

第7章 送変電計画

第7章 送電計画

目次

	頁
7-1 送電設備計画	7 - 1
7-1-1 送電設備の現状	7 - 1
7-1-2 送電線基本計画	7 - 7
7-1-3 架空送電線計画	7 - 8
7-1-4 地中送電線計画	7 - 23
7-2 変電設備計画	7 - 26
7-2-1 変電設備の現状	7 - 26
7-2-2 基本計画	7 - 28
7-2-3 基本事項	7 - 28
7-2-4 変電所の概念設計	7 - 29
7-2-5 変電所建物	7 - 111
7-3 環境問題	7 - 117
7-3-1 公害	7 - 117
7-3-2 自然環境問題	7 - 117
7-3-3 社会環境問題	7 - 117

List of Tables and Figures

Table 7-1	Outline of the 220 kV Transmission Lines in the Project Area
Table 7-2	Outline of the 66 kV Transmission Lines in the Project Area
Table 7-3	Meteorological Data (Metropolitan Area)
Table 7-4	Outline of the Transmission Lines
Table 7-5	Main Substations in the Project Area
Table 7-6	Substations under Construction
Table 7-7	Rate of Utilization of Substations (1988)
Table 7-8	Installment Plan of New Substations Equipment in 2000
Table 7-9	Expansion Plan of Existing Substation Equipment in 2000
Table 7-10	Illuminance Standard
Fig. 7-1	Transmission Line Route in the Project Area
Fig. 7-2	Planning and Existing Transmission Line Route
Fig. 7-3	Max. Water Level - Asuncion
Fig. 7-4	220 kV Typical Type of Suspension Tower
Fig. 7-5	220 kV Typical Type of Suspension Steel Mast
Fig. 7-6	220 kV Typical Type of Steel Pipe Tower (Line Post Insulator)
Fig. 7-7	220 kV Typical Type of Steel Pipe Tower (Akimbo Insulator)
Fig. 7-8	66 kV Typical Type of Steel Mast
Fig. 7-9	66 kV Typical Type of Steel Tower
Fig. 7-10	Typical Direct Burying Method
Fig. 7-11	General Arrangement Plan (A. Substation)
Fig. 7-12	General Arrangement Section (A. Substation)
Fig. 7-13	Single Line Diagram (A. Substation)
Fig. 7-14	General Arrangement Plan (B. Substation)

- Fig. 7-15 General Arrangement Section (B. Substation)
- Fig. 7-16 Single Line Diagram (B. Substation)
- Fig. 7-17 General Arrangement Plan (E. Substation)
- Fig. 7-18 General Arrangement Section (E. Substation)
- Fig. 7-19 Single Line Diagram (E. Substation)
- Fig. 7-20 General Arrangement Plan (F. Substation)
- Fig. 7-21 General Arrangement Section (F. Substation)
- Fig. 7-22 Single Line Diagram (F. Substation)
- Fig. 7-23 General Arrangement Plan (G. Substation)
- Fig. 7-24 General Arrangement Section (G. Substation)
- Fig. 7-25 Single Line Diagram (G. Substation)
- Fig. 7-26 General Arrangement Plan and Section (K. Substation)
- Fig. 7-27 Single Line Diagram (K. Substation)
- Fig. 7-28 General Arrangement Plan (L. Substation)
- Fig. 7-29 General Arrangement Section (L. Substation)
- Fig. 7-30 Single Line Diagram (L. Substation)
- Fig. 7-31 General Arrangement Plan
(Existing Puerto Botanico Substation)
- Fig. 7-32 General Arrangement 220 kV Section
(Existing Puerto Botanico Substation)
- Fig. 7-33 General Arrangement 66 kV Plan and Section
(Existing Puerto Botanico Substation)
- Fig. 7-34 Single Line Diagram
(Existing Puerto Botanico Substation)
- Fig. 7-35 General Arrangement Plan
(Existing Puerto Sajonia Substation)
- Fig. 7-36 Single Line Diagram
(Existing Puerto Sajonia Substation)
- Fig. 7-37 General Arrangement Plan
(Existing San Miguel Substation)
- Fig. 7-38 Single Line Diagram
(Existing San Miguel Substation)

- Fig. 7-39 General Arrangement Plan
(Existing Barrio Parque Substation)
- Fig. 7-40 Single Line Diagram
(Existing Barrio Parque Substation)
- Fig. 7-41 General Arrangement Plan
(Existing Guarambare Substation)
- Fig. 7-42 Single Line Diagram
(Existing Guarambare Substation)
- Fig. 7-43 General Arrangement Plan
(Existing Limpio Substation)
- Fig. 7-44 General Arrangement Section
(Existing Limpio Substation)
- Fig. 7-45 Single Line Diagram
(Existing Limpio Substation)
- Fig. 7-46 General Arrangement Plan
(Existing San Lorenzo Substation)
- Fig. 7-47 Single Line Diagram
(Existing San Lorenzo Substation)
- Fig. 7-48 220 kV Substation Building Plan
- Fig. 7-49 66 kV Substation Building Plan

第7章 送電計画

7-1. 送電設備計画

7-1-1 送電設備の現状

首都圏の送電系統を Fig.7-1 に示す。また、計画地域内の送電設備の現状、及び建設・計画の状況を Table 7-1 及び Table 7-2 に示す。

- (1) 首都圏への 220kV主幹系統は、Acaray～San Lorenzo 両変電所間に 2 回線、Acaray～Lambare 両変電所間に 1 回線、合計 3 回線が運用されている。またItaipu 発電所～Limpio変電所間、Limpio～Puerto Botanico 両変電所間 1 回線が1990年完成を目途に建設中である。Limpio～San Lorenzo 両変電所間の 1 回線が66kV運用から、1990年に 220kVへ昇圧予定である。
- (2) 首都圏の66kV系統は、Asuncion市とその周辺部を含む今回の計画地域と、Asuncion市の東部及び東南部にあたる郡部地域に電力を供給している。郡部地域の66kV系統は、San Lorenzo 変電所から分岐した放射状 1 回線の系統であり、現在、Guarambare～Itaugua 両変電所間の送電線が建設中である。Guarambare変電所は、将来郡部系統への拠点変電所となる予定である。
- (3) 計画地域の66kV系統は、San Lorenzo 及び Lambare両一次変電所を拠点としたループ状の構成となっているが、現在工事中の Puerto Botanico 一次変電所が完成すると、3つの拠点変電所を持つことになる。またこれらの拠点変電所は、計画地域の中央部を囲む三角形のほぼ頂点にそれぞれ位置している。

当系統は、1968年にその基幹部分が建設され、その後、1976年、1987年に拡充・強化が行われてきた。また現在、Guarambare～Villeta 両変電所間の送電線が建設中である。しかし当系統は全ルートが 1 回線で、しかも電線サイズが小さいため、定常時の供給能力はあるものの、1 回線事故時には送電容量が不足し、供給に支障を生じる現状である。

1988年末現在の回線巨長は 107kmで、その内訳は、架空線93km、地中線14kmである。架空線には 300MCM ACSRおよび 636MCM ACSRが使用されており、支持物は殆どが鉄柱で一部が鋼管柱である。地中線は直接埋設方式で、XLPE銅ケーブル 300mm² およびOF銅ケーブル 150mm² が使用されている。

Fig. 7-1 Transmission Line Route in the Project Area



Table 7-1 Outline of the 220 kV Transmission Lines in the Project Area

Section	Nos. of Circuit	Length (km)	Conductor		Kind of Line	Capacity (MVA)		Completion Year	Note
			Type	Size		Continuously	Temporary		
GUA-SLO	1	18.1	ACSR	636 MCM	Overhead	175	210	1980	
LIM-PBT	2	28.0	ACSR ACAR	954 MCM 950 MCM	Overhead	175	210	-	1 cct under constructing
GUA-LAM	2	23.4	ACAR	950 MCM	Overhead	175	210	1981	1 cct 1.2 km under planning
Total		69.5							

Table 7-2 Outline of the 66 kV Transmission Lines in the Project Area

Section	Nos. of Circuit	Length (km)	Conductor		Kind of Line	Capacity (MVA)		Completion Year	Note
			Type	Size		Continuously	Temporary		
SLO-JBO	1	11.9	ACSR	300 MCM	Overhead	50	55	1978	2 cct designed
JBO-SMI	1	4.0	ACSR	300 MCM	Overhead	50	55	1968	
		1.9	XLPE	300 mm ²	Underground	60	65	1989	
SMI-CEN	1	3.5	OF	150 mm ²	Underground	30	-	1968	In 1990, to be renewed to XLPE 300 mm ²
CEN-PSA	1	1.4	OF	150 mm ²	Underground	30	-	1968	
		2.1	ACSR	300 MCM	Overhead	50	55	1968	
SLO-BPA	1	8.5	ACSR	300 MCM	Overhead	50	55	1968	
BPA-SMI	1	4.0	ACSR	300 MCM	Overhead	50	55	1968	
		1.1	OF	150 mm ²	Underground	30	-	1968	In 1990, to be renewed to XLPE 300 mm ²
SLO-TBO	1	8.6	ACSR	300 MCM	Overhead	50	55	1968	
TBO-LAM	1	4.8	ACSR	300 MCM	Overhead	50	55	1968	
		1.2	XLPE	300 mm ²	Underground	60	65	1990	
LAM-PSA	1	6.5	ACSR	300 MCM	Overhead	50	55	1987	
		5.3	ACSR	300 MCM	Overhead	50	55	1968	
LAM-CEN	1	3.6	ACSR	300 MCM	Overhead	50	55	1968	
		4.4	XLPE	300 mm ²	Underground	60	65	1987	
LIM-SLO	1	24.4	ACSR	636 MCM	Overhead	-	-	1984	220 kV designed
		9.4	ACSR	300 MCM	Overhead	-	-	-	
GUA-VIL	1	12.5	ACSR	300 MCM	Overhead	40	45	-	Under constructing
BCE Branch Line	1	1.3	ACSR	300 MCM	Overhead	50	55	-	Under constructing
Overhead		106.9							
Underground		13.5							
Total		120.4							

- (4) 計画地域内の66kV送電線の鉄柱は、今後相当期間使用可能であると考えられる。当地域内の道路上には高・中・低圧線がかなり施設され、両側に施設された道路も多く、市内では架空線の建設は困難になりつつある。しかし、市周辺部ではまだ架空線の建設は可能と考えられる。

7-1-2 送電線基本計画

計画地域内の送電設備計画は、第5章で述べたとおり、3つの案について検討を行った。

第1案および第2案についてANDEと打ち合わせを行った結果、第1案を修正したものを本案として扱う事が合意された。これを第3案とし、この案をベースに次に示す計画条件を基に送電線計画を行った。

(1) 既設設備の有効利用

送電設備の耐用年数はANDE基準で30年とされているが、大部分の66kV送電線は1968年に建設されたものであるため、2000年時点では30年を超えることとなる。

しかし耐用年数を経過した設備についても、これを増・改良または建替えることはせず、引続き使用することで計画する。ただし、LAM-PSA間の66kV送電線（一部1987年建柱）ルートについては、LAM-A間は220kV2回線を新設し、A-PSA間は既設66kV送電線を利用する。66kV既設送電線のLAM-A間については220kV送電線に並行して接続する計画も検討したが、前章6-2-2の(4)項に記載したように、66kV送電線に流れる電力はA変電所流入電力の0.2～4.7%と極く少量である。

A変電所の66kV1回線引込み設備（並列機器GIS）の建設費用を考慮すると、有効利用は経済的でない。

また、系統構成上不要となる送電線については、特に支障がなければ撤去せずに、予備送電線もしくは配電線用として使用する。

(2) 気象条件

計画地域内の気象条件は、収集資料および現在工事中の第4次送電線工事Limpio～Puerto Botanico間の設計条件によれば下記の通りであり、これに基づいて設計を行う。

	今回収集データ	第4次送電線	採用
最高気温 ℃	+ 42.0	+ 40.0	+ 40.0
最低気温 ℃	- 0.6	- 5.0	- 5.0
平均気温 ℃	+ 22.6	+ 25.0	+ 25.0
最大風速 m/s	33.3	34.0	34.0
I K L 回/年	60	60	60

なお収集データを Table 7-3 に示す。

(4) 塩塵埃汚損

塩塵埃汚損については測定実績はないが、海からの距離（太平洋から約1300km、大西洋から約 950km）、汚損源の有無および既設計の碍子個数等から、ほとんど汚損がないものと推定される。

(5) 計画送電線ルート

送電線ルートについてはANDEによる踏査、測量が行われていないため、JICA調査団の踏査結果に基づく推奨ルートを Fig.7-2 に、設備概要を Table 7-4 に示す。

計画送電線の設備延長は、220kV 架空送電線新設（2cct）9.5km、220kV 架空送電線増架（1cct）28km、220kV 地中送電線新設（2cct）2.0km、66kV架空線新設（1cct）21km、66kV地中線新設（1cct）11kmである。

なお、パラグアイ川の水位変化を Fig.7-3 に示す。

この水位を考慮に入れて支持物の天端高さ、ケーブルの埋設位置等を決定する必要がある。

7-1-3 架空送電線計画

(1) 220kV架空送電線

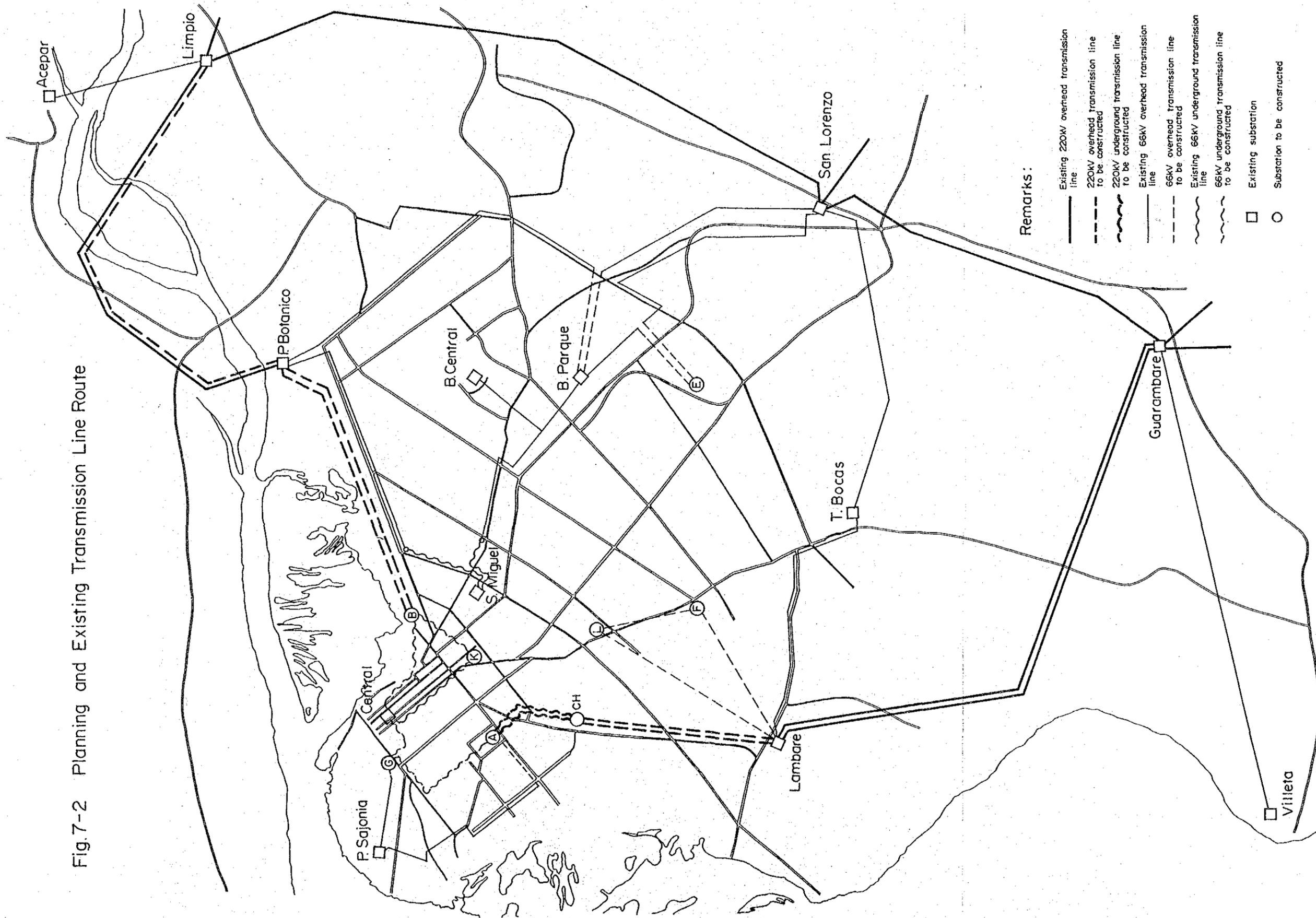
(a) 支持物

支持物はパラグアイ川沿および市街地を經過する事を考慮し、鉄塔、鉄柱、鋼管の三種類から經過地、荷重条件等に応じ選定する。これらの標準的な型を Fig.7-4～Fig.7-7 に示す。

Table 7-3 Meteorological Data (Metropolitan Area)

Item	Period	Unit	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Max.	Min.	Av.
Precipitation Av.	1956/85	mm	154	145	140	166	99	73	49	64	86	124	162	142	166	49	117
Temperature Max.	"	°C	42.0	40.8	40.0	36.7	33.5	32.9	34.0	38.7	39.1	40.3	40.2	41.9	42.0	32.9	38.3
Temperature Min.	"	°C	12.4	14.0	10.0	6.4	2.6	1.4	-0.6	0.0	3.6	7.0	8.8	10.8	14.0	-0.6	6.4
Temperature Av.	1971/80	°C	27.5	27.1	25.9	22.5	19.6	17.9	18.2	18.4	20.6	23.0	24.4	26.4	27.5	17.9	22.6
Humidity Av.	"	%	68	70	72	71	76	75	70	71	66	67	67	68	76	66	70

Fig.7-2 Planning and Existing Transmission Line Route



Remarks:

- Existing 220kV overhead transmission line
- - - 220kV overhead transmission line to be constructed
- ~~~~~ 220kV underground transmission line to be constructed
- Existing 66kV overhead transmission line
- - - 66kV overhead transmission line to be constructed
- ~~~~~ Existing 66kV underground transmission line
- ~~~~~ 66kV underground transmission line to be constructed
- Existing substation
- Substation to be constructed

Table 7-4 Outline of the Transmission Lines (1)

Voltage (kv)	Transmission Lines		From - To	Transmission Capacity (MW)	Kind of Conductor	Line Length (km) (Approx.)	Completion
	Transmission Lines	From - To					
220	1 double cct	OL	Lambare - Cable head	225/cct	950 MCM, ACAR 954 MCM, ACSR	4.0	1994
220	2 single cct	UC	Cable head - A	225/cct	XLPE 800 mm ²	2.0	1994
220	1/2 double cct	OL	Limpio - Puerto Botanico	225/cct	950 MCM, ACAR 954 MCM, ACSR	28.0	1994
220	1 double cct	OL	Puerto Botanico - B	225/cct	950 MCM, ACAR 954 MCM, ACSR	5.5	1994
66	1 single cct	OL	Puerto Sajonia - A	45	300 MCM, ACSR	1.5	1994
66	1 single cct	UC	B - Centro	90	XLPE 800 mm ²	3.5	1994
66	1 single cct	OL	Puerto Botanico - Barrio Parque	45	300 MCM, ACSR	2.5	1996
66	1 single cct	UC	A - G	90	XLPE 800 mm ²	3.0	1996
66	1 single cct	UC	G - Centro	90	XLPE 800 mm ²	1.5	1996
66	1 single cct	OL	Puerto Sajonia - G	45	300 MCM, ACSR	1.0	1996
66	1 single cct	OL	San Lorenzo - Barrio Parque	45	300 MCM, ACSR	2.5	1996
66	1 single cct	OL	Barrio Parque - E	45	300 MCM, ACSR	2.0	1996
66	1 single cct	OL	San Lorenzo - E	45/cct	300 MCM, ACSR	2.0	1996
66	2 single cct	OL	Lambare - L	90/cct	954 MCM, ACSR	4.0 and 5.0	1996

Table 7-4 Outline of the Transmission Lines (2)

Voltage	Transmission Lines		From - To	Transmission Capacity (MW)	Kind of Conductor	Line Length (km) (Approx.)	Completion
66	I single cct	UC	B - K	90	XLPE 800 mm ²	2.0	1998
66	I single cct	UC	K - Centro	54	XLPE 300 mm ²	1.0	1998
66	I double cct	OL	F - 66 kV Line	90/cct	954 MCM, ACSR	0.5	2000

Legend: UC : Underground transmission line

OL : Overhead transmission line

ACSR : Aluminum Conductor Steel Reinforced

Fig. 7-3 Max. water level - Asuncion

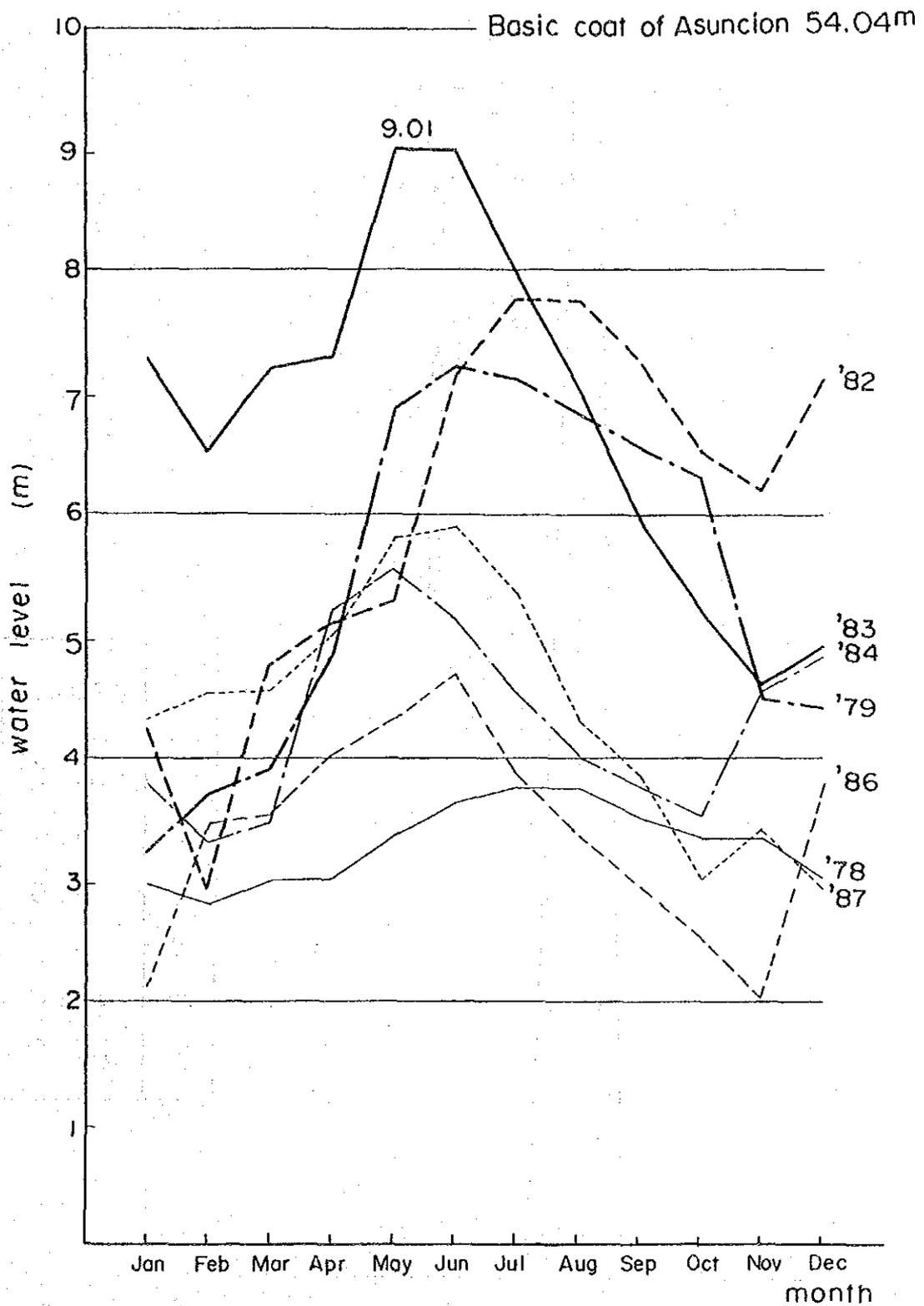
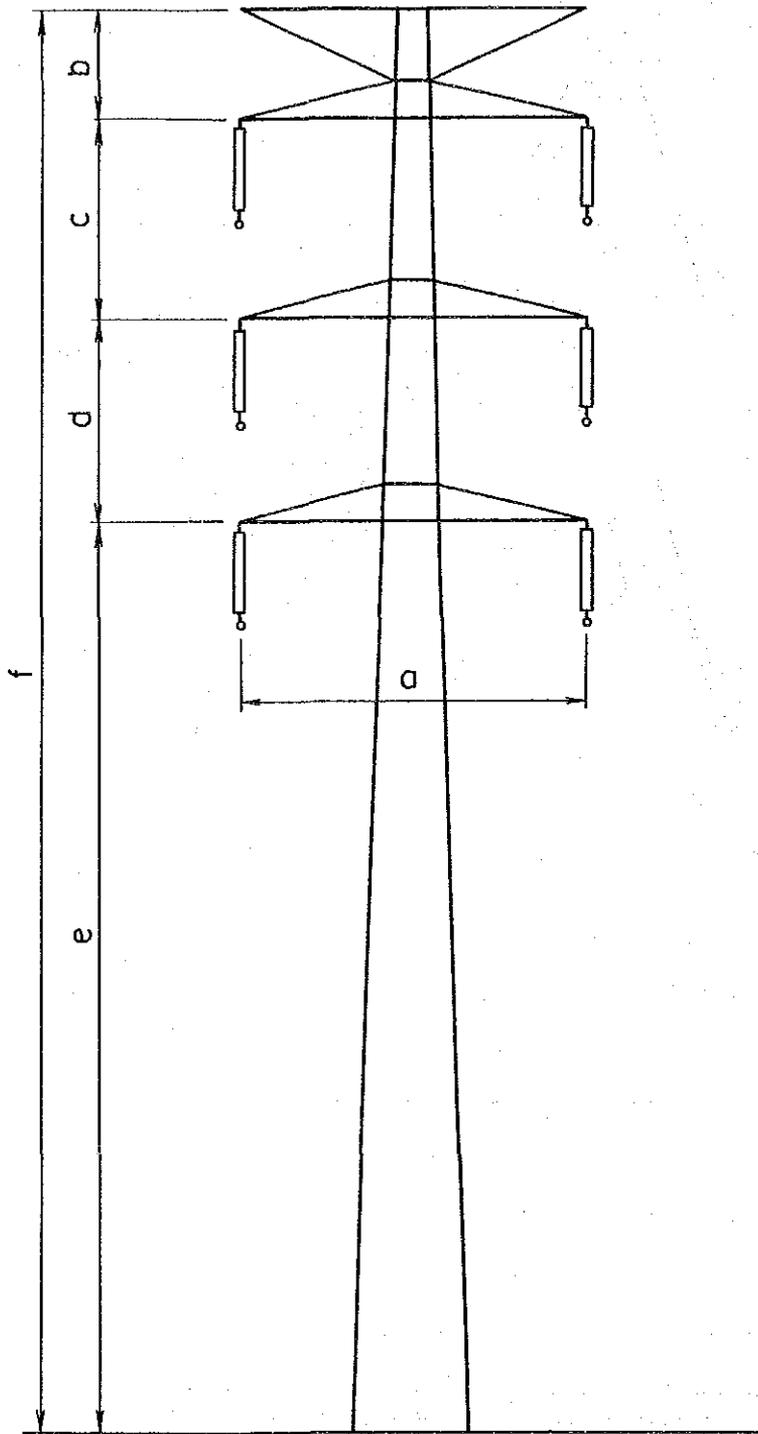
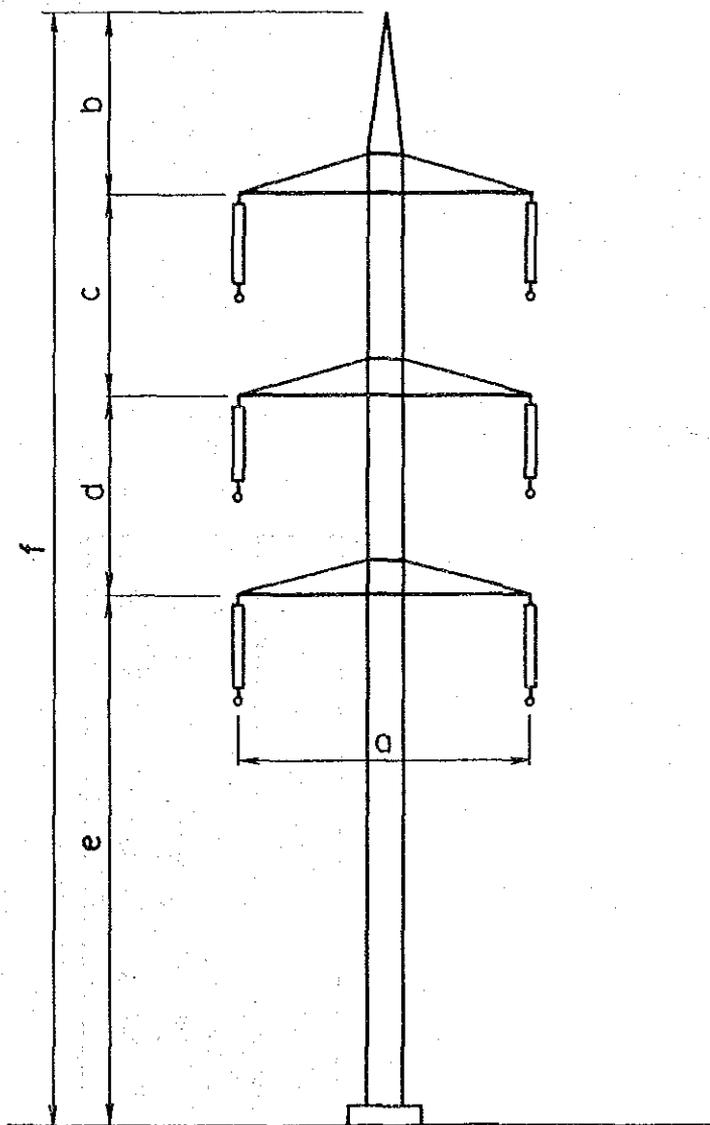


Fig. 7-4 220kV Typical type of suspension tower



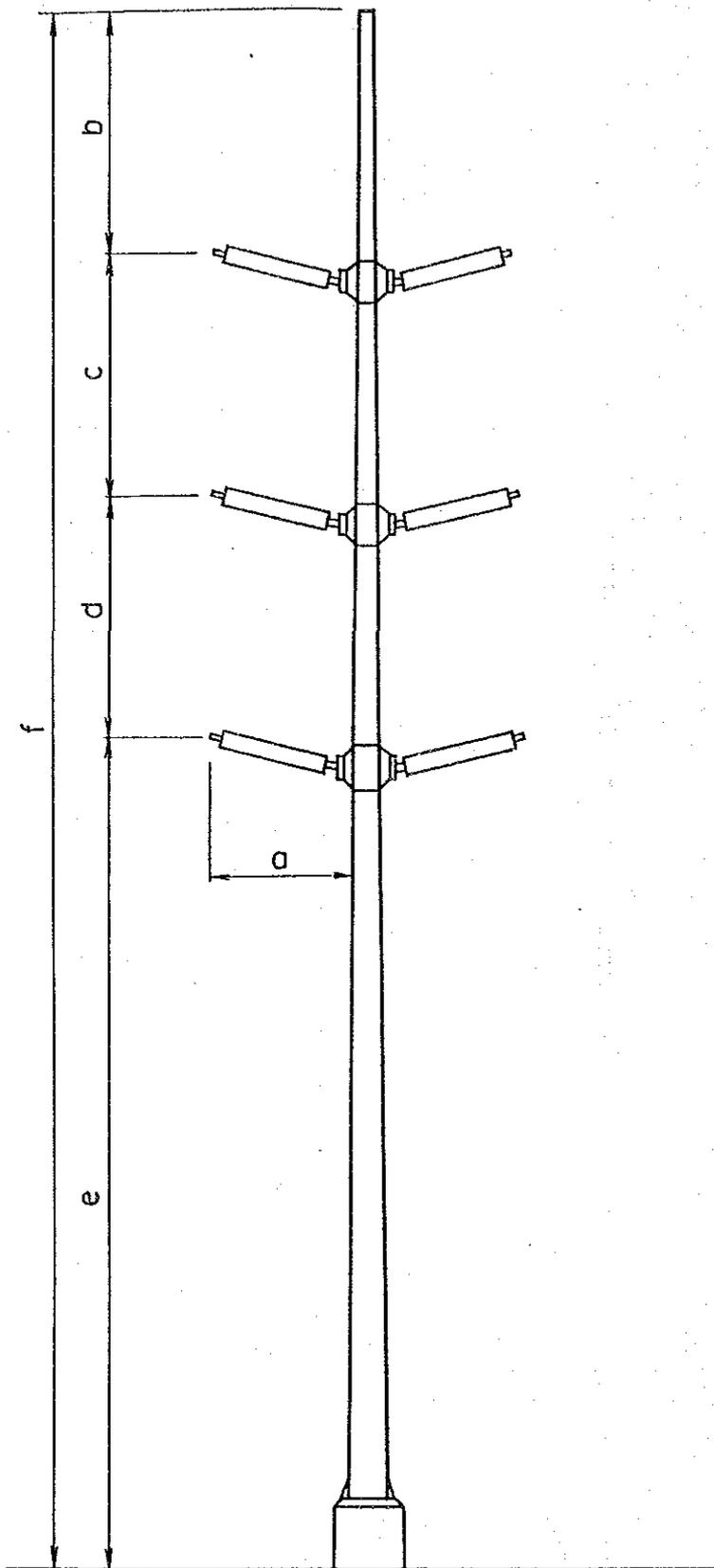
	220 kV
	(m)
a	9.5
b	3.0
c	5.5
d	5.5
e	25.0
f	39.0

Fig.7-5 220kV Typical type of suspension steel mast



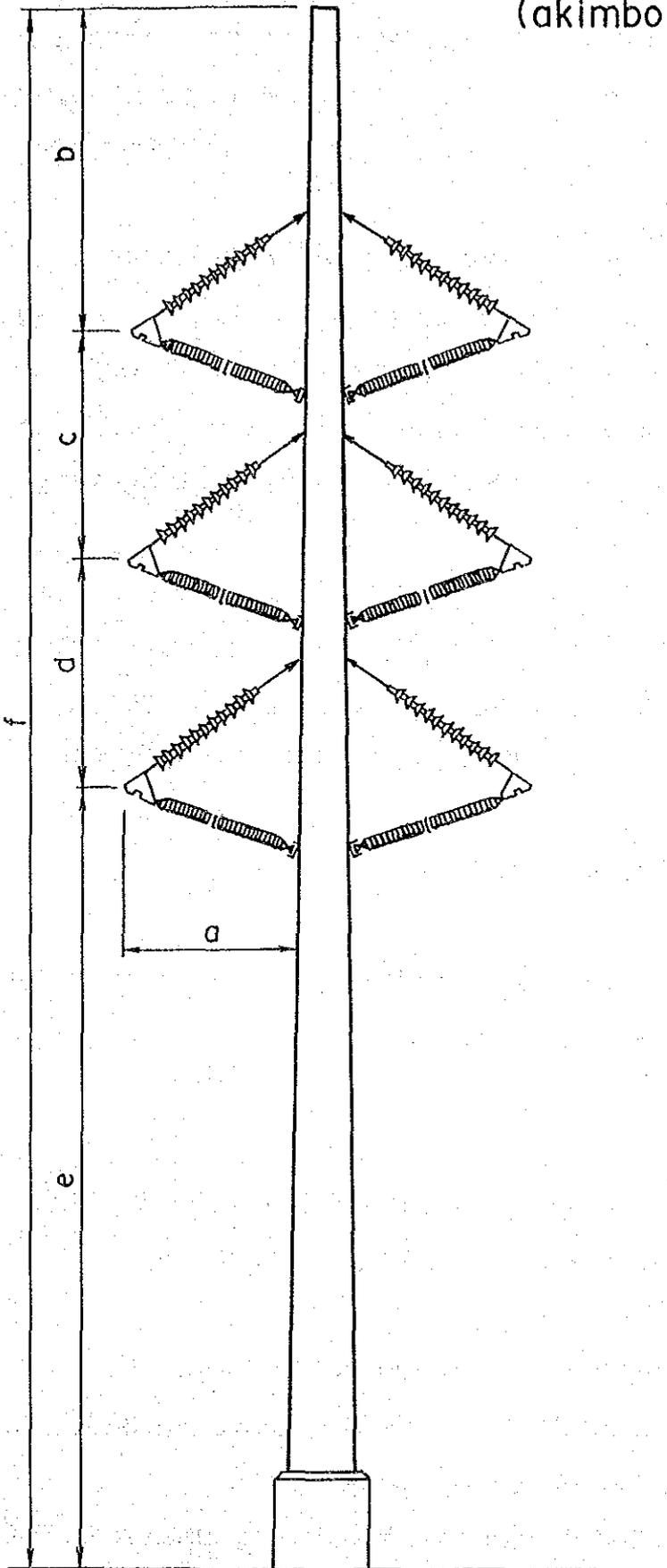
	220kV
	(m)
a	8.0
b	5.0
c	5.5
d	5.5
e	15.5
f	31.5

Fig. 7-6 220kV Typical type of steel pipe tower
(line post insulator)



	220kV
	(m)
a	2.0
b	3.5
c	3.5
d	3.5
e	12.0
f	22.3

Fig.7-7 220kV Typical type of steel pipe Tower
(akimbo insulator)



	220kV
	(m)
a	2.8
b	4.9
c	3.5
d	3.5
e	12.0
f	23.9

(b) 電 線

電線種類は、主に所要送電容量、電線表面電位傾度および所要機械的強度により決定される。既設送電線においては、950MCM ACAR および 954MCM ACSR (Cardinal) が使用されており、同種電線について検討すると、電線温度 80℃時の送電容量が所要送電容量を満足していること、および最大電線表面電位傾度も特に問題はない。

したがって本計画においても一般箇所には 950MCM ACARを、河川横断など高張力を必要とする箇所には、954MCM ACSR (Cardinal) を使用する。また電線の振動疲労を軽減するために、ダンパーおよびアーマロッドを取り付ける。

なお Lambare~Guarambareおよび Limpio~Puerto Botanico 変電所間には、950MCM ACAR および 954MCM ACSRが使用され、電線温度60℃時における送電容量175MVAで運用されている。

しかし電線性能から判断すると、80℃程度の温度でも十分使用することができるので、電線張替は行わずに運用電線温度を60℃から80℃に上げることにより所要送電容量の225MWを確保する。この際、同区間内においては電線地上高、他工作物との離隔のチェックを行ない、80℃運用に対処する必要がある。

(c) 地 線

既設送電線に合わせ、地線は 3/8" EHS を使用する。

(d) 碍 子

支持物型および荷重に応じて懸垂碍子、長幹碍子またはラインポスト碍子を使用し、材質は磁器またはガラスとする。

(2) 66kV架空送電線

(a) 支持物

支持物は鉄柱もしくは鋼管柱で、経過地および荷重条件に応じ選定する。

これらの標準的な型を Fig.7-8 および Fig.7-9 に示す。

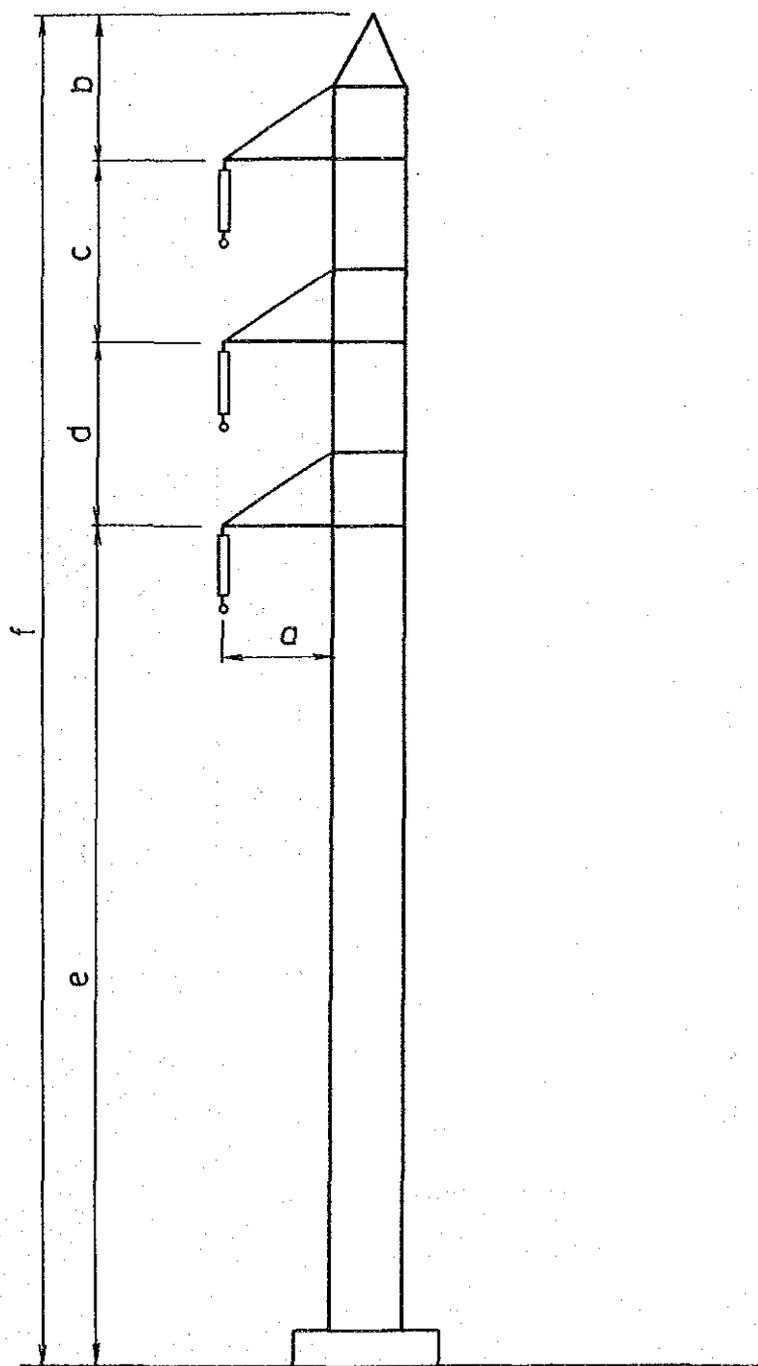
(b) 電 線

電線種類は既設設備で使用されているACSRとする。

電線サイズは主に所要送電容量、電線表面電位傾度および所要機械的強度により決定されるが、今回は所要送電容量のみが問題となる。

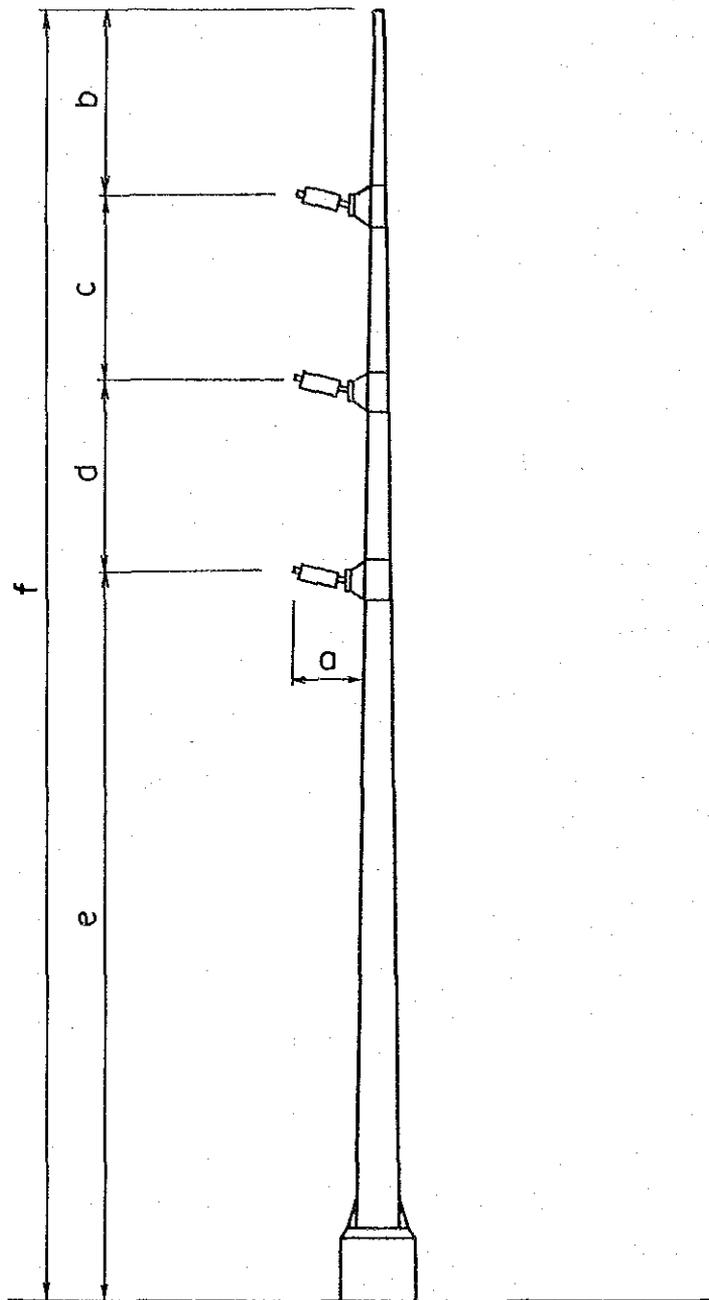
本整備計画における66kV架空送電線の所要送電容量は、45MWと90MWの二種類

Fig. 7-8: 66kV Typical type of steel mast



	66 kV
	(m)
a	2.0
b	2.0
c	2.5
d	2.5
e	11.5
f	18.5

Fig. 7-9 66kV Typical type of steel pipe tower



	66 kV
	(m)
a	0.9
b	2.5
c	2.5
d	2.5
e	10.0
f	17.5

に区分される。

所要送電線容量45MWは既設送電線と同じであり、これには現在 300MCM ACSR (Ostrich) が使用されている。

この時の電線温度は約90℃になる（周囲温度40℃）が、電線性能からみて許容できる温度と判断されるので、本整備計画においても所要送電容量 45MW の送電線には 300MCM ACSR (Ostrich)を使用する。

一方所要送電容量90MWに対応する電線は、ACSRで検討すると、電線温度90℃時に 954MCM 程度の大きさが必要となり、これを使用する。

(c) 地 線

既設送電線に合わせ、地線は 3/8" EHS を使用する。

(d) 碍 子

支持物型および荷重条件に応じ懸垂碍子又はラインポスト碍子を使用し、材質は磁器又はガラスとする。

7-1-4 地中送電線計画

(1) 220kV地中送電線

(a) 導 体

ケーブルの種類はコスト、工事の難易性、保守の難易性等を考慮して決定される。本整備計画の検討対象導体種類としては、OFケーブルとXLPEケーブルが考えられるが、前述の検討項目および現状におけるケーブル技術等から総合的に判断した結果、XLPEケーブルを使用する。

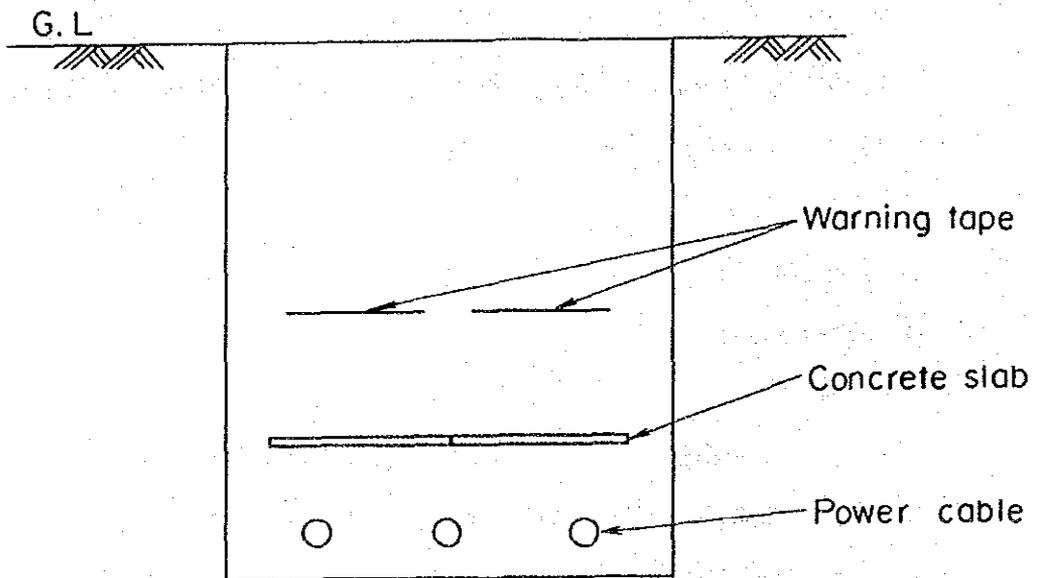
なお、導体サイズは所要送電容量により決定され、これは埋設方法等によって大きく左右されるが、本計画では送電容量 225MW に対応するものとして 800-m^2 を採用する。

(b) 埋設方式

埋設方式は工事が容易であり、工事費が安く、また工事期間の短い直接埋設方式とする。

標準的な直接埋設方式を Fig.7-10 に示す。

Fig. 7-10 Typical Direct Burying Method



(2) 66kV地中送電線

(a) 導 体

ケーブルの種類は、ANDEが66kV地中線において採用しているXLPEケーブルとする。

導体サイズは所要送電容量によって決定され、本計画の所要送電容量は54MWと90MWの二種類に区分される。所要送電容量54MWについては、ANDEが同容量地中線に採用しているのと同じXLPE 300mm²とする。また所要送電容量90MWについてはXLPE 800mm²とする。

(b) 埋設方式

埋設方式は220kV地中送電線と同じ理由から、直接埋設方式とする。また標準的な直接埋設方式についても、220kV地中線と同じである。

7-2. 変電設備計画

7-2-1 変電設備の現状

