コロンビア共和国

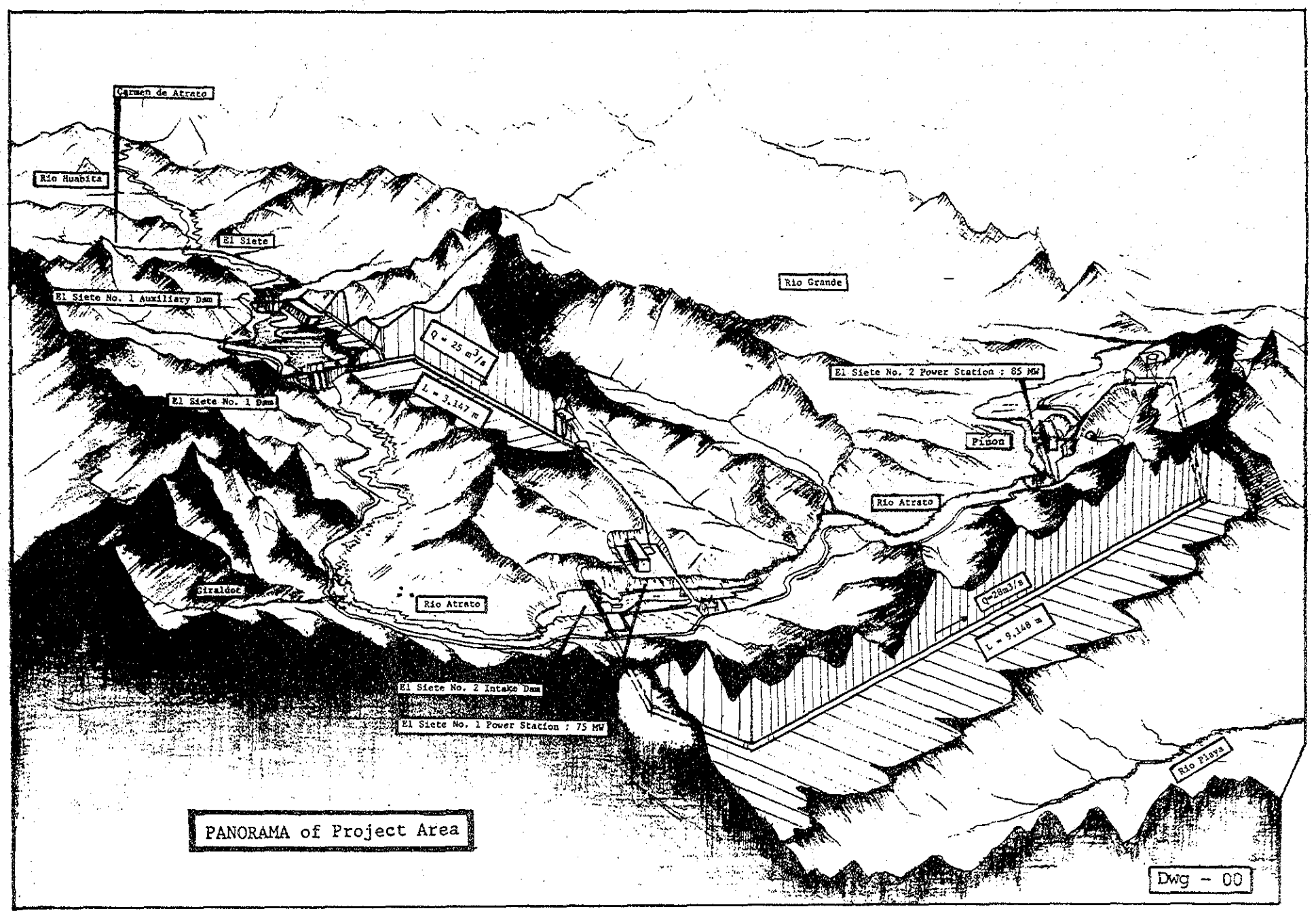
アトラート川水力発電開発計画

調査報告書

要　約　版

1986年7月

国際協力事業団



PANORAMA of Project Area

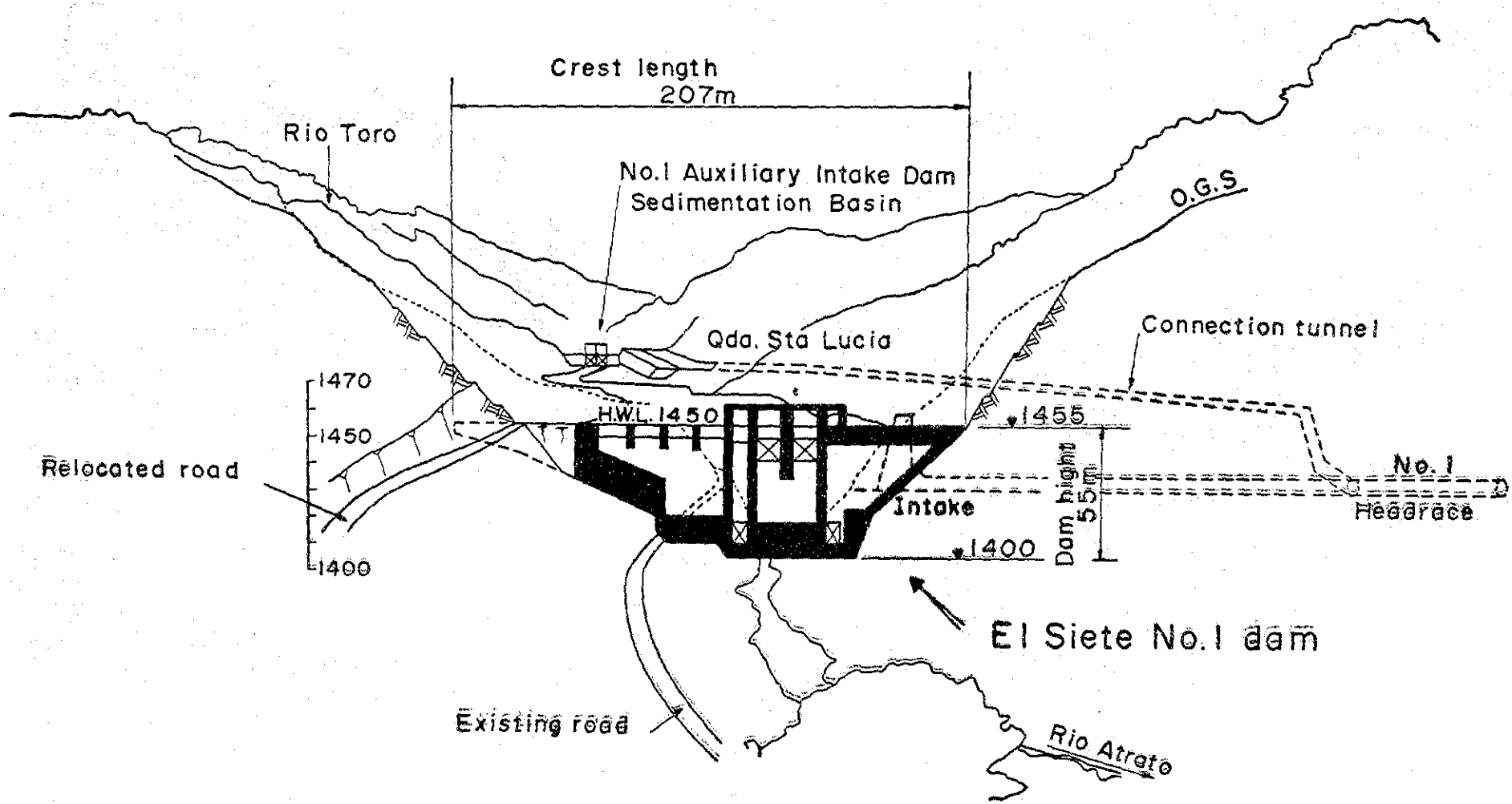


FOTO-1 Front-View of El Siete No.1 Dam

FOTO - 1 Front-View of El Siete No.1 Dam

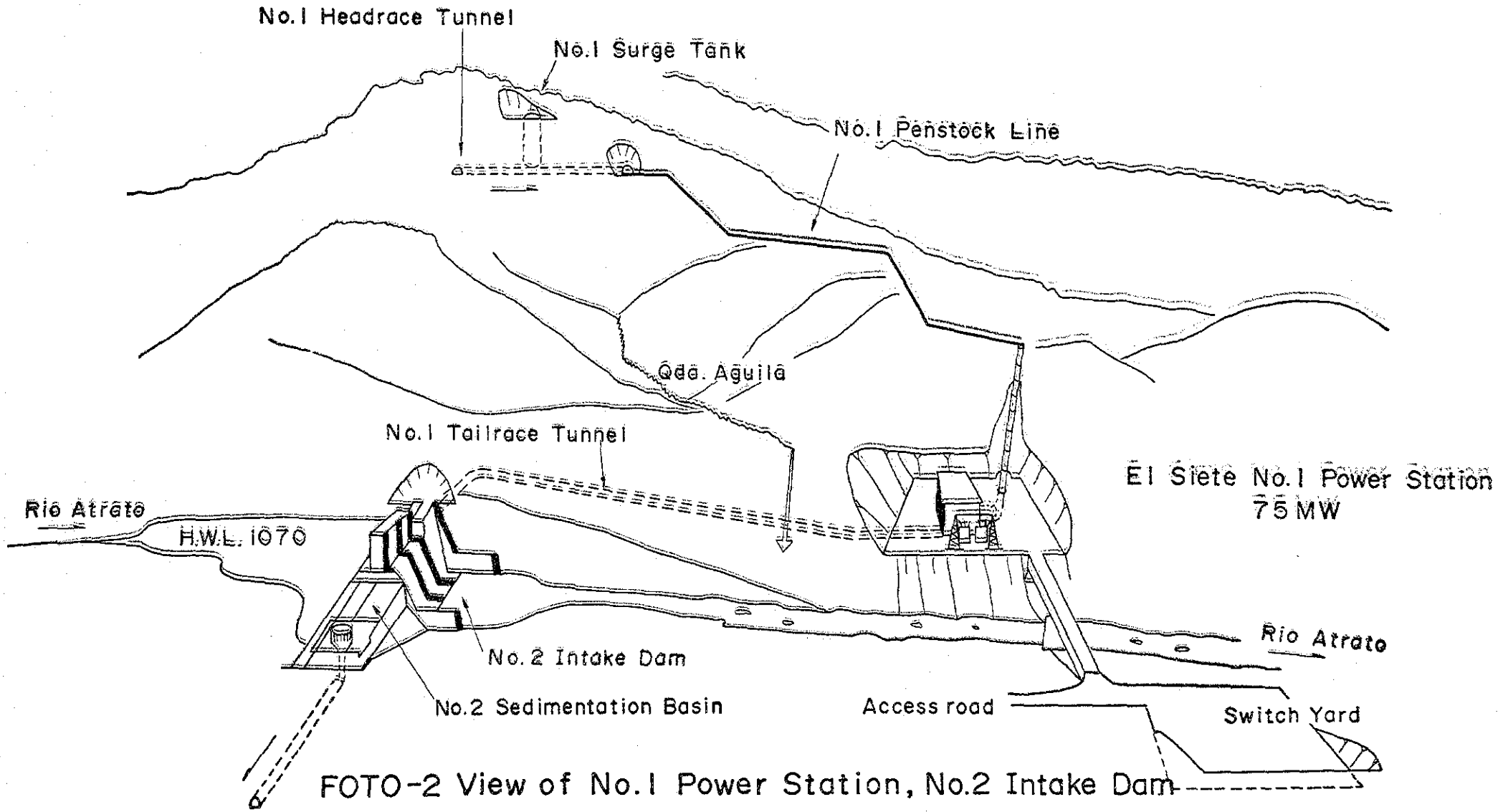


FOTO-2 View of No.1 Power Station, No.2 Intake Dam

FOTO-2 View of No.1 Power Station, No.2 Intake Dam

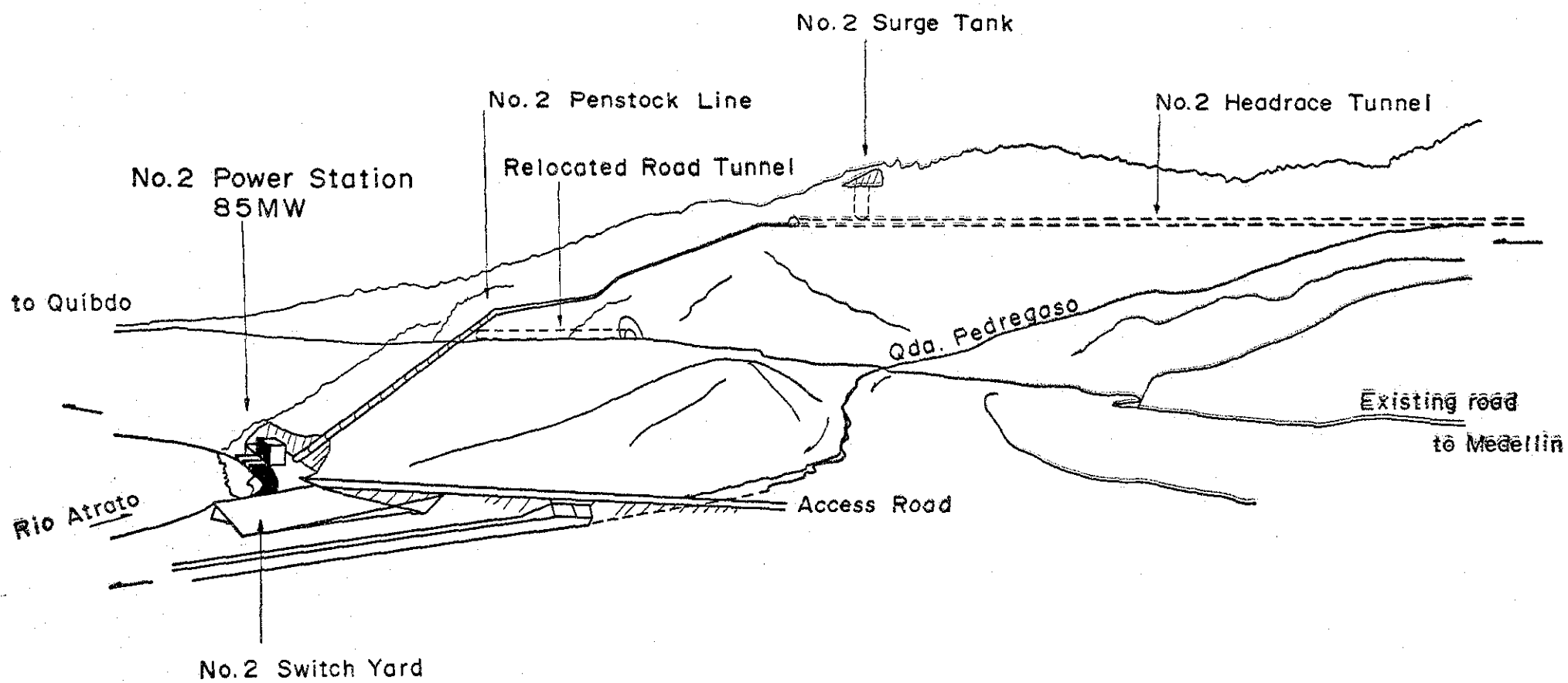
