

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

ESTUDIO DE READECUACION DE LAS INSTALACIONES DE  
SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA EN LOS EDIFICIOS  
DE LA "CASA DE LA CULTURA ECUATORIANA"  
NUCLEO DE PICHINCHA

HERNAN VINICIO BARBA CLAVIJO

TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO  
DE INGENIERO ELECTRICO

AGOSTO - 1.987



## AGRADECIMIENTO

Mi profundo agradecimiento para el señor Ingeniero Milton Toapanta O. por sus valiosos consejos y a todas las personas que prestaron su concurso para que este trabajo llegue a su culminación.

Certifico que el presente trabajo ha sido realizado en su totalidad por el señor Hernán Vini-  
cio Barba Clavijo bajo mi dirección.

A handwritten signature in black ink, enclosed within a large, hand-drawn oval. The signature is stylized and appears to read 'Milton Toapanta O.'.

Ing. Milton Toapanta O.

Director

## INDICE

### SUMARIO

Pág.

#### Capítulo I : ANTECEDENTES, GENERALIDADES Y OBJETIVOS

I.1.	Ubicación y antecedentes históricos del crecimiento físico de la Casa de la Cultura Ecuatoriana "Benjamín Carrión" - Núcleo de Pichincha -----	1
I.2.	Disposición y constitución de inmuebles	2
I.2.1.	Edificio Oval -----	4
I.2.2.	Edificio de la Imprenta -----	6
I.2.3.	Teatro Prometeo -----	6
I.2.4.	Edificio de Administración -----	6
I.3.	Proyección de crecimiento en relación a inmuebles y/o implementación de equipos	7
I.4.	Areas de servicio en funcionamiento y proyecciones inmediatas en relación a servicios -----	11
I.5.	Descripción de subestaciones existentes y sus alimentadores -----	12
I.5.1.	Edificio Oval -----	13
I.5.2.	Edificio de la Imprenta -----	13
I.5.3.	Teatro Prometeo -----	13
I.5.4.	Edificio de Administración -----	13
I.5.5.	Recorrido de la red primaria existente -	14
I.6.	Determinación de objetivos -----	15

#### Capítulo II : DIAGNOSTICO CUALITATIVO DEL SERVICIO ELECTRICO

II.1.	Descripción de inmuebles y locales asig-	
-------	--	--

	Pág.
nados para el análisis cualitativo -----	17
II.1.1. Edificio Oval -----	17
II.1.2. Edificio de la Imprenta -----	19
II.1.3. Teatro Prometeo -----	19
II.1.4. Aula Benjamín Carrión -----	20
II.2. Medición de niveles de iluminación en - los diversos ambientes -----	20
II.2.1. Edificio Oval -----	24
II.2.2. Edificio de la Imprenta -----	33
II.2.3. Teatro Prometeo y Aula Benjamín Carrión	34
II.3. Comparación con los valores requeridos - y/o recomendados en normas -----	36
II.4. Determinación de factores de demanda en locales de funcionalidad especial -----	38
II.4.1. Factor de demanda -----	38
II.4.2. Registros de carga y valores de demanda máxima -----	40
II.4.3. Detalle de carga instalada -----	49
II.4.4. Factores de demanda de los locales en es tudio -----	52
II.5. Consideraciones sobre los factores de de manda respecto a valores referenciales -	53
II.6. Conclusiones generales sobre el servicio eléctrico -----	56

Capítulo III : DETERMINACION DE VALORES DE DEMANDA  
MAXIMA EN SUBESTACIONES EXISTENTES

III.1. Estudio de demanda de cada uno de los - sectores atendidos por una subestación -	58
III.2. Datos experimentales según registro con- tínuo de carga -----	59
III.2.1. Edificio Oval -----	59

