

Fig. 11-1 Relation Curve between Construction Cost and Tunnel Diameter

11.3 水路及び発電所

11.3.1 取水口

(1) 型式選定

取水口の型式としては傾斜式と塔式に分類される。傾斜式には全面スクリーン設置方式と部分的にスクリーンを設置する一部、スクリーン設置方法が考えられる。以下それぞれのタイプ別について利点、欠点を述べる。なお、Table 11-1 に型式別の比較表を示す。

Table 11-1 Comparison of Intakes

	Inclined Type (I)	Inclined Type (II)	Tower Type
Typical Section			
Quantity			
Ex. (m ³)	63,000	63,000	49,000
Con. (m ³)	5,100	6,100	11,200
Gate (ton)	38	38	33
Screen (ton)	18	83	74 (橋梁 16ton)
Ratio of Construction Cost	1.00	1.19	1.46

(a) 傾斜式・部分的スクリーン設置案

この案は取水口部の掘削勾配に合わせゲートとスクリーンを傾斜式とする案であり、以下の利点、欠点を有する。

利 点 ① スクリーンを全面に設置しないため、経済的に他の案と比較して最も優れている。

② 工事期間はスクリーンの設置作業が少ないことから、取水口工事として数ヶ月短くて済む。

③ 取水口としての機能は全面にスクリーンを設置する案と大差がない。

欠 点 ① 除じん設備が均一な勾配とならないためガイドと除じん機の固定が他の案に比して複雑である。

(b) 傾斜式・全面スクリーン設置案

この案は傾斜式取水口上に、スクリーンを全面的に設置する案である。

以下の利点と欠点を有する。

利 点 ① 貯水池内にゴミが多い場合、貯水池水位に無関係で、その処理が可能となる。

欠 点 ① 当貯水池のように利用水深が46mと比較的深い場合はスクリーンが取水口工事に占める工事費が多くなり経済的とならない。

(c) 塔式・全面スクリーン設置案

この案は取水口を塔式とし、保守点検には付属の橋梁を使用する案であり、以下に利点と欠点を示す。

利 点 ① 塔式であるため、地質的に底部付近の地山が安定でかつ所要の強度があれば、構造上問題はない。

② 傾斜式に比べてゲートにかかる荷重は摩擦抵抗が少なくて済む。また、巻上げ長さが垂直であるため、他の案に比して短くて済むことから巻上機の容量と巻上荷重が少なくて済む。

欠 点 ① 地震時において、基礎部に作用する荷重が大きくコンクリート量と鉄筋量が多く必要となり、経済的には劣る。

② 鋼構造物がゲート、スクリーンの他に連絡橋梁が必要となるため、経済的に他の案に比して劣る。

以上の比較の結果から、Pirris貯水池内に設置する取水口の構造は傾斜式・部分的スクリーン設置型とする。

(2) 構造一般

(a) 取水口の位置

取水口の位置は以下の理由から決定した。

- ① 導水路トンネルの延長を最も短くなる様な位置であること。
- ② 地形および地質が最も安定していること。掘削量は出来る限り最小にすること。
- ③ 完成後の保守、点検が安全かつ容易であり、緊急時においてもダムおよび発電所との連系がスムーズに実施可能なこと。

(b) 構造

取水口の構造は以下の通りとした。

- ① スクリーン部の通過流速を $V=1.0\text{m/sec}$ 以内とし、スクリーンに作用する荷重の減少と渦による振動破壊を起こさないようにした。
- ② ゲートは導水路トンネルの保守点検あるいは事故等に対して貯水池水位に関係なく、通常の開閉と急降下閉鎖が可能な構造とした。
- ③ 呑口部は低水位時でも運転可能な位置とし、空気の混入等のないような構造であり、流入損失の少ない三方ベルマウス付きとした。
- ④ 推定堆砂位がEL 1,140.00mであり、取水敷をEL 1,142.00mとし、導水路トンネルへの土砂流入のない標高とした。

11.3.2 導水路トンネル

(1) ルート選定

Pirris川の流芯は、ダム地点から発電所間については、Fig.11-2 に示すようにダム下流約2kmの地点で北に蛇行し約3km進み、その後緩やかに南行し、発電所地点に至っている。したがって、導水路トンネルはPirris川の右岸側に設置するより、左岸側に設置する方が約2.3km短くなり、左岸側を通す方が有利である。

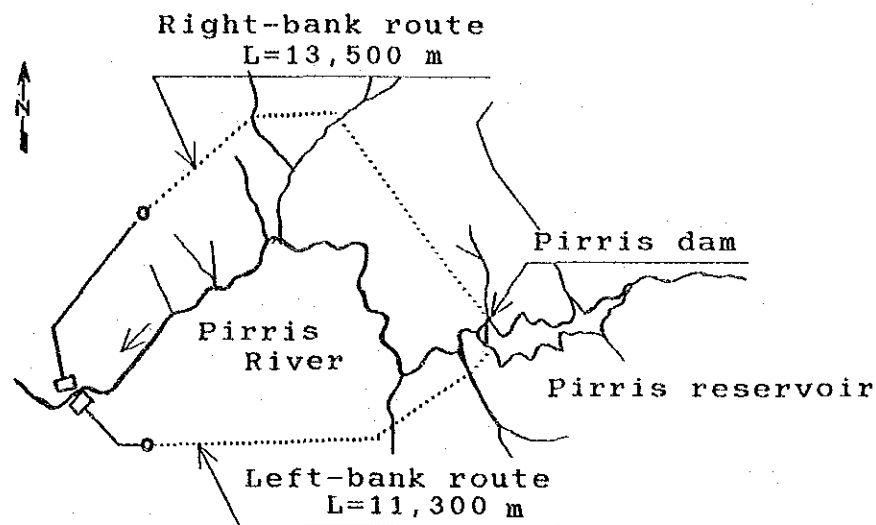


Fig.11-2 Headrace Tunnel Routes

左岸ルートは、2ヶ所の比較的大きな沢（Seca沢およびNapoleon沢）および Palo Seco川と交叉する。これまでの地表踏査及び航空写真判読の結果によれば、これら沢部については断層又は軟弱層の存在の可能性があると推定された。しかしながら、設計及び施工を慎重に、これら地質条件を十分考慮して行えば問題はないものと判断された。

平面上のルートも比較的直線に近い最短距離を設定することが可能である。

縦断形状については以下の方法によって決定した。

- ① 取水口呑口部標高を1,142.00mとする。
- ② 調圧水槽基部はサージ計算結果から、水圧鉄管に負圧を生じさせない値を考慮して標高1,105.05mとする。
- ③ 水路勾配は、Seca沢およびNapoleon沢の交叉部のトンネルの最小被りを30m以上確保するためと、トンネルの施工性を考慮に入れて1/500とした。
- ④ 導水路トンネルの勾配を1/500とすると取水口付近において約20mの高低差が生じる。したがって、この区間を長さ26.40mの斜坑で連絡することとした。

(2) 導水路トンネル内径の決定

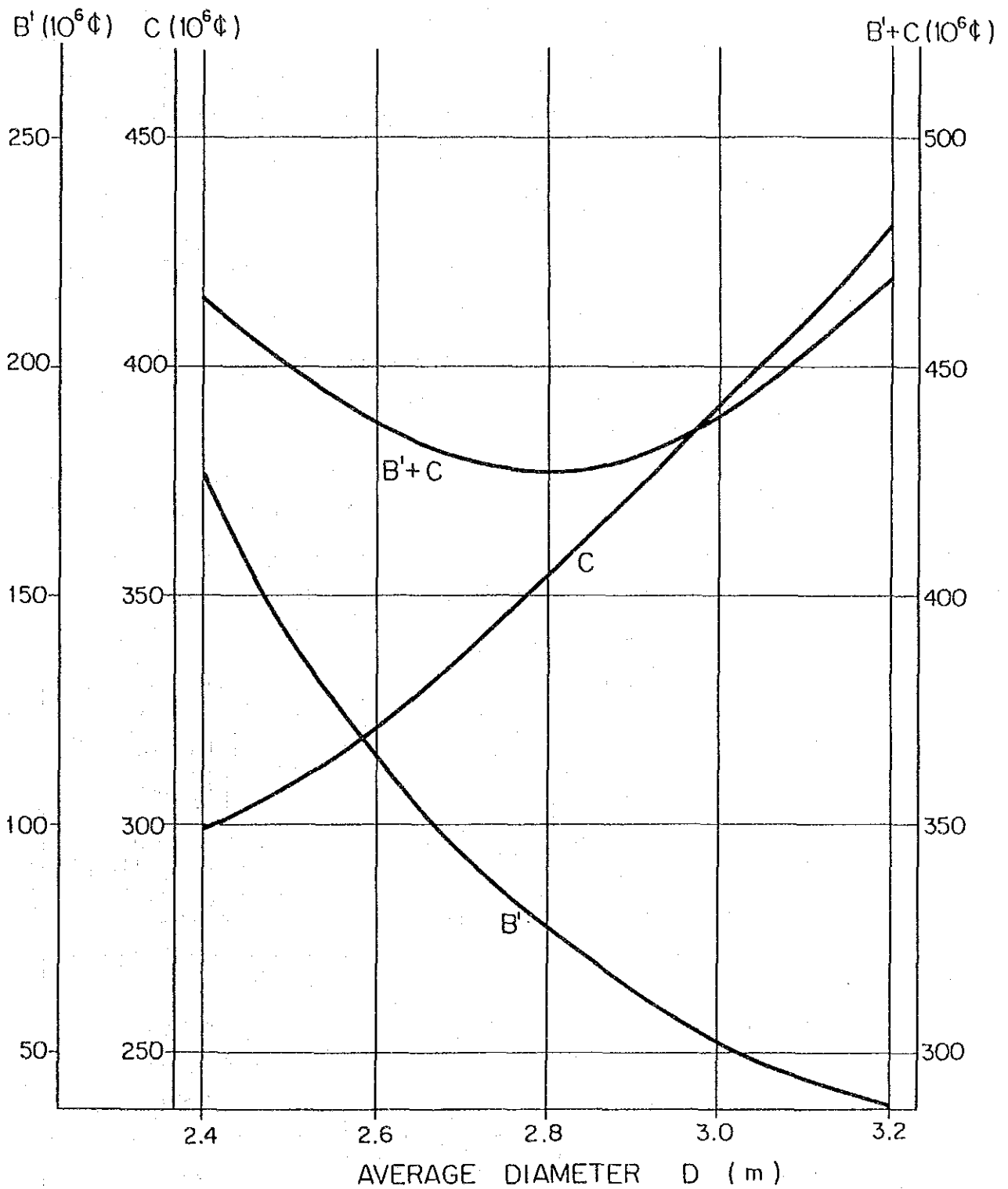
導水路トンネル内径の決定は単位長さ当りの内径別工事費に対する年経費と内径別損失水頭による年間便益の損失との合計が最小となる内径を選定した。選定結果

を Fig. 11-3 に示すように $D = 2.80\text{m}$ が最も経済的な内径となる。

(3) 導水路トンネルその他一般

導水路トンネルについてのルート選定および内径の決定以外について以下のような設計を行った。

- ① 導水路トンネル通過地点の地質状況を加味して、標準区間についてはコンクリート巻厚を 30cm とし、断層部地質条件が複雑な区間についてはコンクリート巻厚を 50cm 、複鉄筋で補強した。
- ② 導水路トンネル掘削による周辺地山の緩みが生じた区間に対して巻立コンクリート終了後、1断面3本、1本当りの長さ 3.0m 、間隔 3.0m でグラウトを施工し、トンネルと周辺地山が一体となることにより、内外圧に対処することとした。
- ③ 導水路トンネル全長約 8.7km に対して、施工上、工程確保のため3本の作業坑を配置した。なお、工事完了後はコンクリートで閉塞し、内圧に対処することとした。なお、作業坑“A”“B”については閉塞区間にマンホールを、“C”についてはマンホールや排砂設備を配置し、将来の保守点検の連絡設備とすることを詳細設計の段階で検討すべきである。



* B' : Decrease in Annual Benefit due to Head Loss of Tunnel
 C : Annual Cost of Tunnel

Fig. 11-3 Study on Optimum Diameter of Headrace Tunnel

11.3.3 調圧水槽

(1) 調圧水槽の型式選定

調圧水槽の型式には単動式、制水口式および差動式等がある、どの型式を採用するかは導水路トンネルと調圧水槽の交点部の標高と地形上許容されるかまたは、構造物の築造可能な調圧水槽頂部の標高、即ち、調圧水槽の高さと水平面積によって決まり、経済的で水位変動に対する減衰性がよいことが条件であり、ここでは構造が簡単で施工性のよい単動式と制水口式を比較することとした。

Pirris発電所の調圧水槽は基部標高が1,105.00mであること。頂部標高は1,210m程度であることから調圧水槽の高さを105m~110m程度とする。

単動式と制水口式を比較すると Table 11-2 に示す通りであり、経済性、施工性に優れかつ構造も比較的簡単な制水口式を選定した。

Table 11-2 Comparison of Surge Tanks

	Simple Type	Restricted Orifice Type
Typical Section		
Quantity		
Open Ex. (m ³)	5,600	20,600
Shaft Ex. (m ³)	8,300	4,800
Con. (m ³)	2,340	1,650
Ratio of Construction Cost	1.36	1.00

(2) 調圧水槽一般

(a) 形状決定について

調圧水槽は地形、地質条件を考慮して、制水口式とし、上部水室を有する設計とした。立坑内径およびオリフィス径は以下の条件を満足するように、種々径を変えて計算し決定する。検討の結果、立坑内径5.0mおよびオリフィス径1.20mとした。

(i) オリフィスの限界流量に対する検討

(ii) 負荷遮断および負荷急増に対する最適オリフィスの検討

(iii) 動的振動に対する検討

(b) 内張管の設置について

導水路トンネルと調圧水槽との交点部は掘削が上部方向と左右方向に交差し、地山のゆるみが不規則になること。およびオリフィスを有するため巻立コンクリートにすると型枠の設置が複雑になることから内張管を設置した。その範囲はトンネルを調圧水槽から上下流各10.00mとし、立坑は標高1,112.00mまでとした。

(3) サージング計算

サージング計算は Fig.11-4 に示す諸元を用いて計算を行った。貯水池水位は全負荷遮断は満水位とし、半負荷急増時は低水位を用いる。

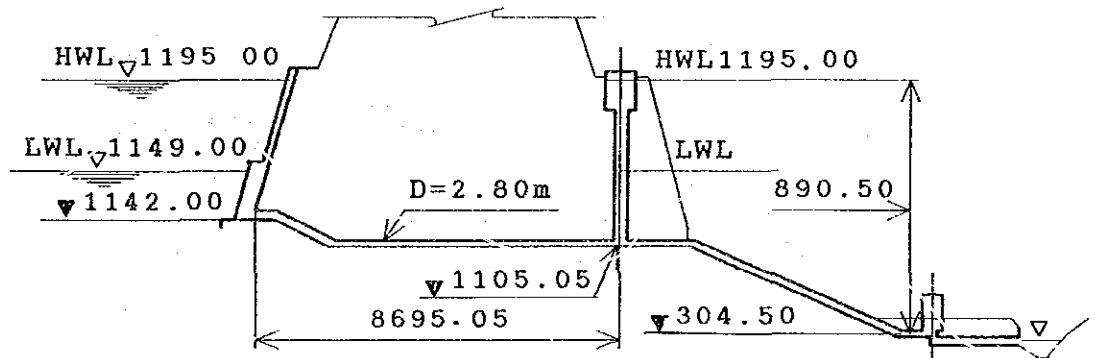


Fig.11-4 Profile of Waterway

— 計 算 結 果 —

数値計算は電子計算機を用いて、0.5秒刻みでルンゲ・クッターの数値積分法によって行った。

結果は Fig. 11-5 に示す通りである。

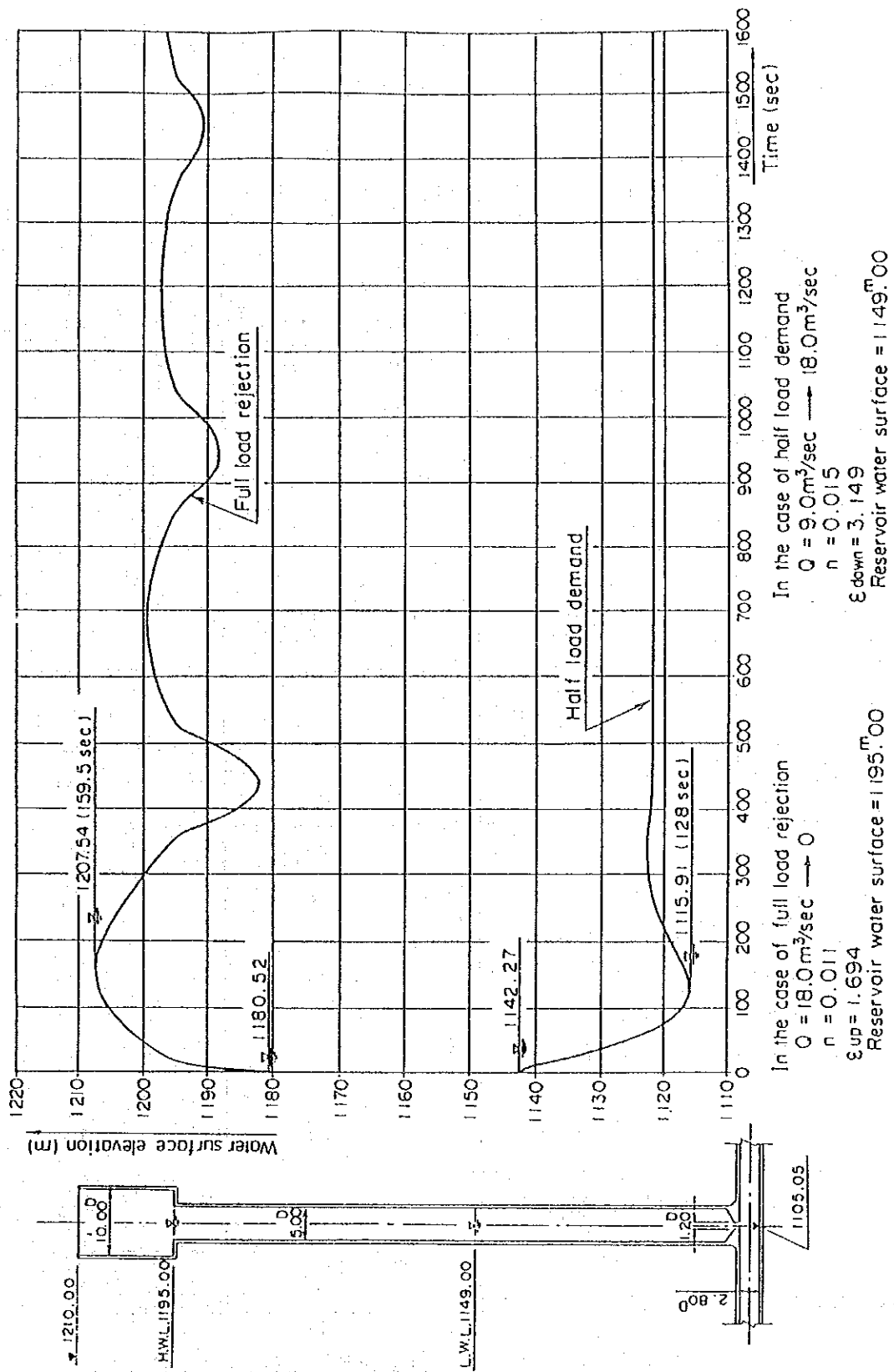


Fig. 11-5 Surging Curve

11.3.4 水圧管路

(1) 水圧管路のルート選定

水圧管路のルートは、調圧水槽から発電所までの区間について Table 11-3 に示すような明り案とトンネル案について比較検討を実施した。

Table 11-3 Comparison of Penstocks

	Open Type	Tunnel Type (I)	Tunnel Type (II)
Profile of Penstock			
Length of Penstock	2,601.43 m	2,805.78 m	3,229.09 m
Quantity			
Open Ex. (m ³)	131,500	0	0
Tunnel Ex. (m ³)	10,400	33,900	34,600
Open Con. (m ³)	6,380	460	460
Tunnel Con. (m ³)	4,250	17,380	18,860
Penstock (ton)	4,150	4,220	6,330
Ratio of Construction Cost	1.00	1.21	1.64

検討結果からも判明するように、経済的にも延長が最も短い明り案が優れている、その他の利点として以下の理由から明り案を採用した。

- ① 管路長が長くアクセスが容易であるため、水圧鉄管の据付け工事が多数に細分化出来る。したがって、工事工程の確保が容易である。
- ② 地形的にも尾根部を通過するため、単位当りの掘削数量は比較的少なく、仕上り法面の長さも短く、種子吹付等を実施することにより緑化され、工事完了後の景観を害する恐れは少ない。
- ③ 水圧鉄管は露出している。従って、保守点検が容易であり、通常運転もしながら管理が可能である。

(2) 水圧管路の内径の決定

水圧管路の標準内径は、単位長さ当りの内径別工事費に対する年経費と、内径別損失水頭による年間便益の損失との合計が最小になる内径を選定した。

計算結果を Fig. 11-6 に示すように、 $D=2.20\text{m}$ が最も経済的となり、この値を基準に発電所に向かって漸縮し、分岐後水車で接続する地点で $D=1.00\text{m}$ とした。また導水路トンネルに向かって漸拡し、調圧水槽接続点で $D=2.80\text{m}$ とした。

(3) 構造一般

(a) バルブ室の設置について

水圧管路上部標高 $1,106.00\text{m}$ のトンネル出口部にバタフライバルブを設け、水圧管路および発電所に異常が生じた場合は急閉塞が可能な設備とした。また、水圧鉄管および導水路トンネルと共に延長が長いことから、保守点検作業時の充排水に多くの時間を要することから、このバルブを操作することにより、単独で短い時間で作業完了とすることが可能となる。

(b) 中段部の一部トンネル設置について

水圧管路中段部標高 545.00m 付近は、地形的に尾根を形成している。この尾根を管路ルートとして迂回すると、水路延長が約 350m 長くなり経済的に不利となる。また、延長が長くなるほど損失電力量が増大することから、トンネルで通過することとした。

このトンネル部は地質状況を考慮して、水圧鉄管を埋設しない露出型とし、トンネル壁面の変形が水圧管路の保身に影響しないようにした。

(c) 分岐位置について

水圧管路の主管は1本とし、水車発電機が2台であることから、管路途中で分岐して枝管2本を配置する必要がある。

分岐の位置は土木工事と水圧鉄管を含めた経済性と、損失電力量が少なくなるように、発電所直上流で分岐することとした。

分岐方法はエッシャーウェイタイプとし、損失水頭を極力小さくなるようにした。

(d) 発電所取付部土木構造物について

水圧鉄管は発電所取付部において、発電所の最深部の水車に接続される。これは発電所仕上げ標高330.00mと水車中心の標高304.50mの間約25mが明り掘削されることとなり、水圧鉄管の据付（分岐部を含む）、コンクリート打設して埋戻しを完了するまでの間、長期間にわたり発電所周辺の掘削法面が放置されることになり、安全上の問題と発電所本体の作業性が著しく妨げられることになり、電気、機械工事を含めた工程確保の問題が生ずる。