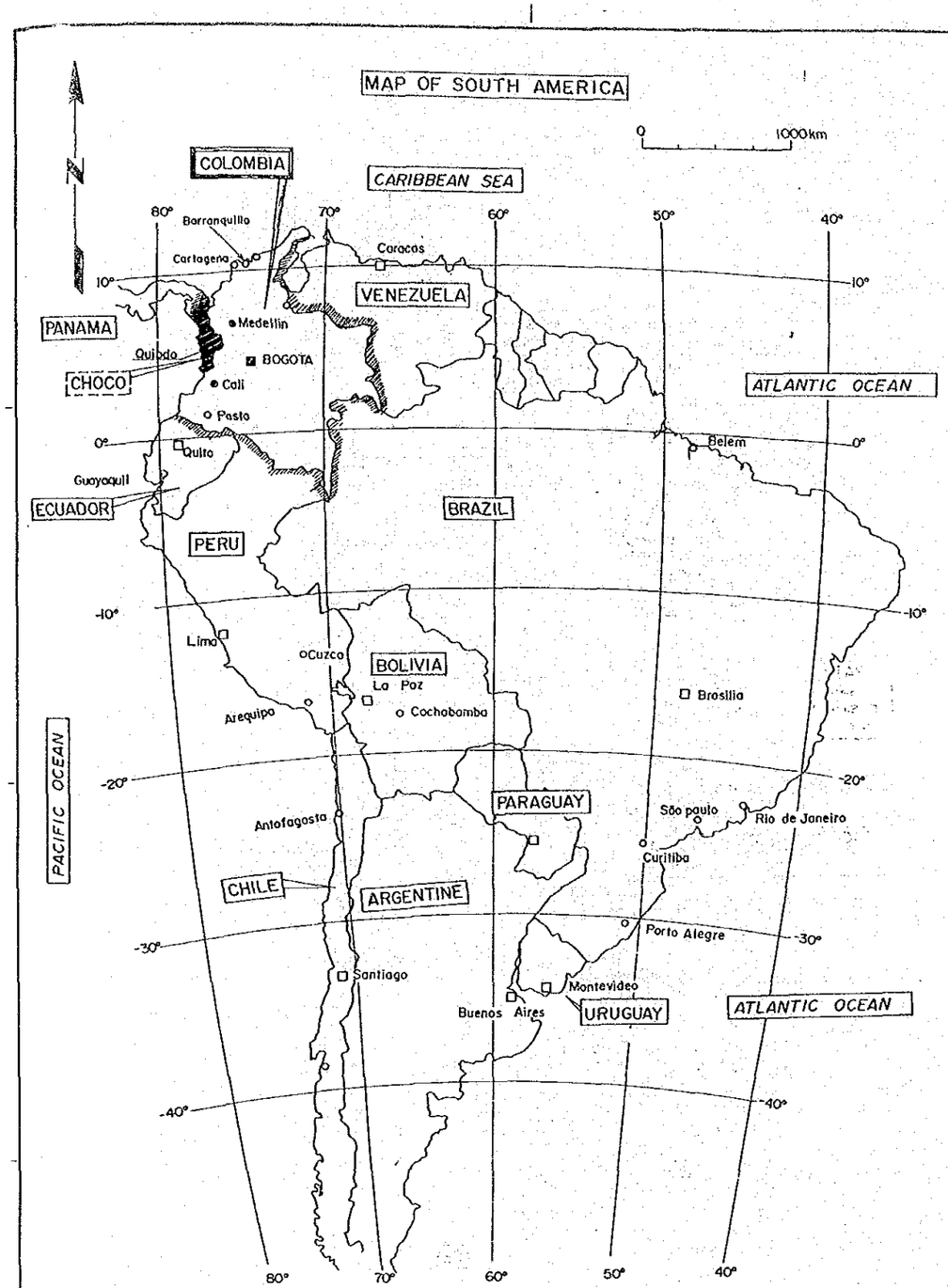
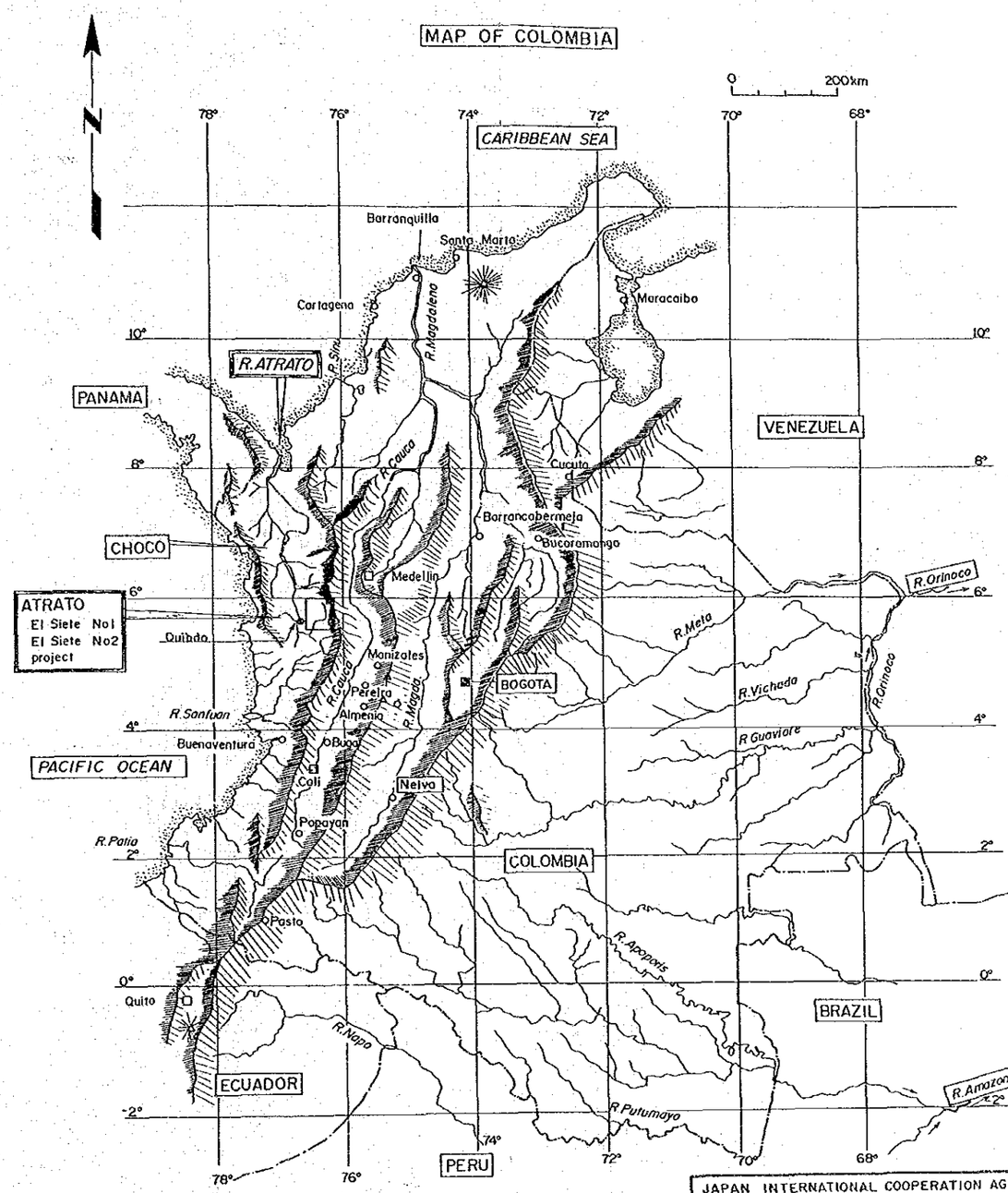


FOTO-3 View of El Siete No.2 Power Station

FOTO-3 View of El Siete No.2 Power Station





JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA

ATRATO HYDRO-ELECTRIC POWER PROJECT

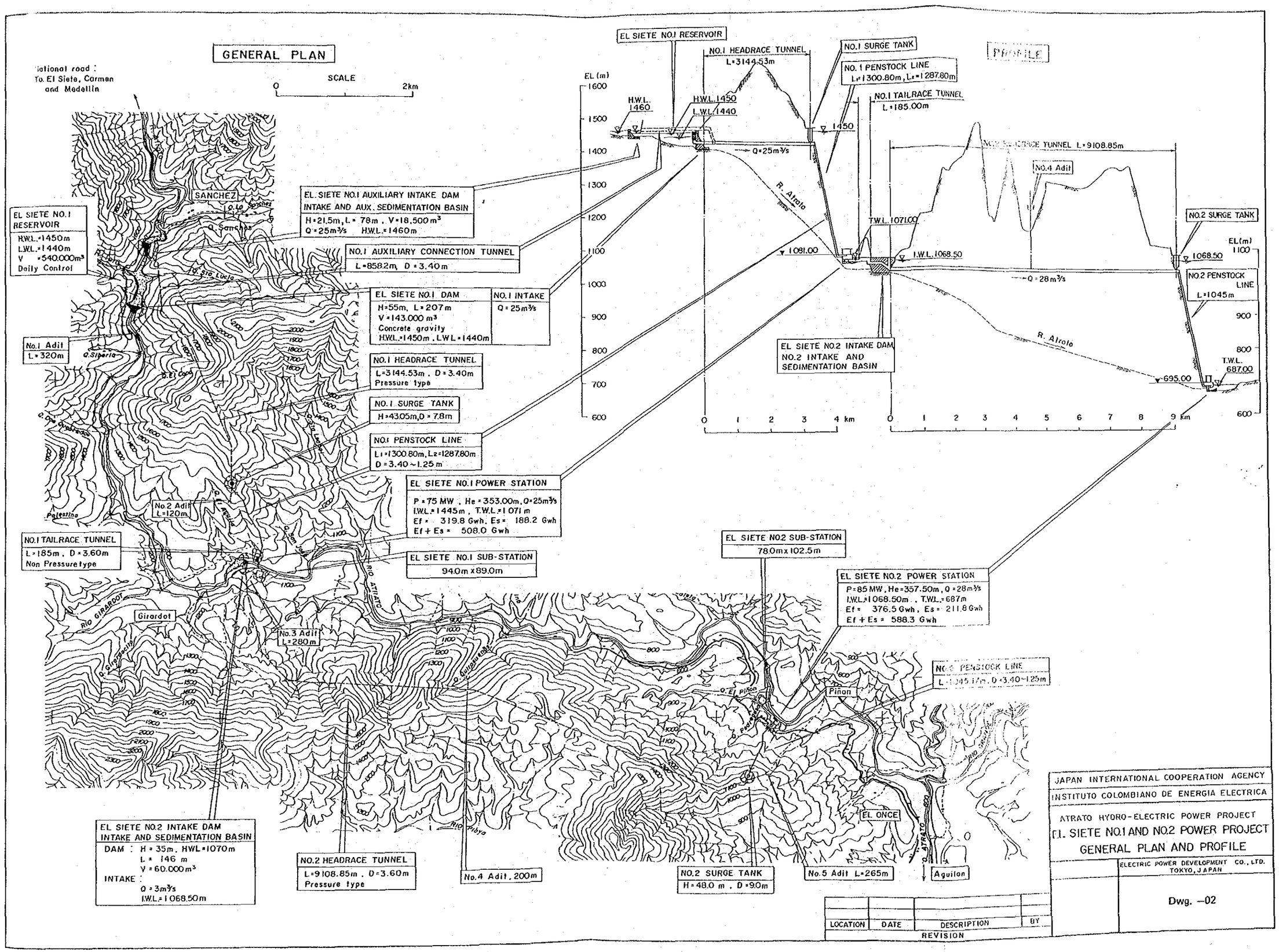
LOCATION KEY MAP

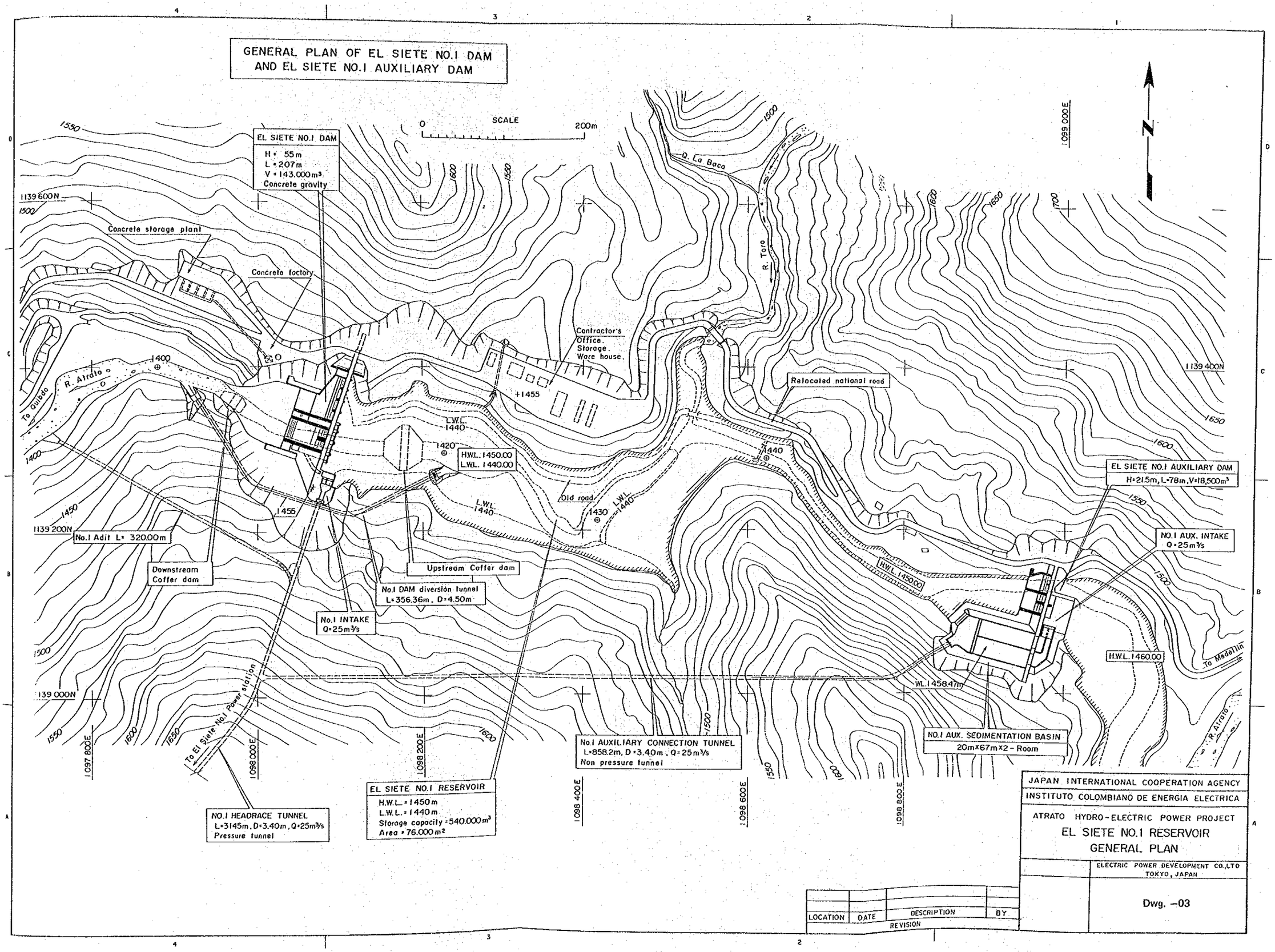
ELECTRIC POWER DEVELOPMENT CO.,LTD
TOKYO, JAPAN