III.2.2.	Edificio de la Imprenta -----	67
III.2.3.	Teatro Prometeo -----	70
III.2.4.	Edificio de Administración -----	70
III.3.	Datos de demanda según documentos de ta- rifación de Empresa Eléctrica "Quito" --	72
III.3.1.	Edificio Oval -----	74
III.3.2.	Edificio de la Imprenta -----	78
III.3.3.	Teatro Prometeo -----	78
III.3.4.	Edificio de Administración -----	79
III.4.	Determinación de valores de máxima deman- da requeridos para cada sector según da- tos: experimentales, de información y de proyección si los hubiere -----	81
III.5.	Factores de utilización -----	83
III.6.	Transferencia de cargas a otra subesta- ción de acuerdo a estudio -----	84

Capítulo IV : DETERMINACION DE LA DEMANDA MAXIMA -  
QUE ATENDERA LA NUEVA SUBESTACION -  
CT-1

IV.1.	Recopilación de información respecto al nuevo teatro y a instalaciones adiciona- les interiores y exteriores -----	88
IV.1.1.	Inmuebles en fase de construcción -----	88
IV.1.2.	Inmuebles e instalaciones proyectadas --	90
IV.2.	Carga instalada de inmuebles en construc- ción y de proyecciones futuras -----	92
IV.3.	Cálculo de la potencia de los transforma- dores que atenderán los diferentes secto- res de servicio, demandas parciales, fac- tores de coincidencia, máximas demandas diversificadas para cada caso -----	93

IV.4.	Cálculo de la potencia del transformador principal, máximas demandas parciales, - factor de coincidencia, máxima demanda - diversificada total. Parámetros de servi <u>ci</u> o de los transformadores -----	98
Capítulo V : DISEÑO DE SUBESTACION CT-1, SERVI-- CIO DE EMERGENCIA, READECUACION DEL SUMINISTRO Y DISTRIBUCION ELECTRICOS		
V.1.	Selección de ubicación óptima de la sub- estación -----	101
V.2.	Confiabilidad de servicio. Doble acometi <u>da</u> primaria (preferente y alterna) -----	101
V.3.	Descripción de instalaciones en la subes <u>ta</u> tación CT-1 -----	104
V.3.1.	Generalidades -----	104
V.3.2.	Area de seccionamiento, transferencia - primaria y medición -----	104
V.3.3.	Area de transformación principal - (6000-480/277 V) -----	107
V.3.4.	Area de emergencia y transferencia secun <u>da</u> ria -----	108
V.3.5.	Area de transformación secundaria - (480-210/121 V y 480-208/120 V) -----	111
V.3.6.	Sistema de tierras -----	117
V.4.	Readecuación de subestaciones existentes	123
V.4.1.	Subestación existente CTe-3 -----	123
V.4.2.	Subestación existente CTe-1 -----	123
V.4.3.	Subestación existente CTe-2 -----	124
V.4.4.	Subestación existente CTe-4 -----	124
V.5.	Protecciones -----	125
V.5.1.	Datos referenciales -----	125

	Pág.
V.5.2.	Cálculo de corrientes de falla ----- 130
V.5.3.	Coordinación de las protecciones ----- 136
V.6.	Análisis de medición de energía para ta- rifación ----- 145
V.7.	Hojas de guía para operación ----- 146
V.8.	Lista y especificación de equipos y mate- riales ----- 152
V.8.1.	Especificación de equipos y materiales - 152
V.8.2.	Especificación del grupo motor-generador 163
V.8.3.	Especificaciones de los tanques de com- bustible ----- 165
V.9.	Planos de instalación ----- 165

Capítulo VI : EVALUACION DE OBJETIVOS Y CONCLUSIO-  
NES

VI.1.	Recuperación de materiales y equipos e- xistentes ----- 167
VI.1.1.	Lista de equipos y materiales a recupe-- rarse ----- 167
VI.2.	Evaluación de los objetivos en los aspec- tos técnico y económico ----- 170
VI.3.	Conclusiones ----- 173
VI.4.	Recomendaciones ----- 175
VI.5.	Apéndices y anexos ----- 177

Apéndice A: Instalación existente, diagrama eléctrico -  
unifilar.