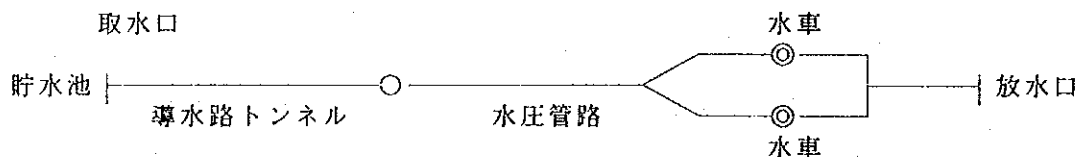
よって、標高330.00m以下の水圧管路はカルバートコンクリートで最初に覆い埋戻しを実施して、平坦地を造成して発電所工事に支障をきたさない様にしてから水圧鉄管の据付と詰め込みコンクリートの作業を行う方法を選定した。

(4) 水撃圧の計算

(a) 概要

水圧管路は調圧水槽基部から発電所直上流まで、一部がトンネル埋設管でその他は明りの水圧鉄管1条で導き、2条に分岐後各水車に接続される。

(b) 計算方法



基本式を0.01秒ごとに逐次近似法によって解いて求める。ノズルの開度は直線変化するものとし、損失水頭は想定した管路端に集中して生ずるものとし、実際の管路長によって計算する。また、サージタンクの影響も含めた値を算出するものとする。

計算結果

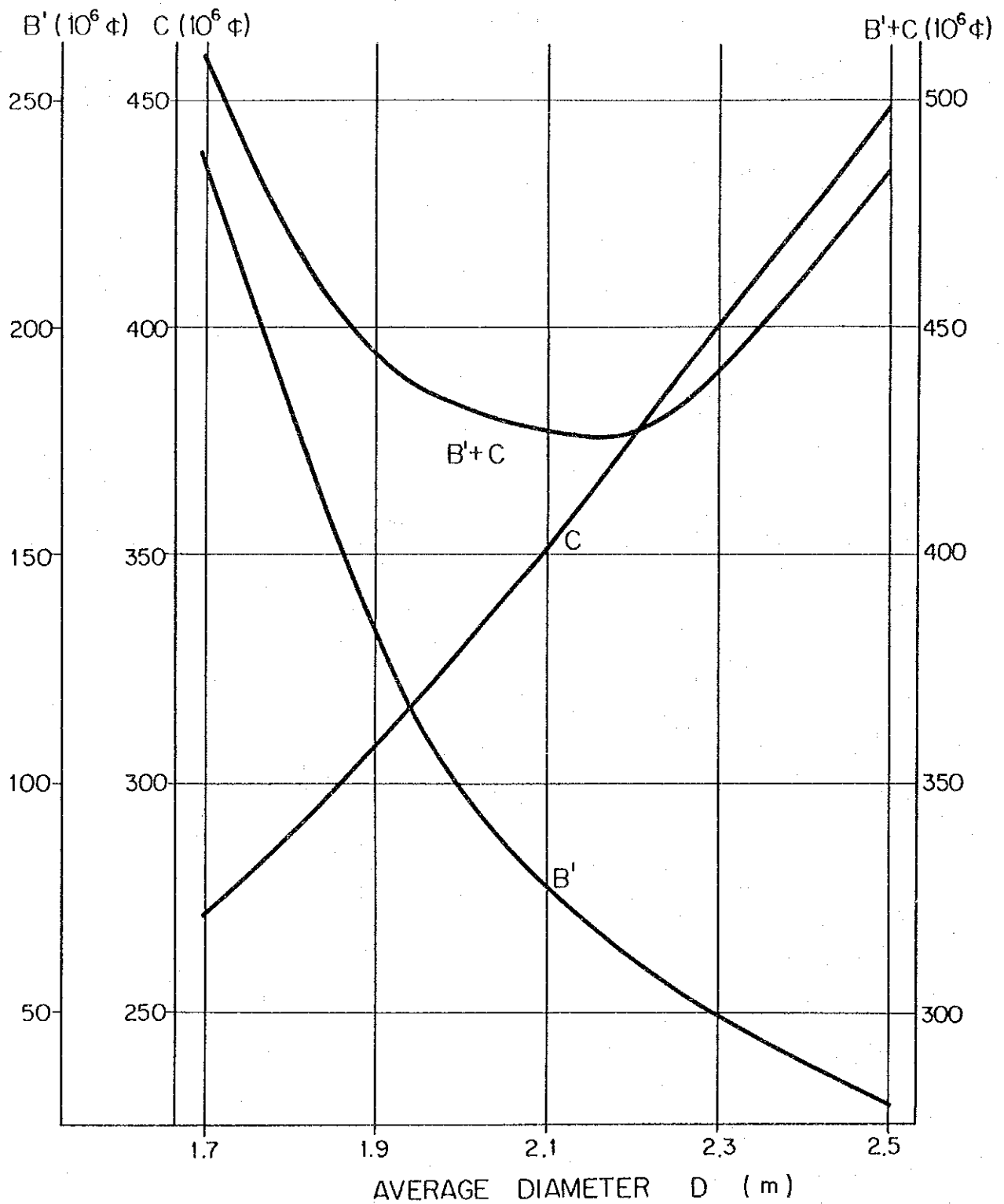
計算条件は Appendix に示す通りである。

計算は電子計算機により0.01秒毎に行った。

計算結果は Fig.11-7 に示す通りである。

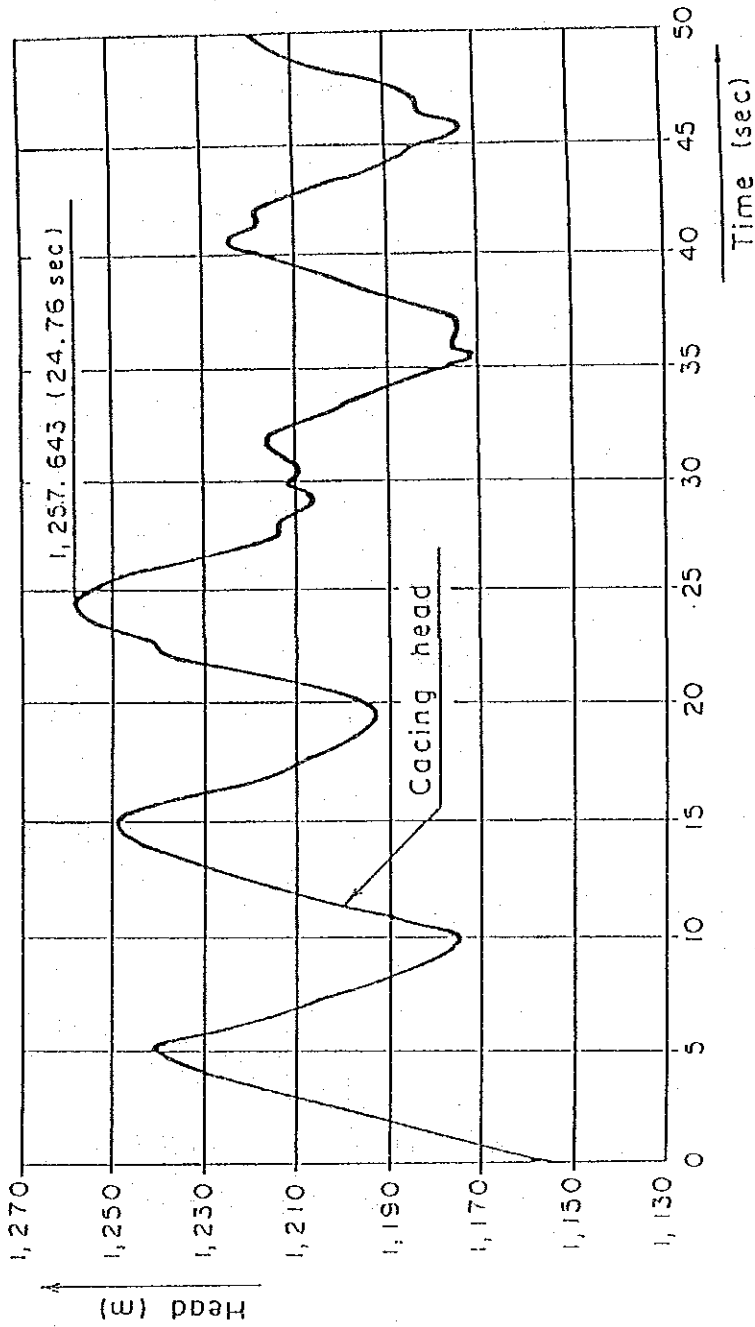
水撃圧の最大値を静水圧との比で示すと次の通りとなる。

$$\begin{aligned}\frac{P_{\max}}{P_{\text{sta}}} &= \frac{1,257.64 - 304.50}{1,195.00 - 304.50} \times 100 \\ &= 107.03 \%\end{aligned}$$



※ B' : Decrease in Annual Benefit due to Head Loss of Tunnel
 C : Annual Cost of Tunnel

Fig. 11-6 Study on Optimum Diameter of Penstock



Reservoir Water Surface elevation : 1,195.00 m
 Tailrace Water Surface elevation : 301.30 m
 Maximum discharge : $9.00 \times 2 = 18.00 \text{ m}^3/\text{sec}$
 Number of generator : 2 Units
 Closing time : 30 sec
 Pressure wave Propagation velocity : 1,000 m/sec

Fig. 11-7 Water Hammer Pressure Curve

11.3.5 発電所および屋外開閉所

(1) 発電所位置の決定

発電所の位置は水圧管路の延長上において、地形的には標高330m前後の平坦地に設置することとした。

この地域は地質調査の結果、段丘堆積物で覆われていて、岩盤線がかなり深いことが判明した。従って発電所は屋外開閉所や事務所、配電盤室等の建築物および機器搬入等の屋外構造物の配置を考慮して水圧管路上の最も山側に設置することとし、発電所からPirris川までは放水路を設ける構造とした。

(2) 構造一般

(a) 発電所は「11.4 電気機器」に述べるように、水車はペルトン水車とし、台数は2台が最も効率的で経済性に優れている。

(b) 水車中心標高はペルトン水車であることから運転時において、水車直下の放水位と2.26mのクリアランスが保たれるように標高304.5mとした。

なお、水車直下の放水位は放水口からの背水計算により決定した。

(c) 発電所建物寸法は、発電機と補器類が収容可能な寸法とし、幅24.50m、長さ45.00m、高さ32.60mとした。

(d) 発電所の仕上げ標高は地形上掘削法面の長大化を防止すること、連絡道路、屋外開閉所等の接続上および掘削盛土等土工量が最も経済的な標高330.00mとした。

(e) 水車中心標高から発電機室（組立室）標高および天井クレーンレール標高が決定される。一方、発電所仕上げは標高330.00mであり、組立室の標高310.00mとの間に20.00mの高低差があるため地上管理棟に隣接して機器搬入用のガントリークレーンを設置した。これは、組立室と直接接続する搬入用道路を設置する案とガントリークレーンを設ける案と比較して、経済的に有利なガントリークレーン案を採用した。

(f) 発電所本館は天井スラブのコンクリート打設後地上部に、Fig. 11-18 に示すような管理棟を設けることとした。

(g) 屋外開閉所は発電所の川側に幅86.00m、長さ100.00mの敷地を造成し、その外周に保守点検用道路総幅員7.00mを配置した。

11.3.6 放水路

発電後の各水車からの放流水は水車中心から25.00mを経て合流槽に至り、合流槽から延長240.83mの放水路を通り、Pirris川に放流される構造とし、発電所の項で述べたように放水路通過地点は地質的に段丘堆積物の中を通過するためトンネル築造が困難なため、総べて明り掘削によるカルバート構造とした。

(1) 構造一般

- (a) 合流槽までの単独水路は水車下のクリアランス $H_s=2.26\text{m}$ を確保するため、合流槽との取付部に高さ1.37mの潜堰を設置した。また、この水路の断面は水車機器の所要断面と同じ幅3.20m、高さ3.20mの上部半円、下部短形とした。
- (b) 合流槽は2台の水車から放流水を1本に合流して放水路に接続する水路で、幅3.30m、高さ3.70m～3.96mの断面とした。
- (c) 放水路の断面は半径1.65mの標準馬蹄形とした。

なお、トンネル勾配は1/1,000で粗度係数は0.013とし、通水容量計算はマンニングの式を用いた。

(2) 放水口

放水口地点はPirris川の発電所より極力下流に設けることにより落差を有効利用できること、選定地点より下流は比較的河川勾配が緩く成ること、および地形地質条件はこの付近のどこを選定しても大差ないこと等を考慮して選定した。

Pirris発電所はペルトン水車を採用しているため、放水位が上昇すると直接水車に支障を及ぼすため、洪水時でも運転可能な放水口敷標高298.50mとし、常時の状態では落下高約4.00mの段落ちで河川に放流するものとした。

また、放水口には放水路点検のために必要な3.30m×3.30mの角落しを設ける構造とした。

11.4 電気機器

11.4.1 主要機器の選定

Pirris発電所の主要機器は、有効落差830.7m、最大使用水量18m³/sec（2台案の場合9 m³/sec）、合成効率88%で設計すると水車の型式から得られる最大出力が128,000kWとなる。高落差であることから、選択できる水車はペルトン水車に限定される。また、主機の台数については、第9章の主機台数の検討で述べた通り、機器の経済性、系統規模および既設発電所の実績単機容量から2台としても事故時の電力系統に与える影響については問題ないと判断し2台とした。更に主機の据付方式の選択については、種々検討した結果から次の技術的および経済性を理由に立軸機を採用した。

(1) 横軸機は、立軸機に比較して、一般に水車、発電機のオーバーホールは容易であるが、水車中心標高を約1.0m上げる必要があり有効落差が減少する。

(2) 横軸機の場合、単輪2射ペルトン水車と二輪4射ペルトン水車が選択されるが、現計画の場合、単輪2射ペルトン水車は、水車限界比速度から回転速度が360rpmと比較的低い値となり、水車・発電機の形状、重量が大きくなり価格増となる。

また、2射ペルトン水車は部分負荷特性が4射ペルトン水車に劣る。

横軸二輪4射ペルトン水車は、立軸4射ペルトン水車と同じ回転速度の514rpmとなるが、立軸機に比較して水車重量が大きくなり価格増となる。

(3) 横軸機は一般に立軸機に比較して建屋寸法が大きくなる。現計画の場合、立軸単輪4射ペルトン水車に対して横軸2輪4射ペルトンは、建屋平面積で約260m²立軸機に比べ広くなる。

以上の結果に基づいて、更に有利な多射水車（6射）と4射水車を比較すると、前者は主機の回転数が1ランク高くなり製品の重量が約20%軽くなる。また、水車の運用面でも2,4,6射の組合せで3様の高効率運転が可能である。従って、Pirris発電所の水車には立軸6射ペルトン水車を採用する。

水車の諸元は、立軸単輪6射ペルトン水車（VP-1R6N）、出力65,000kW、回転速度

720rpmとした。

発電機の諸元は、三相交流同期発電機出力71,000kVAとし発電機力率については既設発電所の発電機力率が0.75から1.0で設計されているが、系統の電圧調整および経済性から0.90（遅れ）を採用した。

発電機電圧は発電機の出力からみて最適な13.8kVを採用するものとした。主要変圧器諸元は容量72,000kVAとし、発電機電圧13.8kVから送電電圧の230kVに昇圧する屋外用単相油入変圧器7台(1台は予備)を屋外に設置する。

開閉所は屋外式とし発電所建屋に近接して設置し、変圧器開閉所間は架空線2回線で接続する。開閉所から受電用変電所迄の送電線は電圧230kV2回線で亘長約44kmにてEscaz変電所の母線に接続する。

発電所の制御方式は運転員を常駐させる一人制御方式を採用する。

11.4.2 Pirris発電所の主要機器

水車、発電機、主要変圧器、230kV開閉所および連絡架空線の諸元は以下の通りである。

(1) 水 車

型 式 : 立軸ペルトン水車 (6射)
台 数 : 2 台
基準有効落差 : 830.7 m
使用水量 : 9 m³/sec
基準出力 : 65,000 kW
回転速度 : 720 rpm

(2) 発 電 機

型 式 : 三相交流同期発電機
台 数 : 2 台
出 力 : 71,000 kVA
回 転 速 度 : 720 rpm
周 波 数 : 60 Hz
電 圧 : 13.8 kV

(3) 主要変圧器

型式 : 屋外形 3 相送油風冷式
台数 : 2 台 (单相 3 台 2 組 + 予備 1 台)
定格出力 : 72,000 kVA (1 ϕ 24,000kVA \times 3)
電圧 : 13.8kV/230kV

(4) 開閉所

母線構成 : 二重母線
母線 : アルミ線
接続送電線路数 : 2 回線
電圧 : 230 kV
導体の種類 : AAC 795 MCM \times 2

(5) 連絡架空線

回線数 : 2 回線
鉄構数 : 2 基
電圧 : 230 kV
導体の種類 : ACSR 636 MCM \times 2
区間 : Pirris 発電所 \sim 開閉所

(6) 送電線

亘長 : 44 km
回線数 : 2 回線
電圧 : 230 kV
導体の種類 : ACSR 636MCM \times 2
区間 : Pirris 発電所開閉所 \sim Escazu 変電所

11.4.3 設備概要

(1) 主回路

主回路は信頼性、保守性および所内電源の確保等の条件を考慮して、低圧同期、ユニット方式を採用する。

発電機と主要変圧器の間は電力ケーブルで接続され、主要変圧器と開閉所との間は連絡架空線によって結ばれる。Fig. 11-24 に単線結線図を示す。

(2) 連絡架空線

連絡架空線は発電所の屋外に設備する主要変圧器24,000kVA（7台、内1台は予備）と屋外開閉所とを結ぶ230kVの架空線2回線である。

架空導体にはACSRを使用し出来るだけ短い距離で開閉所の鉄構間に架設する。各回線の上部には雷しゃへい用の架空地線を設備し開閉所と連接接地とする。

(3) 発電所の電気機器

当該発電所は半地下式で設計され、建屋の発電機室に隣接した組立室および付属建屋が配置される。主機間隔はおよそ14mで2台の水車・発電機およびその他補機類が配置される。クレーンとしては、吊込用ガントリクレーン（吊上げ荷重35t）と組立用天井走行クレーン（吊上げ荷重100t）が配置される。又屋外には主要変圧器、制御室用の付属建屋および開閉所が配置される。発電所の機器配置図をFig. 11-19 および Fig. 11-20 に示す。

(4) 開閉所の電気機器

開閉所は地形を考慮して発電所の建屋の放水口側で発電所に隣接して設ける。

230kV 2回線の送電線は左岸上流側へ引出し、Pirris川を横断して対岸に渡り、川沿いに上流へ登ってEscazuの変電所までおよそ44km建設する。

開閉所の機器配置を Fig. 11-21 および Fig. 11-22 に示す。

(5) Escazu変電所（新設）

Pirris発電所から引き出される230kV 2回線の送電線はEscazu変電所の母線に接続される。Escazu変電所はPirris発電所完成までにEscazu市の近くにICEが新設する。

Escazu変電所の概要はまだ固まっていないが、およそ次の通りである。まず230kVの母線を設け、Pirris発電所からの送電線230kV 2回線を受入れ、隣接のCaja変電所と230kVで接続すると共に、230kVより138kVに降圧する連系用変圧器

地区へ電力を供給するため、34.5kVの配電線を4フィーダ設ける計画である。電力系統図を Fig.11-23 に示す。

(6) 通信設備

i) 設計条件

a) Pirris発電所は、当分の間有人運転するので通信設備は有人運転という条件で設計する。

b) 上記発電所の運転情報は中央給電指令所に設置してあるSCADAシステムにより監視できるよう、最寄りのEscazu変電所まで情報を伝送する。

通信関係の回路構成は Fig.11-25 および Fig.11-26 に示す。

ii) 通信回路の構成

通信回線は発電所及び送電線の建設に合わせて、発電所と最寄りのEscazu変電所までの230kV送電線の運用に必要な通信回線を設置する。

回線数は以下の通りとする。

電力線搬送回線により、Pirris発電所～Escazu変電所間に下記の回線を構成する。

給電指令用電話回線	1回線
保守用電話回線	3回線
搬送保護用信号伝送回線	2回線
給電用信号伝送回線	1回線

その他、Escazu変電所にVHF基地局を設置し、送電線保守用電話回線を構成する。また、Pirris発電所内に自動交換機を設置し、保守用電話回線を構成すると共に、発電所の所内作業用としてページング回線を構成する。

iii) 通信設備の概要

上記回線構成に必要な通信設備の概要は以下の通りである。

a) 電力線搬送装置

Pirris発電所及びEscazu変電所に2CH型電力線搬送端局装置をそれぞれ3台設置し、送電線2回線にまたがる回線間結合方式の結合装置をそれぞれ設置する。

b) 搬送保護用リレー端局装置

本装置はPirris発電所及びEscazu変電所に2回線送電線用として計4台設置する。

c) 給電用信号端局装置

本装置はPirris発電所に設置し、中央給電指令所のSCADA装置に接続出来るようEscazu変電所まで回線を構成する。

d) 自動交換機

多回線自動交換機をPirris発電所に1台設置する。

e) 保守用VHF装置

VHF基地局装置をEscazu変電所に1台設置し、車載無線機2台、携帯無線機3台を設備する。

f) ページング装置

Pirris発電所に設置する。

g) 直流電源装置

蓄電池および充電装置からなる通信用直流電源装置をPirris発電所とEscazu変電所に各々設置する。

Table 11-4 Telecommunication Equipment

Equipment	Specification	Pirris P.S.	Escazu S.S.
Power Line Carrier Terminal Equipment	10 W, 2CH Type	3	3
Coupling Devices for the Above	Inter-circuit	1	1
PLC Protective Relay Terminal Eq.		2	2
Load Dispatching Signal Terminal Eq.	SCADA slave	1	-
Automatic Telephone Exchange System	100 channels	1	-
Line Maintenance VHF Base Station	150 MHz, 100 W	-	1
Mobile VHF Set	150 MHz, 10 W	-	2
Portable VHF Set	150 MHz, 5 W	-	3
Paging Equipment	2 kW, 100 sets	1	-
Battery Charger	48 V, 100 A	1	1
Battery	48 V, 500 AH	1	1

11.5 送電線

11.5.1 送電線ルート

Pirris発電所の開閉所からEscazu変電所までの送電線ルートは第10章で述べた通りAおよびBの2案が考えられる (Fig. 10-2参照)

Aルート：開閉所から直ぐPirris川を渡り、ダム近くまではPirris川右岸沿いに走りEscazu変電所へ結ぶ案

Bルート：開閉所からダムまではPirris川の左岸を通りダム近くでPirris川を横断しEscazu変電所へ結ぶ案

検討の結果、次の理由によりAルート案を採用することとした。

- i) Aルートは既設道路沿いに送電線建設が可能なのに対しBルートの場合は発電所からダムまでは道路が無い。
- ii) Aルートの方が若干ではあるが送電線距離が短い。
- iii) 送電線建設において、資機材の運搬コストは運搬道路の有無により大きく影響するためAルートはBルートより経済的である。また、保守においてもAルートが有利である。