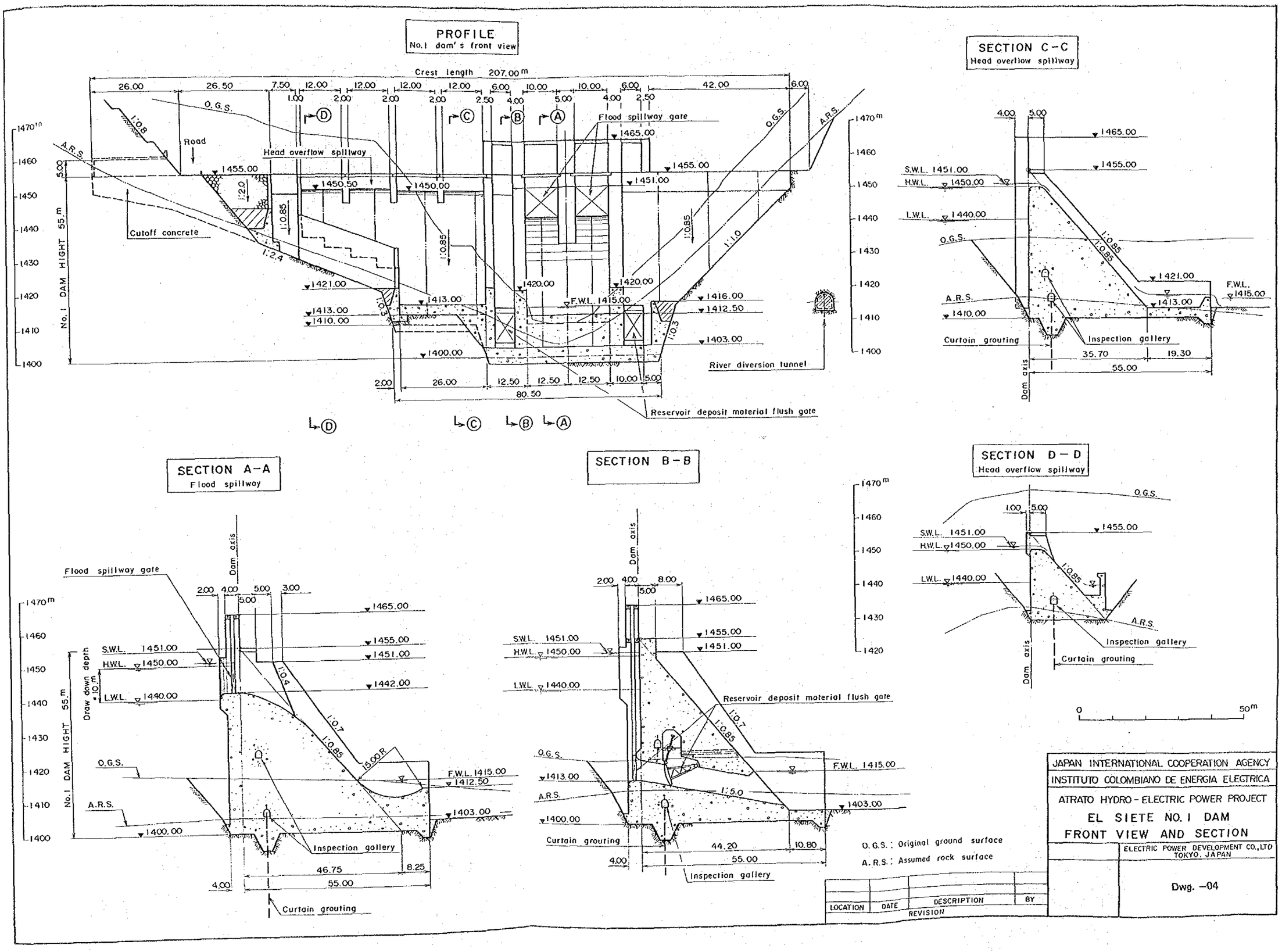
Dwg. -01

LOCATION	DATE	DESCRIPTION	BY

REVISION


GENERAL PLAN
SCALE
0
2km
National road :
To. El Siete, Carmen and Medellin
SANCHEZ
Q. Sanchez
Q. Sta. Lucia
Q. Siberia
Q. El Cano
Q. Dos Quebradas
Q. Palestina
Q. Arrula
Q. Dos Tajos
RIO ATRATO
RIO GIRARDOT
Girardot
Q. Grisaceito
Q. Guayacan
Q. El Pinon
Pinon
Q. Pavarandó
RIO Pibya
EL ONCE
ATRATO
Aguilon
EL SIETE NO.1 RESERVOIR
H.W.L.=1450m
L.W.L.=1440m
V =540.000m³
Daily Control
EL. SIETE NO.1 AUXILIARY INTAKE DAM
INTAKE AND AUX. SEDIMENTATION BASIN
H=21.5m, L= 78m, V=18.500m³
Q=25m³/s H.W.L.=1460m
NO.1 AUXILIARY CONNECTION TUNNEL
L=858.2m, D=3.40m
EL SIETE NO.1 DAM
H=55m, L=207m
V=143.000 m³
Concrete gravity
H.W.L.=1450m, L.W.L.=1440m
NO.1 INTAKE
Q=25m³/s
No.1 Adit
L=320m
NO.1 HEADRACE TUNNEL
L=3144.53m, D=3.40m
Pressure type
NO.1 SURGE TANK
H=43.05m, D=7.8m
NO.1 PENSTOCK LINE
L1=1300.80m, L2=1287.80m
D=3.40~1.25m
EL SIETE NO.1 POWER STATION
P=75 MW, He=353.00m, Q=25m³/s
I.W.L.=1445m, T.W.L.=1071m
Ef= 319.8 Gwh, Es= 188.2 Gwh
Ef+Es= 508.0 Gwh
No.2 Adit
L=120m
NO.1 TAILRACE TUNNEL
L=185m, D=3.60m
Non Pressure type
EL SIETE NO.1 SUB-STATION
94.0m x 89.0m
No.3 Adit
L=280m
EL SIETE NO.2 INTAKE DAM
INTAKE AND SEDIMENTATION BASIN
DAM : H=35m, HWL=1070m
L= 146 m
V=60.000m³
INTAKE :
Q=3m³/s
I.W.L.=1068.50m
NO.2 HEADRACE TUNNEL
L=9108.85m, D=3.60m
Pressure type
No.4 Adit, 200m
NO.2 SURGE TANK
H=48.0 m, D=9.0m
No.5 Adit L=265m
EL SIETE NO.2 SUB-STATION
78.0m x 102.5m
EL SIETE NO.2 POWER STATION
P=85 MW, He=357.50m, Q=28m³/s
I.W.L.=1068.50m, T.W.L.=687m
Ef= 376.5 Gwh, Es= 211.8 Gwh
Ef+Es= 588.3 Gwh
NO.2 PENSTOCK LINE
L=1045.17m, D=3.40~1.25m
EL SIETE NO.1 RESERVOIR
NO.1 HEADRACE TUNNEL
L=3144.53m
NO.1 SURGE TANK
NO.1 PENSTOCK LINE
L1=1300.80m, L2=1287.80m
NO.1 TAILRACE TUNNEL
L=185.00m
PROFILE
EL (m)
H.W.L. 1460
H.W.L.1450
L.W.L.1440
1450
Q=25m³/s
R. Atrato
T.W.L.1071.00
1081.00
I.W.L.1068.50
NO.2 HEADRACE TUNNEL L=9108.85m
No.4 Adit
Q=28m³/s
NO.2 SURGE TANK
1068.50
NO.2 PENSTOCK LINE
L=1045m
T.W.L. 687.00
695.00
0 1 2 3 4 km
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 km
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ATRATO HYDRO-ELECTRIC POWER PROJECT
EL SIETE NO.1 AND NO.2 POWER PROJECT
GENERAL PLAN AND PROFILE
ELECTRIC POWER DEVELOPMENT CO., LTD.
TOKYO, JAPAN
Dwg. -02
LOCATION
DATE
DESCRIPTION
BY
REVISION


GENERAL PLAN OF EL SIETE NO.1 DAM
AND EL SIETE NO.1 AUXILIARY DAM
SCALE
0
200m
N
EL SIETE NO.1 DAM
H = 55m
L = 207m
V = 143.000m³
Concrete gravity
Concrete storage plant
Concrete factory
Contractor's
Office.
Storage.
Ware house.
Relocated national road
R. Atrato
To Quibdo
Q. La Baca
R. Toro
H.W.L. 1450.00
L.W.L. 1440.00
Old road
No.1 Adit L= 320.00m
Downstream
Coffer dam
Upstream Coffer dam
No.1 DAM diversion tunnel
L=356.36m, D=4.50m
No.1 INTAKE
Q=25m³/s
To El Siete No.1 Power station
EL SIETE NO.1 AUXILIARY DAM
H=21.5m, L=78m, V=18,500m³
NO.1 AUX. INTAKE
Q=25m³/s
H.W.L. 1460.00
To Medellin
WL. 1458.47m
NO.1 AUX. SEDIMENTATION BASIN
20m×67m×2 - Room
No.1 AUXILIARY CONNECTION TUNNEL
L=858.2m, D=3.40m, Q=25m³/s
Non pressure tunnel
EL SIETE NO.1 RESERVOIR
H.W.L. = 1450m
L.W.L. = 1440m
Storage capacity = 540.000m³
Area = 76.000m²
NO.1 HEADRACE TUNNEL
L=3145m, D=3.40m, Q=25m³/s
Pressure tunnel
1139 600N
1139 400N
1139 200N
139 000N
1 097 800E
1 098 000E
1 098 200E
1 098 400E
1 098 600E
1 098 800E
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ATRATO HYDRO-ELECTRIC POWER PROJECT
EL SIETE NO.1 RESERVOIR
GENERAL PLAN
ELECTRIC POWER DEVELOPMENT CO.,LTD
TOKYO, JAPAN
Dwg. -03
LOCATION
DATE
DESCRIPTION
BY
REVISION


PROFILE
No.1 dam's front view
Crest length 207.00 m
Flood spillway gate
Head overflow spillway
Road
Cutoff concrete
O.G.S.
A.R.S.
F.W.L. 1415.00
River diversion tunnel
Reservoir deposit material flush gate
No.1 DAM HIGHT 55.m
SECTION C-C
Head overflow spillway
S.W.L. 1451.00
H.W.L. 1450.00
L.W.L. 1440.00
Curtain grouting
Inspection gallery
Dam axis
SECTION A-A
Flood spillway
Draw down depth 10.m
SECTION B-B
SECTION D-D
Head overflow spillway
O.G.S. : Original ground surface
A.R.S. : Assumed rock surface
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA
ATRATO HYDRO-ELECTRIC POWER PROJECT
EL SIETE NO.1 DAM
FRONT VIEW AND SECTION
ELECTRIC POWER DEVELOPMENT CO.,LTD
TOKYO, JAPAN
Dwg. -04
LOCATION
DATE
DESCRIPTION
BY
REVISION

目　　次

1. 序

本調査はコロンビア共和国政府が昭和55年9月に日本政府に対し、Atrato川水力発電開発計画の調査について、技術協力援助を要請して来たことに始まる。

すなわちコロンビア政府の要請は

- コロンビア国の電力需要は今後、年7％前後で増加することが予想され、年に300MWないし、400MWのペースで電力設備を拡張する必要がある。
- コロンビア国は多雨地域であり、アンデス山系の急流を利用することで安価な水力資源に恵まれており、経済的開発可能地点だけでも約 8,000万KWに達する未開発水力地点を保有している。したがって、コロンビア政府は電力開発中長期計画で水力資源を主体とする開発を基本においている。
- コロンビア国の政府機関であるコロンビア電力公社（ＩＣＥＬ）はAtrato川の水力開発に積極的に取組む。

などの諸点をあげて、日本政府に技術協力を要請してきた。

日本政府は直ちに国際協力事業団（ＪＩＣＡ）にその検討を命じ、ＪＩＣＡは昭和56年3月、高橋三千夫技師を団長とする5名の専門家で構成する事前調査団をコロンビア国へ派遣し、現地を視察するとともに、コロンビア側の担当機関である国家企画庁（ＤＮＰ）および国家電力公社（ＩＣＥＬ）とAtrato川の水力開発計画に関する調査の進め方について協議を行い合意に達した。両者はこの合意に基づき、同計画の調査を日本政府の技術協力で実施することを主旨とした協定書(Scope of Works, S/W)を作成し、調印した。

ＪＩＣＡはこの協定書（Ｓ／Ｗ）に基づき、昭和56年7月から8月にかけて1ケ月間にわたり、吉沢広吉技師を団長とする6名の第1次調査団を、Atrato川上流部における水力開発全体計画のマスター・プランの作成を目的としてコロンビア国に派遣し、現地調査、資料収集を行うとともにＩＣＥＬと調査方針に関する協議を行った。

同調査団は現地調査の結果および収集資料を基に、東京において検討作業を実施し、その結果を "Atrato川水力発電計画マスター・プラン調査報告書" としてまとめ、1982年3月ＪＩＣＡは同報告書をコロンビア政府に提出した。

