

第11章 基本設計

修復計画の最適案であるALT-1に対する基本計画は次の通りである。

11.1 施設設計

11.1.1 工作物の設計基準

施設の設計に当り構造物には次の基準を適用する。

- (1) 取水堰は15m以下の重力式コンクリートダムとし設計洪水流量はゲートを設けない越流部より安全に流下出来るようにする。
- (2) 取水口と取水堰の間に土砂吐を設ける。土砂吐の水路幅は堆砂の除去を考慮してCAT D4C級（全幅1.83m，重量6.85ton）ブルドーザーの出入が出来るようにする。
- (3) 取水口は河川とほぼ直角に取水出来るように設け、入口に設けたスクリーンを通る流入速度は0.5～1.0 m/s程度とする。
- (4) 沈砂池は0.075 mm粒径以上の粒子が除去できる容量とする。
- (5) 水路（開水路）のFree boardは0.3mとする。
- (6) 水槽の規模は設計流量の2分間相当の容量とする。
- (7) 水圧管路は実用性を重視し、既往実例を参考に管径を決める。

11.1.2 主要構造物の改修設計

(1) 取水設備

新設する取水堰は越流頂EL. 2,357m，越流長20m，設計洪水流量 220 m³/sをHWL2,360.5mで流下させる。越流水深は3.50mとなる。

取水口敷はEL. 2,355mで土砂吐敷EL. 2,352mより3m高く、形状は幅3m，高さ2mで呑口での流入速度は0.5m/sとなる。取水口前面にはスクリーンを設ける。土砂吐の幅は2.50mとし敷勾配は土砂の流水による排除を容易にするため1:5とする。

取水口の水路入口にはゲートを1門設ける。

取水堰前面には年平均2 m³/日堆積すると予想される土砂を定期的に流水又は機械的な方法で除去し、これらの土砂は土捨場に收容する。

(2) 水路

水路の通水容量は、水路断面と水路勾配が異なることから流れを不等流として取扱い検討する。

(a) 計算式

水路の流れは次式により任意の断面についてその流量に対応する水位をもとめる。

$$i \cdot \Delta x + \Delta H = \alpha \cdot Q^2 / 2 \cdot g \times (1/A_1^2 - 1/A_2^2) + n^2 Q^2 / 2 \times (1/R_1^{4/3} A_1^2 + 1/R_2^{4/3} A_2^2) \Delta x \quad (2)$$

ここに

α = 流速分布に関する補正係数 (普通は約 1.1)

i = 底勾配

H = 流れの水深 (m)

A = 断面積 (m²) Suffix (1) は下流断面, (2) は上流断面

R = 径深 Suffix (1) は下流断面, (2) は上流断面

Q = 流量 (m³/s)

n = Coefficient of Roughness

適当な距離 Δx 離れた 2 つの断面間の水位差 ΔH を仮定すれば上流断面の水位は図-11.1 に示すようになる。

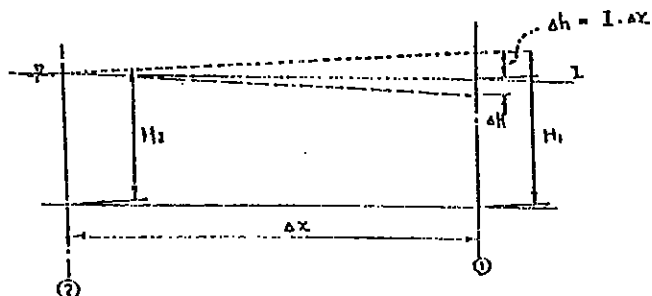


図-11.1 不等流計算

H_1 , H_2 に対する A_1 , R_1 及び A_2 , R_2 を求めて (2) 式の右辺に代入し、右辺と左辺の値を比較し、一致するまで ΔH を修正し続ける。流れが射流の場合は計算を上流から下流に向かって進める。

(b) 粗度係数に影響する事項

既設水路の材質と現状から見て粗度係数に影響している主要な要素には次の事項がありこれらを参考にして値を予測する。

1. Surface Roughness

底質が細かい場合の n の値は小さく、水位の変化による影響は比較的小さい。一方、底質が砂利や玉石である場合の n の値は一般に大きく、水位が低い時と高い時には特に著しい。

2. 植生

植物は著しく水路の通水容積を減少させ流れを阻害する。その影響は主として植物の高さ、密生の程度、分布およびその種類によって値は異なる。

3. 断面の規則性

潤辺の不規則性と水路に沿う横断面、大きさおよび形状の変化とを含めて値に影響する。水路横断面、大きさおよび形状の変化が緩やかで一様であれば n の値はあまり影響しないがこれらの変化が急激であって、また大小の断面が交互に続く場合には n の値の増加は 0.005 あるいはそれ以上になることがある。

4. 曲線型

曲率半径が大きく滑らかに湾曲する水路では n の値は比較的小さいが、蛇行が著しくて湾曲が鋭い場合は n の値が増加する。

5. 沈澱と洗掘

物質の沈澱は場合によって非常に不規則な水路を比較的一様な水路に変えて、 n を減少させることがあるが、洗掘は逆に n を増加させる。沈澱による効果は主として堆積する物質に支配される。

6. 水位と流量

水位および流量が増加すれば n の値は減少する。

7. 浮遊材料と掃流材料

浮遊物質および掃流物質はエネルギーを消費して水頭損失を生じるか、あるいは見掛け上の水路粗度を増加させる効果がある。

(c) 粗度係数

各種材料についてのマンニングの粗度係数を表-11.1に示す。

表-11.1 Manningの粗度係数

	最 小	平 均	最 大
鋼			
1. ロックバーおよび溶接	0.010	0.012	0.014
2. リベットおよびねじ	0.013	0.016	0.017
鋳鉄			
1. 塗装	0.010	0.013	0.014
2. 塗装なし	0.11	0.014	0.016
コンクリート			
1. 暗渠、直線で堆積物がない	0.010	0.011	0.013
2. 暗渠、屈曲部や継目があって若干の堆積物がある。	0.11	0.013	0.014
3. 仕上げしたもの	0.011	0.012	0.014
4. 打放し、滑らかな木製型枠	0.012	0.014	0.016
5. 砂利を露出している古いコンクリート面 コンクリート（底面はこて仕上げ、側面は次のようにする）	0.015	0.016	0.018
1. 化粧石練り積み	0.015	0.017	0.020
2. 雑石練り積み	0.017	0.020	0.024
3. 粗石空積み又は捨石 内面に水苔の生えている水路は+0.002を加える。	0.020	0.030	0.035

(d) 余裕高

水路の余裕高は水面の不確実さによる安全性を保持するために用いる。余裕高の最小値として0.30mを採用する。

(e) 計算結果

計算結果は図-11.2に示す。計算結果によると14断面、延 700m区間で10~50cmの嵩上げが必要になる。水路の拡幅は図面JB-C-01, JB-C-02に示し、土砂の流入を防止するためにコンクリート製の蓋を設ける。

WATER-LEVEL OF NONUNIFORM FLOW

Q=4.0 m³/s
Q=3.0 m³/s
Q=2.0 m³/s

CHANNEL BOTTOM LEVEL
GROUND LEVEL

EL. 2357
2356
2355
2354
2353
2352
2351
H=1:8000
V=1:60

WATER-LEVEL OF NONUNIFORM FLOW (EL. m) (Q=2.0 m ³ /s)	WATER-LEVEL OF NONUNIFORM FLOW (EL. m) (Q=3.0 m ³ /s)	WATER-LEVEL OF NONUNIFORM FLOW (EL. m) (Q=4.0 m ³ /s)	CHANNEL BOTTOM LEVEL (EL. m)	GROUND LEVEL (EL. m)	SECTIONAL DISTANCE (m)	DISTANCE MARK
2351.02	2351.83	2351.80	2350.00	2351.07	0.000	K2+370
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	50.000	K2+320
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	100.000	K2+270
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	150.000	K2+220
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	200.000	K2+170
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	250.000	K2+120
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	300.000	K2+070
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	350.000	K2+020
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	400.000	K1+970
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	450.000	K1+920
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	500.000	K1+870
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	550.000	K1+820
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	600.000	K1+770
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	650.000	K1+720
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	700.000	K1+650
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	750.000	K1+620
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	800.000	K1+570
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	850.000	K1+520
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	900.000	K1+470
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	950.000	K1+420
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	1000.000	K1+370
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	1050.000	K1+320
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	1100.000	K1+270
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	1150.000	K1+220
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	1200.000	K1+170
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	1250.000	K1+120
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	1300.000	K1+070
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	1350.000	K1+020
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	1400.000	K1+000
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	1450.000	K0+950
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	1500.000	K0+900
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	1550.000	K0+850
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	1600.000	K0+800
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	1650.000	K0+750
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	1700.000	K0+700
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	1750.000	K0+650
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	1800.000	K0+600
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	1850.000	K0+550
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	1900.000	K0+500
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	1950.000	K0+450
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	2000.000	K0+400
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	2050.000	K0+350
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	2100.000	K0+300
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	2150.000	K0+250
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	2200.000	K0+200
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	2250.000	K0+150
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	2300.000	K0+100
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	2350.000	K0+050
2351.11	2351.72	2351.73	2350.15	2351.44	2400.000	K0+000

Fig. 11.2 Relation of Water Level and Channel

(3) 沈砂池

(a) 沈降速度

流水中の土砂が流下するときの沈降速度は次式で示される。

$$V_s = (S - 1) g / 18 \nu \times D^2$$

ここに

V_s = 沈降速度 (cm/s)

D = 球体としての粒子の径 (cm)

S = 粒子の比重

g = 加速度 (980 cm/s²)

ν = 粘性係数 (cm/s)

Rubeyによる石英粒子 ($S = 2.65$, $T = 16^\circ \text{C}$) の沈降速度と粒径の関係を図-11.3に示す。

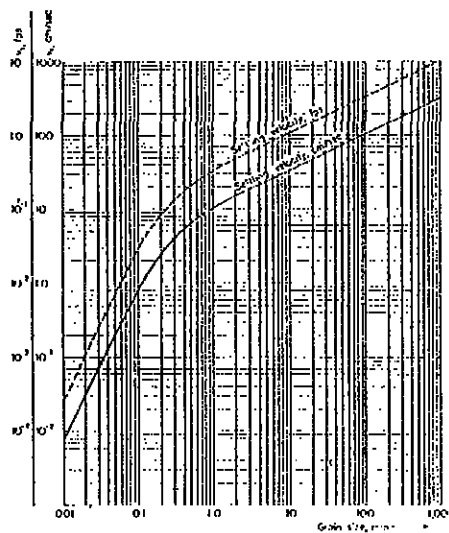


図-11.3 粒径と沈降速度

図-11.3に示す粒径と沈降速度の関係をもとに沈砂池での流水中の土砂の除去を検討する。

(b) 形状

沈砂池の形状は次式により求める。

$$L = h / v \times B \times C$$

ここに

L = 沈砂池の長さ (m)

h = 沈砂池での沈降水深 (m)

v = 土砂の沈降速度 (m/s)

B = 沈砂池内の平均流速 (m/s)

C = 係数

沈砂池の幅は 9.0m 平均水深は 2.90m で平均流速は約 0.10m/s となる。沈砂池の縦断勾配は 1/14 である。

(c) 堆砂の除去

沈砂池は年平均 2 m³/day が予想される土砂は流水と共に又は池を空虚にすることにより現沈砂池を經由して河川に放流することが可能である。

(4) 水槽, 水圧管路

水槽容量を確保するため 2 列の隔壁を除去することにより使用水量の 122 秒分の容量を確保する。

余水吐 (自由越流長 7 m 越流頂 El. 2351.20 m, 越流水深 0.40 m) は山側に設け、現余水路に代えて鉄管路 (φ 0.70 m, 管内流速 7.8 m/s) を水圧管路と併設し河川まで安全に導水し排水する。

水圧管路は図-11.4 に示す関係より管路は 1 条 φ 1.10 m 管内流速 3 m/s とし支持方式はリングガーダ方式とする。水圧管路入口にはゲート 1 門スクリーン 2.0 × 1.5 m, 土砂吐用ゲート 1.10 × 1.10 2 門を新品と入替える。

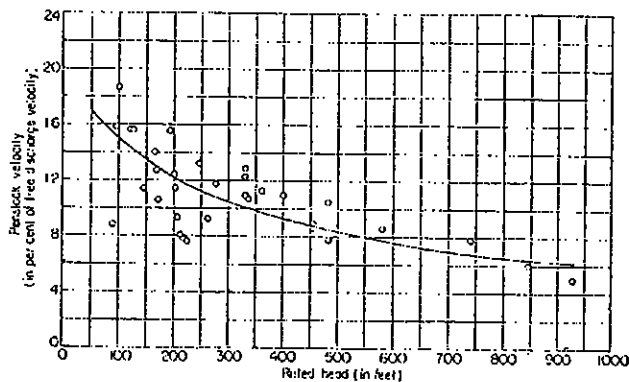


図-11.4 既存設備の落差と流速 (自由落下のときの流速との比) *

* Handbook of Applied Hydraulics Editor DAVIS and SORENSEN

(5) 発電所

発電所の位置は地形が急峻で平地が少ないが基礎岩盤も露頭しており現発電機4台分の敷地があることから特に問題はない。建屋は鉄管路、機器据付け上新設する。

11.1.3 ゲート、バルブ類の仕様と諸元

本施設に設けるゲート、バルブ類の概要を表-11.2に示す。

表-11.2 ゲート、バルブ類の概要

名称	制水ゲート	排砂ゲート	スクリーン	排砂ゲート	制水ゲート	スクリーン	排砂ゲート
用途	取水用	土砂吐排砂用	除塵用	沈砂池排砂用	水圧管路取水用	水槽除塵用	水槽排砂用(2門)
型式	鋼製スルースゲート	木製スルースゲート	固定式	鋼製スルースゲート	鋼製スルースゲート	固定式	木製スルースゲート
幅×高	1.90m×2.30m	2.90m×2.30m	3.0m×3.0m	1.40m×1.40m	1.40m×1.40m	2.0m×1.50m	1.40m×1.40m
設計水深	10m	11m	—	5m	5m	—	5m
止水方式	後方四方水密	後方四方水密	ラック間隔100mm	後方四方水密	後方四方水密	ラック間隔100mm	後方四方水密
操作方式	スピンドル式	スピンドル式		スピンドル式	スピンドル式		スピンドル式
巻揚装置	エンジン及び手動	エンジン及び手動		手動	エンジン及び手動		手動
巻揚速度	0.1m/分	—	勾配1:0.3	—	0.1m/分	勾配1:0.3	—
巻揚人力	10kg	—		—	10kg		—
揚程	3m	3m	—	2m	2m	—	2m
鋼材重量	2t	ゲート類1.5t	1.6t	ゲート類0.3t	ゲート類1.0t	0.8t	ゲート類0.2t
巻揚機	2t			巻揚機0.3t	巻揚機1.0t		巻揚機0.2t

巻揚機は排砂ゲートと兼用する。

11.1.4 発電機器の標準仕様

発電機器として、水車・発電機の仕様を次の様に定めた。

(1) 水車・発電機の台数

水車・発電機の補修、点検が交互に行えること並びに発電機器の停止による損益を軽減することから水車・発電機は2台を設置することとした。

(2) 水車の仕様

1) 機種

計画地点の有効落差および流量が決定されれば、図-11.5から水車の機種が選定される。

修復発電計画の最適案に対する機種の選定は次の通りとなる。

代替案	修復発電計画		図-11.5から 選定される機種	機種の選定
	水車1台当りの流量 (m^3/s)	有効落差 (m)		
ALT-1	1.5	143	横軸フランシスまたは横軸ペルトンのいづれも採用可	横軸フランシス (注-1参照)

注-1 水車・発電機の費用が安価なフランシス水車を選定した。

フランシス水車はペルトン水車より高い値の比速度(Ns)を採用出来るので回転速度を高く設定することが可能でその結果、水車・発電機の費用が安価となる。

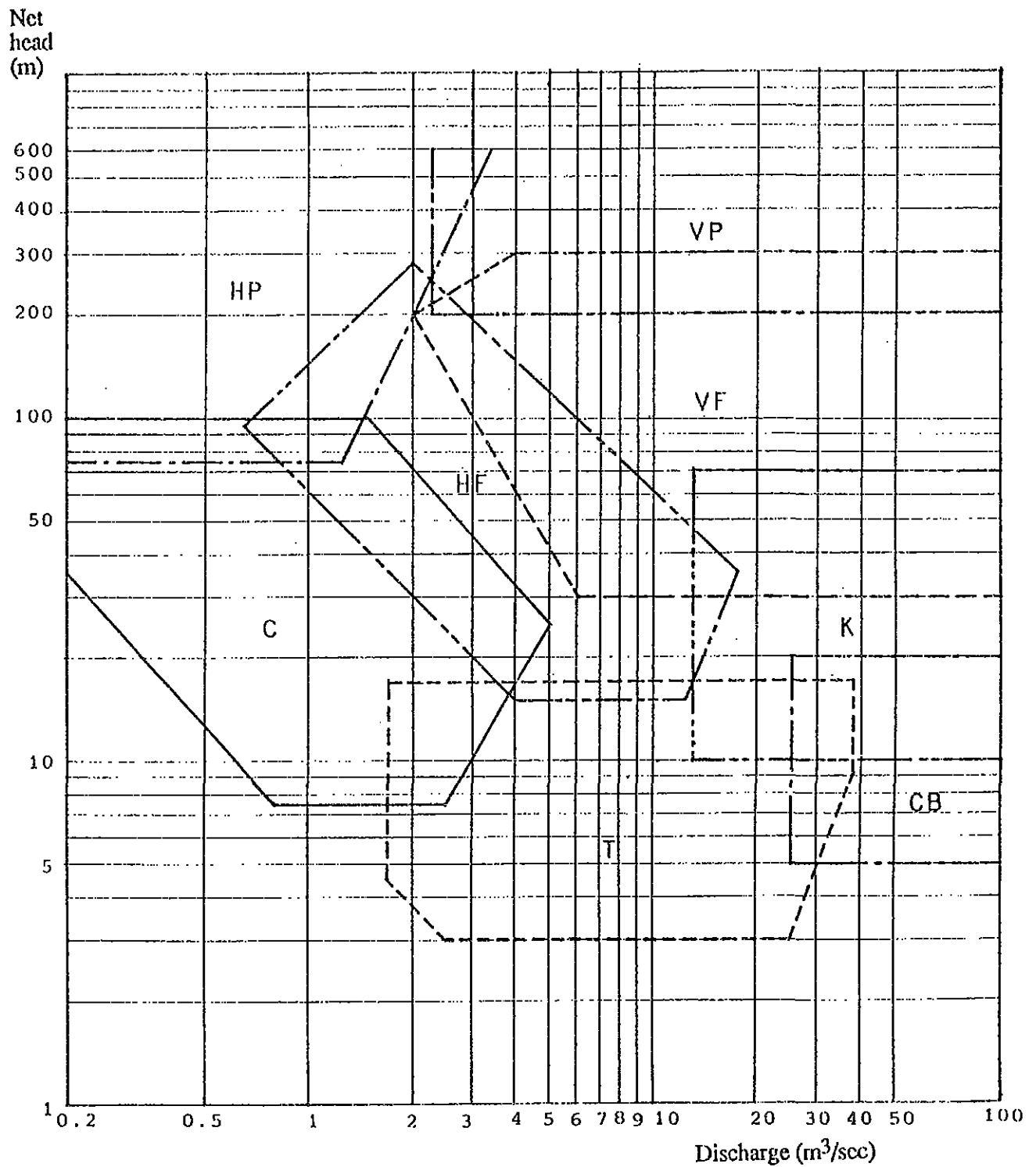
2) 出力

水車1台当りの出力は修復発電計画の最適案に対して次の通りとなる。

代替案	修復発電計画		水車の予想効率 η_r	水車の出力 P_r (kW)
	水車1台当りの流量 Q (m^3/s)	有効落差 H (m)		
ALT-1	1.5	143	0.879	1.850