この場合の送電線の巨長は概略44kmである。Fig. 11-27 に送電線ルート図を示す。

11.5.2 送電線々種と鉄塔の仕様

(1) 送電電圧と回線数

第10章で述べた通りPirris開閉所からEscazu変電所間の送電電圧と回線数は230kV、2回線とする。

(2) 電線

線種はPirris計画及び将来の関連系統からの流入による電流容量、機械強度およびコロナ特性を考慮すると共に、Costa Ricaに於ける使用実績及びICEの計画案を参考として次の通りとした。

230kV ACSR, 636MCM 2導体 2回線

(3) 耐雷設計

Pirrls発電所からSan Jose市にかかる中部山岳地に於ける I K L (Isokeraunic level)観測値は100回／年程度である。このため、230kV鉄塔では12.7mm. G S W 2条の架空地線を遮へい角 20° 以内に架設し100%雷遮へいを期待した。

(4) 罫子種類と罫子個数

230kV送電線で最高電圧253kV，送電ルート of 最高標高2,000m以下で検討した。

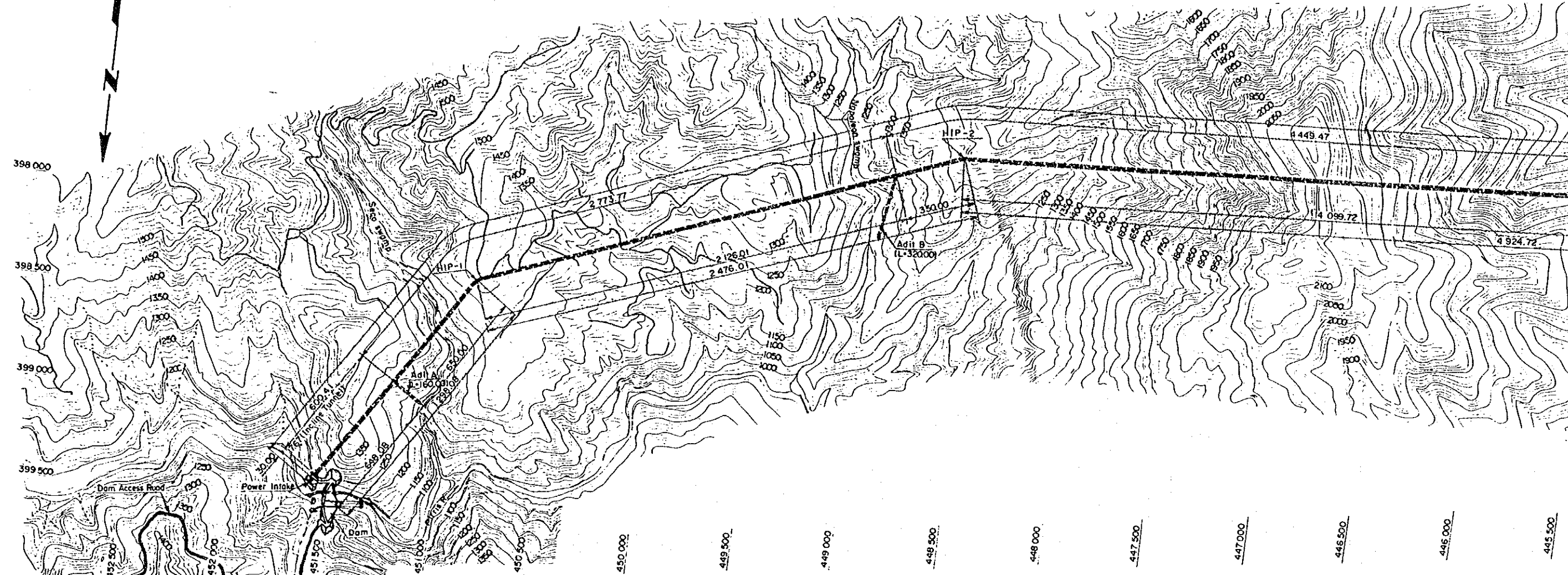
罫子個数は開閉サージ異常電圧より決定され、さらに I C E の既設230kV送電線の基準を考慮して、250mmφ懸垂罫子16ヶ取付を標準とした。

(5) 支持物

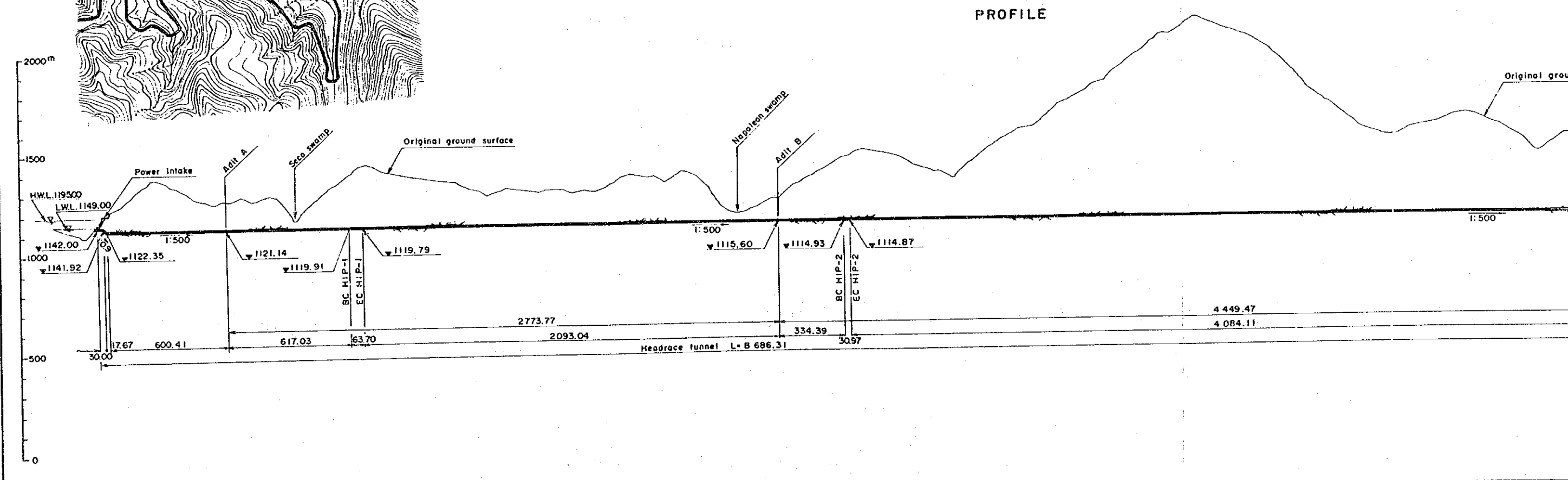
送電線鉄塔の設計にあたっては、I C E が採用している風速120km/hを参考とした。(当地域は雪が降らないため、降雪については考慮しない。)

Fig. 11-28 に230kV標準懸垂鉄塔面図を示す。

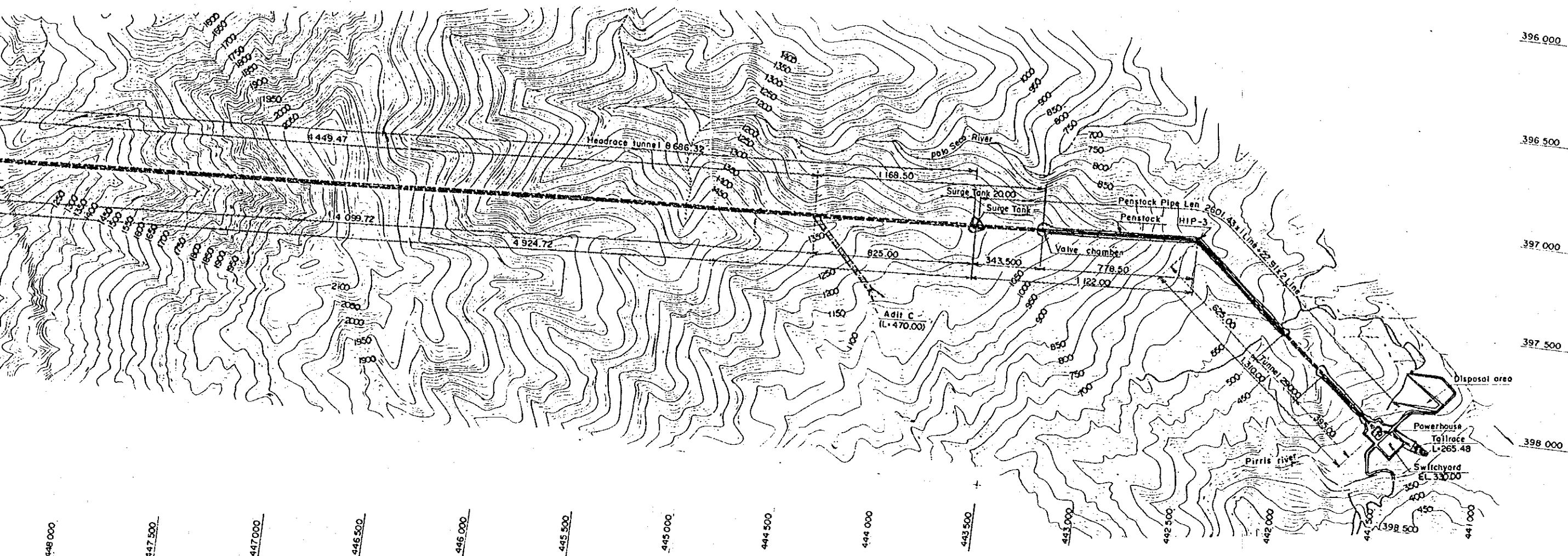
PLAN



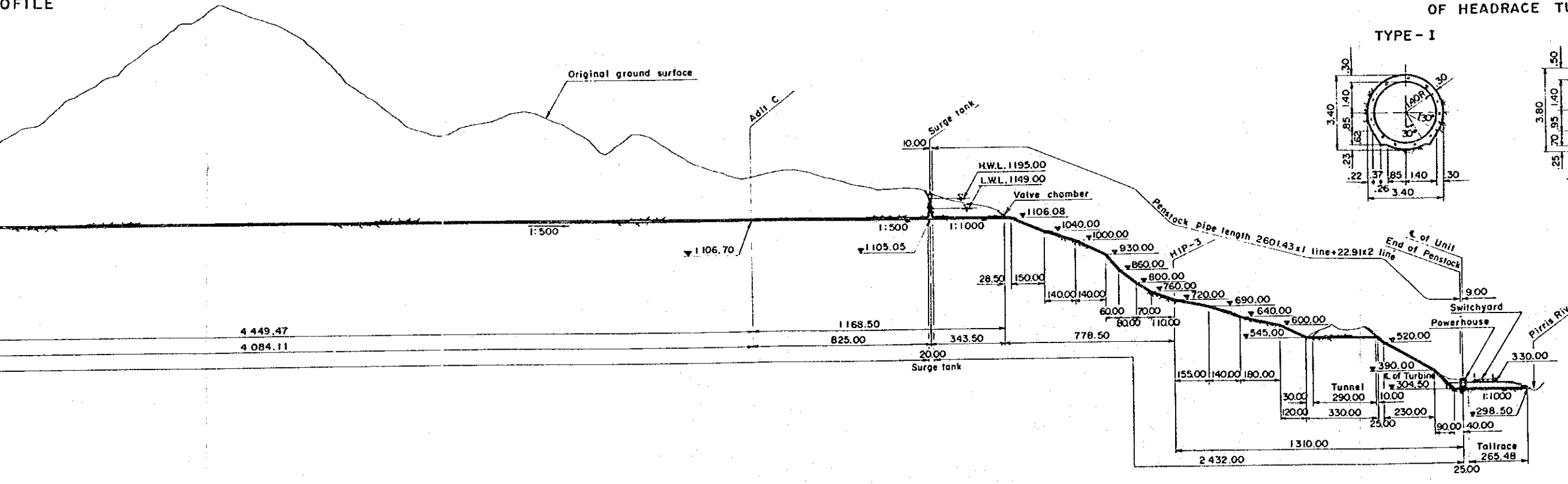
PROFILE



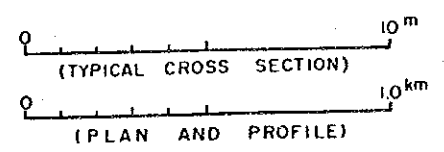
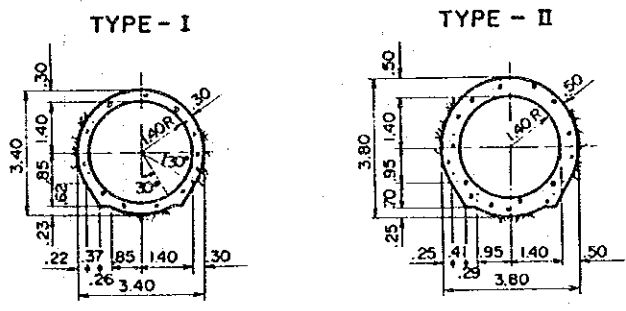
PLAN



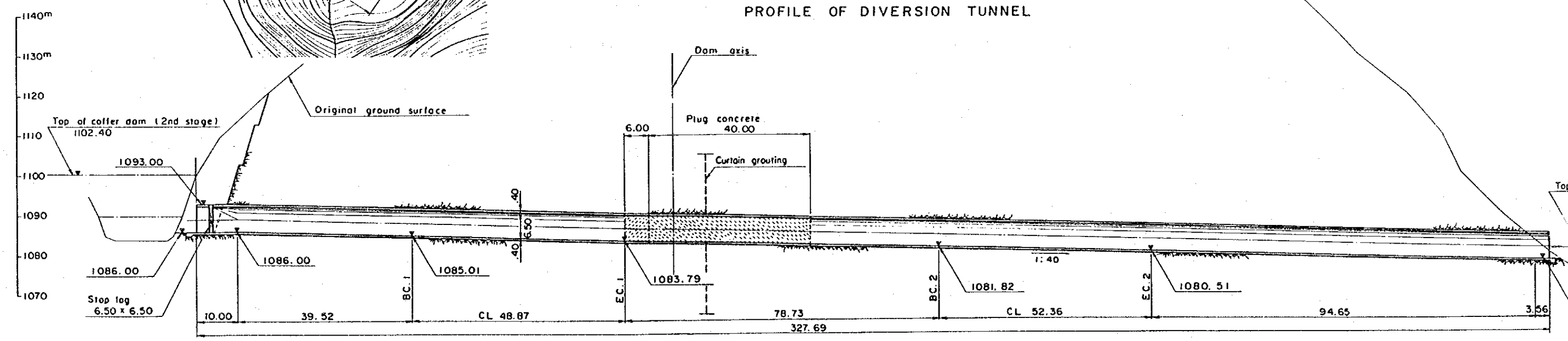
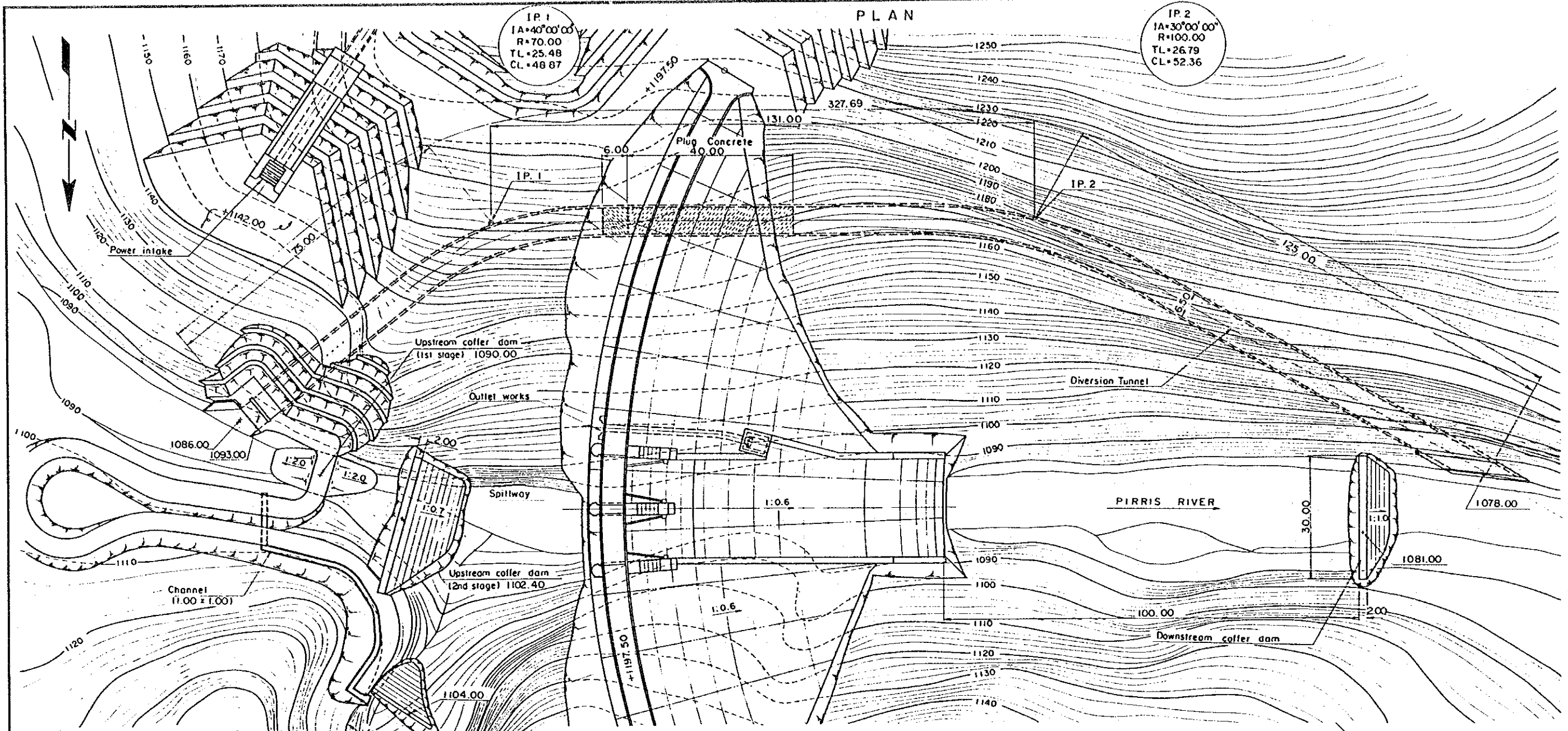
PROFILE

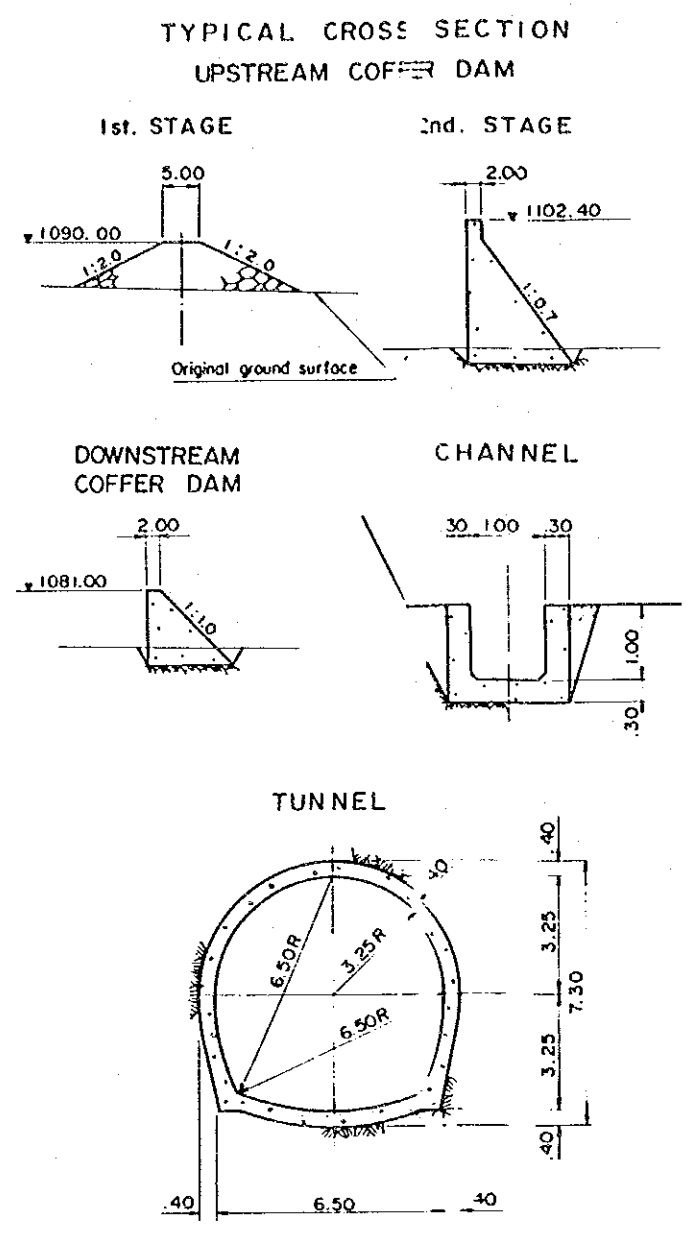
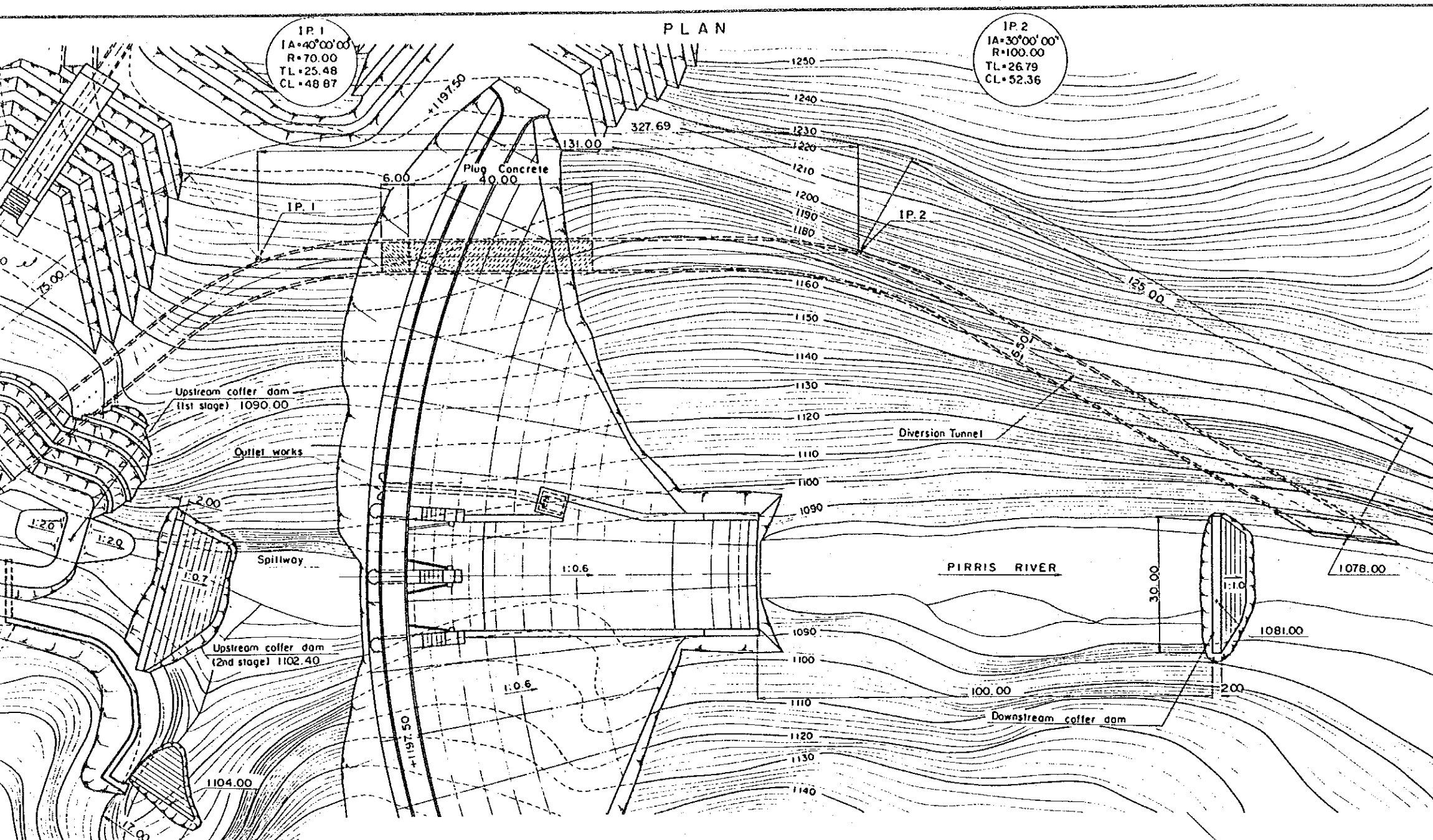


