muy fracturadas.

Sus espesores están en relación inversa con los de la unidad de baja velocidad; de esta forma, son más grandes en el sitio Malo M0 (hasta 180 m) y desaparecen en el sitio Malo M2.

En el sitio Malo M1, dentro de los depósitos de fondo del valle, esta unidad presenta espesores crecientes en dirección hacia aguas abajo (Planos de 0209-G-1059-1 a 0209-G-1063-1).

d. Substrato de alta velocidad sísmica

Representa la unidad más profunda que ha podido ser determinada mediante la presente investigación. Sus velocidades varían entre 3,5 y 5,0 km/s. De los datos geológicos se deduce que corresponde a la formación Misahuallí.

Los valores de velocidad indican la presencia de una unidad muy compacta y poco fracturada. Las mayores velocidades se encuentran en los perfiles longitudinales debido a que los disparos largos, exteriores a los perfiles, se realizaron a una gran distancia por lo que las ondas correspondientes han seguido una trayectoria más profunda en los sectores de roca más compacta.

El perfil transversal del substrato resulta generalmente curvo tendiendo a semi-circular; las profundidades máximas llegan hasta los 230 m.

6.1.2 Geoelectrica Los sondeos efectuados presentan valores de resistividad que son muy variables de un sitio a otro. Sin embargo, en todos ellos puede observarse un tipo predominante caracterizado por la sucesión de resistividad que se indica a continuación.

a. Unidad superficial

En los primeros metros se encuentran valores de resistividad muy variables (entre 3.000 y 20 Ohm x m)) que corresponden a delga-



das capas de materiales aluviales con una granulometría variable entre gruesa y muy fina. Dentro de ellas están incluidas capas de suelo, aluviales secos o saturados, y depósitos limosos de origen fluvio-lacustre.

El espesor total de estas capas puede llegar hasta los 30 m, variando su número entre 1 y 3.

b. Unidad conductiva

Está constituida por capas de depósitos laminados de limos de origen fluvio-lacustre.

Sus resistividades varían entre 15 y 50 Ohm x m y sus espesores, generalmente entre 20 y 100 m.

Los valores más bajos y más altos de resistividad se encuentran, respectivamente en los sitios Malo M1 y Malo M2 (Planos 0209-G-1075-1 y 0209-G-1076-1).

c. Unidad semiresistiva

Esta unidad ha sido claramente identificada en algunos sondeos verticales. Su presencia está generalmente oculta por las capas conductivas suprayacentes y las resistivas subyacentes.

Su composición litológica podría ser laharítica, aluvial o fluvio-lacustre correspondiente a las facies más arenosas. Sus valores de resistividad varían entre 80 y 160 Ohm x m (Plano 0209-G-1073-1).

d. Unidad resistiva profunda

Corresponde a los niveles más inferiores que fueron alcanzados por la investigación geoelectrica. Sus valores de resistividad son muy altos, generalmente superiores a 1.000 Ohm x m. En las tablas y en las correspondientes curvas de los sondeos están indicadas con " $\infty$ " debido a que, si se compara con los de las capas que lo recubren, tiene el mismo significado del infinito matemático. En la práctica, el valor " $\infty$ " podría considerarse como equivalente a resistividades mayores o iguales a 5.000 Ohm x m.

Litológicamente esta unidad se encuentra constituida, en su parte superior, por los depósitos que ya fueron descritos dentro de la unidad precedente y, en la parte inferior, por el substrato rocoso de la formación Misahuallí.

En el sitio Malo M2 existen varios sondeos cuyos valores de resistividad son inferiores a 1.000, y aún a 500 Ohm x m. La explicación de este fenómeno no resulta clara, pudiendo atribuírsele a variaciones areales y verticales del espesor de los depósitos sueltos, o a la presencia de fajas de roca muy fracturada o milonitizada.



### 6.1.3 Correlaciones entre los datos sísmicos y eléctricos

Los resultados obtenidos mediante la aplicación de las dos metodologías de investigación antes descritas, presentan una buena concordancia en los sitios Malo M0 y Malo M1. En estos sitios la unidad sísmica de baja velocidad corresponde a la unidad conductiva.

Los espesores determinados por ambas son generalmente similares, y en el caso de algunos perfiles del sitio Malo M1, se ha utilizado el que indican los sondeos eléctricos para asignárselo a los perfiles de baja velocidad; los cuales, así elaborados, presentan buenos resultados en la comprobación que se efectuó mediante la computadora.

En el sitio Malo M2 no existe la misma concordancia, encontrándose que los espesores determinados por la geoeléctrica resultan más delgados que los mismos obtenidos por la sísmica.

Además, en el sitio Malo M2 no se ha encontrado la unidad sísmica intermedia ( $V = 1,6 - 2,0$  km/s), de modo que la unidad de baja velocidad tendría que estar compuesta, en su parte inferior, por depósitos sueltos con un porcentaje de arena superior al de los limos.

Por otro lado, los sondeos geoeléctricos no tienen resolución entre las unidades sísmicas intermedia y de fondo (substrato rocoso) debido a que es muy grande la diferencia que existe entre los valores de resistividad de la unidad conductiva y de la resistiva de fondo, aparte de que la unidad conductiva es demasiado potente.

Mediante pruebas obtenidas a través de la computadora se puede concluir que, para la mayor parte de los sondeos en el sitio Malo M1, la introducción de una gruesa capa de 60 y hasta 100 m de espesor y resistividades comprendidas entre 100 y 150 Ohm x m, entre la capa conductiva y la resistiva de fondo, no modifica sensiblemente a las curvas geoeléctricas.

Por este motivo, el techo de la unidad resistiva de fondo corresponde generalmente al techo de los depósitos caóticos de avalancha (o aluviales de composición arenosa).

Se exceptúan dos puntos a lo largo de la sección H (SEV H1 y L12), donde la disminución de los espesores de la capa conductiva ha permitido descubrir una potente capa, con resistividades comprendidas entre 120 y 125 Ohm x m, que está cubriendo al substrato resistivo rocoso. Aquí resulta evidente una concordancia con las profundidades del substrato rocoso que se determinaron mediante la investigación sísmica.

6.1.4 Comparación entre los datos de las perforaciones rotativas y los resultados geofísicos Para la compilación del presente informe ha sido factible disponer de los datos de las perforaciones rotativas efectuadas en los sitios Malo M1 y Malo M2. Se trata de



siete perforaciones, que ofrecieron la gran oportunidad de calibrar los resultados obtenidos de la exploración geofísica.

En el Plano 0209-G-1132 se presentan los resultados de las perforaciones esquematizando las principales unidades atravesadas por ellas.

En este plano aparecen los registros de perforación con los resultados geofísicos obtenidos en la vecindad inmediata (perfiles sísmicos y sondeos eléctricos). Se puede notar de inmediato, como la subdivisión entre las distintas unidades presentes en el subsuelo, basada únicamente en los resultados geofísicos, coincide perfectamente con la que ha sido esquematizada a partir de las perforaciones. En particular, la unidad de baja velocidad sísmica y la correspondiente de baja resistividad eléctrica, aparecen efectivamente constituidas por típicos depósitos de limos fluvio-lacustres y, de esta forma, también la unidad sísmica intermedia y su correspondiente unidad semiresistiva, corresponde efectivamente a los depósitos caóticos de la avalancha de escombros.

Entrando en un mayor grado de detalle, al comparar los registros de las perforaciones con los datos geofísicos, es posible notar que existe un buen grado de coincidencia en cuanto a los espesores de la cobertura aluvial. En general, la profundidad que se ha determinado a partir de la sísmica resulta ligeramente inferior a la determinada por las perforaciones. Probablemente esto se debe al hecho que el material de cobertura se presenta más consolidado en profundidad y, por lo tanto, podría hipotetizarse la existencia de pequeños espesores con velocidades ligeramente superiores (0,5 - 0,6 km/s) en su parte inferior.

En cuanto a los depósitos de limos fluvio-lacustres, en el esquema derivado de las perforaciones no se ha representado su contenido de arena. Sin embargo, generalmente resulta que a los valores más altos de resistividad (sitio Malo 2) corresponden los mayores porcentajes en el contenido de arena.

Los depósitos de la avalancha de escombros fueron alcanzados únicamente por las perforaciones SP1 (profundidad 80 m) y SP5 (profundidad 68 m). Dichas profundidades coinciden con las que fueron determinadas por las investigaciones sísmicas y eléctricas.

La única perforación que ha llegado hasta el basamento rocoso, constituido por la formación Misahuallí, es la SP1 a una profundidad 142 m. La profundidad determinada por la interpretación sísmica sobre el perfil H es igual a 150 m y, sobre el perfil I, a 187 m que, por lo tanto, resultan equivocadas por exceso. Los motivos pueden ser diversos; sobre todo el espesor de la unidad intermedia que es relativamente pequeño respecto a la profundidad y, por lo tanto, no permite que se obtengan valores confiables de su velocidad provocando la consiguiente indeterminación, tal como se ha mencionado anteriormente. Además, existen fuertes discontinuidades laterales no sólo en el basamento sino también en la cobertura. En estas condiciones, los fenómenos de difracción y de desfocalización



de los rayos sísmicos no permiten que se efectúe una clara lectura de los sismogramas. Podría también suponerse que en la zona donde está ubicada la perforación SP1 se verifica una notable variabilidad de la profundidad del sustrato, mientras que la investigación sísmica indica solamente profundidades medias.

No obstante, los datos de las perforaciones y los resultados de la prospección geofísica concuerdan, en general, satisfactoriamente.

6.1.5 Curvas isoipsas del sustrato y de la base de los depósitos de limo fluvio-lacustre Se elaboraron los Planos 0209-G-1133 y 0209-G-1134, en los que se presentan las curvas isoipsas de algunos horizontes representativos con el objeto de evidenciar en mejor forma, y en sentido areal, las variaciones que ocurren entre las distintas unidades en los tres sitios investigados.

En el Plano 0209-G-1133 se presentan las curvas isoipsas del basamento rocoso que indican una forma subcircular del valle a lo largo de todo el tramo explorado y señalan una cota mínima de alrededor de 1.050 m. A esta corresponden los máximos espesores del material de cobertura que son del orden de 200 m.

Se pueden notar los siguientes detalles:

- El valle sepultado resulta generalmente simétrico respecto a la línea de fondo, excepto en la zona comprendida entre el sitio Malo M0 y Malo M1, donde las pendientes se tornan más abruptas en la margen derecha del valle.
- Una sección del valle, ligeramente más estrecha que en otros sitios, puede apreciarse en el sitio Malo M0.
- Las laderas del valle sepultado, mantienen generalmente la misma morfología de las laderas superficiales.

En el Plano 0209-G-1134 se indican las curvas isoipsas de la base de los depósitos fluvio-lacustres que constituyen la base de la unidad de baja velocidad sísmica. Se puede decir igualmente que estas curvas representan el tope de la unidad sísmica intermedia o de la unidad medio resistiva que corresponde a los depósitos de la avalancha de escombros del volcán Paleoreventador.

Se ha considerado oportuno describir tal horizonte debido a que los estratos que le recubren son los más comprometidos con las obras del Proyecto.

En el sitio Malo M1 la profundidad se hace notable alcanzando en el centro los 90 m.

No se han elaborado curvas análogas en el sitio Malo M2 debido a que en esta zona, a pesar de que los datos de los sondeos eléctricos indican la existencia de la unidad de resistividad media,



los sondeos sísmicos indican una sola unidad de cobertura de baja velocidad sísmica. Probablemente, aquí se presentaría un cambio en la granulometría litológica de la unidad intermedia, la misma que, aún presentando las características eléctricas de mediana resistividad, no llega a demostrar un aumento de la velocidad sísmica respecto a aquella de los depósitos fluvio-lacustres.

Dicha unidad intermedia podría estar localmente desprovista de los elementos gruesos (bloques de roca), que están presentes en el sitio Malo M1. En su lugar presentaría un mayor contenido de arena. Esta disposición es concordante con una disminución de la energía de la avalancha de escombros que originó este depósito caótico.

## 6.2 Sector Codo Sinclair

6.2.1 Sísmica de refracción La ubicación de los perfiles sísmicos y de los sondeos eléctricos efectuados en esta área se encuentra en el Plano 0209-G-1114.

En el área del embalse compensador y de los túneles del conducto forzado se presentaron algunas dificultades para la interpretación de los datos sísmicos, debidas fundamentalmente al proceso de meteorización que ha afectado a una masa rocosa con un alto porcentaje de intercalaciones de delgadas capas de arcillas y lutitas. De esta forma, se ha podido observar que las características mecánicas de las rocas mejoran con una tendencia más o menos constante hasta una profundidad de 40-50 m, lo cual se refleja en las velocidades sísmicas que se incrementan gradualmente con la profundidad.

Aparte de lo mencionado, el proceso de meteorización afecta más profundamente a los relieves morfológicos tales como colinas, cuchillas, etc.

Por este motivo se encuentra ampliamente difundida en las partes altas del sector, una capa superficial de material intensamente alterado que presenta una velocidad sísmica de 0,4-0,6 km/s y espesores que varían ampliamente según la topografía.

Por debajo de esta capa se ha identificado una zona de transición caracterizada por presentar velocidades sísmicas que se incrementan con la profundidad.

En estas condiciones no puede ocurrir la refracción sino solamente una penetración gradual de las ondas sísmicas.

No obstante, para ordenar los datos sísmicos se utilizó un modelo interpretativo de refracción en tres unidades debido a la dificultad existente para definir con precisión las variaciones de la velocidad sísmica en función de la profundidad. Las dos unidades más profundas presentan diferente composición litológica según se trate de la parte alta o baja del sector del Codo Sinclair. Por este motivo ha sido necesario dividirles en subunidades con su correspondiente intervalo de velocidad.



a. Terrenos aireados

Constituye la unidad más superficial que se caracteriza por presentar una baja velocidad sísmica comprendida entre 0,4 y 0,6 km/s.

Está formada por capas de suelo vegetal y de suelo residual. Sus espesores son muy variables alcanzando hasta 25 m en las partes más altas del sector (perfiles AA, BB, CC, DD y EE; arreglos FF I, FF II, FF III, FF IV, Planos 0209-G-1124 a 0209-G-1127) en correspondencia de las estructuras más elevadas, mientras que disminuyen hasta desaparecer en las quebradas y al pie del talud de la margen derecha del río Coca.

b. Unidad intermedia

Se caracteriza por presentar velocidades variables entre 0,9 y 2,0 km/s. Ha sido subdividida en dos subunidades:

- Subunidad de baja velocidad: presenta velocidades variables entre 0,9 y 1,1 km/s. Esta subunidad se encuentra solamente por encima de la cota 700 m en el flanco derecho del valle del río Coca (perfil FF, arreglos I, II, III, IV, V, Plano 0209-G-1127) y sus espesores alcanzan los 50 m. Está constituida por depósitos coluviales aunque sus considerables espesores sugieren la posibilidad que esté también incluyendo algunas capas de roca fracturada y alterada.
- Subunidad de velocidad media: presenta velocidades variables entre 1,3 y 2,0 km/s. En la parte más alta del sector está constituida por capas con un grado de alteración variable entre medio y medio-bajo que decrece en función de la profundidad.

Las velocidades más bajas (1,3-1,5 km/s) se determinaron en el área del compensador. A lo largo del eje de la presa del compensador (perfil AA, Plano 0209-G-1123), los espesores se incrementan en dirección hacia los escarpes verticales de la formación Hollín, debido probablemente a un deterioro de las características mecánicas y a la cercanía de dichos escarpes.

Las velocidades comprendidas entre 1,5 y 2,0 km/s corresponden a capas de roca diferentemente alteradas o, como en el flanco derecho del valle del río Coca, a depósitos coluviales.

En la parte baja del sector investigado (arreglo FF VII, Plano 0209-G-1127, y perfil JJ, Plano 0209-G-1129) y en las cercanías del río Coca se ha determinado una capa con una velocidad de 1,6 - 2,0 km/s que podría corresponder a depósitos aluviales o coluviales saturados, o a un estrato de roca alterada.

c. Substrato profundo

Su rango de velocidad varía entre 2,2 y 4,2 km/s. Dentro de



esta unidad se han reconocido dos subunidades que se describen a continuación:

- Subunidad de velocidad medio-alta: en el área del compensador y en sus cercanías (perfiles AA, BB, CC, DD, Planos de 0209-G-1123 a 0209-G-1125), el substrato presenta velocidades inferiores a 3 km/s. Estas velocidades corresponden a las capas más someras de las formaciones Napo y Hollín que se encuentran poco o medianamente alteradas.
- Subunidad de alta velocidad: presenta velocidades variables entre 3,0 y 4,2 km/s. En la parte más alta del sector investigado se le encuentra únicamente a lo largo del perfil EE, Plano 0209-G-1125.

En el perfil DD, Plano 0209-G-1125, se presenta un incremento de la velocidad en función de la profundidad, hasta 2,5 y 3,5 km/s.

A lo largo de los dos ejes alternativos del conducto forzado y de los túneles de restitución, el substrato de alta velocidad corresponde a la formación Misahuallí y presenta velocidades variables entre 3,2 y 3,8 km/s.

6.2.2 Geoeléctrica Los sondeos efectuados, que se representan en el Plano 0209-G-1131, indican valores de resistividad eléctrica que resultan bastante similares entre sí, dentro de todo el sector investigado. De este modo han podido determinarse cuatro unidades principales que se describen a continuación.

a. Unidad conductiva superficial

Constituye la parte más epidérmica y tiene un espesor que alcanza, generalmente, unos cinco metros a pesar de que en el SEV 10 se ha determinado que localmente se incrementa hasta 20 m. Sus valores de resistividad varían generalmente entre 100 y 250 Ohm x m. Está constituida por suelos residuales, producto de la alteración de las rocas, o depósitos más profundos.

b. Unidad resistiva superficial

Se le encuentra aflorante en el sitio donde se realizaron los SEV 4 y 5 en el que no existe la unidad conductiva. Sus espesores están generalmente comprendidos entre 4 y 10 m; pero, en ciertos casos, se incrementan hasta más de 20 m.

En la parte más alta del sector investigado, esta unidad se encuentra constituida por niveles arenosos o calcáreos pertenecientes a la formación Napo, cuyos valores de resistividad varían entre 500 y 1.000 Ohm x m.

En la parte baja, al pie del talud del valle del río Coca, la unidad resistiva superficial se encuentra formada por depósitos de



talud que presentan una granulometría variable entre grava y bloques. Su resistividad varía entre 1.000 y 5.000 Ohm x m.

c. Unidad conductiva intermedia

Está generalmente caracterizada por presentar valores de resistividad comprendidos entre 90 y 200 Ohm x m.