計画地域内の変電設備の現状、建設の状況および変電所利用率を、Table 7-5、Table 7-6、Table 7-7 に示す。

ANDE の標準電圧は 220kV、66kV、23kV で、周波数は50Hzである。

- (1) 1988年末現在の計画地域内の変電所は9箇所、その内訳は、220kV 変電所（一次変電所と言う）3箇所、66kV配電用変電所（二次変電所と言う）6箇所である。なお、一次変電所にはすべて配電用変圧器が併置されている。

また、220kV Limpio 変電所及び Puerto Botanico 変電所の建設工事が、1990年完成を目途に実施されている。

1988年末現在、計画地域内の変圧器は19バンク、設備容量は 661.5MVA である。

供給力は、66kV 側で 277.5MVA、23kV側で384MVAとなっている。

その内訳は次の通り。

電 圧 (kV)	バンク 数	設備容量 (MVA)	供給力 (MVA)	
			66 kV	23 kV
220/66/23	2	240/120/120	120.0	120.0
220/66	3	157.5	157.5	
220/23	1	40.0		40.0
66/23	13	224.0		224.0
計	19	661.5	277.5	384.0

変圧器バンクのユニット容量は、220kV 系統用変圧器が37.5・60・120MVA、配電用変圧器が10・12・20・40・60 MVAで、この内、120MVA（系統用）及び20MVA（配電用）が最も多く使用されている。なお、系統用変圧器バンクは、ほとんどが単相変圧器によって構成されている。

系統用変圧器（220/60kV）の結線はY-Yで統一されているが、配電用変圧器については、San Lorenzo 及び Jardín Botanico 変電所がY-Y、Lambare 変電所がY-Y-Δ、その他の変電所がΔ-Yである。

- (2) 1988年における計画地域内変電所の平均利用率は、220kV 変圧器が 62.8%、配電用変圧器が 73.3%であった。

計画地域内変電所の大半は1968年に建設され、その後供給力の増強は主としてこれら変電所の増設によって進められた結果、市内の二次変電所はすべて2バンクとなっており、利用率も高い。最近市中心部に Centro 変電所が建設され、また Lambare変電所に大容量の配電用変圧器が設置されたため、平均利用率はさほど高くないが、市内には過負荷の変電所がある一方、Lambare 変電所の利用率が低いという実態になっている。

- (3) 1988年における計画地域内変電所の平均力率は、66kV 側で92.9%、23kV側で89.4%であった。

進相用コンデンサは9変電所中6変電所に設置されている。設備容量は178MVAR、その内訳は、66kV 100MVAR (25MVAR×4)、23kV 78 MVAR (12MVAR×2 6MVAR ×8、3MVAR ×2)である。

- (4) 建設中の変電所も含めた計画地域内の変電所の220kV母線構成は、Lambare 変電所が単母線方式となっているほか、いずれも二重母線1ブスタイ方式である。

66kV母線方式は、6変電所とも二重母線1ブスタイ方式で構成されている。

また、23kV母線方式は、San Miguel 変電所及び Puerto Sajonia 変電所の一部が二重母線となっているほかは、単母線方式である。

遮断器は、220kV、66kV用ともに、古いものは油入遮断器が使用されているが、近年取替え又は新・増設された変電所にはガス遮断器が採用されている。

遮断容量の標準は、220kV 用が31.5kA、66kV用が 12.5kA、23kV用が 8kAとなっているが、古い遮断器は標準通りになっていない。

系統保護としては、220kV、66kV送電線ともに距離継電器方式(BBC社 LZ32および LI41a)が、また配電線保護には接地形過電流継電器が、それぞれ使用されている。変圧器保護には、機械的な保護以外に比率差動継電器、過電流継電器による電氣的保護もあわせて行われている。

- (5) 計画地域内の変電所はすべて有人変電所で、常時監視制御方式の3交替制をとっている。また、電圧、電流、電力等の記録は1時間ごとに所定の運転日誌に記録されている。

7-2-2 基本計画

2000年における計画地域の電力需要は、消費電力量が2,776GWh、最大使用電力は674MWと1988年ベースで約3倍の伸びが予想される。

予想される計画地域の電力需要増大に対処するために、既設の一次変電所ならびに二次変電所の増改良を行うと同時に、一次変電所ならびに二次変電所の新設を含めた計画地域の系統増強計画が必要となる。JICA調査団は現地調査およびANDEとの打合せに基づき、計画地域の系統増強に関し2つの案について検討した。第1案は220kV送電線を首都中心部に導入し、一次変電所の変圧器220/66/23kVを通して二次変電所に送電するとともに直接配電を行う案である。

第2案は、首都中心部への電力供給について66kV送電線の拡大強化によって首都圏変電設備（二次変電所以上）の需給バランスを計る案である。しかし中間報告でANDEと協議した結果、第1案の見直し、すなわち第3案で調査・検討を実施することになった。

第3案の計画は第5章 5-2-6 に記述されている。

7-2-3 基本事項

2000年を目途に検討された計画地域の需要想定をもとに必要な変電所を設備するに当たって考慮すべき点は以下の通りである。

- (1) ANDEの設備運用基準をもとに設計する。
- (2) 一次・二次変電所ともに、新設変電所（縮小形を採用するA変電所66kV側とK変電所を除く）母線方式の適用は2重母線1ブスタイ方式とする。
- (3) 用地取得難、都市計画ならびに都市美観から、SF6ガス絶縁方式の縮小形変電所の設備も検討した。

しかし、ANDEの要望ならびに設備資金が多額となるため、首都圏中心部に設置するA変電所の66kV側ならびにK変電所以外の変電所は従来形変電所を採用する。

- (4) 耐雷設計は、主変圧器を最優先被保護機器と考えて、避雷器の合理的な設置位置の選定によって母線全域を保護することを考えた。しかし、パラグアイ国は雷撃頻度（IKL）は60と非常に多く、雷サージの侵入に対し、まっ先に脅威にさらされる引込口機器が絶縁協調上最弱点部となるので、主変圧器以外にも220kV、66kV送電線引込口には全て避雷器を設置する。

(5) 計画地域内に設置する変電機器の工場汚損、大気汚損、および塩害に対する対策は、汚染地域対象外であり考慮しない。

(6) 主変圧器の容量は既設変電所に設置されている変圧器仕様を基準に標準化し、予備品の流用を可能にする。

また一次変電所で220/66/23 kVの3巻線変圧器を設備する場合は、輸送重量の制限を考慮しなければならない。現在、パラグアイ川の荷上設備はANDEが所有している50tonの起重機が最大であり、輸送重量最大50ton以下の仕様とした。

(7) 二次変電所は将来無人化し、遠方制御が可能な制御方式を採用する。

7-2-4 変電所の概念設計

ANDEの設備基準を基本に新設変電所の標準化を計った。一次変電所は平面で $150\text{m} \times 120\text{m} = 18,000\text{m}^2$ 、二次変電所は平面で $60\text{m} \times 60\text{m} = 3,600\text{m}^2$ を最小用地面積として計画地域内の候補地を選定し、概略設計した。

Table 7-8 に2000年までの新設変電設備、Table 7-9 に2000年までの増設変電設備を示す。各変電所の概要は次の通りである。

(1) A. 一次変電所

Asuncion市 Barrio Obreroのサッカー場跡地を予定している。

用地面積は $120\text{m} \times 90\text{m} = 10,800\text{m}^2$ で、最小用地面積 $18,000\text{m}^2$ に満たない。

220kV 2重母線、66kV 2重母線の従来形変電所を設備することは困難であり、66kV母線のみSF6ガス絶縁方式の縮小形変電所を採用する。220/66/23 kV変圧器は縮小化を計るため従来の単相変圧器3台組合せでなく、特別3相（3分割輸送）変圧器を採用した。

変電所の機器配置図を Fig.7-11、断面図を Fig.7-12、単線結線図を Fig.7-13 に示す。

(2) B. 一次変電所

Asuncion市San Blasにある公園（Parque Caballero）の一部用地を予定している。用地面積は $150\text{m} \times 120\text{m} = 18,000\text{m}^2$ 以上であり、220kV、66kV設備は従来形変電所とする。

主変圧器は縮小化を計るため特別3相（3分割輸送）変圧器を採用する。

変電所の機器配置図を Fig.7-14、断面図を Fig.7-15、単線結線図を Fig.7-16

に示す。

(3) E. 二次変電所

Asuncion市 Villa Aureliaの用地を予定している。

用地面積は $97\text{m} \times 78\text{m} = 7,566\text{m}^2$ と十分であり、設備配置上は問題ない。

変電所の機器配置図をFig.7-17、断面図をFig.7-18、単線結線図をFig.7-19に示す。

(4) F. 二次変電所

Asuncion市 Hipodromoの用地を予定している。

用地面積は $150\text{m} \times 72\text{m} = 10,800\text{m}^2$ と十分であり、設備配置上は問題ない。

変電所の機器配置図をFig.7-20、断面図をFig.7-21、単線結線図をFig.7-22に示す。

(5) G. 二次変電所

Asuncion市 DR.Francia にあるANDEの配電指令所、ならびに配電用機器試験所の移転した跡地を流用する。このため本変電所の設備計画は1995年1月着工となる。ANDEの配電指令所ならびに配電用機器試験所は1994年末迄に移転を完了させなければならない。

用地面積は $5,251\text{m}^2$ 所有している。用地内土地は段差があり、整地工事が必要となるが設備配置上問題はない。

変電所の機器配置図をFig.7-23、断面図をFig.7-25、単線結線図をFig.7-25に示す。

(6) K. 二次変電所

Asuncion市 Catedral の用地を予定している。

用地面積は $57\text{m} \times 42\text{m} = 2,394\text{m}^2$ で最小用地面積 $3,600\text{m}^2$ に満たない。

66kV 2重母線の従来形変電所を設備することは不可能である。

ANDEが他候補地、平面で $60\text{m} \times 60\text{m}$ 以上の用地を確保出来た場合は従来形変電所の設備も可能であるが、本計画ではSF6ガス絶縁方式の縮小形変電所を採用する。ただし、設備費の投資金が低減するよう66kVは単母線方式で設計した。

変電所の機器配置図および断面図をFig.7-26、単線結線図をFig.7-27に示す。

(7) L. 二次変電所

Asuncion市 Pinoza の用地を予定している。

用地面積 $73\text{m} \times 64\text{m} = 4,672\text{m}^2$ と十分であり、設備配置上は問題ない。

変電所の機器配置を図Fig.7-28、断面図をFig.7-29、単線結線図をFig.7-30に示す。