TYPICAL CROSS SECTION OF HEADRACE TUNNEL

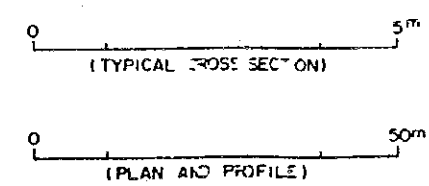
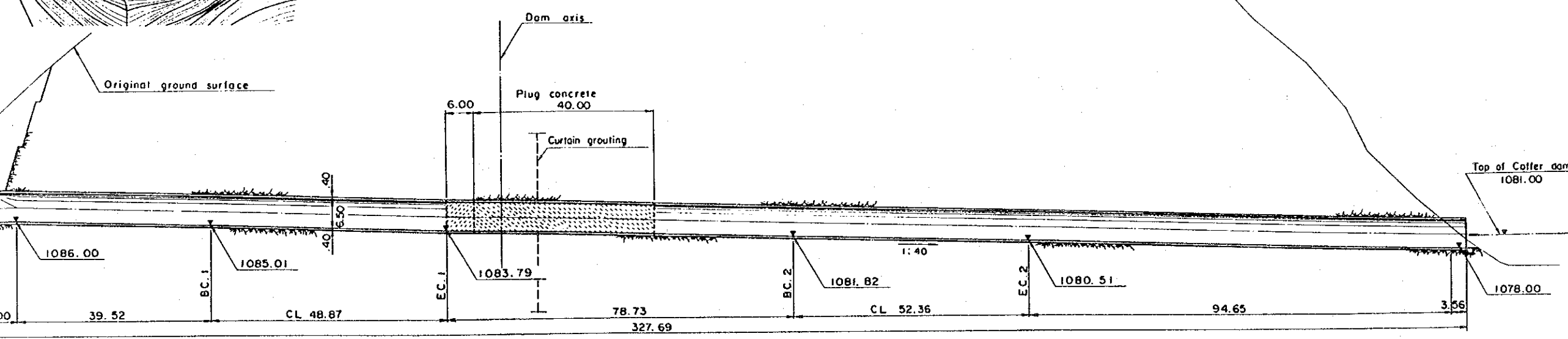


REPUBLIC OF COSTA RICA	
PIRRIS HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT	
GENERAL PLAN	
PROFILE AND TYPICAL SECTION	
Fig. II-8	

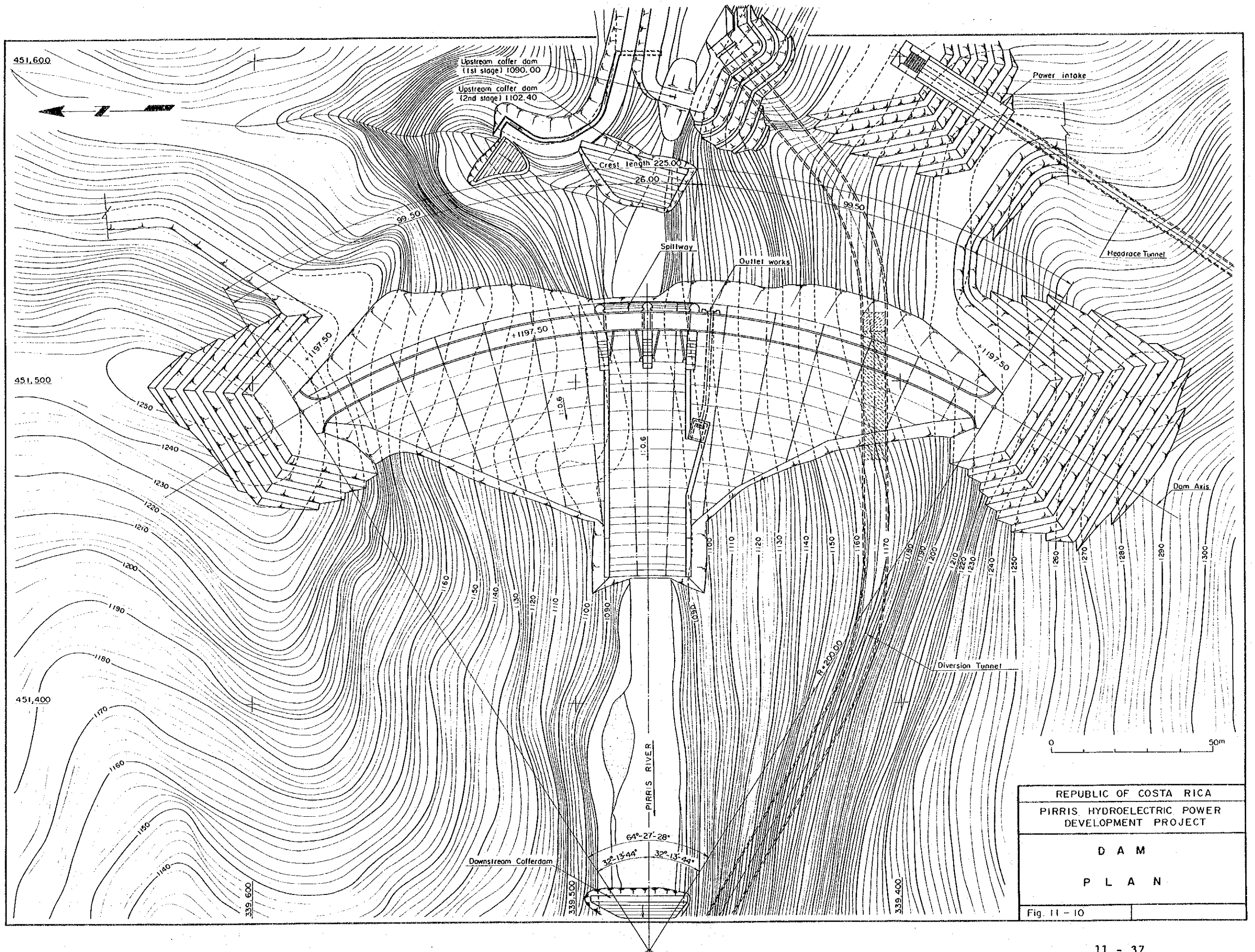




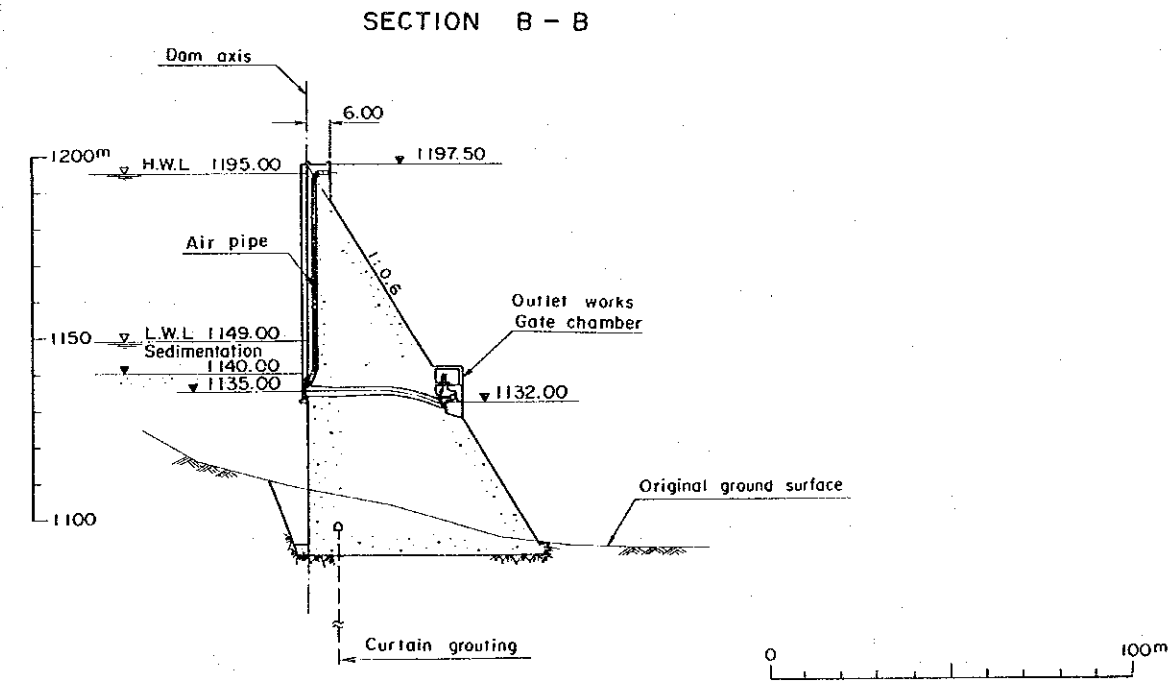
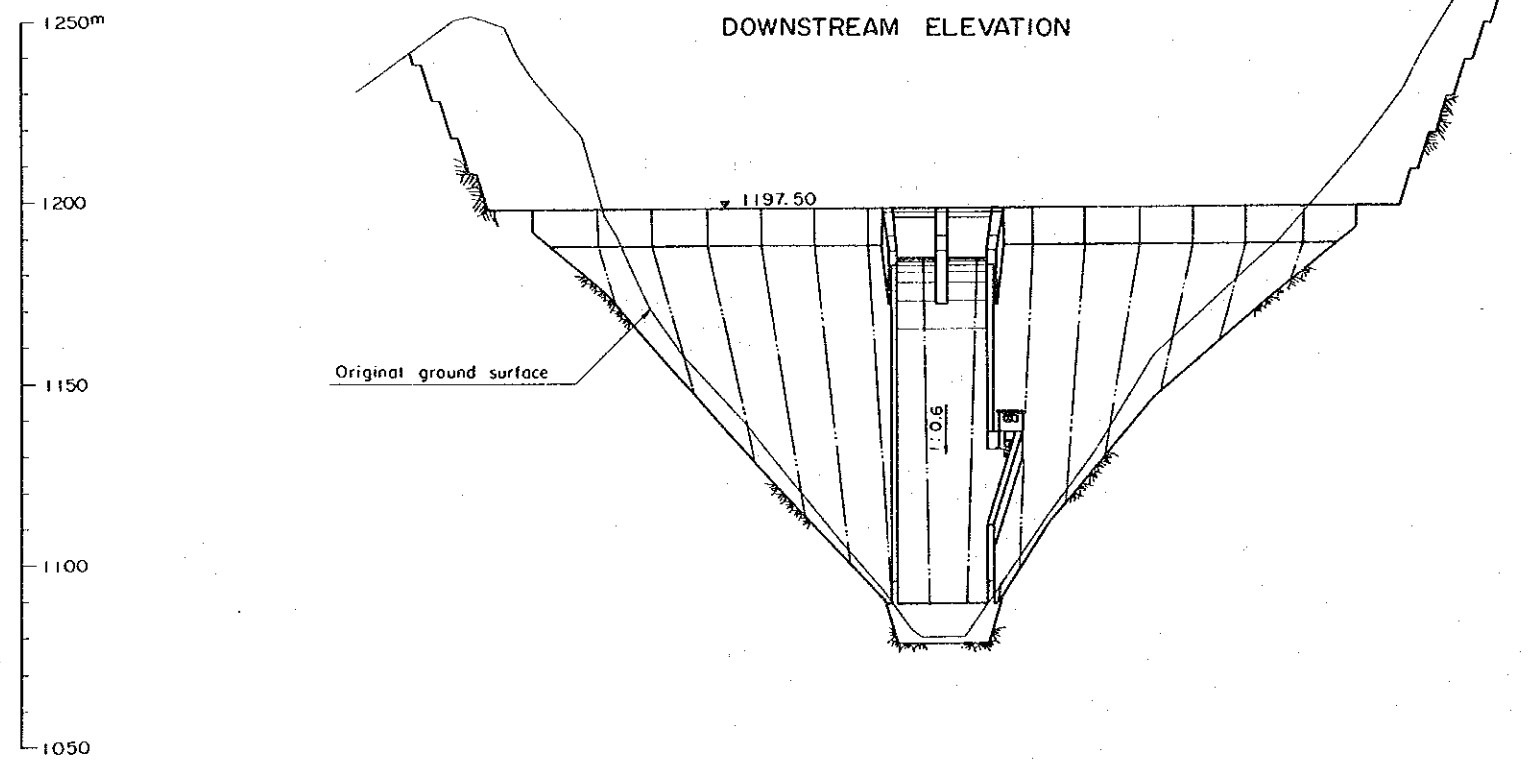
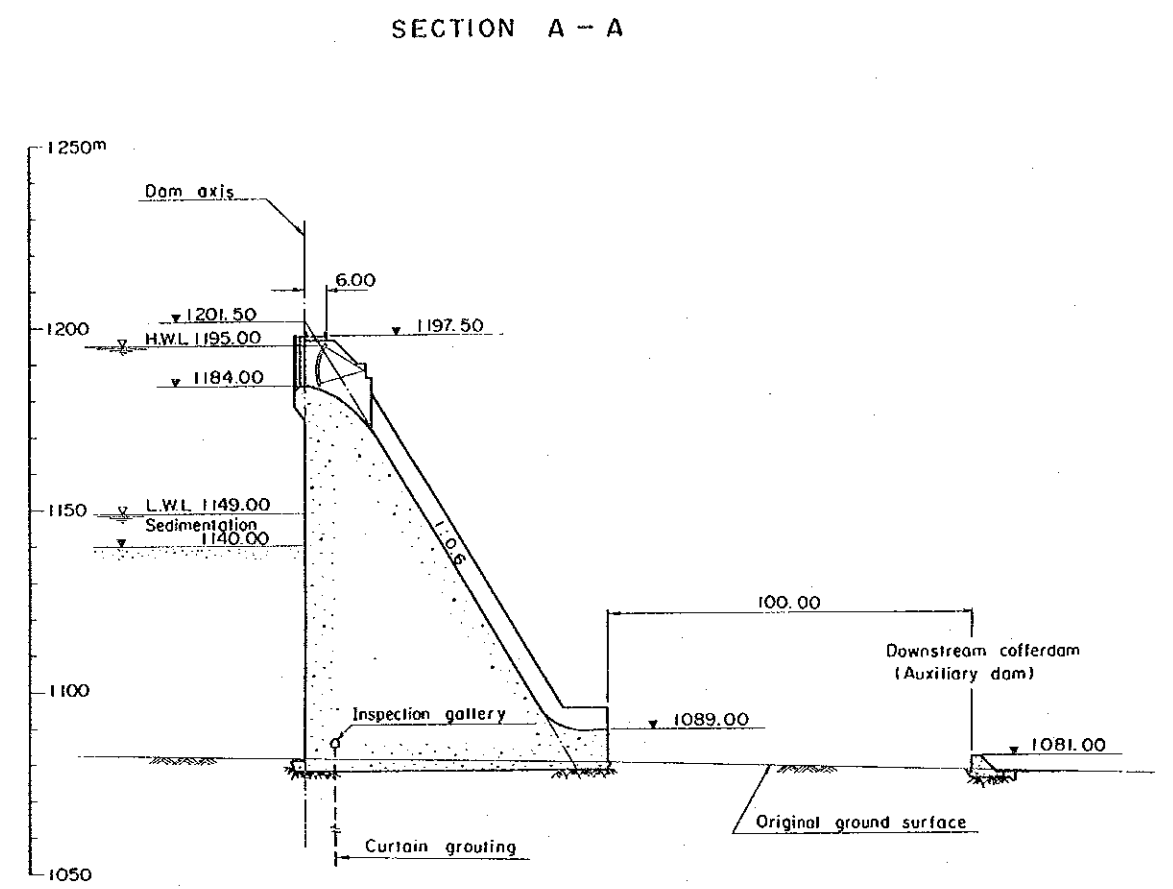
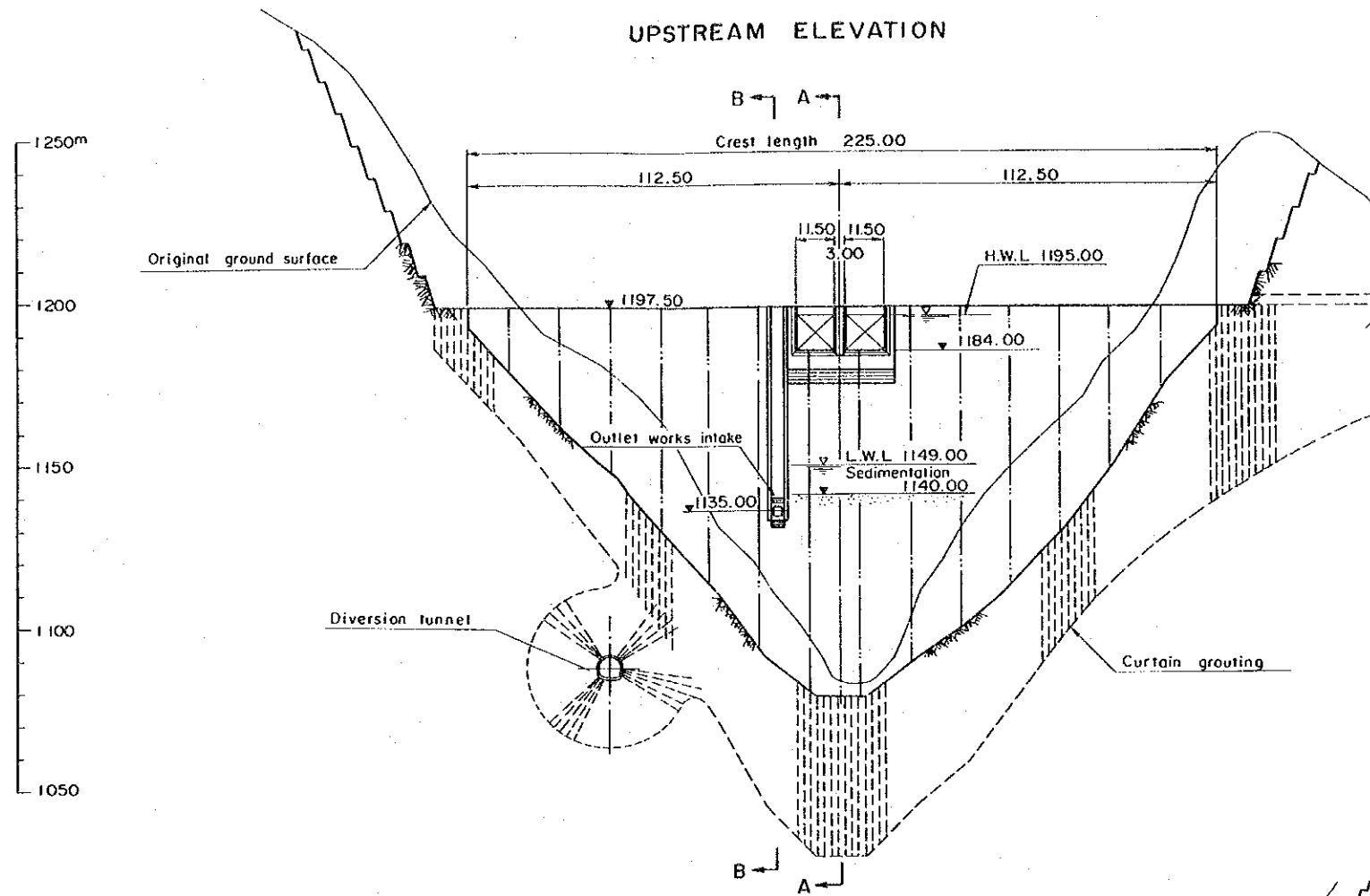
PROFILE OF DIVERSION TUNNEL



REPUBLIC OF COSTA RICA	
PIRRIS HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT	
CARE OF RIVER	
COFFER DAM AND DIVERSION TUNNEL	
Fig. 11 - 9	