En la parte alta del sector investigado, la unidad conductiva intermedia está constituida por sedimentos predominantemente arcillosos o lutíticos pertenecientes a la formación Napo. En esta área sus espesores varían entre 40 y 80 m, encontrándose los más altos hacia las cotas más elevadas.

En la parte baja, esta unidad se encuentra probablemente constituida por fajas de roca meteorizada o por depósitos coluviales. Sus espesores varían entre 10 y 25 m.

d. Substrato resistivo

A pesar de que se desconocen los valores reales de su resistividad, se estima que deberían ser superiores a 10.000 Ohm x m.

En la parte alta del sector investigado, el techo del substrato corresponde, más o menos, al tope de la formación Hollín. Sus cotas varían entre 1.200 y 1.220 m y solamente en el SEV-6-CO, el techo se encuentra alrededor de la cota 1.190 m. Las cotas más altas del techo del substrato coinciden con los altos topográficos del sector (SEV 9, 10, 11 y 12). De este modo podría concluirse que el techo del substrato presenta una pendiente suave con dirección hacia el N-NE.

En el Cuadro 6/1 se presentan los valores referentes a la interpretación de los datos geoelectricos.

Cuadro 6/1

ESPEORES DE LAS CAPAS (h) Y RESISTIVIDAD ( $\rho$ ) OBTENIDAS CON LOS SEV EJECUTADOS EN EL SECTOR CODO SINCLAIR

SEV	$h_1$ (m)	$\rho_1$ (ohmxm)	$h_2$ (m)	$\rho_2$ (ohmxm)	$h_3$ (m)	$\rho_3$ (ohmxm)	$h_4$ (m)	$\rho_4$ (ohmxm)
2-CO	3,4	220	3,6	1.000	13	180	Indeterminada	Infinita (>10.000)
3-CO	7,0	400	4,0	5.000	11	200		
4-CO	-	-	8,0	3.500	24	300		
5-CO	-	-	4,0	1.000	41	90		
6-CO	1,5	120	18,5	650	26	100		
7-CO	5,0	250	22,0	600	48	150		
8-CO	4,0	220	5,0	500	46	170		
9-CO	2,0	200	12,0	500	56	130		
10-CO	20,0	170	-	-	80	120		
11-CO	5,0	210	8,0	800	67	150		
12-CO	2,5	180	7,0	800	80	120		



### 6.3 Sitio Salado

Los resultados de la investigación efectuada en este sitio se presentan aisladamente para cada una de las márgenes del río Coca en el Plano 0209-G-1212.

6.3.1 Margen derecha Se han podido reconocer las siguientes capas (Cuadro 6/2):

#### a. Capa superficial

Velocidad sísmica: 500 - 790 m/s  
Resistividad: 410 - 780 ohm x m

Está constituida por suelos residuales, orgánicos y coluviales pobremente cementados. Se le ha reconocido a lo largo de todos los perfiles con una potencia variable entre 1 y 21 m. Los mayores espesores se encuentran en el perfil F-F'.

#### b. Segunda capa

Velocidad sísmica: 1.000 - 1.700 m/s  
Resistividad: 120 - 310 Ohm x m

Corresponde a un material medianamente consolidado que, litológicamente, puede representar horizontes de rocas graníticas altamente alteradas. Su espesor varía entre 3 y 20 m siendo en el perfil L-L' donde se presentan los espesores mayores.

#### c. Tercera capa

Velocidad sísmica: 2.150 - 2.550 m/s  
Resistividad: 410 - 560 Ohm x m

Litológicamente corresponde a una roca granítica medianamente alterada. Su potencia varía entre 10 y 40 m, notándose que alcanza su mayor espesor en el perfil F-F'.

#### d. Basamento

Velocidad sísmica: 2.800 - 3.300 m/s  
Resistividad:  $\infty$

Constituye la más profunda de las capas investigadas que litológicamente podría identificarse con las rocas graníticas poco alteradas.

Su presencia ha sido determinada en los tres perfiles estudiados.

6.3.2 Margen izquierda Mediante la investigación geofísica se ha determinado la existencia de cuatro capas (Plano 0209-G-1212 y Cuadros 6/3 y 6/4). Para una mejor comprensión se presentarán aisladamente los resultados de los perfiles ubicados junto al río



Cuadro 6/2

SITIO SALADO - Margen derecha  
 CORRELACION ENTRE LAS CAPAS GEOFISICAS Y LA GEOLOGIA  
 PERFILES L-L', F-F', H-H'

Perfil	Capa Superficial		Segunda Capa		Tercera Capa		Basamento	
	Velocidad sísmica (m/s)	Resistividad (Ohm x m)	Velocidad sísmica (m/s)	Resistividad (Ohm x m)	Velocidad sísmica (m/s)	Resistividad (Ohm x m)	Velocidad sísmica (m/s)	Resistividad (Ohm x m)
L-L'	790	410-780	1.700	120-310	2.500	410-560	3.300	
F-F'	710	-	1.250-1.500	-	2.150	-	2.900	-
H-H'	500	-	1.000	-	2.550	-	2.800	-
Geología estimada	Suelo residual u orgánico o coluvial suelto		Roca altamente alterada fracturada		Roca medianamente alterada		Roca poco alterada	
			R O C A		G R A N I T I C A			



Cuadro 6/3

SITIO SALADO - Junto al río Coca  
 CORRELACION ENTRE LAS CAPAS GEOFISICAS Y LA GEOLOGIA  
 PERFILES G-G', D-D'

Perfil	Capa Superficial		Segunda Capa		Tercera Capa		Basamento	
	Velocidad sísmica (m/s)	Resistividad (Ohm x m)	Velocidad sísmica (m/s)	Resistividad (Ohm x m)	Velocidad sísmica (m/s)	Resistividad (Ohm x m)	Velocidad sísmica (m/s)	Resistividad (Ohm x m)
G-G'	430-500	40	900	150	1.550	65	2.400	600
D-D'	450	60	800	125-275	-	-	2.400	20-40
Geología estimada	Material aluvial reciente con niveles de arena		Material aluvial con presencia de cantos rodados		Material aluvial con presencia de grandes bloques		Roca granítica medianamente alterada	



Cuadro 6/4

SITIO SALADO - Margen izquierda (Morro Salado)  
 CORRELACION ENTRE LAS CAPAS GEOFISICAS Y LA GEOLOGIA  
 PERFILES E-E', I-I'

Perfil	Capa Superficial		Segunda Capa		Tercera Capa		Basamento	
	Velocidad sísmica (m/s)	Resistividad (Ohm x m)	Velocidad sísmica (m/s)	Resistividad (Ohm x m)	Velocidad sísmica (m/s)	Resistividad (Ohm x m)	Velocidad sísmica (m/s)	Resistividad (Ohm x m)
E-E'	500	400	950-1.000	900	1.800	2.000	-	-
Geología estimada	Suelo orgánico o residual o coluvial suelto		Roca granítica poco alterada		Roca granítica fresca		-	
I-I'	800-900	30-110	1.000-1.400	60-150	2.200	-	2.400-4.200	-
Geología estimada	Suelo orgánico o residual o coluvial		Material aluvial		Material aluvial antiguo		Roca granítica	



Coca (D-D' y G-G', Cuadro 6/3) y los situados sobre el Morro Salado (E-E' e I-I', Cuadro 6/4).

- Perfiles ubicados junto al río Coca

a. Capa superficial

Velocidad sísmica: 430 - 500 m/s  
Resistividad: 40 - 60 Ohm x m

Está constituida por un material aluvial reciente formado por guijarros y gravas con niveles de arena intercalados.

Esta capa se lo ha determinado en los perfiles D-D' y G-G' con una potencia variable entre 4 y 15 m.

b. Segunda capa

Velocidad sísmica: 800 - 900 m/s  
Resistividad: 125 - 275 Ohm x m

Básicamente tiene la misma composición litológica que la anterior variando únicamente la granulometría que se incrementa.

Su potencia varía entre 20 y 25 m; en el perfil G-G' se ha encontrado su mayor espesor.

c. Tercera capa

Velocidad sísmica: 1.550 m/s  
Resistividad: 65 Ohm x m

Esta capa se lo ha determinado únicamente en el perfil G-G' y está constituida por aluviales que engloban a grandes bloques. Su potencia varía entre 30 y 60 m.

d. Basamento

Velocidad sísmica: 2.400 m/s  
Resistividad: 600 Ohm x m

Es la capa más profunda que se ha investigado en el presente estudio; litológicamente se le puede identificar como rocas graníticas medianamente alteradas. Su presencia se lo ha determinado en los dos perfiles estudiados.

- Perfiles ubicados sobre el Morro Salado

Respecto al perfil I-I', a continuación se exponen los resultados correspondientes:

a. Capa superficial

Velocidad sísmica: 800 - 900 m/s



Resistividad: 30 - 110 Ohm x m

Está constituida por suelo residual, orgánico y coluvial pobremente cementado. Se extiende a lo largo del área estudiada con una potencia que llega hasta 16 m.

b. Segunda capa

Velocidad sísmica: 1.000 - 1.400 m/s

Resistividad: 60 - 150 Ohm x m

Corresponde a una capa poco consolidada conformada por material aluvial e intercalaciones de lentes de arena que explica los diferentes valores de velocidad.

El espesor de esta capa varía entre 10 y 75 m.

c. Tercera capa

Velocidad sísmica: 2.200 m/s

Resistividad: -

Constituye una zona medianamente consolidada que litológicamente podría ser un aluvión antiguo.

d. Cuarta capa

Velocidad sísmica: 2.400 - 4.200 m/s

Resistividad: -

Ha sido determinado únicamente en los primeros 100 m de desarrollo del perfil; litológicamente puede representar rocas graníticas.



## 7. INVESTIGACIONES RECOMENDADAS PARA LA FASE "B"

A partir de los datos geológicos y de la disposición de las obras de la alternativa seleccionada, se considera indispensable efectuar una investigación geofísica, para desarrollarse durante la Fase B del estudio de Factibilidad, que en términos generales podría resumirse de la siguiente forma:

### 7.1 Ventana de acceso

El sitio previsto se encuentra dentro del área de influencia de los depósitos del derrumbe del Paleoreventador que irrumpieron hacia el valle del río Coca. Por lo tanto, se tiene que averiguar el perfil de la línea de roca del basamento sobre el que se apoyaron los materiales de la avalancha de escombros.

Para tal fin tendrían que realizarse:

- . 2 perfiles sísmicos longitudinales
- . 4 perfiles sísmicos transversales
- . Distancia entre geófonos: 10 m
- . Longitud total: 4.000 m

Eventualmente, y de acuerdo con los resultados que se obtengan, se podrían realizar otros perfiles sísmicos con un espaciamiento entre geófonos mayor que 10 m, cuya longitud total aproximada sería de 1.000 m.

La investigación geofísica propuesta estaría complementada con la ejecución de unos 20 sondeos eléctricos verticales que permitan afianzar la interpretación.

### 7.2 Obras de restitución y casa de máquinas

Considerando así mismo el esquema de implantación de las obras de la alternativa seleccionada, será necesario mejorar el conocimiento de las características geológicas y mecánicas del macizo rocoso que estará comprometido con las galerías de acceso a la central subterránea y el edificio de mando.

En tal virtud se requerirá efectuar una investigación sísmica consistente en:

- . 2 perfiles sísmicos longitudinales
- . 3 perfiles sísmicos transversales
- . Distancia entre geófonos: 10 m
- . Longitud total: 2.500 m



Eventualmente, y de acuerdo con las necesidades, podrían también realizarse unos 500 m adicionales de perfil sísmico utilizando bases con una distancia entre geófonos mayor que 10 m.

La investigación se complementaría con unos 30 sondeos eléctricos verticales.

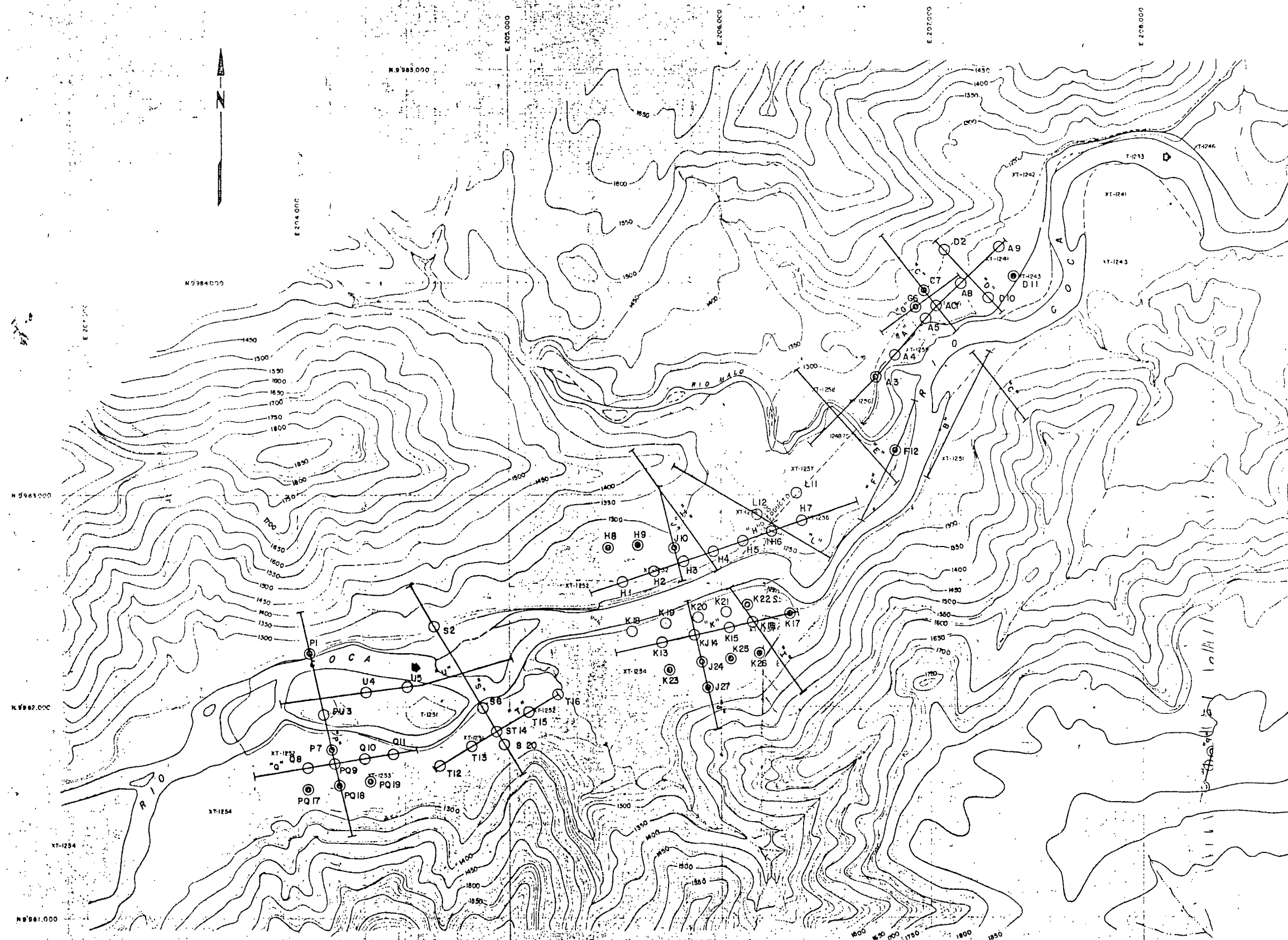
Utilizando las galerías exploratorias, y con el objeto de determinar las constantes elásticas dinámicas de las rocas atravesadas, es recomendable efectuar una investigación sísmica consistente en:

- . 500 m de perfil con un espaciamiento entre geófonos de hasta 5 m.
- 100 m de perfil con un espaciamiento entre geófonos mayor que 5 m.



## PLANOS





LEYENDA

"T"  
PERFILES SISMICOS

BEV CON AB MAX. HASTA 500 m

○ SEV CON AB MAX. HASTA 1000 m :

NOTA.-

- TOPOGRAFIA 1: 10 000 I.G.M.

ESC. 100 0 200 400 600 M

ELECTROCONSULT - TRACCIONEL - RODIO ASTEC - INELIN - INGECONSULT - CAMINOS Y CANALES			
			
QUITO - ECUADOR			
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A" GEOFISICA SECTOR PRESA- MALO UBICACION DE LOS PERFILES SISMICOS Y SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES (S.E.V.)			
MOJA DE		ESC. INDICADA	
DISEÑADO.	B. P. <i>[Signature]</i>	RECOMENDADO.	<i>[Signature]</i>
DIBUJADO.	R. B. / R. A. A. <i>[Signature]</i>	APROBADO.	<i>[Signature]</i>
REVISADO.	<i>[Signature]</i>		
FECHA.	SEPTIEMBRE / 1986		REF. 0209 - G - 1034 - I



# SECTOR MALO

## PERFILES SISMOESTRATIGRAFICOS

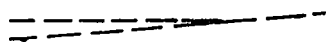
### LEYENDA



SUBSTRATO ROCOSO



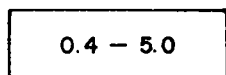
HORIZONTE SISMICO



HORIZONTE SISMICO ASUMIDO



VARIACION BRUSCA DE VELOCIDAD



VELOCIDADES SISMICAS ( Km /seg )

0.4 - 0.5

· TERRENOS AIREADOS  
(ALUVIALES SECOS)

0.8 - 1.2

· UNIDAD CON BAJA VELOCIDAD SISMICA  
(DEPOSITOS LACUSTRES LIMOSOS)

1.3 - 1.4

· DEPOSITOS DETRITICOS COLUVIALES O  
ROCA ALTERADA

1.7 - 2.0

· UNIDAD INTERMEDIA  
(MATERIALES CAOTICOS DE AVALANCHA DE ESCOMBROS)

3.0

· COLADAS DE LAVA (?)