上記マスター・プラン調査報告書では、Atrato川上流部では、上流から下記に示す6ケ所の水力発電計画について確認された。

El Siete No.1	:	160MW
El Siete No.2	:	124MW
El Once	:	176MW
El Dieciocho No.1	:	252MW
El Dieciocho No.2	:	261MW
El Lloro	:	147MW

上記水力計画地点のうち、最上流部に当るEl Siete No.1およびEl SieteNo.2計画の2地点が他の地点と比し経済性も良く、建設も極めて容易である，と結論し、早期にフィジビリティ調査の段階に入るべきであると勧告し、あわせて現地での調査工事についてもその進め方をＩＣＥＬに勧告した。

ＩＣＥＬはＪＩＣＡの勧告を検討し、El Siete No.1およびNo.2地点をフィジビリティ調査対象地点とすることを希望し、ＪＩＣＡはこの両地点につき、第2次調査を開始することにした。

第2次調査（フィジビリティ調査）はコロンビア国側のＩＣＥＬが実施する現地での調査工事およびＪＩＣＡによる技術指導と、調査工事で得た基礎資料を基に、ＪＩＣＡが実施するフィジビリティ調査の2段階に分けた業務より構成された。

昭和57年4月、ＩＣＥＬはＪＩＣＡに対し、El Siete No.1およびNo.2両地点を同時に開発するとの意向を通知するとともに第2次調査の現地における調査工事を開始すると伝えてきた。

ＩＣＥＬは同時に、現地調査工事の入札に入り、その予定工期は昭和57年7月から昭和58年5月までの11ケ月間で実施する方針であった。しかし、現地調査工事は現地業者との契約を目前にして、ＩＣＥＬ側の都合で延期された。

その後、昭和58年9月に至り、ＩＣＥＬは現地業者と契約を終了し、昭和58年11月から現地での調査工事を開始したが、作業は悪天候のため予定通り進捗せず、工期を延期せざるを得ない事となり、工事開始から15ケ月後の昭和60年3月に終了した。

ＪＩＣＡは現地調査工事の実施期間を通じ、計5回にわたり、現地に技師を派遣し、技術指導を実施した。

昭和59年末に至り、ＪＩＣＡは、現地調査工事は昭和60年1月には終了する見通しが出てきたものと判断し、第2次調査（フィジビリティ調査）を同年1月に開始することにした。

El Siete No 1およびNo 2水力発電計画のフィジビリティ調査団は吉沢広吉を団長とする10名の専門家で構成し、昭和60年1月15日から同年2月28日までの45日間にわたりコロンビア国に滞在し、現地調査、資料収集、ＩＣＥＬとの打合せを実施した。

本調査団は、帰国後現地で入手した資料を基に調査、解析、検討に入った。

2、 結　　論

調査団はAtrato川水力発電開発計画のうち、その最上流部に位置するEl Siete No.1およびEl Siete No.2発電計画に関するフィジビリティ調査を実施した。その検討結果にもとずく結論を以下に記述する。

(1) 開発の目的と意義

コロンビア政府は国家企画庁（ＤＮＰ）が発表している電力開発中長期開発計画において、同国が保有する世界でも有数と言える豊富な水力資源の有効利用をとおして経済発展を図ることを大きな柱の一つとしている。これはコロンビアの自然条件が低廉な水力発電に適しており、エネルギーの安定供給、電力料金の安定を図るためには開発の主体を水力におくべきであることを示している。

したがってEl Siete No.1 (75) MW およびEl Siete No.2 (85MW)の水力開発はコロンビア政府のエネルギー政策の基本方針に基ずくものであり、経済発展の一翼を担うものである。

El Siete No.1及びEl Siete No.2発電所は同国北西部の Choco県に位置しているとはいえ、実質的にみると同国第２の都市Medellinの経済圏内にあり、しかも、同市まで 130kmの距離にある。したがって、その開発される電力 160MWはChoco 県での消費のみならず、全国連系電力系統と連結され、Medellin市および全国に散在する主要電力消費地に供給され利用されることを意味する。

(2) 計画の概要

El Siete No.1およびEl Siete No.2発電計画の計画概要は以下の通りである。

Atrato川最上流部のSanchez 地区にEl Siete No.1ダムサイトを選定し、流域256.3 km²からの流入水を、日間調整するための高さ55m、満水位標高1,450 mの重力式コンクリートダムを建造する。

この調整池では保証流量12.3m³/sを50％負荷でピーク化し、最大使用水量25m³/sを得る。この発電用水は延長 3,145m、内径 3.4mの圧力式導水路トンネルおよび延長1,301 mの水圧管路でGiraldot地区に設けるEl Siete No.1発電所へ導水され、総落差 373m、有効落差 353mを得て、最大出力75MW、年間508GWhの電力量を得ることが

できる。

更にEl Siete No.1発電所で使用された放流水は延長 185mの放水路トンネルおよびEl Siete No.2取水ダム堤体内に設ける導水管路を通じてNo.2導水路トンネルに直接導水される。

El Siete No.2取水ダムはAtrato川本流に設け、上流に設けたEl Siete No.1ダムとの間の残流域41.6k m²からの流入水の内、最大3m³/s取水し、No.1発電所からの放流水25m³/sと合わせ、最大使用水量28m³/sを得る。

El Siete No.2取水ダムはダム高35m、満水位標高 1,070mの重力式コンクリートダムとして建造し、沈砂池を付属して設ける。

この発電用水は延長 9,109m、内径 3.6mの圧力式No.2導水路トンネルおよび延長1,045mの水圧管路で Pinon地区に設けるEl Siete No.2発電所へ導水され、総落差381.5 m、有効落差 357.5mを得て、最大出力85MW、年間588.3GWhの電力量を得ることができる。

以上のEl Siete No.1およびEl Siete No.2発電所を合わせた最大出力は160MW、年間発生電力量は1,096.3GWhである。

この計画の特色としてはAtrato川が流出土砂量が大きい河川であるため、El Siete No.1調整池の上流端にNo.1補助ダムおよび補助沈砂池を設けたことである。このNo.1補助ダムは流入量が多い時期にNo.1調整池を空にして堆砂排除を実施する際、発電用水を取水するためのものである。

この補助ダムにより、No.1調整池は、堆砂による調整池能力の低下を防止することができ長期にわたり、日間調整能力を保持できる。

(3) 基礎事項の検討結果

1) 水 文 解 析

El Siete No.1ダム地点での流量は1969年～1984年（1971年欠）の15年間の平均値で年平均流量は23.0m³/s、最小流量10.4m³/sである。計画洪水量は、1,000年確率洪水1,160 m³/sである。El Siete No.1調整池に流入すると予想される土砂量は1,566 ×10³ m³／年である。

El Siete No.2取水ダム地点での流量は前記の15年間の平均値で年平均流量26.8 m³/s、最大流量63.2m³/s、最小流量12.1m³/sである。したがって、El Siete No.1

ダムとEl Siete No.2取水ダムの残流域41.6k m²からNo.2ダムへ流入する流量は年平均流量3.8 m³/sである。計画洪水量は、1,000 年確率洪水1,260 m³/sである。

2) 地　質

今回の調査によって得られたEl Siete No.1およびEl Siete No.2計画に関する地質工学上の所見によれば、両計画の実現性に疑問を投げかけるような問題は存在しないと判断される。但し、各計画構造物地点においては、第10章7節1項で述べられている地質工学的問題点については配慮する必要があろう。

3) 電力需要想定

コロンビア国の全国連系系統はボコタ電力（ＥＥＥＢ）、メデリン電力（ＥＰＭ）、カウカ地域開発公社（ＣＶＣ）、大西洋岸電力会社（CORELCA)、連系電力会社（ＩＳＡ）およびコロンビア電力公社（ＩＣＥＬ）とその管理下にある地方電力および電化組合から構成され、1984年12月時点での電力需要は、最大電力 4,501MW、年間消費電力量24,682GWh 、年負荷率62.6%であった。

ＩＳＡは今後将来にわたる電力需要の伸び率を1985年から2000年までの16年間は6.5 %と想定している。

調査団は GNP／capitaの平均的成長率の過去の実績、現在の GNP／capitaの規模の変化に対応する成長率の変化の度合いをパラメーターにして上記想定値をチェックした結果、ＩＳＡの想定値 6.5%に対応する電力需要の伸び率は 6.2%とやや低い値を得たが、ＩＳＡの想定結果は妥当なものであると判断した。

1984年現在の最大電力は4,501MW 、1990年は6,711MW 、2000年のそれは11,967MW と想定される。

4) 環境影響評価

El Siete No.1およびNo.2発電計画はダム－水路式で日間調整方式を採用したので、EL Siete No.1調整池の貯水量は 540,000m³、湛水面積は 7.6haと小規模であり、したがって、気象、動植物に与える環境問題は殆んどないと云って良い。しかし工事中の掘削土量が多く、下流への流出土砂をできるだけさけるための処置が必要である。

(4) 開　発　方　式

Atrato川上流部は平均河川勾配１／24と急流であり、地形・地質を考慮すると適用される開発方式はダム－水路方式である。また貯水池式、調整池式、自流式の各方式

につき経済性比較検討を行った結果、調整池式を採用することにした。必要とする調整池容量はＩＳＡの水力評価基準および水力が分担する電力系統の負荷率を考慮して求め、540,000 m³とした。したがって、El Siete No.1ダムの規模は、堤高55m、堤頂長 207m、ダム体積 143,000m³となる。

(5) 開　発　規　模

El Siete No.1発電所については最大使用水量を20m³/sから30m³/sの範囲（最大出力では59.4MWから90.8MW）で経済性比較検討を行ない、そのうちで年間超過便益（Ｂ－Ｃ）および便益・費用比（Ｂ／Ｃ）が最大となる最大使用水量25m³/s、最大出力75MWを選定した。

El Siete No.1発電所についてはNo.2取水ダムで残流域からの流入水を取水しないケースおよび1m³/sから5m³/sの範囲で取水する各ケースにつき比較検討を行ない、3m³/s取水するケースが最も年間超過便益（Ｂ－Ｃ）が大きいとの結果を得たのでEl Siete No.2発電所の最大使用水量はEl Siete No.1発電所の最大使用水量25m³/sに3m³/sを加え、28m³/sとし、最大出力は85MWを選定した。

以上の結果El Siete No.1およびEl Siete No.2発電所の合計出力は 160MWとなった。

(6) 設備出力と年間発生電力量

設備出力はEl Siete No.1発電所75MW、No.2 発電所85MWの合計 160MWである。

発生電力量についてはEl Siete No.1発電所では年計 508.0GWh 、保証電力量319.8GW、２次電力量188.2GWhであり、一方El Siete No.2発電所では年計528.3GWh、保証電力量376.5GWh、２次電力量211.8GWhである。

El Siete No.1およびNo.2発電所を合わせると発生電力量は年計1,096.3GWh、保証電力量696.3GWh、２次電力量400.0GWhとなる。年設備利用率は各々77%、および79%である。

(7) 開　発　時　期

El Siete No.1及びNo.2発電所の運転開始時期は需給バランスの検討の結果、供給予備力が最低となり、供給信頼度からみて問題がある1993年当初から運転に入れるものとした。

(8) 工　事　工　程

El Siete　No.1およびNo.2発電所を同時に開発し、1993年から供給力として入れるための工事工程につき検討を行った結果、工事期間はEl Siete　No.1発電所では本工事に44ケ月間（3年8ケ月）、El Siete　No.2発電所では48ケ月間（4年間）が必要である。したがって、両発電所とも1989年1月に本工事に同時着工するものとし、完成時期はEl Siete　No.1発電所が1992年8月末、El Siete　No.2発電所は1992年12月末となる。

両プロジェクトとも工事工程を支配するクリティカル・パスは水圧管路をふくむ発電所の工事である。

この工程を確保するためには、1986年内にコロンビア政府によるAtrato水力開発計画の着工を決定し、1987年中に補足調査、詳細設計、入札書類を完成させ、1988年の年頭に工事入札を行ない、併行して国道付替工事、建設基地などの設営を含む準備工事を開始し、1989年1月から本工事に着工する必要がある。

(9) 概算工事費と年度別資金

El Siete　No.1(75MW)およびNo.2発電所(85MW)を建設するためには総額267,723 千USドルの建設工事費が必要である。

そのうち、El Siete　No.1発電所は 151,602千USドル、No.2発電所は116,121 千USドルである。

この工事費は準備工事および全国連系系統へ接続するための送電線の建設工事費も含むものである。

また、内貨、外貨の内訳はそれぞれ 149,012千USドル（56%）および 118,711千USドル（44%）である。

年度別投資金額は以下の通りである。

Table－2.1 年度別投資額

単位：10^3US$

年	次	El Siete No.1	El Siete No.1	合計
1988	1/2	935	418	
	2/2	5,235	2,544	9,132
1989	1/2	8,597	6,249	
	2/2	9,169	6,406	30,421
1990	1/2	30,355	12,414	
	2/2	38,539	17,676	98,984
1991	1/2	30,851	21,817	
	2/2	20,632	20,668	93,968
1992	1/2	7,289	23,450	
	2/2	－	4,479	35,218
合計		151,602	116,121	267,723

(10) 経済性（発電原価、B－C、およびB／C）

送電端での発電原価を求めるとEl Siete No.1発電所では 37.USミル/kWh、El Siete No.2発電所 24 USミル/kWh、総合で 30 USミル/kWhである。これは低廉な電力であると言える。

一方代替火力と本プロジェクトとの間での経済評価を行った結果、El Siete No.1およびNo.2 El Siete No.1およびNo.2発電所総合で年間便益(B) －年間費用(C)、すなわち年間超過便益(B-C) を求めると15,250千USドルである。

また、年間便益(B) ・年間費用(C) との比率、（B／C）はEl Siete No.1、No.2発電所合計で1.47である。

(11) 財務および経済分析

1) 財務分析

本プロジェクトの財務評価はプロジェクトの市場コストと現行電気料金をベースに計算を行った。コスト・フローは調査、設計、建設に必要な5年間を含む55年間の支出のフローをベースに、又収益のフロー（Revenue Flow）は50年間の料金収入をベースに、夫々のフローを現在価値に割引いた場合、その値が等しくなる割引率

は財務的内部収益率（ＦＩＲＲ）であり、この値は 7.3％／年となった。

この収益性は、コロンビアの現在の市中銀行の貸出金利と比較すれば著しく小さいが、本プロジェクトの資金は外貨分については国際金融機関の融資が前提であり、又内貨分についてはコロンビア政府の出資を前提としているので市中銀行の金利と比較するのは意味がない。