水車の出力(kW)は次の式で計算される。

$$P_r = 9.8 \times Q \times H \times \eta_r \quad (\text{kW})$$



KEY

- H = horizontal shaft type
- V = vertical shaft type
- P = Pelton turbine
- F = Francis turbine
- K = Kaplan turbine
- C = cross flow turbine
- T = tubular turbine
- CB = conduit type bulb turbine

(Source: Enterprise Bureau, Gunma Prefectural Government)

Fig. 11.5 Turbine Type Selection Table

3) 回転数

水車の回転数は次の順序により定める。

フランスス水車の場合、比速度 N_s の限界は次式で示される。

$$N_s \leq \frac{20,000}{H+20} + 30 \text{ (m-kW)} \dots\dots\dots ①$$

ここで

H = 有効落差 (m)

また、水車の回転数 N は次式で示される。

$$N = N_s \times \frac{H^{5/4}}{P^{1/2}} \text{ (rpm)} \dots\dots\dots ②$$

ここで

N_s : 比速度 (m-kW), ①式で求めた値

H : 有効落差 (m)

P : 水車の出力 (kW)

さらに、発電機の同期速度 N は次式で示される。

$$N = \frac{120f}{\text{Pole}} = \frac{120 \times 60}{\text{Pole}} = \frac{7,200}{\text{Pole}} \text{ (rpm)} \dots\dots\dots ③$$

ここで

f : 周波数

Pole : 極数

③式で求める N は、②式で求めた N の値より低くて、それに最も近い値になるような極数を選ぶ。

③式で求めた N の値を②式に代入して比速度 N_s を決定する。

修復発電計画の最適案に対し、計算結果を示すと下表の通りとなる。

代替案	有効落差	水車の出力	極数	比速度	回転数
	H (m)	P (kW)	Pole	Ns (m-kW)	N (rpm)
ALT-1	143	1,850	6	104	1,200

(3) 発電機の仕様

1) 冷却方式

発電機の冷却は、屋内より大気中の空気を吸い込み屋内へ直接排気する方式とする。

2) 定格電圧

既設の配電線 6.6kVが本発電所からPasio市へ設置されているため発電機電圧は配電線電圧と同じ 6.6kVとして直接既設配電線につなぎ込む。

3) 力率

大容量の発電機は、電力系統への無効供給の目的を考慮して力率を 0.8～0.85とするが、小容量の発電機はその必要性が少ないので、経済性を重視して力率を 0.9とする。

4) 極数

水車の回転数を決める際に、発電機の極数が決定されているので、前述の水車の仕様を参照のこと。

5) 発電機の容量

発電機 1 台当りの容量は修復発電計画の最適案に対して次の通りとなる。

代替案	修復発電計画		水車の 予想 効率 η_T	発電機の 予想効率 η_G	発電機 の 容量 (kW)	力率	発電機 の 容量 (kVA)
	水車 1 台当りの流量 Q (m ³ /s)	有効落差 H (m)					
ALT-1	1.5	143	0.879	0.95	1,755	0.9	1,950

発電機の容量 (kW) は次の式で計算される。

$$P_G = 9.8 \times Q \times H \times \eta_T \times \eta_G \quad (\text{kW})$$

11.1.5 電気装置の標準仕様

発電機に附属した電気装置並びに変電所の電気設備に対して次の様に機器の仕様を定めた。

(1) 励磁装置

発電機の励磁方式は保守点検の簡便さを重視して、ブラシレス励磁方式とする。

(2) 接地方式

発電機の地絡電流の値を小さくおさえて発電機の保護をするために高抵抗接地の一種である変圧器接地方式とする。

(3) スイッチギア

発電機回路にはスイッチギアとして次の電気品を収納する。

- しゃ断器
- 避雷器
- 計測用変流器，変圧器
- 励磁用変圧器
- 所内用変圧器
- 低圧分電盤

(4) 直流装置

発電機の励磁回路への初期励磁並びに制御盤への直流電流供給のために、充電器と鉛バッテリーを設置する。

(5) 制御・保護リレー盤

水車・発電機のスタート，停止及び発電機しゃ断器の同期投入並びに速度調整等に必要な装置は全て水車・発電機制御盤に設置されており、一人の運転員にて操作が出来るものである。

また、発電機の保護リレー盤には発電機回路の保護に必要なリレーが設置されていて、事故の発生によりリレーが動作することで水車・発電機の停止と同時にブザーとフリッカーで運転員に知らせるものとする。

(6) 変電所機器

変電所機器としては、6.6kVから13.2kVに昇圧するための変圧器がRio Mayo発電所へ移され本発電所には存在していないため、新たに発電機容量に見合った変圧器を一台設置する。

(7) 配電線

本発電所と連係された既設の6.6kV並びに13.2kV配電線網が存在している。既存設備の概況は、発電設備・施設の概況の章で述べた通りである。本調査の段階においては、既設配電線の修復あるいは改良の費用は考慮にいけないものとする。

11.2 施工計画

11.2.1 工事施工条件の検討

現発電所は休止中であり修復工事の進捗具合を拘束する条件は特にない。他の利水、漁業等の既得権も特にない。水圧管路工事に伴う掘削土砂の河川への転落は環境悪化に連なるので対応策が必要である。

11.2.2 準備工事

(1) 締切り、水替え

取水設備の施工に先だって転流工を行う。現河川は流路を左岸側に転流し右岸側を締切る。締切りは土砂による盛土とその表面を流水の浸食から保護する蛇籠、土俵等を用いて行う。右岸側の締切った中では取水口、土砂吐と取水堰の一部を施工する。右岸側の施工後、築造された土砂吐を利用して河川を右岸側に切替えてから残りの左岸側を締切り、取水堰の残部を完成させる。河川処理対象流量は工期1年として低いコンクリートダムでもあり年1～3回の確率流量を採用すると5 m³/sとなる。

11.2.3 工専用アクセス道路工事

工専用アクセス道路は既存の2つの道路が考えられる。1つはPasto市よりPasto川の右岸沿いに測水所(Universidad)を経て水路の中間点に至るルート、他の1つはP.A.ハイウェイ(Pasto~Popayan)よりヘアピン道路で前者と同じく水路の中間点に至るルートである。

前者は測水所から約0.1km下流で河川の洗掘で約50m間の道路の擁壁が倒壊している。後者は線形がヘアピンで勾配が急であることから現状では降雨時の仕様は困難で路面の改良と線形の一部修正が必要となる。

2つのアクセス道路はそれぞれに問題を含んでおり実施にあたっては詳細な検討を行ってからいずれかの選択を行う。

11.2.4 工専用仮設備

主な工専用仮設備には次のものがある。

1. インクライン設備
2. 掘削設備
3. コンクリート設備
4. 索道設備

(1) インクライン設備

水圧管路および発電所の掘削、コンクリート、発電機器搬入用を使用する。インクラインは水圧管路の傾斜面に沿って敷設し軌道上に台車を走行させる。本設備の安全性を考慮して次の安全装置を備える。

- a. 巻上げ機は空気操作式非常ブレーキを備える。
- b. 台車非常停止装置を備える。
- c. 電氣的故障表示装置を備える。

インクラインの容量は2 ton 程度とする。

(2) 掘削設備

主要な掘削箇所は、取水設備、沈砂池と水圧管路でありそのうち岩掘削の工事量で多いのは水圧管路である。取水設備と沈砂池は主として土砂掘削でありショベル式小型掘削機械(0.22m, 5.4ton)とトラック(4t)を使用する。水圧管路の岩掘削はシンカ(空気消費量 2.0m³/min, 重量14kg)2台, コンプレサー(可搬式5m³/min, 吐出圧力7kgf/cm², 重量1ton)1台の組合せで水槽より発電所のにむかって切り下がる。

(3) コンクリート設備

コンクリートは0.5m³ミキサー2台を用いて打設する。骨材瓶(砂, 砂利)とセメント倉庫は取水口と水槽付近に設ける。

コンクリート用及び粗石コンクリート用の玉石は取水口付近の段丘堆積物から入手可能である。砂利は左岸(水路の対岸)の碎石場より粒径を調整して入手可能である。砂, セメント及び鉄筋はPaslo市内より入手することになる。

11.2.5 工事工程

工事工程は表-11.3に示す。

表-11.3 Julic Bravo水力発電所修復計画全体工程表

年 月	1989			1990			1991			1992			1993			1994			1995			1996								
	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12		
修復計画調査	[Horizontal bar spanning from 1989.3 to 1990.3]																													
修復計画審査	[Horizontal bar spanning from 1990.3 to 1990.6]																													
主要土木構造物設計及 書類作成	[Horizontal bar spanning from 1991.3 to 1991.6]																													
入札及裁定	[Horizontal bar spanning from 1992.3 to 1992.6]																													
交渉と契約調印	[Horizontal bar spanning from 1992.6 to 1992.9]																													
融資交渉期間	[Horizontal bar spanning from 1991.6 to 1992.3]																													
発注	[Horizontal bar spanning from 1992.9 to 1993.3]																													
建設工事	[Horizontal bar spanning from 1993.3 to 1995.3]																													
流量観測等資料集積	[Horizontal bar spanning from 1989.3 to 1990.3]																													

注) 建設工事期間の詳細は表-11.4参照

Table 11.4 Construction Period

			1st Year										2nd Year										3rd Year																
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
Intake Facilities	Removal work	1 LS			////																																		
	Earthwork	3,600 m ³					=====																																
	Concrete	2,200 m ³								=====																													
	Gate, screen	1 LS																																					
	Protection work	1 LS																																					
Desilting Basin	Earthwork	1,700 m ³																																					
	Concrete	280 m ³																																					
	Gate	1 LS																																					
Conduction Channel	Earthwork	-																																					
	Concrete	740 m ³																																					
	Protection work	1 LS																																					
Head Tank	Removal work	1 LS			////																																		
	Earthwork	160 m ³																																					
	Concrete	200 m ³																																					
	Gate, screen	1 LS																																					
	Protection work																																						
Penstock	Removal work	1 LS			////																																		
	Earthwork	2,000 m ³																																					
	Concrete	760 m ³																																					
	Penstock	78 t																																					
	(incl. spillway)																																						
Powerhouse	Removal work	1 LS			////																																		
	Earthwork for foundation	480 m ³																																					
	Foundation concrete	360 m ³																																					
	Powerhouse building	280 m ³																																					
	Equipment No.1																																						
Tailrace	Earthwork																																						
	Concrete																																						
Substation	Earthwork																																						
	Concrete																																						
	Equipment																																						
Preparatory Work	Access road	1 LS	○	○																																			
	Others				○	○																																	

(Note): M: Manufacturing, Te: Testing, Tr: Transportation, I: Installation

11.3 工事費

11.3.1 積算基本条件

(1) 積算方針

(a) 積算工事費の構成

プロジェクトに関する概略工事費は以下の項目で構成されている。

土木工事費

直接工事費+予備費+技術管理費

機器工事費

F. O. B+海上輸送費+陸上運送費+各種関税+据付費+試験費
(含輸送保険) (含輸送保険)

+予備費+技術管理費

(b) 土木工事費の算定

- 直接工事費は、各種工事数量×単価で表わされる。
- 各種工事数量は、添付図 JB-C-03～JB-C-07 を基に積算した。
- 単価には、直接仮設費 (A. I. U) としてコロンビアで通常採用されている30%を考慮した。
- 予備費および技術管理費としては、ISAが通常水力プロジェクトに適用している直接工事費に対する下記比率で算定した。

予備費 直接工事費×15%

技術管理費 (直接工事費+予備費) ×10%

(c) 機器工事費の算定

機器工事費は、ISAが通常水力プロジェクトに適用しているF. O. B及び直接工事費に対する下記比率で算定した。

— F. O. B	100.0%	
— 海上輸送費	F. O. Bの10.0%	
— 海上輸送保険	F. O. Bの2.0%	
— TAXES	} F. O. Bの22.3%	3.15 × 1.105
— LAW 68		2.0 × 1.105
— LAW 50		8.0 × 1.105
— PROEXPO		5.0 × 1.105

--- ADDED VALUE TAX	F. O. Bの13.4%	上記計の10%
— 陸上輸送及保険費	F. O. Bの6.0%	
— 据付費	F. O. Bの10.0%	
— TEST, CONNECTION	F. O. Bの6.0%	
直接工事費（上記計）	F. O. Bの169.7%	
予備費	F. O. Bの17.0%	直接工事費の10%
技術管理費	F. O. Bの14.9%	直接工事費+予備費8%

(d) 工種の分類

Julio Bravo水力発電所の工事費積算は下記工種分類により行った。

取水ダム及取水口	；	土工事，既設コンクリート斫り，コンクリート玉石コンクリート，鉄筋，ゲート，スクリーン，蛇籠
沈砂池	；	土工事，コンクリート，鉄筋，ゲート，スクリーン
導水路	；	土工事，コンクリート，鉄筋，石積
水槽	；	土工事，既設コンクリート斫り，コンクリート，鉄筋，ゲート，スクリーン，法面保護
水圧鉄管	；	土工事，コンクリート鉄筋，管工事
発電所	；	土工事，コンクリート，鉄筋，建物（新設及改造），既設コンクリート斫り
変電所	；	土工事，コンクリート，鉄筋

また、発電設備については以下の通り分類した。

水車および付属機器
発電機および付属機器
水車・発電機制御盤
発電機用スイッチギア
所内変圧器，分電盤，バッテリー，充電器
主変圧器

(e) 積算年次

積算年次は、ICELとの打合せの結果1989年9月時点で積算した。

(2) 土木工事単価

1989年9月時点の単価としてCEDENARにより準備された単価（前出 5.4）を使用する。

尚この単価には、工事中仮設のキャンプ、電源、通信施設等の費用も含まれるものとする。

(3) 機器のF. O. Bコスト

日本国内メーカー2社の見積りを取りその最低価格の90%をF. O. Bコストとした。

11.3.2 土木工事費内訳

ALT-1に対する土木工事費の内訳は次紙の通りである。

No.	Description	Unit	Quantity	Rate	Estimated Amount	Remarks
Julio Bravo		Q = 3 m ³ /s			ALT - 1	
1. Diversion Weir & Intake						
1.1	Earthwork	m ³	1,500	990	1,485,000	
1.2	Concrete Work	m ³	1,200	20,500	24,600,000	
1.3	Cyclopean Concrete	m ³	1,000	10,000	10,000,000	
1.4	Reinforcing Bar	ton	12	300,000	3,600,000	
1.5	Gate	ton	5.5	1,100,000	6,050,000	
1.6	Screen	ton	1.6	1,000,000	1,600,000	
1.7	Concrete Demolition	m ³	10	10,000	100,000	
	Subtotal	-	-	-	47,435,000	
2. Desilting Basin						
2.1	Earthwork	m ³	1,700	990	1,683,000	
2.2	Concrete Work	m ³	280	20,500	5,740,000	
2.3	Reinforcing Bar	ton	23	300,000	6,900,000	
2.4	Gate	ton	0.6	1,100,000	660,000	
2.5	Concrete Demolition	m ³	10	10,000	100,000	
2.6	Penstock (Ø 1.0)	ton	2	815,000	1,630,000	
	Sub Total	-	-	-	16,713,000	
3. Conduction Channel						
3.1	Gabion	m ³	10	8,00	88,000	
3.2	Concrete Work	m ³	590	20,500	12,095,000	
3.3	Reinforcing Bar	ton	47	300,000	14,100,000	
3.4	Cyclopean Concrete Work	m ³	150	10,00	1,500,000	
	Sub Total				27,783,000	

No.	Description	Unit	Quantity	Rate	Estimated Amount	Remarks
4.	Head Tank					
4.1	Earthwork	m ³	160	990	158,400	
4.2	Concrete Work	m ³	190	20,500	3,895,000	
4.3	Reinforcing Bar	ton	15	300,000	4,500,000	
4.4	Gate	ton	2.8	1,100,000	3,080,000	
4.5	Screen	ton	0.8	1,000,000	800,000	
4.6	Concrete Demolition	m ³	80	10,000	800,000	
	Sub Total		-	-	13,233,400	
5.	Penstock					
5.1	Earthwork	m ³	1,000	990	990,000	
5.2	Concrete Work	m ³	760	20,500	15,580,000	
5.3	Reinforcing Bar	ton	23	300,000	6,900,000	
5.4	Penstock	ton	78	815,000	63,570,000	
	Subtotal		-	-	87,040,000	

No.	Description	Unit	Quantity	Rate	Estimated Amount	Remarks
6.	Foundation of Equipm't					
6.1	Earthwork	m ³	240	1,900	456,000	
6.2	Concrete Work	m ³	260	20,500	5,330,000	
6.3	Reinforcing Bar	ton	20	300,000	6,000,000	
6.4	Concrete Demolition	m ³	60	10,000	600,000	
6.5	Cyclopean Concrete	m ³	100	10,000	1,000,000	
	Sub Total	-	-	-	13,386,000	
7.	Powerhouse					
7.1	Building	m ³	282	50,000	14,100,000	
	Sub Total	ton	-	-	14,100,000	
8.	Temporary Facilities					
8.1	Inclined Way	L.S.			7,000,000	
8.2	Cable Way	L.S.			4,000,000	
	Sub Total				11,000,000	
9.	Grand Total				230,690,400	

11.3.3 発電機器予算内訳

ALT-1に対する発電機器の予算内訳は下記の通りである。

FOB Cost of Electric & Mechanical Equipment (ALT-1)		
No.	Description	FOB cost (百万円)
1	Water Turbine and Auxiliary Equipment	156
2	Generator and Auxiliary Equipment	32.4
3	Turbine and Generator Control Panel	13.6
4	Switchgear for Generator	13.6
5	Auxiliary Service Transformer, Distribution Board, Battery and Charger	3.5
6	Main Transformer	6.5
	Total	225.6

11.3.4 年度別工事費

全体工事費及び工事工程表に基づき年度別工事費を算定すると次表の通りである。

年度別土建工事費の概算（金額単位 10^6 ペソ）

項目	比較代替案		出力増加案			
	現状復旧案		ALT-1		ALT-2	
	REH-1		1年度	2年度	1年度	2年度
取水堰及取水口工事	51.7	10.0	51.7	10.0	51.7	10.0
沈砂池工事	10.0	—	21.7	—	30.4	—
水路工事	—	33.5	2.0	34.1	7.3	36.1
水槽工事	1.0	15.5	1.0	16.2	1.0	18.0
水圧管路工事	29.0	69.2	30.5	82.6	34.6	113.4
機器基礎工事	9.0	8.4	9.0	8.4	9.0	8.4
発電所建屋工事	—	18.3	—	18.3	—	18.3
仮設備	14.3	—	14.3	—	14.3	—
その他雑工事	—	—	—	—	—	—
① 計	115.0	154.9	130.2	169.6	148.3	204.2
② Contingency ① $\times 0.15$	17.3	23.2	19.5	25.4	22.2	30.6
③ Eng. Fee (①+②) $\times 0.10$	13.2	17.8	15.0	19.5	17.1	23.5
④ 計 ①+②+③	145.5	195.9	164.7	214.5	187.6	258.3
⑤ Output Loss	0	0	0	0	0	0
⑥ 総計 ④+⑤	145.5	195.9	164.7	214.5	187.6	258.3