Apéndice B1: Característica tiempo-corriente del relé -  
tipo CDG-36.

Apéndice B2: Característica tiempo-corriente del relé -  
tipo CDG-64.

Apéndice B3: Característica tiempo-corriente del relé tipo RXIDF2H de ASEA.

Apéndice C: Característica tiempo-corriente de los fusibles tipo HV-HRC.

- Anexo Nº 1: Planos de instalación constituídos por 19 láminas.
- Anexo Nº 2: Cinta de registro de demanda de circuitos Nº 1-2-3 y 4 de Biblioteca Nacional "Eugenio Espejo".
- Anexo Nº 3: Cinta de registro de demanda de circuitos Nº 1 y 2 de Museo Sur.
- Anexo Nº 4: Cinta de registro de demanda de circuitos Nº 1 y 2 de Museo Norte.
- Anexo Nº 5: Cinta de registro de demanda del circuito principal a Edificio de la Imprenta (CTe-4).
- Anexo Nº 6: Cinta de registro de demanda del circuito principal a Teatro Prometeo.
- Anexo Nº 7: Cinta de registro de demanda del circuito principal a sector Nº 1 del Edificio Oval (CTe-1).
- Anexo Nº 8: Cinta de registro de demanda del circuito principal a sector Nº 2 del Edificio Oval (CTe-2).
- Anexo Nº 9: Cinta de registro de demanda del circuito principal a sector Nº 3 del Edificio Oval (CTe-3).
- Anexo Nº 10: Cinta de registro de demanda del circuito principal a Edificio de Administración (CTe-6).
- Anexo Nº 11: Facturas de consumo de Empresa Eléctrica - Quito:
- 11.1: Facturas de julio a diciembre/86 de medidor Nº 00740T05 de sector Nº 1 del Edificio Oval (CTe-1).
  - 11.2: Facturas de julio a diciembre/86 de medidor Nº 00741T05 de sector Nº 2 del Edificio O-

- val (CTe-2).
- 11.3: Facturas de mayo a noviembre/86 de medidor-  
Nº 00742T05 de sector Nº 3 del Edificio O-  
val (CTe-3).
- 11.4: Facturas de mayo a noviembre/86 de medidor  
Nº 01217T05 de Edificio de la Imprenta --  
(CTe-4).
- 11.5: Facturas de mayo a noviembre/86 de medidor-  
Nº 00149T50 de Teatro Prometeo (CTe-5).
- 11.6: Facturas de mayo a noviembre/86 de medido-  
res Nº 0023T100-00008T75-01235T15 de Edifi-  
cio de Administración (CTe-6).

## CAPITULO I

## ANTECEDENTES, GENERALIDADES Y OBJETIVOS

## I.1. UBICACION Y ANTECEDENTES HISTORICOS DEL CRECIMIENTO FISICO DE LA CASA DE LA CULTURA ECUATORIANA "BENJAMIN CARRION" - NUCLEO DE PICHINCHA

La Casa de la Cultura Ecuatoriana "Benjamín Carrión" fundada el 9 de Agosto de 1.944 es el Instituto ejecutor, orientador y preservador de la cultura nacional; es una entidad de derecho público, con personería jurídica y autonomía económica y administrativa.

Para el cumplimiento de sus objetivos dispone de tres frentes de acción a nivel nacional que son: Presidencia, Secciones Académicas y Núcleos Provinciales.

La Presidencia cuya sede matriz está en la ciudad de Quito, planifica la política cultural y la ejecuta a través de diversas actividades para lo cual dispone de varios departamentos y dependencias administrativas y técnicas. Así, cuenta con editorial, radiodifusora, biblioteca nacional, archivo nacional de historia, cinemateca, teatro, centro de documentación y museo de arte colonial.

Las Secciones Académicas abarcan los campos científico, artístico y técnico, y para cumplir sus fines organizan seminarios, conferencias, mesas redondas, publicaciones y en general toda actividad relacionada con los campos citados.