2) 経 済 分 析

本プロジェクトの経済評価はプロジェクトの市場コストから税金等の移転所得項目や本プロジェクトで使用される資機材および労働力について世界銀行が推奨する変換係数を用いて支出の流れを財務分析と同様55年間に亘って算定した。一方収入のフローはＩＳＡが算定したコロンビア国内の長期限界コスト（発電所から一次変電所まで）をベースに本プロジェクト運転開始後50年間の収入のフローを算定した。

以上の２つのフローを現在価値に割引いた場合、その値が等しくなる割引率は経済的内部収益率（ＥＩＲＲ）でありその値は11.1％となった。

この値は、国際金融機関の限界収益率10％を越えており、本プロジェクトは国民経済の立場からはフィジィブルなプロジェクトであることを示している。

3. 計 画 の 概 要

El Siete No.1 およびNo.2 水力発電計画はChoco県、Atrato川の上流部において、最大出力、各々75MW、85MW、合計 160MWの２つの発電所からなり、年間508Gwh、588.3Gwh合計1096.3Gwh の電力を得るものである。

その概要および諸元はTable-3.1に示めす通りである。

両発電所は日間調整式の開発とした。調整池はAtrato川本流のSanchez 地点に設け、El Siete No.1 およびNo.2 発電所に日間調整能力をもたせ、負荷に対応して出力を制御できる。

両発電所計画は、Atrato川が急流である利点を利用して、両地点ともダム－水路式を採用した。El Siete No.1 ダムはSanchez地点に設け、日間調整能力を得るため、540,000m³の貯水量が必要であり、そのためにはダム高55m、堤頂長 207mの規模となる。ダム型式は重力式コンクリート・タイプが適当であり、その体積は143,000 m³である。同ダムには計画洪水量1,160m³／sを処理するための洪水吐および調整池内に流入する土砂を処理するための土砂吐設備を設けるものとした。

一方、El Siete No.1 調整池では年間6,075m³／年／km²の流入土砂が予測されるので、この調整池は年を通じて約３ケ月間は土砂吐作業のため、その機能をはたせなくなる。したがって、この期間でも発電用の水量を確保するため、El Siete No.調整池の上流背水終端付近に補助取水ダムを設けることにした。

補助取水ダムからの取水は流入量が多い時期に実施するので、流れ込み方式で最大使用水量25m³／sを取水することとし、計画洪水量1,110m³／sを処理できる最小の規模とした。補助取水ダムは高さ21.5mで堤頂長148 mの規模となり、その型式は重力式コンクリートが適当で、その体積は36,000m³である。

補助取水ダムの直下流には取水した発電用水の沈砂処理能力をもつ補助沈砂池を設けることにした。沈砂処理された発電用水は延長 858mの無圧式・補助連絡水路トンネルを通じて本水路トンネルに連絡するものとした。

El Siete No.1 調整池での調整後の水あるいは出水時に補助取水ダムで取水した発電用水は延長3.145m、内径3.4mの圧力式No.1 導水路トンネル、延長40mの調圧水槽トンネルおよび地表に設ける延長1,301mの水圧管路でNo.1発電所に導水する。

El Siete No.1発電所はEl Siete No.1調整地での基準取水位1,445m、No.1発電所での放

水位 1,071mとの間に総落差 374mをもつ。総落差から損失落差を差引いた、有効落差は353mである。No.1 発電所の最大使用水量は25m³/sとしたので最大出力は75MWとなる。No.1発電所はGirardot地区のAtrato川本流左岸の地表に設ける。水車は補修・運転を考慮して、竪軸ペルトン型37.5MW×2台とした。

発電使用後の放流水はEl Siete No.2発電所にそのまま送水する必要があり、またAtrato本流を渡河する必要があるため、No.1 発電所の直上流に設けてEl Siete No.2 取水ダムを、堤内に設ける導水管を通してNo.2 発電所へ導水することとした。

一方El Siete No.2 取水ダムはEl Siete No.1 ダムの下流域41.6k m²からの流入水を取水し、No.2 発電所で使用する目的をもっている。その最大取水量は3.0 m³/s とした。したがってNo.2 発電所の最大使用水量はNo.1 発電所の放流水25m³/sとNo.2取水ダムの取水量3m³/sを合わせ28m³/sとなる。

El Siete No.2 取水ダムは前記の堤内導水管および計画洪水量1,260m³/sの洪水吐、最大取水量3m³/s の取水口、その沈砂処理のための沈砂池を付帯させる必要があるため、ダム高35m、堤頂長146 mの規模とする。ダム型式は重力式コンクリート・タイプとなり、その体積は60,000m³である。

No.2発電所の発電用水はNo.2取水ダム地点から、延長9,109m、内径3.6の圧力式導水路トンネル、延長40mの調圧水槽トンネルおよび地表に設ける1,045.2mの水圧管路でNo.2発電所へ導水する。

El Siete No.2発電所はEl Siete No.2取水ダムでの取水位1,068.5m、No.2発電所の放水位687 mとの間に総落差381.5 mをもつ。その総落差から損失落差を差引くと有効落差は357.5mとなる。No.2 発電所の最大使用水量は28m³/sとしたので最大出力は85MWとなる。水車は、立軸フランシス水車42.5MW×2台とした。

両発電所には地形を考慮し、発電所とは別置方式で屋外開閉所を設け、230KV に昇圧し108km 2-cctの送電線で西アンデス山脈を越え、Medellinの近郊のAncon Sur変電所へ送電することにした。Ancon Sur 変電所はＩＳＡの変電所であり、El Siete No.1 およびNo.2 発電所の合計160MWの電力は連系系統用の電力需要地で消費される。

一方、Quibdo方面へはEl Siete No.2 発電所から既設 115KV、1-cct 送電線で送電できる系統構成に変更する。

以上の両発電所建設のために必要とする建設資金はNo.1発電所 151,602千USドル，No.2発電所116,121千USドル，合計267,723千USドルが必要である。

Table-3.1 El Siete No.1, No.2 水力発電計画概要

項目	単位	El Siete No.1	El Siete No.2	合計
最大出力	MW	75	85	160
I 流域				
Atrato川	km²	256.3	297.9	—
II 流出量				
年平均流量	m³/s	23.0	26.8	
最大流量	〃	54.3	63.2	
最少 〃	〃	10.4	12.1	
保証流量	〃	12.3	14.3	
計画洪水量	〃	1,160	1,260	
既往最大流量	〃	69.3	80.5	—
III 調整池				
調整池名		El Siete No.1 調整池	El Siete No.2 取水ダム	
調整能力	m	日間調整	調整能力なし	
満水位	〃	EL 1,450	EL 1,070	
低水位	〃	EL 1,440	-	
利用水深	m	10	-	
湛水面積	m²	76,000	-	
総貯水量	m³	926,000	-	
有効貯水量	〃	540,000	-	—

(continued)

項目	単位	El Siete No.1		El Siete No.2		合計	
IV 発電計画							
開発方式		調整池式		調整池式			
基準取水位	m	EL. 1445		EL. 1068.5			
放水位	m	EL. 1071		EL. 687			
総落差	m	374		381.5		755.5	
損失落差	m	21		24		45.0	
有効落差	m	353		357.5		710.5	
最大使用水量	m³/s	25		28			
最大出力	MW	75		85		160	
保証出力	MW	73.8		80.8			
設備利用率	%	49.0% 保証電力量	77.0% 年合計電力量	50.6% 保証電力量	79.0% 年合計電力量		
年間発生電力量	GWh	508.0		588.3		1096.3	
保証電力量	GWh	319.8		376.5		696.3	
二次〃	GWh	188.2		211.8		400.0	
月別発生電力量		合計	保証	合計	保証	合計	保証
1月	GWh	37.2	26.9	43.4	31.7	80.6	58.6
2月	〃	31.5	23.7	36.8	28.0	68.3	51.8
3月	〃	36.2	26.7	42.3	31.4	78.5	58.1
4月	〃	41.5	26.3	48.1	30.9	89.6	57.2
5月	〃	47.0	27.5	54.3	32.3	101.3	59.8
6月	〃	46.8	26.6	53.9	31.2	100.7	57.8
7月	〃	44.4	27.4	51.4	32.3	95.8	59.7
8月	〃	43.7	27.2	50.6	32.0	94.3	59.2
9月	〃	42.1	26.1	48.6	30.8	90.7	56.9
10月	〃	46.9	27.4	54.1	32.3	101.0	59.7
11月	〃	46.9	26.5	54.0	31.3	100.9	57.8
12月	〃	43.8	27.4	50.8	32.3	94.9	59.7
合計		508.0	319.8	588.3	376.5	1096.3	696.3

(continued)

項目	単位	El Siete No.1	El Siete No.2	合計
V 構造物諸元				
(1)ダム				
位置		Sanchez	Giraldot	
型式		重力式コンクリート	重力式コンクリート	
ダム高	m	55	35	
堤頂長	m	207	146	
ダム体積	m³	143,000	60,000	
設計洪水量	m³/s	1,160	1,260	
洪水吐ゲート				
巾×高×門数	m	10×8×2	10×8.5×2	
土砂吐設備				
巾×高×基数	m	6×6×2	–	
(2)補助取水ダム			–	
位置		Sanchez		
型式		重力式コンクリート	–	
ダム高	m	21.5	–	
堤頂長	m	148	–	
ダム体積	m³	36,000		
設計洪水量	m³/s	1,110		
洪水吐ゲート				
巾×高×門数	m	9.5×8.0×2		
取水能力	m³/s	25		
取水方式		流れ込み式		
(3)補助沈砂池				
排砂能力	m³/s	25	3	
巾×長×室数	m	20.0×67.0×2	8.0×41.5×2	
水深	m	4.91	2.99	
(4)補助連絡水路			–	
型式		無圧式トンネル	–	
最大通水量	m³/s	25	–	
延長	m	858	–	
内径	m	3.4	–	
断面		標準馬蹄形	–	
勾配		1/600		
(5)取水口				
型式		前面傾斜、制水ゲート、立坑	開水路	
最大取水量	m³/s	25	3	
巾×高	m	18×27.4	10×8	
利用水深	m	10	ナシ	

(continued)

項目	単位	El Siete No.1	El Siete No.2	合計
(6)導水路				
型式		圧力式トンネル	圧力式トンネル	
最大通水量	m³/s	25	28	
延長	m	3,145	9,109	
内径	m	3.4	3.6	
断面		円形	円形	
条数		1	1	
勾配		1/1,000	1/1,000	
(7)調圧水槽				
型式		円形立坑、ｵﾘﾌｨｽ制水口型	円形立坑、ｵﾘﾌｨｽ制水口型	
高さ	m	43.5	48.2	
内径	m	7.8	9.0	
水位変動（サージング時）	m	EL 1462.6-1429.3 33.3	EL 1085.6-1048.2 37.4	
下部トンネル部（延長×内径）	m	40.0 ×3.40	40.0×3.60	
(8)水圧管路				
型式		地表式 熔接圧力鋼管 ロッカー支台	地表式 熔接圧力鋼管 ロッカー支台	
条数		1条・分岐後2条	1条・分岐後2条	
内径×延長				
本管	m	3.40-2.00 ×1276.51	3.40-2.00 ×1027.2	
分岐管	m	No.1 1.40-1.25 ×24.29	1.40-1.25 ×18.0	
	m	No.2 1.40-1.25 ×11.99		
合計延長		No.1 1,300.8 No.2 1,287.8	1,045.0	
支持方式		ロッカー承支台（12m間隔）	ロッカー承支台（12m間隔）	

(continued)

項目	単位	El Siete No.1	El Siete No.2	合計
(9)発電所位置		Girardot	Pinon	
型式		地表、屋内式	地表、屋内式	
水車型式		タテ軸ペルトン	タテ軸フランシス	
〃 台数		2	2	
建屋 (巾×奥行×高さ)	m	20×55.5×20.8	18×52.0×17.8	
天中走向クレーン (荷重能力×台数)	t	30ton×1	30ton×1	
(10)放水路				
型式		無圧式トンネル	−	
最大通水量	m³/s	25	−	
延長	m	184.7	−	
内径	m	3.6	−	
断面		標準馬蹄形	−	
条数		1	−	
勾配		1/1,000	−	
(11)屋外開閉所				
変圧器 (容量×台数)	KVA	41,600×2	47,000×2	
電圧	KV	230/13.2	230/13.2	
用地 (巾×奥行)	m	94×89	79×102.5	
開閉装置		Ancon Sur 変電所行き	El Siete No.1 発電所行き	
		El Siete No.2 から	Quibdo行き	
(12)送電線				
区間		El Siete No.1 発電所～Ancon sur変電所	El Siete No.2 発電所～No.1 発電所	
電圧	KV	230	230	
延長	km	100	8	
回線数	cct	2	2	
ガイ子数	ケ	13	13	
ケーブル		ACSR 400mm²	ACSR 400mm²	

(continued)

項　　目	単　位	El Siete No.1	El Siete No.2	合　計（平均）
VI 概算工事費				
発　電	10^3 US$	134,740	114,771	249,511
送　電	〃	16,862	1,350	18,212
合　計	〃	151,602	116,121	267,723
内貨：				
発　電	〃	73,882	67,420	141,302
送　電	〃	7,139	571	7,710
合　計	〃	81,021	67,991	149,012
外貨：				
発　電	〃	60,858	47,351	108,209
送　電	〃	9,723	779	10,502
合　計	〃	70,581	48,130	118,711
kW当り建設費	US$／kW	2,021	1,366	1,673
kWh当り建設費	US$／kWh			
保証電力量	〃	0.474	0.308	(0.384)
保証＋2次電力量	〃	0.298	0.197	(0.244)
VII 経　済　性				
年間便益（B）	10^3 US$	21,354	24,056	45,410
年間費用（C）（年経費率12%）	〃	18,192	13,934	32,126
年間超過便益（B－C）	〃	3,162	10,122	13,284
便益・コスト比（B／C）	〃	1.17	1.73	(1.41)
発電原価（年経費率12%）	US ミル／kWh	保証 59	38	(48)
		保証＋2次 37	24	(30)
経済的内部収益率（EIRR）	%	－	－	11.1