第12章 結論及び序言

プレ・フィージビリティ調査（1987年11月から1988年6月までの8ヶ月間）に引続いて実施したJulio Bravo水力発電所の修復計画に関するフィージビリティ調査（1988年11月から1990年3月までの17ヶ月間）に対するJICA調査団の結論をまとめると以下の通りである。

12.1 最も実現性の高い設備計画

現在、水圧管路の破損と発電機器の故障により運転を1983年以降停止しているJulio Bravo水力発電所の修復計画において、技術的ならびに経済的な見地から最も実現性の高い修復の計画概要を示すと次の通りである。

表-12.1 修復後の最適設備概要

項 目		単 位	記 述 内 容
(1) 発 電 計 画 の 諸 元	最大使用水量 (Q)	m ³ /s	3.0
	基準有効落差 (H _e)	m	143.0
	理論出力	kW	4,200
	最大出力 (P)	kW	3,500
	発電機器台数	台	2
	年間可能発電電力量 (E)	GWh	29,406
	設備利用率	%	97
(2) 土 木 構 造 物 の 諸 元	取水堰	型式 寸法	m 直線重力式コンクリートダム 高さ 10.0 越流頂長 20.0
	排砂ゲート	型式 ゲート数 寸法	門 m 木製スルースゲート 1 巾 2.90 高さ 2.30
	取水口	型式 寸法	m 無圧式 矩形 巾 4.0 高さ 3.0
	取水ゲート	型式 寸法	m 鋼板製スルースゲート 巾 1.9 高さ 2.3
	沈砂地	形状 寸法	m 底取り式・矩形開水路 巾 9.0 平均深さ 2.9 長さ 50.0
	土砂吐ゲート	型式 ゲート数 寸法	門 m 鋼板製スルースゲート 1 巾 1.4 高さ 1.4
	水路	形状 延長 寸法	m m 合形 暗渠 2,400 平均巾 1.9 平均深さ 1.7
	水槽	形状 寸法	m 矩形 平均巾 7.0 平均深さ 2.0 長さ 46.0
	水槽ゲート	型式 寸法	m 鋼板製スルースゲート 巾 1.4 高さ 1.4

(2) 土木構造物の諸元	水圧管路	条数 径 巨長	条 m m	1 φ1.10 230
	余水路	条数 径 巨長	条 m m	1 φ0.7 270
	発電所	形状 寸法	m	矩形 RC構造 巾 24.0 奥行 16.0
	放水路	形状 寸法	m	矩形 巾 3.0 高さ 2.0
(3) 発電機器設備の諸元	水車	型式 台数 出力 回転数	kW rpm	横軸フランシス 2 1,850 1,200
	発電機	型式 台数 出力 極数 回転数	kVA pole rpm	同期発電機 2 1,950 6 1,200
	主変圧器	型式 台数 電圧 容量	kV kVA	油入自令 1 6.6/13.2 3,900
(4) 修復工事費	発電機器	外貨分 現地貨分	千円 千円	324,600 130,100
	土建工事費	外貨分 現地貨分	千円 千円	0 143,800
	プロジェクトコスト		千円	598,500
	建設コスト	kW当り kWh当り	千円/kW 円/kWh	171 20.4

12.2 経済指標

現実性を評価する一般的な指標として電力連系公社 (ISA) が1987年6月に発刊した評価基準 (General Criteria Vol-1) にkW当りの建設コストとkWh当りの平均発電コストが挙げられている。これ等の経済指数についての検討結果は9章に述べた通りであるが、表-12.1に挙げた最適修復計画案のケースについて、指標を抜粋して示すと次の通りである。

kW当りの建設コスト…………… 171千円/kW
年間供給電力量の平均発電コスト…………… 2.0円/kWh

12.3 運転・維持・管理用のマニュアル

維持管理マニュアルは、電力供給の安定確保に万全を期すとともに、施設された設備を常に正常状態に保守するための規則であり、本来各電力会社ごとに独自の運営方針に沿って定められるべきものである。

本Julio Bravo水力発電所の場合、修復により水車、発電機および主変圧器等の発電機器設備はすべて新品に取替えられるので機器納入メーカーからそれぞれの仕様に応じた運転・維持・管理用のマニュアルが提示される。

したがって本報告書では主要土木構造物および発電機器設備の保守点検のための汎用管理マニュアルを要約版の附属資料に収録してある。

12.4 修復計画に関連する技術的助言

本Julio Bravo水力発電所の修復計画が実現化し、フィージビリティ調査段階から基本設計ならびに詳細設計の段階に移行していく過程の中で、留意しておくべき事項を参考として記述する。

(1) 流域内の地形・地質・植生等の調査

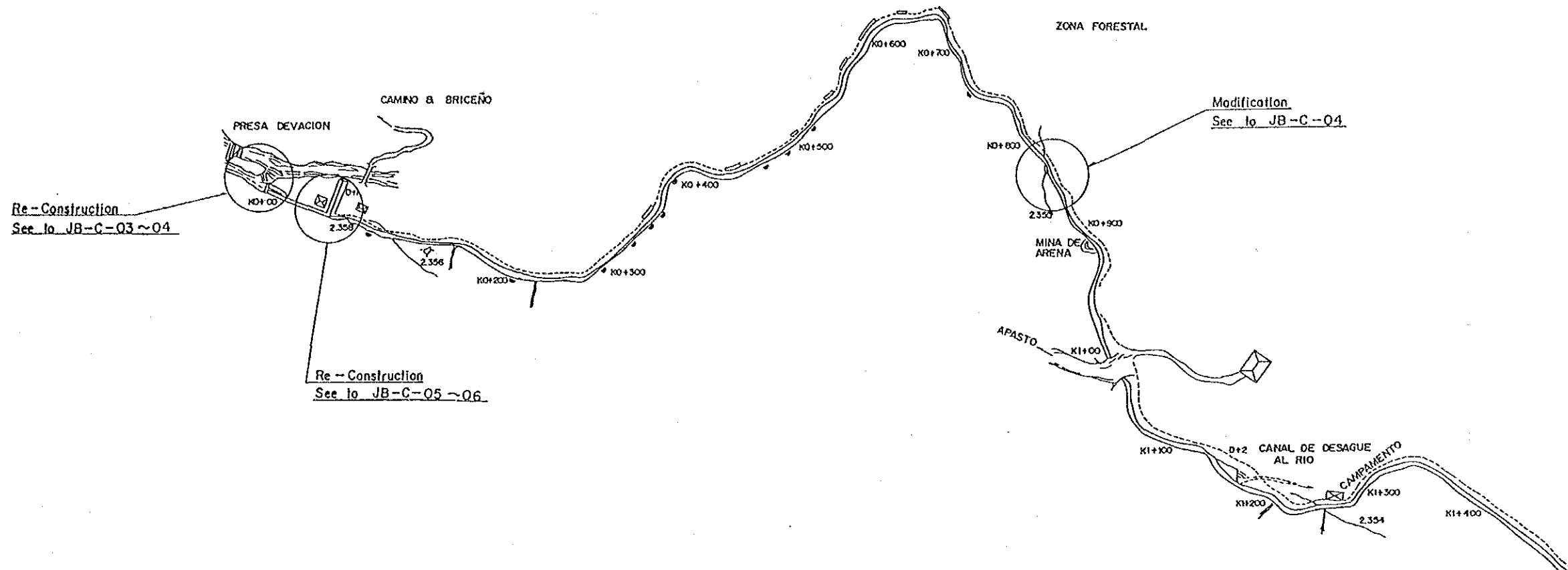
出来れば、航空写真から縮尺1/10,000~1/5,000の地形図を図化し、流域内の地形・地質・植生等の特性把握のための現況調査を実施しておくことが望ましい。取水口地点ならびにUniversidad測水所地点の流域面積も確認する。

(2) 河川流況に関する確認作業

流量観測データ入手先であるHIMAT所管のUniversidad測水所で使用しているRating curveを実測によって確認しておくことが望ましい。併せて定期的な水質検査を継続的に実施し、季節的なバラツキの有無を確認する。また、測水所地点および取水口地点における流域面積を縮尺1/10,000～1/5,000の地形図を用いて確認する。

圖 面 集

Title	Drawing No.
General Plan and Profile of Existing Plant	JB-C-01
General Plan and Profile of Existing Plant	JB-C-02
Diversion Weir and Intake, Plan	JB-C-03 (1/2)
Diversion Weir and Intake, Section	JB-C-03 (2/2)
Desilting Basin Plan and Section	JB-C-04 (1/2)
Desilting Basin Section	JB-C-04 (2/2)
Head Tank, Plan and Sections	JB-C-05
Penstock, Plan and Sections	JB-C-06
Powerhouse, Plan and Sections	JB-C-07
Duration Curves	JB-H-01
Geological Plan and Profile	JB-G-01
One Line Diagram	JB-E-01

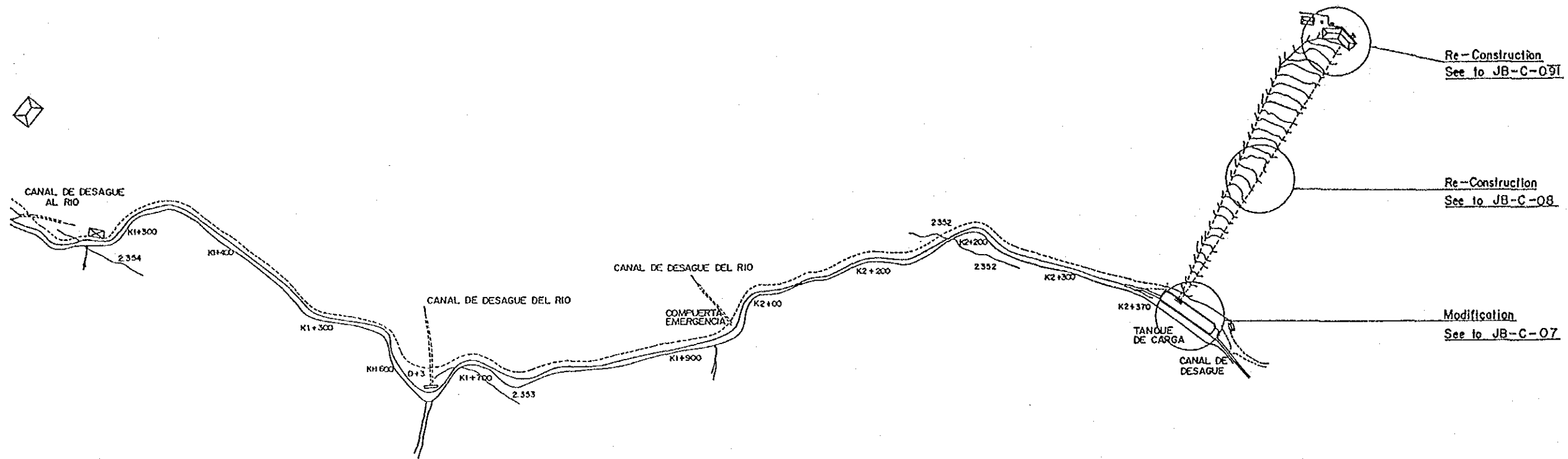


MARK SHEET	MARK	DISTANCE (m)	ACCUMULATE (m)	CHANNEL BOTTOM LEVEL (m)	WATER SURFACE LEVEL (m)
	KO+00	00	00	2356.00	2355.85
	KO+30	30	30	2354.76	
	KO+50	50	50	2354.72	
	KO+70	70	70	2354.68	
	KO+120	50.00	120.00	2354.56	2355.85
	KO+170	50.00	170.00	2354.34	2355.77
	KO+220	50.00	220.00	2354.33	2355.72
	KO+270	50.00	270.00	2353.95	2355.55
	KO+320	50.00	320.00	2353.92	2355.57
	KO+370	50.00	370.00	2353.90	2355.36
	KO+420	50.00	420.00	2353.84	2355.28
	KO+500	100.00	520.00	2353.63	2355.24
	KO+600	100.00	620.00	2353.47	2355.24
	KO+670	50.00	670.00	2353.42	2355.29
	KO+720	50.00	720.00	2353.44	2355.34
	KO+800	100.00	820.00	2353.39	2355.12
	KO+900	100.00	920.00	2353.23	2354.84
	KO+970	50.00	970.00	2353.15	2354.63
	KI+000	50.00	1,020.00	2353.04	2354.51
	KI+070	50.00	1,070.00	2352.90	2354.54
	KI+120	50.00	1,120.00	2352.80	2354.73
	KI+140	20.00	1,140.00	2352.78	2354.59
	KI+200	80.00	1,220.00	2352.69	2354.08
	KI+270	50.00	1,270.00	2352.55	2354.09

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)
 INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA (ICEL)
 FEASIBILITY STUDY ON SMALL-SCALE POWER PLANTS
 REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA

**EXISTING PLANT
GENERAL PLAN AND PROFILE**

DRAWING NO.	JB-C-01
SCALE	DATE

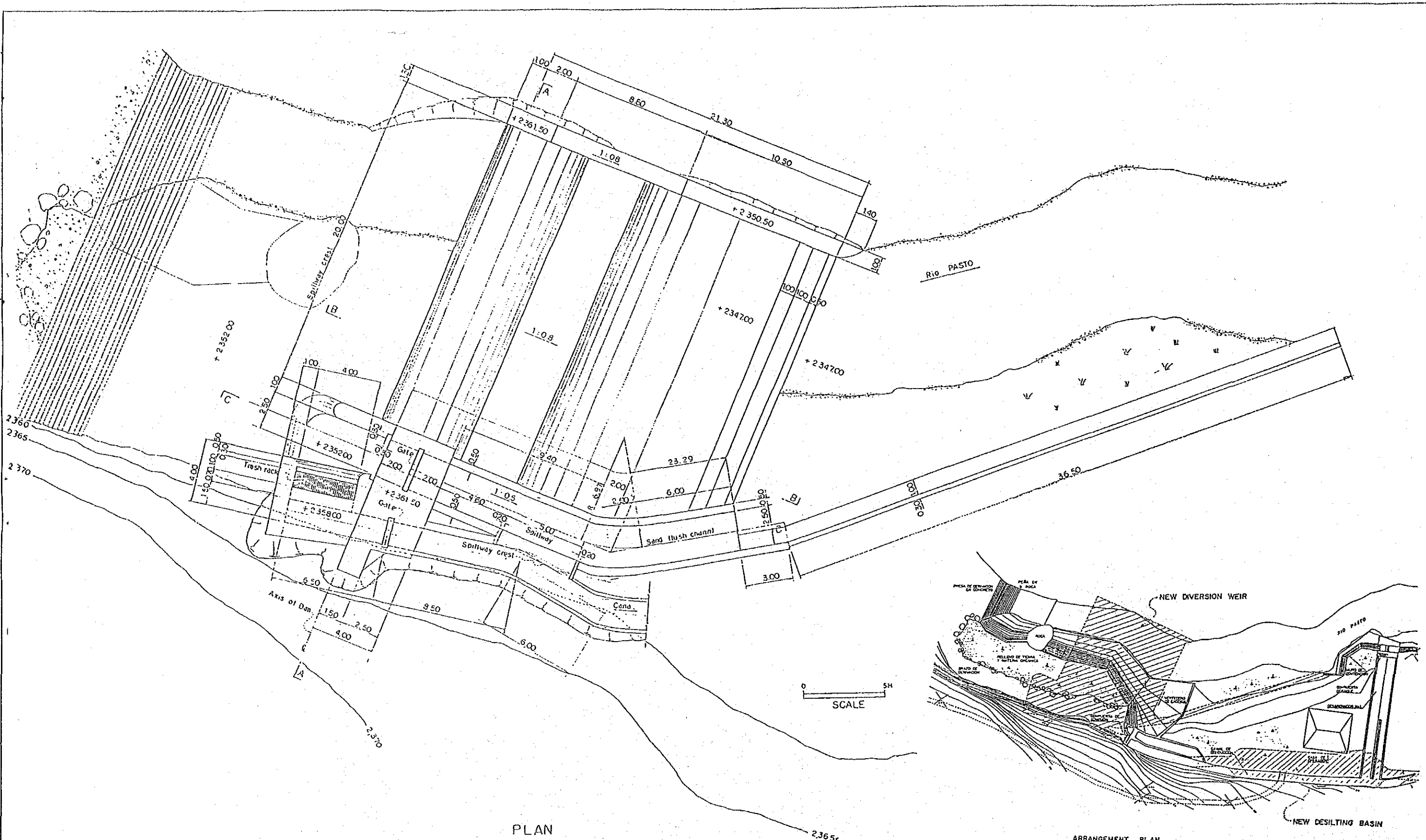


MARK SYMBOL	DISTANCE (m)	COORDINATE (m)	CANAL BOTTOM LEVEL (m)	WATER SURFACE LEVEL (m)
K1+270	50.000	1.27000	2.352.55	2.354.08
K1+320	50.000	1.32000	2.352.44	2.353.96
K1+370	50.000	1.37000	2.352.36	2.353.82
K1+420	50.000	1.42000	2.352.28	2.353.74
K1+470	50.000	1.47000	2.352.20	2.353.76
K1+520	50.000	1.52000	2.352.11	2.353.59
K1+570	50.000	1.57000	2.352.01	2.353.57
K1+620	50.000	1.62000	2.351.90	2.353.53
K1+650	30.000	1.65000	2.351.84	2.353.50
K1+720	70.000	1.72000	2.351.47	2.352.98
K1+770	50.000	1.77000	2.351.37	2.352.96
K1+820	50.000	1.82000	2.351.26	2.352.92
K1+870	50.000	1.87000	2.351.16	2.352.82
K1+920	50.000	1.92000	2.351.06	2.352.68
K1+950	30.000	1.95000	2.350.99	2.352.59
K1+970	20.000	1.97000	2.350.93	2.352.46
K2+020	50.000	2.02000	2.350.64	2.352.33
K2+070	50.000	2.07000	2.350.74	2.352.24
K2+120	50.000	2.12000	2.350.64	2.352.12
K2+170	50.000	2.17000	2.350.54	2.352.00
K2+220	50.000	2.22000	2.350.44	2.352.06
K2+270	50.000	2.27000	2.350.30	2.352.04
K2+350	50.000	2.32000	2.350.15	2.351.99
K2+370	50.000	2.37000	2.350.00	2.351.87
K2+400	30.000	2.40000	2.350.00	2.351.76
K2+580	180.000	2.58000	2.201.50	2.201.00
K2+595	15.000	2.59500	2.201.00	2.201.00

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)
 INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA (ICEL)
 FEASIBILITY STUDY ON SMALL-SCALE POWER PLANTS
 REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA

EXISTING PLANT GENERAL PLAN AND PROFILE

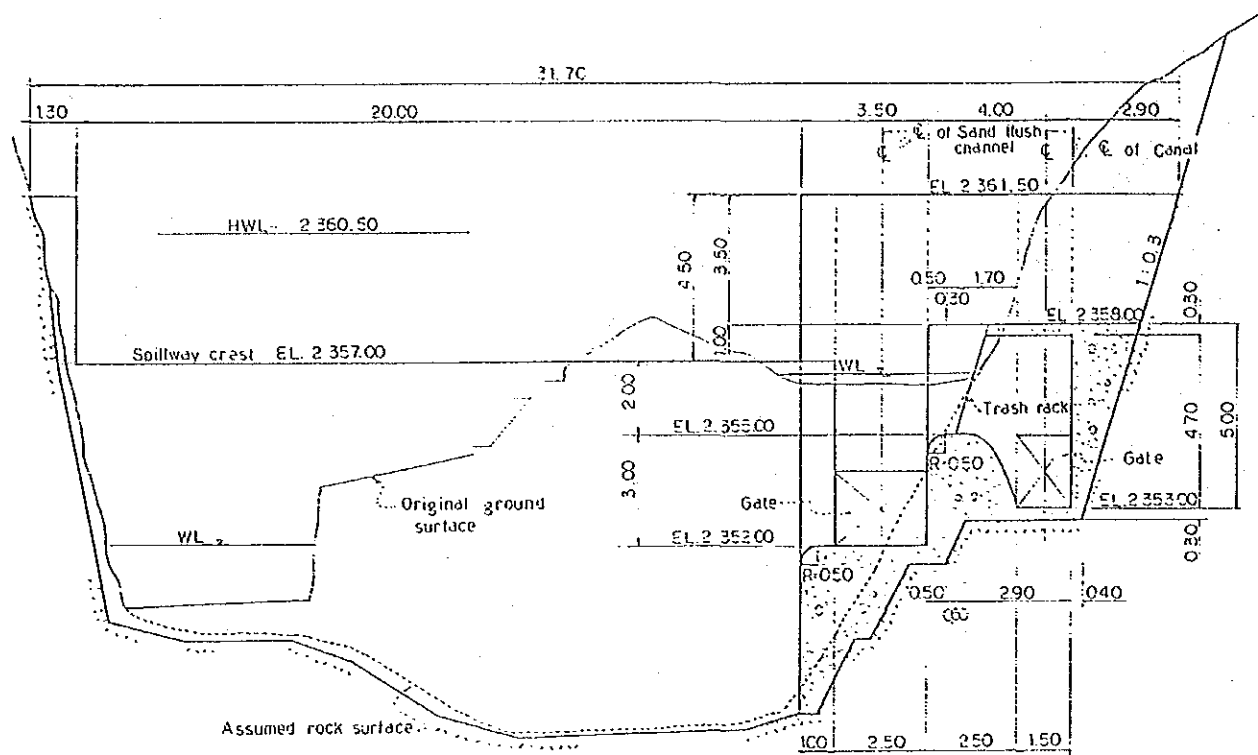
DRAWING NO.	JB-C-02
SCALE	DATE



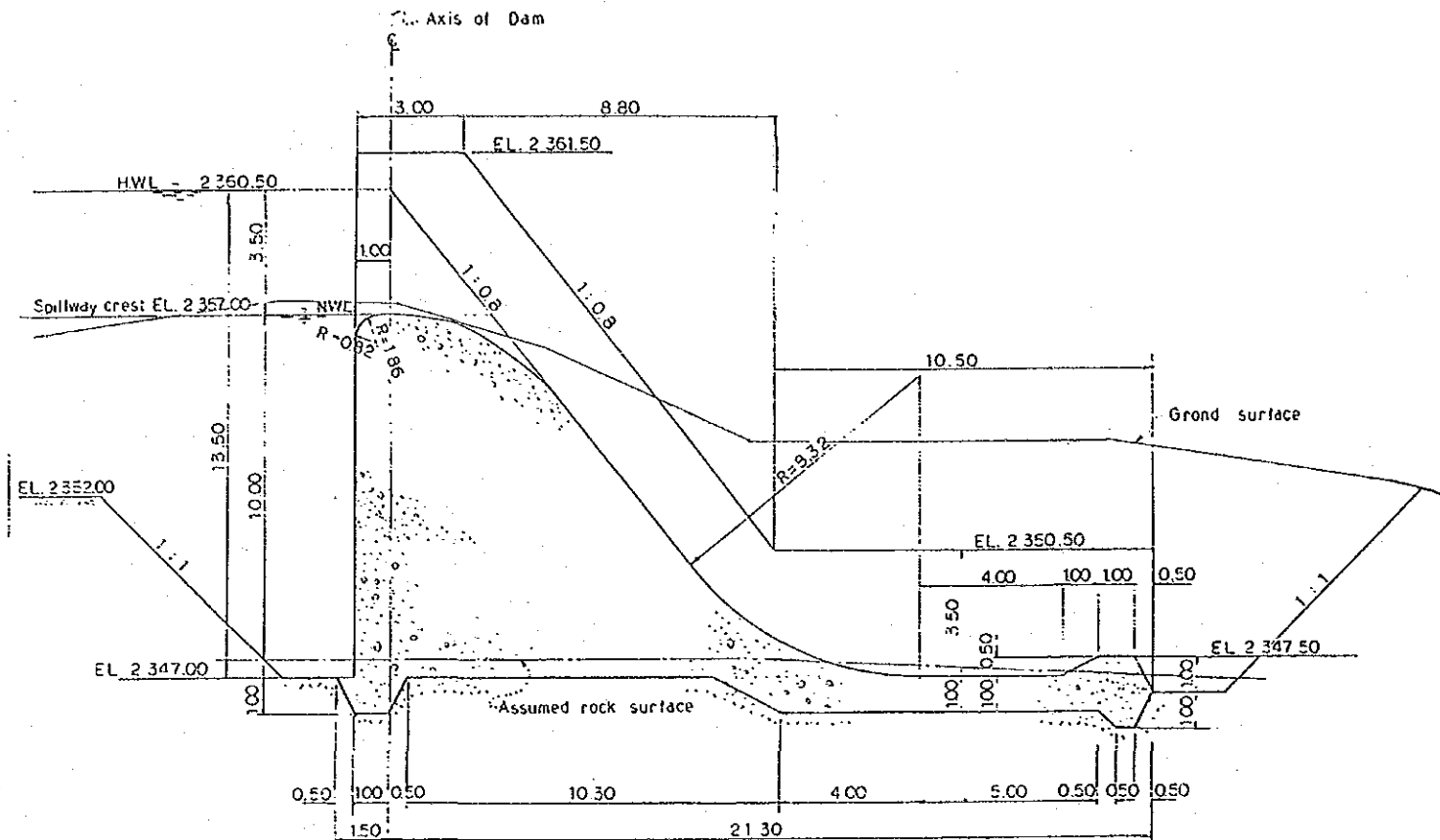
PLAN

ARRANGEMENT PLAN

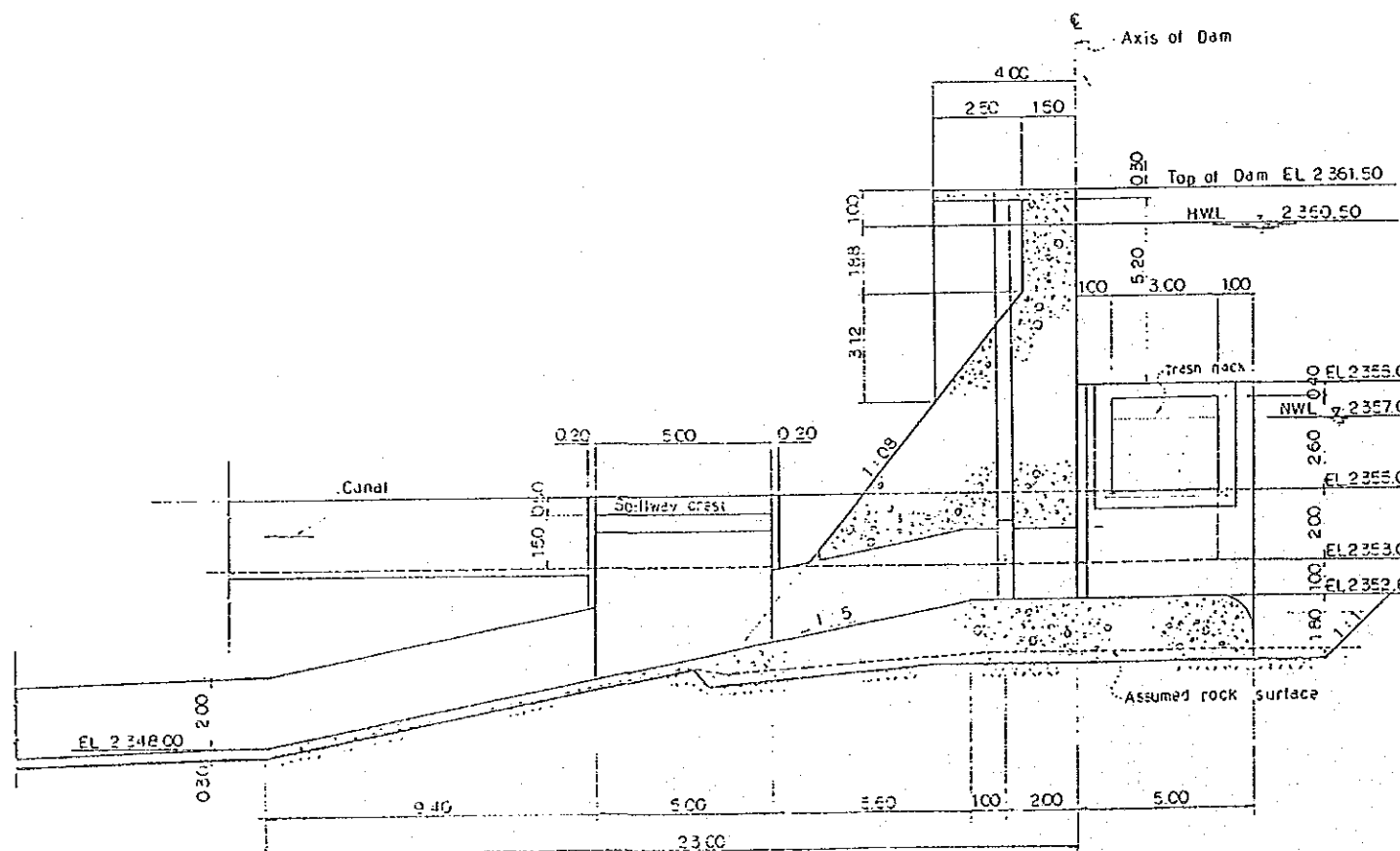
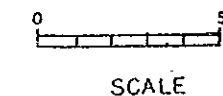
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)	
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA (ICE)	
FEASIBILITY STUDY ON SMALL-SCALE POWER PLANTS REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA	
DIVERSION WEIR AND INTAKE PLAN	
DRAWING NO.	JB-C-03 (1/2)
SCALE	DATE



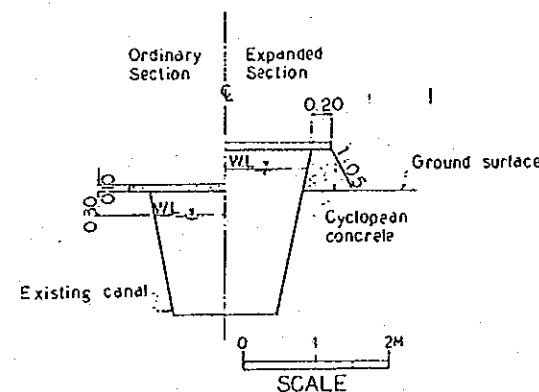
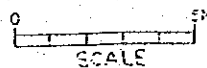
SECTION A - A



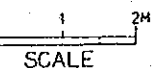
SECTION B - B



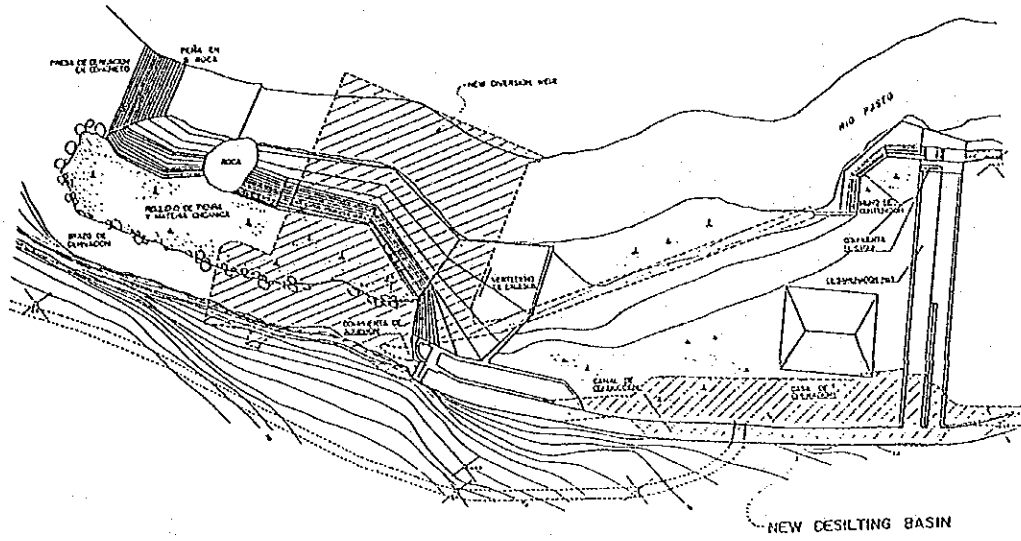
SECTION C - C



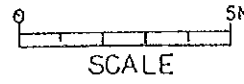
TYPICAL SECTION



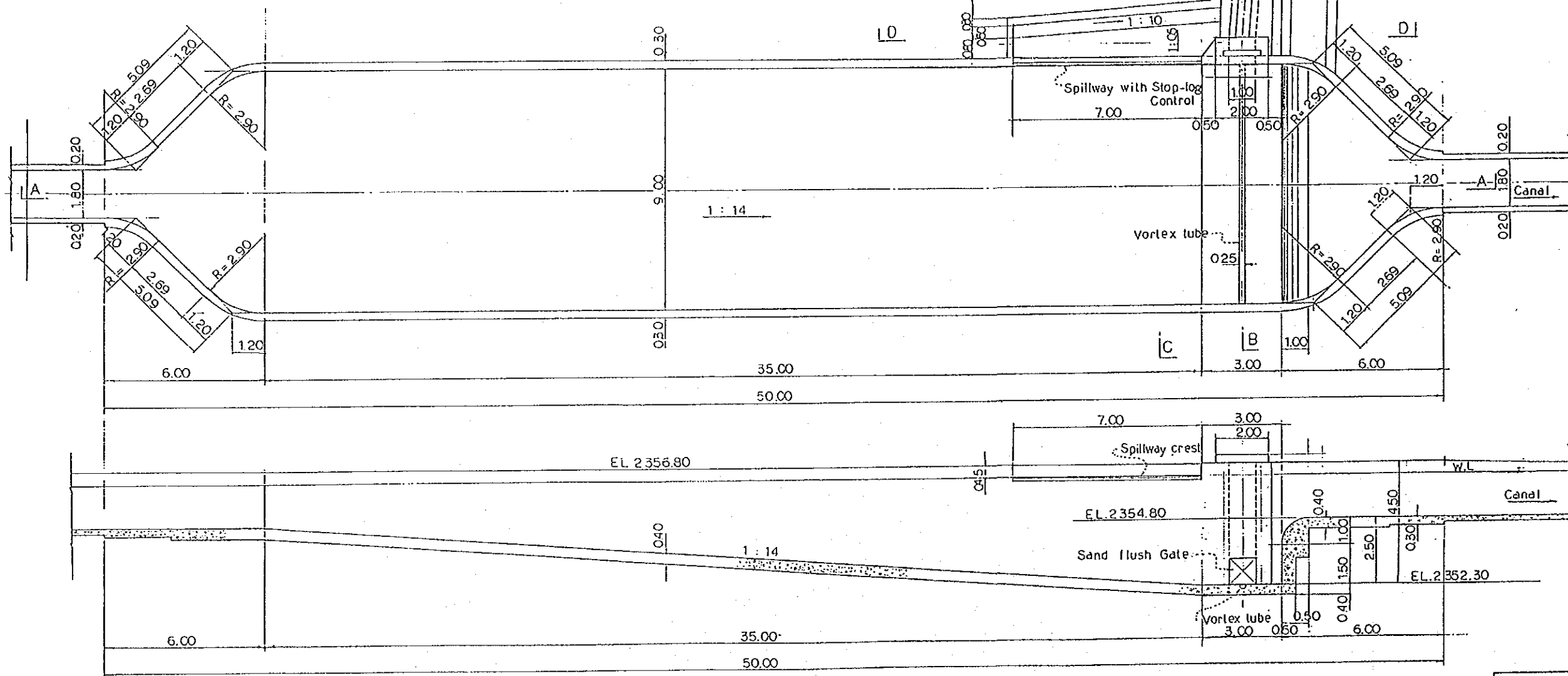
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)			
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA (ICEL)			
FEASIBILITY STUDY ON SMALL-SCALE POWER PLANTS			
REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA			
DIVERSION WAIR AND INTAKE			
SECTIONS			
DRAWING NO.		JB-C-03 (2/2)	
SCALE		DATE	