(8) 既設変電所の増設

Table 7-9 に示すように、一次変電所 Limpio, Puerto Botanico, Guarambare, San Lorenzo および二次変電所 Puerto Sajonia, San Miguel, Barrio Parque, 計7ヶ所の変電所増設を実施する。

増設部分の機器仕様ならびに機器配置は、既設に準じた方式を採用する。

計画地域の一部が運開する1994年末までに需要と供給バランスに問題が生じ、設備の一部増強を図る場合は 66/23kV 変圧器の増設が容易に出来る条件にある Puerto Sajonia, San Miguel および Barrio Parque の既設3変電所を活用することが望ましい。

増設各変電所別の機器配置図、断面図、単線結線図をFig.7-31~Fig.7-47 に示す。

Table 7-5 Main Substations in the Project Area

System	Substation	Voltage (kV)	Transformer		Component (Phase x Amount)	Capacity		23 kv Line of Circuit	Year of Completion
			Unit Capacity x Bank (MVA)	Voltage (kV)		220kv	23kv		
Metro-politan Area	San Lorenzo	220/66	60 x 2	220/66	1 x 3 x 2	120	8	1968	
	Lambare	220/23	40 x 1	220/66	3 x 1	40	9	1968	
	Guarambare	220/66	120/60/60 x 2	220/66	1 x 3 x 2	240			
	Puerto Sajonia	66/23	37.5 x 1	66/23	1 x 3 x 1	37.5	4	1981	
	San Miguel	66/23	20 x 1	66/23	3 x 1	20	5	1968	
	Barrio Parque	66/23	20 x 2	66/23	3 x 2	40	7	1968	
	Jardin Botanico	66/23	12 x 2	66/23	3 x 2	24	5	1968	
	Tres Bocas	66/23	10 x 2	66/23	3 x 2	20	4	1979	
	Centro	66/23	20 x 2	66/23	3 x 2	40	4	1987	
	Sub-Total			661.5			384	51	
Other Area	Itaugua	66/23	20 x 1	66/23	3 x 1	20		1973	
	Caacupe	66/23	12 x 1	66/23	3 x 1	12		1973	
	Paraguari	66/23	9 x 1	66/23	3 x 1	9		1973	
	Caapucu	66/23	5 x 1	66/23	3 x 1	5		1973	
	Quiindy	66/23	5 x 1	66/23	3 x 1	5		1987	
	Sub-Total			51.0			51		
Total			712.5			437.5	435		

Table 7-6 Substations under Construction

System	Substation	Transformer		Capacity (MVA)		23 kV Line of Circuit	Expected Year of Completion
		Voltage (kV)	Unit Capacity x Bank (MVA)	220 kV	23 kV		
Metropolitan System	Limpio	220/66 66/23	37.5 x 1 20 x 1	37.5	20	4	1990
	Puerto Botanico	220/66/23	120/60/60 x 1	120	60	7	1990
Southern System	Paranambu	220/23	10 x 1	10	10	3	1990
	Natario	220/23	10 x 1	10	10	3	1990
Eastern System	Itakuyry	220/66/23	25/15/15 x 1	25	15	3	1990

Table 7-7 Rate of Utilization of Substations (1988)

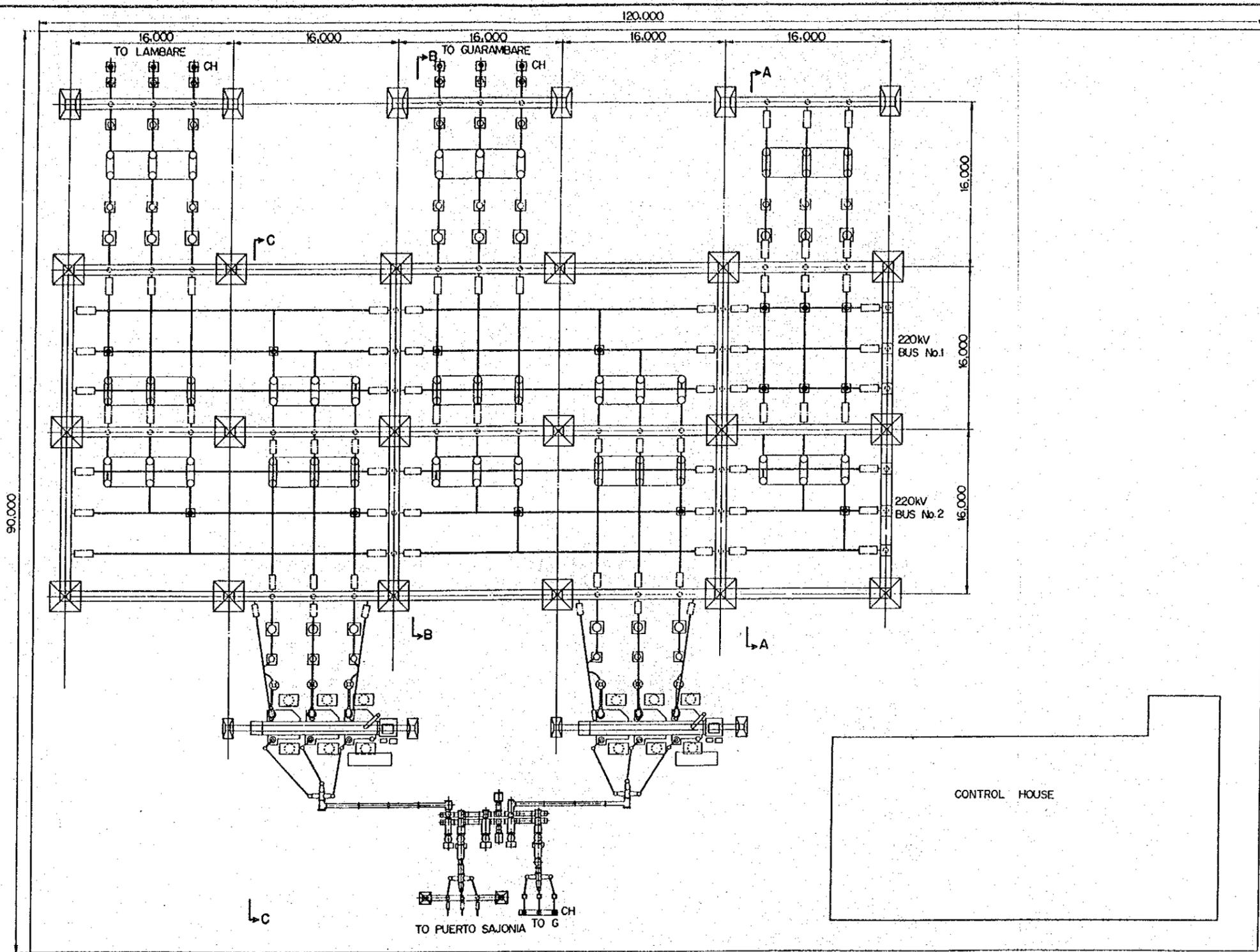
System	Substation	Capacity (MVA)		Maximum Power (MW)		Rate of Utilization (%)		Power Factor (%)			
		220kV	23kV	220kV	23kV	220kV	23kV	220kV	23kV		
Metro-politan Area	San Lorenzo	160	40	134.3	33.0	146.0	34.7	91.3	86.8	92.0	95.1
	Lambare	240	120	108.0	42.0	113.7	45.2	47.4	37.7	95.0	92.9
	Guarambare	37.5	20	13.1	13.1	15.2	15.2	40.5	76.0	86.2	86.2
	Puerto Sajonia		40		27.1		29.8		74.5		90.9
	San Miguel		40		32.9		38.7		96.8		85.0
	Barrio Parque		40		34.7		37.7		94.3		92.0
	Jardin Botanico		24		22.4		27.7		115.4		80.9
	Tres Bocas		20		22.2		23.1		115.5		96.1
	Centro		40		24.3		29.3		73.3		82.9
	Sub Total			384		251.7		281.4		73.3	
Other Area	Itaugua		20		15.8		18.6		93.0		84.9
	Ceacupe		12		7.1		8.4		70.0		84.5
	Paraguari		9		4.2		4.9		54.4		85.7
	Caapucu		5		1.7		2.0		40.0		85.0
	Quiindy		5		3.8		4.5		90.0		84.4
	Sub Total			51		32.6		38.4		75.3	
Total		437.5	435	255.4	284.3	274.9	319.8	62.8	73.5		

Table 7-8 Installment Plan of New Substations Equipment
in 2000

Substation			Installment Plan	
	Site	Name or Place	Transformer Capacity	Line Equipment
New	A	Barrio Obrero (10,800 m ²)	220/66/23 kV 99/60/39 MVA x 2	220 kV, 2 cct 66 kV, 2 cct
New	B	San Blas (Parque Caballero) (18,000 m ²)	220/66/23 kV 99/60/39 MVA x 2	220 kV, 2 cct 66 kV, 2 cct
New	E	Villa Aurelia (7,566 m ²)	66/23 kV 20/20 MVA x 2	66 kV, 2 cct
New	F	Hipodromo (10,800 m ²)	66/23 kV 20/20 MVA x 2	66 kV, 2 cct
New	G	DR. Francia (5,251 m ²)	66/23 kV 20/20 MVA x 3	66 kV, 3 cct
New	K	Catedral (2,394 m ²)	66/23 kV 20/20 MVA x 3	66 kV, 2 cct
New	L	Pinoza (4,672 m ²)	66/23 kV 20/20 MVA x 3	66 kV, 2 cct

Table 7-9 Expansion Plan of Existing Substation Equipment in 2000

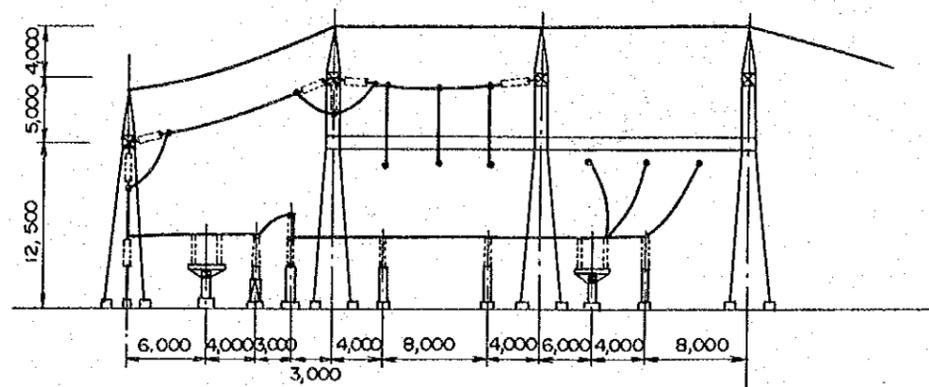
Substation			Installment Plan	
	Site	Name or Place	Transformer Capacity	Line Equipment
Exist- ing	PBO	Puerto Botanico	220/66/23 kV 120/60/60 MVA x 1	220 kV, 3 cct 66 kV, 1 cct
Exist- ing	PSA	Puerto Sajonia	66/23 kV 20/20 MVA x 1	-
Exist- ing	SMI	San Miguel	66/23 kV 20/20 MVA x 1	-
Exist- ing	BPA	Barrio Parque	66/23 kV 20/20 MVA x 1	66 kV, 2 cct
Exist- ing	GRA	Guarambare	220/66 kV 37.5/37.5 MVA x 1 66/23 kV 20/20 MVA x 1	-
Exist- ing	LIM	Limpio		220 kV, 1 cct
Exist- ing	SLO	San Lorenzo	220/23 kV 40/40 MVA x 1	-



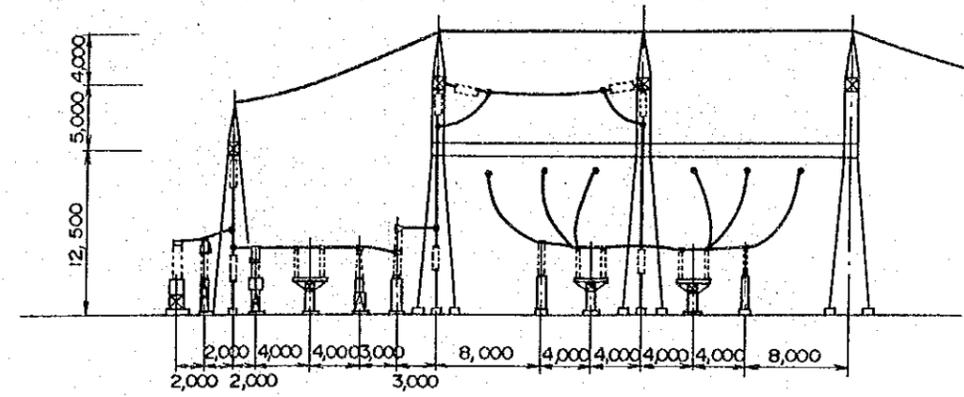
POWER DISTRIBUTION SYSTEM
IMPROVEMENT PROJECT
IN THE METROPOLITAN AREA

GENERAL ARRAGEMENT PLAN
(A. SUBSTATION)

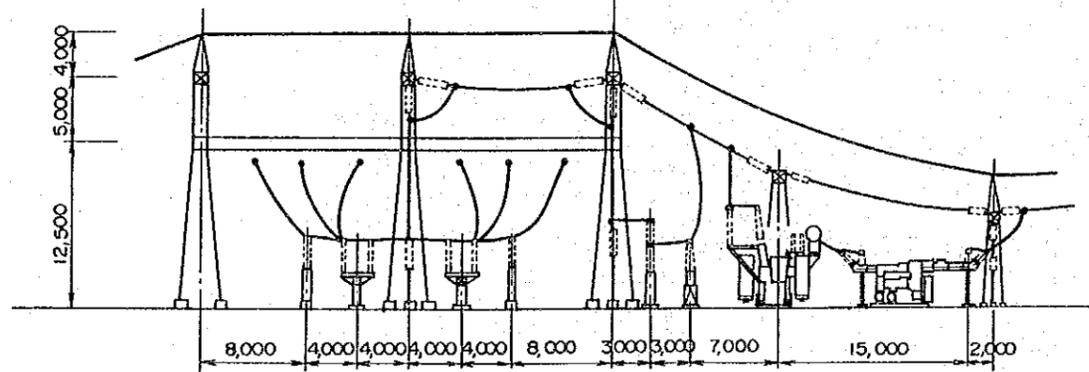
Fig. 7 - 11



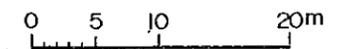
SECTION A - A



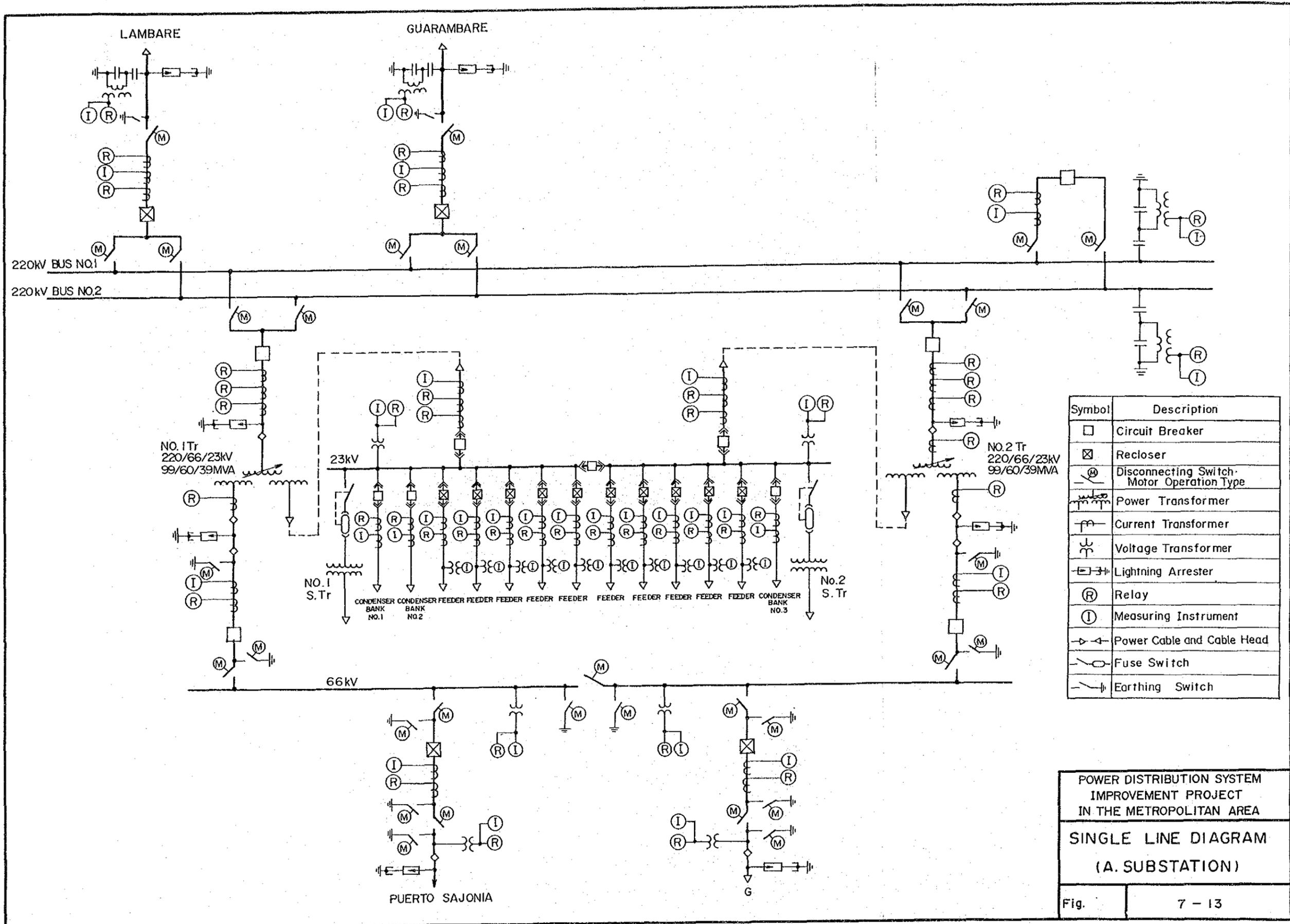
SECTION B - B



SECTION C - C



POWER DISTRIBUTION SYSTEM IMPROVEMENT PROJECT IN THE METROPOLITAN AREA	
GENERAL ARRANGEMENT SECTION	
(A. SUBSTATION)	
Fig.	7 - 12

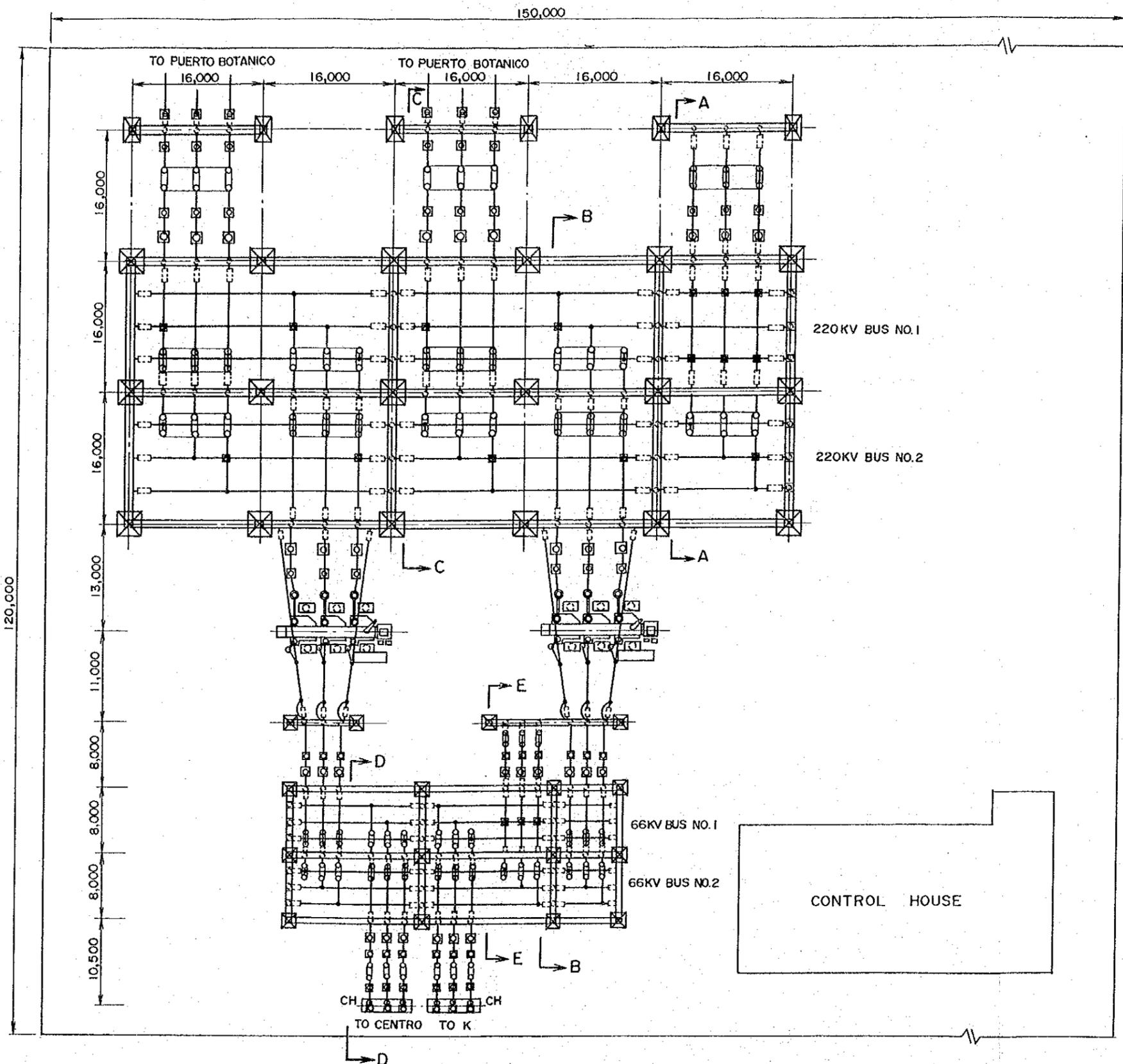


Symbol	Description
□	Circuit Breaker
⊠	Recloser
⊗	Disconnecting Switch - Motor Operation Type
⚡	Power Transformer
Ⓜ	Current Transformer
Ⓜ	Voltage Transformer
⚡	Lightning Arrester
Ⓜ	Relay
Ⓜ	Measuring Instrument
—	Power Cable and Cable Head
—	Fuse Switch
—	Earthing Switch

POWER DISTRIBUTION SYSTEM
IMPROVEMENT PROJECT
IN THE METROPOLITAN AREA

SINGLE LINE DIAGRAM