Los Núcleos Provinciales están encargados de planificar y ejecutar dentro de sus límites geográficos y político-administrativos, los programas y acciones encaminados al cumplimiento de los objetivos de la Insti-

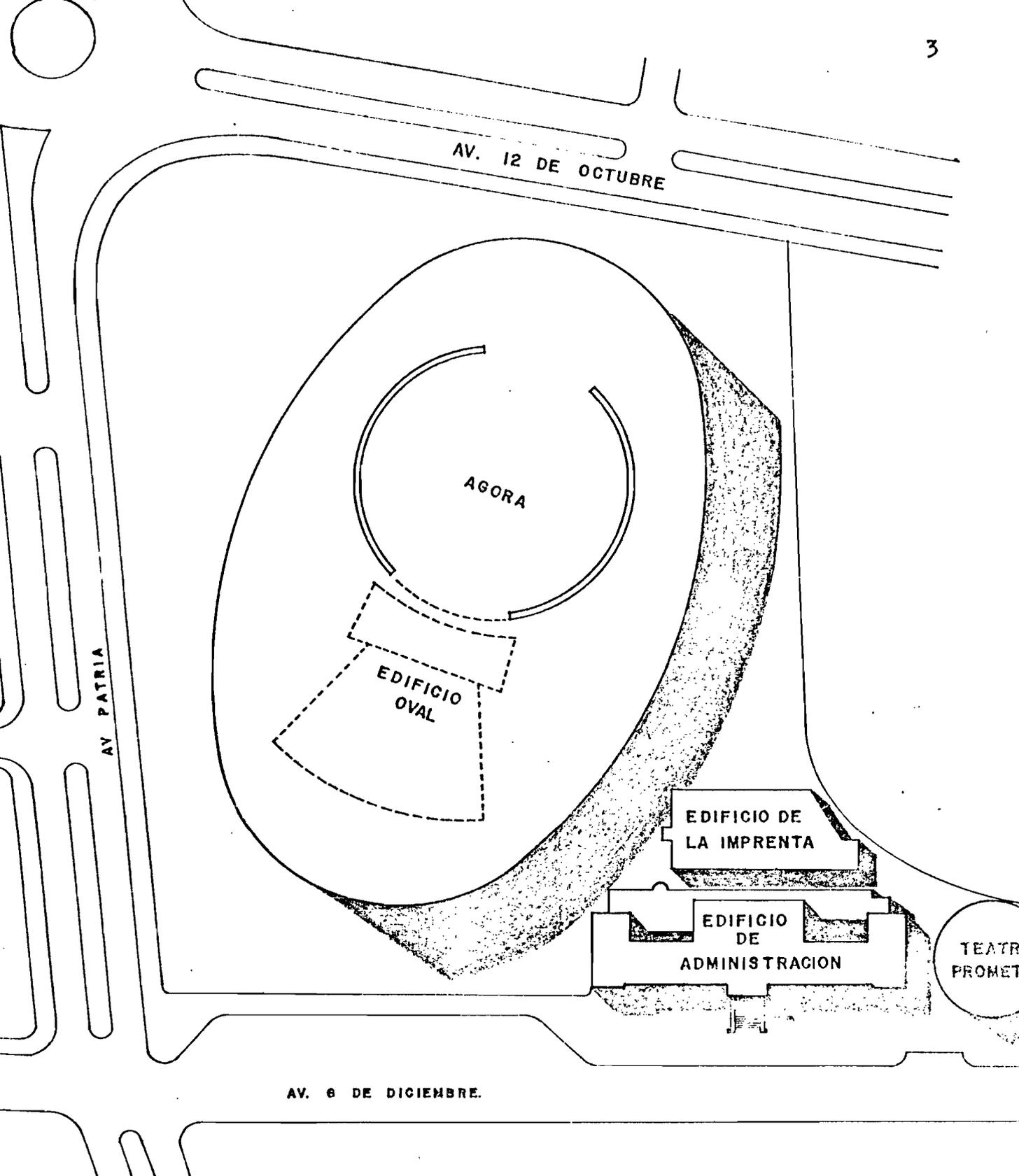
tución, manteniendo coordinación con la matriz.