4. 概 算 工 事 費

(1) BL Siete No.1 発電所

Item	Description	Measure	Cost (10^3 U.S.$)		
			Total	F.C	L.C
I	Preparation works Land and compensation		6,165	123	6,042
II			32,300	13,171	19,129
II-1	No.1 Dam Care of River		2,680	1,053	1,627
II-2	No.1 Dam		23,360	9,665	13,695
II-3	No.1 Auxiliary Intake Dam and Intake		6,260	2,453	3,807
III			32,500	12,817	19,683
III-1	No.1 Intake		1,650	507	1,143
III-2	No.1 Auxiliary Sedimentation Basin		4,640	1,507	3,133
III-3	No.1 Auxiliary Connection Tunnel		2,510	941	1,569
III-4	No.1 Headrace Tunnel		10,160	3,943	6,217
III-5	No.1 Surge Tank		1,490	556	934
III-6	No.1 Penstock Line		3,000	1,113	1,887
III-7	No.1 Power Station		7,480	3,563	3,917
III-8	No.1 Tailroce Tunnel		690	258	432
III-9	No.1 Sub-station		880	420	451
	Sub - Total	(I - III)	70,965	26,111	44,854
IV	Hydraulic Equipment		16,112	7,533	8,579
V.	Electric-Mechanical Equipment		21,000	15,300	5,700
VI	Telecommunication Eq.		740	590	150
	Sub - Total	(I - VI)	108,817	49,534	59,283
VII	Contingency		14,431	6,260	8,171
VII-1	Civil works		10,645	3,917	6,728
VII-2	Hydraulic & Electric Eq.		3,712	2,284	1,428
VII-3	Telecommunication Eq.		74	59	15
	Sub - Total	(I - VII)	123,248	55,794	67,454
VIII	Engineering and Administration		11,492	5,064	6,428
VIII-1	Civil works		8,161	3,003	5,158
VIII-2	Hydraulic & Electric Eq.		3,331	2,061	1,270
	Sub - Total	(I-VIII)	134,740	60,858	73,882
IX	Transmission Line		16,862	9,723	7,139
IX-1	CIF + Transp + Install		14,194	8,185	6,009
IX-2	Contingency		1,419	818	601
IX-3	Engineering and Administration		1,249	720	529
	Grand - Total		151,602	70,581	81,021

(2) El Siete No.2 発電所

Item	Description	Measure	Cost (10^3 U.S.$)		
			Total	F.C	L.C
I	Preparation works Land and compensation		5,620	123	5,497
II			10,150	4,143	6,007
II-1	No.2 Intake Dam & Intake		10,150	4,143	6,007
III			49,750	18,569	31,181
III-1	No.2 Sedimentation Basin		1,360	471	889
III-2	No.2 Headrace Tunnel		38,240	13,815	24,425
III-3	No.2 Surge Tank		1,810	667	1,143
III-4	No.2 Penstock Line		2,210	807	1,403
III-5	No.2 Powwer Station		4,940	2,297	2,643
III-6	No.2 Sub-station		1,190	512	678
	Sub - Total	(I - III)	65,520	22,835	42,685
IV	Hydrualic Equipment		12,271	4,872	7,399
V	Electric-Mechanical Equipment		13,840	10,080	3,760
VI	Telecommunication Eq.		730	590	140
	Sub - Total	(I - VI)	92,361	38,377	53,984
VII	Contingency		12,513	4,980	7,533
VII-1	Civil works		9,828	3,425	6,403
VII-2	Hydraulic & Electric Eq.		2,612	1,496	1,116
VII-3	Telecommunication Eq.		73	59	14
	Sub - Total	(I - VII)	104,874	43,357	61,517
VIII	Engineering and Administration		9,897	3,994	5,903
VIII-1	Civil works		7,535	2,626	4,909
VIII-2	Hydraulic & Electric Eq.		2,362	1,368	994
	Sub - Total	(I-VIII)	114,771	47,351	67,420
IX	Transmission Line		1,350	779	571
IX-1	CIF + Trnsp + Install		1,136	655	481
IX-2	Contingency		114	66	48
IX-3	Engineering and Administration		100	58	42
	Grand - Total		116,121	48,130	67,991

5. 工事工程と工事期間

工事工程検討の基本事項は以下の通りである。

(1) 運開年次

EL Siete No.1およびNo.2は両発電所が1992年末には完成し、1993年頭初から電力供給ができるよう、EL Siete No.1発電所は1992年8月末営業運転に、EL Siete No.2発電所は同年12月末に運転に入れるものとした。

(2) 工事工程のクリティカル・パス

工事工程の期間を支配するクリティカル・パスとなる工事はEL Siete No.1プロジェクトでは発電所工事と水圧管路の工事であり、一方、EL Siete No.2プロジェクトでは発電所工事か、あるいは導水路トンネルの掘削の進行が地質その他の原因でおくれた場合は導水路トンネル工事となる。

(3) 準備工事

準備工事はＩＣＥＬにより本工事（国際入札で発注され、請負業者が担当する工事）の着工以前に完了しているものとしたがこの期間は10ヶ月間とした。

(4) 詳細設計および入札見積書類の準備期間

このための期間として12ケ月間を考慮したが、この期間には本工事の設計・入札書類の準備も同時に平行して実施するものとした。

(5) 本工事の入札・契約

入札公示後の見積期間は3ヶ月間、入札見積書提出後のエバリエーションおよび契約交渉期間は4ヶ月間とした。

以上の諸条件項を基に各工事につき、工事工程の検討を行った。その結果はEL SieteNo.1プロジェクトについてはDwg.－07、EL Siete No.2はDwg.－08に示す通りである。

— 1986年

1986年5月、ＪＩＣＡよりEL Siete No.1およびNo.2プロジェクトに関するフィジビリティ調査報告書が日本政府より外交ルートを通じて、コロンビア国政府およびＩＣＥＬに提出される。ＩＣＥＬは直ちに同報告書の検討を行うとともに、鉱山エネルギー省に対し、電力開発中長期計画での開発プロジェクトとしてのプライオリティと運開時期の決定および着手の許可を得る。

— 1987年

ＩＣＥＬは年頭にＪＩＣＡ報告書の勧告事項に配慮しながら、本プロジェクトに関する補足調査工事を含む詳細設計および入札書類準備業務に着手し、年末までの12ケ月間で終了を図る。一方、ＪＩＣＡ報告書およびＩＣＥＬの補足書類を国際金融機関に提出するとともに、同国政府にも提出し、本プロジェクトの遂行に必要とする資金の準備、調達を図るり同年末までには本プロジェクトに関する資金調達の見通しを得る必要がある。

— 1988年

ＩＣＥＬは前年末に完了している入札書類に基づき本工事の入札準備に入り、５月には入札公示し、８月には請負業者から入札見積書を提出させる。その結果を検討し、年末までに請負業者の決定を行う。

一方、準備工事に関して少なくとも同年２月には国内請負業者に発注して着工し、年末までには完了させる必要がある。準備工事の主なものは水没補償、国道付替工事、主要構造物の用地買収、仮設変電・配電通信設備工事およびＩＣＥＬの工事管理事務所、宿舎などの建設である。

— 1989年

1989年年頭の１月には本工事に関する請負業者との契約調印を行い、ＩＣＥＬは理事会での承認、直ちに本工事に着手できるようにする。請負業者は１ヶ月の準備期間をおいて現地で本工事を開始するものとする。

国道付替工事、国道からのアクセス道路、 EL Siete No.1ダムでのバイパストンネル工事、防災工事、その他工事地点では各トンネル横坑へのアクセス道路と横坑掘削、コンクリート巻立工事および補助ダム、No.1取水口、No.1補助沈砂池、No.1発電所およびNo.2発電所、および屋外開閉所で明り掘削工事が実施される。

一方、同年２月には発電機器のうち、水車、発電機の入札契約を終了し、工場製作を開始する必要がある。

EL Siete No.1発電所地点ではＩＣＥＬは国内業者に発注して、発電所へのAtrato川を渡河するための永久橋（橋長95ｍ、巾員５ｍ）の鋼橋を建設し、少なくとも1989年３月までには完成させる必要がある。もし、この工事が本工事期間の1989年からの着手とすれば、 EL Siete No.1発電所地点に請負業者によって仮設用橋梁を架設する必要がある。

また、同年10月にはNo.1発電所天井走行クレーンおよび送電線資材の製作開始が必要である。

— 1990年

No.1ダム、No.1補助ダムの左岸部、No.1補助沈砂池では年頭に基礎処理グラウト工事を終了し、構造物コンクリートの打設を開始し、60%の打設を終了させる。一方、No.1導水路トンネルでは横坑掘削を終了、50%の導水路トンネル掘削を進行させるものとする。No.1発電所では基礎コンクリートの打設を年前半に終了させ、同年8月には天井走行クレーンの据付を完了させ、水車の据付を開始する。また、No.1放水路トンネルの掘削を終了させる。No.1屋外開閉所では明り掘削と掘削土転用による盛土工事の大部分を終了させるものとする。

同年8月には送電線工事を開始する。

No.2取水ダムでは左岸構造物のコンクリート打設を終了し、Atrato川を付替え、右岸の明り掘削に入る。No.2導水路トンネルでは本坑のトンネル掘削が本格化し、年内に約70%の掘削工事を終了させる。

No.1、No.2調圧水槽では、年内に立坑掘削・コンクリート巻立工事の大部分を終える。

No.1、No.2水圧管路ではトンネル掘削、明り掘削を終了させ、一部基礎部コンクリートの打設に入る。また、同年1月からペンストック鋼管の工場製作に入るものとする。

一方、No.2発電所では基礎コンクリートの打設を終了させ、同年12月には天井走行クレーンの据付を完了させる。

同年7月には各ゲート・トラッユラックなどの工場製作に入るべく発注契約する。

— 1991年

No.1ダムでは年中期までにダム本体コンクリートの打設を終了、後半はカーテングラウト工事および洪水吐ゲートの据付、土砂吐ゲートの据付を実施する。No.1 補助ダムでは右岸の掘削・基礎処理コンクリート打設を終了させる。

No.1補助沈砂池では、構造物を完了し、年後半には，付帯ゲートの据付を完了、すべての構造物を完成する。

No.1導水路トンネルでは、年前半はトンネル掘削工事であるが年中期にはトン

ネルを貫通させ、年後半はコンクリート巻立工事を実施し、その大部分を完了する。

No.1調圧水槽ではグラウトなど仕上げ工事を年前半で終了させる。

No.1水圧管路では年頭よりペンストックの据付を開始し、その70%の据付工事を終了させる。

No.1発電所では年頭から発電機の据付を開始する。一方、建物の仕上工事を年前半で終了させる。

No.1屋外開閉所では同年10月から機器据付を開始する。

送電線は年間を通じて現地据付工事が実施される。

他方、No.2取水ダムでは右岸部のコンクリート打設を実施し、年末までには完了させる。ダムに付帯するNo.2沈砂池の構造物も年末までに完了させる。

No.2導水路トンネルでは前年に引き続き、トンネル掘削工事を実施するが、同年10月には掘削工事を終了、各横坑とも全線を通じて貫通させる。その後直ちにコンクリート巻立工事に入る。

No.2調圧水槽では、年前半は立坑掘削であるが、年後半にはコンクリート巻立工事に入る。

No.2水圧管路では同年6月からペンストック鋼管の据付を開始する。年内に約70%終了する。

No.2発電所では年頭より発電機の据付を開始する。同時に建物の仕上げ工事を実施、同年中期には完了する。

— 1992年

EL Siete No.1プロジェクトでは年頭3ヶ月間に各構造物ではゲートの据付、グラウト工事、ペンストック鋼管据付の残り部分、発電機の据付、No.1屋外開閉所の機器据付を完了。同年4月から順次機器のテストに入る。テスト期間は4ヶ月間とし、平行して土木構造物の仕上げ工事が実施され、同年9月からEL Siete No.1発電所は運転に入るものとする。

一方、EL Siete No.2プロジェクトでは、No.2取水ダムで洪水吐ゲート据付工事は年前半で終了。No.2沈砂池でもゲート据付工事を平行して実施し、年前半で終了させる。

No.2導水路トンネルでは、コンクリート巻立工事およびグラウト工事を同年8

月までに終了、No.2調圧水槽も同年5月末までに工事を完成させる。No.2水圧管路ではペンストック鋼管の据付工事を同年8月末までに完了し、No.2発電所およびNo.2屋外開閉所では同年7月末までに機器の据付を完了させる。送電線は同年5月末までに完了させる。

同年9月からは EL Siete No.1発電所でテストを終了した技術グループが EL Siete No.2に移動し、機器のテストに入る。

テスト期間は4ヶ月間とし、1993年1月から EL Siete No.2発電所は運転に入るものとする。（各工事工程についてDwg.－7、Dwg.－8参照）

以上、工事工程につき記述した通り、本工事に関する工事期間は EL Siete No.1発電所では44ヶ月間（3年8ヶ月間）、一方、 EL Siete No.2発電所では48ヶ月間（4年間）である。但し、両者とも1989年1月に本工事に着手し、完成は前者1992年8月末、後者1992年12月末となる。

6．ま　と　め

ＪＩＣＡ調査団は今回のAtrato川水力発電開発計画のうち、El Siete No.1 (75MW) およびEl Siete No.2 (85MW) 水力計画のフィジビリティ調査の検討結果をふまえ、コロンビア電力公社（ＩＣＥＬ）に対して、以下の諸事項を勧告するものである。

(1) El Siete No.1 (75MW) およびNo.2 (85MW) 計画、合計160MW の水力開発は現在コロンビア国がその電力連系系統内で建設あるいは計画を進めている水力プロジェクトに比して、その規模では中級と言えるが、経済性に優れていること、早期開発が可能であること、社会開発効果が多大であること等を考慮し、国家企画庁（ＤＮＰ）で作成される電力開発中長期計画に組入れ、次の段階の調査・設計を進めることを勧告する。

(2) 本計画はコロンビア国内でも後進性をもつChoco 県における開発プロジェクトであり、しかも、Medellin市を中心とする経済圏に属することに留意し、Choco 県開発の糸口とすべきである。

(3) 本計画はコロンビア国の主要幹線国道沿いに位置し、交通の便も良く、水没補償、環境問題も小さく、早期に着工できる条件が整っている。しかも工事費の額からみて、資金調達も比較的容易であることおよび技術的問題も少ない点を考慮し、早期着工可能地点として、準備を進めるべきである。