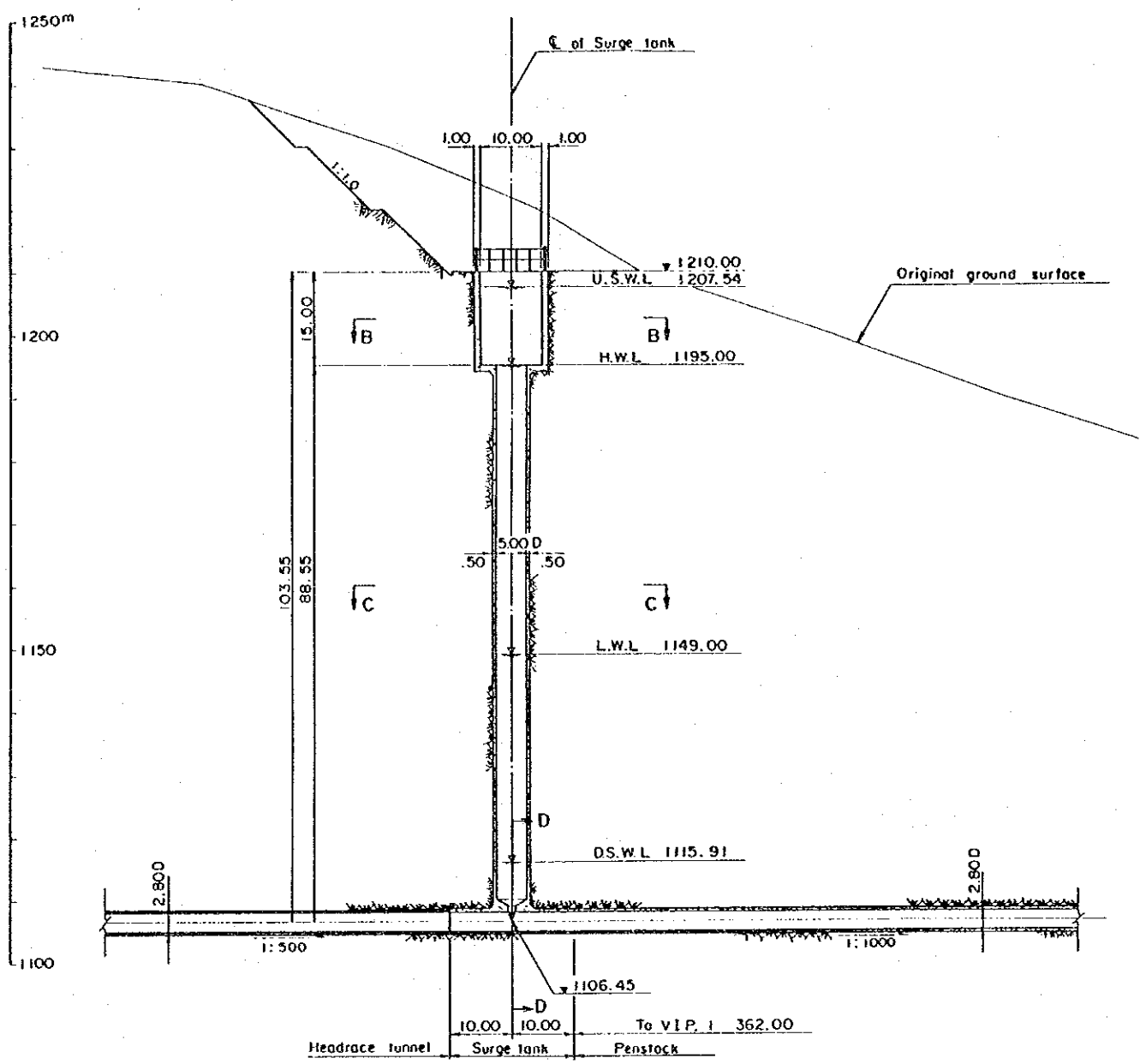
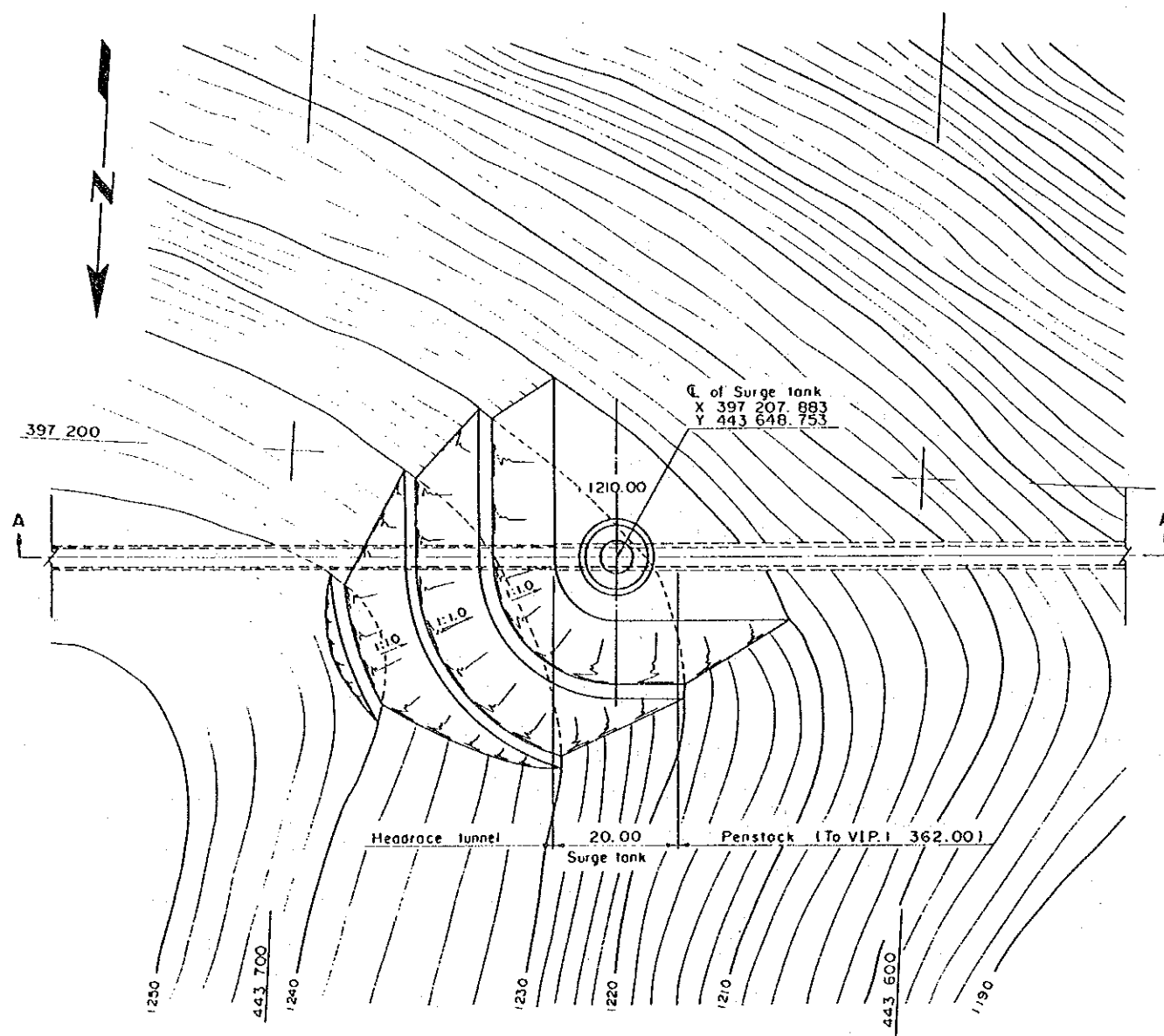
REPUBLIC OF COSTA RICA
PIRRIS HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT
D A M
P L A N
Fig. II - 10



REPUBLIC OF COSTA RICA
PIRRIS HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT
D A M
ELEVATION AND SECTION
Fig. 11 - 11

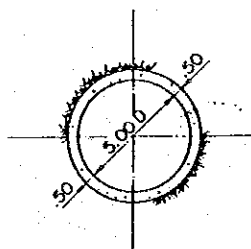
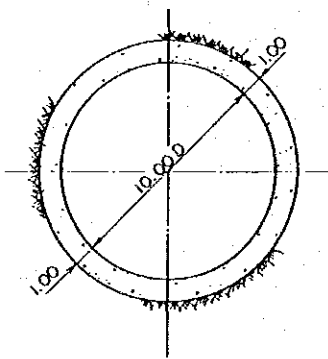
PLAN

SECTION A-A

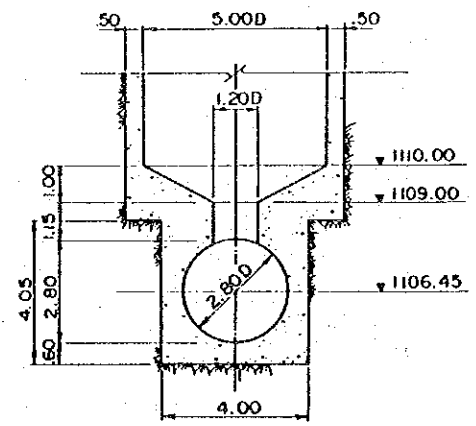


SECTION B-B

SECTION C-C



SECTION D-D



REPUBLIC OF COSTA RICA
PIRRIS HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT
SURGE TANK
PLAN AND SECTION
Fig. II-13

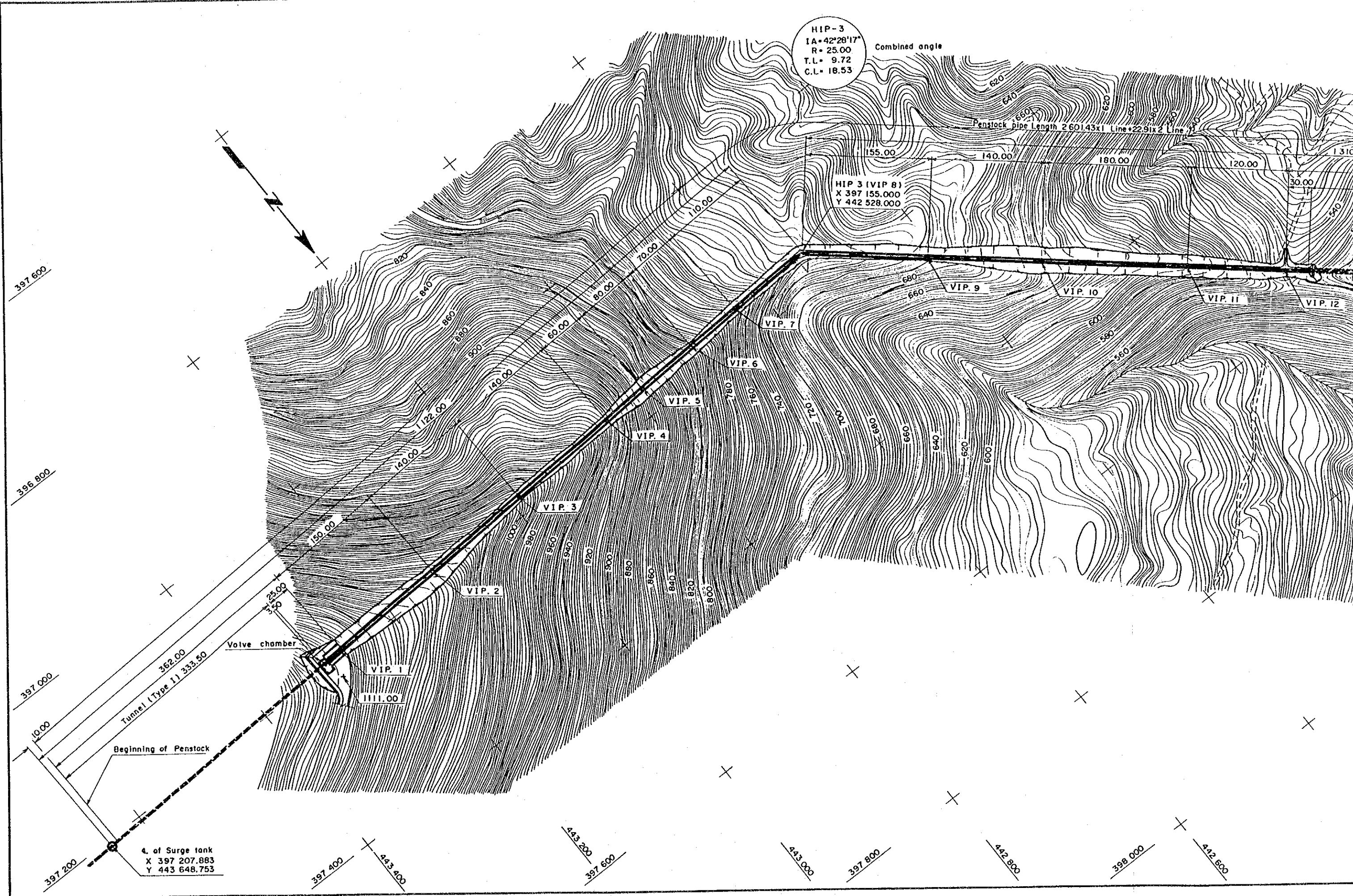
HIP-3
IA = 42°28'17"
R = 25.00
T.L. = 9.72
C.L. = 18.53

Combined angle

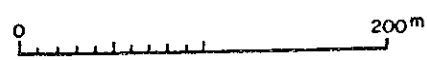
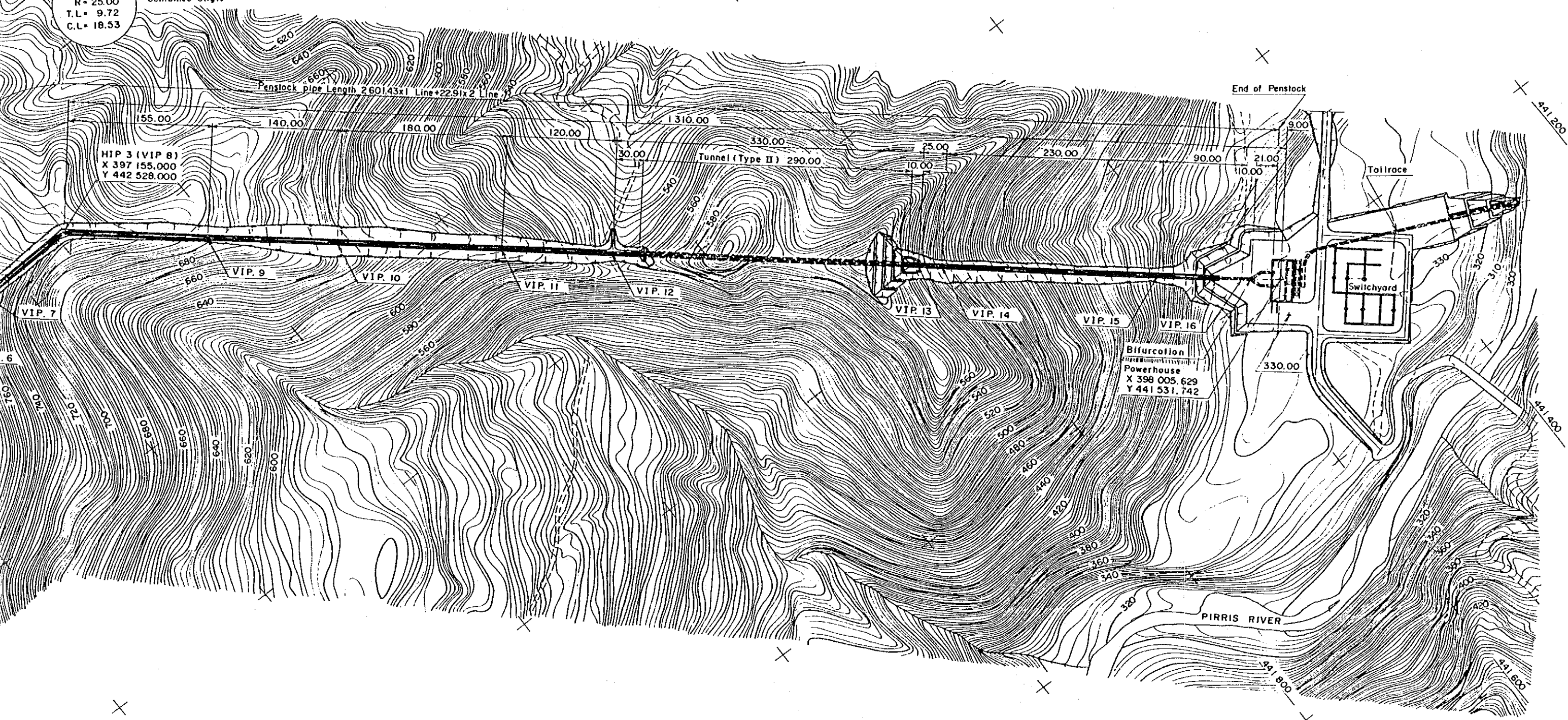
Penstock pipe Length 2601.43x1 Line +22.91x2 Line

HIP 3 (VIP 8)
X 397 155.000
Y 442 528.000

4. of Surge tank
X 397 207.883
Y 443 648.753



HIP-3
 1A=42°28'17"
 R= 25.00
 T.L= 9.72
 C.L= 18.53



REPUBLIC OF COSTA RICA	
PARRIS HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT	
PENSTOCK PLAN	
Fig. 11-14	

TYPICAL CROSS SECTION

TUNNEL SECTION

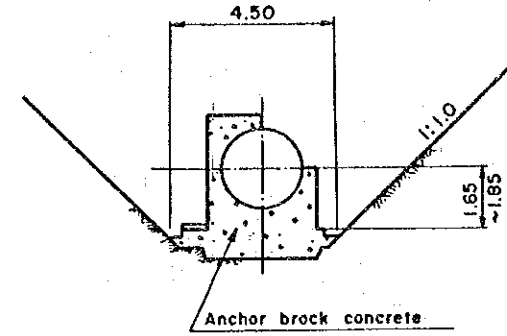
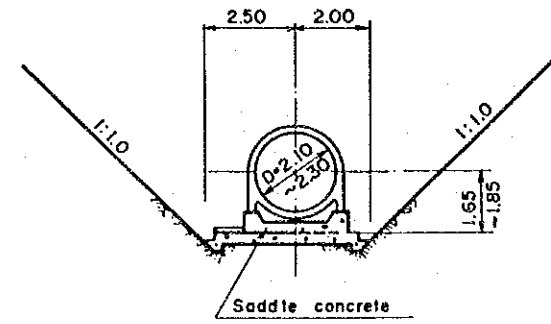
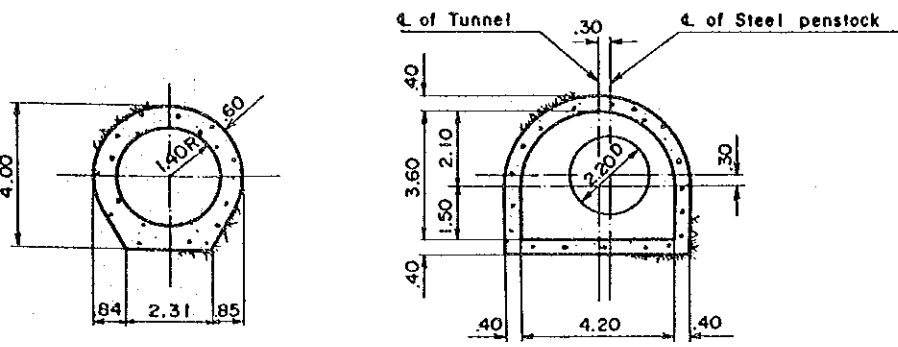
EXPOSED SECTION