En este contexto se inscribe el Núcleo de Pichincha (sede matriz) que cuenta con los terrenos de su propiedad ubicados en la ciudad de Quito, entre las avenidas 6 de Diciembre, Patria y 12 de Octubre, en los cuales ha venido realizando paulatinamente varias construcciones, a saber:

- En el año de 1.948 se construye el Edificio de Administración que tiene su frente hacia la Av. 6 de Diciembre.
- A mediados del año 1.955 se inicia la construcción del edificio destinado a Museos y Biblioteca Nacional, con su frente hacia la Av. 12 de Octubre. Por diferentes razones se suspendió por varios años la obra, reiniciándose en julio de 1.976, para inaugurarse oficialmente el 20 de julio de 1.979. Posteriormente, en 1.985 se construyen dos bloques adicionales aledaños a los Museos.
- En el año de 1.986 se inicia la construcción del Agora y posteriormente se emprende en la edificación del Teatro principal (denominado Teatro "Jaime Roldós Aguilera") con capacidad para 3.000 personas, con lo cual se concluirá el Edificio Oval en cuya fachada se ha usado una pantalla de espejos en una extensión perimetral de 2.300 metros cuadrados.
- En el año de 1.978 se construye el Teatro Prometeo con su frente hacia la Av. 6 de Diciembre.
- En 1.984 se inaugura el Edificio de la Imprenta ubicado en la parte posterior del Edificio de Administración.

## I.2. DISPOSICION Y CONSTITUCION DE INMUEBLES

La figura N° 1 describe la disposición física de los inmuebles que anteriormente se han anotado.



AV. 6 DE DICIEMBRE.

Figura Nº 1: Implantación general de las edificaciones de la Casa de la Cultura Ecuatoriana

A continuación se detalla cada una de las edificaciones y la forma en que están constituidas:

### I.2.1. Edificio Oval

El Edificio Oval está habilitado en tres grandes sectores (Figura Nº 2), a saber:

#### Sector Nº 1:

Está constituido por subsuelo (Nivel + 9.50), planta baja (N.+ 12.50) y dos plantas altas (N.+ 16.00 y N. + 19.50).

En el subsuelo funciona la bodega de libros y sala para lectores correspondientes a la Biblioteca Nacional "Eugenio Espejo"; en la planta baja se tiene el acceso principal, el museo de ciencias naturales, la radioemisora de la CCE y halls abiertos para exposiciones y ferias; en la primera planta alta tienen cabida la sala principal de lectura de la Biblioteca Nacional, Galería "Vicente Medina", y el Auditorio "Jorge Icaza".

#### Sector Nº 2:

Está constituido por planta baja (N.+ 10.50) y dos plantas altas (N.+ 16.00 y + 19.50). La planta baja se destina para exposiciones y ferias, y en las dos plantas altas funciona el Museo Sur del edificio, que está integrado por lo siguiente: Sala "Diógenes Paredes", Sala "Pedro Traversari", Sala "José Enrique Guerrero", Museo de fotografía y un salón de exposiciones.

#### Sector Nº 3:

La constitución física y su funcionalidad son similares al sector Nº 2, esto es áreas abiertas para exposiciones