本プロジェクトは労働力の雇用機会を提供し、民生の安定に連ながるものであることにも留意すべきである。

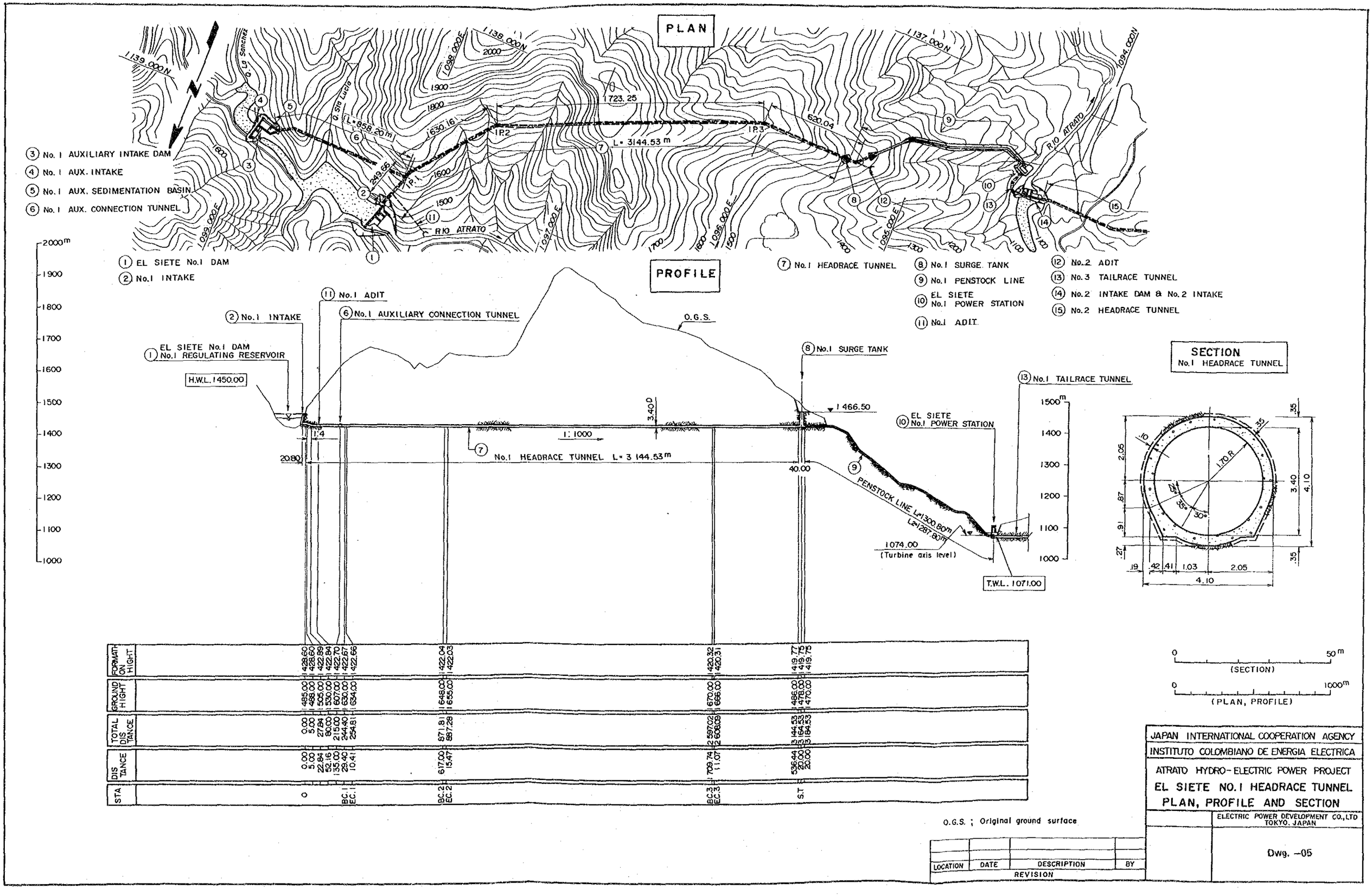
(4) 本計画を次の段階に進める場合、以下に示めす補足調査を実施し、精度の高い資料を得たあと、詳細設計に入る必要がある。

－El Siete　No.1発電所地点およびNo.2取水ダム地点のＩＣＥＬ作成の地形図は川床部の精度が劣る。そのため調査団は航空写真から水準点を使用して、標点を行ない、地形図を修正して使用した。したがって詳細設計を実施する前に川床部の標高を実測でチェックする必要がある。

－今回実施された地質調査は初歩的段階のものであり、詳細設計を実施するに当たっ

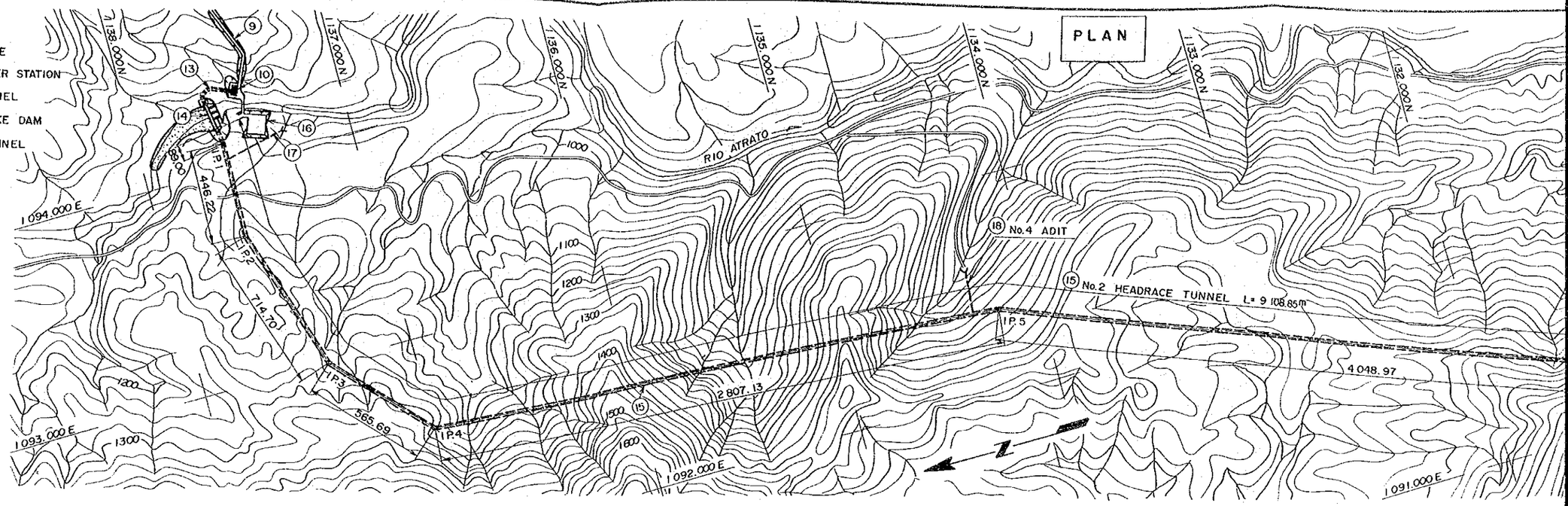
てはEl Siete No.1およびNo.2発電所地点、No.2取水ダム地点につき、地質に関する補足調査を実施し、その結果を詳細設計に反映させるべきである。今後詳細設計の段階までには報告書の勧告に従って追加調査を実施すべきである。

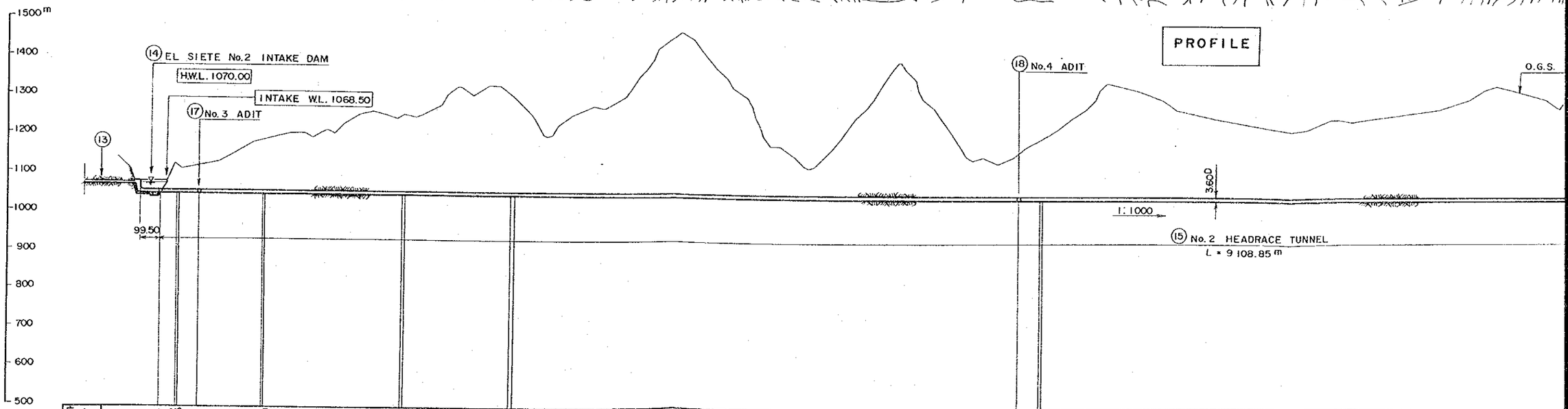
－新設したGirardot測水所はNo.2取水ダム地点の流量を測定するものであり、もっとも重要な基礎資料を提供する観測所であるので今後とも水位観測、雨量観測および流量測定を継続して実施する必要がある。



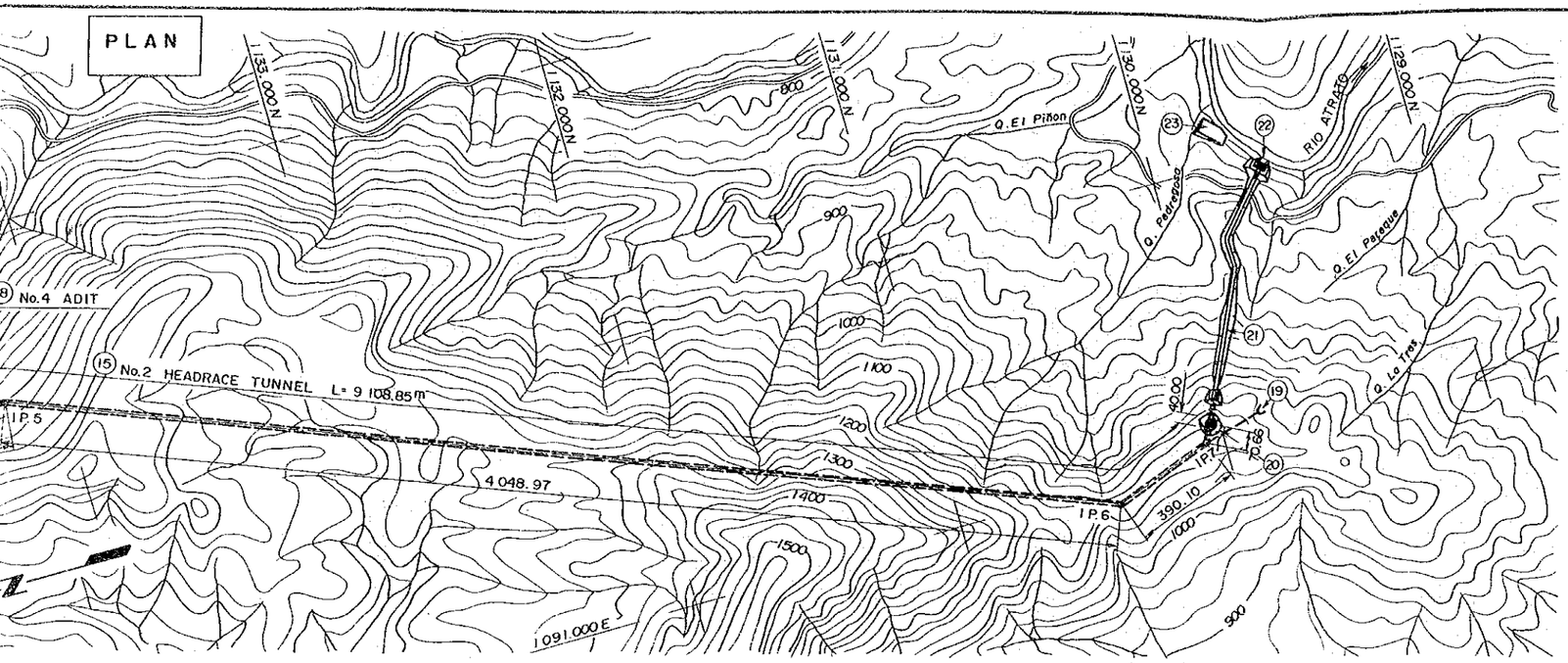
STA	DIS TANCE	TOTAL DIS TANCE	GROUND HIGHT	FORMATION HIGHT
0	0.00	0.00	485.00	428.60
	5.00	5.00	488.00	428.60
	22.84	27.84	505.00	422.89
	52.16	80.00	530.00	422.84
BC.1	135.00	215.00	607.00	422.70
EC.1	29.40	244.40	630.00	422.67
	10.41	254.81	634.00	422.66
BC.2	617.00	871.81	648.00	422.04
EC.2	15.47	887.28	655.00	422.03
BC.3	709.74	2 597.02	670.00	420.32
EC.3	11.07	2 608.09	666.00	420.31
S.T.	536.44	3 144.53	486.00	419.77
	20.00	3 164.53	478.00	419.75
	20.00	3 184.53	470.00	419.75

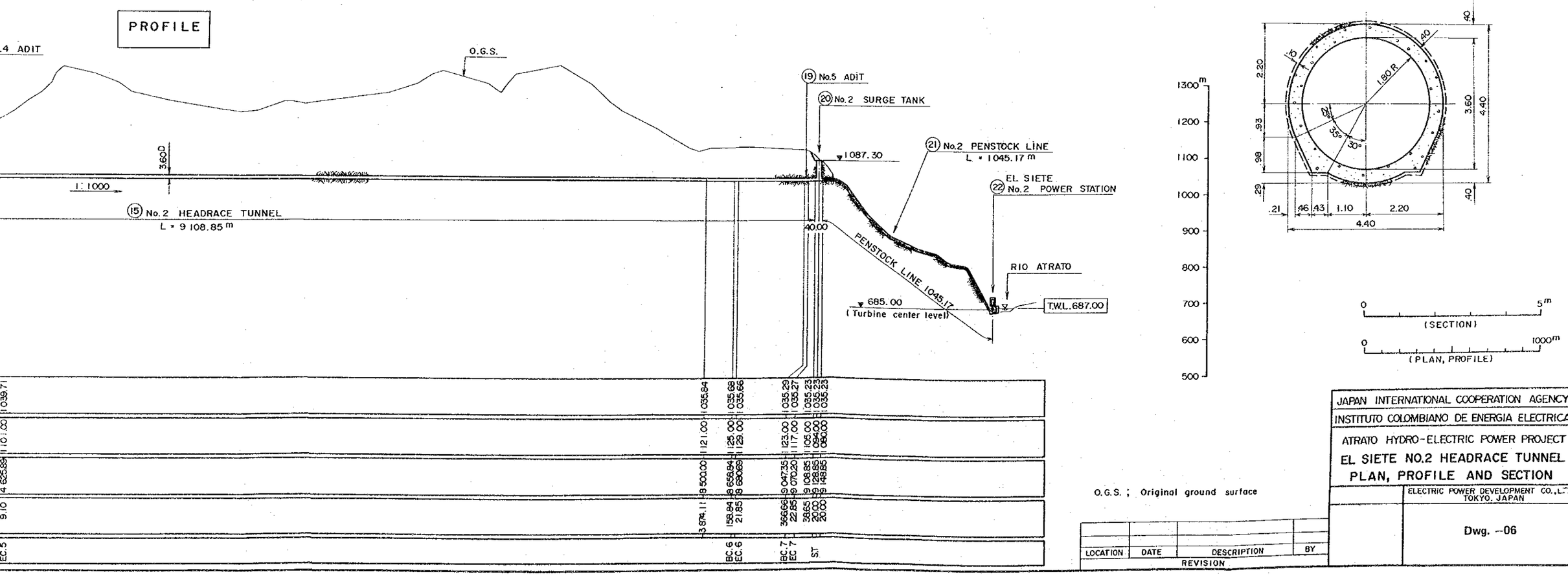
(9) No.1 PENSTOCK LINE
(10) EL SIETE No.1 POWER STATION
(13) No.1 TAILRACE TUNNEL
(14) EL SIETE No.1 INTAKE DAM
(15) No.2 HEADRACE TUNNEL
(16) No.1 SUB-STATION
(17) No.3 ADIT