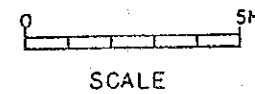
PLAN



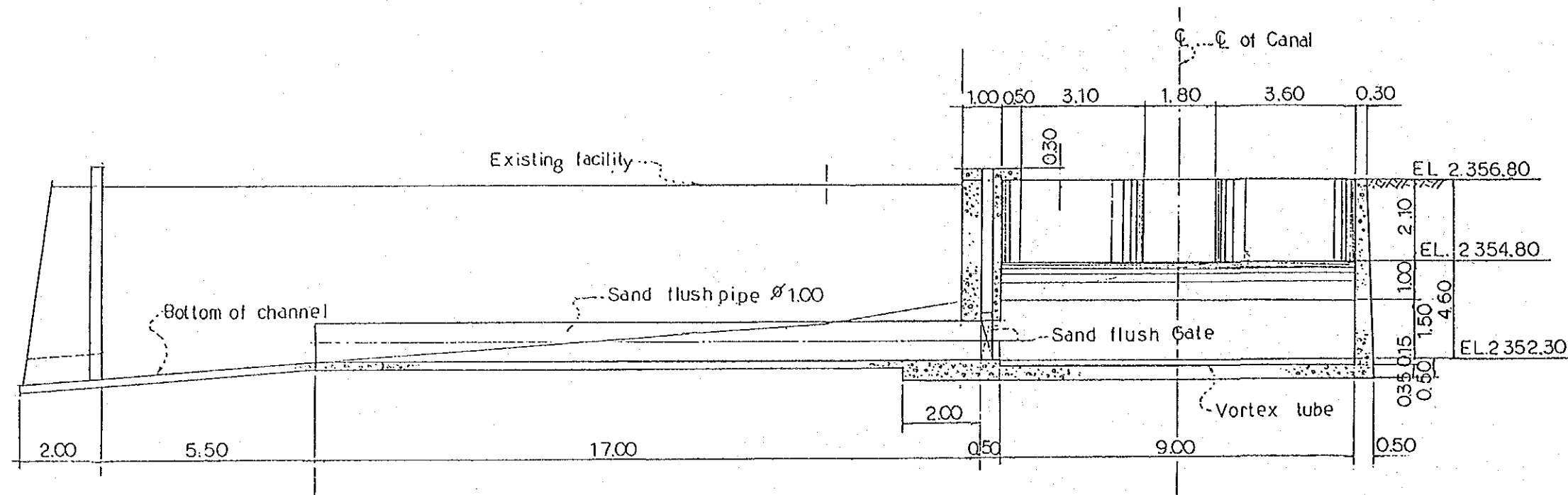
ARRANGEMENT PLAN



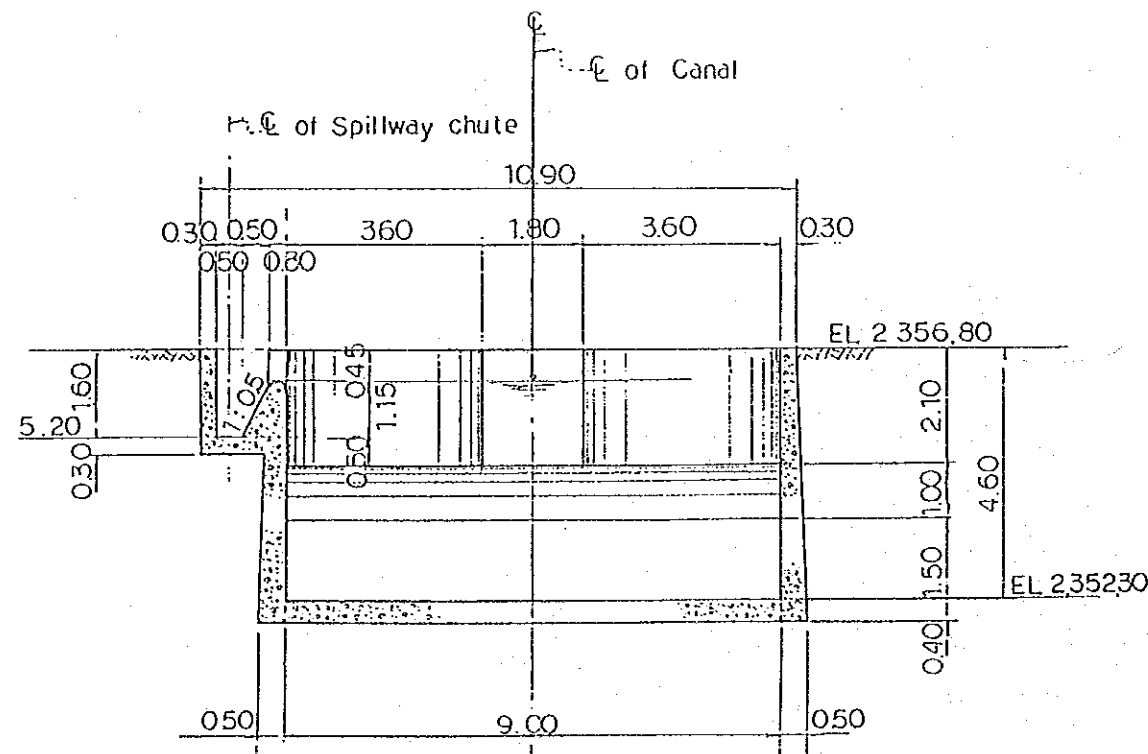
SECTION A-A



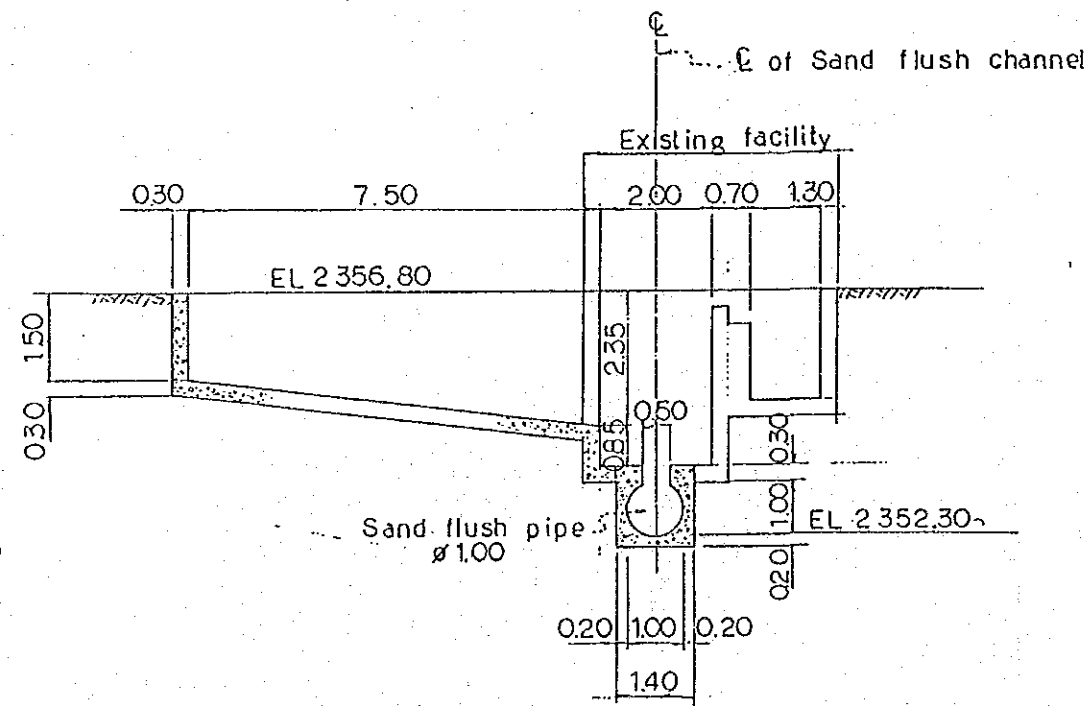
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)			
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA (ICEL)			
FEASIBILITY STUDY ON SMALL-SCALE POWER PLANTS			
REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA			
DESILTING BASIN			
PLAN AND SECTION			
DRAWING NO.		JB-C-04 (1/2)	
SCALE		DATE	



SECTION B - B

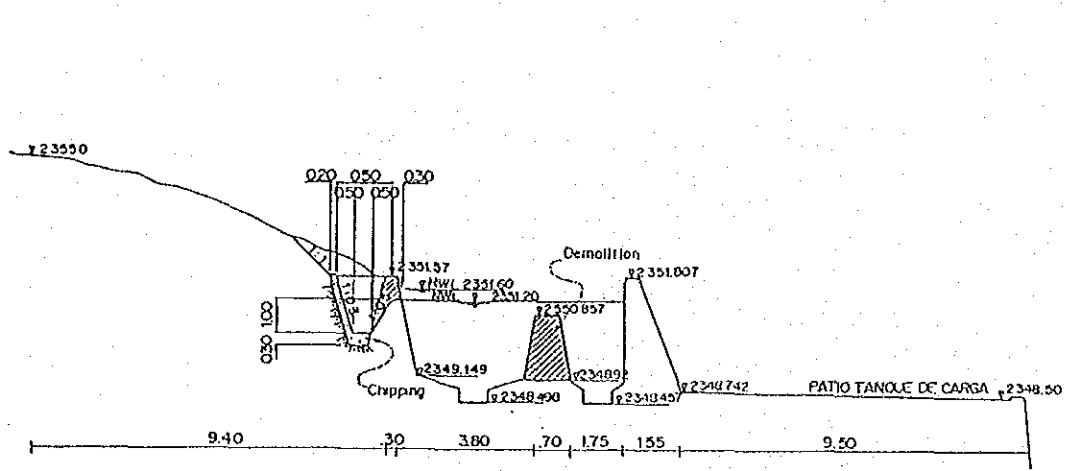


SECTION C - C

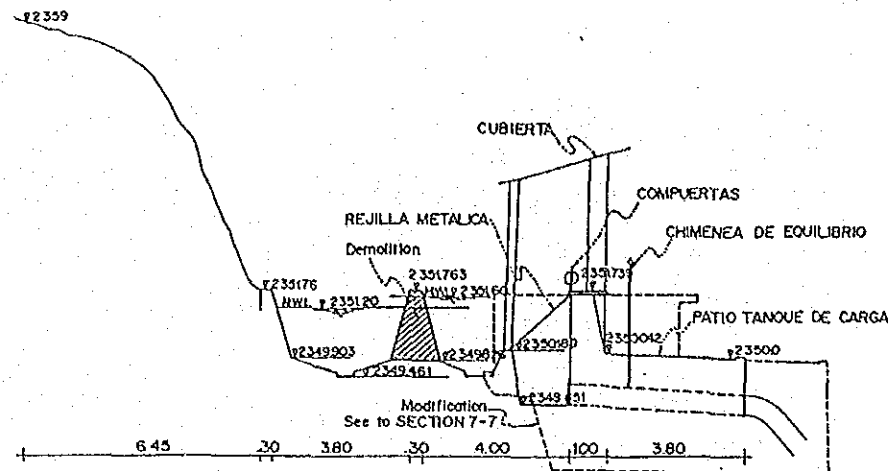
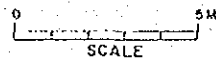


SECTION D - D

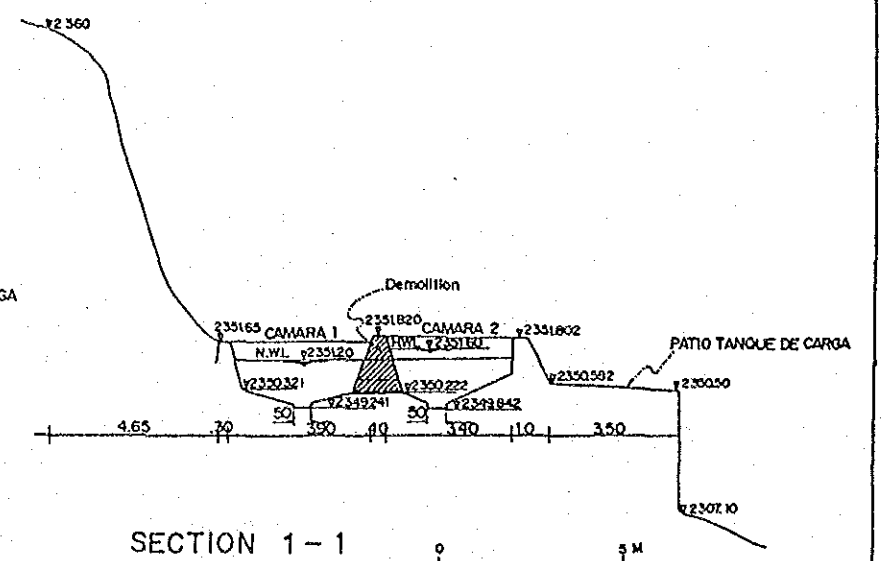
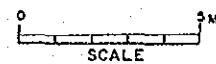
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)			
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA (ICEL)			
FEASIBILITY STUDY ON SMALL-SCALE POWER PLANTS REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA			
DESILTING BASIN			
SECTIONS			
DRAWING NO.		JB - C - 04 (2/2)	
SCALE		DATE	



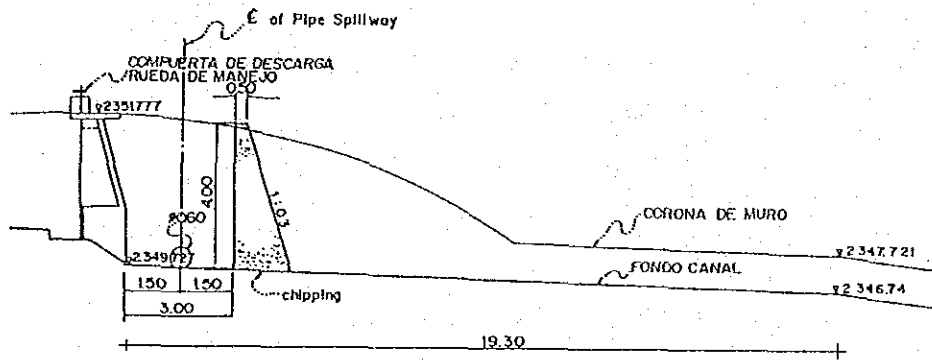
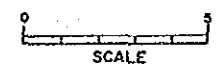
SECTION 3-3



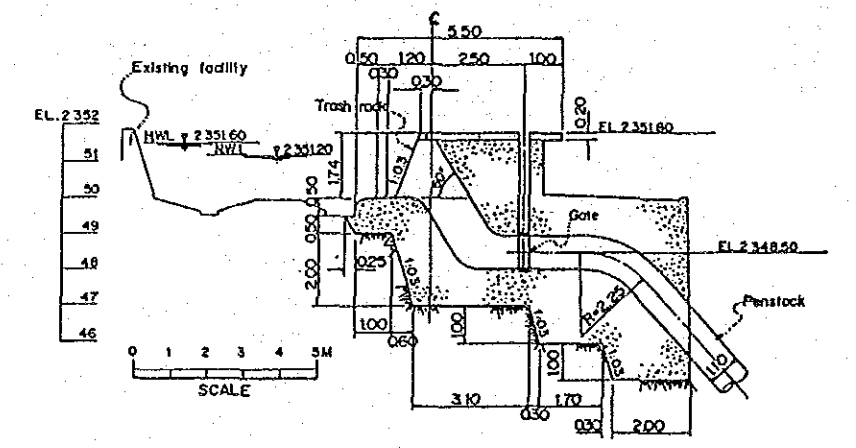
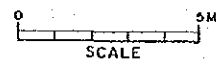
SECTION 2-2