TYPE I

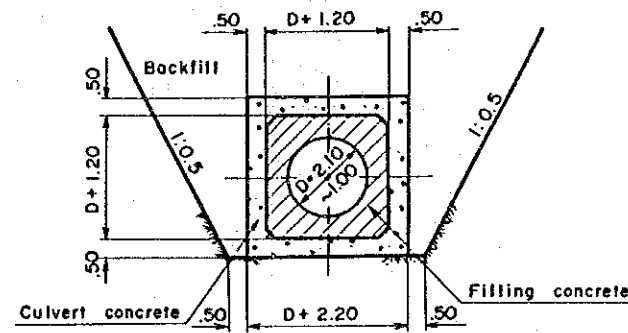
TYPE II

TYPE III

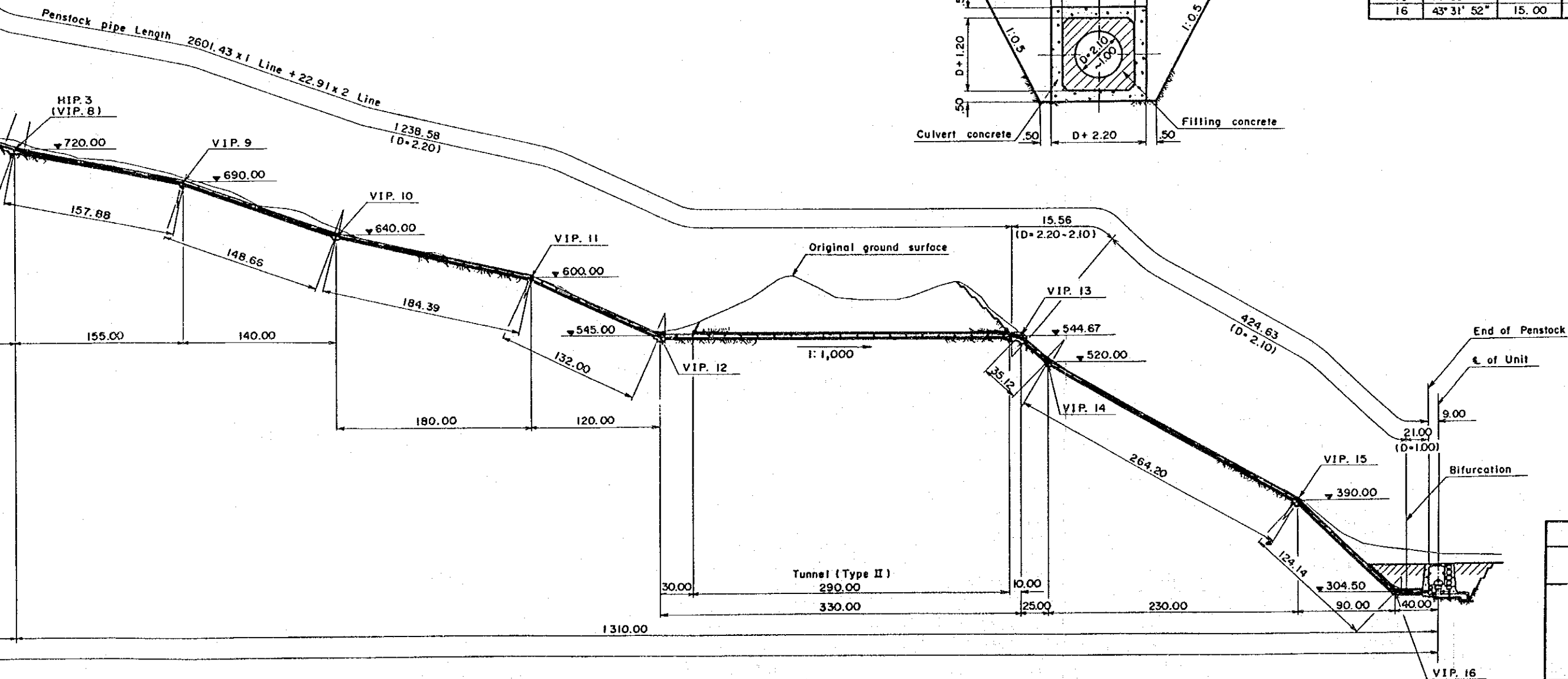
TYPE IV



TYPE V



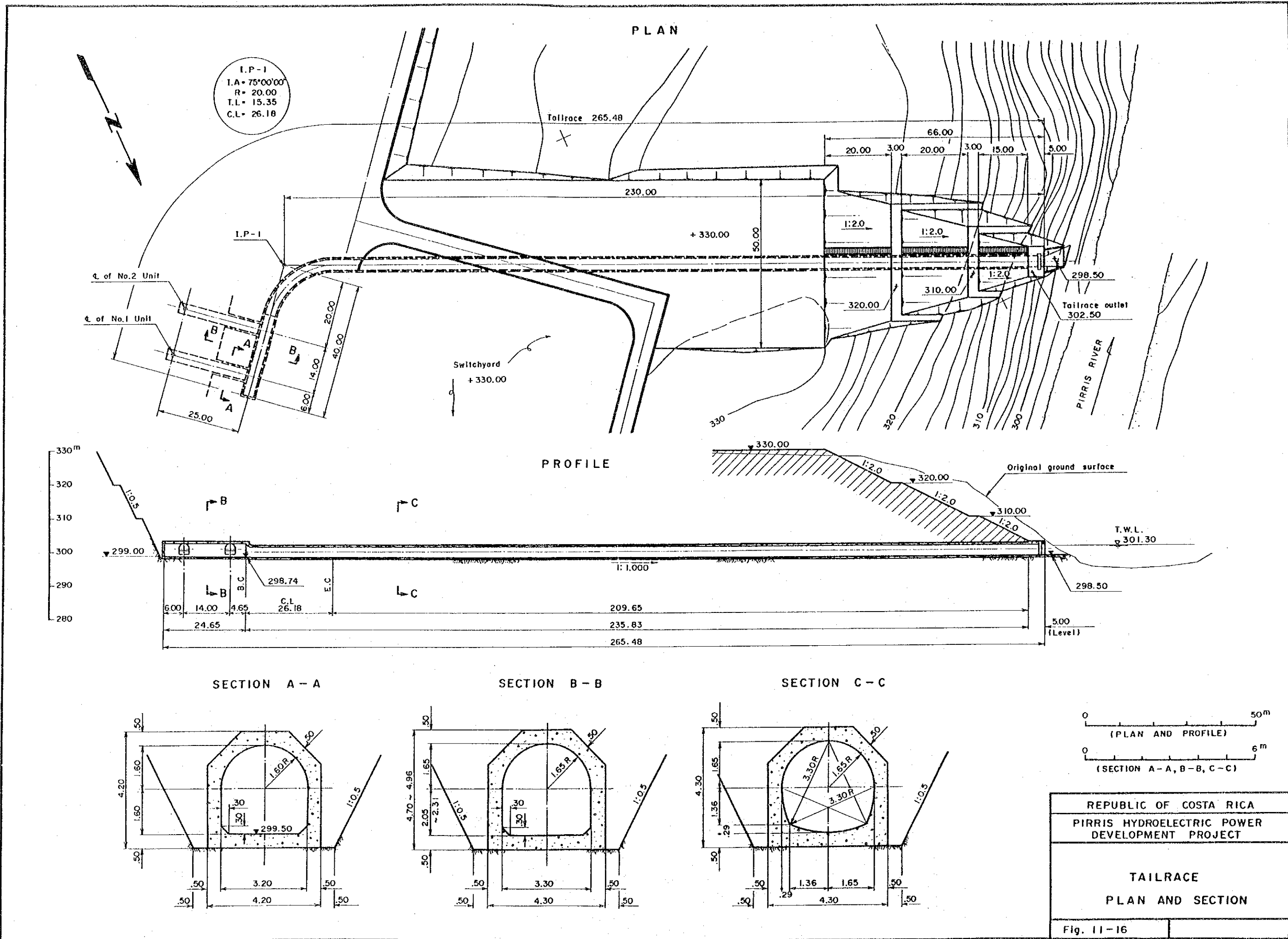
I. P	I. A	R	T.L.	C.L.	Note
VIP. 1	23° 43' 04"	25.00	5.25	0.35	
2	7° 49' 47"	25.00	1.71	3.42	
3	10° 37' 11"	25.00	2.32	4.63	
4	22° 50' 01"	25.00	5.05	9.96	
5	12° 31' 43"	25.00	2.74	5.47	
6	7° 07' 30"	25.00	1.56	3.11	
7	9° 45' 43"	25.00	2.14	4.26	
8	42° 28' 17"	25.00	9.72	8.53	Combined Angle
9	8° 41' 59"	25.00	1.90	3.80	
10	7° 07' 30"	20.00	1.25	2.49	
11	12° 05' 41"	20.00	2.12	4.22	
12	24° 33' 59"	20.00	4.35	9.58	
13	44° 33' 44"	20.00	8.19	5.56	
14	15° 08' 37"	20.00	2.66	5.29	
15	14° 03' 19"	20.00	2.47	4.91	
16	43° 31' 52"	15.00	5.99	1.40	

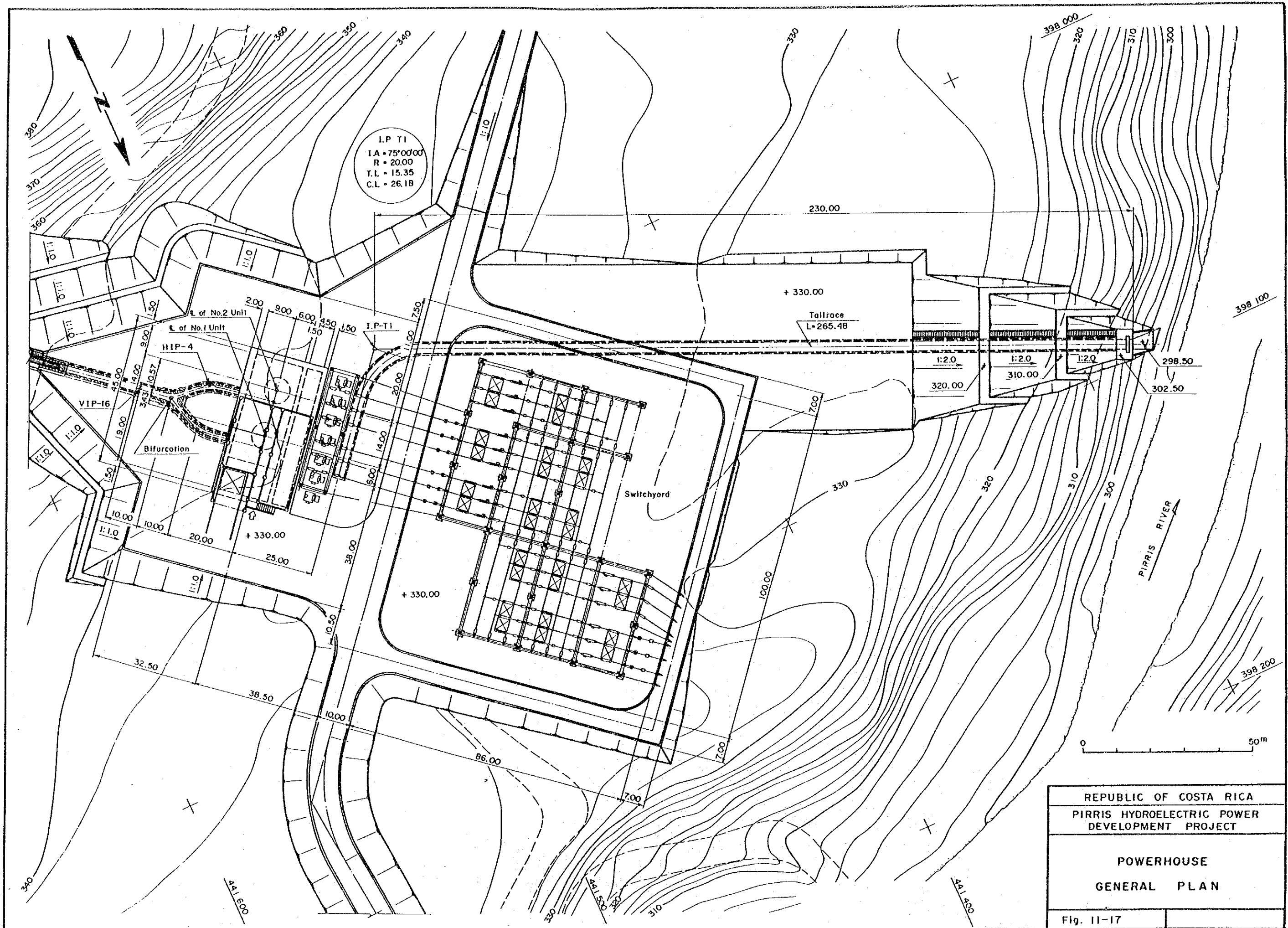


REPUBLIC OF COSTA RICA
 PIRRIS HYDROELECTRIC POWER
 DEVELOPMENT PROJECT

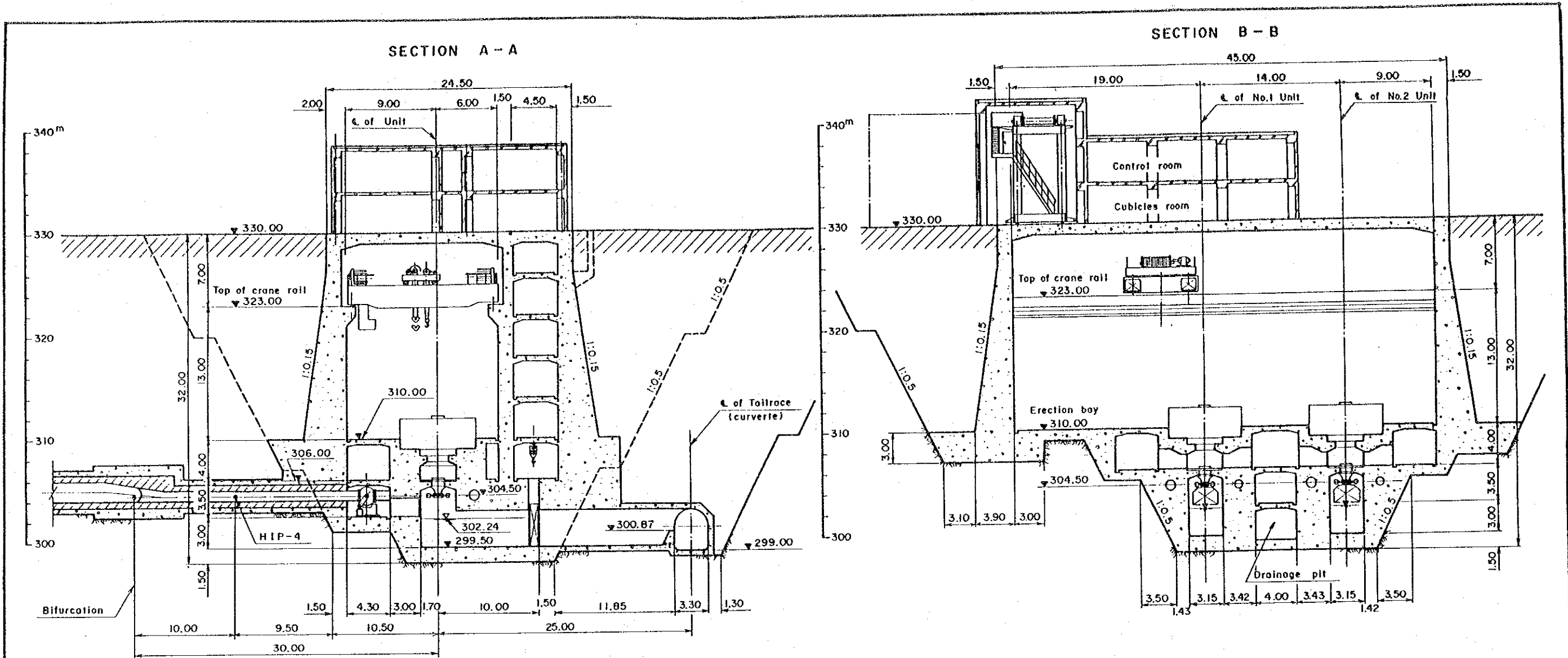
**PENSTOCK
 PROFIL AND SECTION**

Fig. 11-15



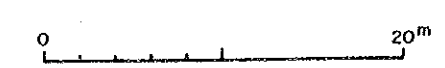
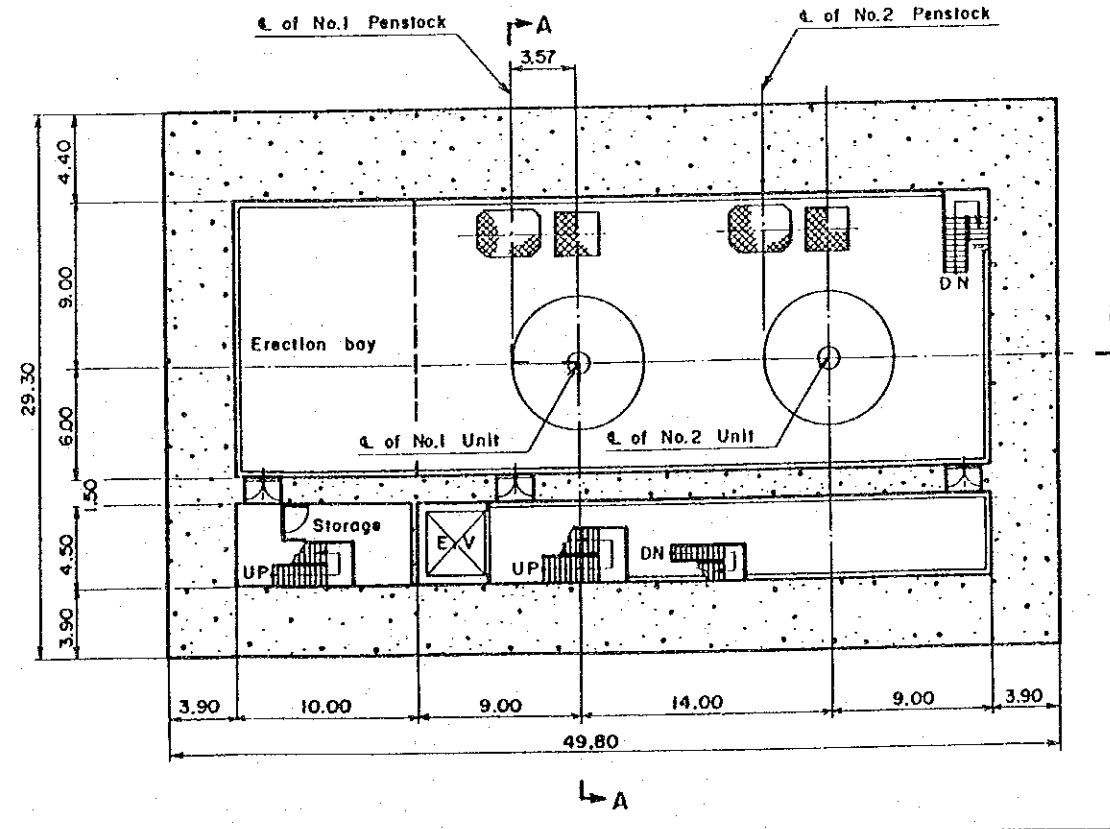
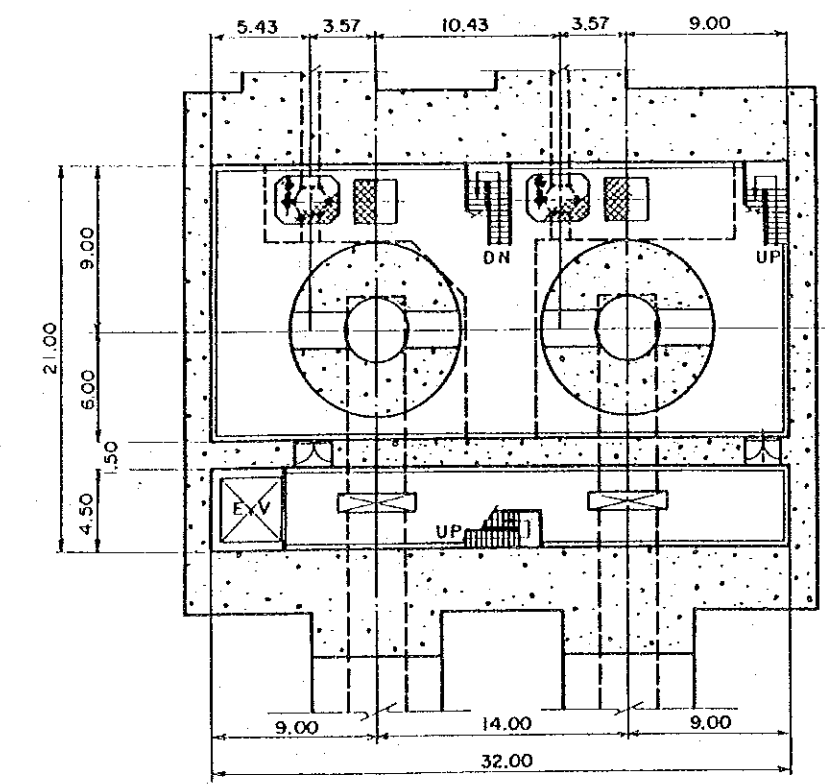


REPUBLIC OF COSTA RICA	
PIRRIS HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT	
POWERHOUSE GENERAL PLAN	
Fig. 11-17	

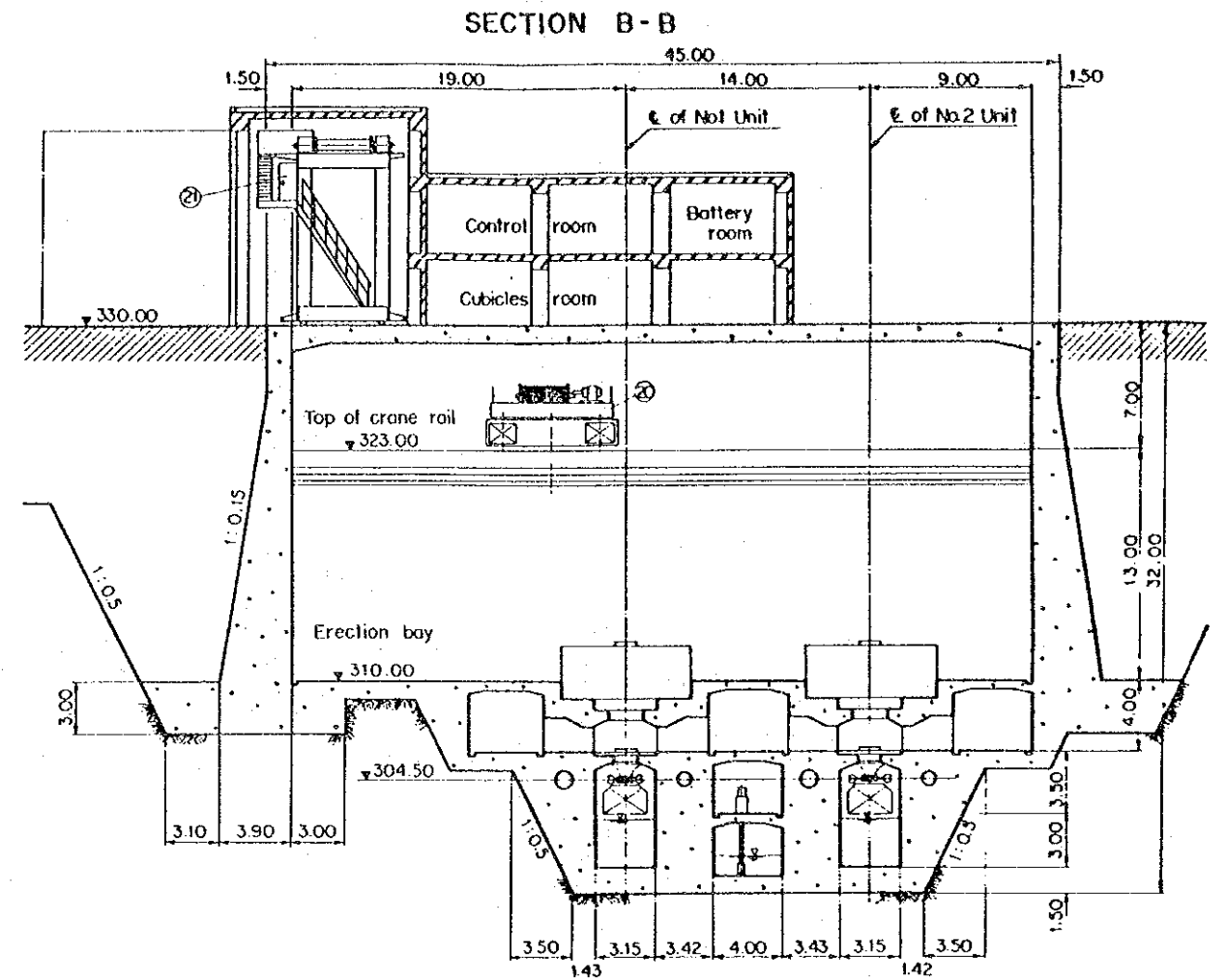
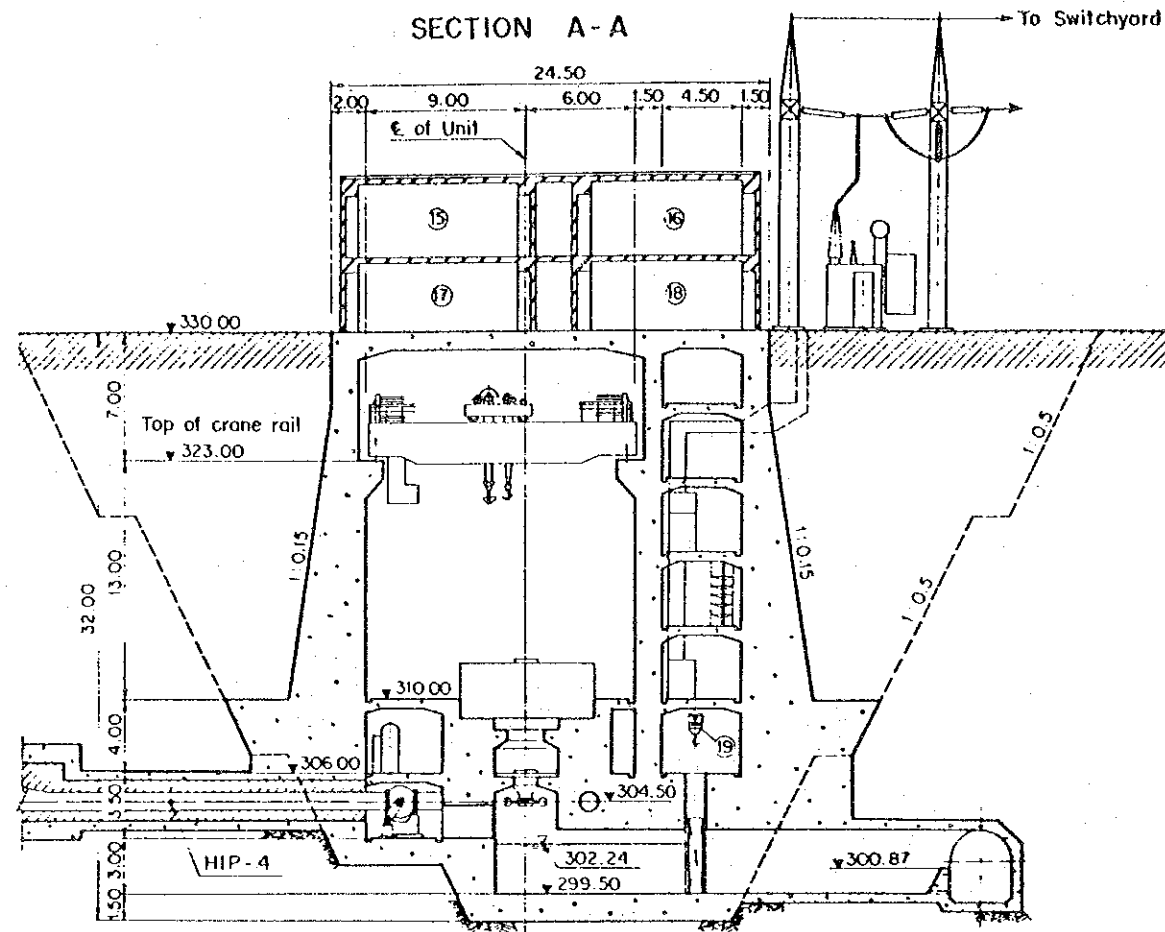