STA	DISTANCE	TOTAL DISTANCE	GROUND HIGHT	FORMATION HIGHT
0	0.00	0.00	1044.34	
BC.1	85.86	85.86	1044.00	
EC.1	6.26	92.12	1044.25	
	107.88	200.00	1044.00	1044.14
BC.2	329.87	529.87	1043.00	1043.81
EC.2	10.54	540.41	1043.00	1043.80
BC.3	702.15	242.56	1043.00	1043.10
EC.3	14.18	256.74	1043.00	1043.08
BC.4	547.27	1804.01	1300.00	1042.53
EC.4	21.42	1825.43	1292.00	1042.51
No.4 ADIT	2674.57	4500.00	1160.00	1039.84
BC.5	116.79	4616.79	1095.00	1039.72
EC.5	9.10	4625.89	1101.00	1039.71





LOCATION	DATE	DESCRIPTION	BY

REVISION

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA

ATRATO HYDRO-ELECTRIC POWER PROJECT

EL SIETE NO.2 HEADRACE TUNNEL

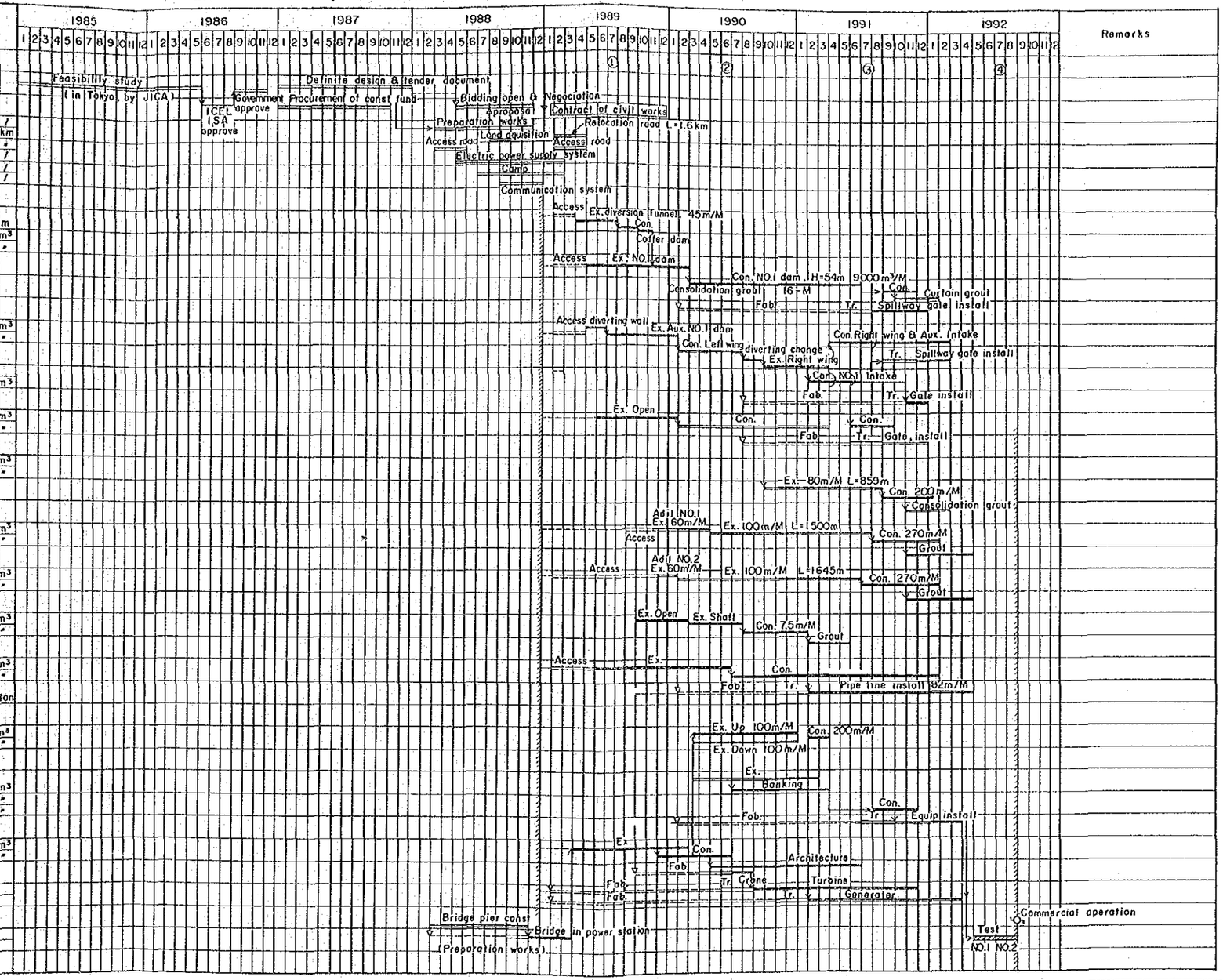
PLAN, PROFILE AND SECTION

ELECTRIC POWER DEVELOPMENT CO., LTD
TOKYO, JAPAN

Dwg. -06

El. Siete NO.1 Hydro Electric Power Station's Construction Schedule

Item		Quantity	
Study, Preparation of tender & Contract			
I-1 Preparation works			
Land aquisition		LS	/
Relocation road (open)		1.60	km
Bridge & Access road		9.20	"
Electric power supply system		LS	/
Camp		LS	/
Communication system		LS	/
Ⓐ- El Siete NO.1 Power station			
II-1. NO.1 dam core of river, Diversion Tunnel		357	m
II-2. NO.1 dam H=55m	Excavation	557,720	m³
	Concrete	143,300	"
III-3 NO.1 Aux. Intake dam H=25m	Excavation	112,800	m³
	Concrete	35,780	"
III-1 NO.1 Intake	Excavation	–	
	Concrete	5,810	m³
III-2 Auxiliary Sedimentation Basin	Excavation	82,900	m³
	Concrete	18,640	"
III-3 Auxiliary Connection tunnel L=859m	Excavation	13,380	m³
	Concrete	5,060	"
III-4 NO.1 Headrace tunnel			
NO.1 Adit LA=320m, Lt=1,500m	Excavation	21,980	m³
	Concrete	8,530	"
NO.2 Adit LA=120m, Lt=1,645m	Excavation	24,100	m³
	Concrete	9,350	"
III-5 NO.1 Surge tank H=45.05m	Excavation	13,960	m³
	Concrete	1,890	"
III-6 NO.1 Penstock tunnel L=178m	Excavation	100,540	m³
	Concrete	12,080	"
Steel pipe line install L=1,231m		1,950	ton
III-8 Tailrace tunnel L=185m	Excavation	3,430	m³
	Concrete	1,440	"
III-9 NO.1 Sub-station	Banking	51,300	m³
	Excavation	61,870	"
	Concrete	1,350	"
III-7 NO.1 Power station	Excavation	124,490	m³
	Concrete	11,500	"
Architecture			
Turbine			
Generator			
Other Equipment			
Bridge	L=95m, B=5m		
Test.			
Transmission Line			



Symbols

- Preparation works by Contractor.
- Fab — Machine & Equipment fabrication.
- Transportation in sea & inland.
- Installation of machine & Equip.
- Civil works
- Access — Access road's construction by contractor.
- Contract
- Commercial operation.

LOCATION	DATE	DESCRIPTION	BY

REVISION

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA

ATRATO HYDRO-ELECTRIC POWER PROJECT

EL SIETE NO.1 POWER STATION

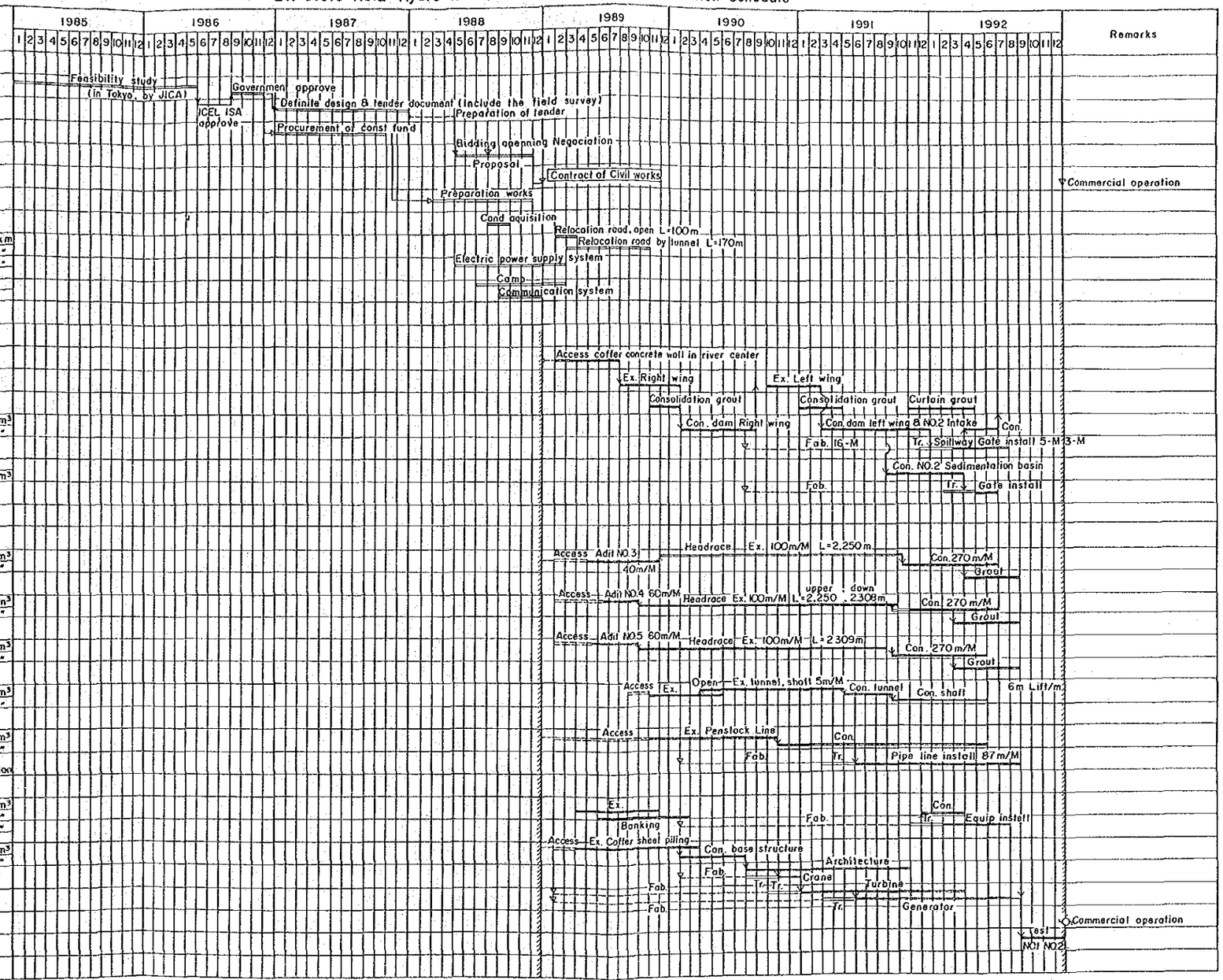
CONSTRUCTION SCHEDULE

ELECTRIC POWER DEVELOPMENT CO.,LTD
TOKYO, JAPAN

Dwg. –07

El. Siete NO.2 Hydro Electric Power Station's Construction Schedule

Item		Quantity	
Study, Preparation of tender & contract			
I-1 Preparation works			
Land aquidition			
Relocation road (open)		0.1	km
" " (tunnel)		0.17	"
Bridge & Access road		8.10	"
Electric power supply system		LS	
Camp		LS	
Communication system		LS	
Ⓑ-El. Siete NO.2 Power station			
II-1 NO.2 Intake dam and NO.2 Intake H=35m	Excavation	226,590	m³
	Concrete	60,070	"
III-1 NO.2 Sedimentation Basin	Excavation	—	
	Concrete	9,950	m³
III-2 NO.2 Headrace tunnel			
NO.3 Adit LA=280m, Lt=2,250m	Excavation	38,070	m³
	Concrete	15,180	"
NO.4 Adit LA=200m, Lt=Up=2,250m Down=2,300m	Excavation	76,990	m³
	Concrete	30,700	"
NO.5 Adit LA=265m Lt=2,309m	Excavation	39,060	m³
	Concrete	15,580	"
III-3 NO.2 Surge tank H=50.27m	Excavation	15,650	m³
	Concrete	2,430	"
III-4 NO.2 Penstock tunnel L=67m	Excavation	74,150	m³
	Concrete	9,610	"
Steel pipe Line L=1,301m		2,150	ton
III-6 NO.2 Substation	Banking	28,200	m³
	Excavation	49,600	"
	Concrete	3,340	"
Equipment			
III-5 NO.2 Power station	Excavation	71,800	m³
	Concrete	9,420	"
Architecture			
Turbine			
Generator			
Other Equipment			
Test			
Transmission Line			



Symbols

- Preparation works by Contractor.
- ▽Fab Machine & Equipment fabrication.
- Transportation in sea & Inland.
- Installation of machine & Equip.
- Civil works.
- Access Access road's construction by contractor.
- ▽ Contract.
- Commercial operation.

LOCATION	DATE	DESCRIPTION	BY

REVISION

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA

ATRATO HYDRO-ELECTRIC POWER PROJECT

EL SIETE NO.2 POWER STATION CONSTRUCTION SCHEDULE

ELECTRIC POWER DEVELOPMENT CO.,LTD TOKYO, JAPAN

Dwg. -08

JICA