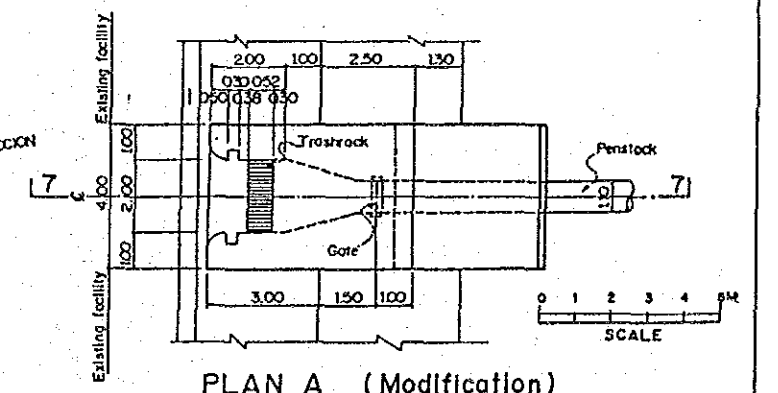
SECTION 1-1



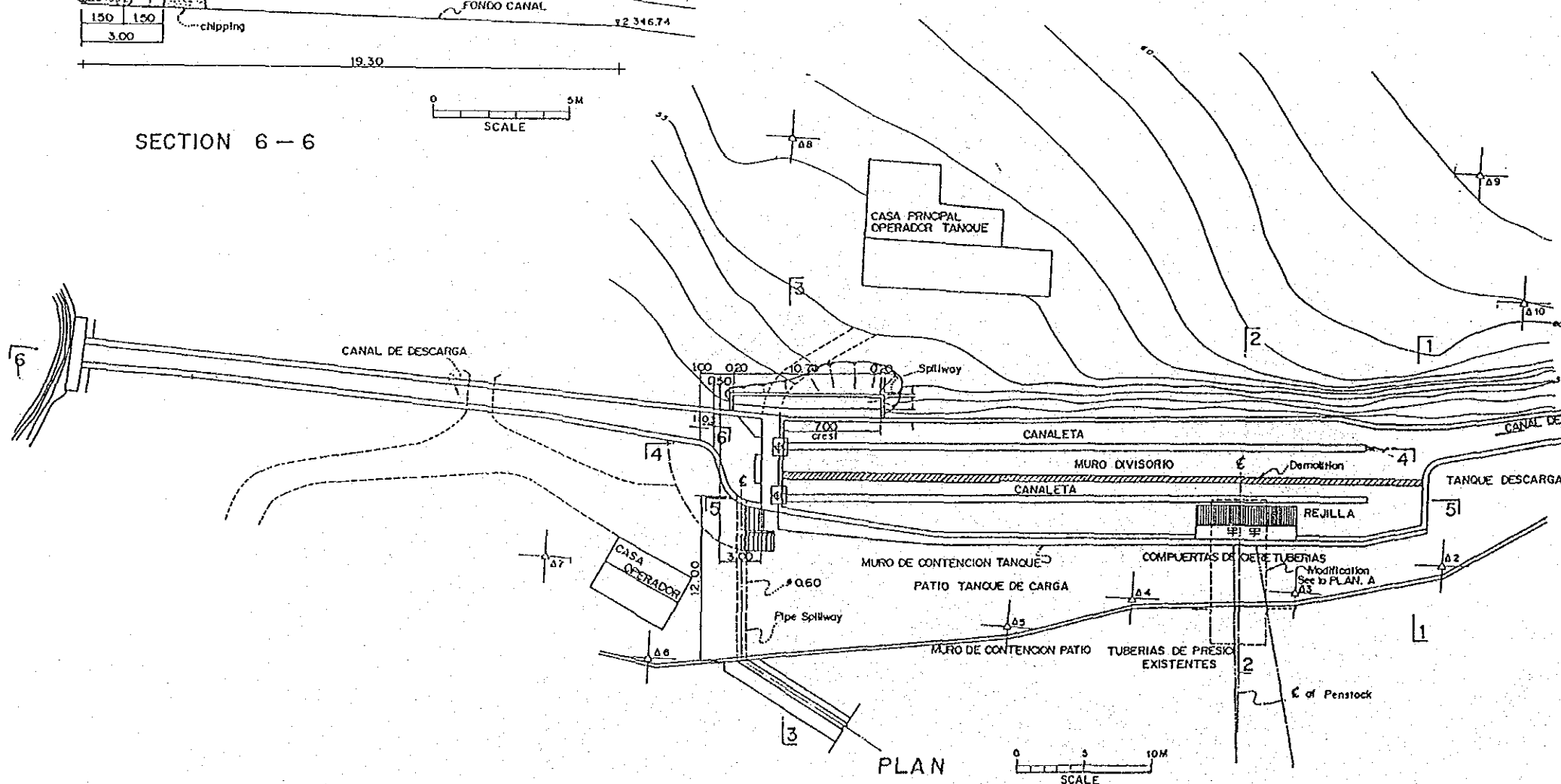
SECTION 6-6



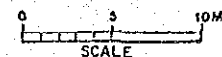
SECTION 7-7



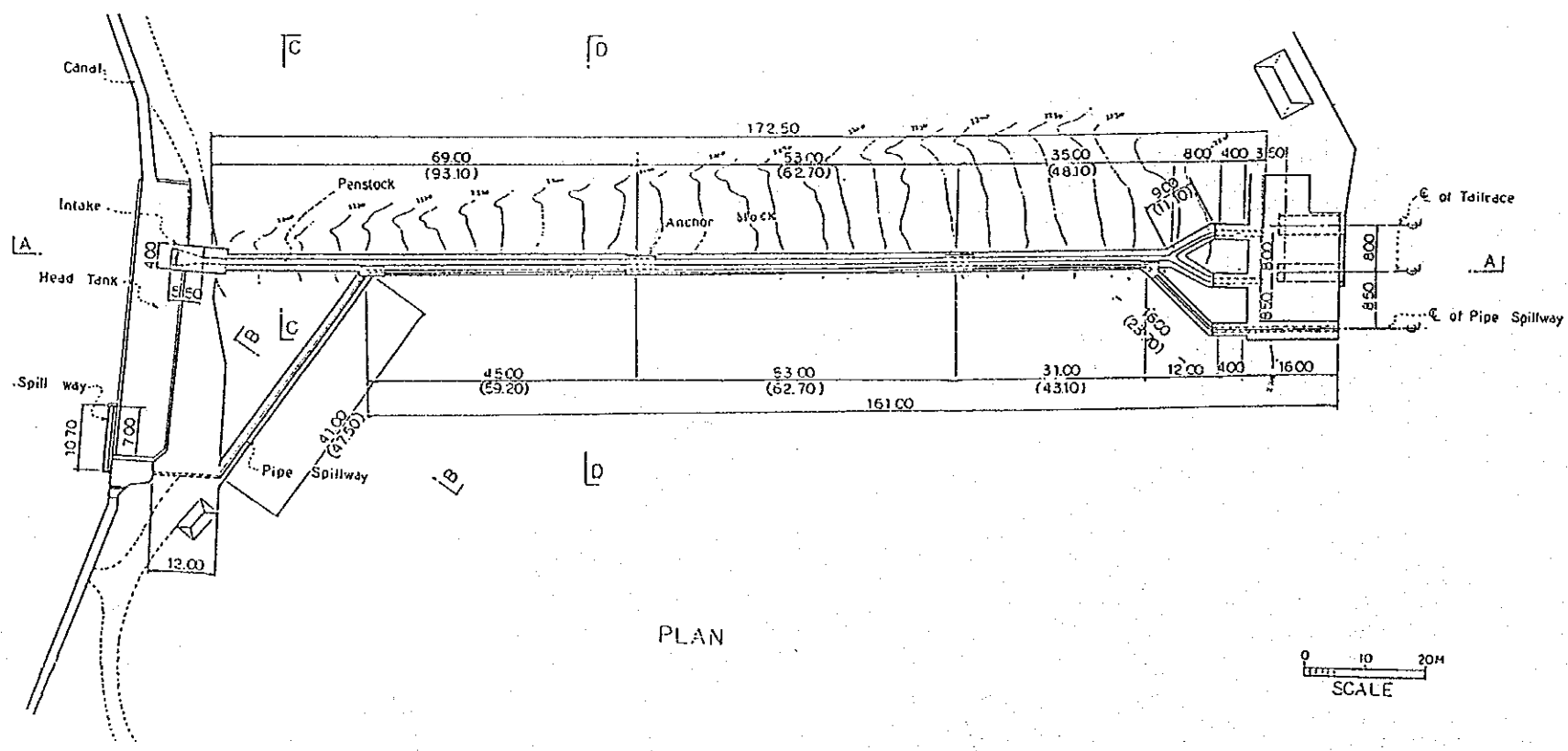
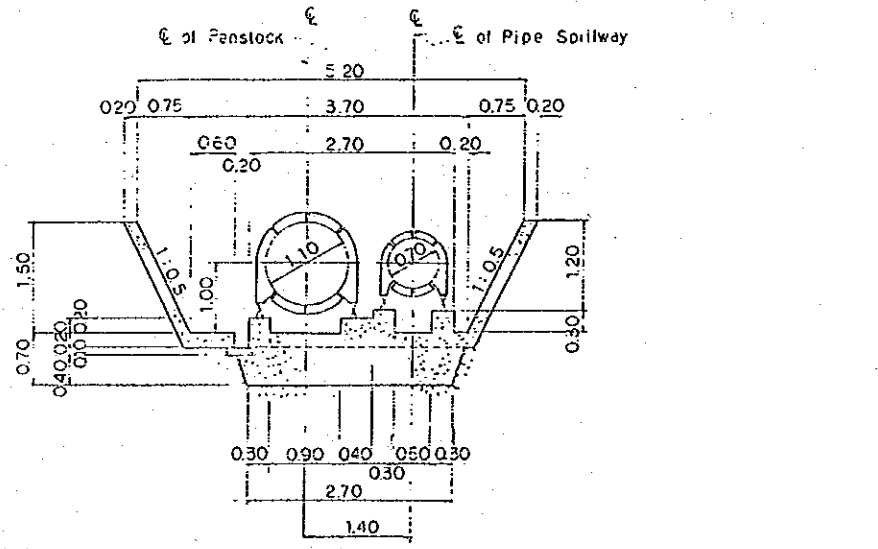
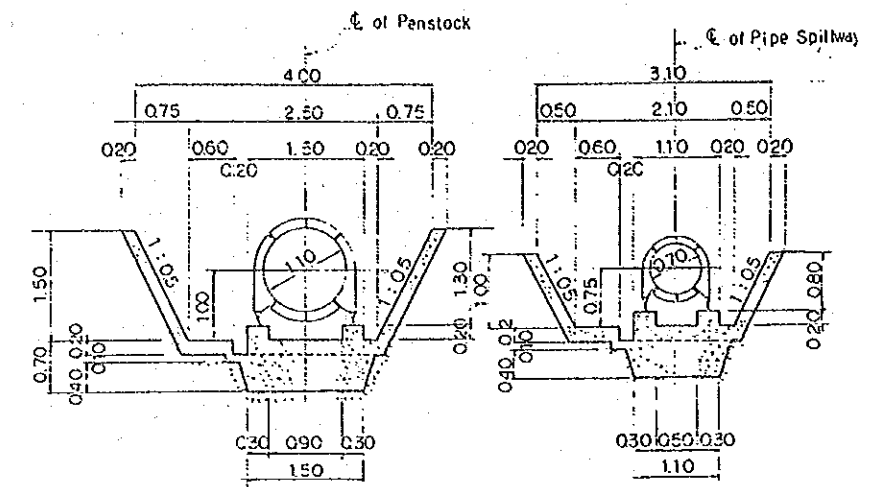
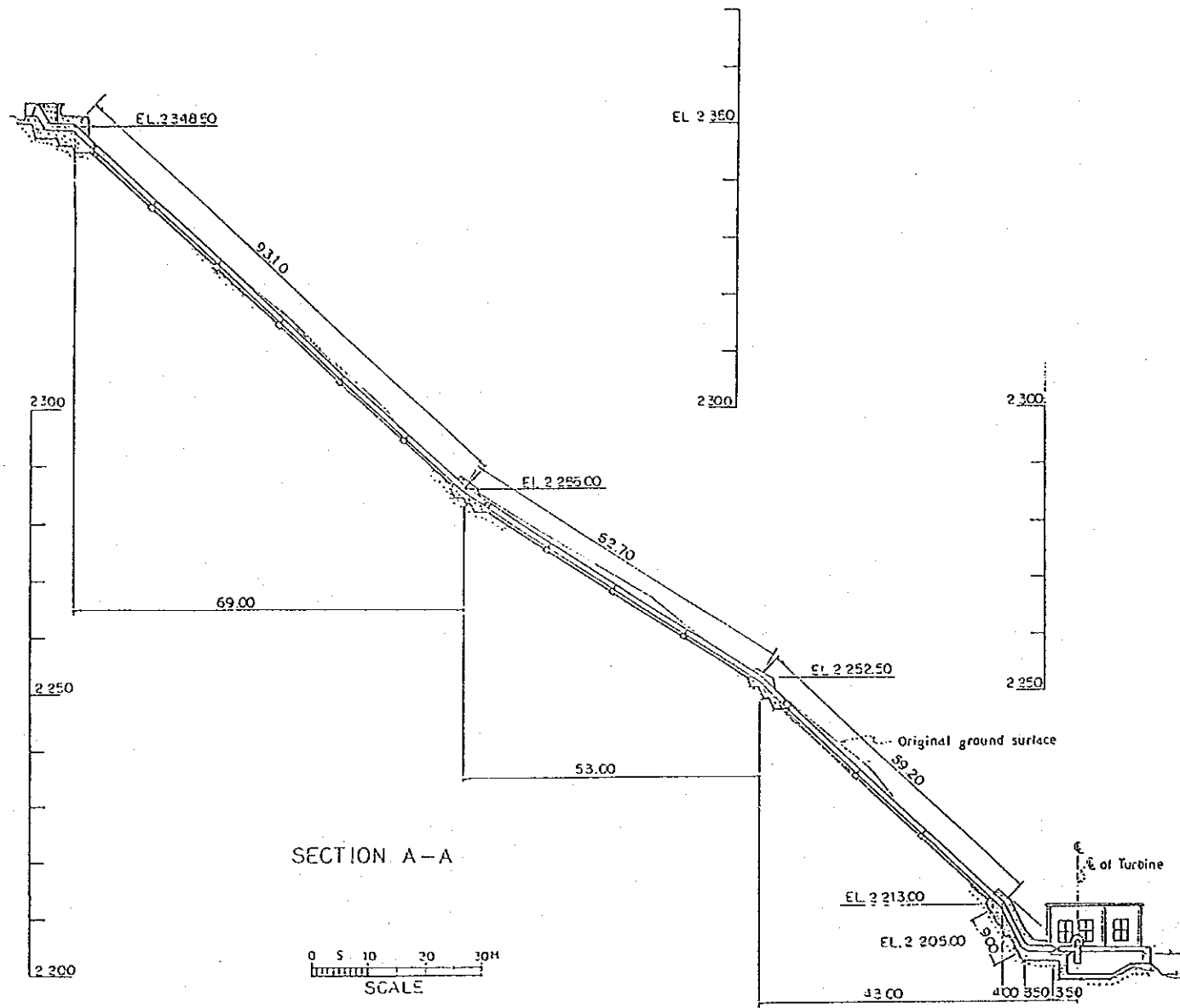
PLAN A (Modification)



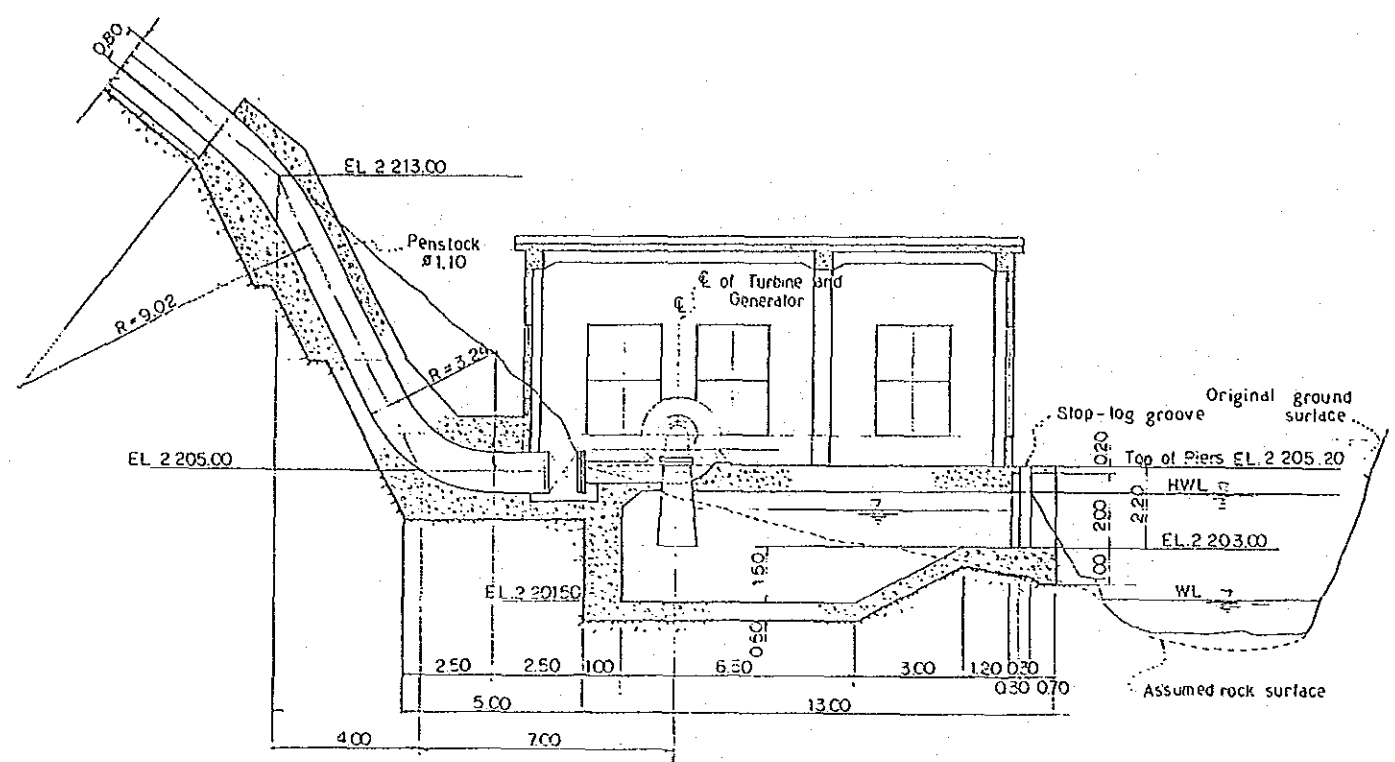
PLAN



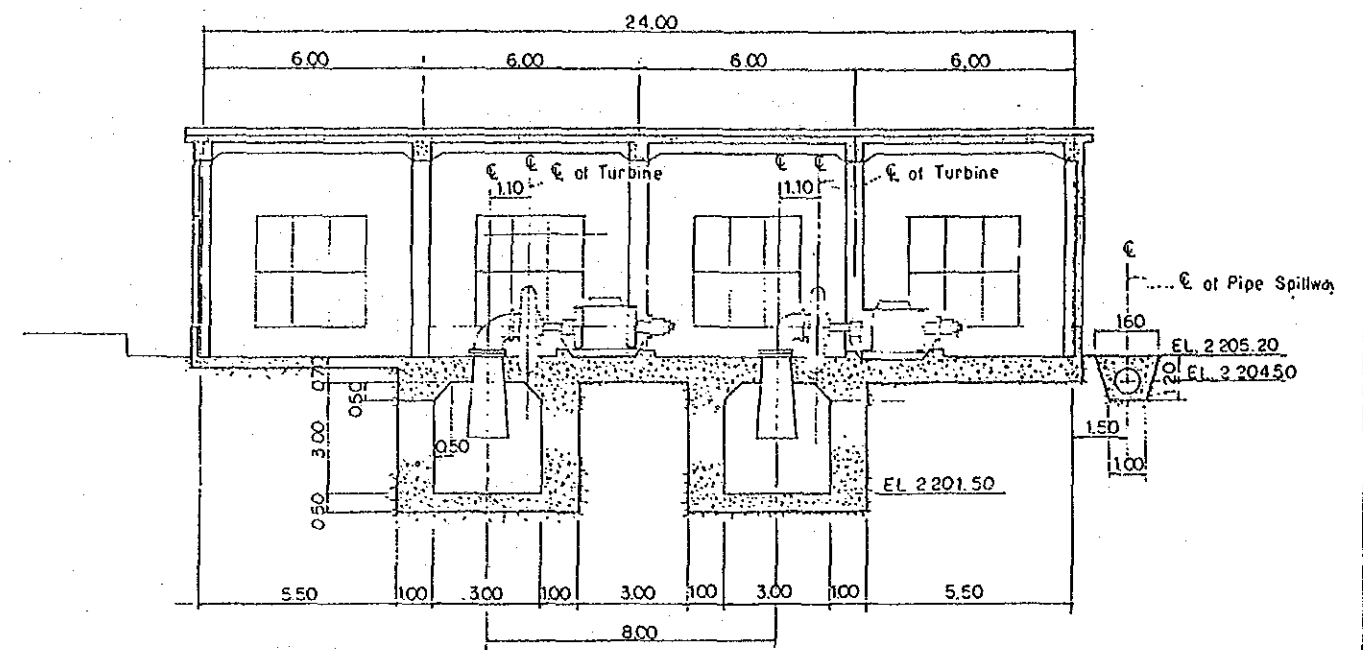
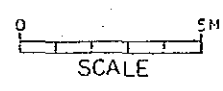
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)			
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA (ICEL)			
FEASIBILITY STUDY ON SMALL-SCALE POWER PLANTS			
REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA			
HEAD TANK			
PLAN AND SECTIONS			
DRAWING NO.		JB-C-05	
SCALE	DATE		



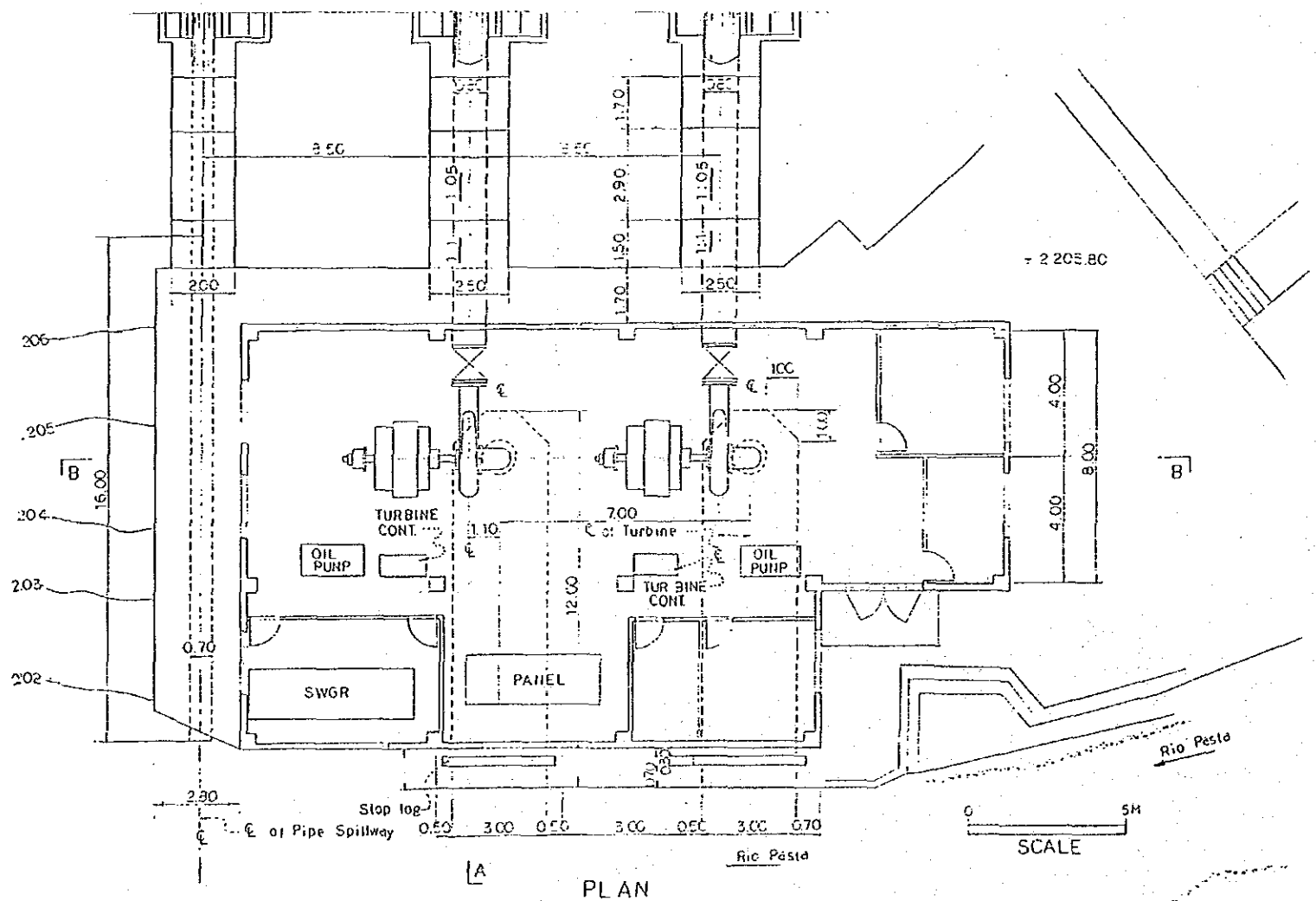
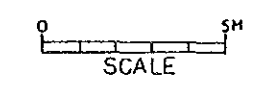
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)	
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA (ICEL)	
FEASIBILITY STUDY ON SMALL-SCALE POWER PLANTS REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA	
PENSTOCK PLAN AND SECTIONS	
DRAWING NO.	JB-C-06
SCALE	DATE