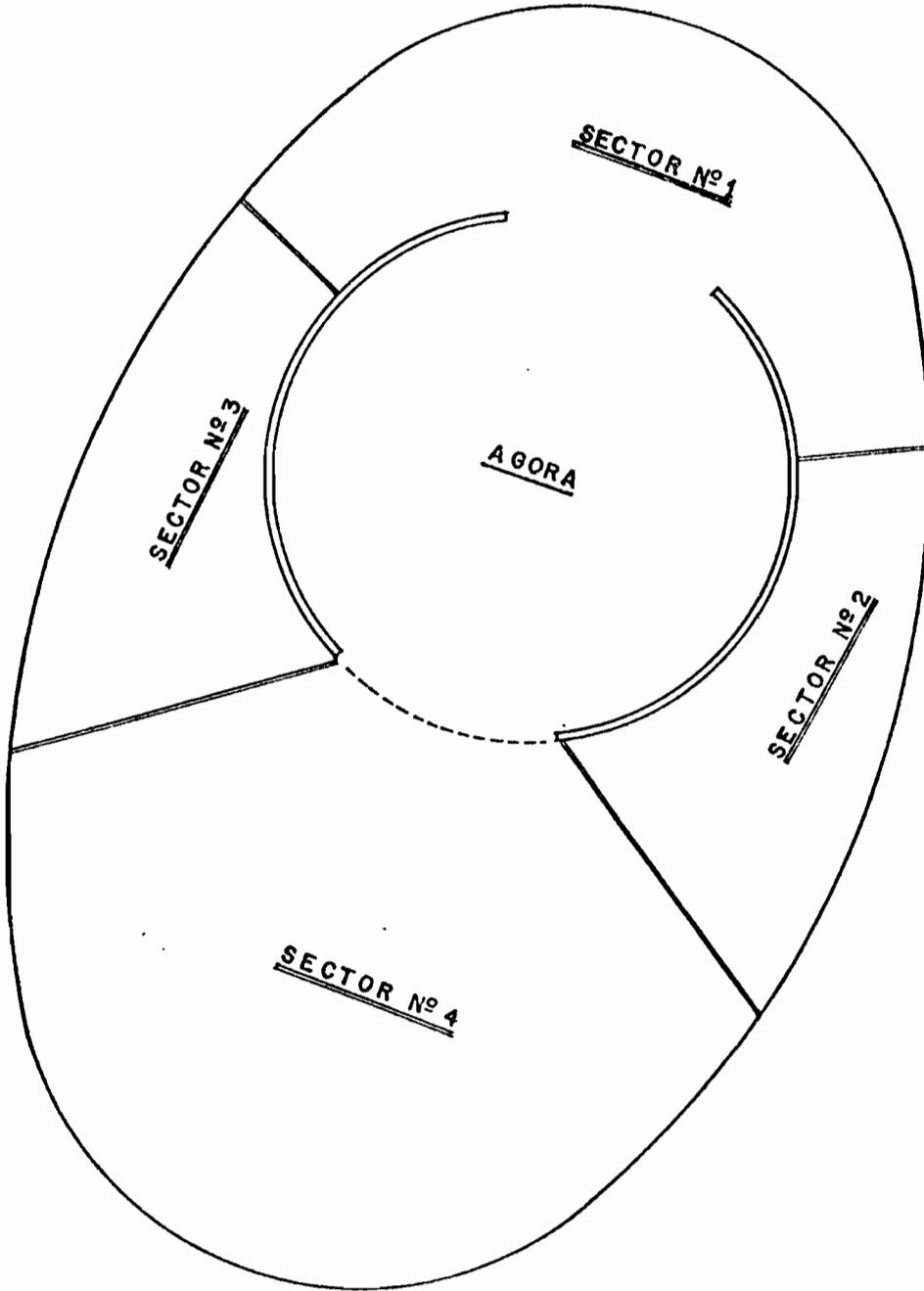


Figura Nº 2: Sectores del Edificio Oval

en la planta baja y las dos plantas altas son el Museo Norte con las salas que se detallan: Sala "Joaquín Pinto" Sala "Pedro León", Museo "Ernesto Albán", Sala "Manuel Rendón", salón de exposiciones y oficinas.