3.5 - 5.0

· SUBSTRATO DE ALTA VELOCIDAD SISMICA  
(ROCAS COMPACTAS DE LA FORMACION MISAHUALLI)



# SECTOR MALO

## SECCIONES ELECTROSTRATIGRAFICAS

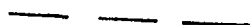
### LEYENDA



PERFIL TOPOGRAFICO



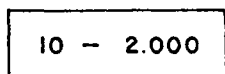
CORRELACION INTERPRETATIVA



CORRELACION INTERPRETATIVA APROXIMADA



SONDEO ELECTRICO VERTICAL



VALORES DE RESISTIVIDAD (ohm x m)

∞

RESISTIVIDAD  $\geq 5.000$  ohm x m

500 - 3.000

• UNIDAD SUPERFICIAL  
(ALUVIALES GRUESOS SECOS)

300 - 100

• UNIDAD SUPERFICIAL  
(ALUVIALES SATURADOS, PREDOMINANTEMENTE GRAVAS)

100 - 60

• UNIDAD SUPERFICIAL  
(ALUVIALES SATURADOS, PREDOMINANTEMENTE ARENAS)

50 - 15

• UNIDAD CONDUCTIVA  
(DEPOSITOS LACUSTRES LIMOSOS)

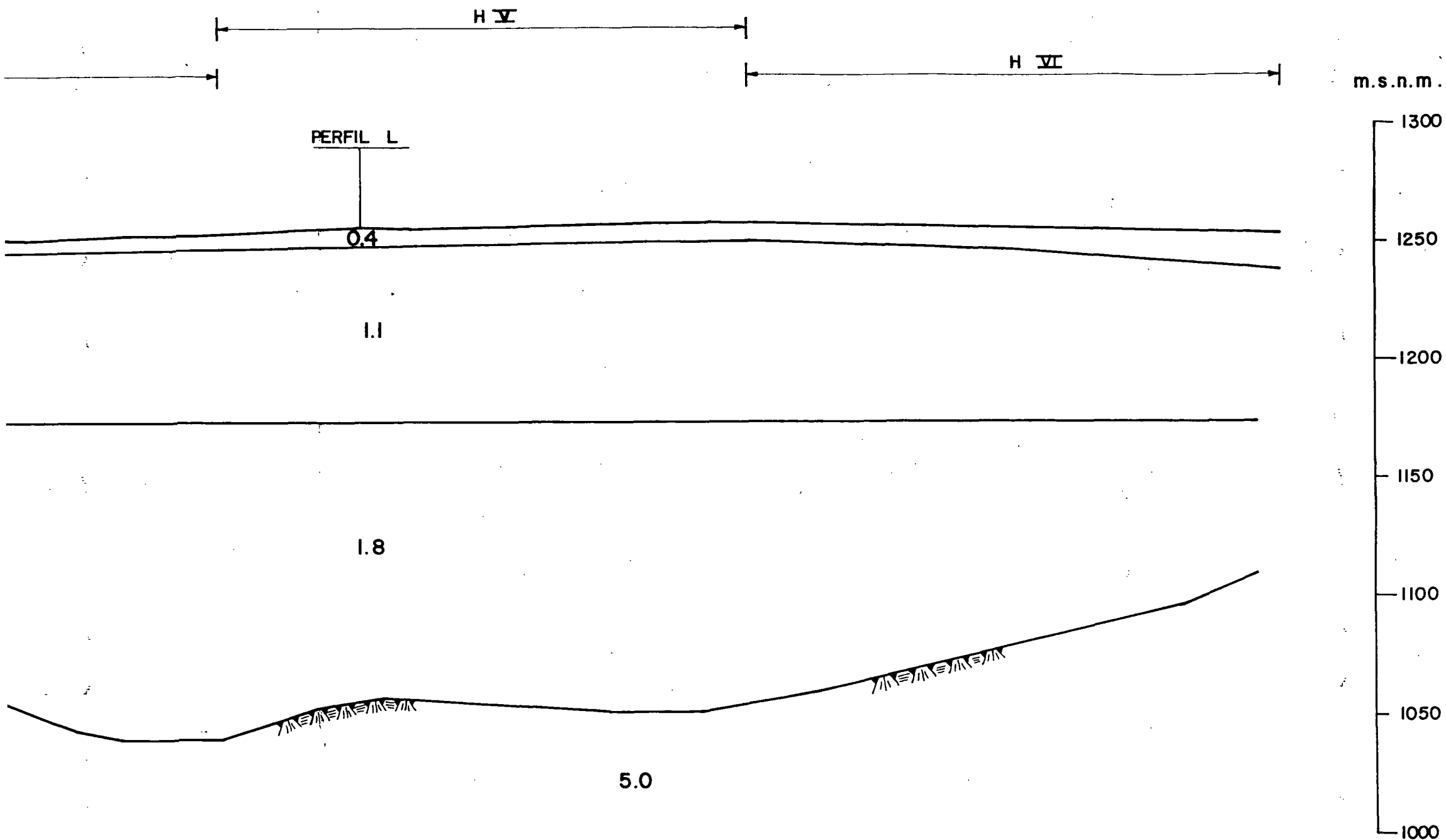
80 - 160


• UNIDAD SEMI-RESISTIVA  
(MATERIALES CAOTICOS DE AVALANCHA DE ESCOMBROS)

500 - ∞

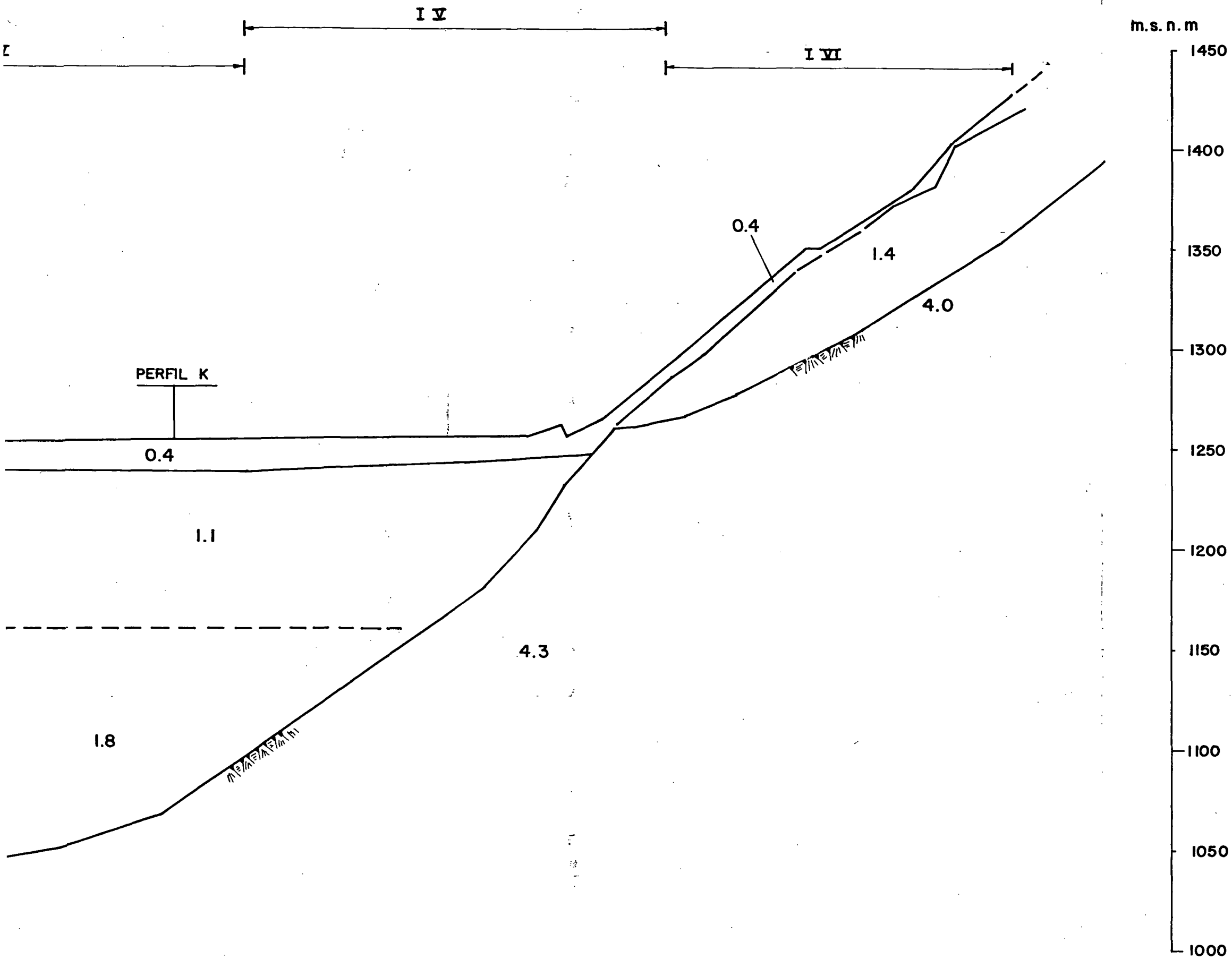
• SUBSTRATO RESISTIVO  
(INCLUYE PARTE DE LA UNIDAD SUPRAYACENTE Y LA FORMACION MISAHUALLI)


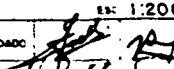
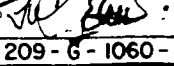




ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO			
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES			
 <b>INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION</b> QUITO - ECUADOR			
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A" GEOFISICA SECTOR PRESA MALO (MI) PERFIL SISMOESTRATIGRAFICO "H"			
HOJA DE		Escala: 1:2000	
DISEÑADO	B. P.	RECOMENDADO	<i>[Signature]</i>
DIBUJADO	R. A. A.	APROBADO	<i>[Signature]</i>
REVISADO	SC	FECHA	DIC./86
REV N°	FECHA	NATURALEZA DE LA REVISION	POR VERIF APROB.
1	FEB/87	REVISION GENERAL	B.P. GU
0209 - G - 1059 - 1			





ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO									
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES									
 <b>INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION</b> QUITO - ECUADOR									
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A" GEOFISICA SECTOR PRESA MALO (MI) PERFIL SISMOESTRATIGRAFICO "I"									
HOJA DE 1 DE 1									
DISEÑADO	B. P.	RECOMENDADO							
DIBUJADO	D.A.B.	APROBADO							
REVISADO	W	FECHA	DIC./86	REF	0209-6-1060-1				
REV N°	FECHA	NATURALEZA DE LA REVISION	POR	VERIF.	APROB.	FECHA			
1	FEB/87	REVISION GENERAL	SEP	W					



m. s. n. m.