PLAN EL. 306.00

PLAN EL. 310.00

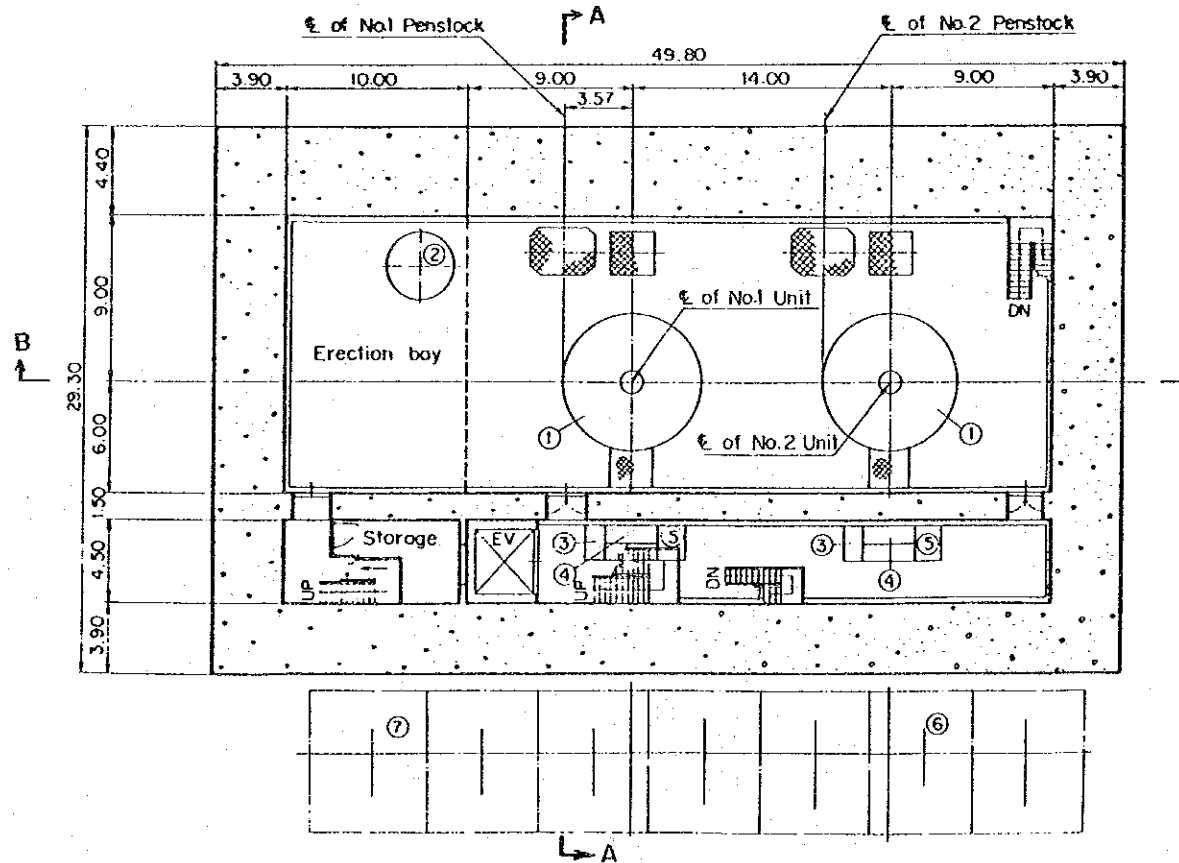
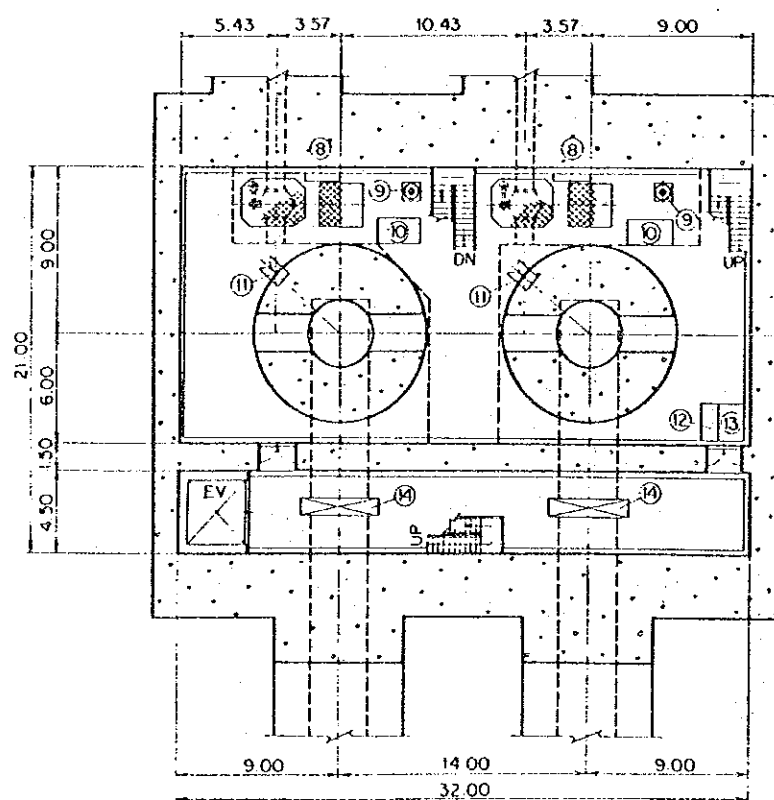


REPUBLIC OF COSTA RICA	
PIRRIS HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT	
Powerhouse	
Plan and Section	
Fig. 11-18	



PLAN
EL. 306.00

PLAN
EL. 310.00



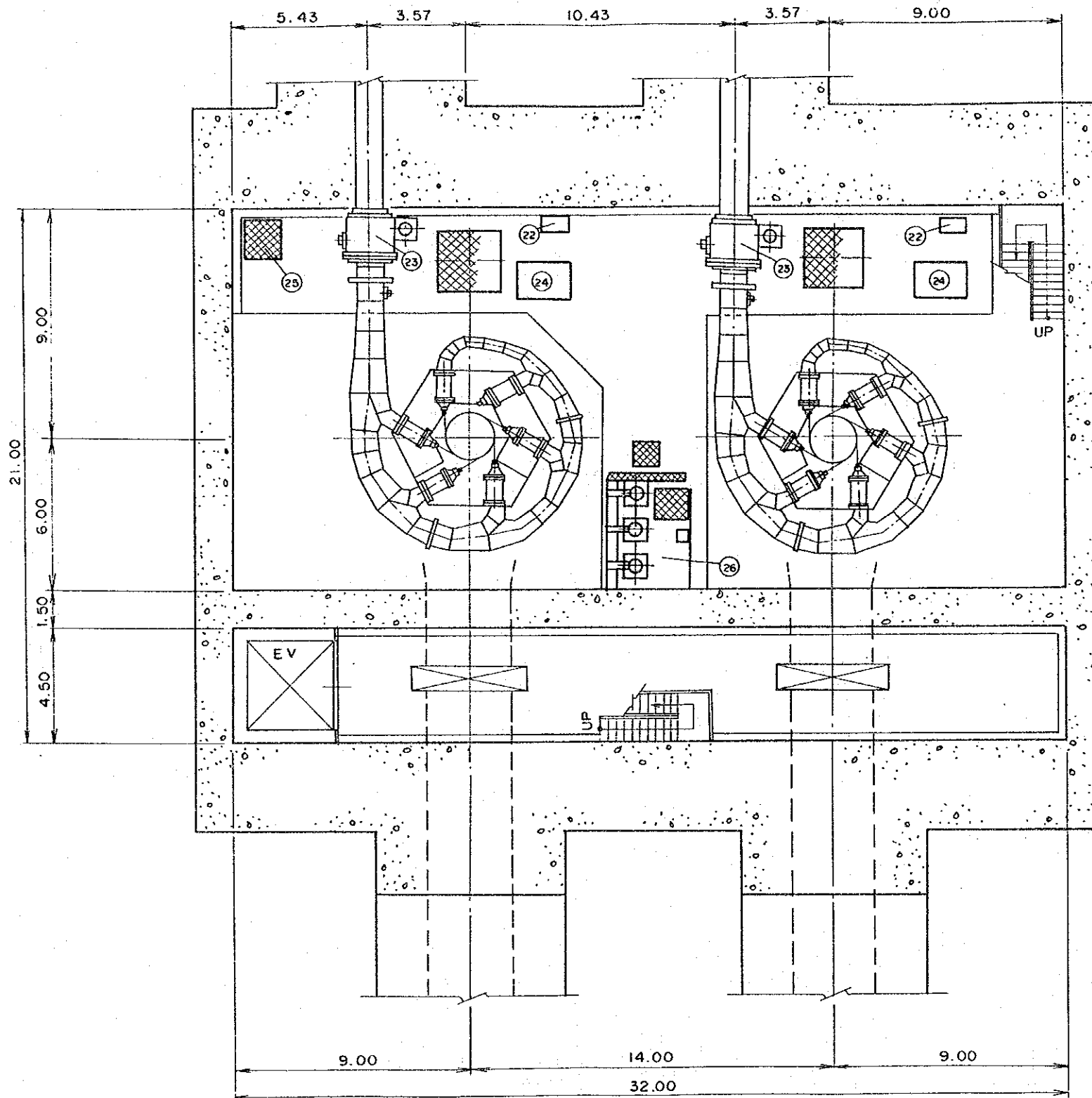
LEGEND

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------|
| ① Generator | ⑫ Circuit Breaker Cubicle |
| ② Rotor Pit | ⑬ Station Service Transformer |
| ③ Generator NGR | ⑭ Tailrace Gate |
| ④ Bus Cubicle | ⑮ Office Room |
| ⑤ Static Exciter Cubicle | ⑯ Control Room |
| ⑥ Main Transformer Yard | ⑰ Compressor Room |
| ⑦ Spare Transformer | ⑱ Cubicle Room |
| ⑧ Control Center for Aux. Equipment | ⑲ Tailrace Gate Crane |
| ⑩ Oil Pressure Tank | ⑳ Overhead Travelling Crane |
| ⑪ Speed Governor | ㉑ Gantry Crane |
| ⑫ Water Piping Pit | |

0 20m

REPUBLIC OF COSTA RICA	
PIRRIS HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT	
POWERHOUSE	
ARRANGEMENT OF EQUIPMENT	
Fig. 11 - 19	DATE:

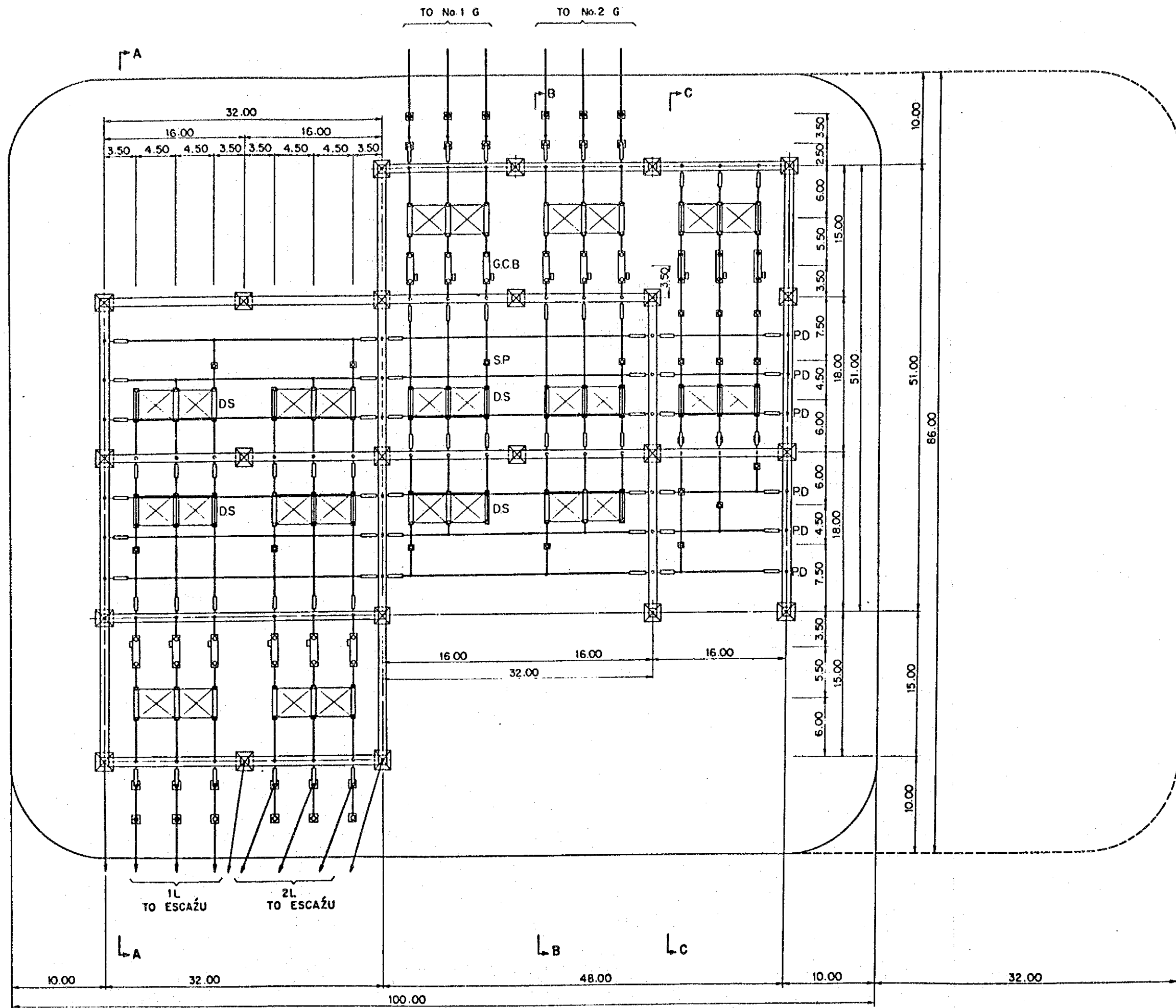
PLAN
EL. 306.00

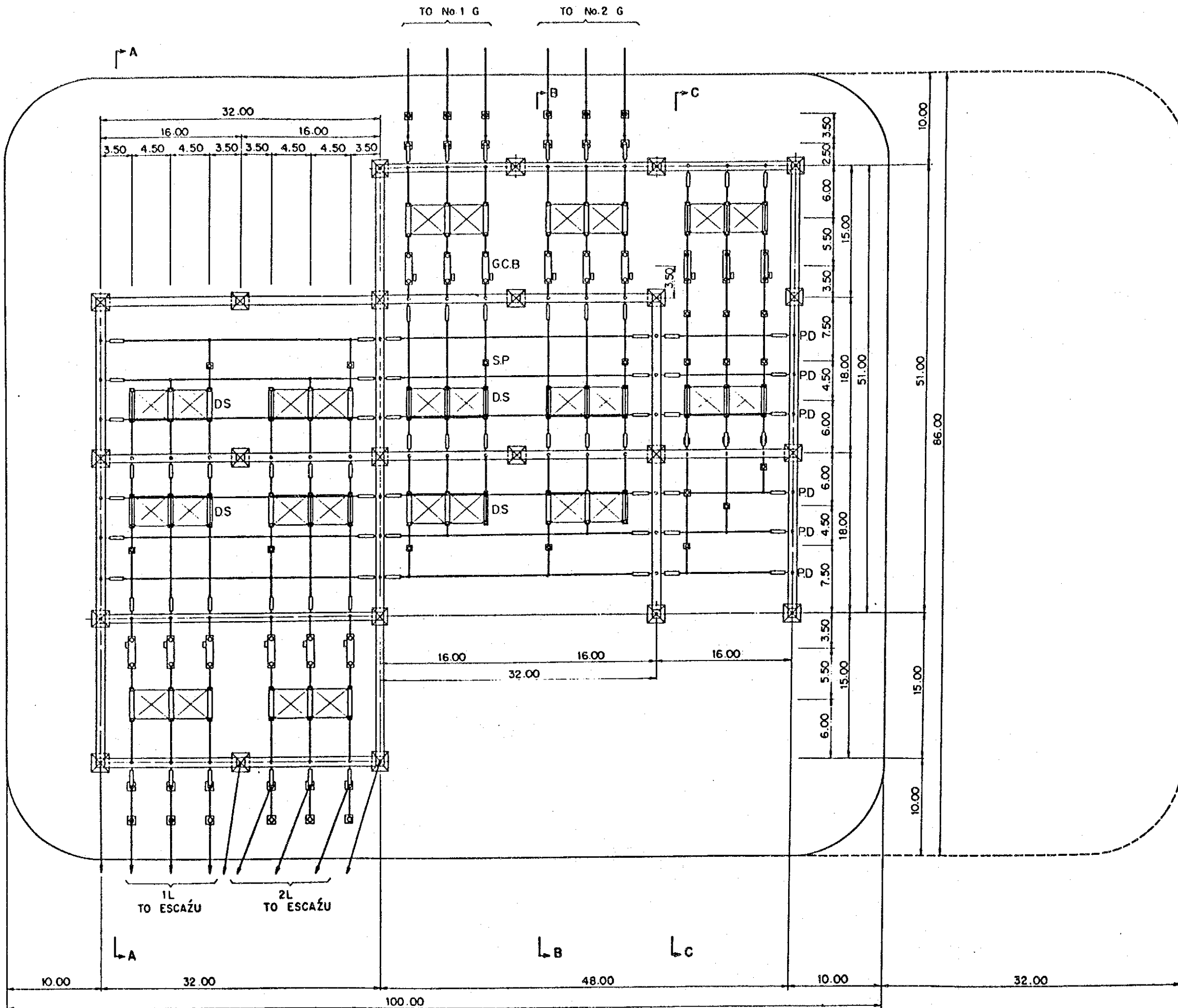


LEGEND

- ② Oil Drainage Tank with Pump
- ③ Inlet Valve
- ④ Oil Sump Pump with Oilpressure Pump
- ⑤ Drainage Pit
- ⑥ Cooling Water Pump

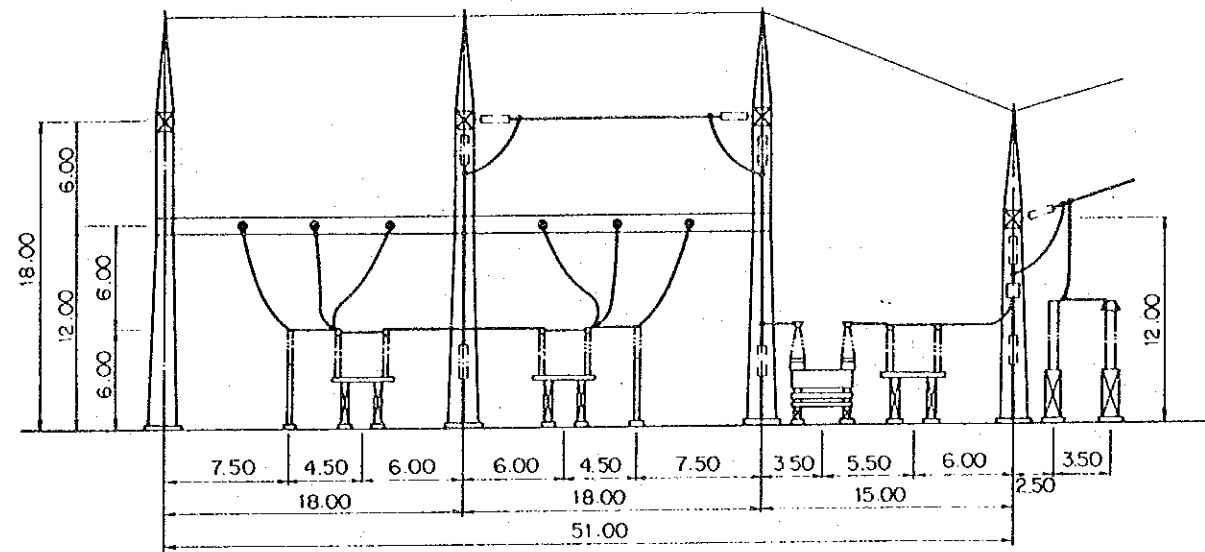
REPUBLIC OF COSTA RICA	
PIRRIS HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT	
POWERHOUSE	
TURBINE FLOOR PLAN	
Fig. 11 - 20	DATE :



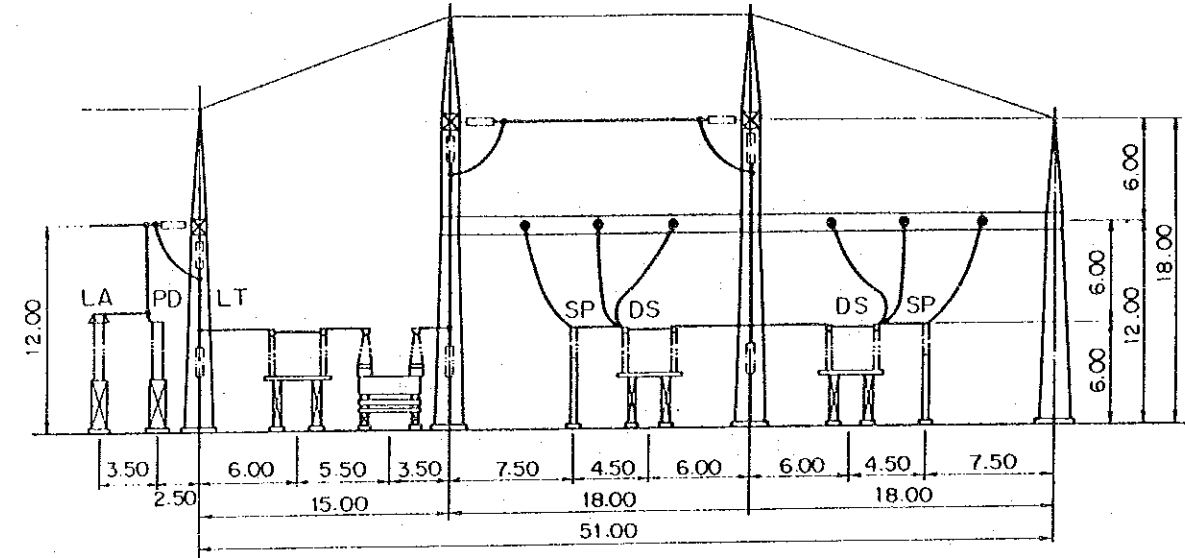


REPUBLIC OF COSTA RICA	
PIRRIS HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT	
SWITCHYARD PLAN	
Fig. 11 - 21	DATE:

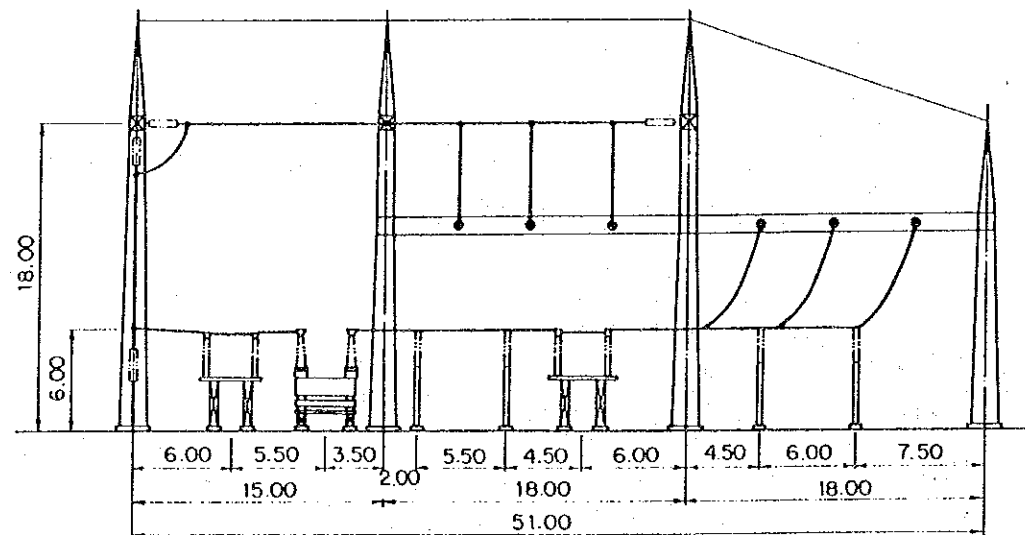
SECTION A - A



SECTION B - B

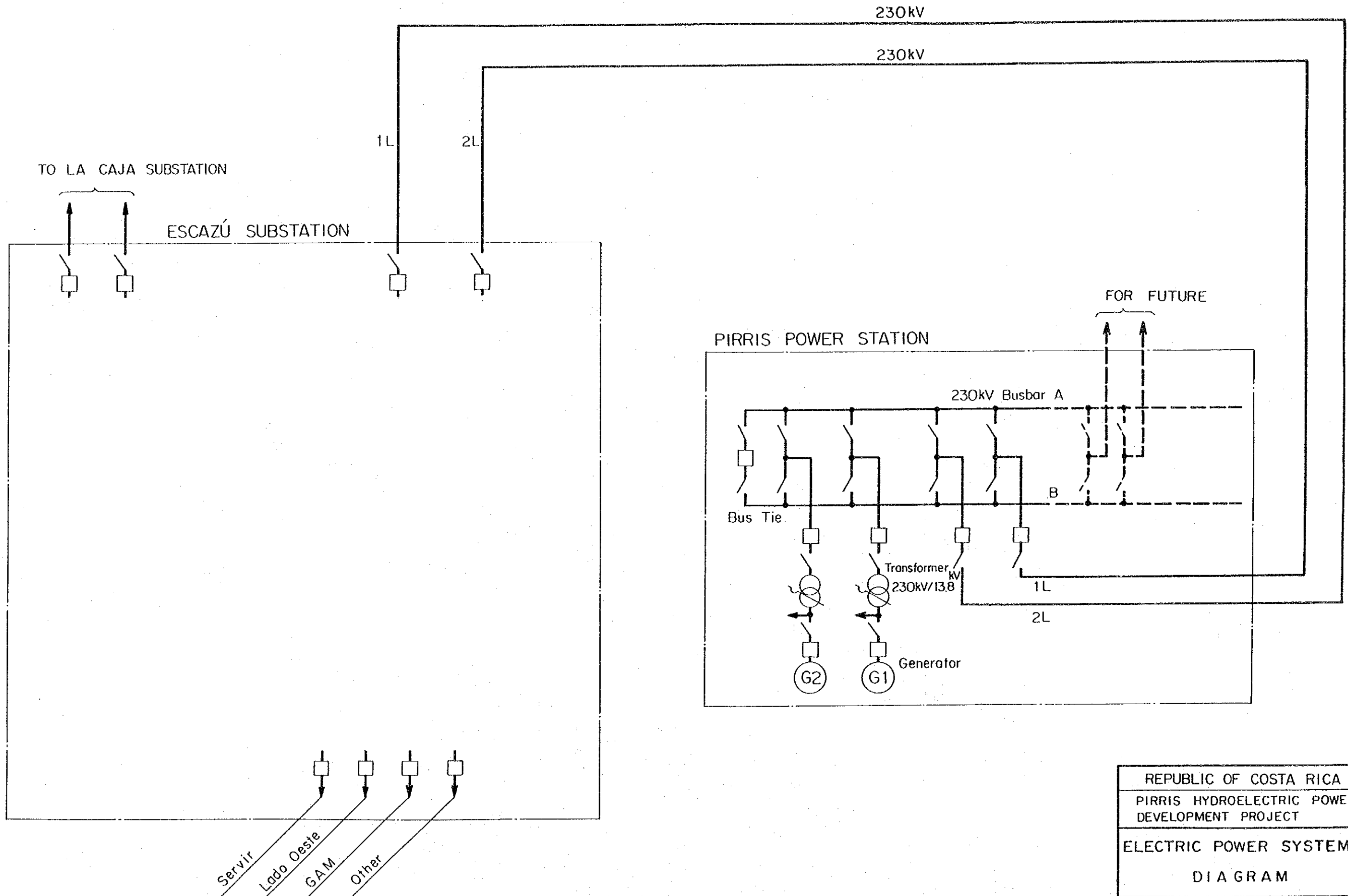


SECTION C - C

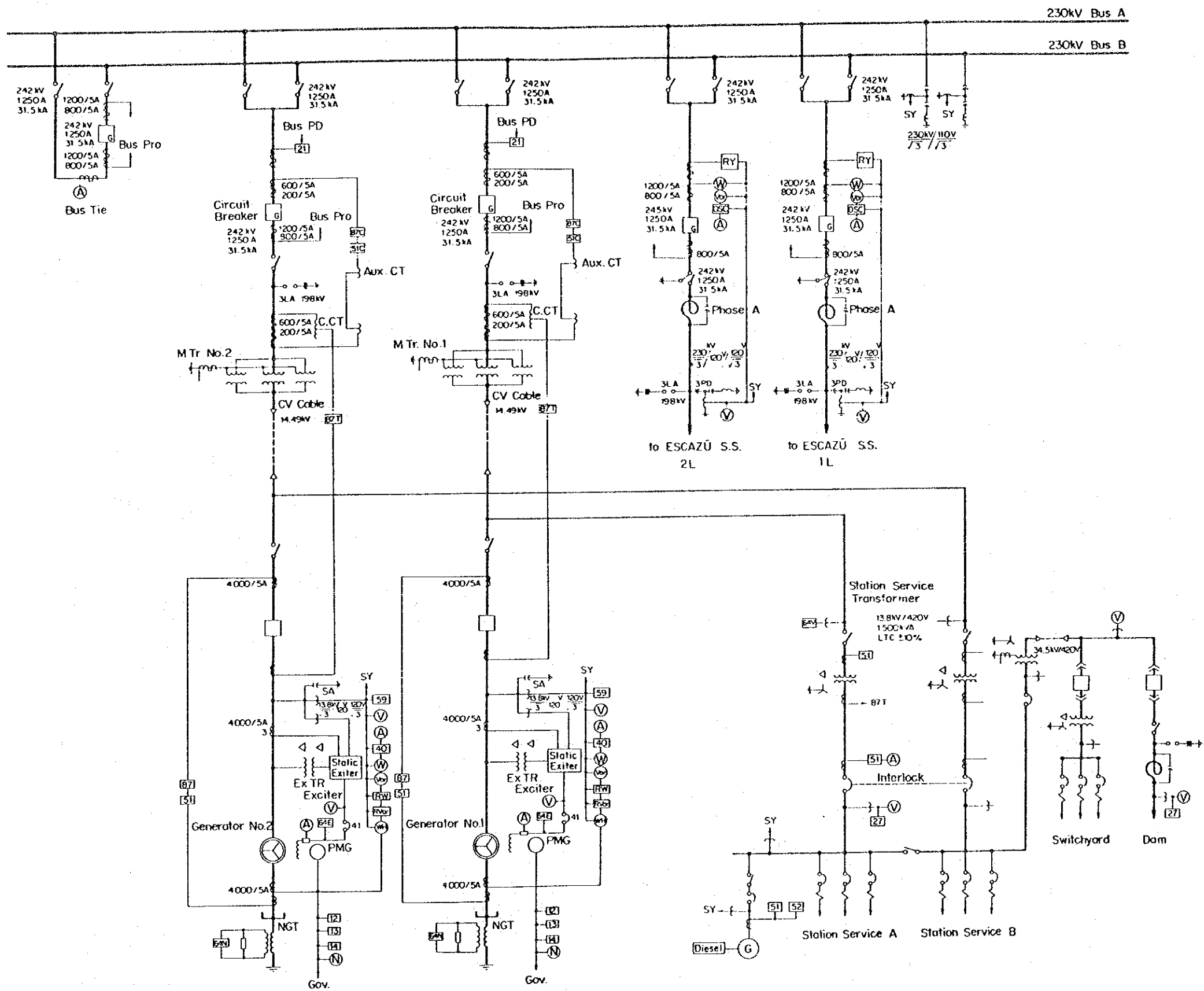


REPUBLIC OF COSTA RICA	
PIRRIS HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT	
SWITCHYARD	
SECTION	
Fig. II - 22	DATE :

PIRRIS PROJECT



REPUBLIC OF COSTA RICA	
PIRRIS HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT	
ELECTRIC POWER SYSTEM DIAGRAM	
Fig. 11 - 23	DATE:



Symbols	Legend
	Gas Circuit Breaker
	Circuit Breaker
	Disconnecting Switch
	Disconnecting Switch with Arcing Horn & Grounding Switch
	Potential Transformer
	Coupling Capacitor Potential Device
	Current Transformer
	Bushing Type Current Transformer
	Auto Transformer
	Transformer
	Line Trap
	Lightning Arrestler
	Surge Absorber
	Generator

REPUBLIC OF COSTA RICA	
PIRRIS HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT PROJECT	
SINGLE LINE DIAGRAM	
Fig. 11 - 24	DATE :

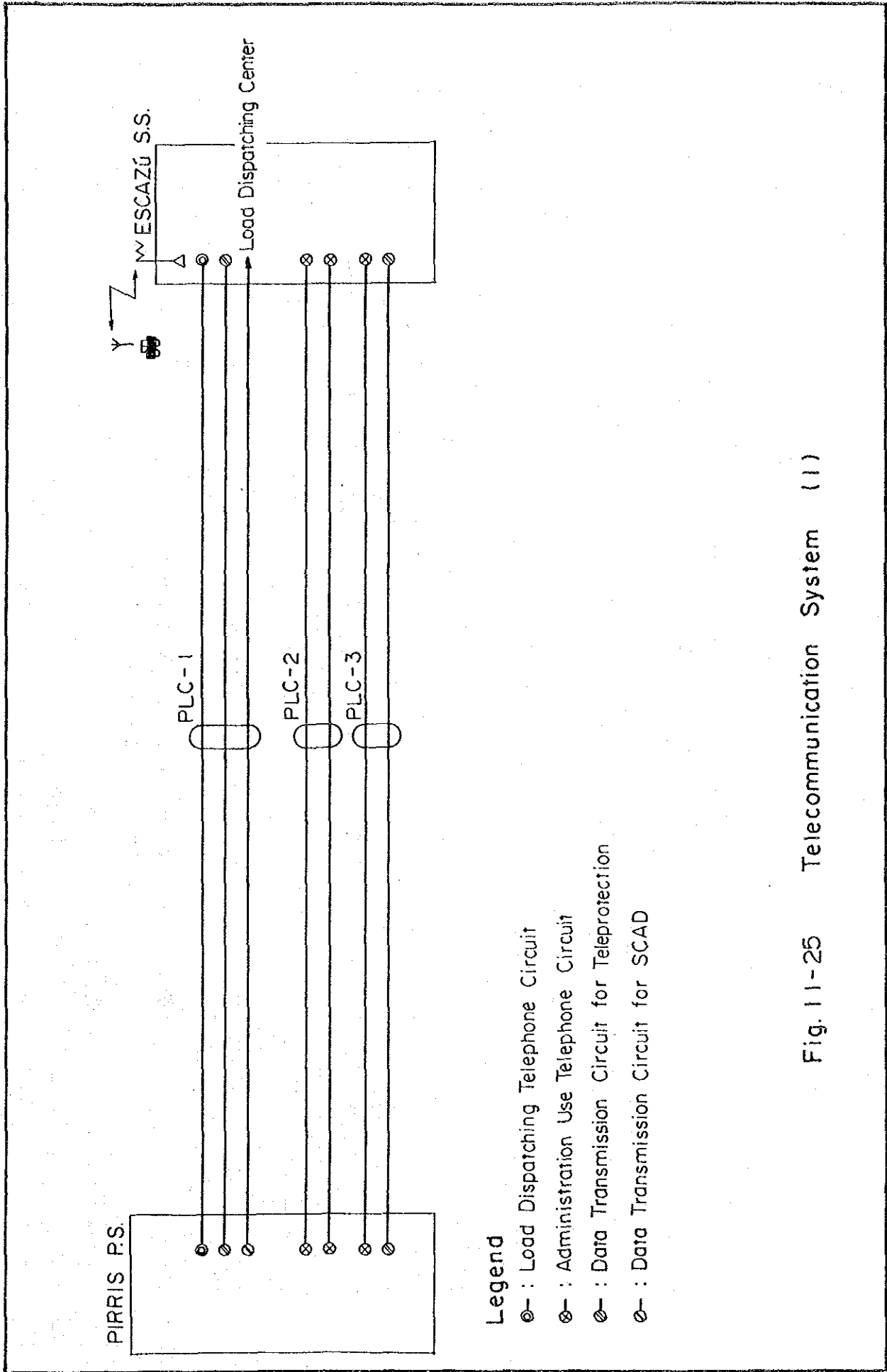


Fig. 11-25 Telecommunication System (1)

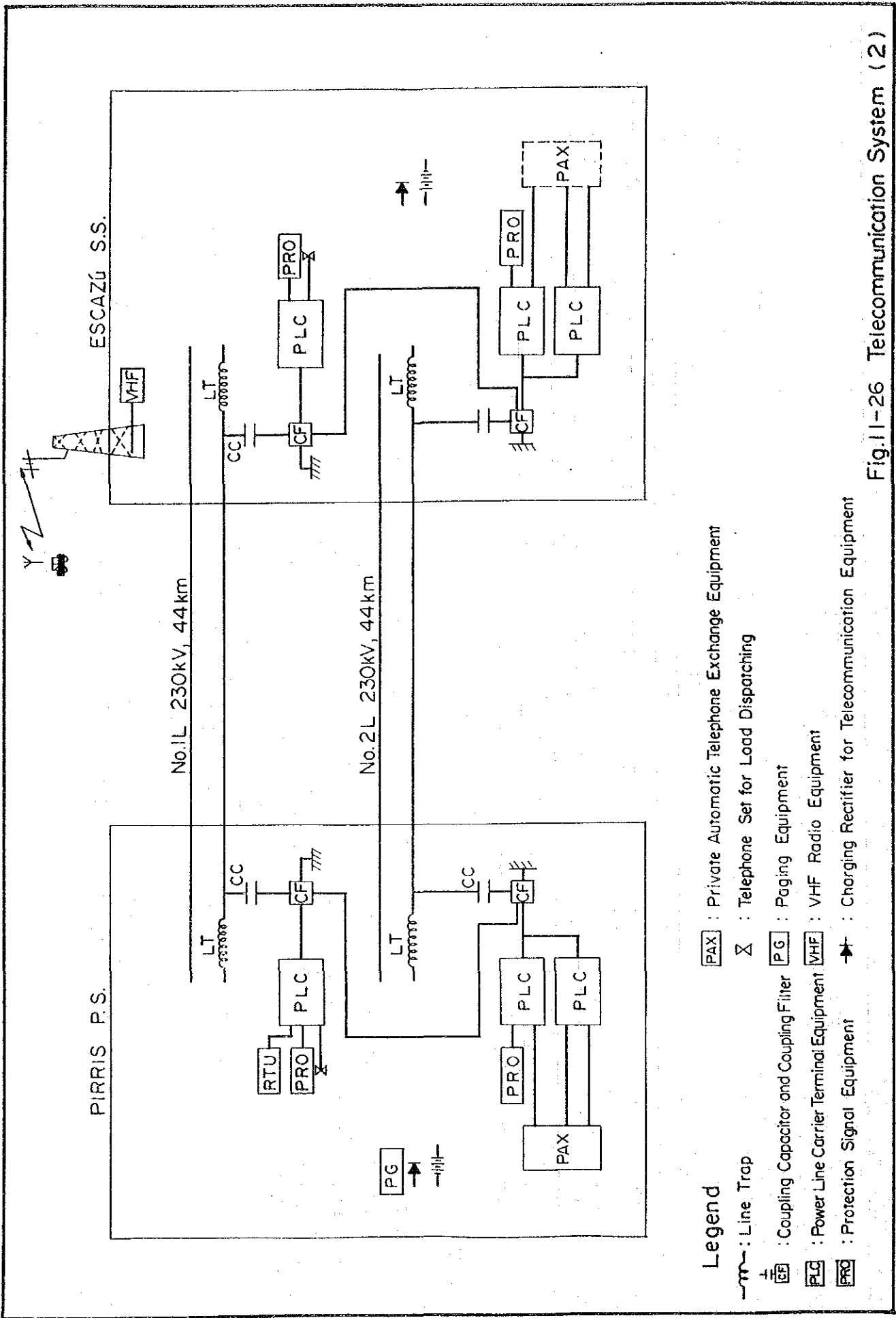


Fig.11-26 Telecommunication System (2)

- Legend**
- ⎓ : Line Trap
 - ⊥ : Coupling Capacitor and Coupling Filter
 - ⎓ : Power Line Carrier Terminal Equipment
 - ⎓ : Protection Signal Equipment
 - ⎓ : Private Automatic Telephone Exchange Equipment
 - ⊗ : Telephone Set for Load Dispatching
 - ⎓ : Paging Equipment
 - ⎓ : VHF Radio Equipment
 - ⎓ : Charging Rectifier for Telecommunication Equipment

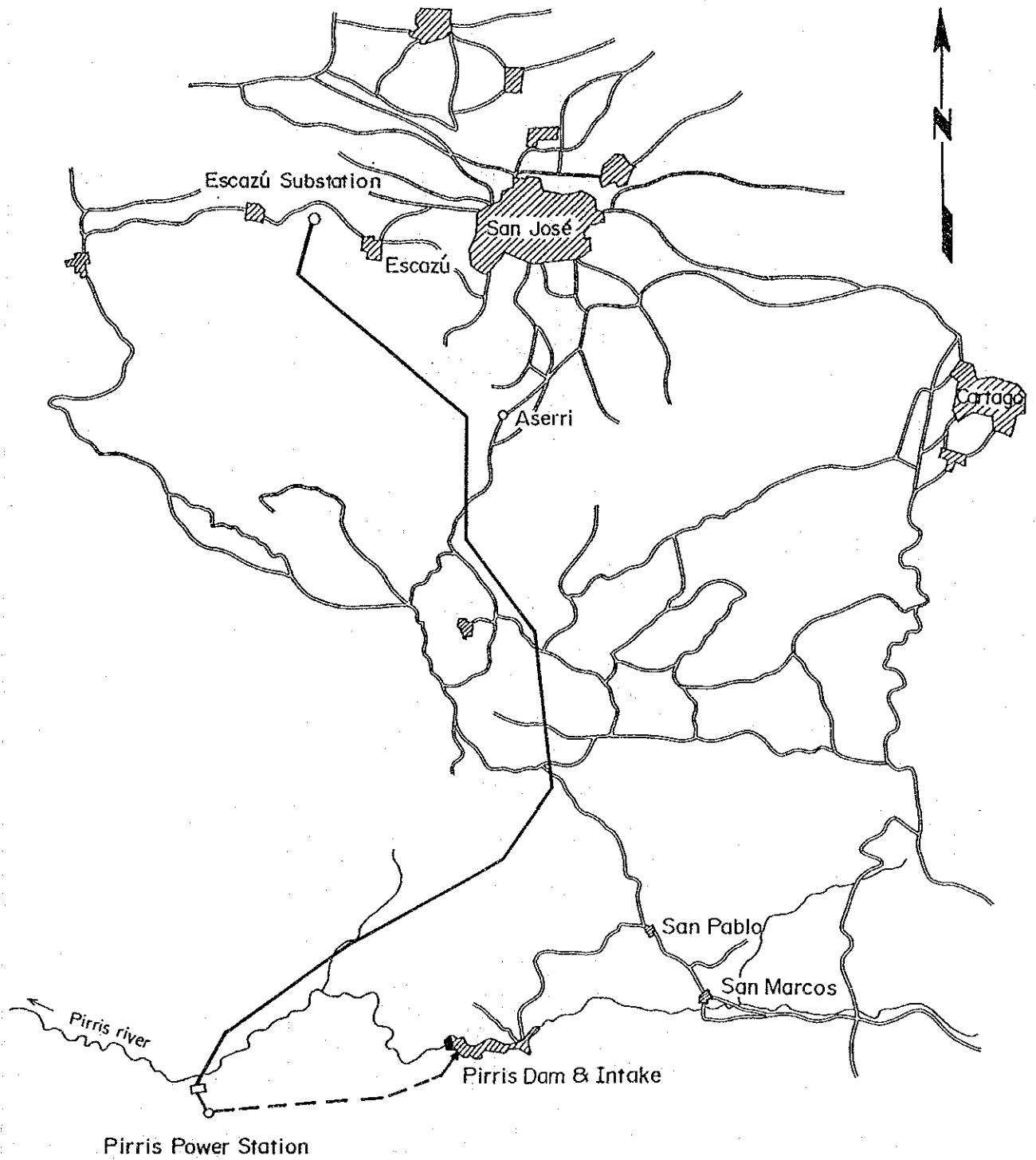


Fig.11-27 Transmission Line Route