(A. SUBSTATION)

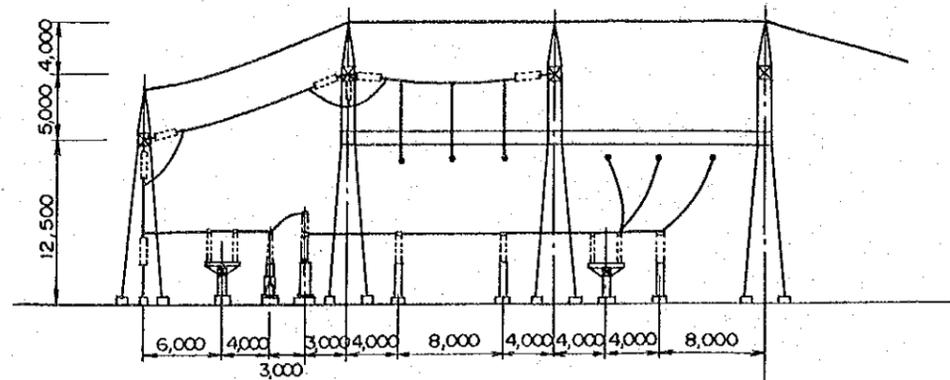
Fig. 7 - 13



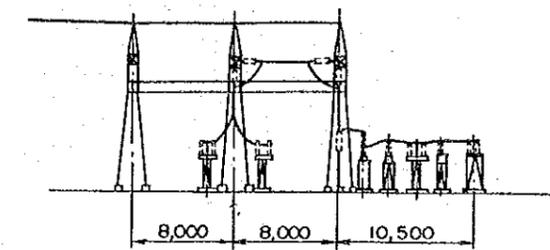
POWER DISTRIBUTION SYSTEM
IMPROVEMENT PROJECT
IN THE METROPOLITAN AREA

GENERAL ARRANGEMENT PLAN
(B. SUBSTATION)

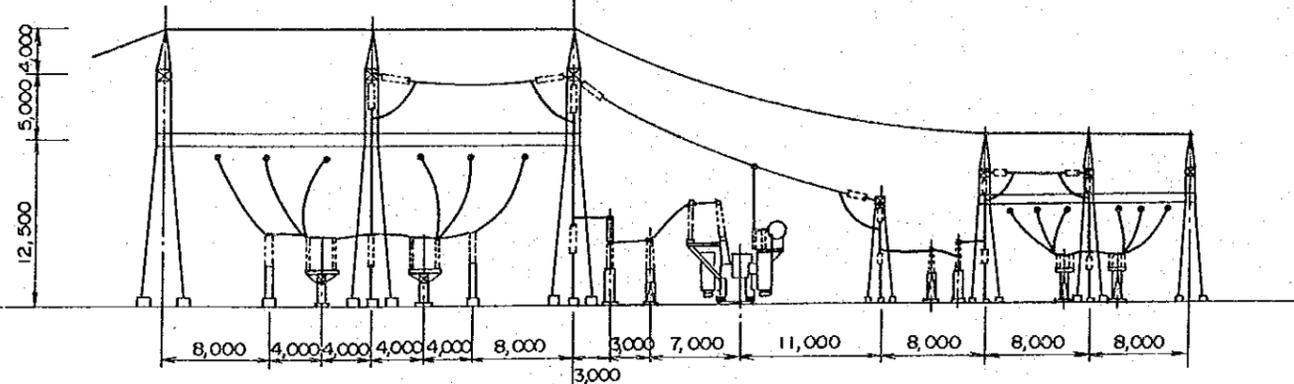
Fig. 7 - 14



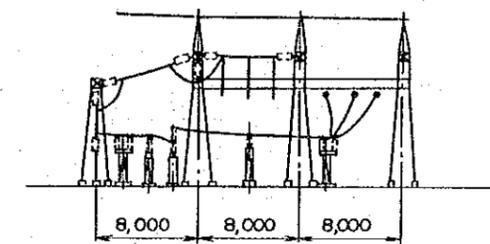
SECTION A-A



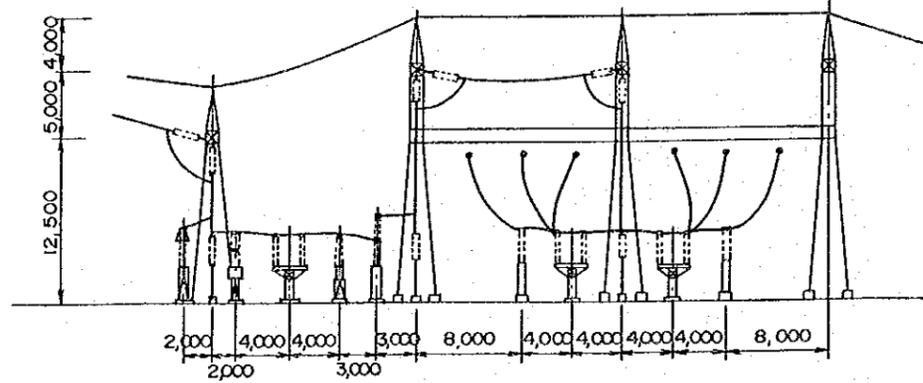
SECTION D-D



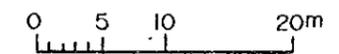
SECTION B-B



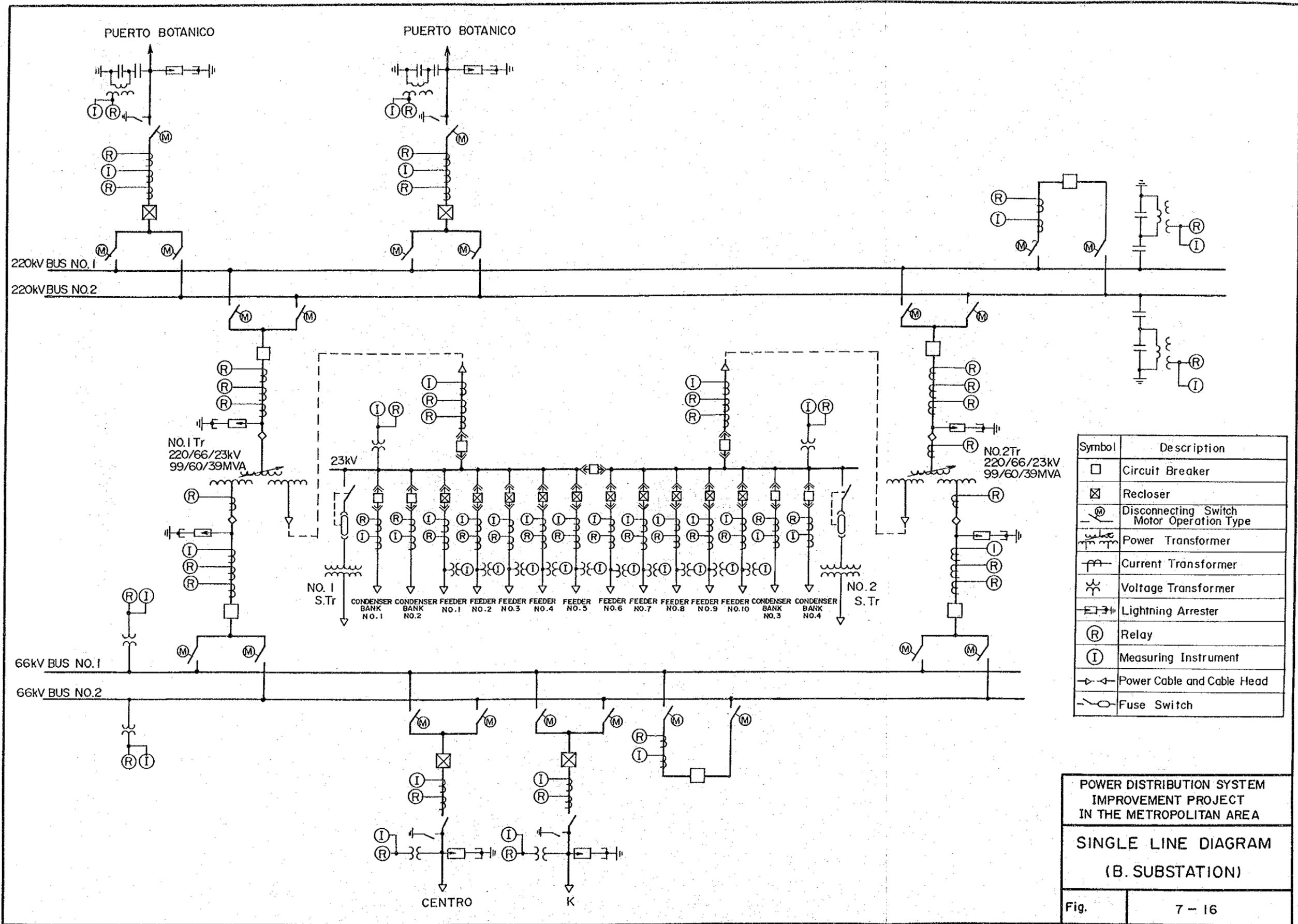
SECTION E-E



SECTION C-C



POWER DISTRIBUTION SYSTEM IMPROVEMENT PROJECT IN THE METROPOLITAN AREA	
GENERAL ARRANGEMENT SECTION (B. SUBSTATION)	
Fig.	7 - 15

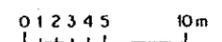
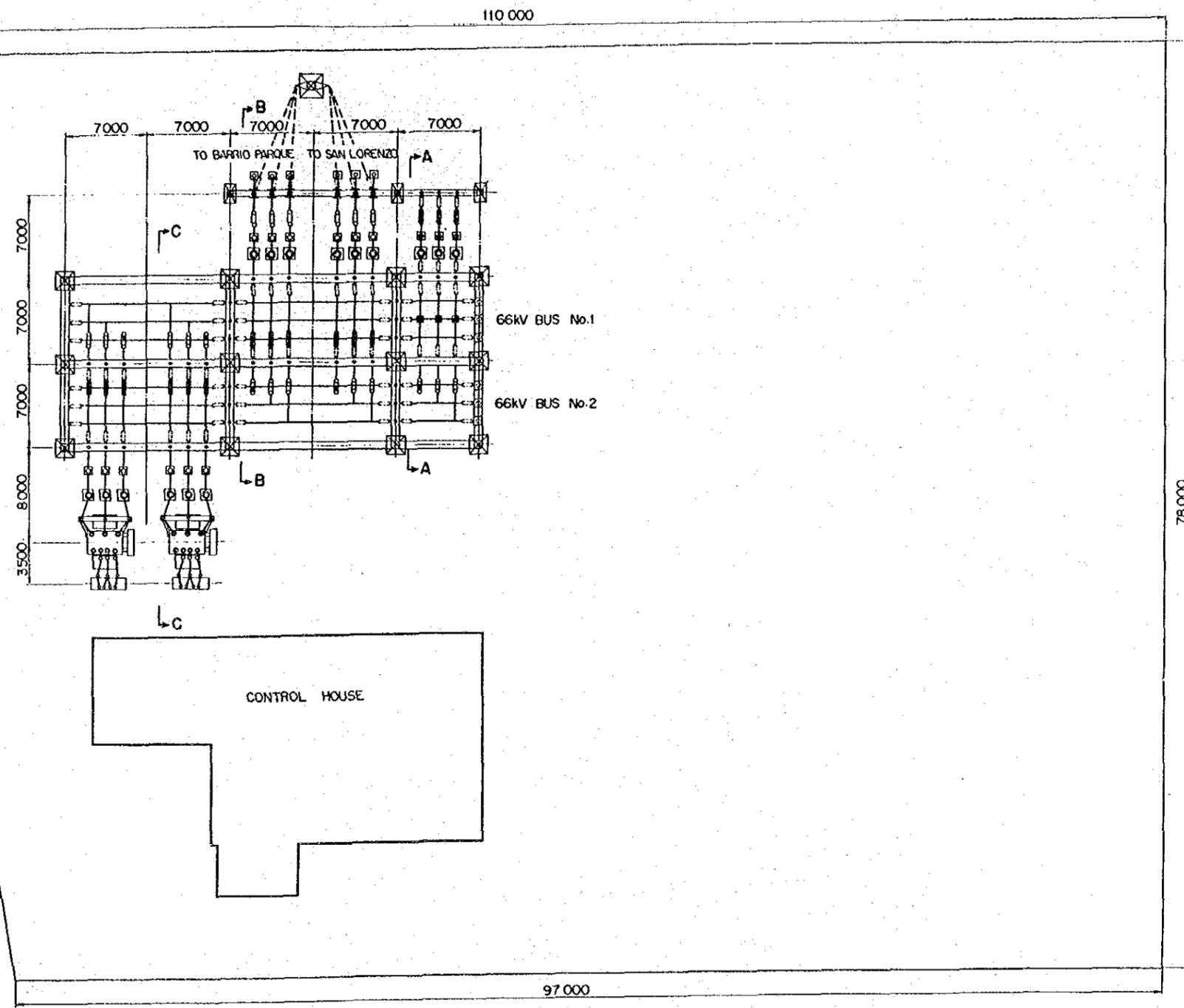


Symbol	Description
□	Circuit Breaker
⊠	Recloser
⊕	Disconnecting Switch Motor Operation Type
⊞	Power Transformer
⊞	Current Transformer
⊞	Voltage Transformer
⊞	Lightning Arrester
Ⓡ	Relay
Ⓢ	Measuring Instrument
⊞	Power Cable and Cable Head
⊞	Fuse Switch

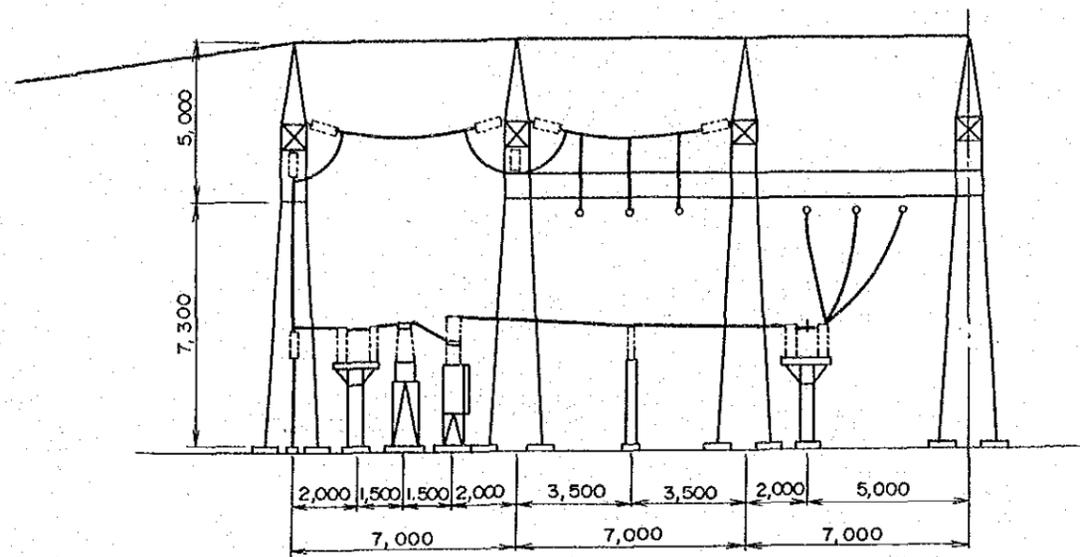
POWER DISTRIBUTION SYSTEM
IMPROVEMENT PROJECT
IN THE METROPOLITAN AREA

SINGLE LINE DIAGRAM
(B. SUBSTATION)

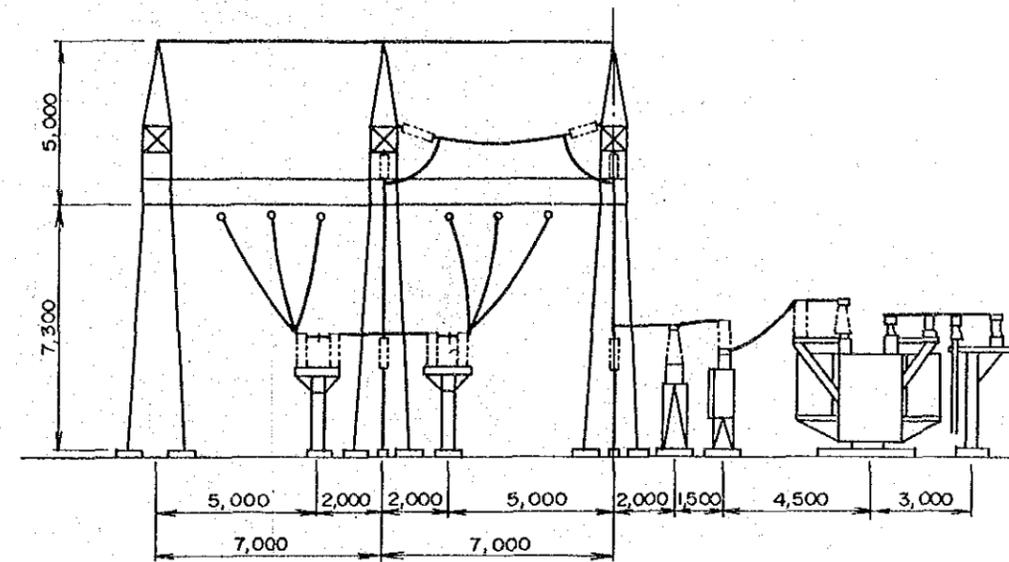
Fig. 7 - 16



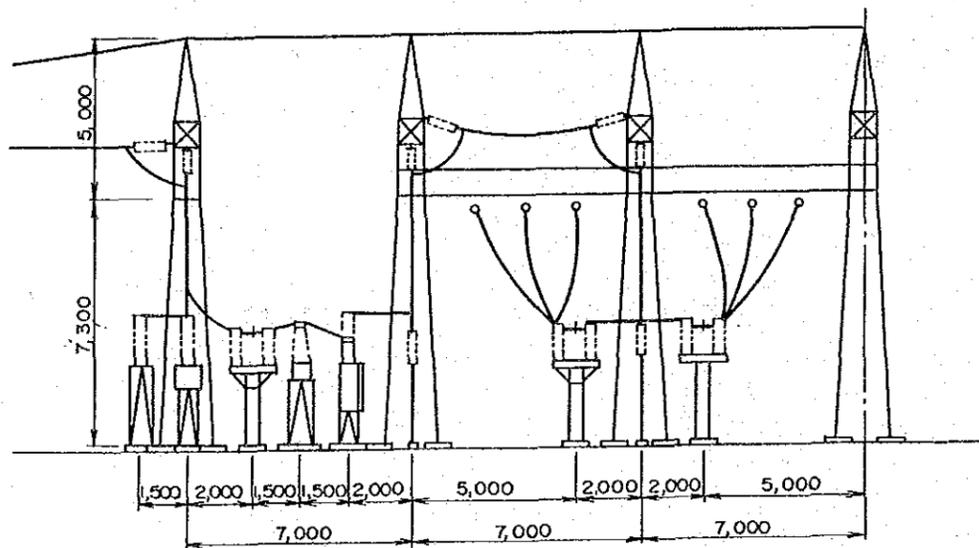
POWER DISTRIBUTION SYSTEM IMPROVEMENT PROJECT IN THE METROPOLITAN AREA	
GENERAL ARRANGEMENT PLAN (E. SUBSTATION)	
Fig.	7 - 17



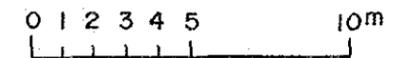
SECTION A - A



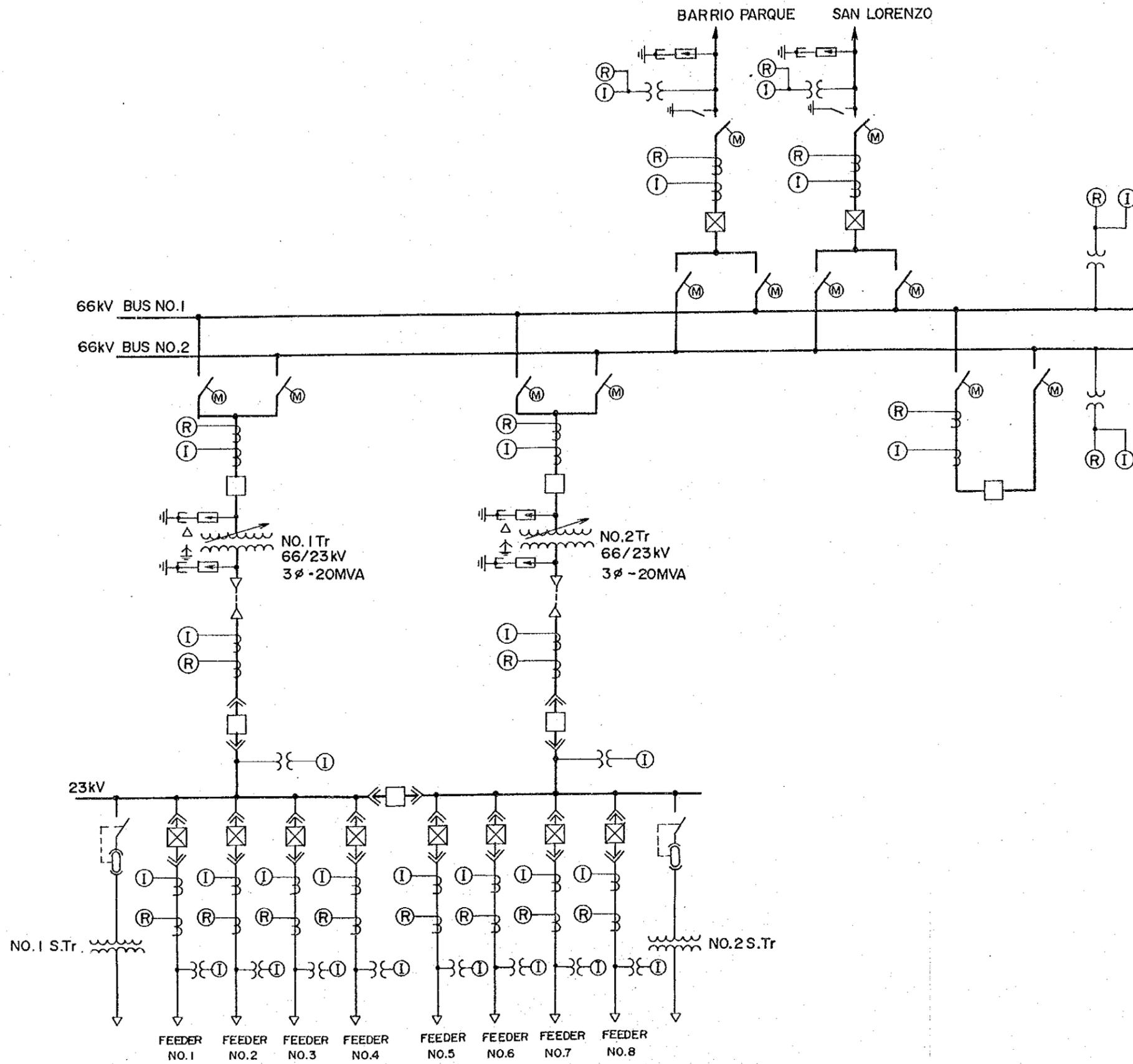
SECTION C - C



SECTION B - B



POWER DISTRIBUTION SYSTEM IMPROVEMENT PROJECT IN THE METROPOLITAN AREA	
GENERAL ARRANGEMENT SECTION (E. SUBSTATION)	
Fig.	7 - 18

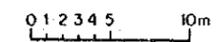
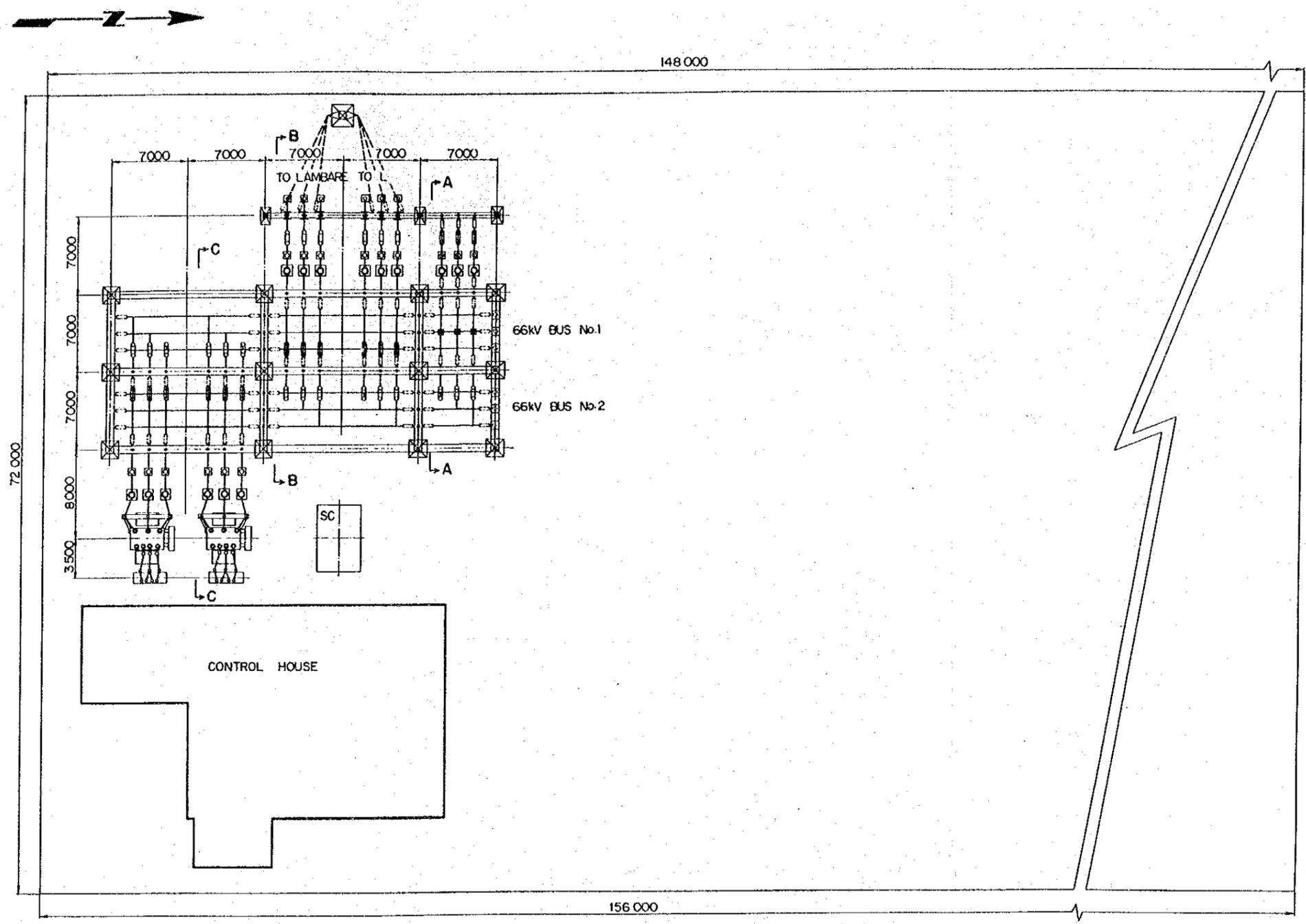


Symbol	Description
□	Circuit Breaker
⊠	Recloser
Ⓜ	Disconnecting Switch Motor Operation Type
⚡	Power Transformer
Ⓜ	Current Transformer
Ⓜ	Voltage Transformer
⚡	Lightning Arrester
Ⓜ	Relay
Ⓜ	Measuring Instrument
—▷—▷—	Power Cable and Cable Head
—○—	Fuse Switch

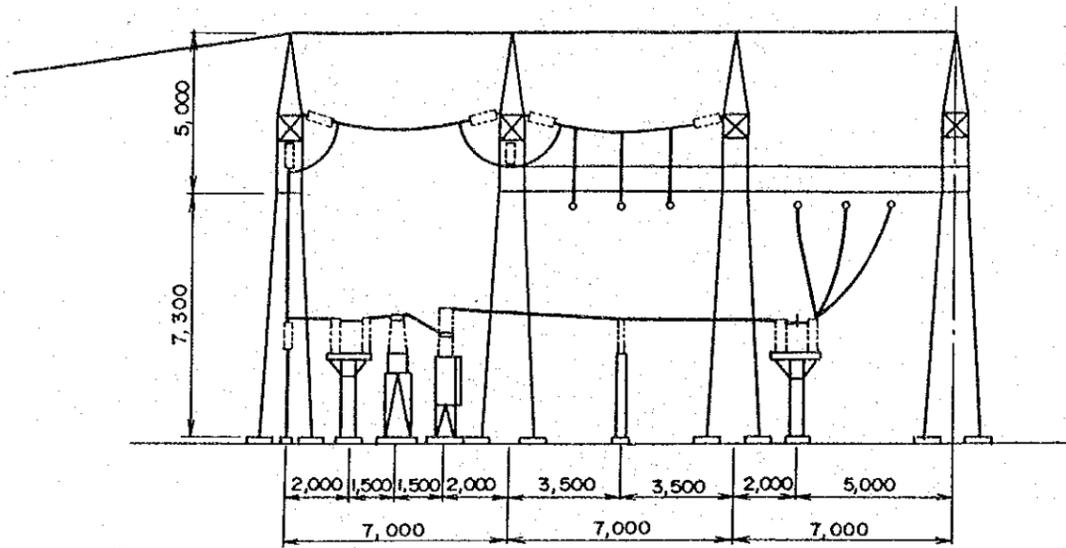
POWER DISTRIBUTION SYSTEM
IMPROVEMENT PROJECT
IN THE METROPOLITAN AREA

SINGLE LINE DIAGRAM
(E. SUBSTATION)

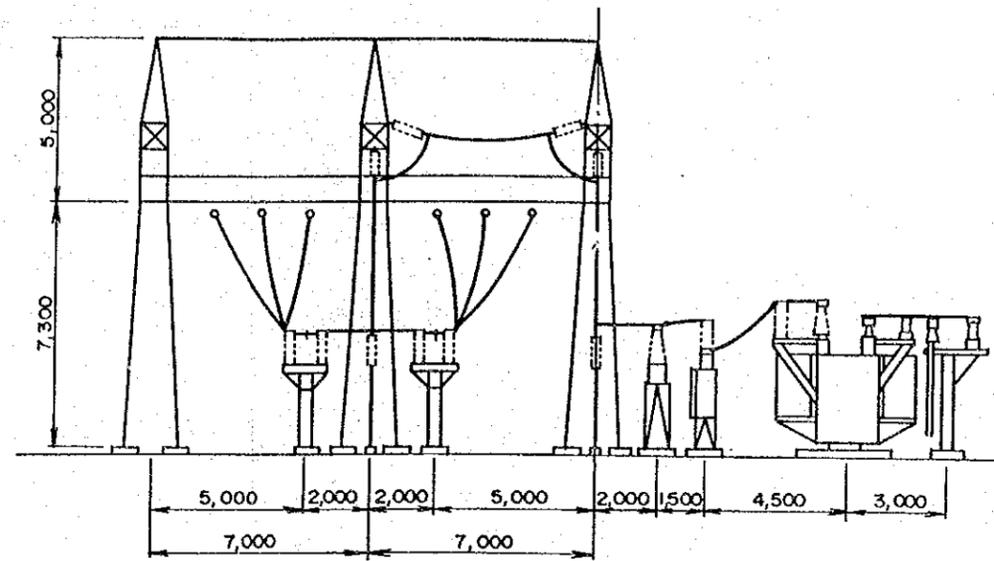
Fig. 7 - 19



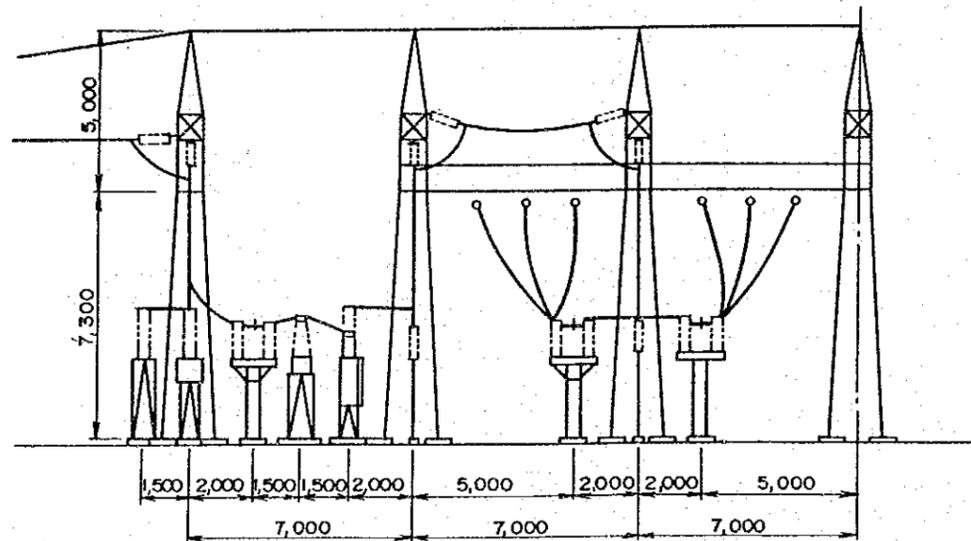
POWER DISTRIBUTION SYSTEM IMPROVEMENT PROJECT IN THE METROPOLITAN AREA	
GENERAL ARRANGEMENT PLAN (F. SUBSTATION)	
Fig.	7 - 20



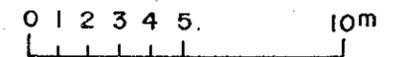
SECTION A - A



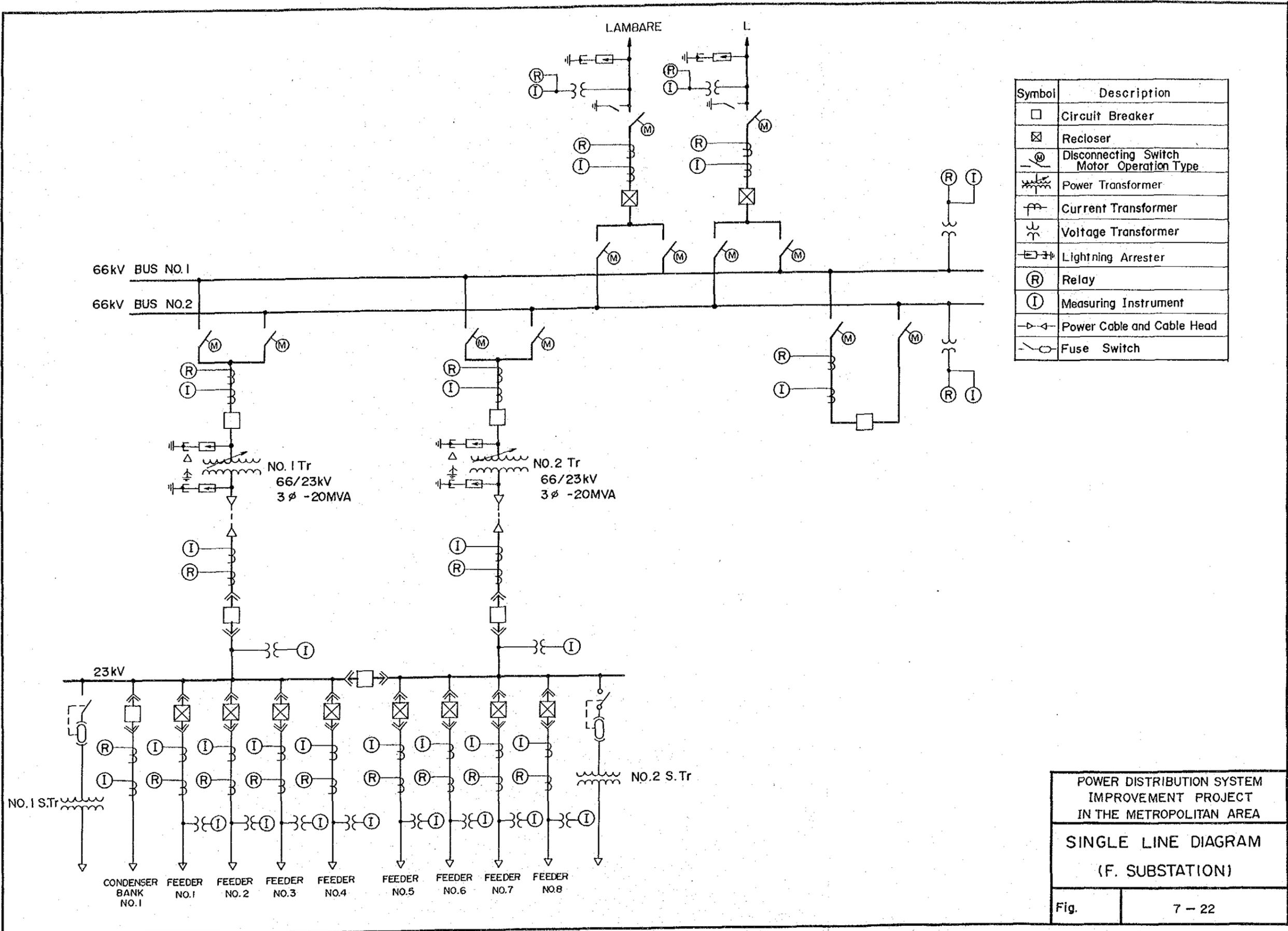
SECTION C - C



SECTION B - B



POWER DISTRIBUTION SYSTEM IMPROVEMENT PROJECT IN THE METROPOLITAN AREA	
GENERAL ARRANGEMENT SECTION (F. SUBSTATION)	
Fig.	7 - 21

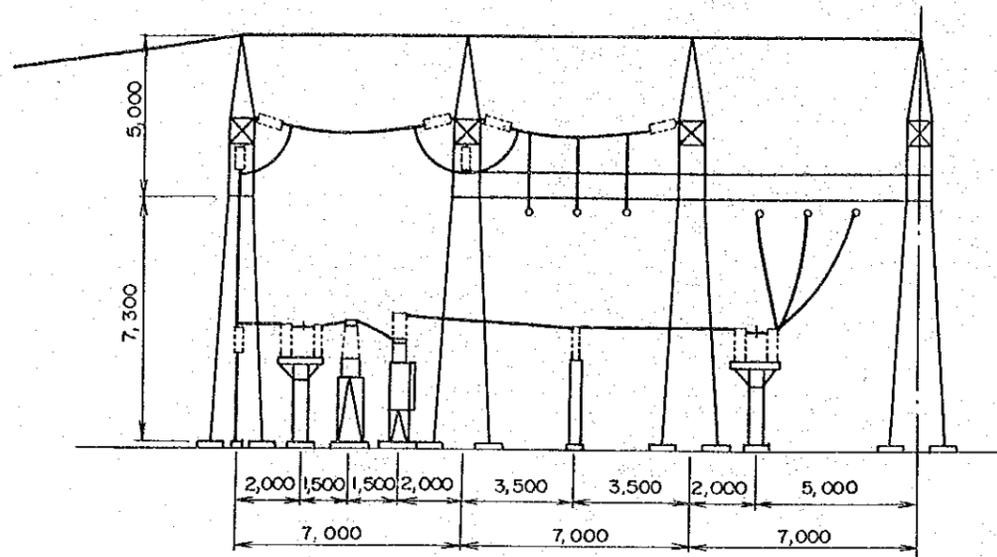


Symbol	Description
□	Circuit Breaker
⊠	Recloser
⊠/⊙	Disconnecting Switch Motor Operation Type
⌘	Power Transformer
⌘	Current Transformer
⌘	Voltage Transformer
⌘	Lightning Arrester
Ⓡ	Relay
Ⓢ	Measuring Instrument
⌘	Power Cable and Cable Head
⌘	Fuse Switch

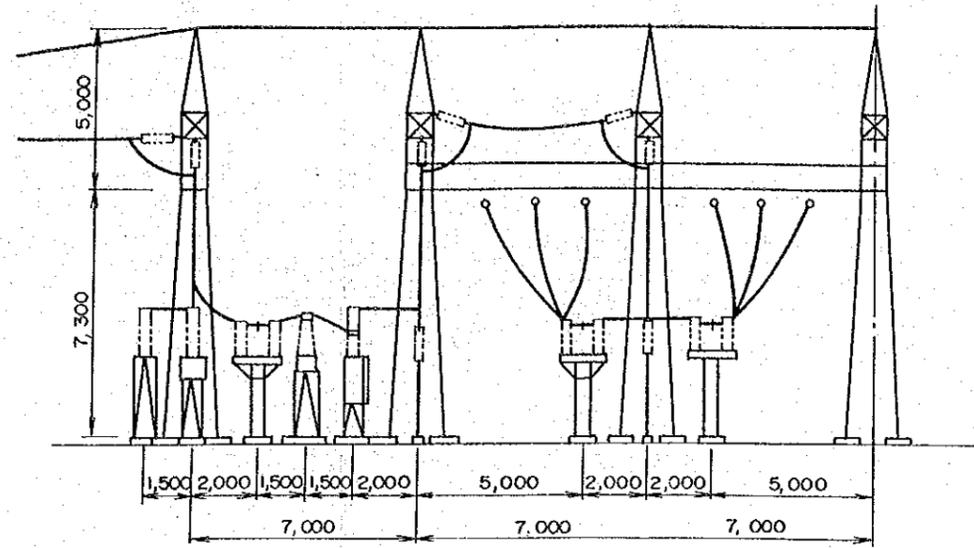
POWER DISTRIBUTION SYSTEM
IMPROVEMENT PROJECT
IN THE METROPOLITAN AREA

SINGLE LINE DIAGRAM
(F. SUBSTATION)

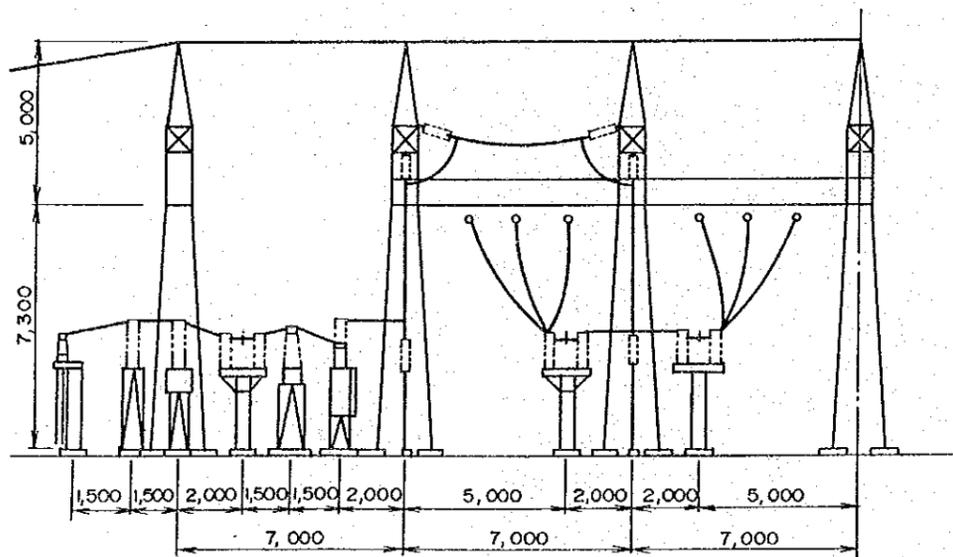
Fig. 7 - 22



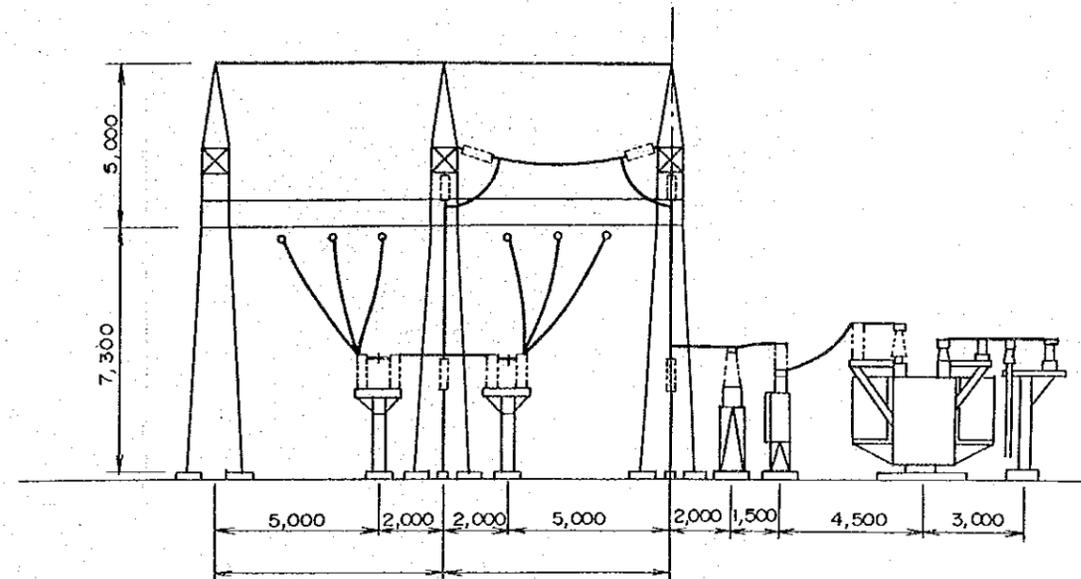
SECTION A - A



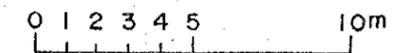
SECTION C - C



SECTION B - B



SECTION D - D

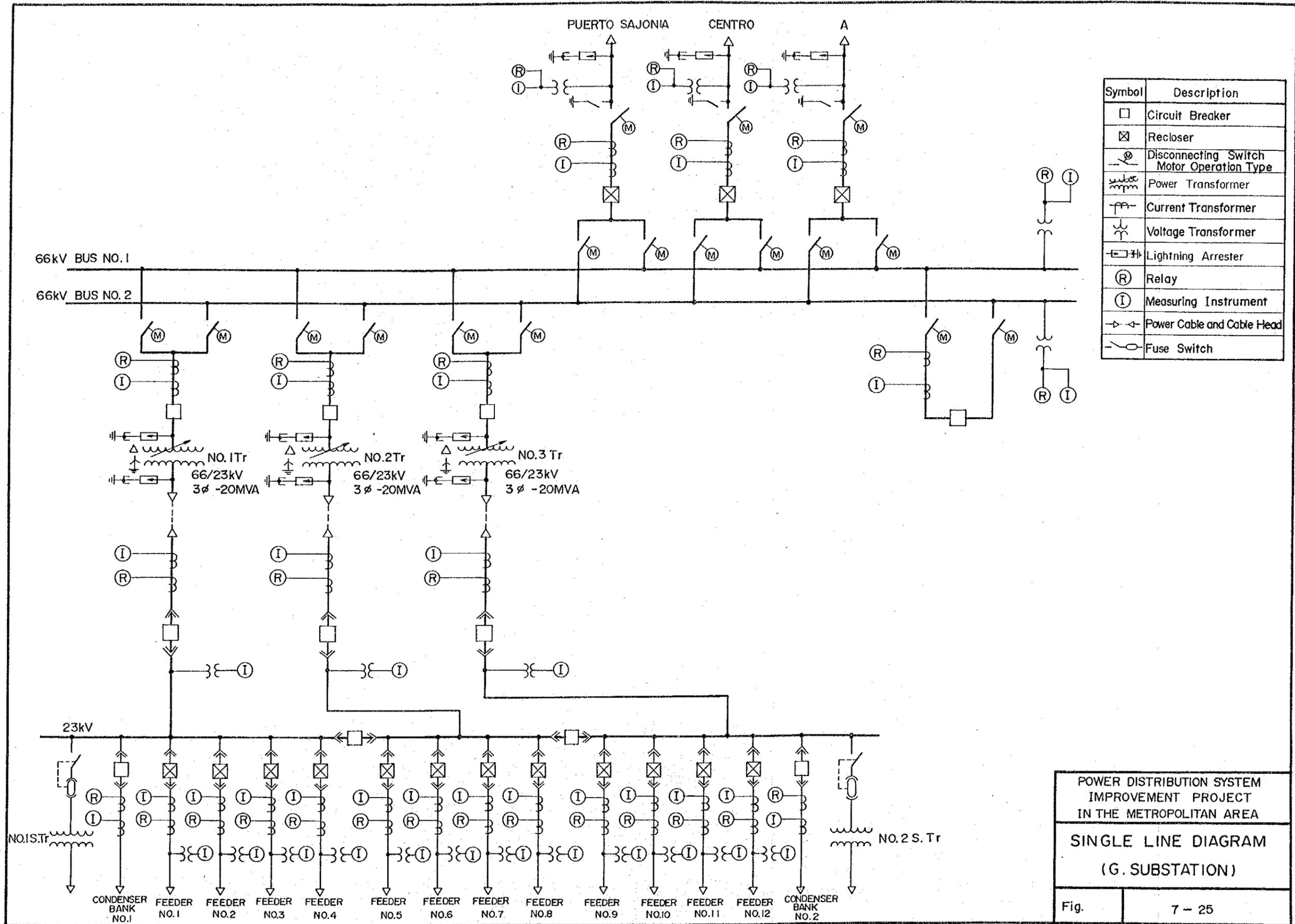


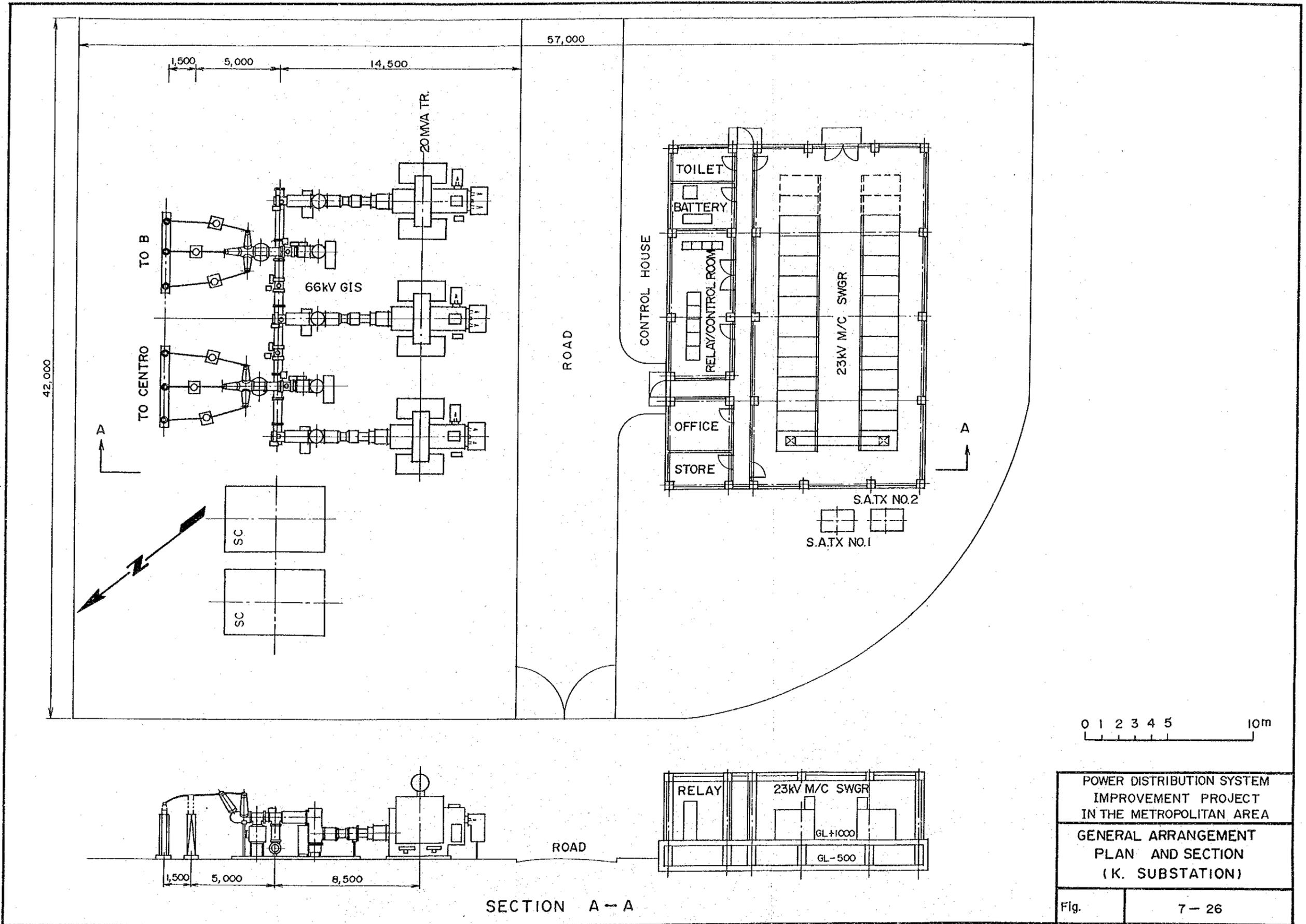
POWER DISTRIBUTION SYSTEM
IMPROVEMENT PROJECT
IN THE METROPOLITAN AREA

GENERAL ARRANGEMENT SECTION
(G. SUBSTATION)

Fig.

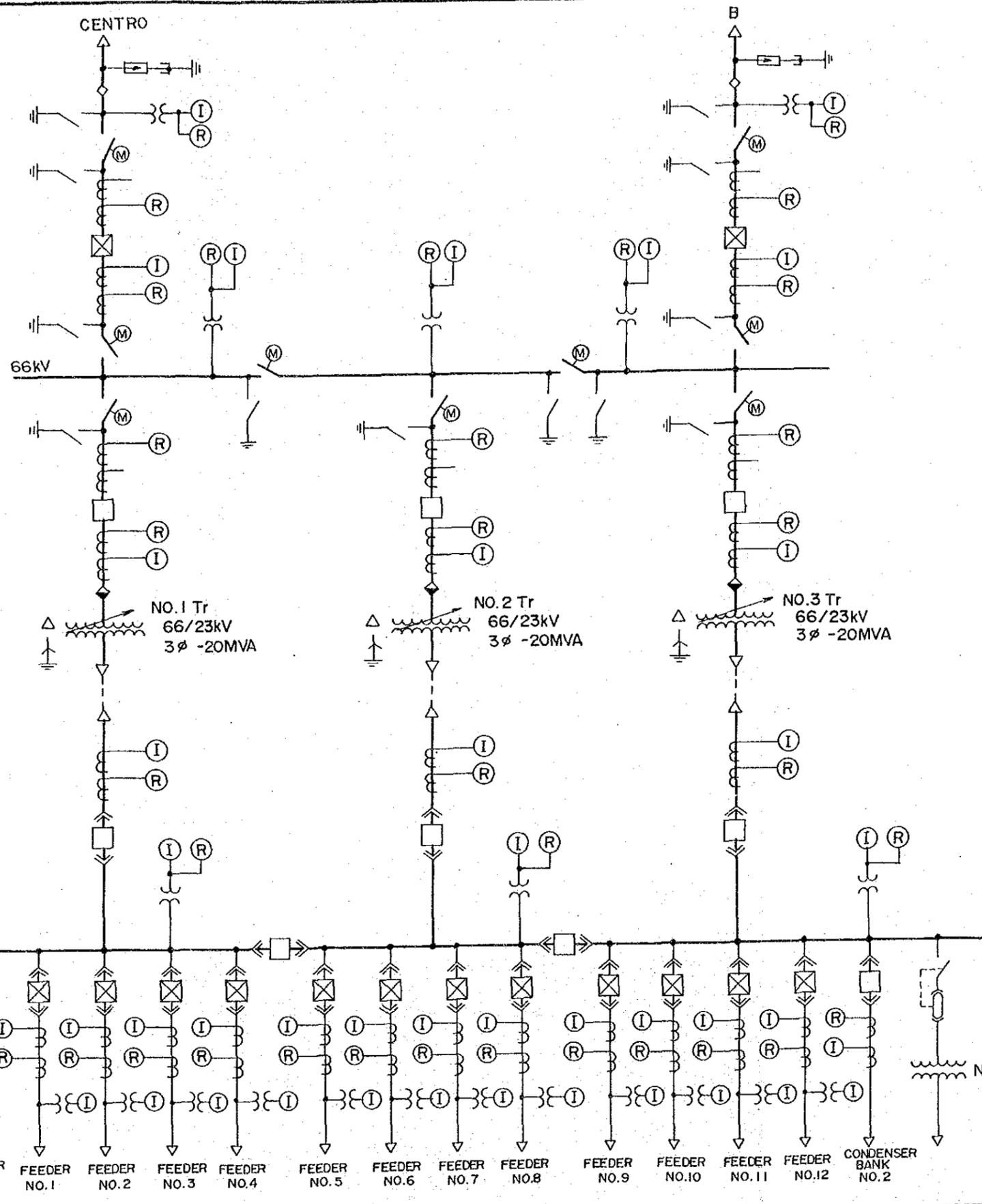
7 - 24





POWER DISTRIBUTION SYSTEM
IMPROVEMENT PROJECT
IN THE METROPOLITAN AREA
GENERAL ARRANGEMENT
PLAN AND SECTION
(K. SUBSTATION)

Fig. 7 - 26

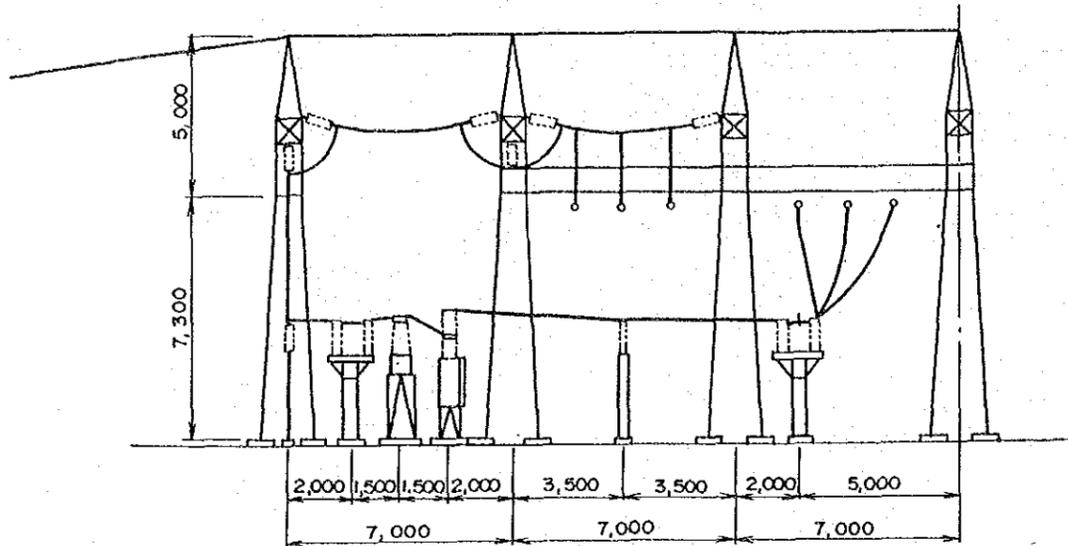


Symbol	Description
□	Circuit Breaker
⊠	Recloser
Ⓜ	Disconnecting Switch Motor Operation Type
⚡	Power Transformer
Ⓜ	Current Transformer
Ⓜ	Voltage Transformer
⚡	Lightning Arrester
Ⓜ	Relay
Ⓜ	Measuring Instrument
⚡	Power Cable and Cable Head
⚡	Power Fuse Switch
⚡	Earthing Switch

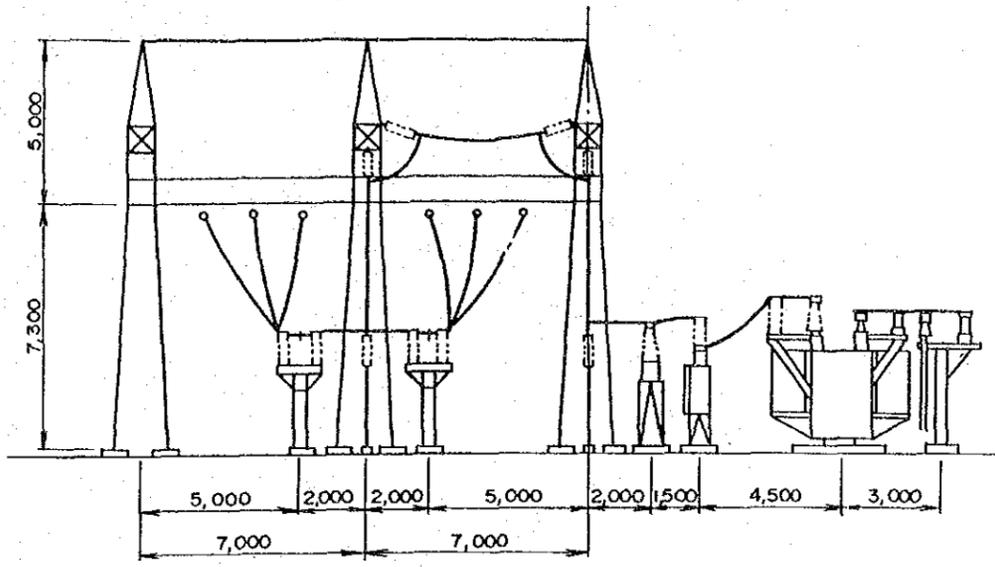
POWER DISTRIBUTION SYSTEM
IMPROVEMENT PROJECT
IN THE METROPOLITAN AREA

SINGLE LINE DIAGRAM
(K. SUBSTATION)

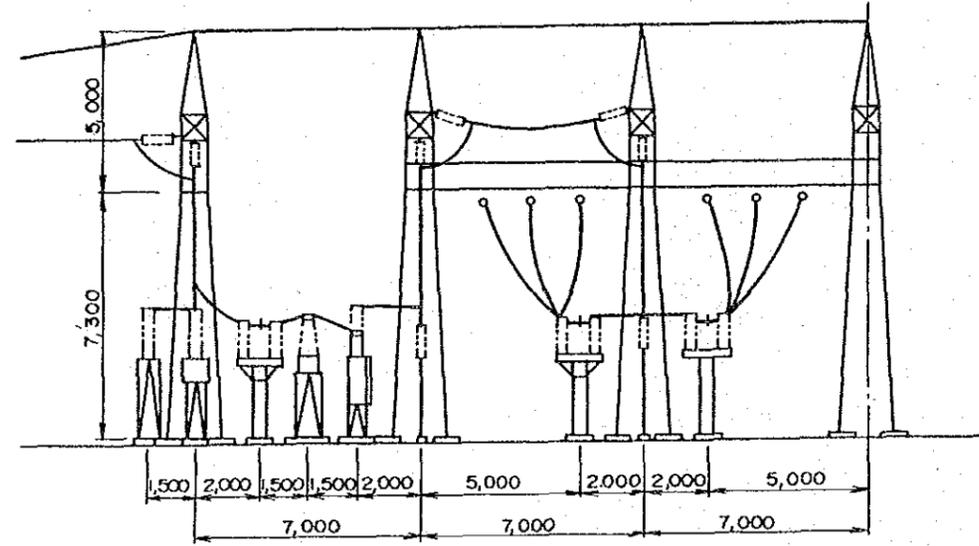
Fig. 7 - 27



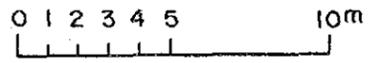
SECTION A - A



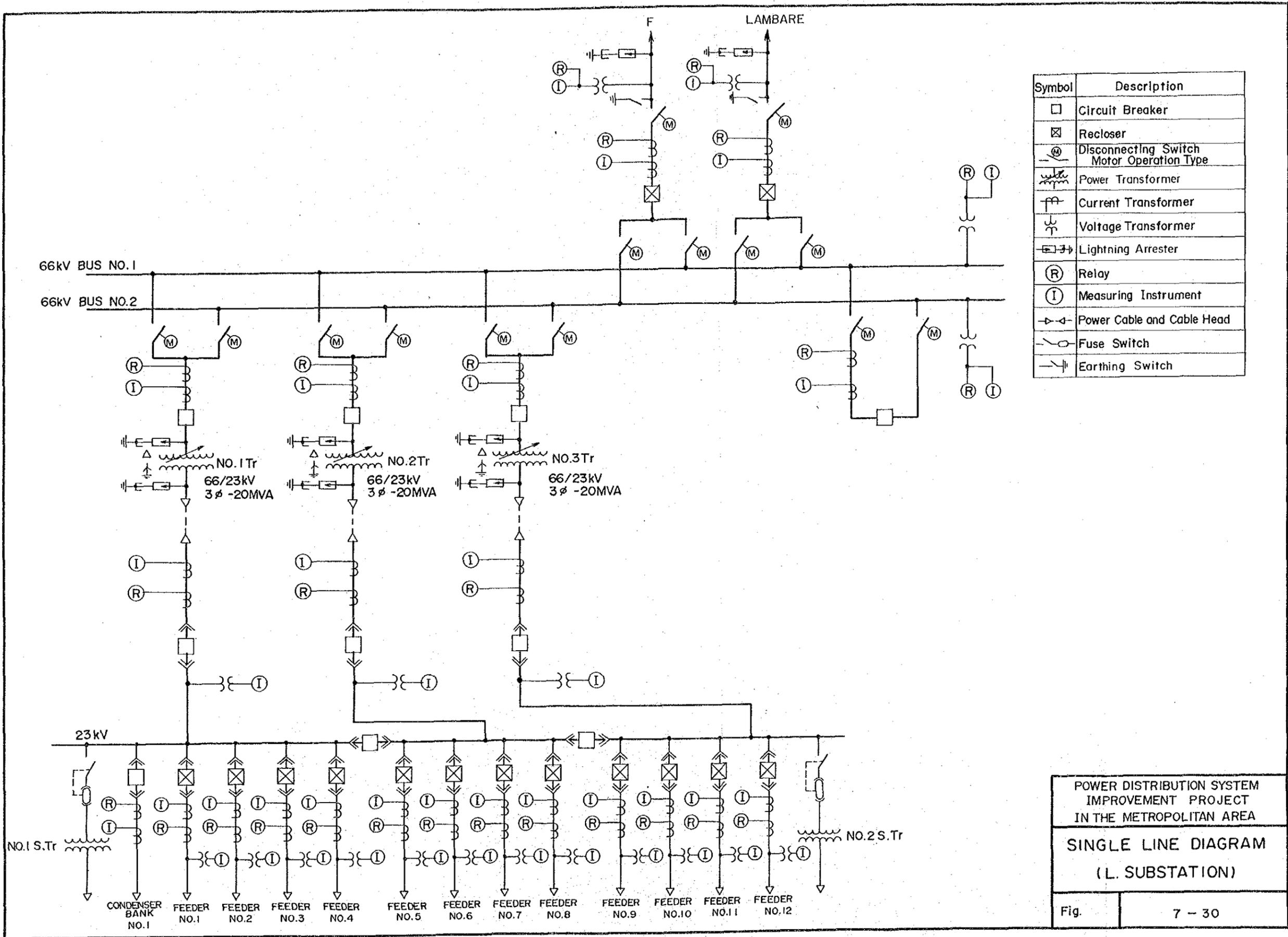
SECTION C - C

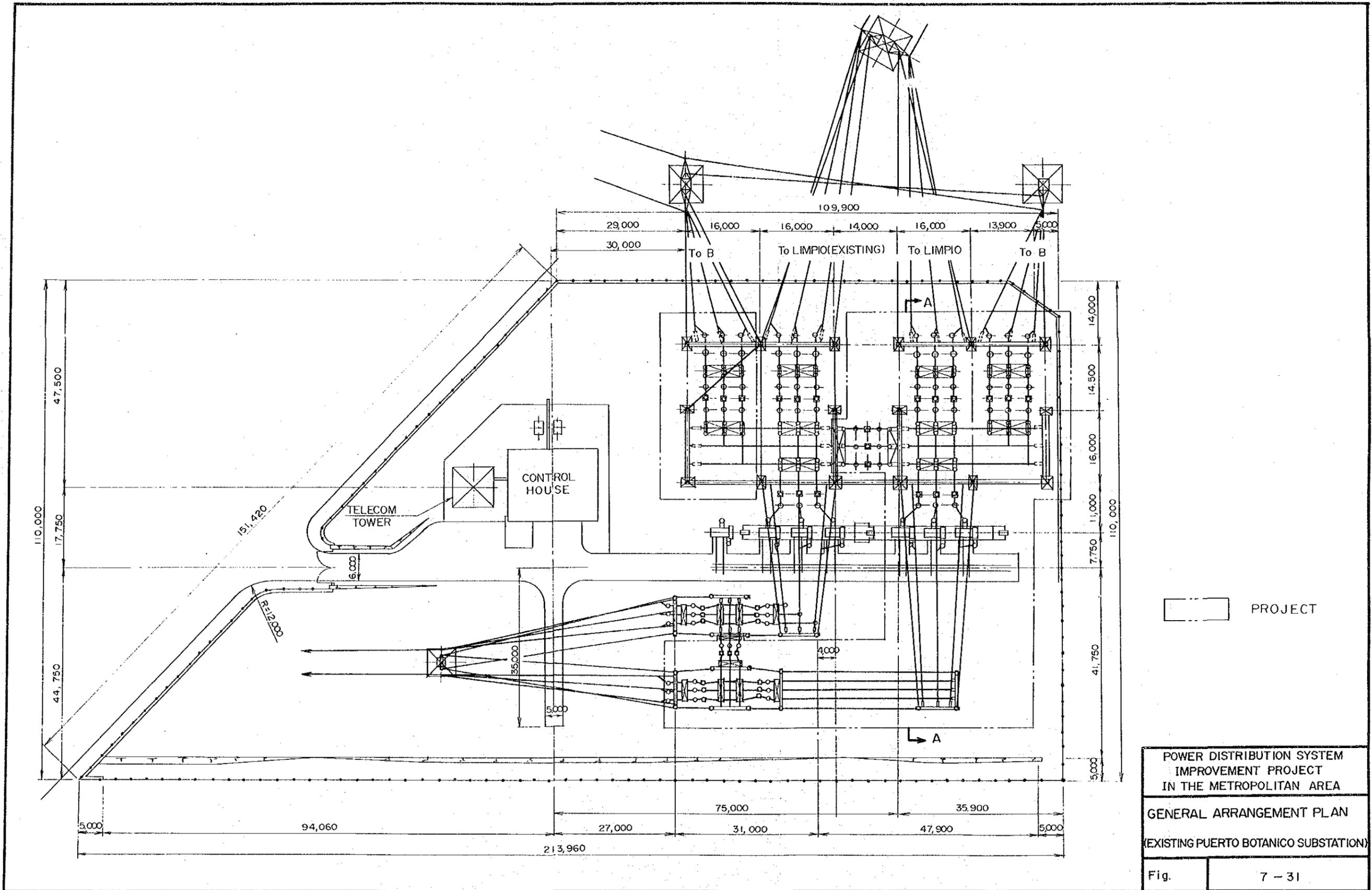


SECTION B - B



POWER DISTRIBUTION SYSTEM IMPROVEMENT PROJECT IN THE METROPOLITAN AREA	
GENERAL ARRANGEMENT SECTION (L. SUBSTATION)	
Fig.	7-29

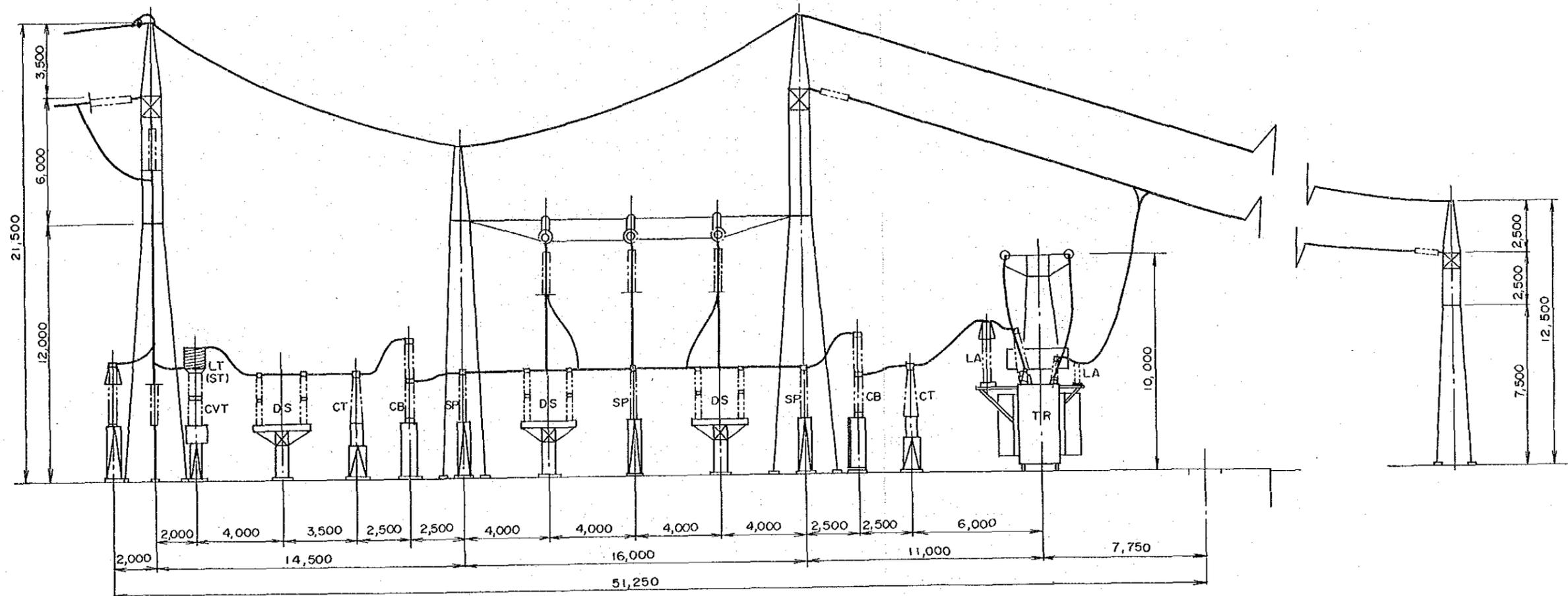




PROJECT

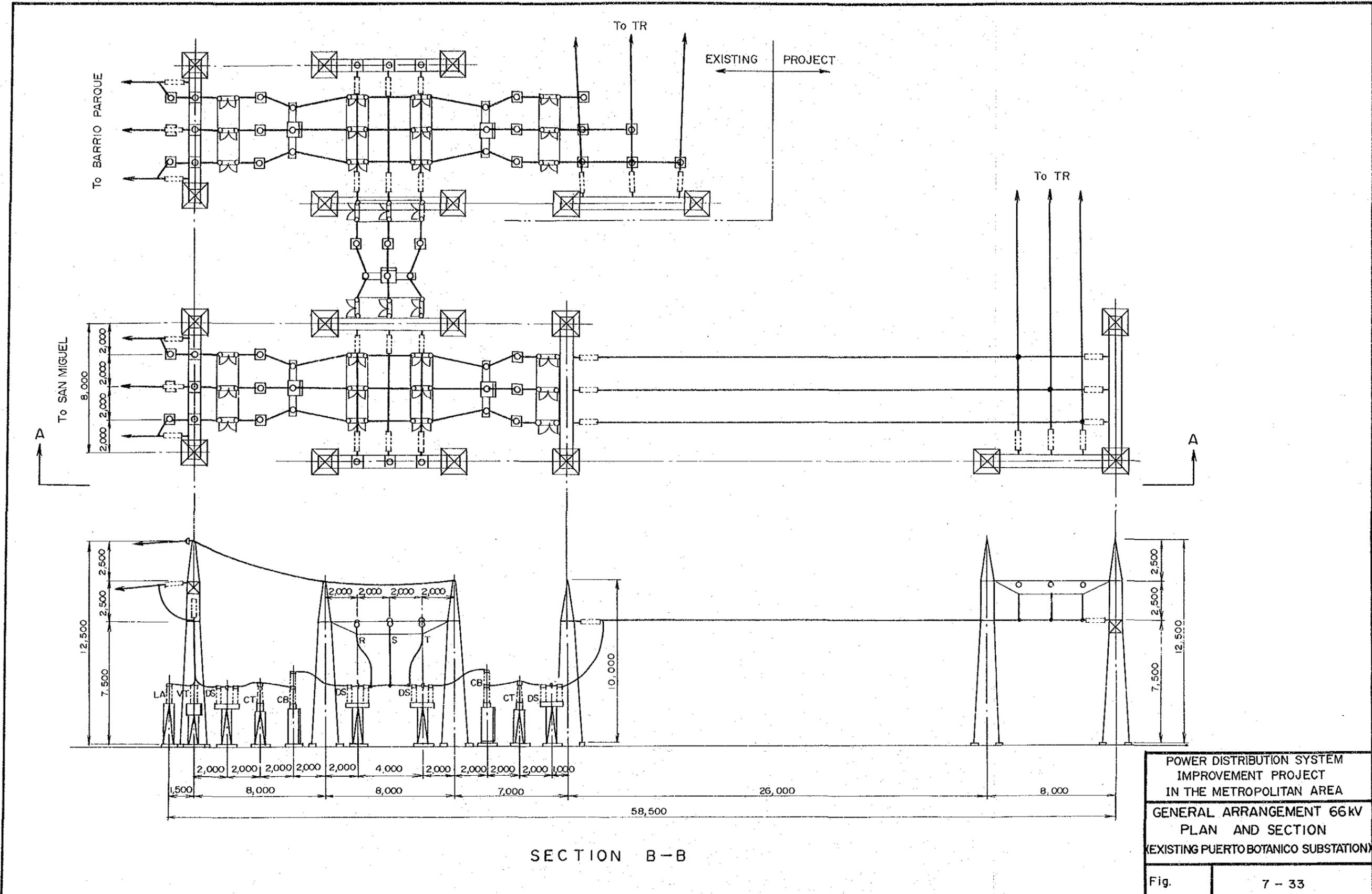
POWER DISTRIBUTION SYSTEM
IMPROVEMENT PROJECT
IN THE METROPOLITAN AREA
GENERAL ARRANGEMENT PLAN
(EXISTING PUERTO BOTANICO SUBSTATION)

Fig. 7 - 31



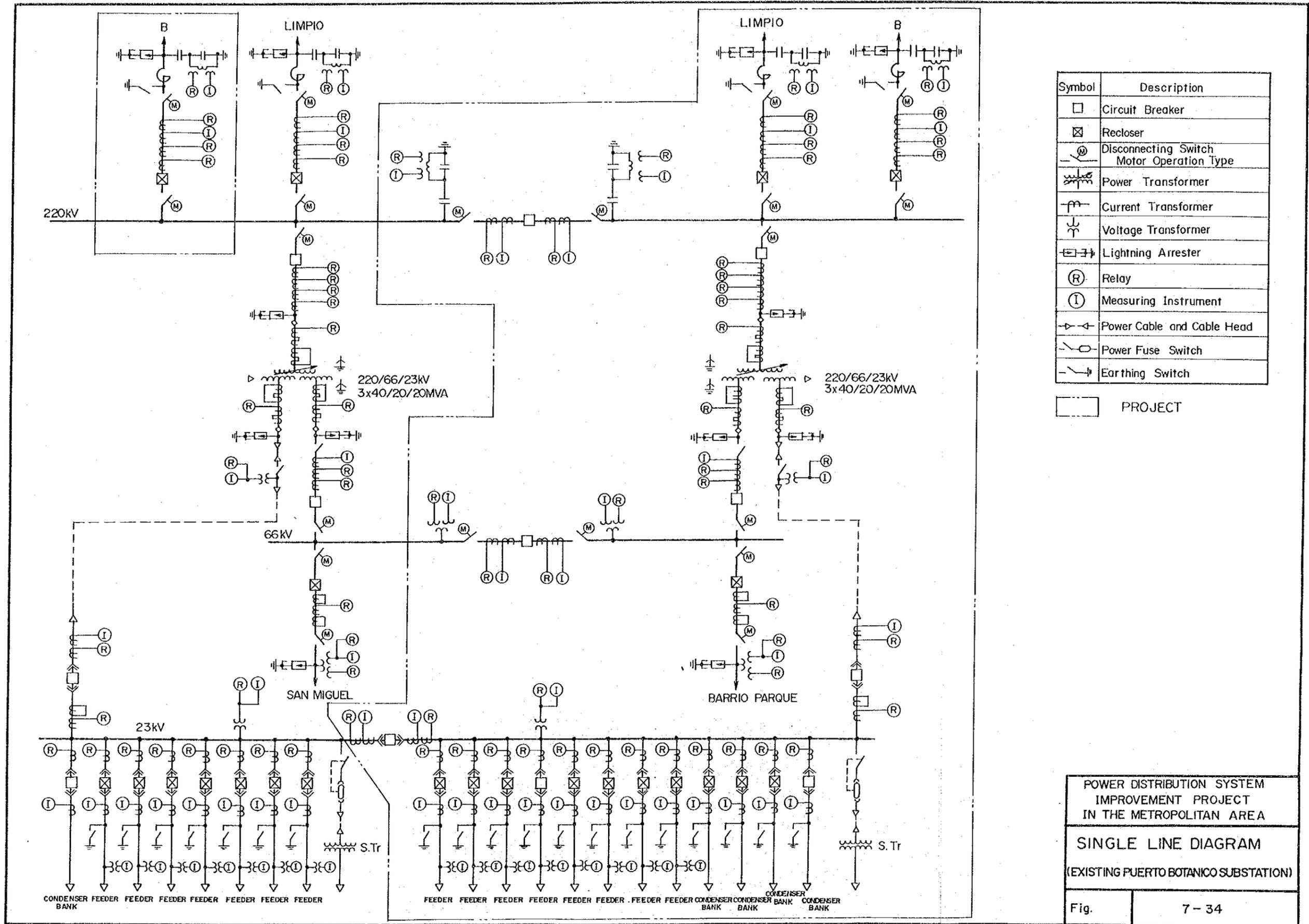
SECTION A - A

POWER DISTRIBUTION SYSTEM IMPROVEMENT PROJECT IN THE METROPOLITAN AREA	
GENERAL ARRANGEMENT 220kV SECTION	
(EXISTING PUERTO BOTANICO SUBSTATION)	
Fig.	7 - 32



POWER DISTRIBUTION SYSTEM
 IMPROVEMENT PROJECT
 IN THE METROPOLITAN AREA
 GENERAL ARRANGEMENT 66 kV
 PLAN AND SECTION