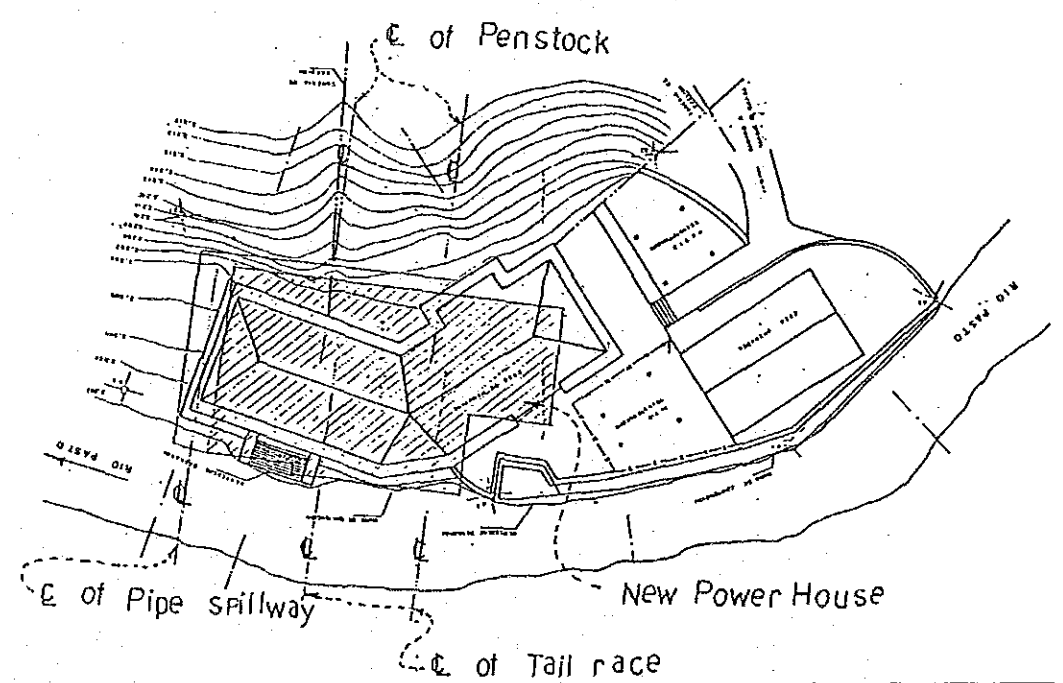
SECTION A - A



SECTION B - B

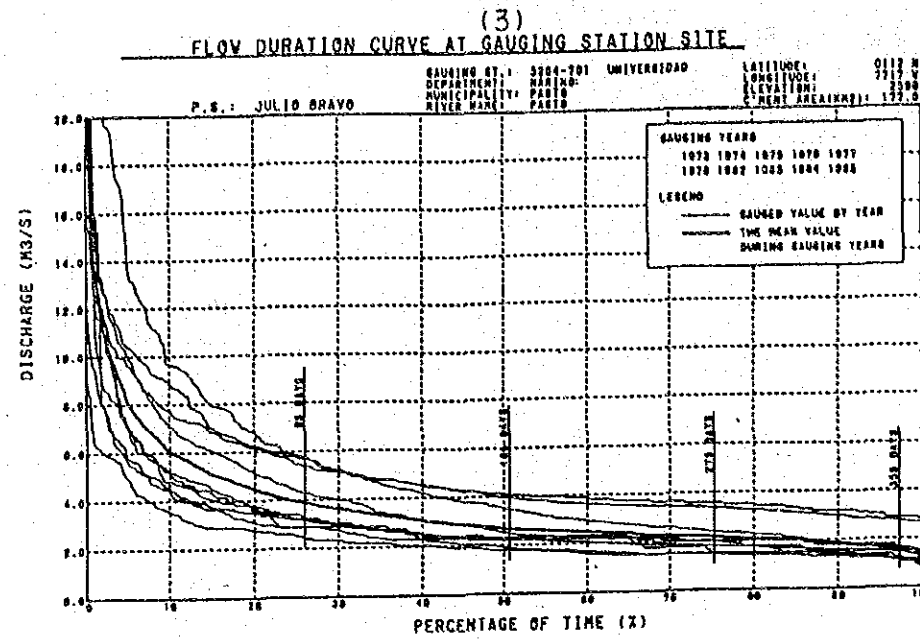
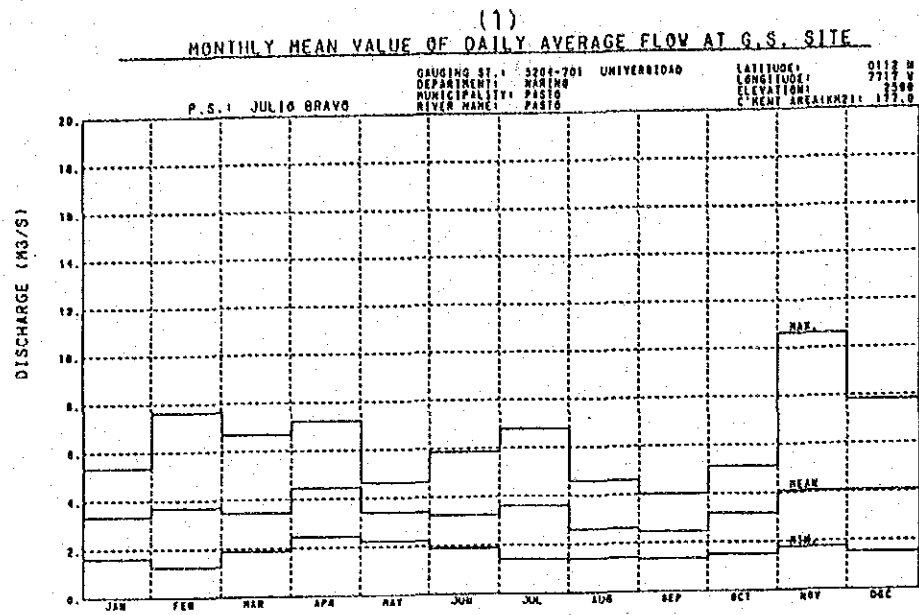


PLAN



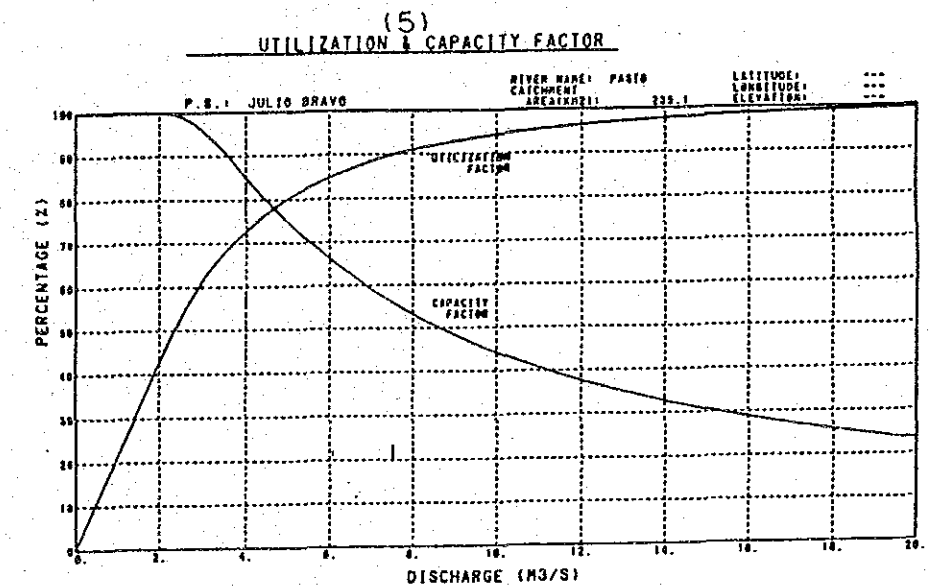
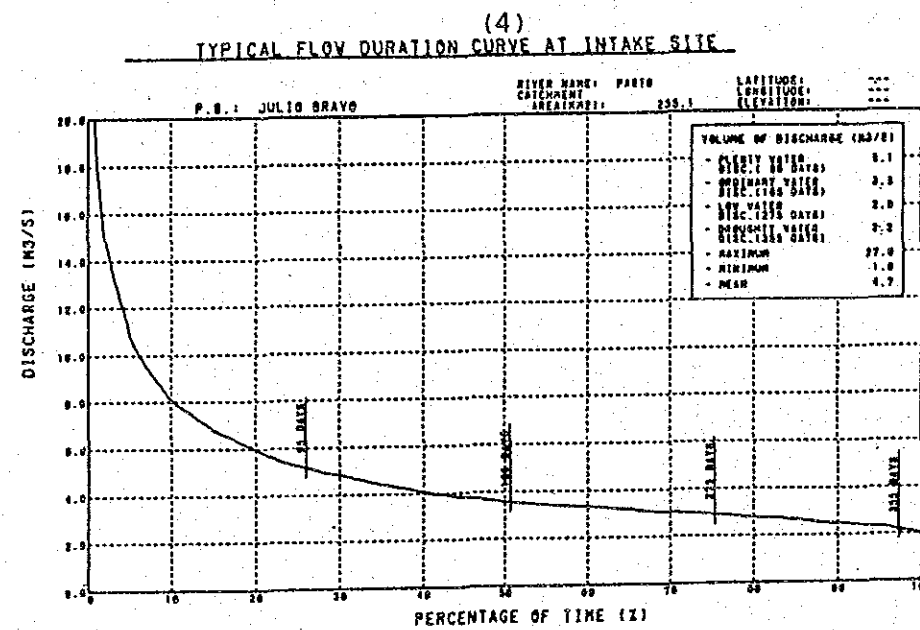
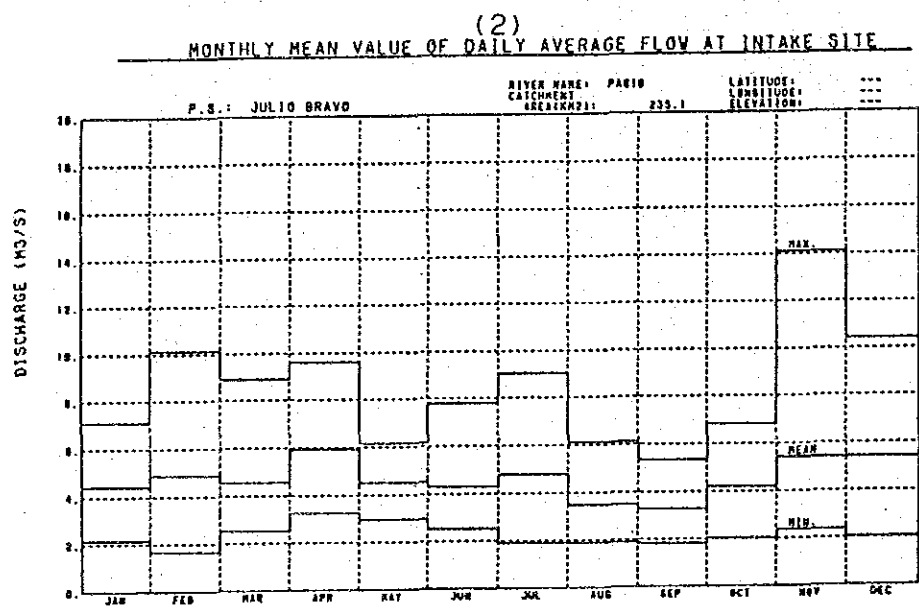
ARRANGEMENT PLAN

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)			
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA (ICEL)			
FEASIBILITY STUDY ON SMALL-SCALE POWER PLANTS			
REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA			
POWER HOUSE			
PLAN AND SECTIONS			
DRAWING NO.		JB - C - 07	
SCALE		DATE	

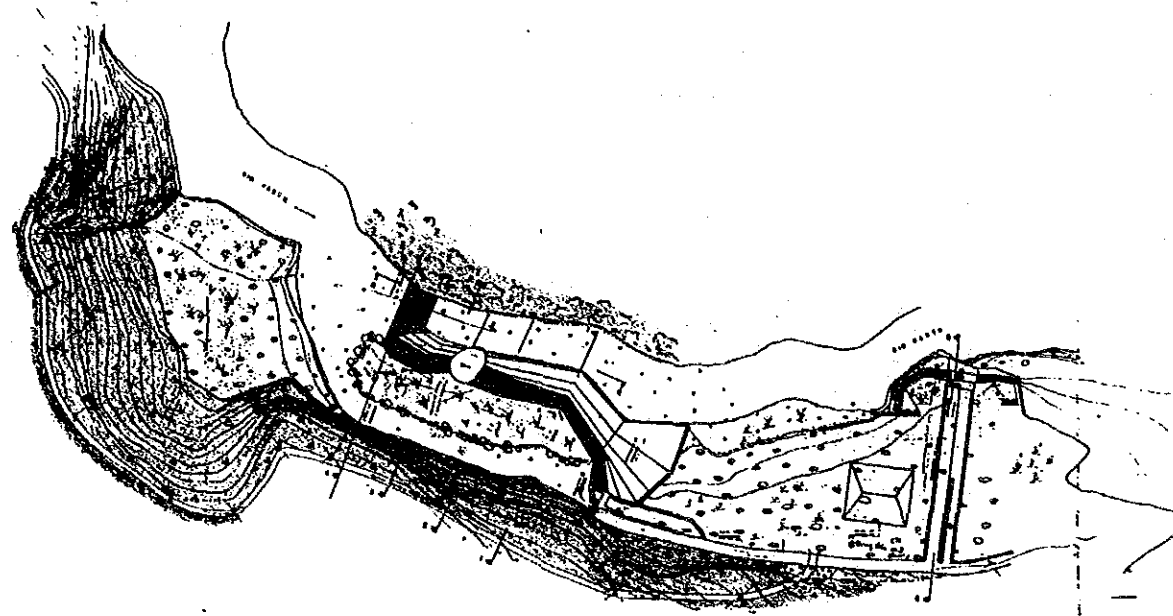


Data of Hydrological Gauging Station

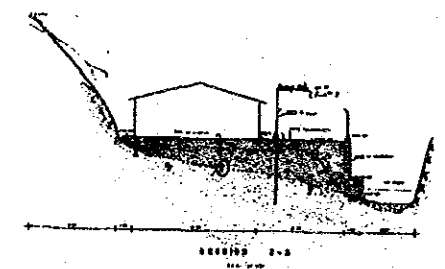
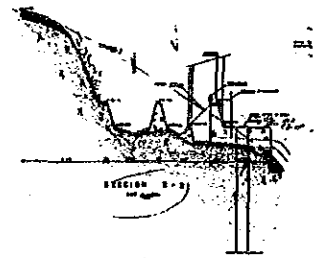
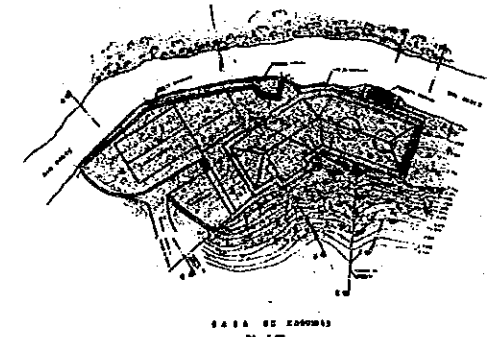
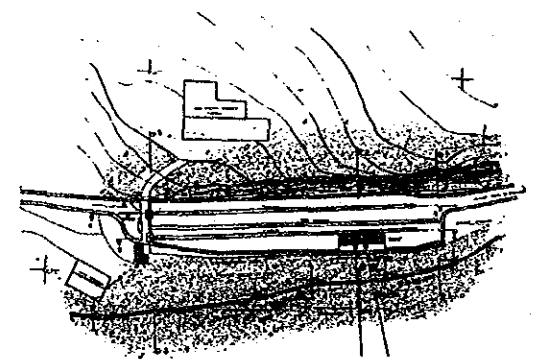
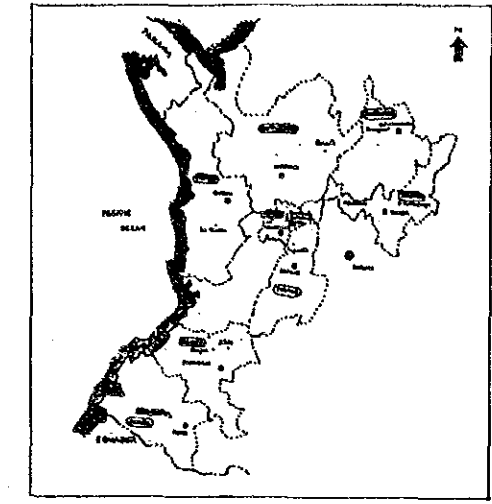
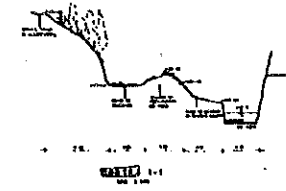
No. of Station	5204-701
Name of Station	Universidad
River	Pasto
Management	HIMAT
Installation Year - Month	1970 08
Coordinates (Deg. - Min.)	
Latitude	0112
Longitude	7717
Above Sea Level s.n.m. (m)	2590
Long River (km)	11
Catchment Area (km ²)	177.0
Water Shed (m)	3100
Observation Period	1972 - 1985



JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)	
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA (ICEL)	
FEASIBILITY STUDY ON SMALL-SCALE POWER PLANTS REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA	
DURATION CURVES	
DRAWING NO.	J B - H - 0 1
SCALE	DATE