1400

1350

1300

1250

1200

1150

1100

1050

1000

0+00

PERFIL I

J I

J II

PERFIL H

4.0

0.4

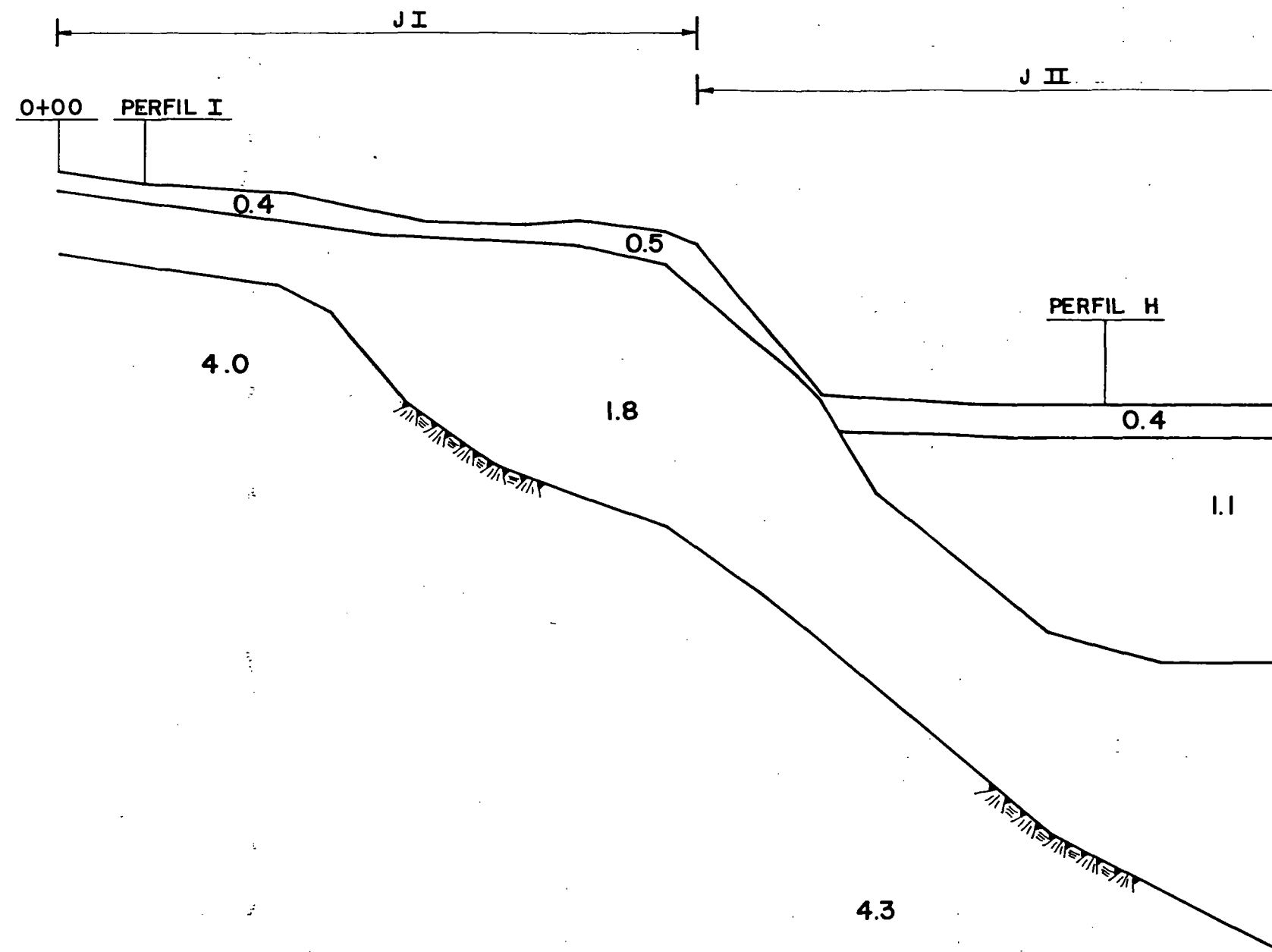
1.8

0.5

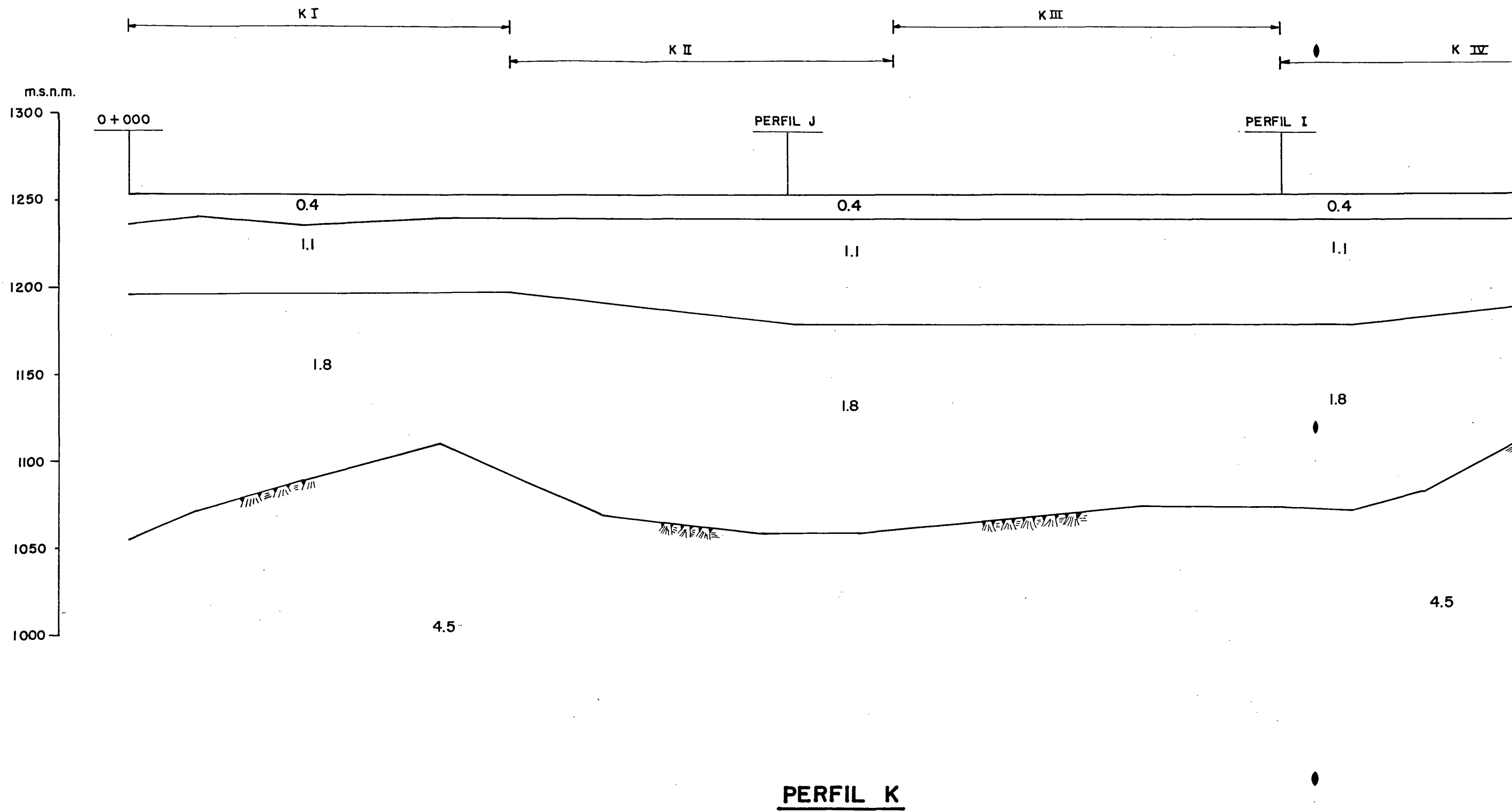
0.4

1.1

4.3

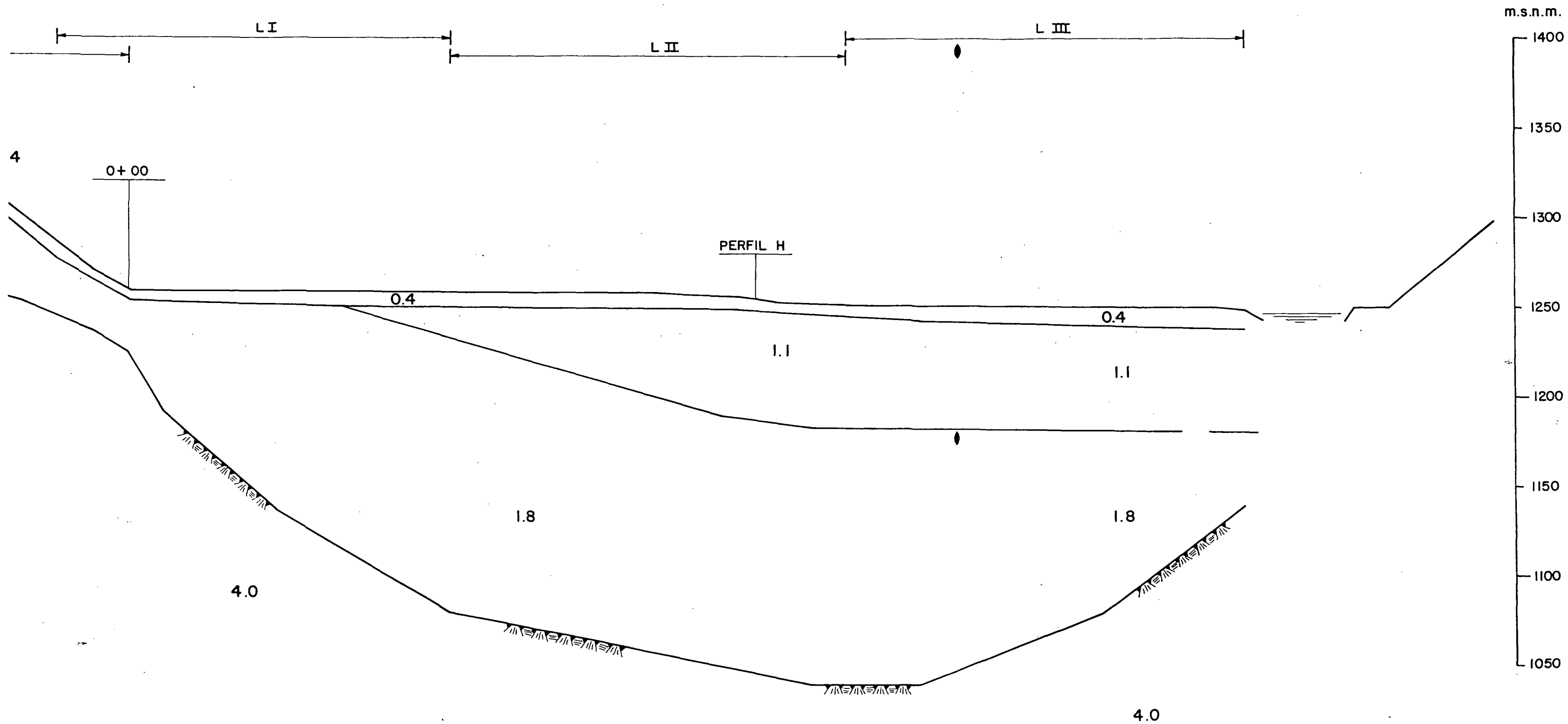






I	FEB/87	REVISION GENERAL
REV. N°	FECHA	NATURALEZA DE



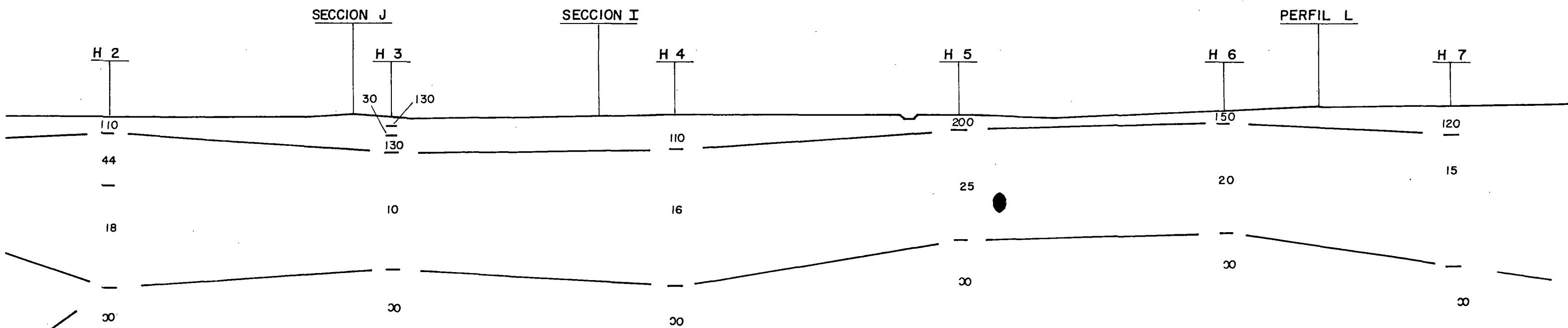


**PERFIL L**

ELECTROCONSULT - TRACTIONEL - RODIO	
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES	
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION	
QUITO - ECUADOR	
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR	
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"	
GEOFISICA	
SECTOR PRESA MALO (M I)	
PERFIL SISMOESTRATIGRAFICO "L"	
Escala: 1:2000	
ELABORADO	B. P. [Signature]
DISEÑADO	R. A. A. [Signature]
REVISADO	[Signature]
APROBADO	[Signature]
DIA: 0209 - 6 - 1063	

NO.	FECHA	REVISION	REVISOR	VERIFICADOR	APROBADO
1	FEB/87	REVISION GENERAL	[Signature]	[Signature]	[Signature]
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					





# **SECCION H**

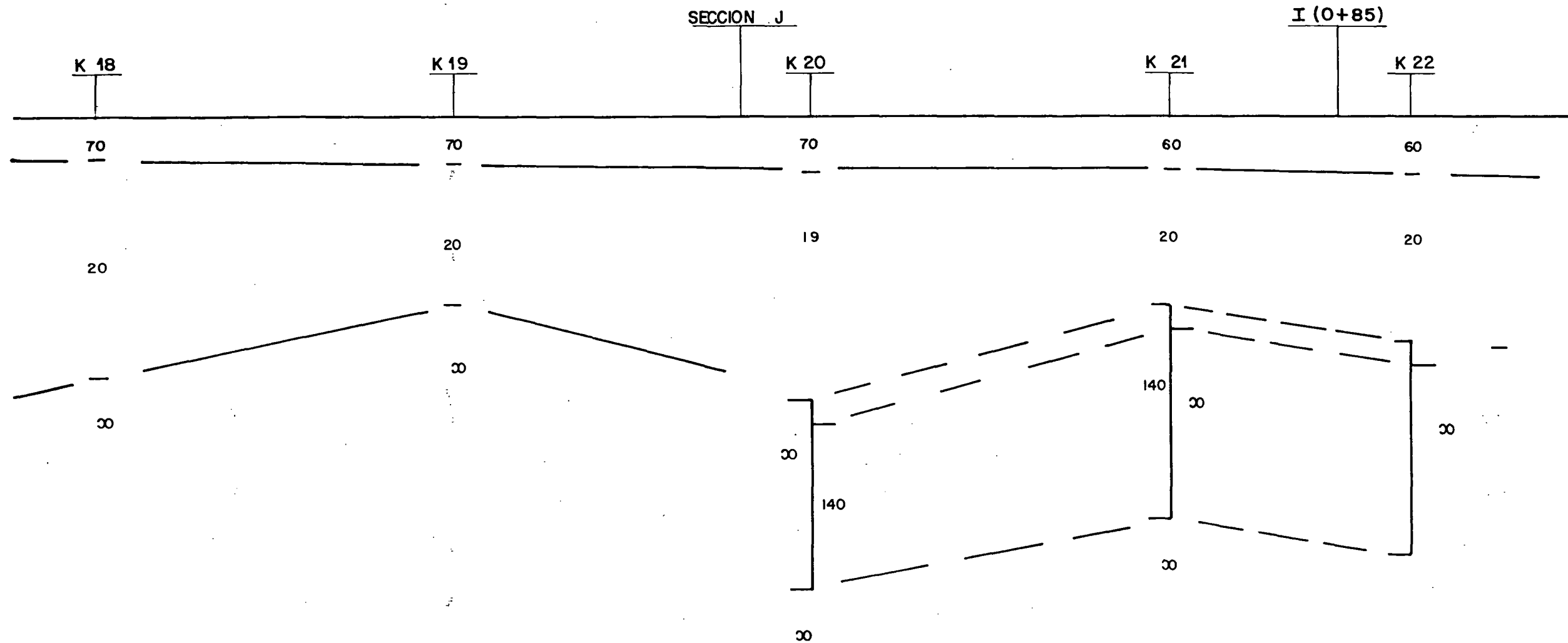
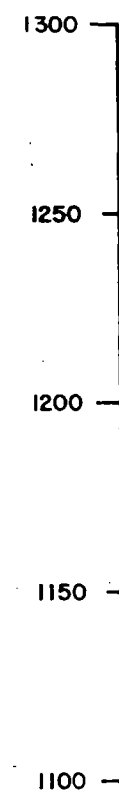
ELECTROCONSULT - TRACCIONEL - RODIO	
ASTEC - INELIN - INGECONSULT - CAMINOS Y CANALES	
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION	
QUITO - ECUADOR	
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR	
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"	
GEOFISICA	
SECTOR PRESA MALO (M1)	
SECCION ELECTROESTRATIGRAFICA "H"	
Escala: 1:2000	
REVISADO	B.P.
COMPROBADO	R.A.A.
REVISADO	W.
FECHA	DIC/86
REVISION GENERAL	PCR
NATURALEZA DE LA REVISION	VERIF.
APROB.	APROB.
0209-G-1071-1	



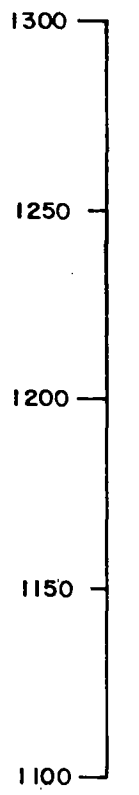




m.s.n.m.



m.s.n.m.



SECCION K 1



m.s.n.m.

1300  
1250  
1200  
1150  
1100

(0+440)

SECCION H

H 4

110

16

30

RIO COCA

(0+00)