 (EXISTING PUERTO BOTANICO SUBSTATION)

Fig. 7 - 33



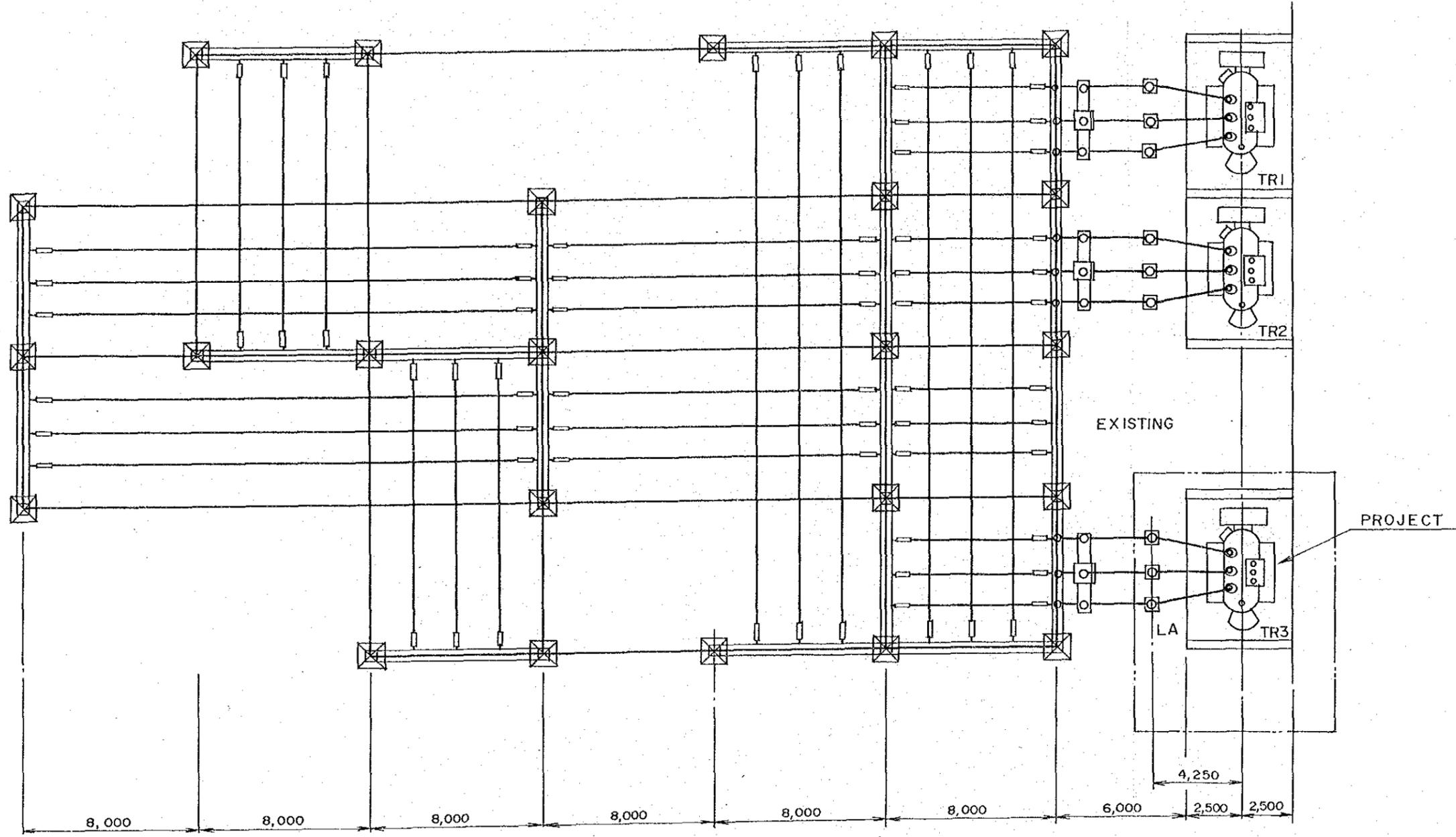
Symbol	Description
□	Circuit Breaker
⊠	Recloser
⊗	Disconnecting Switch Motor Operation Type
⚡	Power Transformer
⏏	Current Transformer
⏚	Voltage Transformer
⚡	Lightning Arrester
Ⓜ	Relay
Ⓜ	Measuring Instrument
↔	Power Cable and Cable Head
⏏	Power Fuse Switch
⏚	Earthing Switch

PROJECT

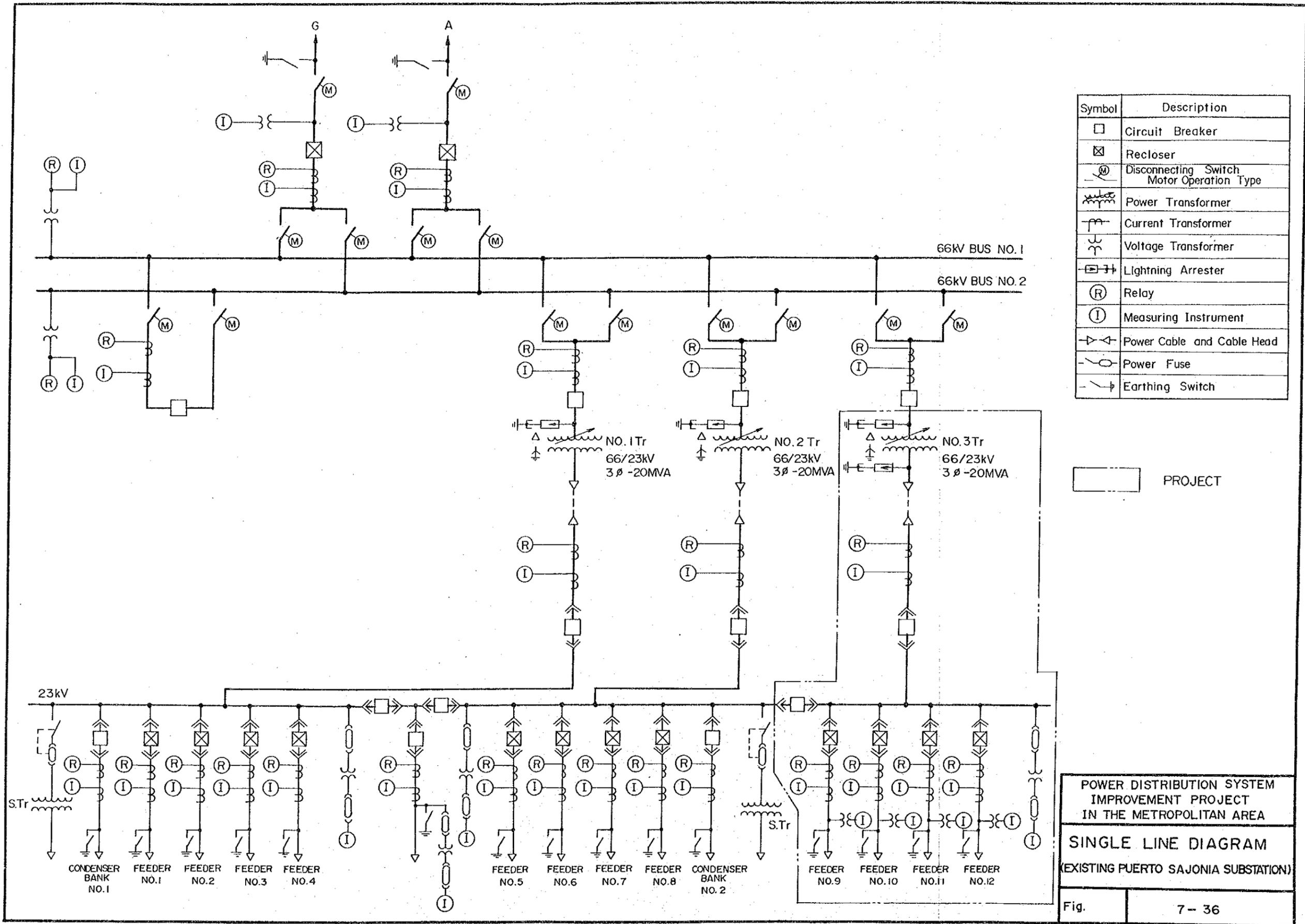
POWER DISTRIBUTION SYSTEM
IMPROVEMENT PROJECT
IN THE METROPOLITAN AREA

SINGLE LINE DIAGRAM
(EXISTING PUERTO BOTANICO SUBSTATION)

Fig. 7-34



POWER DISTRIBUTION SYSTEM IMPROVEMENT PROJECT IN THE METROPOLITAN AREA	
GENERAL ARRANGEMENT PLAN (EXISTING PUERTO SAJONIA SUBSTATION)	
Fig.	7 - 35

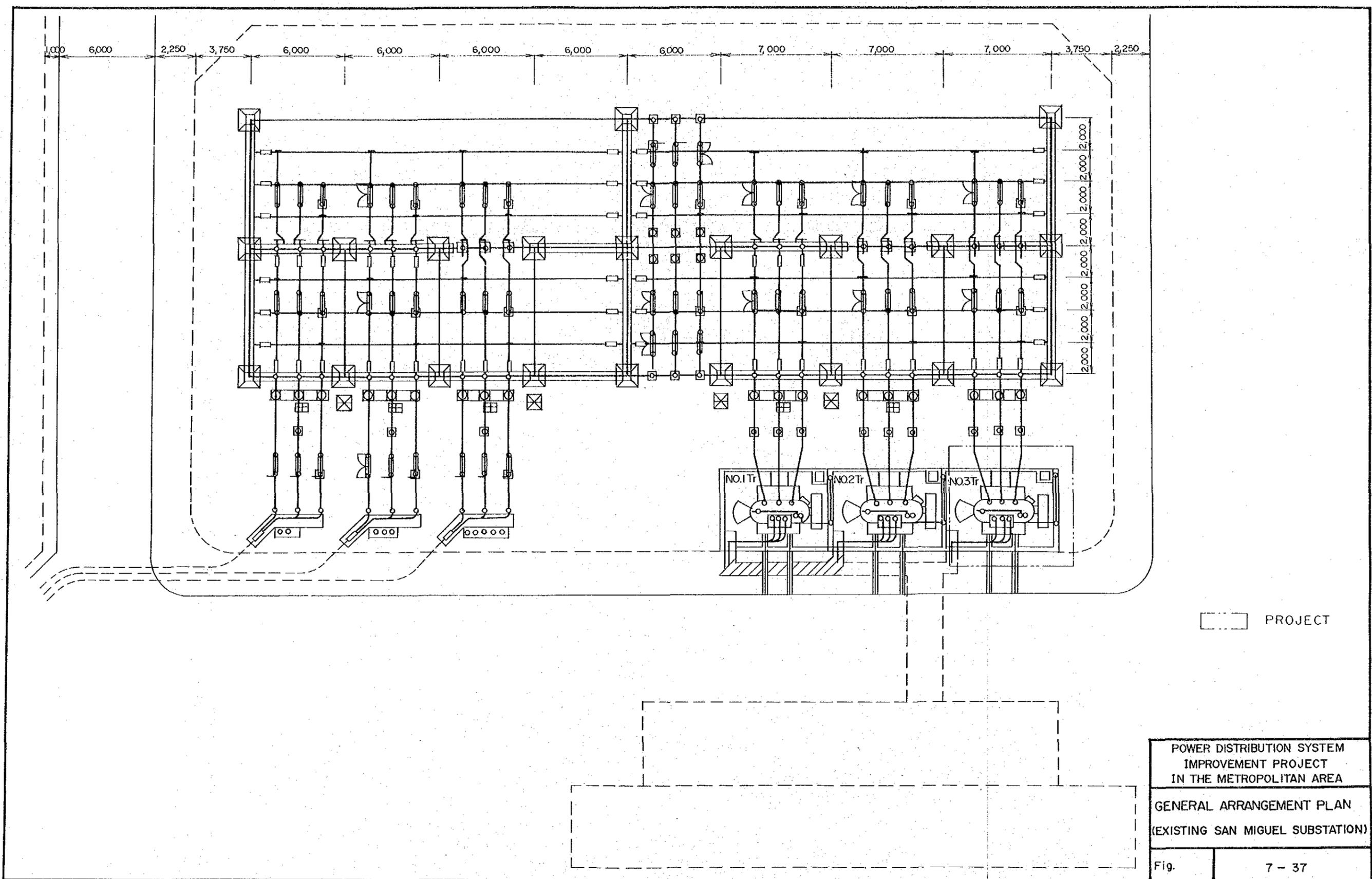


Symbol	Description
□	Circuit Breaker
⊠	Recloser
Ⓜ	Disconnecting Switch Motor Operation Type
⚡	Power Transformer
Ⓜ	Current Transformer
Ⓜ	Voltage Transformer
⚡	Lightning Arrester
Ⓜ	Relay
Ⓜ	Measuring Instrument
⚡	Power Cable and Cable Head
⚡	Power Fuse
⚡	Earthing Switch

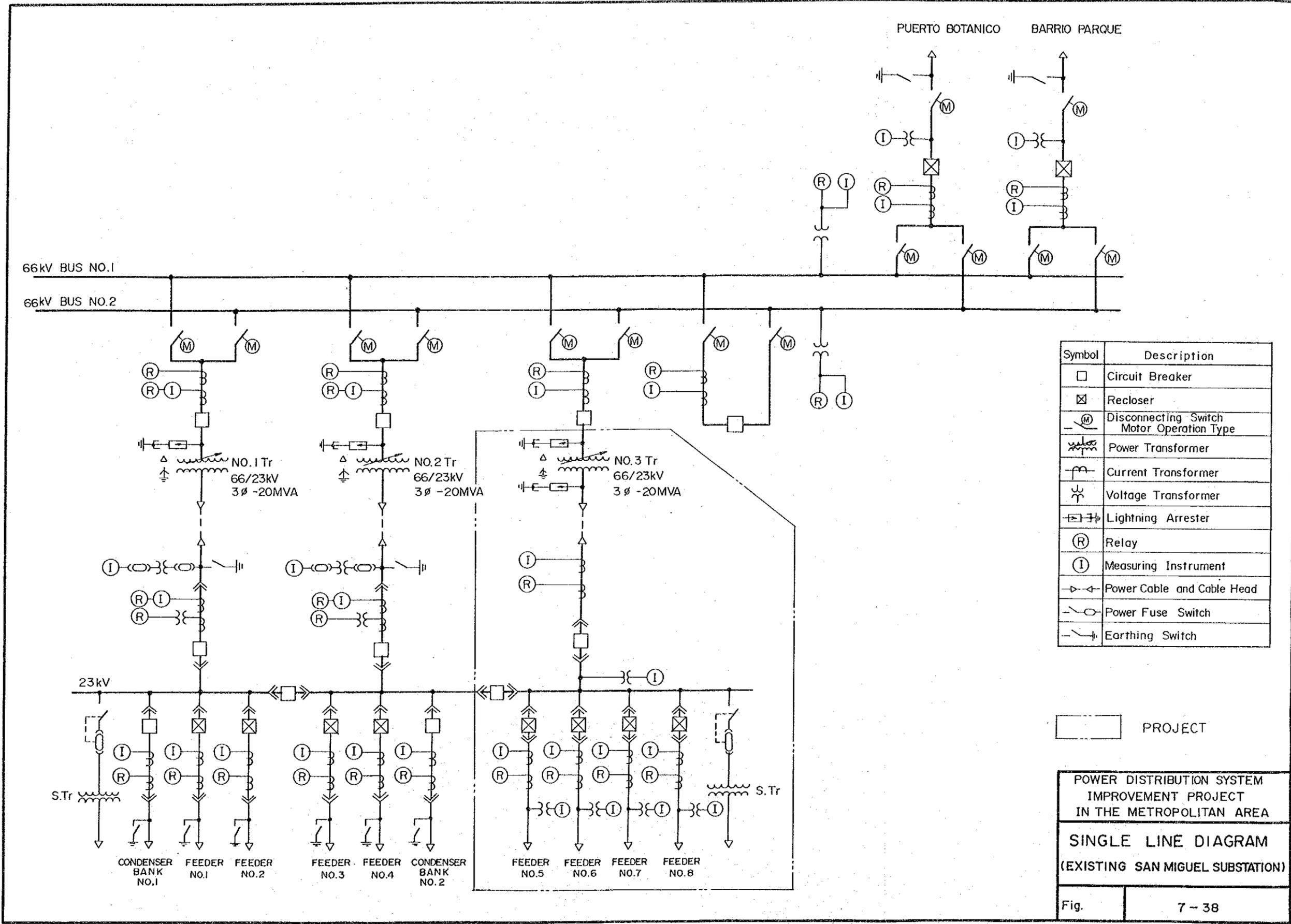
PROJECT

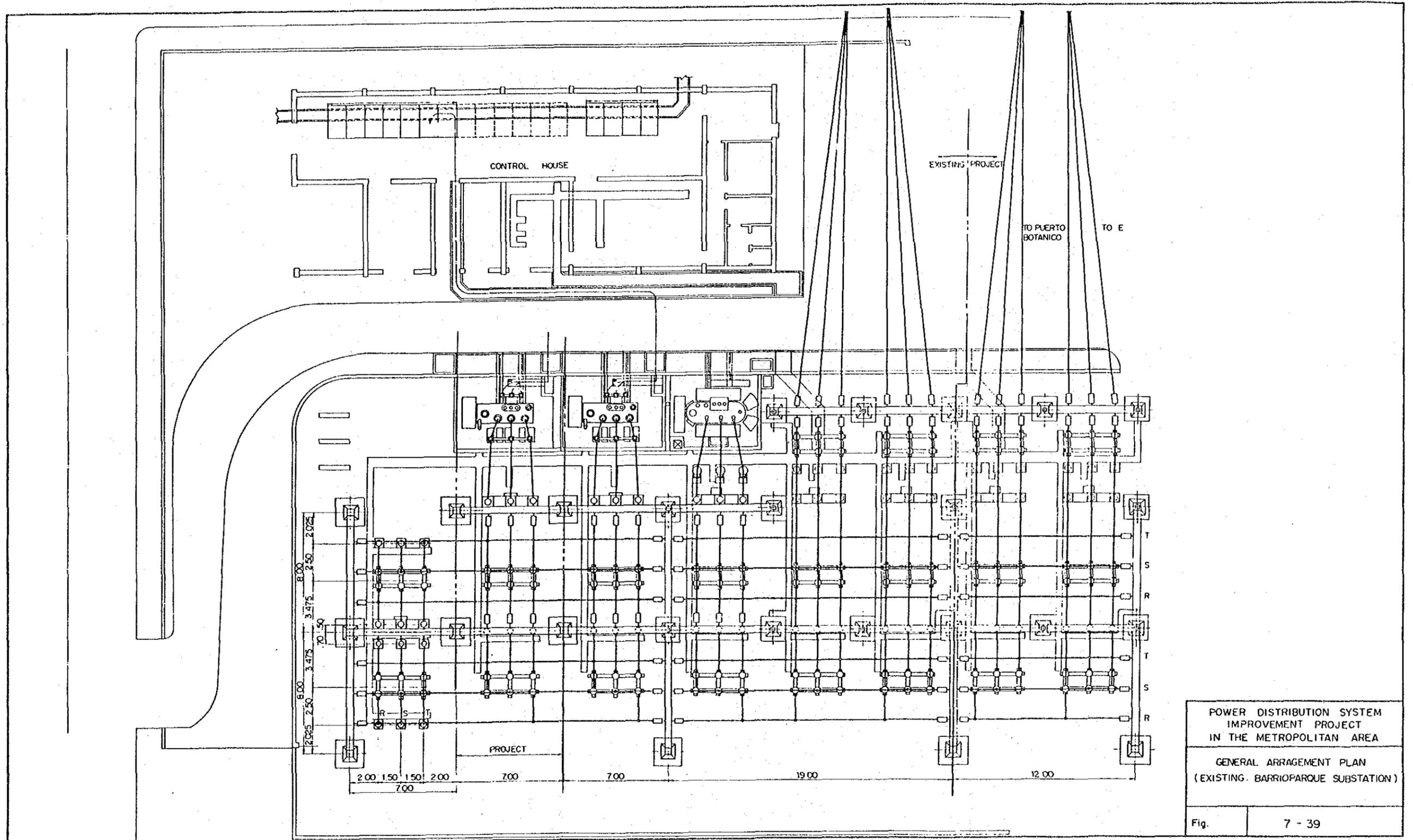
POWER DISTRIBUTION SYSTEM
IMPROVEMENT PROJECT
IN THE METROPOLITAN AREA
SINGLE LINE DIAGRAM
(EXISTING PUERTO SAJONIA SUBSTATION)

Fig. 7-36



POWER DISTRIBUTION SYSTEM IMPROVEMENT PROJECT IN THE METROPOLITAN AREA	
GENERAL ARRANGEMENT PLAN (EXISTING SAN MIGUEL SUBSTATION)	
Fig.	7 - 37

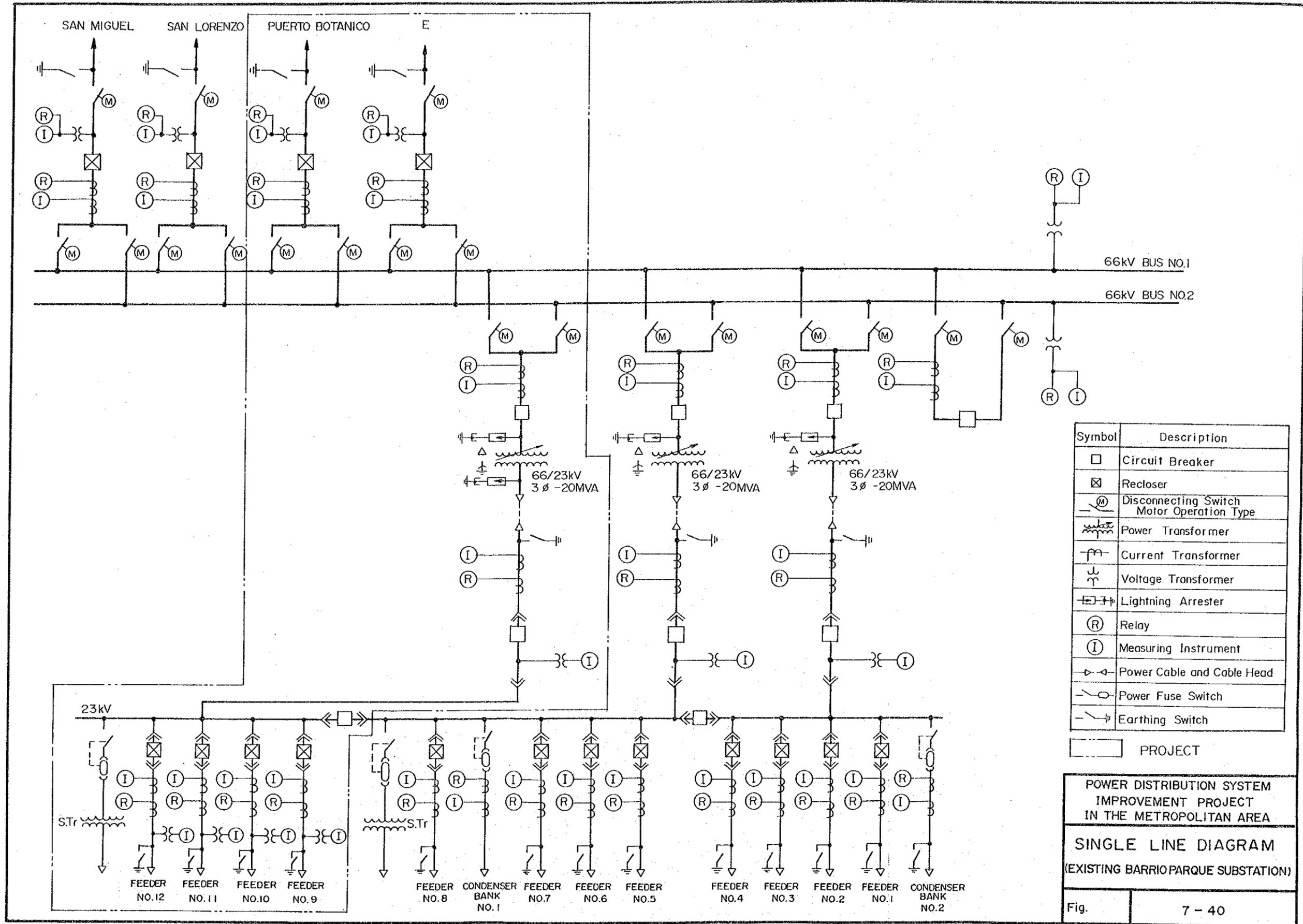




POWER DISTRIBUTION SYSTEM
IMPROVEMENT PROJECT
IN THE METROPOLITAN AREA

GENERAL ARRAGEMENT PLAN
(EXISTING BARRIOPARQUE SUBSTATION)

Fig. 7 - 39



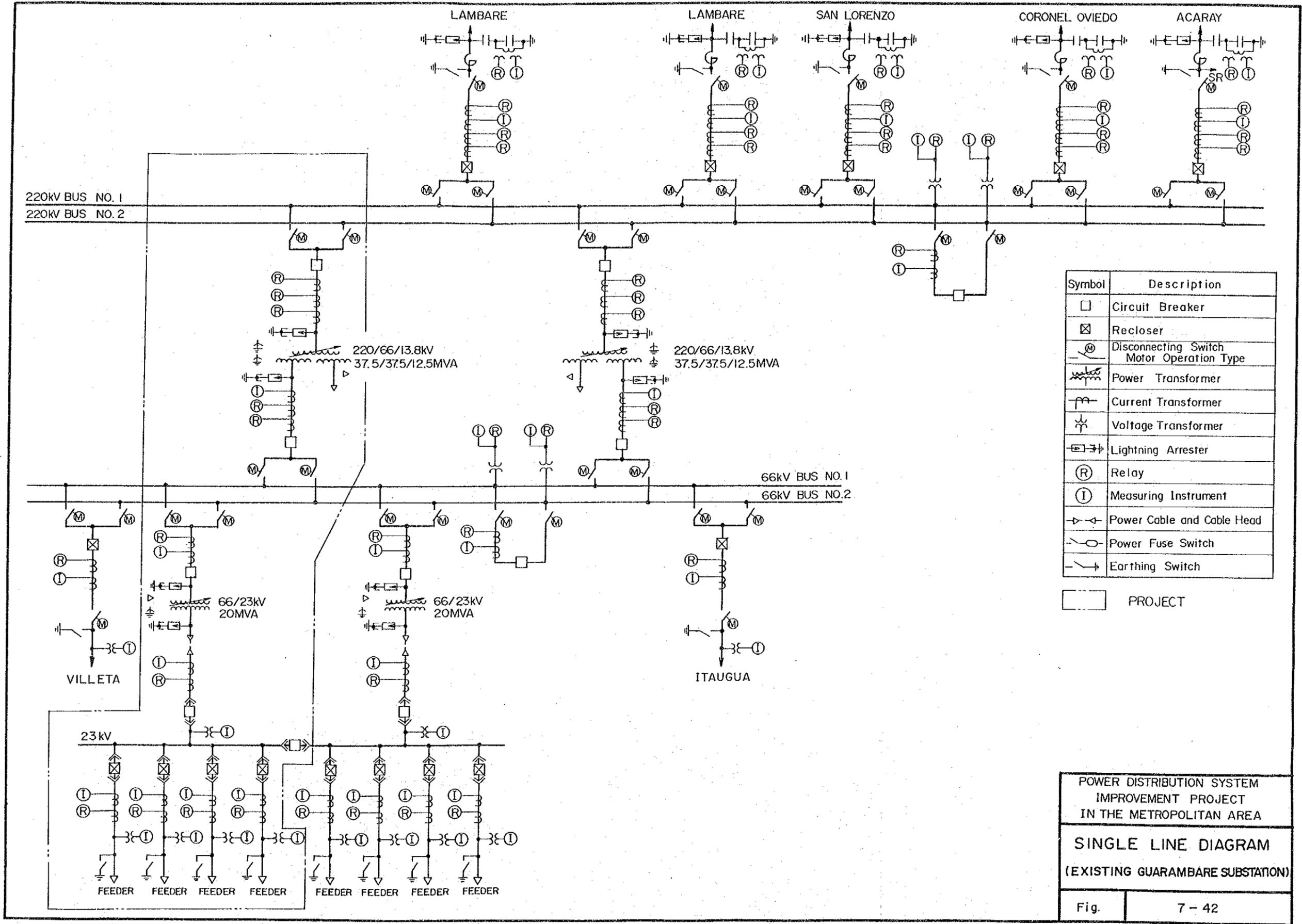
Symbol	Description
□	Circuit Breaker
⊠	Recloser
Ⓜ	Disconnecting Switch Motor Operation Type
⚡	Power Transformer
Ⓜ	Current Transformer
Ⓜ	Voltage Transformer
⚡	Lightning Arrester
Ⓜ	Relay
Ⓜ	Measuring Instrument
⚡	Power Cable and Cable Head
⚡	Power Fuse Switch
⚡	Earthing Switch

PROJECT

POWER DISTRIBUTION SYSTEM
IMPROVEMENT PROJECT
IN THE METROPOLITAN AREA

SINGLE LINE DIAGRAM
(EXISTING BARRIO PARQUE SUBSTATION)

Fig. 7-40



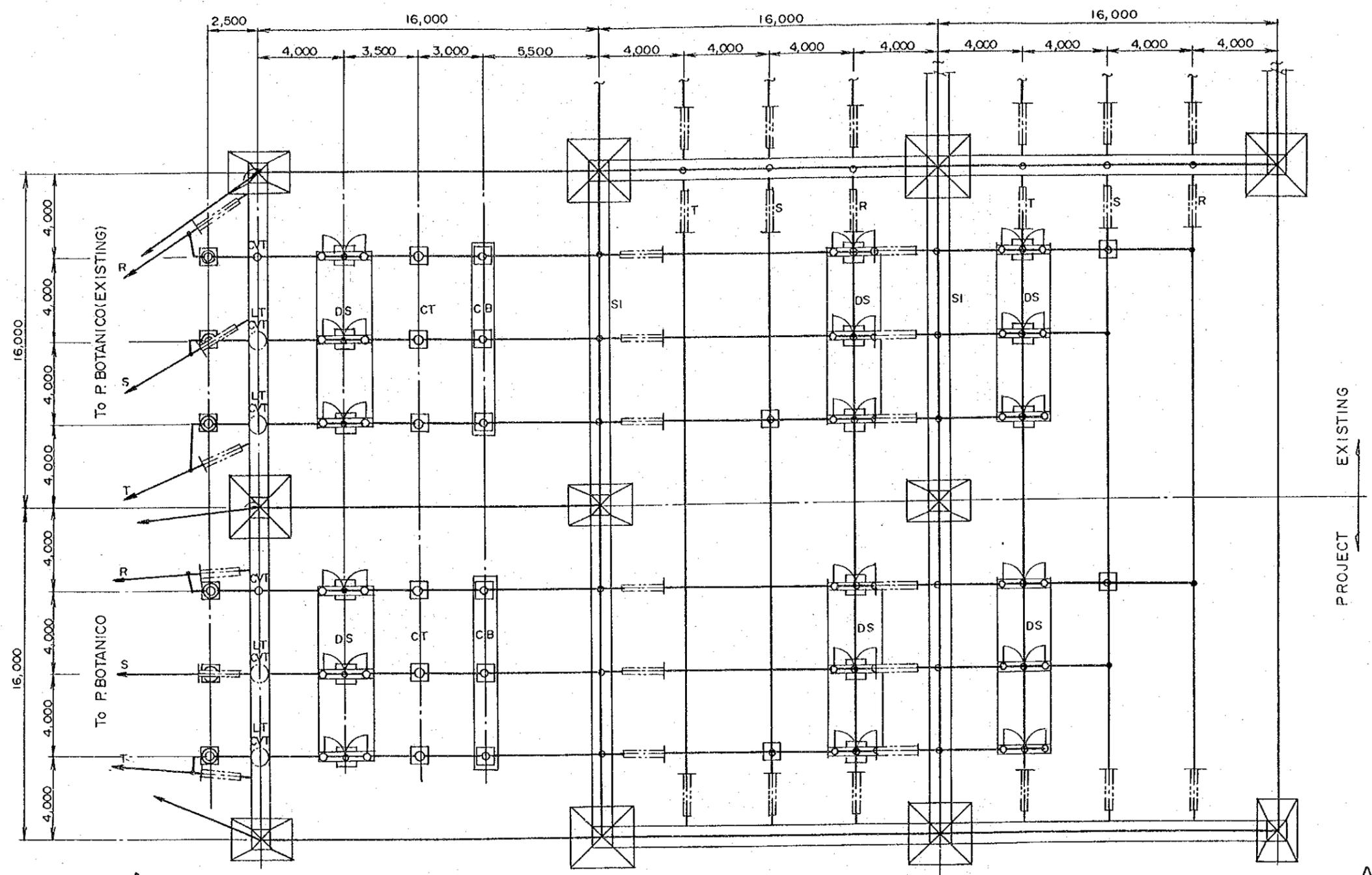
Symbol	Description
□	Circuit Breaker
⊠	Recloser
Ⓜ	Disconnecting Switch Motor Operation Type
⚡	Power Transformer
Ⓜ	Current Transformer
Ⓜ	Voltage Transformer
⚡	Lightning Arrester
Ⓜ	Relay
Ⓜ	Measuring Instrument
⚡	Power Cable and Cable Head
Ⓜ	Power Fuse Switch
⚡	Earthing Switch

PROJECT

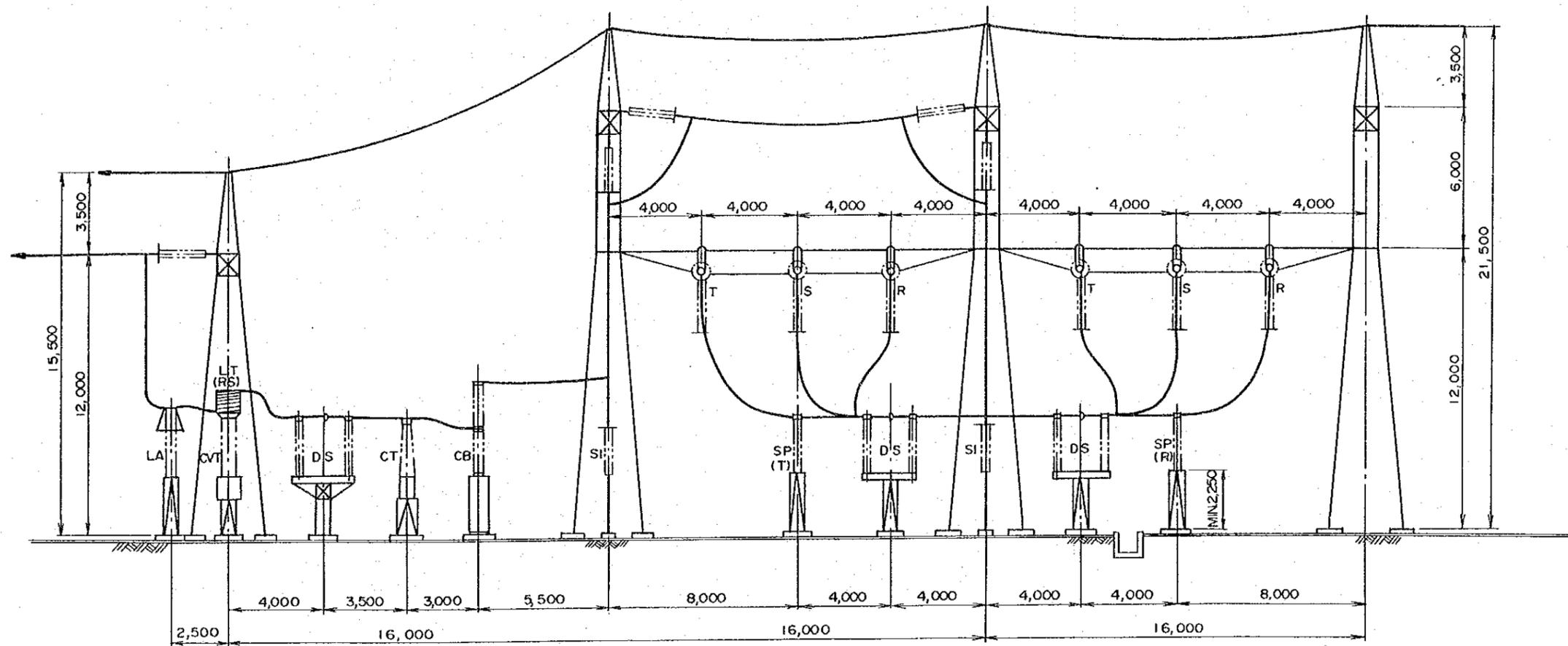
POWER DISTRIBUTION SYSTEM
IMPROVEMENT PROJECT
IN THE METROPOLITAN AREA

SINGLE LINE DIAGRAM
(EXISTING GUARAMBARE SUBSTATION)

Fig. 7 - 42

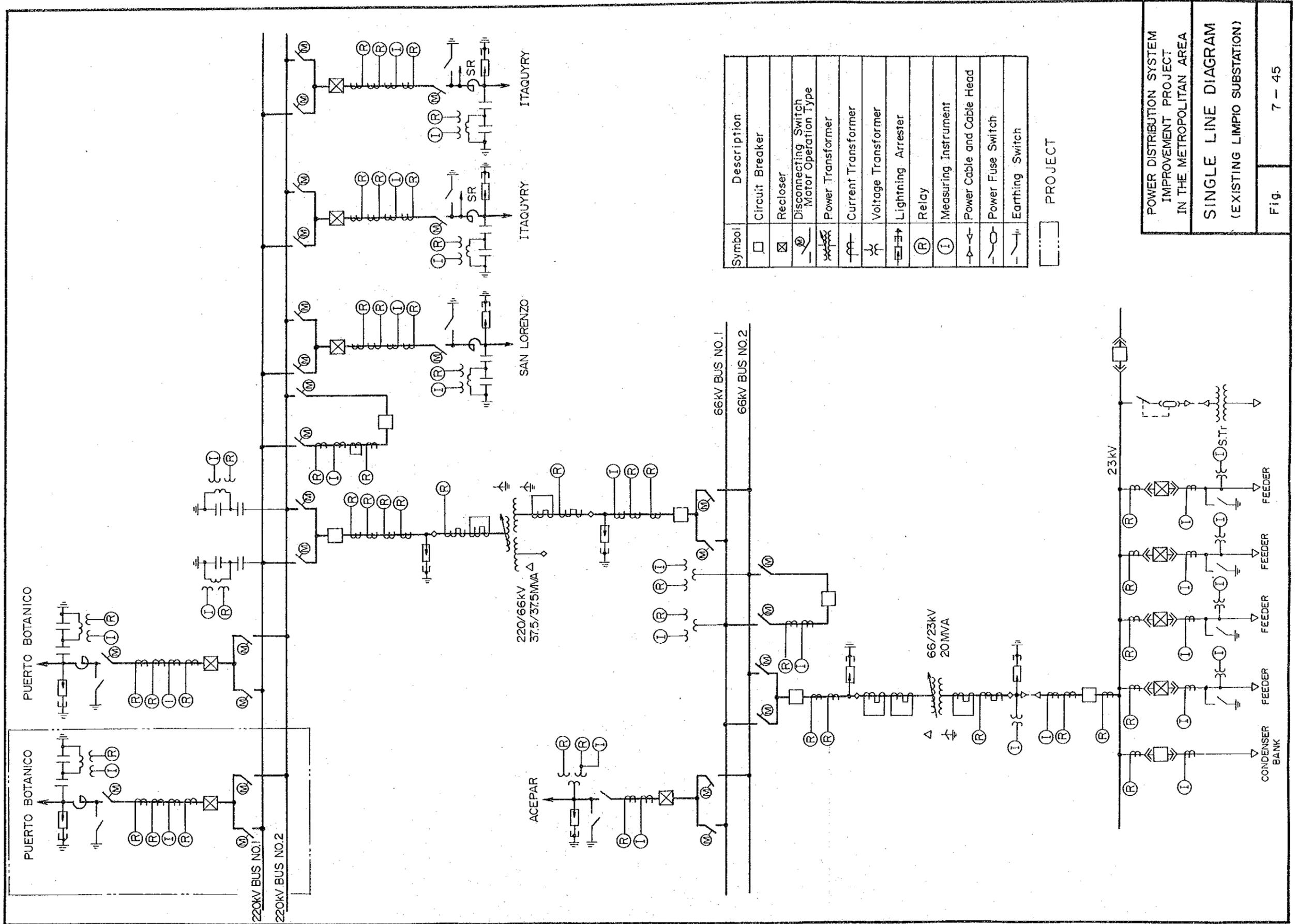


POWER DISTRIBUTION SYSTEM IMPROVEMENT PROJECT IN THE METROPOLITAN AREA	
GENERAL ARRANGEMENT PLAN (EXISTING LIMPIO SUBSTATION)	
Fig.	7 - 43



SECTION A - A

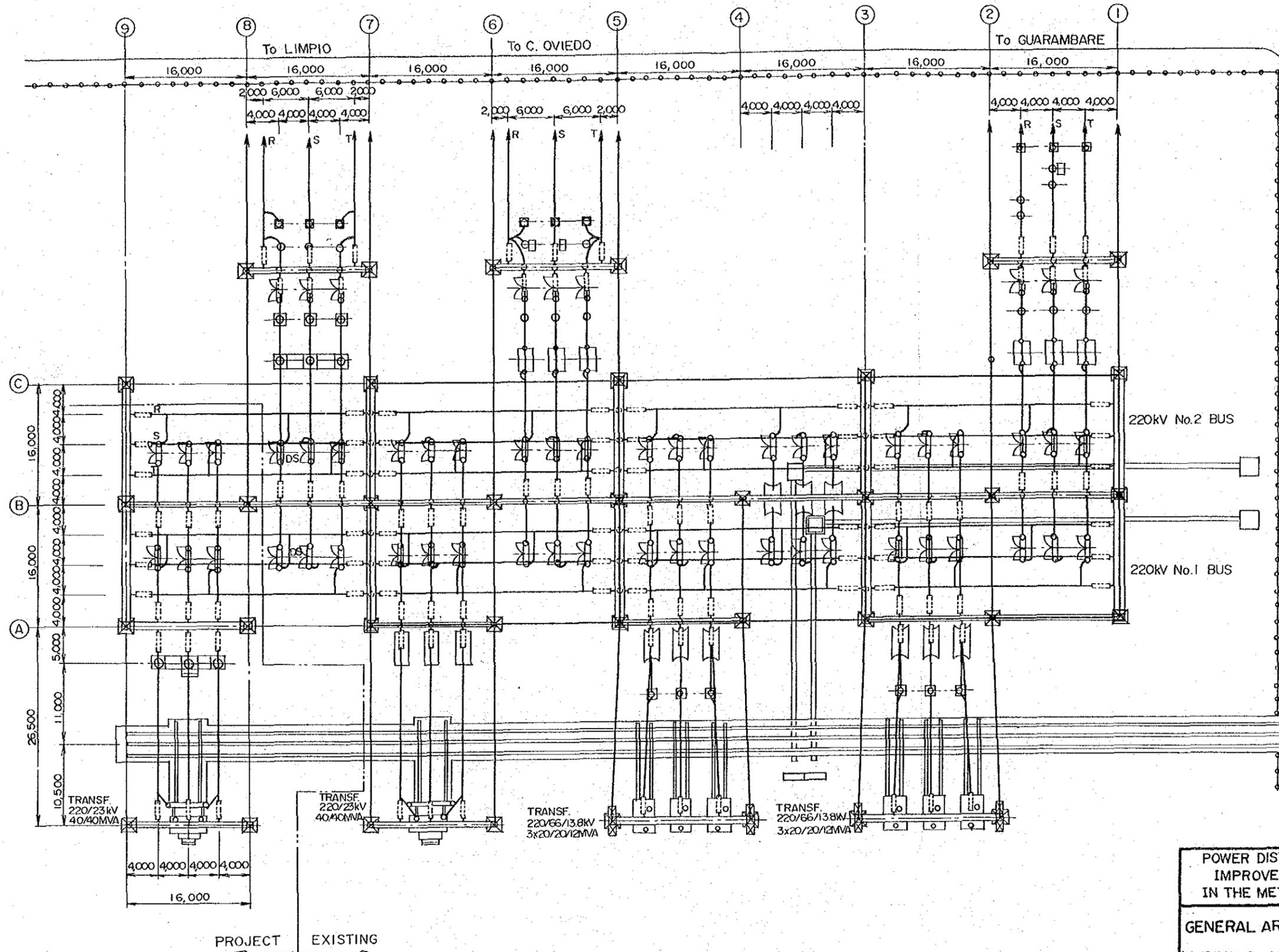
POWER DISTRIBUTION SYSTEM IMPROVEMENT PROJECT IN THE METROPOLITAN AREA	
GENERAL ARRANGEMENT SECTION (EXISTING LIMPIO SUBSTATION)	
Fig.	7 - 44



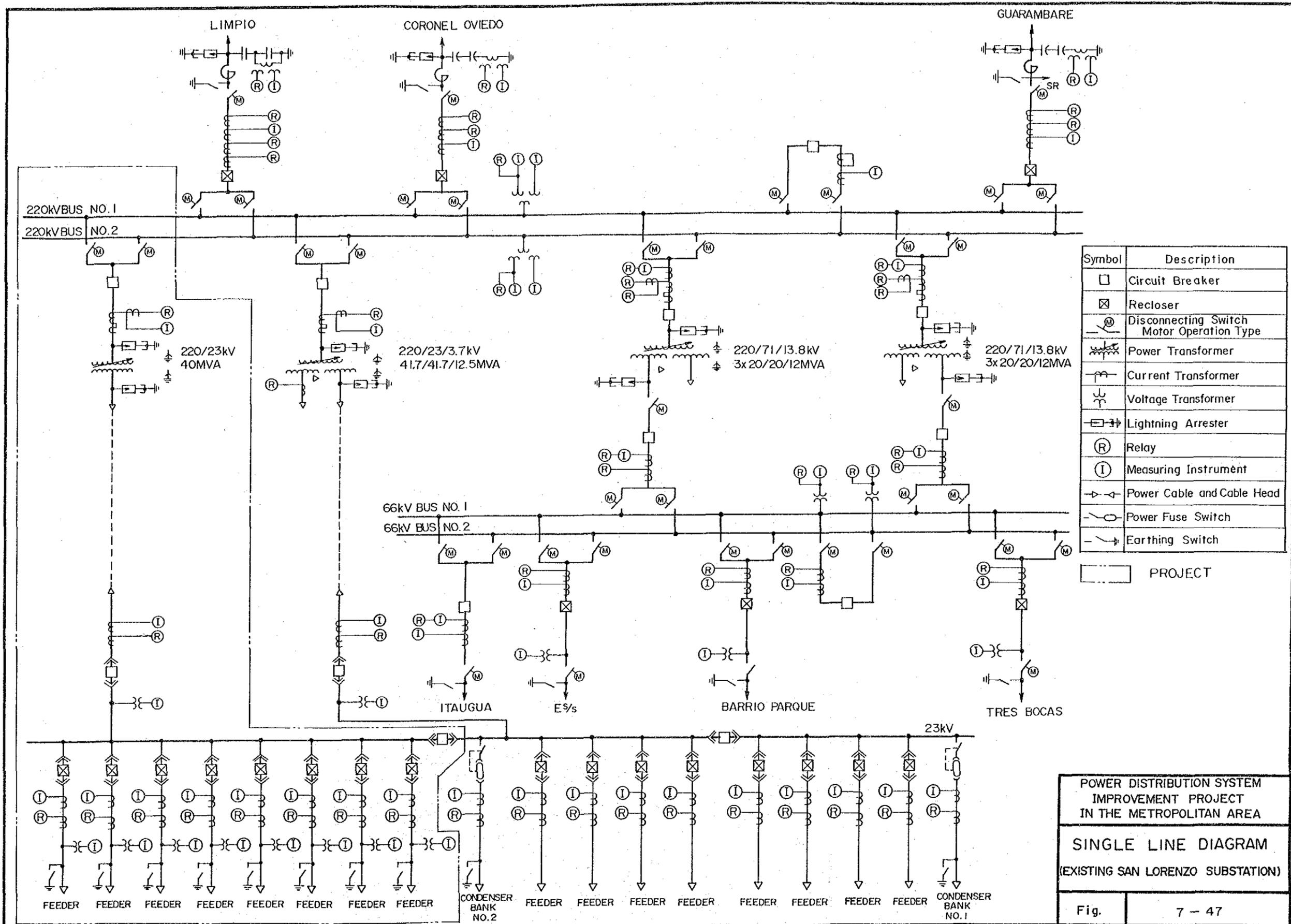
Symbol	Description
□	Circuit Breaker
⊠	Recloser
⊞	Disconnecting Switch
⊞	Motor Operation Type
⊞	Power Transformer
⊞	Current Transformer
⊞	Voltage Transformer
⊞	Lightning Arrester
⊞	Relay
⊞	Measuring Instrument
⊞	Power Cable and Cable Head
⊞	Power Fuse Switch
⊞	Earthing Switch

PROJECT

POWER DISTRIBUTION SYSTEM
IMPROVEMENT PROJECT
IN THE METROPOLITAN AREA
SINGLE LINE DIAGRAM
(EXISTING LIMPIO SUBSTATION)



POWER DISTRIBUTION SYSTEM
 IMPROVEMENT PROJECT
 IN THE METROPOLITAN AREA
 GENERAL ARRANGEMENT PLAN
 (EXISTING SAN LORENZO SUBSTATION)
 Fig. 7 - 46



POWER DISTRIBUTION SYSTEM
IMPROVEMENT PROJECT
IN THE METROPOLITAN AREA

SINGLE LINE DIAGRAM
(EXISTING SAN LORENZO SUBSTATION)

Fig. 7 - 47

7-2-5 変電所建物

変電所建物の構造は鉄筋コンクリート造とし、壁をレンガ積とし、地盤調査の結果、必要に応じて基礎を杭にて支持する。屋根スラブにはアスファルト防水を施し、更に日照の遮熱対策として金属板による置屋根を設ける。

日照を受ける窓には外部にルーバーを設ける必要があるが、ルーバーの形式としては垂直型稼働ルーバー又は水平可動ルーバーなど種々のものが考えられるので、状況に応じて適宜に選択し採用する。

建物の規模は Fig.7-48 ~ 7-49 を基準にし、内部レイアウトは実際の建設位置及び敷地状況により設計する。

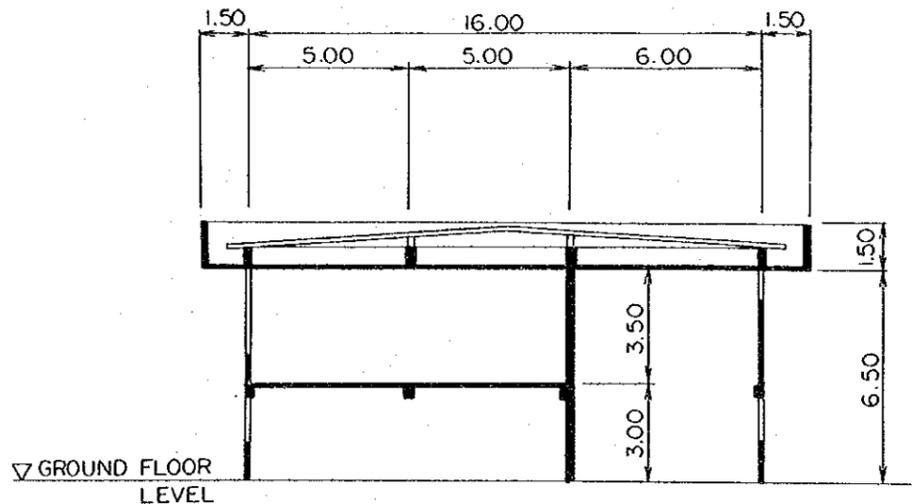
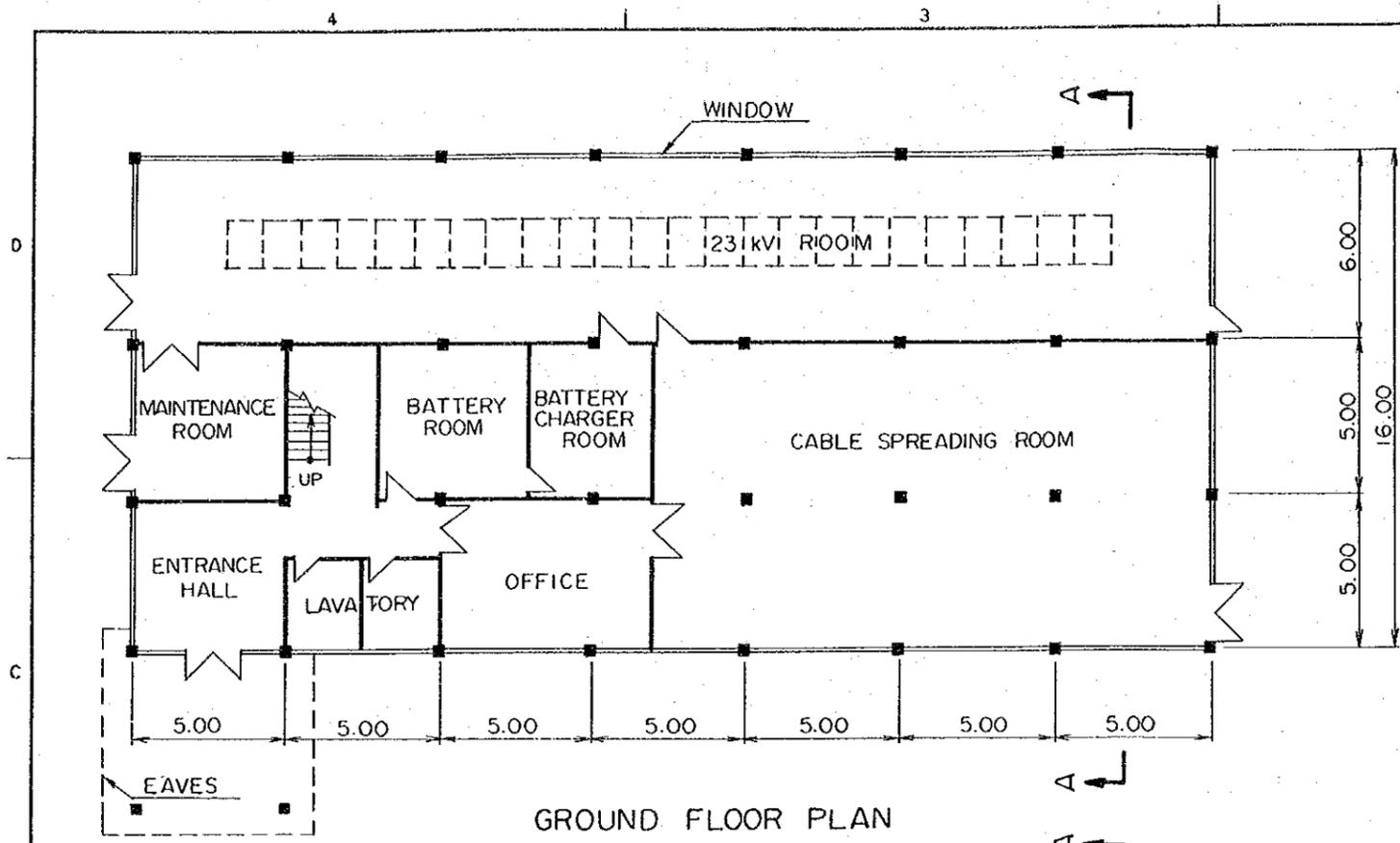
主要な室は空調を行う。

照度は下表の推奨値を採用するのが望ましい。

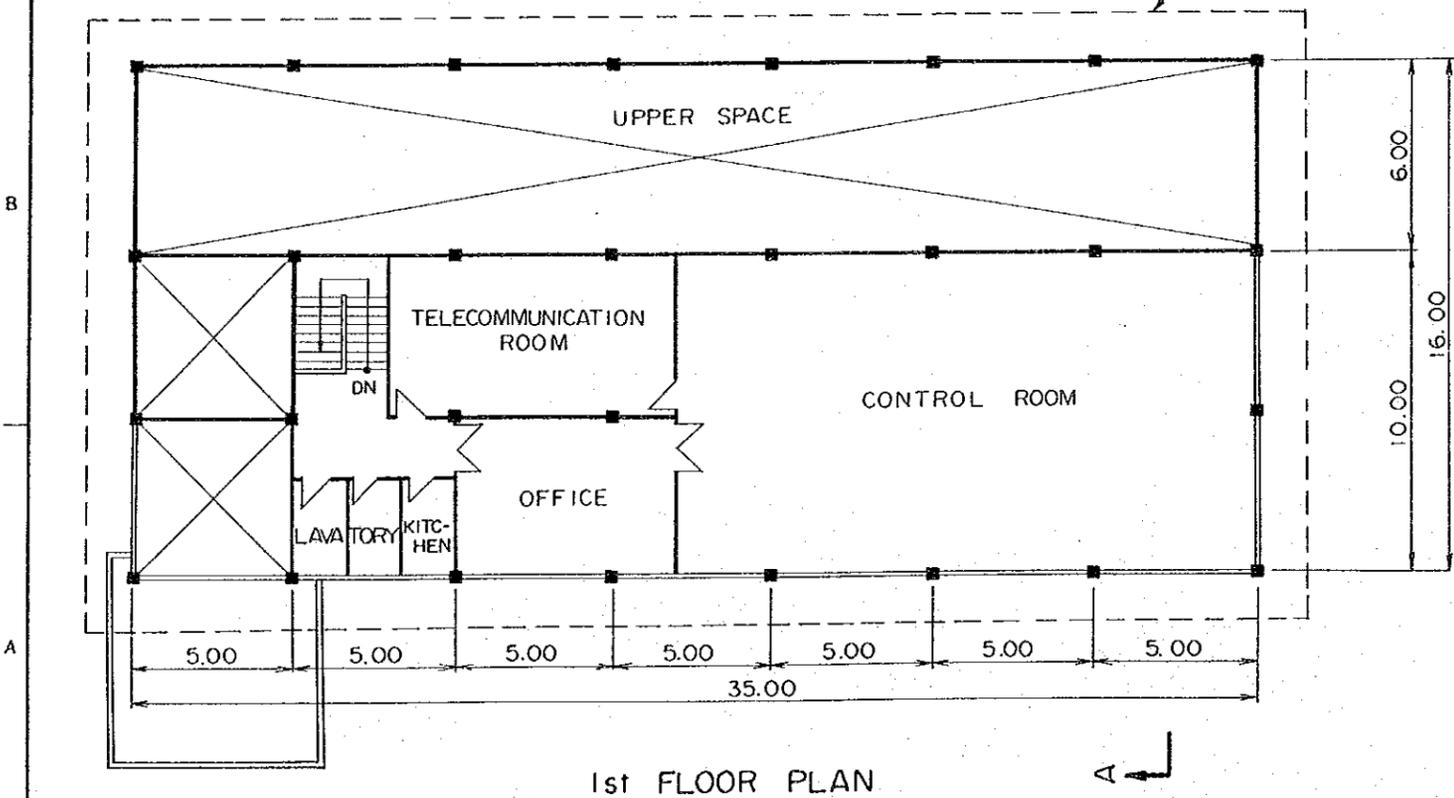
なお、建物の設計はアスンシオン市建設条令及び防火規定を遵守して行うべきである。

配電制御所及び変電所の主要室照度推奨値

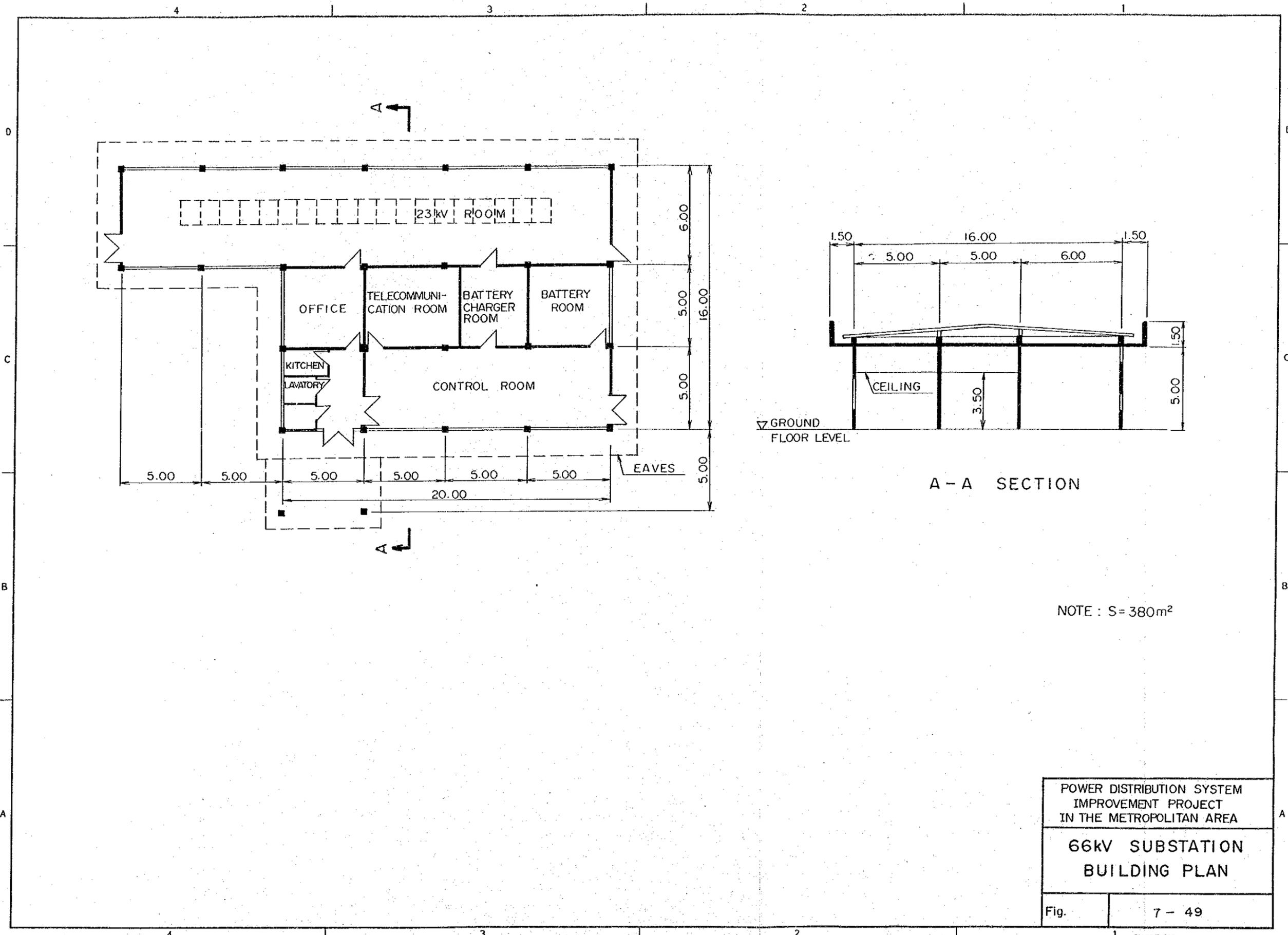
室名	位置	照度	照明方式
制御室 (配電制御室)	机上面 垂直面	LUX 500	蛍光灯 白熱灯によるスポット照明 又は蛍光灯
		400	
制御室 (変電所)	机上面	400	蛍光灯
リレー盤室	机上面	400	蛍光灯
通信機械室	机上面	400	蛍光灯
バッテリー室	床面	150	蛍光灯
ケーブル処理室	床面	100	蛍光灯
事務室	机上面	300	蛍光灯
計算機室	机上面	500	蛍光灯



NOTE : S = 860m²



POWER DISTRIBUTION SYSTEM IMPROVEMENT PROJECT IN THE METROPOLITAN AREA	
220kV SUBSTATION BUILDING PLAN	
Fig.	7 - 48



NOTE : S = 380m²

POWER DISTRIBUTION SYSTEM IMPROVEMENT PROJECT IN THE METROPOLITAN AREA	
66kV SUBSTATION BUILDING PLAN	
Fig.	7 - 49
1 SHEET NO. OF	

7-3. 環境問題

7-3-1 公害

- (1) 送電線地上高、静電誘導作用により人に影響を及ぼす恐れのないよう施設する。

本計画地域は市街地を中心としており、人の往来が多いので特に留意して地上高を決定した。

- (2) 変電所は、簡単に立ち入り出来ないよう外柵等で防止する。

外柵を鉄柵等で設置する場合は、鉄柵を完全接地し、外柵で感電しないものとする。

7-3-2 自然環境問題

- (1) 送電線は市街地を経過するので、景観を損ねることのないよう鉄塔、鉄柱および鋼管の三種類から選定した。

7-3-3 社会環境問題

コロナ雑音により送電線近傍のラジオ・テレビ受信への影響がないように、電線種別を選定した。

第8章 配電網計画

第8章 配電網計画

目 次

	頁