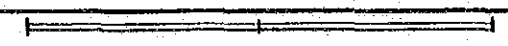
PLANTA PUESA DISEÑO Y COCATORIA
NO. 100

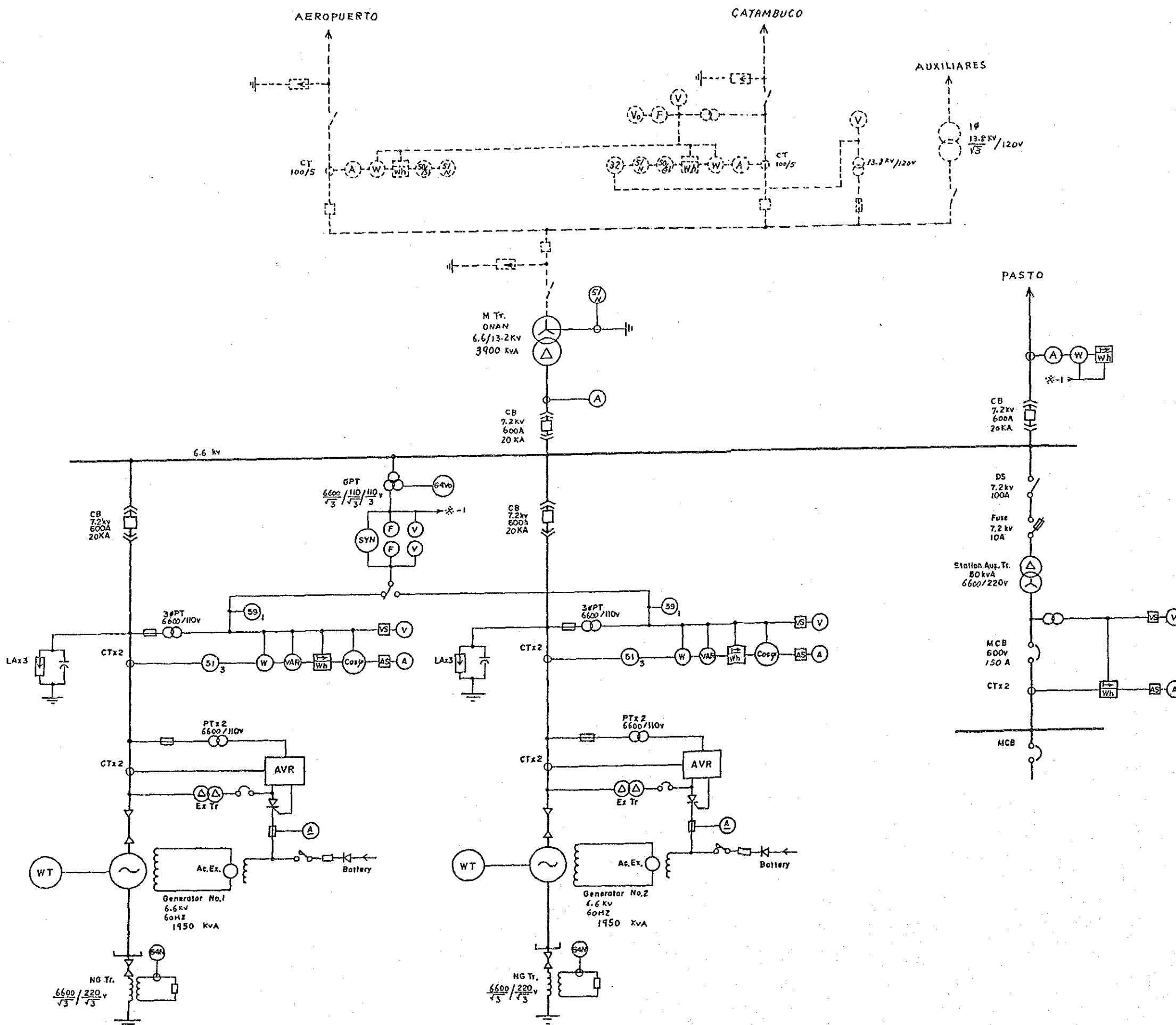


LEGEND

- River bed deposits
- Talus deposits
- Terrace deposits
- Pyroclastic rocks
- Geological boundary
- Borehole

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)			
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELÉCTRICA (ICEL)			
FEASIBILITY STUDY ON SMALL-SCALE POWER PLANTS REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA			
Geological Plan and Profile Julio Bravo			
DRAWING NO.		JB-G-01	
SCALE	1/1,100	DATE	





Legend
 ——— New Equipment
 - - - Existing Equipment

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA)			
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA (ICE)			
FEASIBILITY STUDY ON SMALL-SCALE POWER PLANTS			
REHABILITATION PROJECT IN THE REPUBLIC OF COLOMBIA			
ONE LINE DIAGRAM			
DRAWING NO.		JB-E-01	
SCALE	—	DATE	

附 屬 資 料

1. Facility Register for the Existing Power Plant
2. Survey Record

Facility Register for the Existing Power Plant

Power Plant	Julio Bravo
Electric Power Company	GEDENAR
Location	Pasto/Nariño
River	Pasto
Generating Method	Run-of-River
Year Installed	1942
Years in Service	1942
Installed Capacity	1,500 kW
Available Capacity	0

Civil

Item	Data
1. Dam	
1) Type	<i>overflow concrete</i>
2) Height (m)	<i>no data available</i>
3) Crest length (m)	<i>'</i>
4) Height of overflowing crest (m)	<i>'</i>
5) Width of overflowing crest (m)	<i>'</i>
6) Depth of overflowing crest (m)	<i>'</i>
2. Intake Gate	
1) Type	<i>Sluice</i>
2) Number of gates	<i>1</i>
3) Dimensions (W x H)(m)	<i>2.0 x 1.6</i>
3. Intake	
1) Intake sill height (m)	<i>no data available</i>
2) Number of intake	<i>1</i>
3) Dimensions (W x H)(m)	<i>2.0 x 2.2</i>
4. Desilting Basin	
1) Dimensions (W x L x H)(m)	<i>no data available</i>
5. Sand Trap Gate	
1) Type	<i>'</i>
2) Number of gates	<i>'</i>
3) Dimensions (W x H)(m)	<i>'</i>
6. Headrace	
1) Type	<i>open</i>
2) Dimensions (W x H)(m)	<i>1.9 x 1.6</i>
3) Length (m)	<i>2,370</i>

Civil

Item	Data
7. Reservoir Tank	
1) Dimensions (W x L x H)(m)	<i>no data available</i>
8. Forebay	
1) Dimensions (W x H)(m)	<i>✓</i>
9. Penstock	
1) Number of lines	<i>2</i>
2) Penstock diameter (ϕ)(m)	<i>0.6</i>
3) Penstock length (L)(m)	<i>200</i>
10. Tailrace	
1) Dimensions (W x H)(m)	<i>no data available</i>

Equipment			
Item	Data		
	#1	#3	#4
1. Water Turbine			
1) Manufacturer's name	<i>Morgan Smith</i>	<i>Morgan Smith</i>	<i>Morgan Smith</i>
2) Year manufactured			
3) Type	Pelton	Pelton	Pelton
4) Output (kW)	725 HP	725 HP	725 HP
5) Revolution (rpm)	720	720	720
6) Ancillary equipment			
a) Type of governor	LR	LR	LR
b) Inlet valve			
- Type	Gate	Gate	
- Diameter (mm)	950	950	
2. Generator and Exciter			
1) Manufacturer's name	Westing H.	Westing H.	Westing H.
2) Year manufactured			
3) Type	Synchro.	Synchro.	Synchro.
4) Capacity (kVA)	625	625	625
5) Power factor (%)	80	80	80
6) Voltage (V)	6,900	6,900	6,900
7) Frequency (Hz)	60	60	60
8) Revolution (rpm)	720	720	720
9) Method of neutral earthing	<i>no data available</i>		
10) Type of exciter	/		

Equipment

Item	Data
3. Transformer	
1) Manufacturer's name	Trafo union
2) Year manufactured	
3) Type	Outdoor, ONAN
4) Capacity (kVA)	2,500
5) Primary voltage (kV)	6.6
6) Secondary voltage (kV)	13.2
7) Number of unit	1
8) Vector-group symbol	D/Y
9) Impedance (%)	<i>no data available</i>
10) Purpose for use	Step-up
4. Circuit Breaker	
1) Manufacturer's name	<i>no data available</i>
2) Year manufactured	„
3) Type	„
4) Voltage (kV)	„
5) Rated current (A)	„
6) Rupturing capacity (kA)	„
7) Purpose for use	„
5. Transmission Line	
1) Destination	<i>no data available</i>
2) Length (m)	„
3) Voltage (kV)	„
4) Number of circuit	„
5) Number of pylons	„
6) Size of conductors	„
7) Materials of conductors	„

Equipment

Item	Data
6. Battery	
1) Manufacturer's name	<i>no data available</i>
2) Year manufactured	<i>'</i>
3) Capacity (AH/HR)	<i>'</i>
4) DC voltage (V)	24
5) Type	Lead acid
7. Battery Charger	
1) Manufacturer's name	AEG
2) Year manufactured	
3) Capacity	250 W
4) Incoming voltage (V)	
8. Overhead Crane	
1) Weight (ton)	<i>no data available</i>
2) Method of operation	<i>'</i>
3) Span (m)	<i>'</i>

Survey Records

Julio Bravo Hydroelectric Power Plant

I. RECORDS BY VISUAL INSPECTION AND HEARING SURVEY

Unit No.: _____ / _____

Type of Turbine: _____ Pelton

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Pelton Turbine	Cover	1) Presence of vibration 1) No
	Bucket	1) Existence of corrosion 1) Yes
	Shaft	1) Shaking of shaft axis 1) Yes
	Bearing	1) Oil shortage on bearing surface 1) There is no good lubrication 2) Lack of oil viscosity 2) No
	Governor control	1) Control by belt-driven type 2) Speed detection device 3) Speed regulation system 4) Installation of load limiter 5) Accuracy of governor speed regulation 1) Yes 2) Yes 3) The system is little trustworthy. 4) The system is little trustworthy. 5) It is inadequate to operate.

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Pelton Turbine	<p>Oil pressure equipment</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Existence of oil leakage 2) Application of oil pressure pumping system 	<ol style="list-style-type: none"> 1) <i>Yes</i> 2) <i>No</i>
	<p>Inlet valve</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Operation method 2) Locking condition 3) Smoothness of pressurized oil operation 	<ol style="list-style-type: none"> 1) <i>Manual</i> 2) <i>Acceptable</i> 3) <i>Bad condition</i>
	<p>Nozzle and Needle</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Existence of corrosion 2) Presence of water leakage from nozzle pipe when needle is closed 	<ol style="list-style-type: none"> 1) <i>Yes</i> 2) <i>Yes</i>
	<p>Deflector</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Smoothness of control 	<ol style="list-style-type: none"> 1) <i>Regular</i>
	<p>Jet Brake</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Smoothness of control 	<ol style="list-style-type: none"> 1) <i>Regular</i>

Unit No. /

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Rotor	1) Discoloration of winding surface due to heat 2) Existence of erosion for core 3) Fitness of between rotor and shaft	1) No 2) Yes 3) Good
Stator winding	1) Frequency of burning trouble or repair 2) Reduction of insulation resistance 3) Rust and erosion of core	1) Two times per year 2) Yes 3) Yes
Bearing	1) Occurrence of deformation on metal surface 2) Lack of oil lubrication 3) Occurrence of temperature rise	1) Yes 2) Yes 3) No, it hasn't the device.
Exciter	1) Exchange frequency of brushes worn out 2) Sufficient stock of spare brush	1) 3 years 2) No
Voltage regulator	1) Operation method of voltage regulator 2) Response of voltage detection for load variation	1) Electromechanical 2) Deficient

Generator

Unit No.: 2

Type of Turbine: Pelton

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Pelton Turbine	Cover	1) Presence of vibration 1) No
	Bucket	1) Existence of corrosion 1) Yes
	Shaft	1) Shaking of shaft axis 1) Yes
	Bearing	1) Oil shortage on bearing surface 1) There is no good lubrication. 2) Lack of oil viscosity 2) No
	Governor control	1) Control by belt-driven type 2) Speed detection device 3) Speed regulation system 4) Installation of load limiter 5) Accuracy of governor speed regulation 1) Yes 2) Yes 3) The system is not trustworthy. 4) Yes, little trustworthy 5) It is inadequate to operate.

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Oil pressure equipment	1) Existence of oil leakage 2) Application of oil pressure pumping system	1) Yes 2) No
Inlet valve	1) Operation method 2) Locking condition 3) Smoothness of pressurized oil operation	1) Manual 2) Acceptable 3) Bad condition
Nozzle and Needle	1) Existence of corrosion 2) Presence of water leakage from nozzle pipe when needle is closed	1) Yes 2) Yes
Deflector	1) Smoothness of control	1) Bad condition
Jet Brake	1) Smoothness of control	1) Bad condition

Pelton Turbine

Unit No. 2

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Generator	Rotor	1) No 2) No 3) Good
	Stator winding	1) One time per year 2) Yes 3) Yes
	Bearing	1) Yes 2) Yes 3) No, it hasn't device.
	Exciter	1) 3 years 2) No
	Voltage regulator	1) Electromechanical 2) Deficient.

Unit No.: 3

Type of Turbine: Pelton

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Pelton Turbine	Cover	1) No
	Bucket	1) Yes
	Shaft	1) No
	Bearing	1) The lubrication is deficient. 2) No
	Governor control	1) Control by belt-driven type 2) Speed detection device 3) Speed regulation system 4) Installation of load limiter 5) Accuracy of governor speed regulation 1) Yes 2) Yes 3) Little trustworthy 4) Little trustworthy 5) It is inadequate to operate.

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results	
Pelton Turbine	Oil pressure equipment	1) Existence of oil leakage 2) Application of oil pressure pumping system	1) Yes 2) No
	Inlet valve	1) Operation method 2) Locking condition 3) Smoothness of pressurized oil operation	1) Manual 2) Acceptable 3) Bad condition
	Nozzle and Needle	1) Existence of corrosion 2) Presence of water leakage from nozzle pipe when needle is closed	1) Yes 2) Yes
	Deflector	1) Smoothness of control	1) Bad condition
	Jet Brake	1) Smoothness of control	1) Bad condition

Unit No. 3

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Rotor	1) Discoloration of winding surface due to heat 2) Existence of erosion for core 3) Fitness of between rotor and shaft	1) No 2) No 3) Good
Stator winding	1) Frequency of burning trouble or repair 2) Reduction of insulation resistance 3) Rust and erosion of core	1) Two times per year 2) Yes 3) Yes
Bearing	1) Occurrence of deformation on metal surface 2) Lack of oil lubrication 3) Occurrence of temperature rise	1) Yes 2) Yes 3) No, Lack of instruments
Exciter	1) Exchange frequency of brushes worn out 2) Sufficient stock of spare brush	1) 3 years 2) No
Voltage regulator	1) Operation method of voltage regulator 2) Response of voltage detection for load variation	1) Electromechanical 2) Deficient

Generator

Unit No.: 4

Type of Turbine: Pelton

	Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Pelton Turbine	Cover	1) Presence of vibration	1) No
	Bucket	1) Existence of corrosion	1) Yes
	Shaft	1) Shaking of shaft axis	1) No
	Bearing	1) Oil shortage on bearing surface	1) The lubrication is deficient.
		2) Lack of oil viscosity	2) No
	Governor control	1) Control by belt-driven type	1) Yes
		2) Speed detection device	2) Yes
		3) Speed regulation system	3) little trustworthy
		4) Installation of load limiter	4) little trustworthy
		5) Accuracy of governor speed regulation	5) It is inadequate to operate

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results	
Pelton Turbine	Oil pressure equipment	1) Existence of oil leakage 2) Application of oil pressure pumping system	1) <i>Yes</i> 2) <i>No</i>
	Inlet valve	1) Operation method 2) Locking condition 3) Smoothness of pressurized oil operation	1) <i>Manual</i> 2) <i>Acceptable</i> 3) <i>Bad condition</i>
	Nozzle and Needle	1) Existence of corrosion 2) Presence of water leakage from nozzle pipe when needle is closed	1) <i>Yes</i> 2) <i>Yes</i>
	Deflector	1) Smoothness of control	1) <i>Bad condition</i>
	Jet Brake	1) Smoothness of control	1) <i>Bad condition</i>

Unit No.

4

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Generator	Rotor	1) No 2) No 3) Good
	Stator winding	1) Two times per year 2) Yes 3) Yes
	Bearing	1) Yes 2) Yes 3) No, lack of instruments
Generator	Exciter	1) 3 years 2) No
	Voltage regulator	1) Electromechanical 2) Deficient

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Metering equipment	1) Sufficiency of accuracy for instruments 2) Lack of necessary instruments 3) items constantly recorded	1) <i>Bad condition</i> 2) <i>The whole instruments are required,</i> 3) <i>A, V, KW, cosφ</i>
Protection equipment	1) Lack of relays to be installed 2) Operation method in case of accident in transmission lines	1) <i>Whole of networks</i> 2) <i>Overcurrent and earth</i>
Remote control equipment	1) Control method for turbine and generator operation 2) Control method for voltage and speed control 3) Operation method of synchronized switching	1) <i>No</i> 2) <i>No</i> 3) <i>Manual by synchronizing lamp</i>
Power system	1) Power supply voltage (kV) after rehabilitation work	1) <i>Good</i>

Control Board

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Indoor Switchgear	<p>Insulation level</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Sufficiency of insulation level 2) Unification of insulation level 3) Reduction of insulation resistance <p>Accessibility and Safety</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Accessibility to high voltage devices 2) Sufficiency of protection for high voltage cable terminals 3) Method and reliability of operation for synchronizing circuit breaker 	<ol style="list-style-type: none"> 1) No, low level of insulation 2) Yes 3) Yes <ol style="list-style-type: none"> 1) — 2) No 3) Manual by synchronizing lamp system. The relay of synchronization doesn't exist.

Generating Facilities	Check item by visual inspection and hearing	Results
Transformer	1) Presence of over load operation	1) No
Circuit breaker	1) Situation of tripfor outgoing feeder breaker in case of accident on transmission line 2) Fitness of maintenance in case of oil circuit breaker	1) — 2) —
Line switch	1) Operation method 2) Reliability of operation	1) Manual 2) Good
Insulator	1) Presence of damage and dusts	1) No
Structural steel	1) Occurence of erosion due to rust 2) Presence of injury	1) Yes 2) No
Line protection	1) Existence of adequate protection relays to connect to RED	1) The protection is moderate. It is required to install another protections.

Outdoor Equipment

II. ACTUAL GENERATED ENERGY AND OPERATION TIME

The records during the past five years are not available due to power plant's stoppage.

III. REPAIR RECORDS

No.	Study Item	Results
	<p>The past records concerning the following items shall be obtained to evaluate reliability of generating facilities.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Repaired locations and method for repairing 2) Causes for damage/defect 3) Duration of repairing and power supply stoppage 4) Repaired by: <ol style="list-style-type: none"> a) staff in Power Plant b) manufacturer c) other 5) Repair cost 6) Operation life after the completion of repairing work 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Repairs of belt wheels, valves and other mechanical equipments with welding and coil change of generators. 2) Excessive corrosion in the and other mechanical elements. Damage of generators by inferior quality of electric protections. 3) Depending on the damage's type : Repair of a belt wheel : 45 days Repair of a generator : 60 days 4) General repairs of belt wheels and mechanical parts by staff of CEDENAR The damage in generator depending on the scale of damage, is required by the staff of the Enterprise or is contracted. 5) The information is not available. 6) The information is not available.

IV. SITUATION OF STOCK SPARE PARTS

No.	Study Item	Results
	<p>Data on the situation of stock spare parts shall be obtained to evaluate maintainability of generating facilities.</p>	<p>Considering that the existing equipment doesn't guarantee the trust of operation. It is not required to keep spare part stocks.</p>

V. CEDENAR'S INTENTION FOR REHABILITATION

No.	Study Item	Results			
		Leaving as it is	Repair work	Replacement	Notes
	Mark with V in pertinent columns.				
-	Inlet valve			✓	/
-	Turbine, governor, auxiliary equipment			✓	/
-	Generator, exciter			✓	/
-	Control panel			✓	/
-	Switchgear			✓	/
-	Transformer			✓	2
-	Substation equipment (Circuit breaker, Isolator, etc.)			✓	3
-	Transmission tower, conductor and insulator	✓			
-	Power House		✓		4

(Notes)

1. Equipment in bad condition
2. Replaced equipment
3. It is adequate for new equipment in good condition.
4. Preparation for new equipment.