#### I.2.2. Edificio de la Imprenta

Consta de una sola planta en la que se tienen oficinas de regencia, secretaría, diagramación y dibujo, cámara obscura, procesamiento y revelado; además se tienen bodega, vestidores, subestación eléctrica (CTe-4), taller de mecánica, cuarto de máquinas y una gran área de un solo ambiente en la cual funcionan la sala de máquinas de encuadernación, sala de prensas, guillotina y acabados.

#### I.2.3. Teatro Prometeo

Está constituido por el escenario y la platea en el mismo ambiente, cabina de control de iluminación y sonido, camerinos, oficinas y hall de acceso, todo en una sola planta.

#### I.2.4. Edificio de Administración

El edificio de administración está constituido por tres plantas: subsuelo, planta baja y planta alta.

En el subsuelo tienen cabida oficinas, bodegas, taller gráfico, subestación de transformación (CTe-6), almacén y el Aula "Benjamín Carrión".

La planta baja está destinada a oficinas de presidencia, secretaría, relaciones públicas, tesorería, departamento financiero; funcionan además la biblioteca "Laura de Crespo", sala de exposiciones "Miguel de Santiago", Sala "Jorge Icaza" y sede social con bodega y repostería.

En la planta alta se encuentran oficinas, bodegas, cine-

matecá, sala de proyección, centro de documentos, archivo nacional de historia y el aula "Oscar Vargas".

### I.3. PROYECCION DE CRECIMIENTO EN RELACION A INMUEBLES Y/O IMPLEMENTACION DE EQUIPOS

En cuanto al crecimiento de inmuebles, al momento se tiene en fase de construcción el conjunto que constituye el sector N° 4 (Figura N° 2) y con el que se concluye el Edificio Oval; en dicho sector tiene primordial importancia la edificación del nuevo Teatro "Jaime Roldós A." pero además se tendrán otras áreas conforme se van a detallar:

El sector N° 4 se divide en 4 bloques de construcción con las siguientes características (Figura N° 3):

#### Bloque I:

Constituído por el escenario del Teatro y que comprende además en varias plantas: foso elevador para orquesta, preparación escénica, depósito de parlantes, concha acústica, cuarto de máquinas, vestidor, baterías sanitarias, palcos para el público, área de proyectores, taller y depósito de traje, depósitos, oficinas, cuarto de mecánica, centro de transformación y banco de dimers (CT-2), área para director de escena, control de iluminación, proyección, sonido y televisión.

#### Bloque II:

Es la parte frontal de ingreso y está constituído por grandes halls de acceso a las varias localidades del Teatro.