K 22

60

20

30

SECCION K

K 16

40

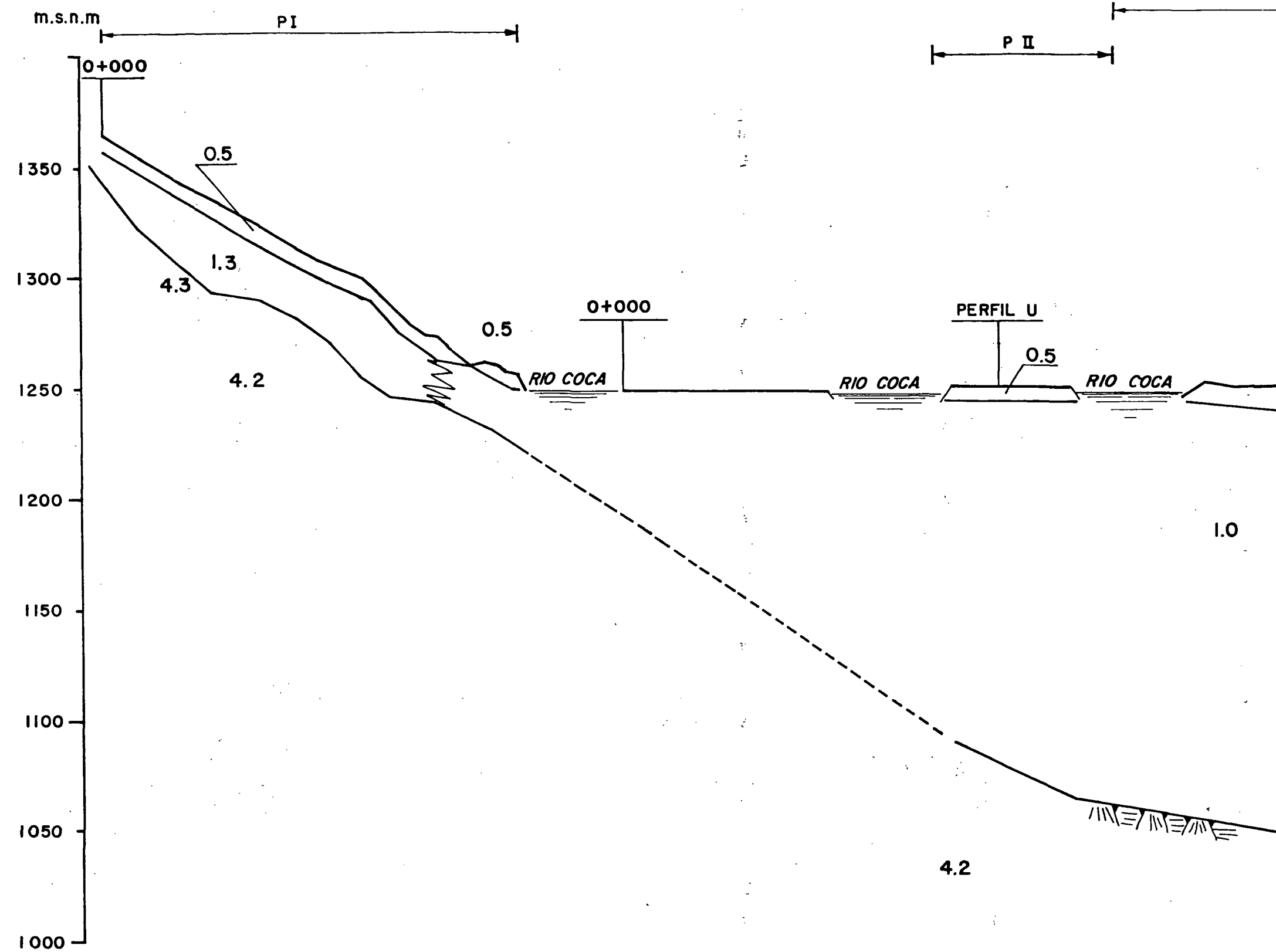
90

22

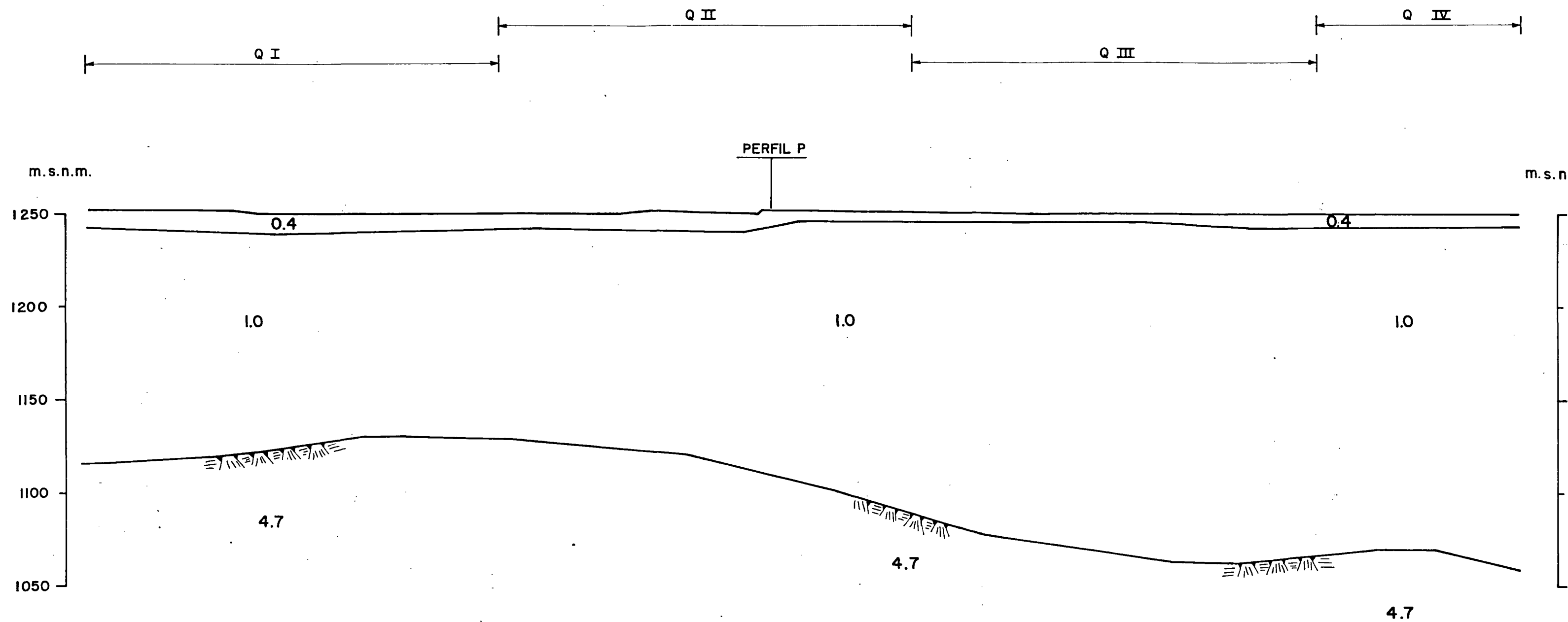
30

SECCION I



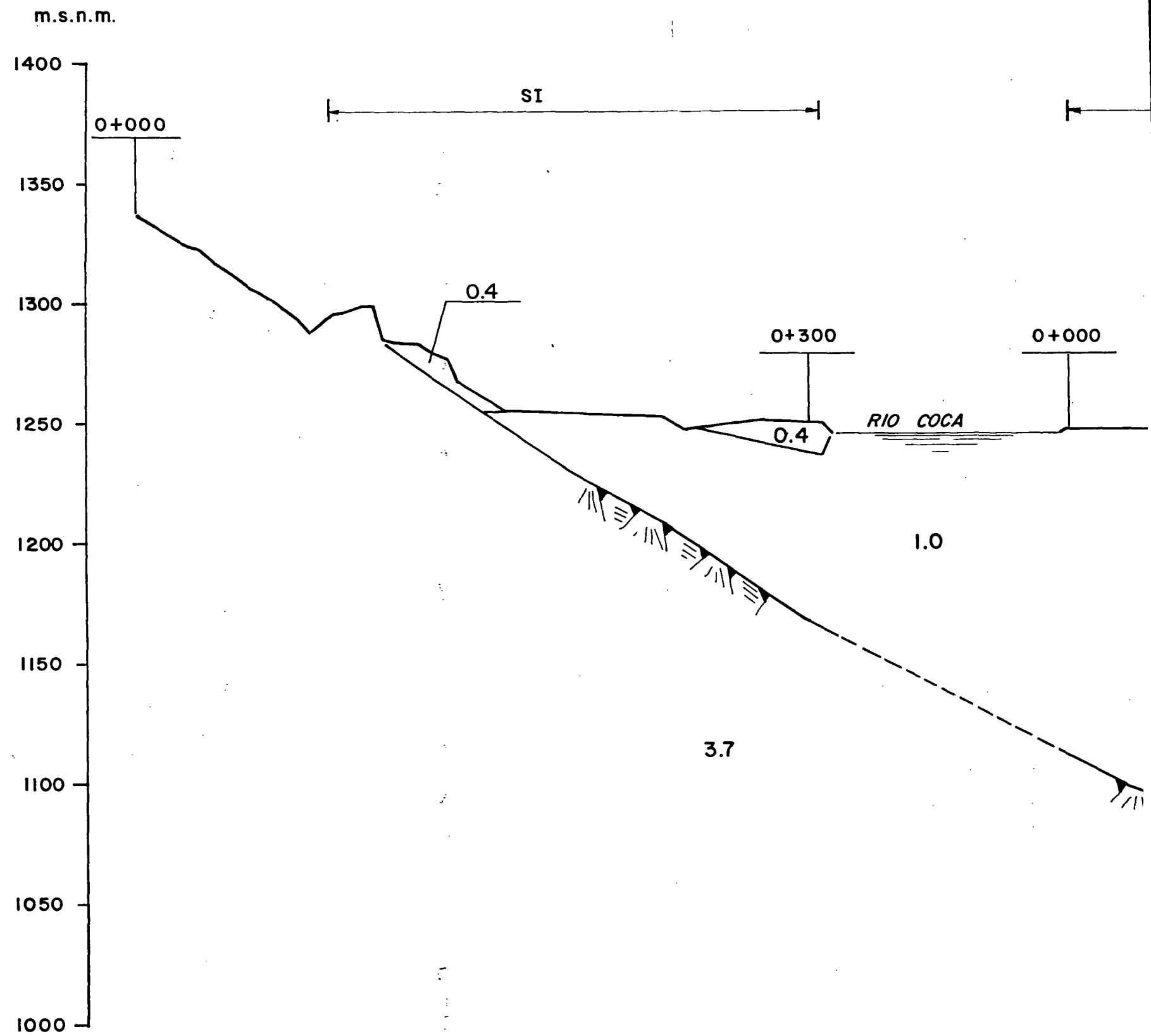




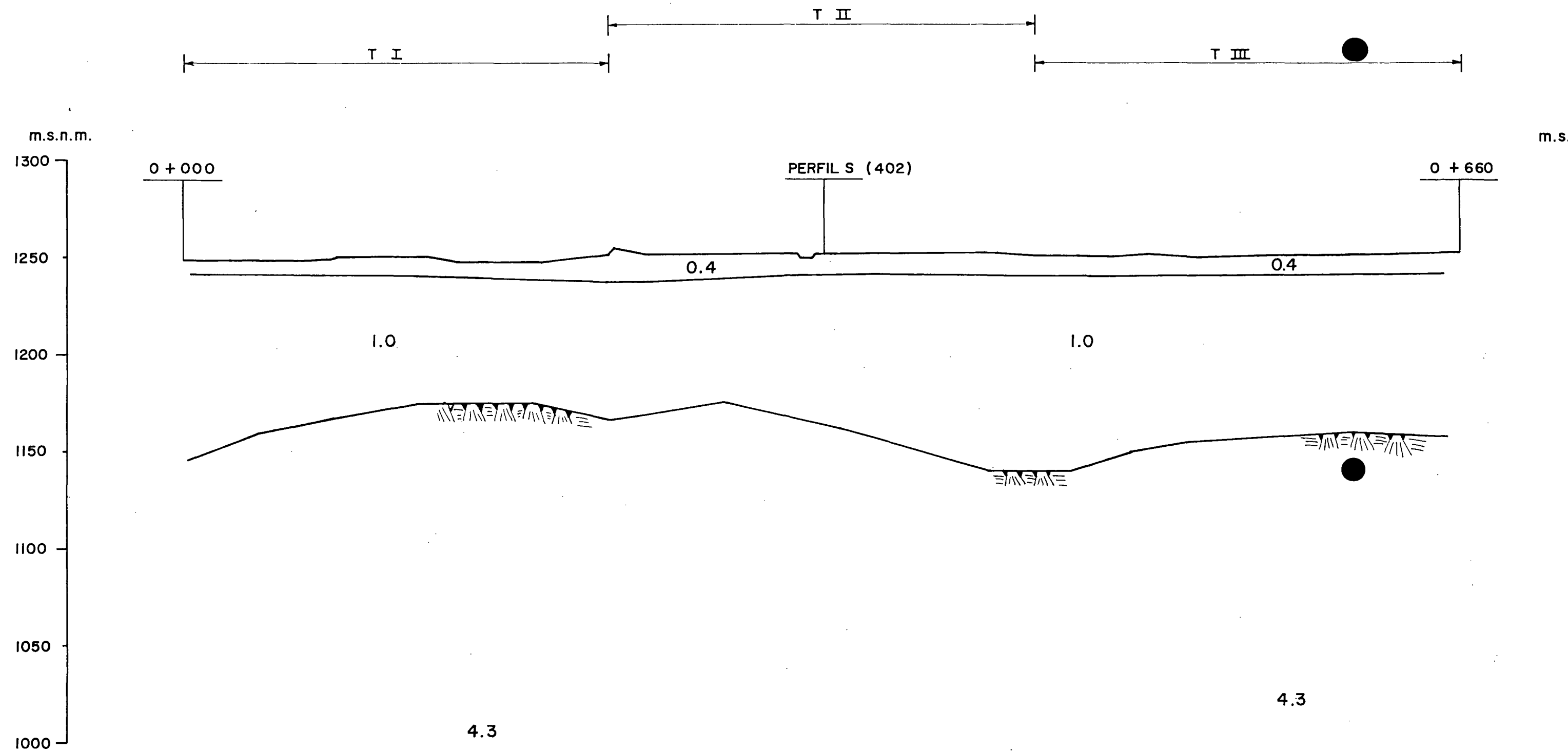


1	FEB/87	REVISION GENERAL
REV N°	FECHA	NATURALEZA DE





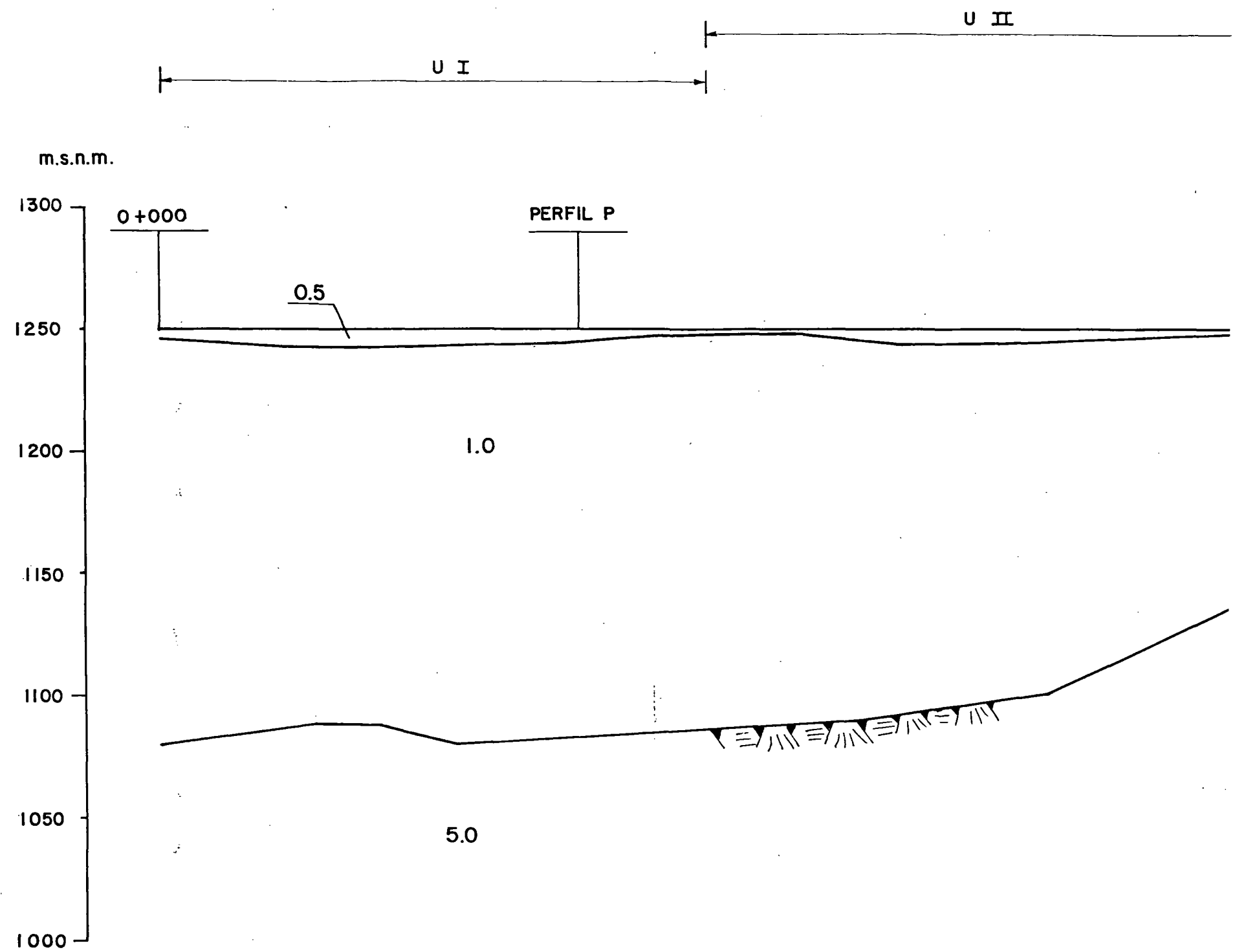




**PERFIL T**

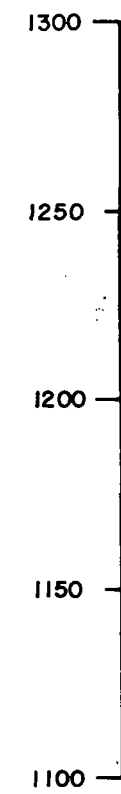
1	FEB/87	REVISION GENI
REV. N°	FECHA	NATURALEZA







m.s.n.m.



Q (0+00)

Q 8

SECCION P

PQ 9

Q 10

120

400

400

40

44

40

120

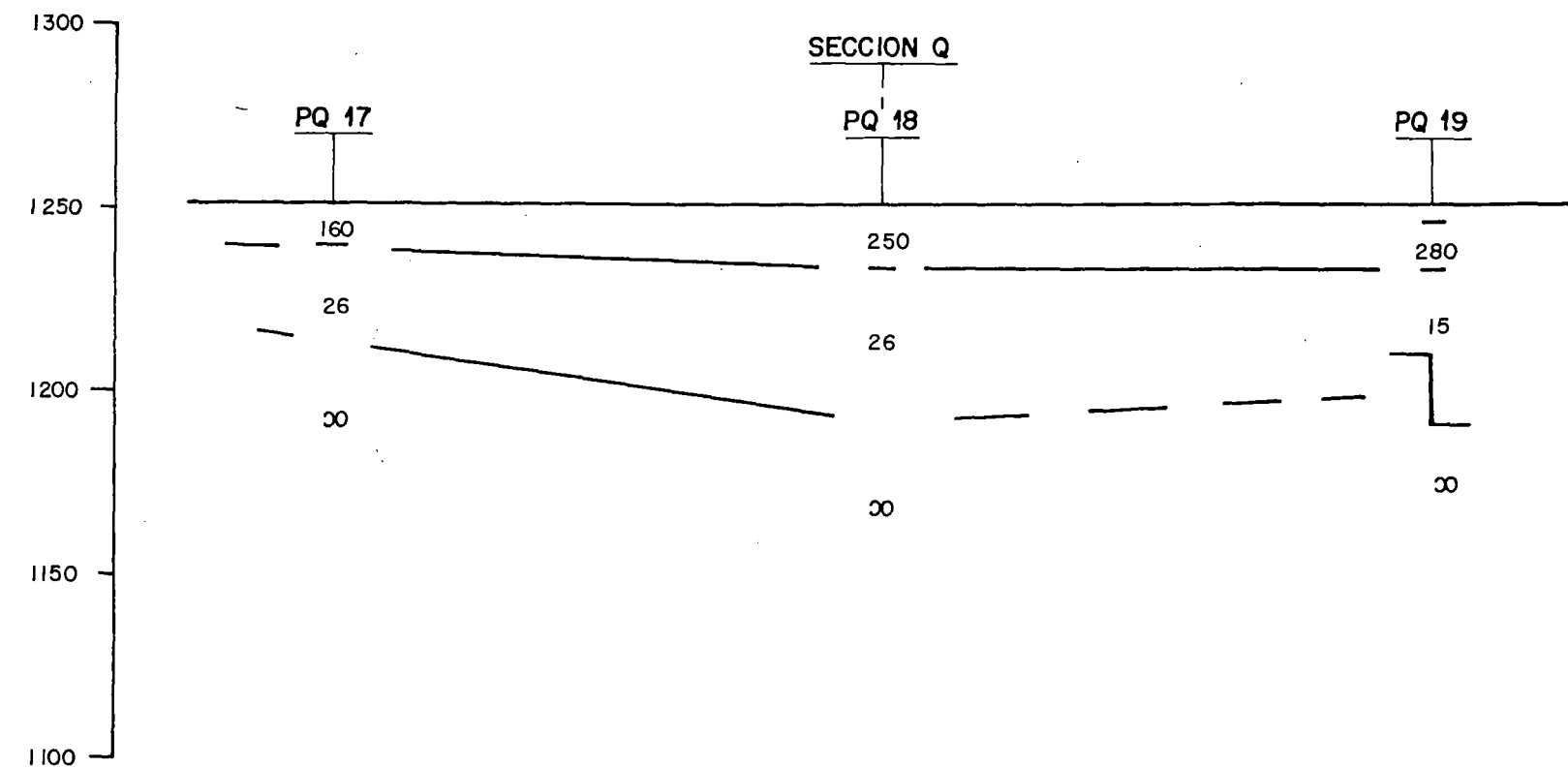
30

30

30

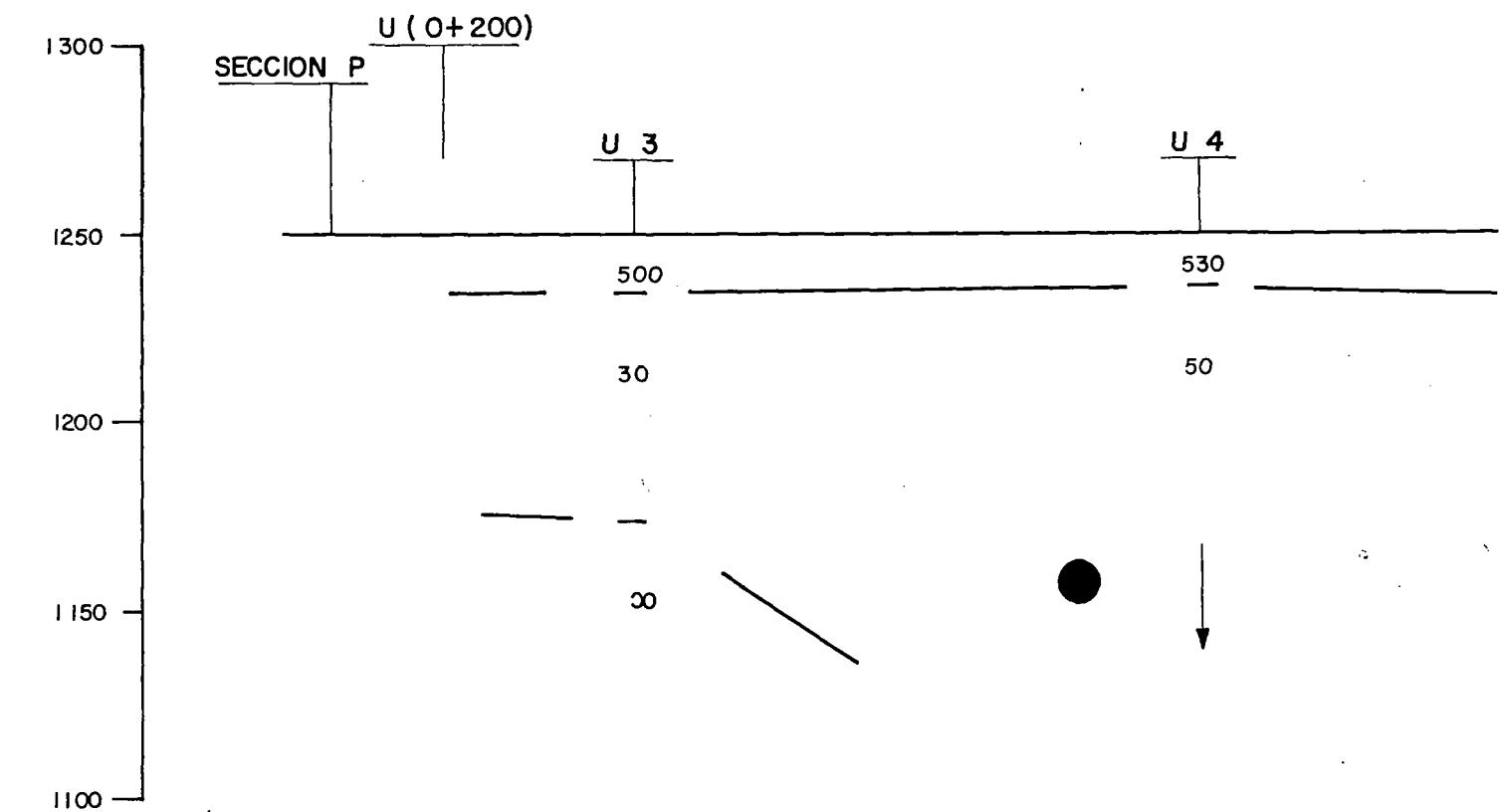


m.s.n.m.