8-1 配電設備の現状	8 - 1
8-1-1 現 状	8 - 1
8-1-2 現状設備の問題点	8 - 7
8-2 配電線の絶縁化の推進	8 - 9
8-3 配電線地中化の推進	8 - 13
8-4 23kVおよび低圧配電線設備計画	8 - 14
8-4-1 配電線の絶縁化及び地中化	8 - 14
8-4-2 需要増に対する配電線	8 - 14
8-4-3 長距離配電線（フィーダー）の電圧調整	8 - 17
8-5 配電用変圧器	8 - 18
8-6 区分開閉器	8 - 19
8-7 計画地域における配電システムの供給信頼度	8 - 21
8-7-1 首都圏の現状の配電システム供給信頼度レベル	8 - 21
8-7-2 配電システムの供給信頼度	8 - 29
8-8 配電システムの信頼度評価	8 - 35

List of Tables and Figures

- Table 8-1 Substation Equipment Capacity and Distribution Line Length
- Table 8-2 Electric Power Supply Reliability in the Metropolitan Area
- Table 8-3 Outage of Middle Voltage Distribution Line
(Including Maintenance Outage)
- Table 8-4 Cause of Faults of Middle Voltage Distribution Line
- Table 8-5 Kinds of Faults of Middle Voltage Distribution Line
- Table 8-6 Cause of Faults of Pole Transformer
- Table 8-7 Cause of Faults of Low Voltage Distribution Line
- Table 8-8 Fault and Maintenance Outages of 66 kV and 220 kV Systems
- Table 8-9 Fault and Maintenance Outages of 66 kV and 220 kV Systems
in the Metropolitan Area
-
- Fig. 8-1 Transmission and Distribution Line Network in the Project Area
- Fig. 8-2 The Relation Curve between the Percentage of an Insulated Wire
of Distribution Lines and the Improvement of Supply Reliability
in Japan
- Fig. 8-3 Area to be insulated and Underground Cabled
- Fig. 8-4 3 Divisions and 3 Loops Form
- Fig. 8-5 Supply Reliability in Leading Industrialized Nations
- Fig. 8-6 Classified Supply Reliability Area in the Project

第8章 配電網計画

8-1. 配電設備の現状

8-1-1 現状

計画地域の変電所設備容量、23kV引出し回線数及び配電線亘長をTable 8-1 に示す。

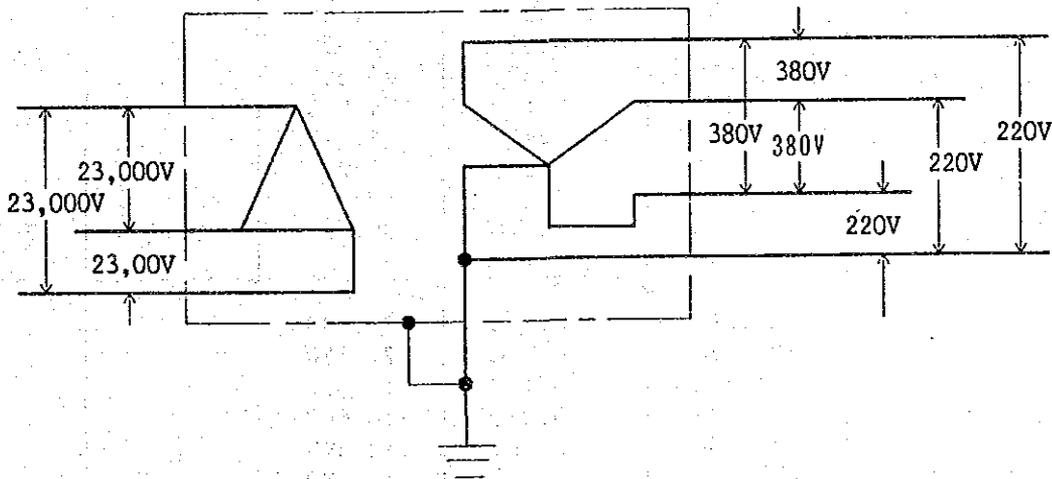
Fig.8-1 に23kVフィーダーの状況を示す。

配電方式は下図に示す様に低圧線はY 3相4線式で中性点設置方式を採用している。

使用電圧は中圧が23kV、低圧は3相負荷は3相3線式 380V、および単相負荷が単相2線式 220V である。

一般に幹線部分は3相4線式、枝線は3相4線式または単相2線式で配電され、樹枝状方式を採用している。

配電方式



1フィーダー当りの平均亘長は28.6kmであり、最も長いフィーダーは Jardin Botanico変電所より Chaco地方に供給しているフィーダーで 137kmもある。Asuncion 市中心部においては平均 8.1kmとなっている。(PSA, CEN, SMI各変電所の平均) 配電線は架空部分がほとんどである。

1988年末現在、23kV配電線は架空線 777km、地中線 318km、合計 1,095kmである。

低圧線は架空線 2,409km、地中線 6km、合計 2,415kmである。(首都圏地域)

地中線は変電所の引出し地区と Asuncion 市の中心部の MICRO CENTRO 地域に比較的多く使用されている。

Table 8-1 Substation Equipment Capacity and Distribution Line Length

(1/2)

Substation Name and Capacity	Feeder Name	Distribution Line Length (km)			(C)/(B) (km)	(A)/(C) (kVA/km)
		Overhead Line	Underground Line	Total		
PSA 40,000 kVA (A)	3	4.000	0.730	4.730	10.800	617.00
	4	5.720	4.600	10.320		
	5	24.450	0.200	24.650		
	6	8.850	0.600	9.450		
	7		5.320	5.320		
	8	3.800	6.560	10.360		
Subtotal	6 (B)	46.820	18.010	69.830(C)		
CEN 40,000 kVA	1		4.250	4.250	2.900	3427.600
	2		2.300	2.300		
	3		2.450	2.450		
	4		2.670	2.670		
Subtotal	4 (B)		11.670	11.670(C)		
SMI 40,000 kVA (A)	1	5.410	2.100	7.510	10.500	544.300
	2	4.530	2.300	6.830		
	3	21.490	0.600	22.090		
	4	19.520	0.800	20.320		
	5	1.800	8.150	9.950		
	6		6.770	6.770		
	7		0.020	0.020		
Subtotal	7 (B)	52.750	20.740	73.490(C)		
BPA 40,000 kVA (A)	1	25.690	0.300	25.990	19.900	287.700
	2	27.270	0.250	27.520		
	3	11.640	0.170	11.810		
	4	13.790	0.870	14.660		
	5	21.830	0.560	22.390		
	6	14.430	0.450	14.880		
	7	21.050	0.750	21.800		
Subtotal	7 (B)	135.700	3.350	139.05(C)		
SLO 40,000 kVA (A)	1	62.300	0.420	67.720	51.800	96.500
	2	44.190	0.120	44.310		
	3	11.420	0.220	11.640		
	4	8.840	0.320	9.160		
	5	122.640	0.420	123.060		
	6	126.280	0.130	126.410		
	7	27.970	0.140	28.110		
	8	9.000	0.130	9.130		
Subtotal	8 (B)	412.640	1.900	414.540(C)		

Substation Name and Capacity	Feeder Name	Distribution Line Length (km)			(C)/(B) (km)	(A)/(C) (kVA/km)
		Overhead Line	Underground Line	Total		
LAM 120,000 kVA (A)	1	25.700	0.320	26.020		
	2	26.250	0.570	26.820		
	3	52.150	0.880	53.030		
	4	33.120	0.250	33.370		
	5	21.880	0.370	22.250		
	6	24.820	0.470	25.290		
	7	7.000	5.000	12.000		
	8	2.800	2.500	5.300		
	9	22.040	0.870	22.910		
	10	24.170	0.340	24.510		
Subtotal	10 (B)	239.930	11.570	251.500(C)	25.100	477.100
JBO 24,000 kVA (A)	1	25.180	0.740	25.920		
	2	2.000	0.350	2.350		
	3	136.370	0.650	137.020		
	4	64.140	0.340	64.480		
	6	12.200	0.120	12.320		
	7	27.190	0.320	27.510		
	Subtotal	6 (B)	267.080	2.520		
TBO 20,000 kVA (A)	1	20.710	0.150	20.860		
	2	50.120	0.140	50.260		
	4	20.370	0.130	20.500		
	9	41.270	0.300	41.570		
Subtotal	4 (B)	132.470	0.720	133.190(C)	33.300	150.200
GUA 20,000 kVA (A)	1	80.270		80.270		
	2	59.200		59.200		
	3	77.200		77.200		
	4	27.200		27.200		
Subtotal	4 (B)	243.870		243.870(C)	61.000	82.000
Total (A) 384,000 kVA	56	1531.260	70.480	1601.740	28.600	239.700

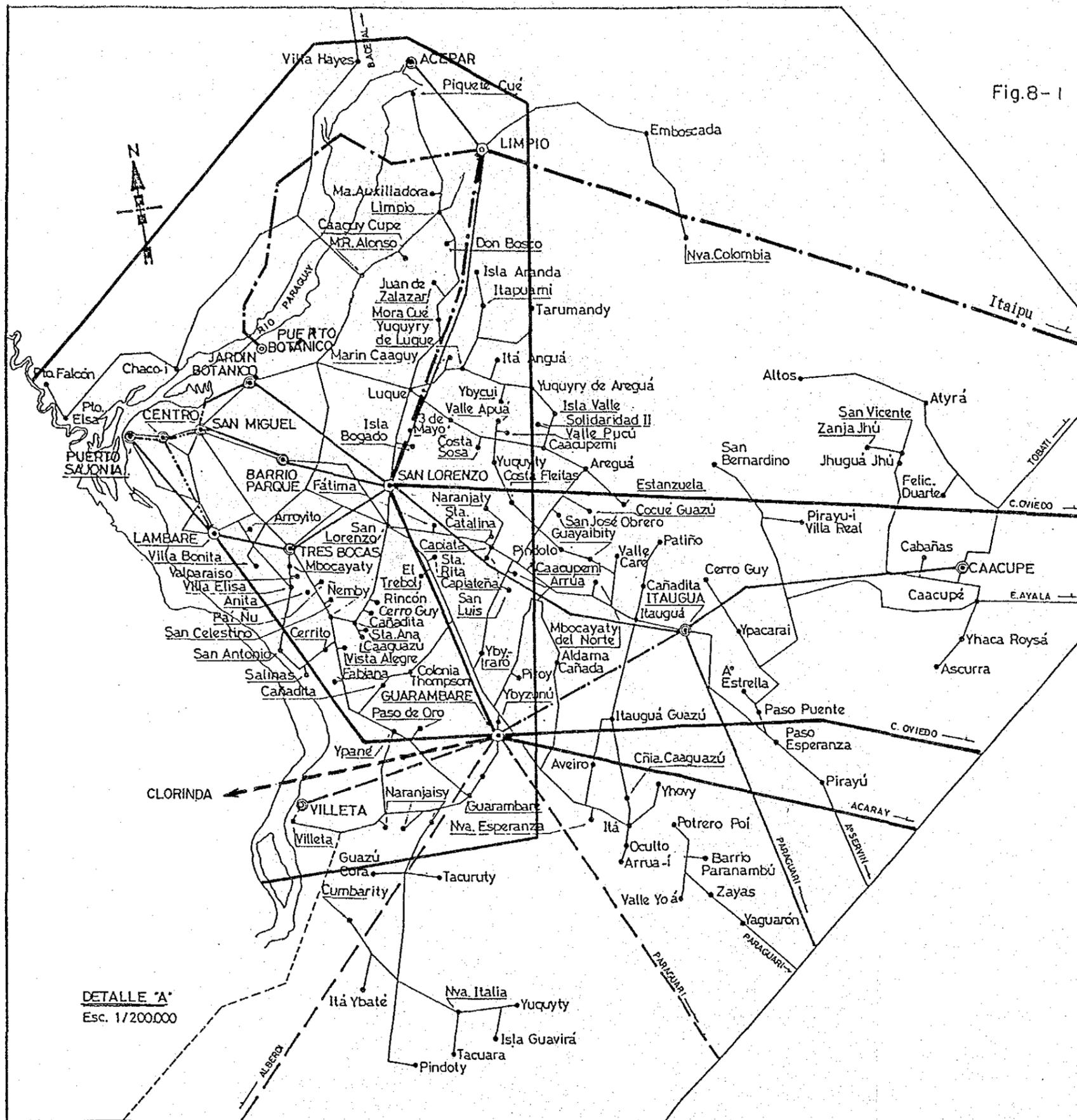


Fig.8-1 Transmission and distribution line network in the project area.

REFERENCIAS

- LINEA 23 KV. AEREA EN SERVICIO
- - - LINEA 23 KV. AEREA EN CONSTRUCCION
- LINEA 23 KV. AEREA PROYECTADA
- LINEA 65 KV. AEREA EN SERVICIO
- - - LINEA 65 KV. AEREA EN CONSTRUCCION
- LINEA 65 KV. AEREA PROYECTADA
- LINEA 65 KV. SUBTERRANEA EN SERVICIO
- - - LINEA 220 KV. AEREA EN SERVICIO
- - - LINEA 220 KV. AEREA EN CONSTRUCCION
- LINEA 220 KV. AEREA PROYECTADA
- ⊙ ESTACION EN SERVICIO
- ⊙ ESTACION PROYECTADA
- ⊙ SUBESTACION EN SERVICIO
- ⊙ SUBESTACION PROYECTADA