SECCION PQ

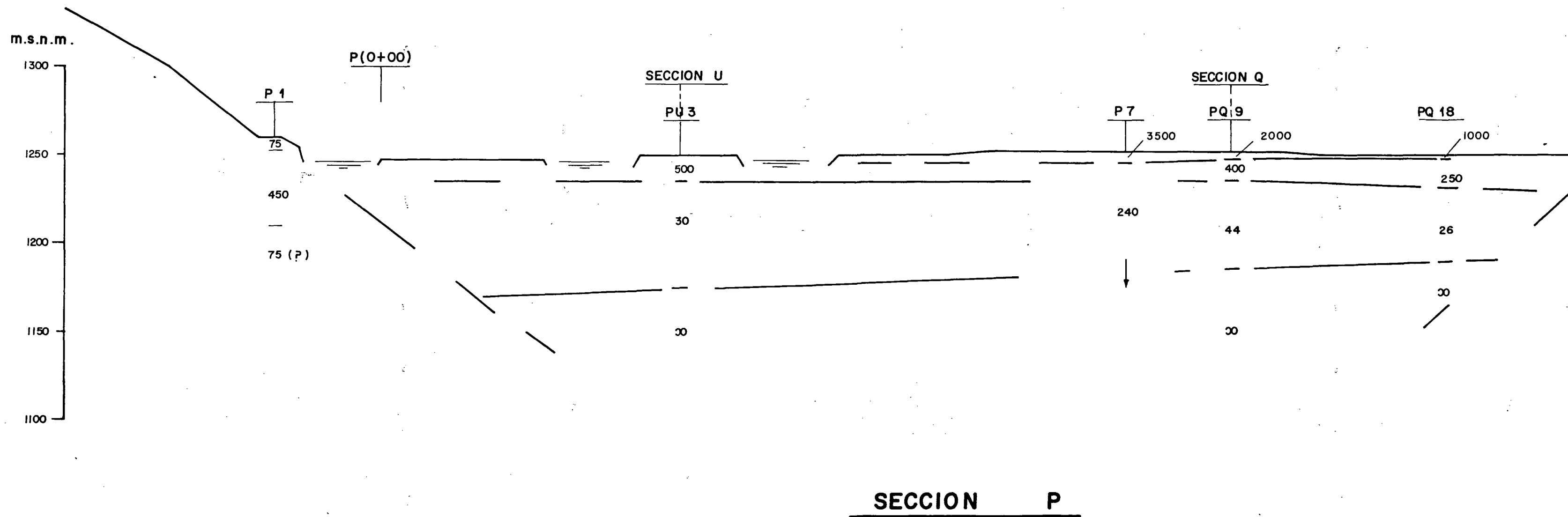
m.s.n.m.



SECCION U

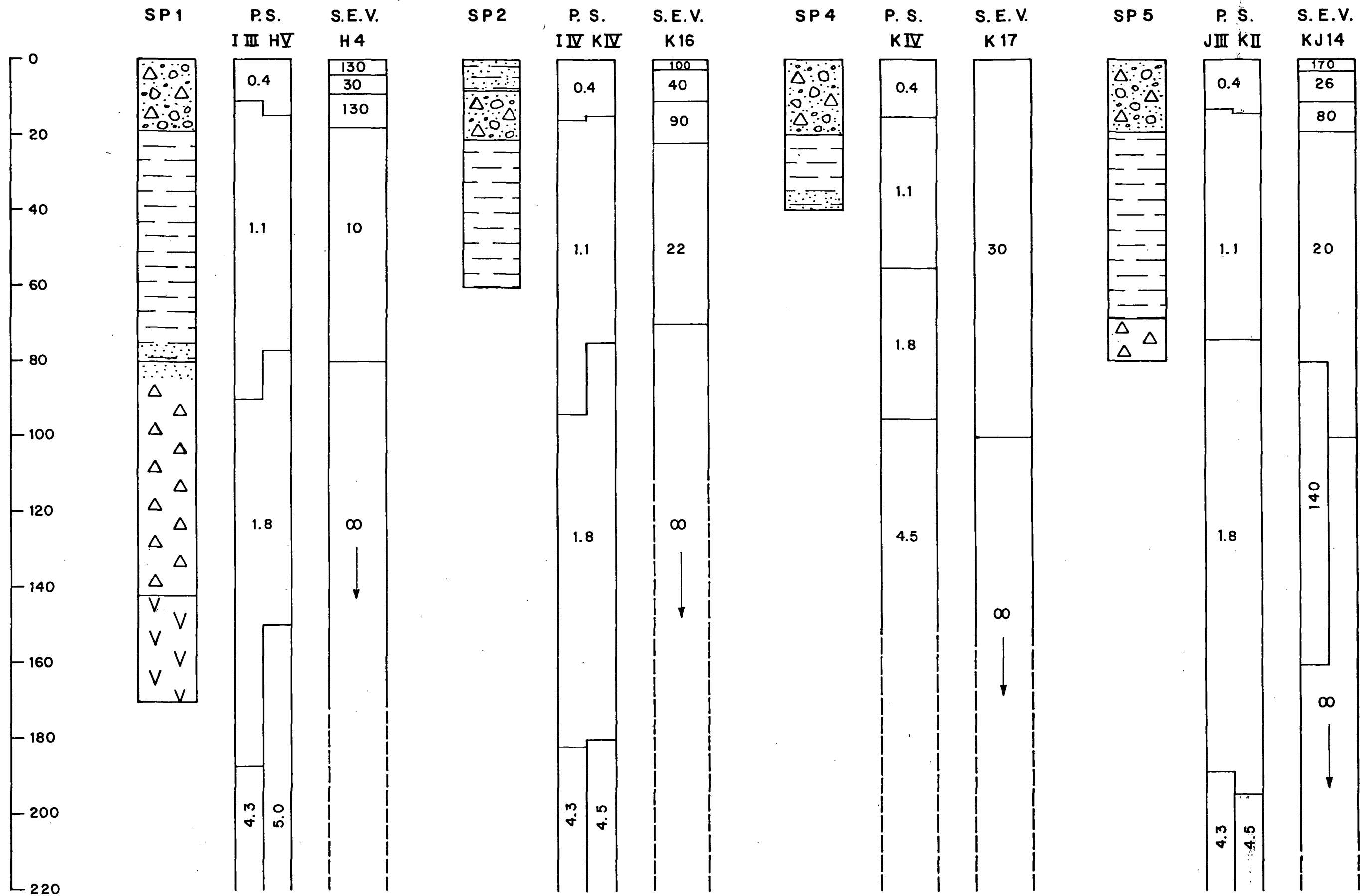
1	FEB/87	REVISION
REV. N°	FECHA	NATURALEZ







# S I T I O M A L O M 1



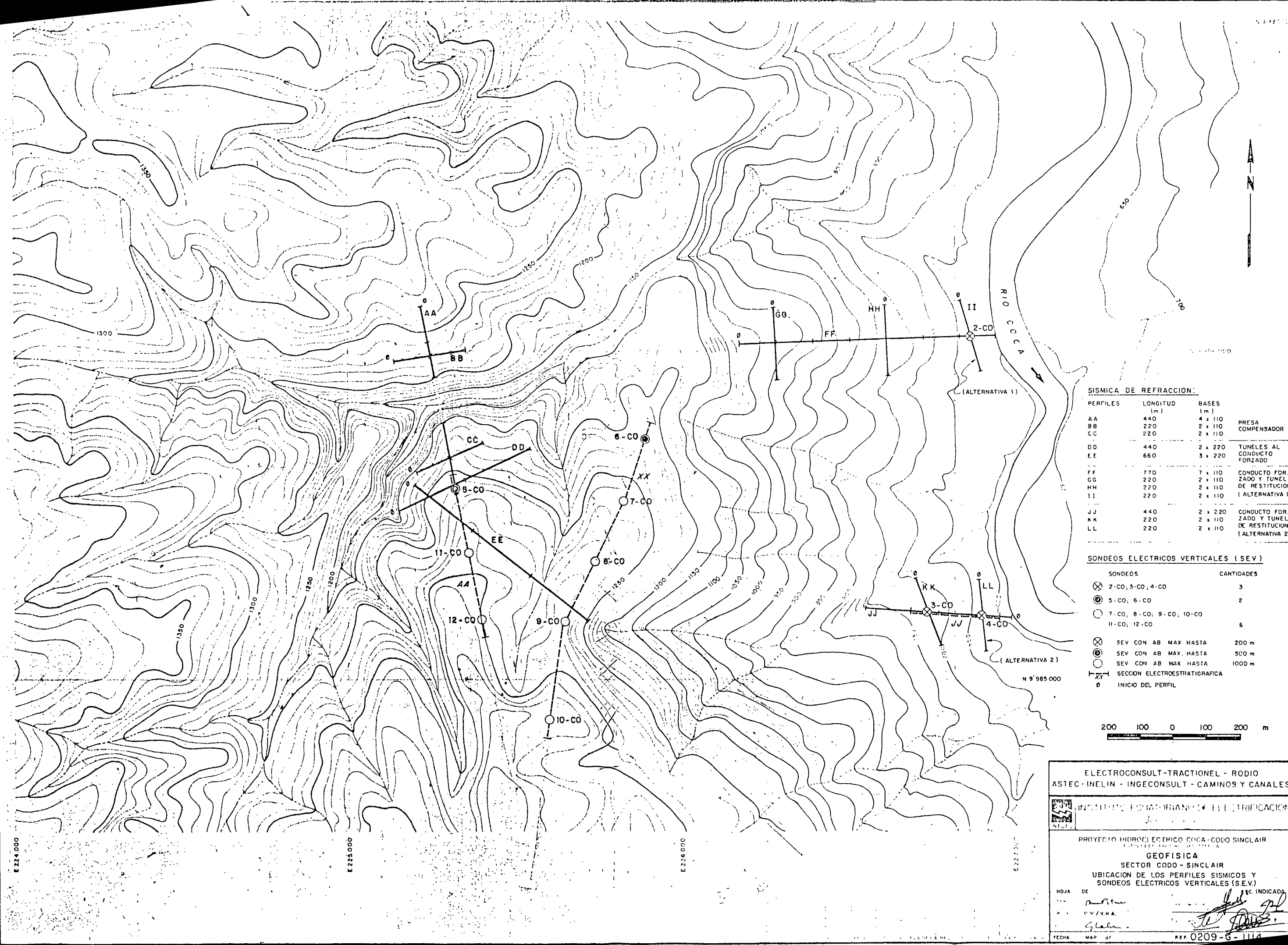










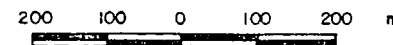


**SISMICA DE REFRACCION:**

PERFILES	LONGITUD (m)	BASES (m)	
AA	440	4 x 110	PRESA COMPENSADOR
BB	220	2 x 110	
CC	220	2 x 110	
DD	440	2 x 220	TUNELES AL CONDUCTO FORZADO
EE	660	3 x 220	
FF	770	7 x 110	
GG	220	2 x 110	CONDUCTO FORZADO Y TUNEL DE RESTITUCION (ALTERNATIVA 1)
HH	220	2 x 110	
II	220	2 x 110	
JJ	440	2 x 220	CONDUCTO FORZADO Y TUNEL DE RESTITUCION (ALTERNATIVA 2)
KK	220	2 x 110	
LL	220	2 x 110	

**SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES (SEV)**

SONDEOS	CANTIDADES
⊗ 2-CO; 3-CO; 4-CO	3
⊙ 5-CO; 6-CO	2
○ 7-CO; 8-CO; 9-CO; 10-CO	6
○ 11-CO; 12-CO	
⊗ SEV CON AB MAX HASTA 200 m	200 m
⊙ SEV CON AB MAX HASTA 500 m	500 m
○ SEV CON AB MAX HASTA 1000 m	1000 m
XX SECCION ELECTROSTRATIGRAFICA	
0 INICIO DEL PERFIL	



ELECTROCONSULT-TRACTIONEL - RODIO  
ASTEC-INELIN - INGECONSULT - CAMINOS Y CANALES

INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION

PROYECTO HIDROELECTRICO COGA-CODO SINCLAIR

GEOFISICA

SECTOR CODO - SINCLAIR

UBICACION DE LOS PERFILES SISMICOS Y SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES (S.E.V.)

HOJA DE: *[Signature]* INDICADA: *[Signature]*  
E.V.V.A.  
FECHA: *[Signature]*  
MAP: 01 REF: 0209-G-1114



# SECTOR CODO SINCLAIR

## PERFILES SISMOESTRATIGRAFICOS

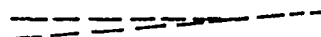
### LEYENDA



SUBSTRATO ROCOSO



HORIZONTE SISMICO



HORIZONTE SISMICO ASUMIDO



VARIACION BRUSCA DE VELOCIDAD

0.4 - 4.2

VELOCIDADES SISMICAS ( Km / seg )

0.4 - 0.6

- TERRENOS AIREADOS  
(SUELO RESIDUAL)

0.9 - 2.0

- UNIDAD INTERMEDIA

0.9 - 1.1

• SUB-UNIDAD DE VELOCIDAD SISMICA BAJA  
(DEPOSITOS COLUVIALES-ROCA FRACTURADA)

1.3 - 2.0

• SUB-UNIDAD DE VELOCIDAD SISMICA MEDIA  
(CAPAS DE ALTERACION DE LAS Fm NAPO, HOLLIN,  
Y MISAHUALLI-DEPOSITOS ALUVIALES)

2.2 - 4.2

- SUBSTRATO PROFUNDO

2.2 - 3.0

• SUBSTRATO DE VELOCIDAD SISMICA MEDIO-ALTA  
(Fm NAPO Y HOLLIN LIGERAMENTE ALTERADAS)

3.2 - 4.2

• SUBSTRATO DE VELOCIDAD SISMICA ALTA  
(ROCAS COMPACTAS DE LAS Fm NAPO, HOLLIN Y  
MISAHUALLI)



# SECTOR CODO SINCLAIR

## SECCIONES ELECTROESTRATIGRAFICAS

### LEYENDA



PERFIL TOPOGRAFICO



CORRELACION INTERPRETATIVA



CORRELACION INTERPRETATIVA APROXIMADA

Co-7



SONDEO ELECTRICO VERTICAL

10 - 10 000

VALORES DE RESISTIVIDAD (ohm x m)

∞

RESISTIVIDAD  $\geq 10.000$  ohm x m

100 - 400

- UNIDAD SUPERFICIAL CONDUCTIVA  
(SUELO RESIDUAL)

500 - 1000

- UNIDAD SUPERFICIAL RESISTIVA

• NIVELES ARENOSOS Y CALCAREOS DE LA Fm NAPO

1000 - 5000

• DEPOSITOS DE TALUD DE GRANULOMETRIA GRUESA

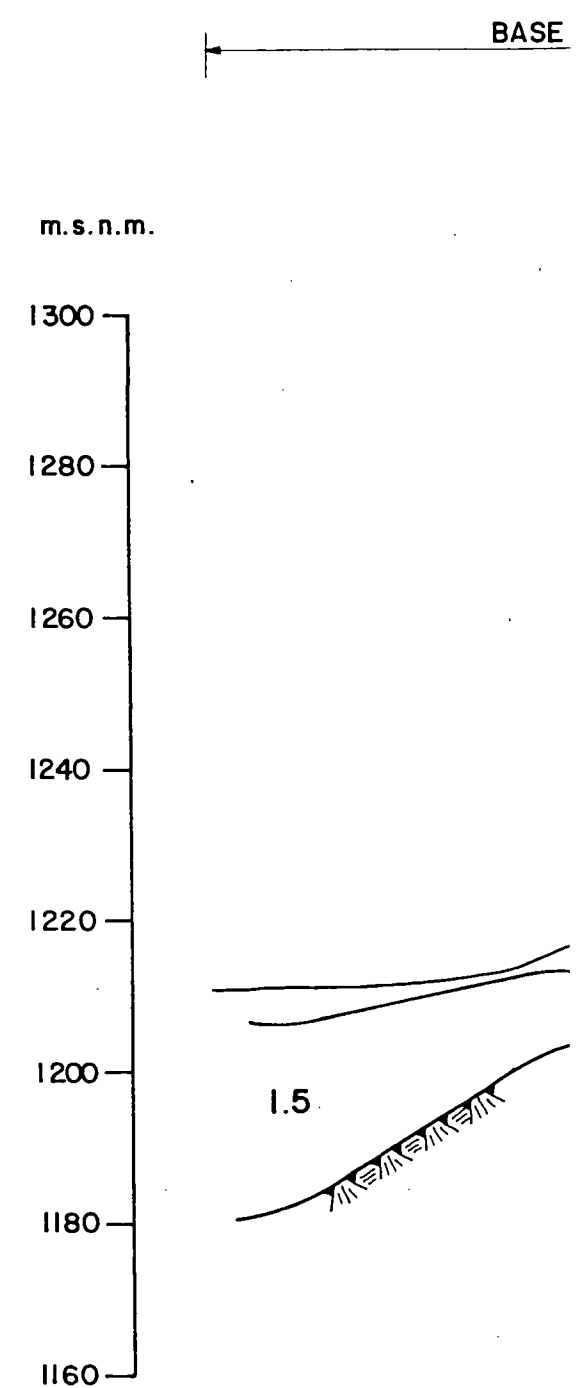
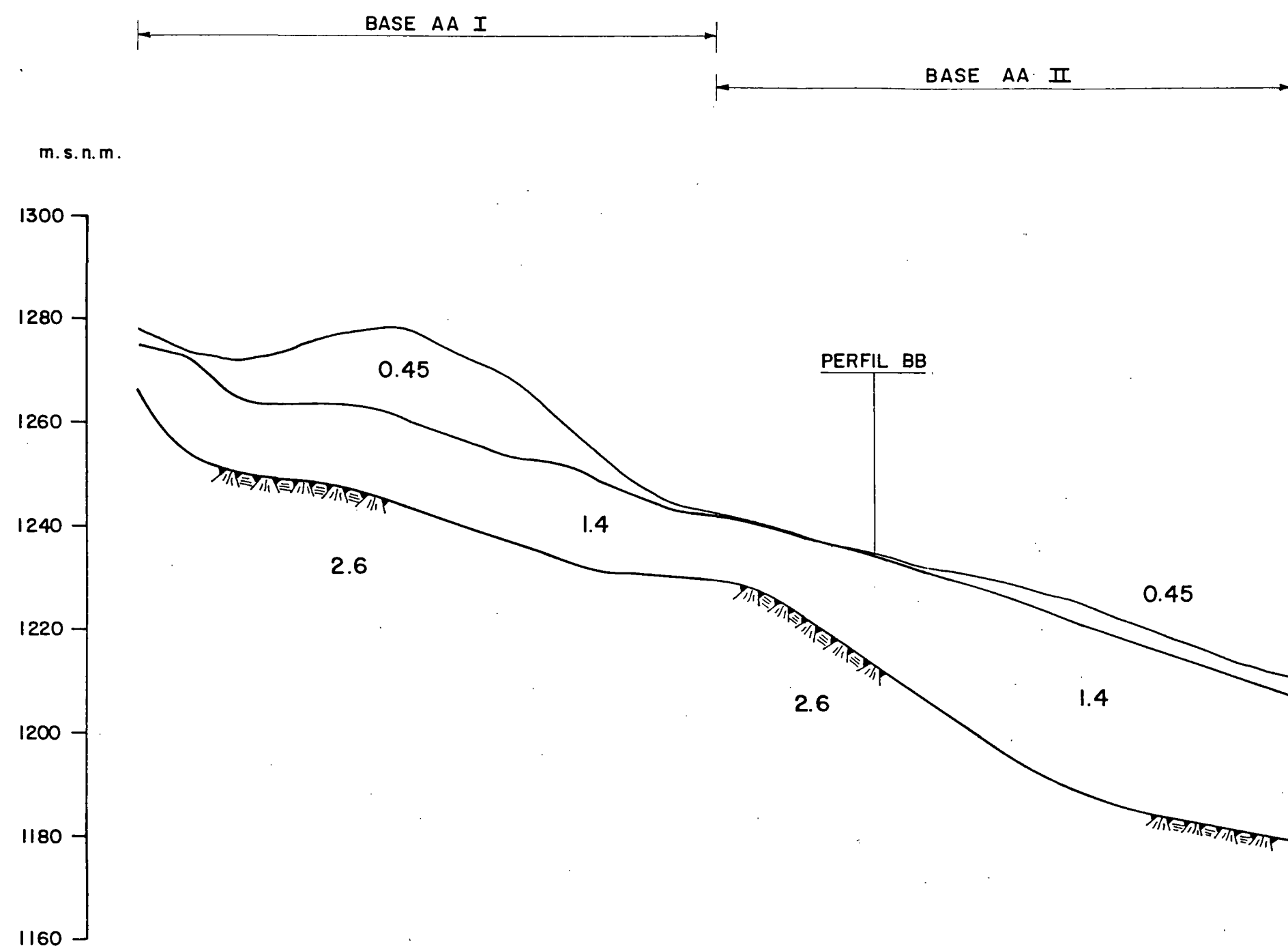
90 - 200