- CENTRAL TERMICA
- COMUNIDADES ELECTRIFICADAS
- COMUNIDADES A ELECTRIFICAR

DETALLE "A"
Esc. 1/200,000

配電線は市内の一部を除き裸線が使用され、このため樹木接触、たこ接触による停電事故が多い。

23kV配電線は鋼管柱及びコンクリート柱が使用され電線はアルミ合金裸線、35、70、95、150mm² が使用されている。また区分開閉器にはつめ付ヒューズが使用され、3相一括の区分開閉器はほとんど使用されていない。また配電線路用自動電圧調整器は施設されていない。

地線はほとんど架設されている。部分によっては架設されていないところもある。

地中線はIPRアルミケーブル50、240mm² が使用され、布設方式は直埋設方式で、荷重のかかる道路横断箇所等は管路に入れて保護されている。

低圧用変圧器は単相用が5、10、25kVA、3相用が63kVAから1,000kVAまでの8種類が使用されている。1988年末現在の変圧器の設備容量は485MVAである。

200kVA程度以下の小容量のものは柱上に施設され、300kVA以上のものは地上及びビルの地下に設置されるケースが多い。

計画地域における支持物は市街地では以前鋼管柱が使用されていたが、最近建替られる電柱はほとんどがコンクリート柱である。然し、市街地の一部においては木柱(やしの木)がまだ使用されている。

装柱は垂直配線方式と水平配線方式が混在している。

電線の大部分はアルミ、16、25、35、50、70mm² の裸線が使用されている。

電圧降下については正確な数値は調査できなかったが、蛍光灯が一瞬暗くなることも多く、相当の電圧降下があるものと思われる。

8-1-2 現状設備の問題点

(1) 23kV配電線

計画地域内には街路樹が多く、大統領自からの指示もあり非常に大切にされている。パラグアイ国は亜熱帯気候で、樹木の成長が早く、電線と接近又は接触している箇所が随所に見受けられる。このためANDEは電線まわりの樹木を専門に伐採する課を設けて、計画的に伐採を実施しており、この課が出来てからはそれ以前に比べて樹木の接触事故は減っている。然し、樹木の成長に対する伐採は追いついていないのが現状である。

フィーダーは常時開のカットアウトヒューズを介して他のフィーダーと接続され

ているが、フィーダーの幹線が部分的に細いところがあり、事故時の負荷融通運用に問題となっている。

地中線は最近施設され始め、今のところ絶縁劣化に起因する事故は起きていない。

然し、地中線を施設した場所の地表にケーブル埋設の表示がされておらず、今後水道管配管工事、排水工事時の際問題となろう。

(2) 低圧配電線

配電用変圧器の焼損事故が多い。これには過負荷運転により起因したと思われるものが多数ある。これは、計画的に負荷電流測定を実施し、状況を把握しての適正な負荷分割、または新規需要対策として、最少必要限度の変圧器容量、台数の供給が行なわれないためと思われる。

架線の垂直配線において各相の弛みの不揃いを生じているものがある。裸線が使用されており、このまま放置しておくると他の線と接触して短絡する恐れがある。

中にはスペーサを入れてあるところもあるが仮設備と思われ、本格的に対処する必要がある。また、電話線（ANTELCO の電話線）と交叉するところどころにおいて離隔距離不足のところが見受けられる。

早急にANTELCO と話し合い、設備改修を実施する必要がある（日本においては低圧架空電線と架空弱電流電線との離隔距離は一般的に60cm以上と定められている）。

また 23kV フィーダーと同様、電線と樹木、建造物や他の工作物との接触・接近が随所に見られる。電線と樹木との接触は断線事故の原因となり、公衆感電など重大問題となる恐れがあるので、日常業務の中で改修すべき事項である。

(3) 電力量計

電力量計はすべて輸入品であるが、使用開始にあたって検定が実施され、検定装置については最新の設備も導入され設備上は現状で充分であると思われる。

然し、検定は使用開始時のみに実施されるだけであり、需要家からのクレームがない限り継続して使用され、このため20年以上を経過したものもある。

一般的に回転型電力量計は使用年数に従い誤差が大きくなるものであり、計量の公正化を図るためにも決まったインターバルでの検定が望まれる。

この改善は配電ロスの軽減にも寄与することとなる。

（日本においては一般の需要家の電力量計は7年毎に検定）

(4) 街路灯

計画地域においては街路灯は充分設備されている。また、国際空港から都心に向けての大通りには近代的な道路照明が設備されている。

然し、およそ10ケに1ケの割合で日中街路灯が点灯しているのが見受けられた。

これは自動点滅器の動作不良によるものである。ANDEは自動点滅器の改修に力を入れているが、これも配電ロス軽減に寄与すると考えられる。

8-2. 配電線の絶縁化の推進

配電線の事故には事故原因として、鳥獣、樹木、たこ、その他の他物接触事故・雷害事故・第三者による人的原因による事故等がある。このうち、他物接触による地絡短絡事故がほとんどである。

計画地域において配電線の事故原因は樹木の接触が主なものである。亜熱帯性気候のためもあり、樹木の成長は非常に早くまた、ANDEの架空配電線のほとんどが裸線を使用しているためである。

ANDEは樹木の伐採については積極的に取組みを進めており、事故未然防止に努力している。この作業が予定通りに進められれば、樹木接触事故の大幅な低減も期待される。

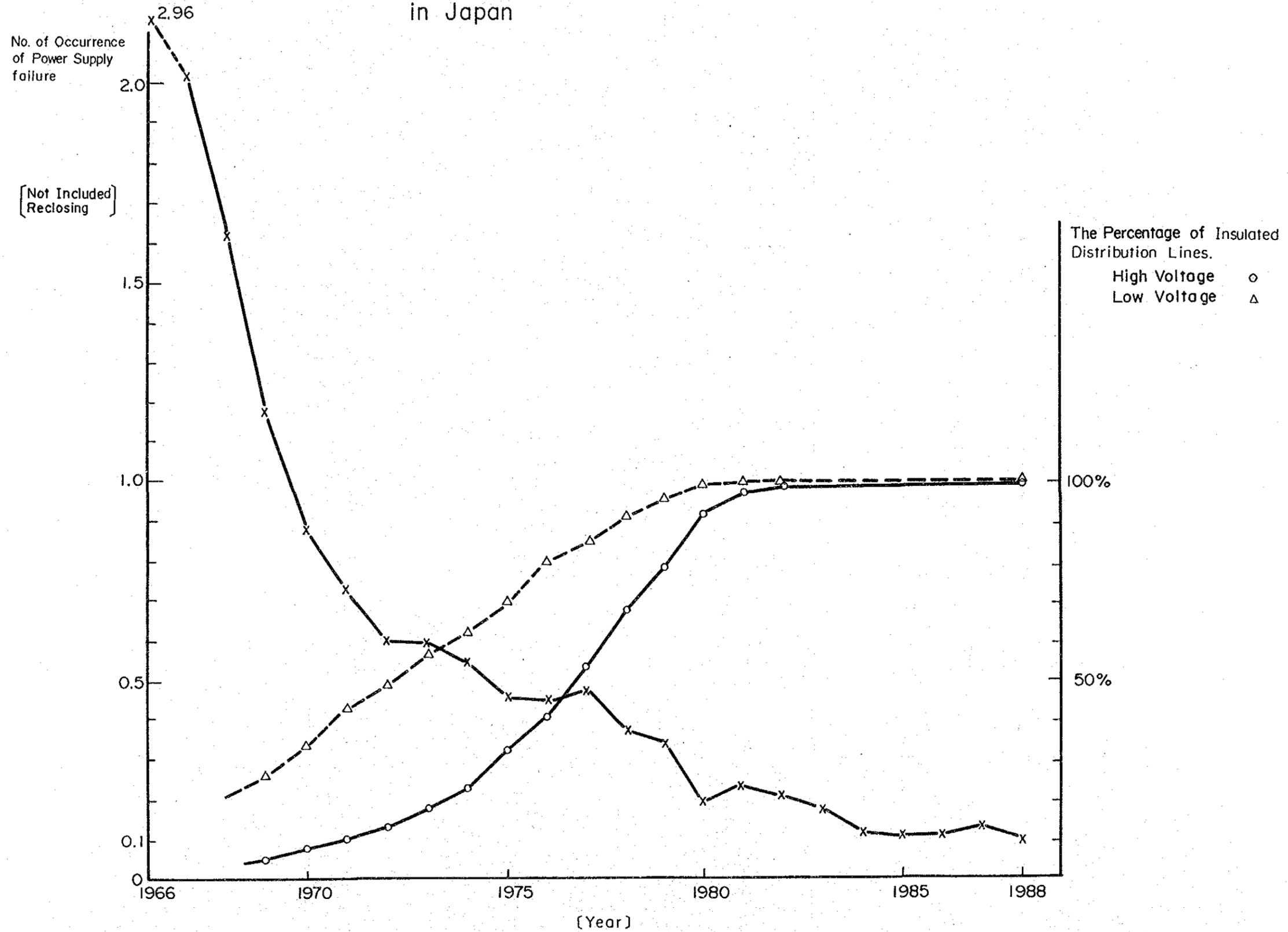
他物接触事故防止の根本的な対策としては、配電線の絶縁化が必要である。

日本における配電線の絶縁化の効果を例にとれば Fig.8-2 に示す通りである。

このグラフによると配電線の絶縁化と共に配電事故は年間約3件/需要家であった事故が絶縁化後には0.2件/需要家に急激に減少していることがわかる。

このことから、配電線の絶縁化が配電の供給信頼度向上に大きく寄与することがわかる。基本的に裸線が使用されているANDEの配電線においても信頼度向上対策として絶縁線の採用を積極的に推進することを提案する。

Fig. 8-2 The Relation Curve Between the Percentage of an Insulated Wire of Distribution Line and the Improvement of Supply Reliability in Japan



8-3. 配電線地中化の推進

一般に、配電線は架空線で施設されているが、下記の理由により都市においては地中線の設置が多くなって来ている。

- (i) 都市の繁華街や高層ビル等の多い地域で、架空線で建設するスペースがない場合
- (ii) 高圧架空電線路と交差する場合で、規定以上の離隔距離が取れない場合
- (iii) 巾の広い道路を横断する場合。
- (iv) 都市の美観上より地中電線路とした方が好ましい場合
- (v) 変電所の引出し回数線が多く、保守上の制約が生じる場合

地中線化の利点としては

- (i) 美観上良くなる。
- (ii) 暴風雨時の断線事故、他物の接触事故、雷外事故等が防止できる。

等が挙げられる。しかしその反面、

- (i) 架空電路の建設費に対して直埋式で数倍、管路式で10倍以上の建設費高になる。
- (ii) 道路横断等があり、工事が難しくなる。
- (iii) 絶縁破壊、断線等の事故が発生した場合、事故発生箇所の補修が難しい。

等の欠点がある。

ANDEは都心部においては積極的に地中化を進めているが、JICA調査団は地中化によって架空電路の場合発生していた事故の低減も期待出来ることから、更に可能な箇所で地中化を図ることを提案する。

8-4. 23kVおよび低圧配電線設備計画

8-4-1 配電線の絶縁化及び地中化

配電線の絶縁化及び地中化が配電供給信頼度において非常に有効であるということ
を8-2、8-3項で述べた。

A N D Eとの協議により計画地域の絶縁化及び地中化の実施については、費用面か
ら MICRO CENTRO 及び特に重要な特定地域に限って実施することとした。

この対象地域は Fig.8-3 に示す通り政府機関のある MICRO CENTRO と需要密度の
高い地域とした。図の斜線部分では23kV配電線は地中化、低圧線は絶縁化を行う。

まず目部分では23kV及び低圧配電線の絶縁化を行う。これらの工事の実施にあつ
ては工事の集中化を避けるため3回に分けて実施するものとする。

第Ⅰ期工事として Av. ArgentinaとAv. Choferes Chaco の間の地域

第Ⅱ期工事として Av. Choferes Chaco と Av. Perú の間の地域

第Ⅲ期工事として Av. Perú と Av. Colon の間の地域

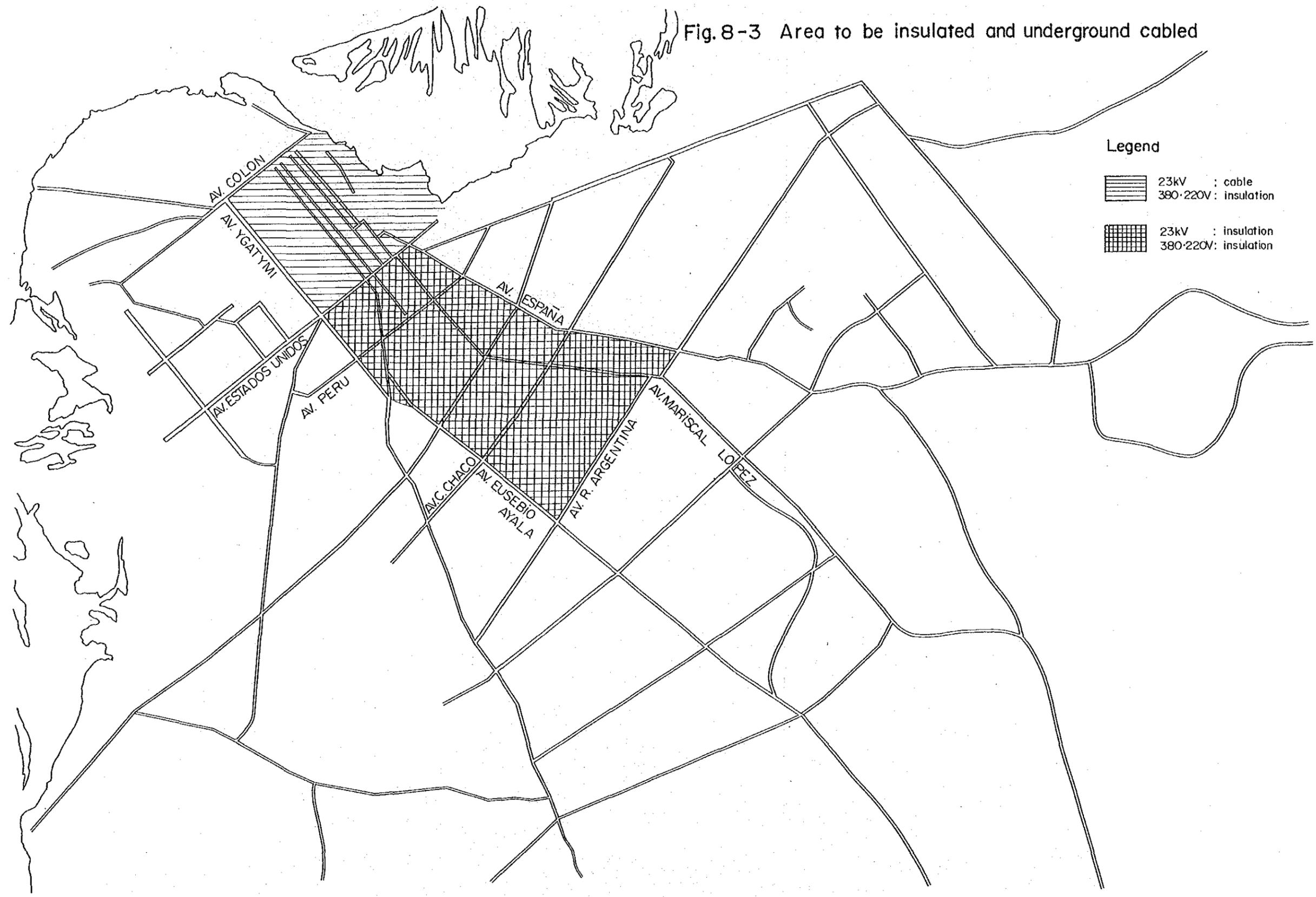
各々の対象面積および配電線延長は下表の通りである。

	対象面積 km ²	23kV配電線 km	低圧配電線 km	配電線計 km
第Ⅰ期工事	4.7	44	36	80
第Ⅱ期工事	5.1	48	39	87
第Ⅲ期工事	4.0	38	30	68
計	13.8	130	105	235

8-4-2 需要増に対する配電線

配電線の負荷は新しい需要家が発生することによって増加する場合と既設需要家の
電気製品の普及によって増加する場合とがあり、一般に配電線の増強は次の状態と
なった時行われる。

Fig.8-3 Area to be insulated and underground cabled



Legend

-  23kV : cable
380-220V : insulation
-  23kV : insulation
380-220V : insulation

(1) 電線などの最大許容負荷限度を超える時

配電線路で対象となるものとしては、電線（ケーブルを含む）、開閉器類、電圧調整器、および電線接続材料などがある。これらの機材は一般に電線の最大許容負荷限度に合わせて施設されており、導体の許容電流と想定電流を比較して増強の要否を決定する。

(2) 配電線の電圧降下が許容値を超える時

需要家端の電圧を適正な範囲に維持するため、配電線の電圧降下が基準値を上まわる場合に設備増強を行う。

本整備計画では1988年時点の配電線と最大電力の比率を求め、本整備計画期間の1994～2000年の配電線増分長さを求めた。（1989～1993年に必要な配電線についてはANDEにより設備されるものとして考えた。）

この結果増分最大電力 294MWに対する増分配電線長さは、23kV配電線が1,225km、低圧線が3,070kmとした。

8-4-3 長距離配電線（フィード）の電圧調整

前に述べた様に JARDIN BOTANICO 変電所よりチャコ地方に供給している 137kmの配電線が最長であるが、この他にも San Lorenzo 変電所より 120kmを超える長距離配電線が2回線ある。

このような長距離配電線の末端においては電圧降下も大きく、このままでは電圧変動を定められた限度内に保持することが困難な場合が生じてくる。

この電圧変動保持方法として、日本に於いては配電線の適切な箇所に単巻変圧器を利用した配電用電圧調整器を設置して、自動的に電圧調整を行う方法を採用している。

長距離配電線の電圧変動が問題になるのは計画地域の外であり、本整備計画の範囲外ではあるが、JICA調査団は長距離配電線の電圧調整として日本で用いられている電圧調整器を採用することを推奨する。