- UNIDAD CONDUCTIVA INTERMEDIA  
(ARCILLAS Y LUTITAS DE LA Fm NAPO  
DEPOSITOS COLUVIALES)

∞

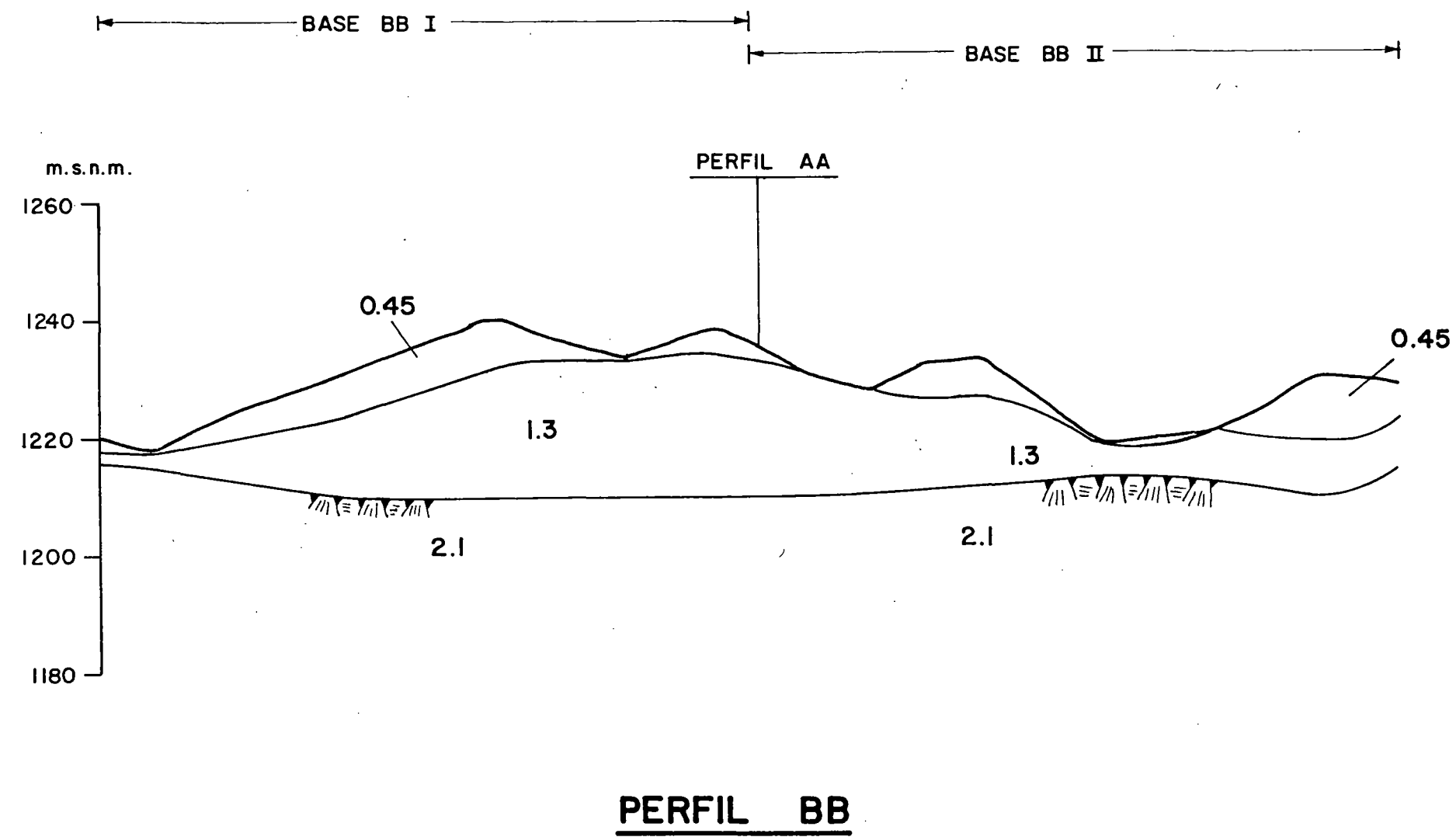
- SUBSTRATO RESISTIVO  
(Fm HOLLIN Y MISAHUALLI)



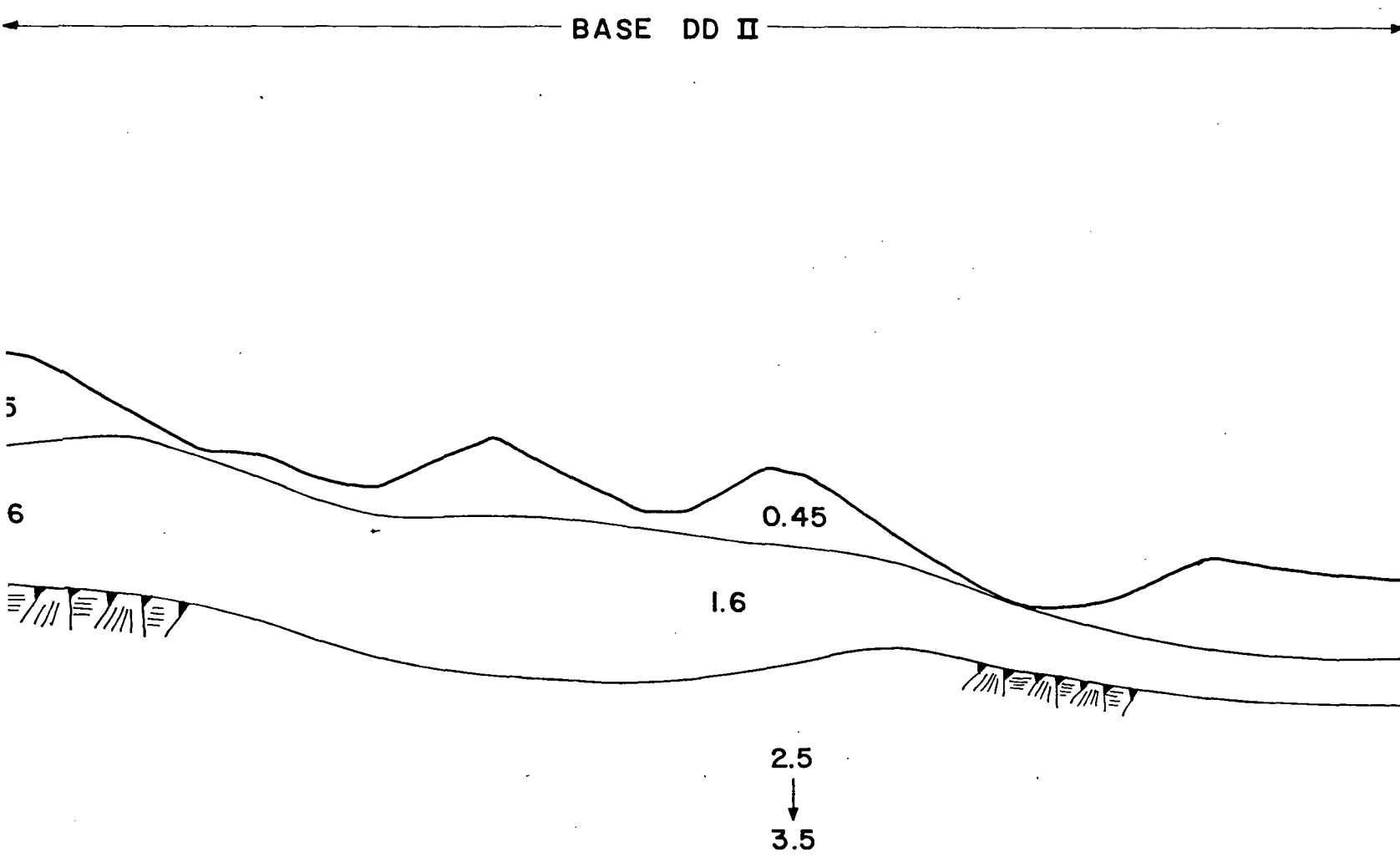


**PERFIL AA**










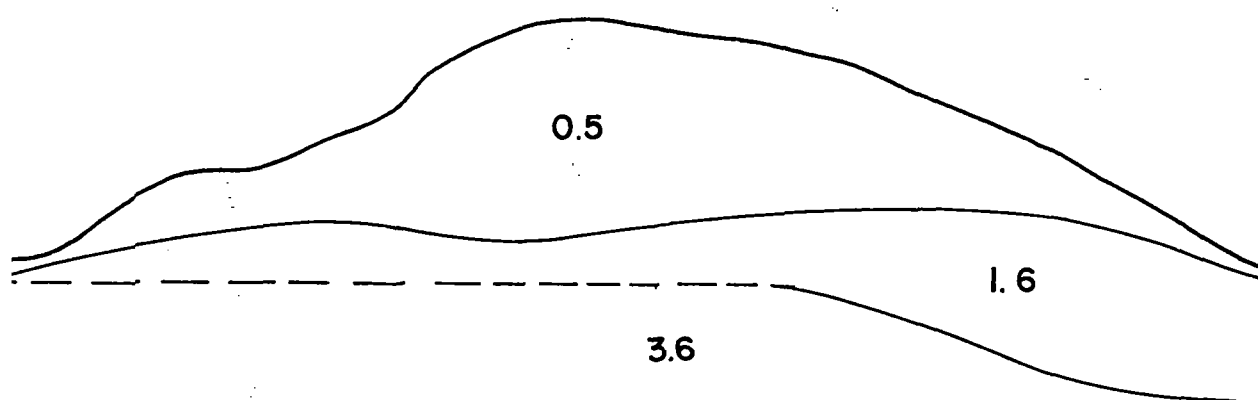
D


REV N°	FECHA	NATURALEZA DE LA REVISION	POH	VERIF	APROB

ELECTROCONSULT - TRACTIONEL - RODIO	
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES	
	INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION QUITO - ECUADOR
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A" GEOFISICA SECTOR CODO SINCLAIR PERFIL SISMOESTRATIGRAFICO "DD"	
INGENIERO B. P. D. A. G. MAR. / 87	11000 0209-G-1125



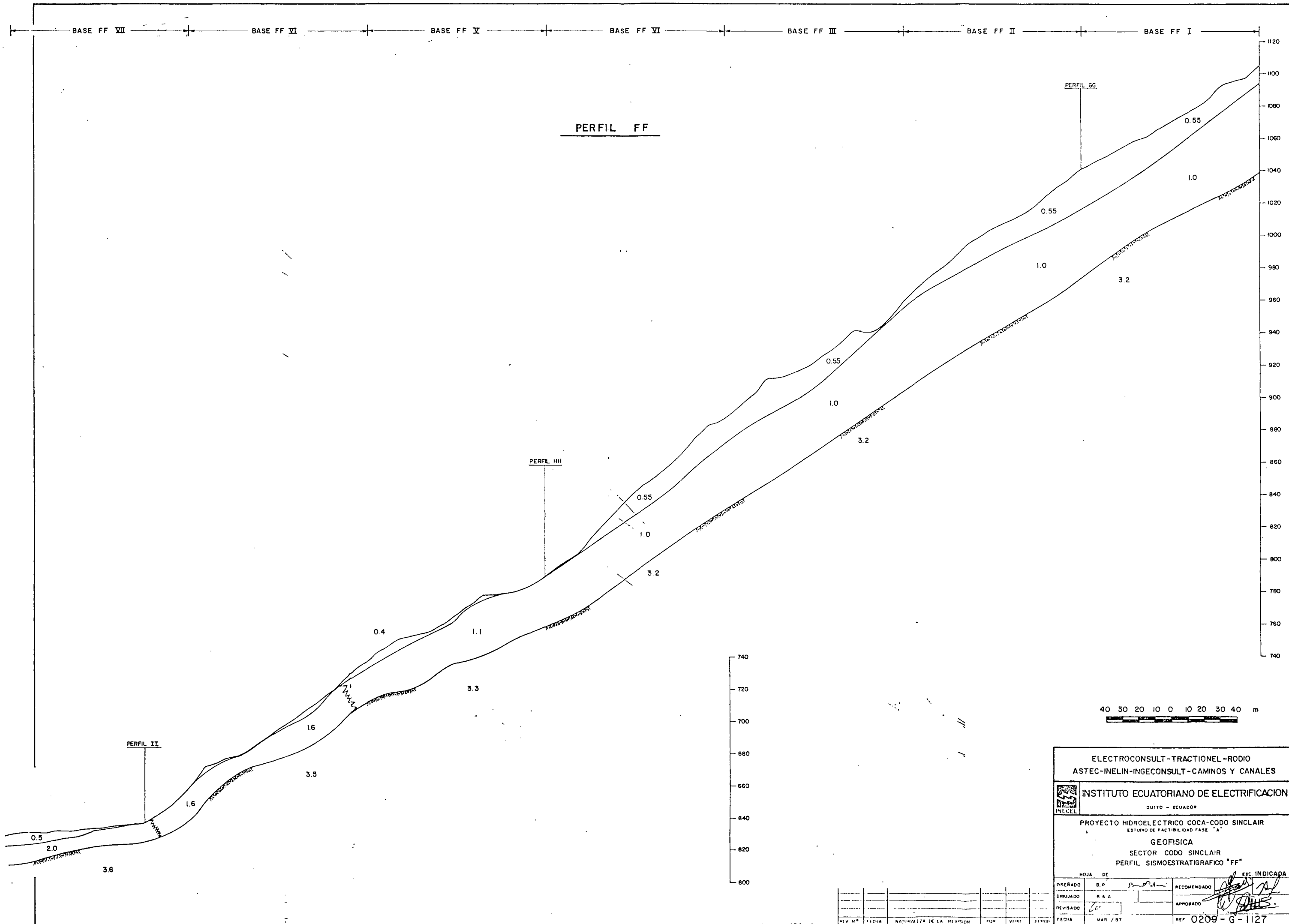
BASE EE III



ELECTROCONSULT-TRACTIONEL- RODIO			
ASTEC-INELIN- INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES			
 INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION QUITO - ECUADOR			
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A" GEOFISICA SECTOR CODO SINCLAIR PERFIL SINSESTRATIGRAFICO "EE"			
HOJA	DE	ESC.	1:1000
DISEÑADO	B. P.	RECOMENDADO	<i>[Signature]</i>
REVISADO	B. B.	APROBADO	<i>[Signature]</i>
FECHA	MAR / 87	REV.	0209-G-1126

REV. N°	FECHA	NATURALEZA DE LA REVISION	POR.	VERIF.	APROB.





ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO			
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES			
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION			
QUITO - ECUADOR			
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR			
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"			
GEOFISICA			
SECTOR CODO SINCLAIR			
PERFIL SISMOESTRATIGRAFICO "FF"			
HOJA DE			
INSCRIBIDO	B.P.	RECOMENDADO	ESC. INDICADA
DIBUJADO	R.A.A.	APROBADO	
REVISADO			
FECHA	MAR / 87	REF	0209-6-1127

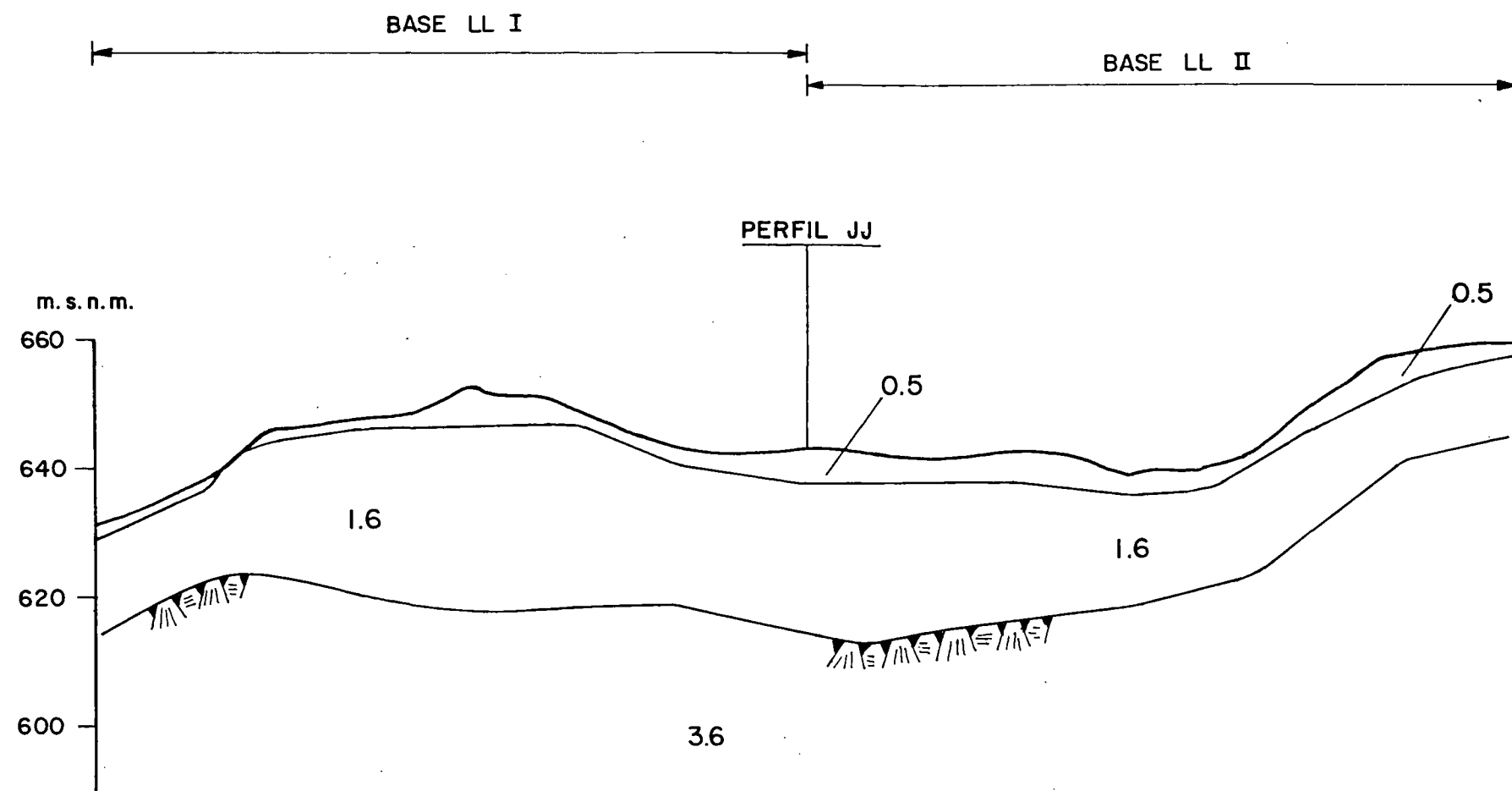










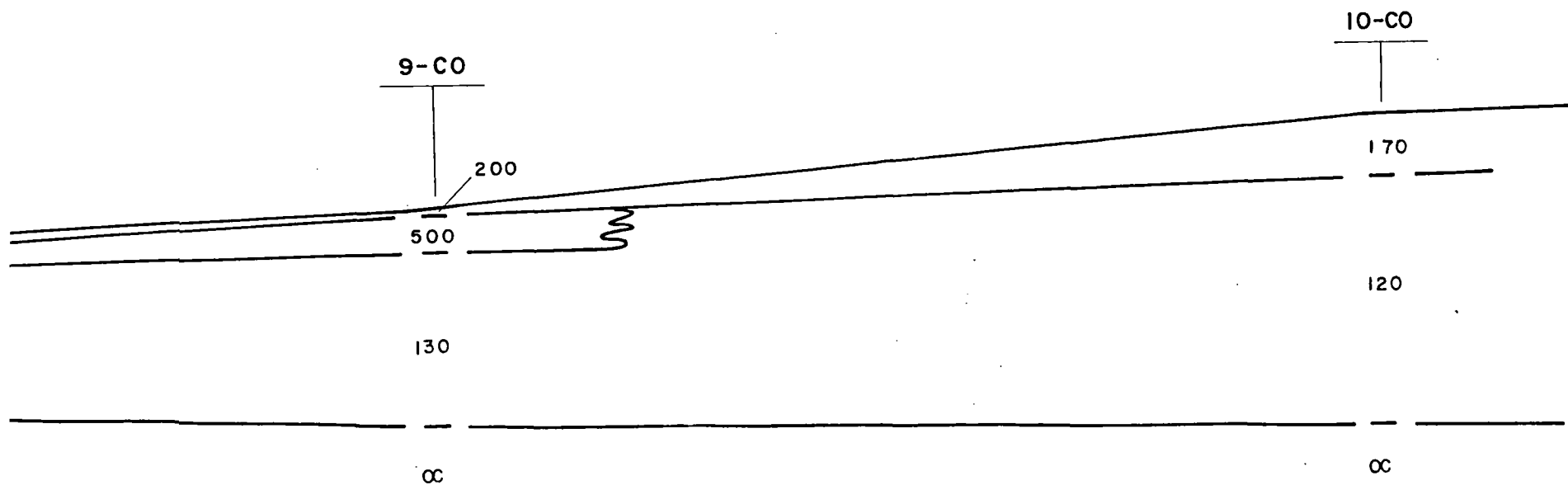


## PERFIL LL

ELECTROCONSULT - TRACCIONEL-RODIO	
ASTEC-INELIN - INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES	
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION	
QUITO - ECUADOR	
PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR	
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"	
GEOFISICA	
SECTOR CODO SINCLAIR	
PERFILES SISMOESTRATIGRAFICOS "KK-LL"	
B. P.	35
D. A. G.	SL
MAR./87	
0209-G-1130	

REV. N°	FECHA	NATURALEZA DE LA REVISION	POR	VERIF	APROB.





m.s.n.m.

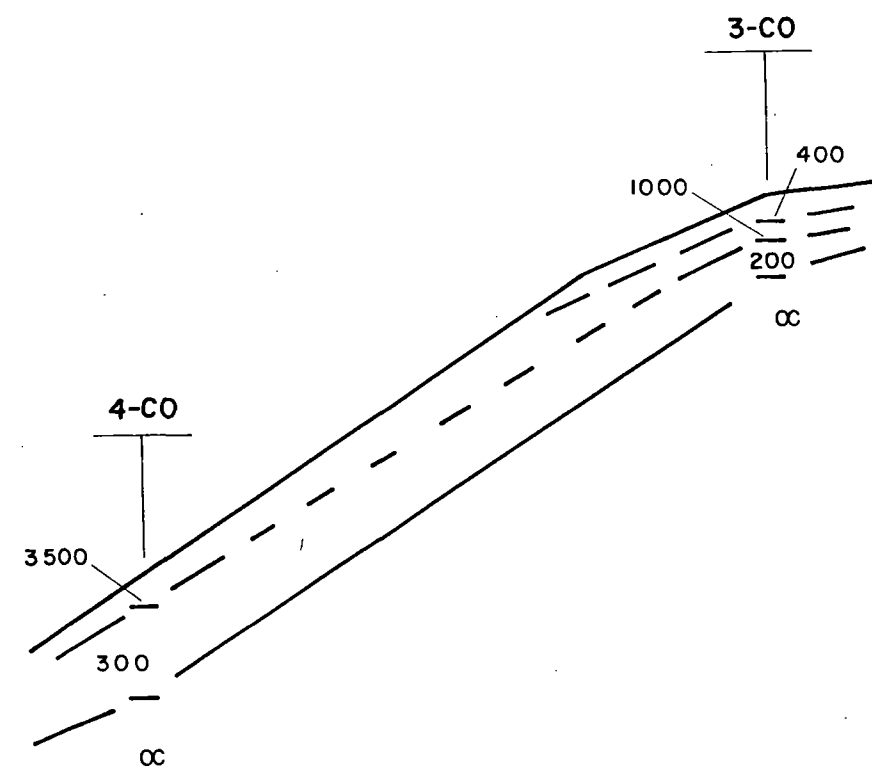
800

750

700

650

600



**SECCION JJ**

ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO  
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES

INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION  
QUITO - ECUADOR

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAR  
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"  
GEOFISICA

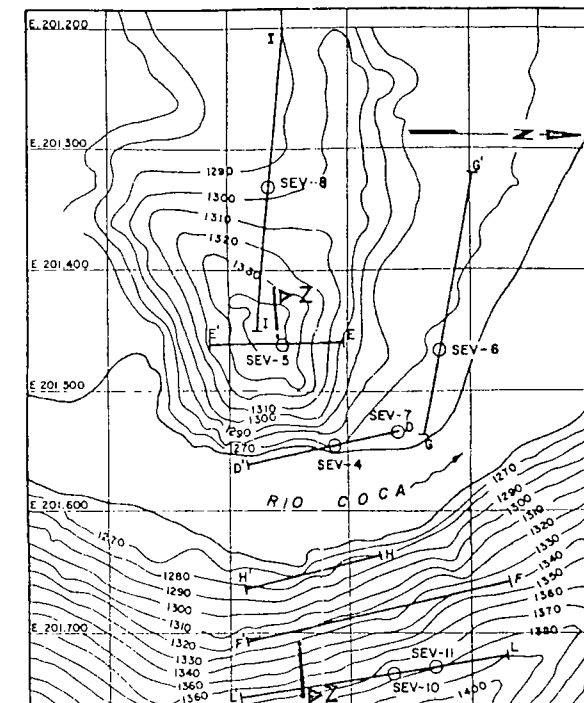
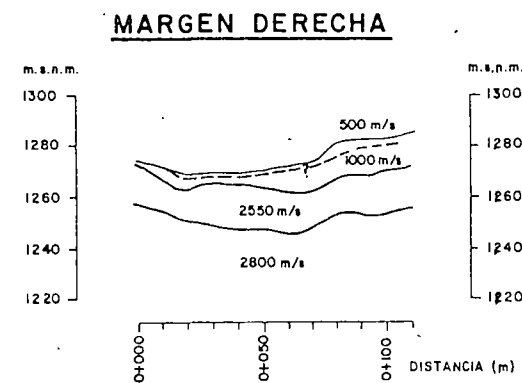
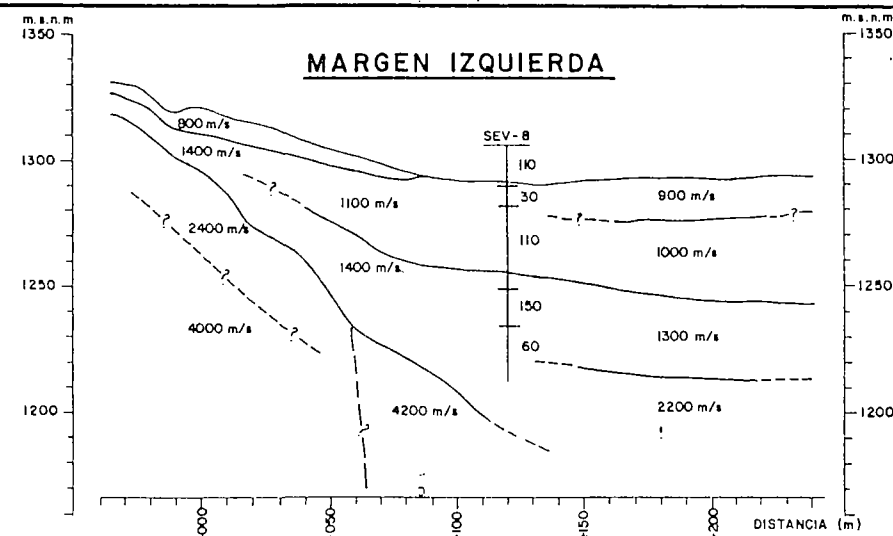
SECCIONES ELECTROESTRATIGRAFICAS "XX" - "A A" - "JJ"  
1:2000

B.P. *[Signature]*  
R.B. *[Signature]*  
APROB. *[Signature]*

MAR / 87 0209-6-1131

REV. NO.	FECHA	NATURALEZA DE LA REVISION	POR	VERIF.	APROB.



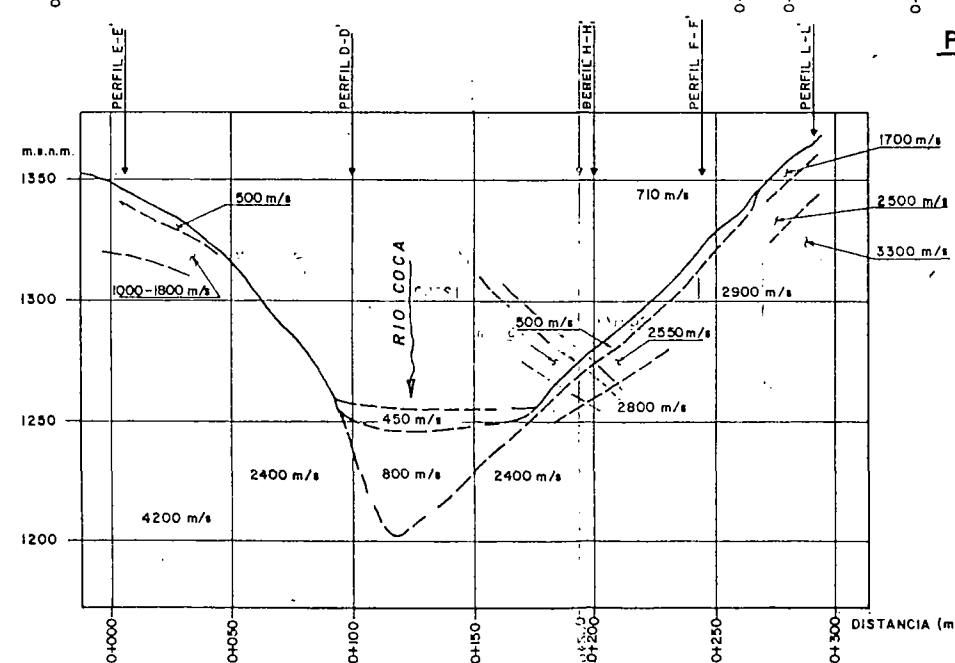
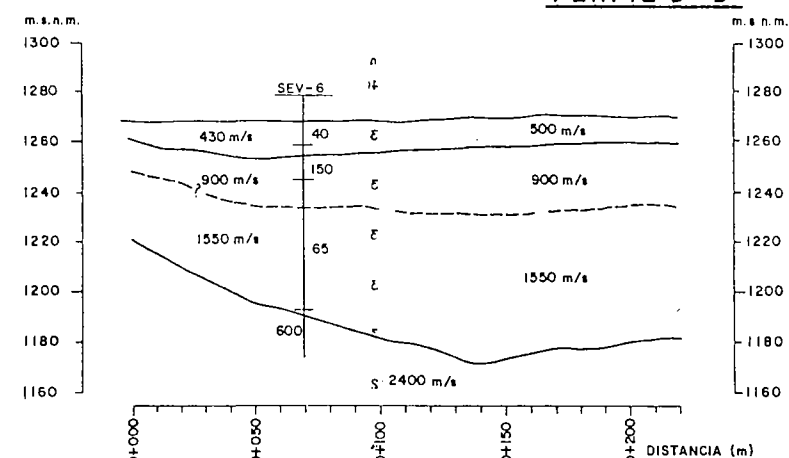
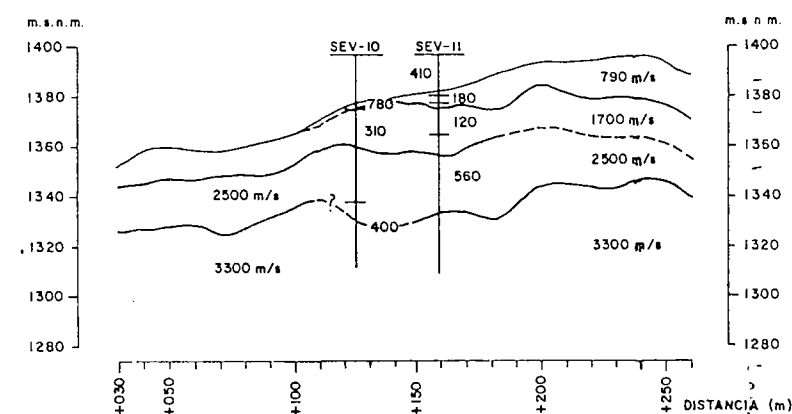
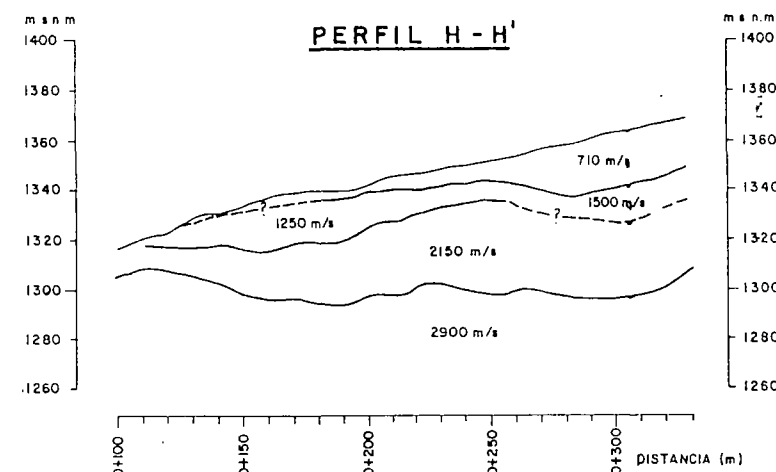
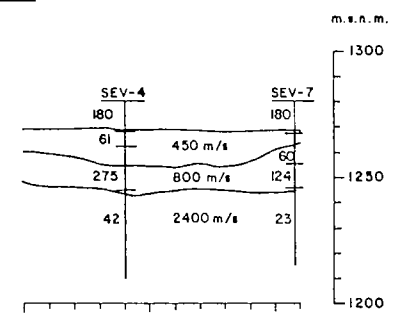
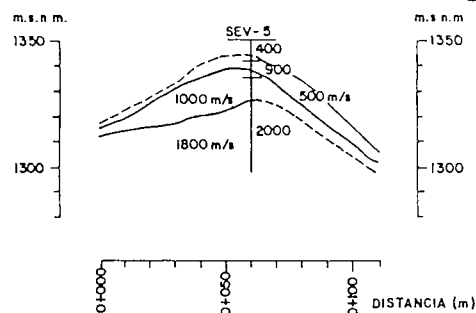


MAPA INDICE

**LEYENDA**

- PERFIL SISMICO EJECUTADO
- SEV-10 SONDEO ELECTRICQ VERTICAL SEV (PLANTA)
- ⊥ SEV-7 SONDEO ELECTRICQ VERTICAL (PERFIL)
- CORTE SISMOESTRATIGRAFICO CON DATOS INTERPOLADOS
- HORIZONTE SISMICO
- - - HORIZONTE SISMICO ASUMIDO
- 850 m/s VELOCIDAD SISMICA
- ±50 RESISTIVIDAD ELECTRICA (ohm x m)

0 20 40 60 80 100 m



CORTE SISMOESTRATIGRAFICO CON DATOS INTERPOLADOS

ELECTROCONSULT-TRACTIONEL-RODIO  
ASTEC-INELIN-INGECONSULT-CAMINOS Y CANALES

INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION  
QUITO - ECUADOR

PROYECTO HIDROELECTRICO COCA-CODO SINCLAIR  
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FASE "A"  
GEOFISICA  
SECTOR PRESA SALADO  
PERFILES SISMOESTRATIGRAFICOS

HOJA DE

ELABORADO	DIV. ING. GEOTECNICA - INECEL	RECOMENDADO	ESC. INDICADA
DISEÑADO	M. M. I.	APROBADO	
REVISADO	SA	FECHA	FEBRERO / 1988
REV. N°	FECHA	NATURALIZADA	REVISION
PKM	VERIF.	ATEND.	

REF 0209-6-1212