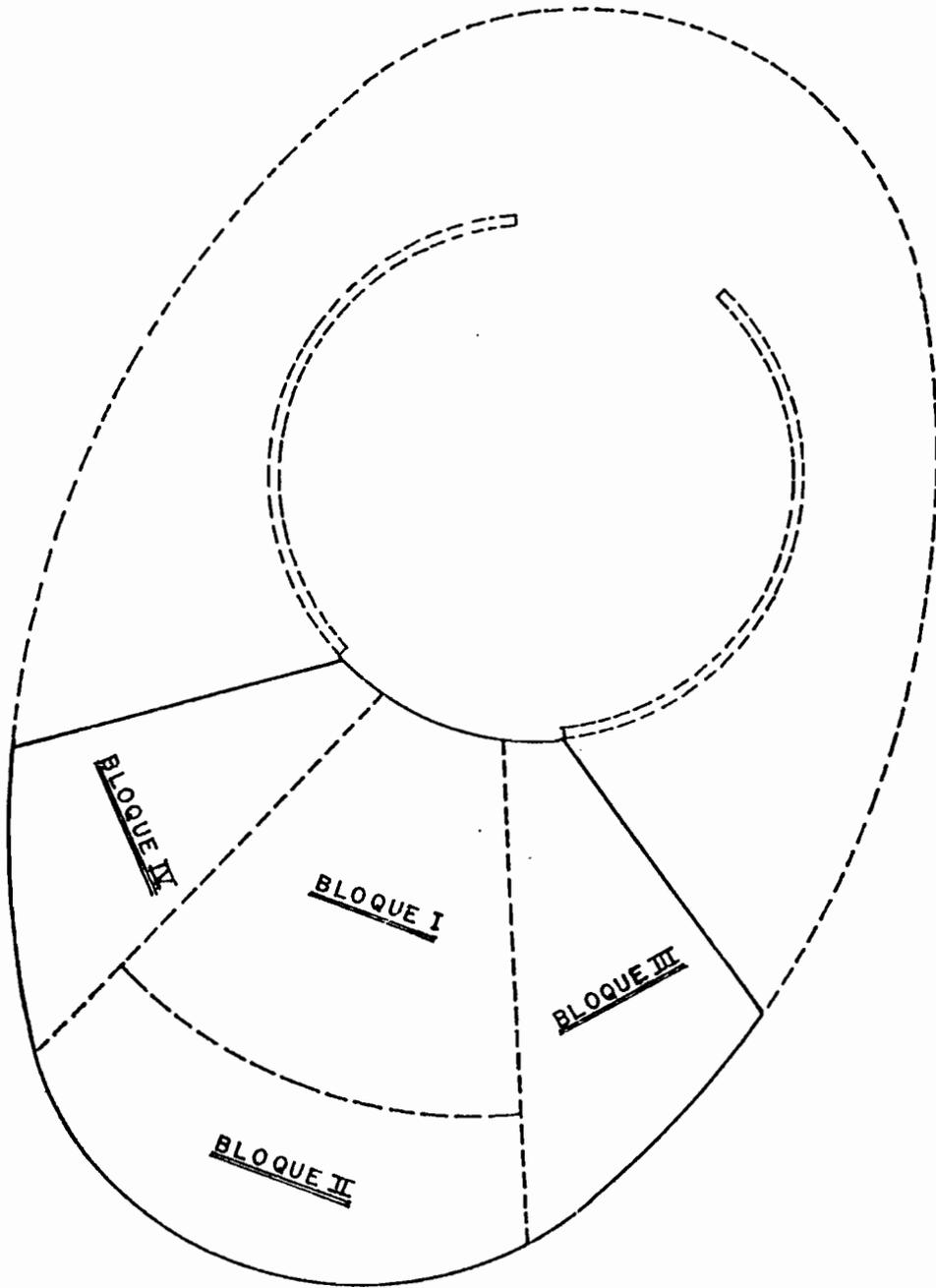


Figura Nº 3: Divisiones del Sector Nº 4 del Edificio Oval

### Bloque III:

Ubicado hacia el costado sur, está compuesto de varias plantas destinadas a taquilla, vestíbulo de taquilla, caja, director de taquilla, administración, vestíbulo de administración, director administrativo, secretaría, seguridad, camerino de tramoyistas, taller de escena, equipo de sonido, director de espectáculo, dibujante de traje, director de proyectos, director de facilidades del teatro, biblioteca, vestíbulo, sala de conferencias, director de escena, director técnico, director de dibujo, depósitos, ensayo de teatro, escuela de teatro, museos.

### Bloque IV:

Con una ubicación opuesta al bloque III, al costado norte, estará constituido por varias plantas en las cuales tendrán cabida el control de sonido e iluminación del Agora, camerinos, museo abierto, cisterna, sala de conferencias, hall del museo, lavandería, baterías sanitarias, balcón de sala de conferencias, proyección.

Como se ha indicado antes, los inmuebles descritos cierran el Edificio Oval y conforman en la parte circular central el Agora, es decir el teatro al aire libre que igualmente está en fase de culminación y cuya ubicación del escenario es contigua a la del escenario del Teatro, teniéndose en el resto del área descubierta el graderío para el público asistente.

Añadido a lo descrito se está construyendo en el sector suroriental de los terrenos, un bloque subterráneo de baterías sanitarias para servicio del público.

En cuanto a proyecciones futuras inmediatas en relación a inmuebles, los proyectistas de la obra han puntualizado que es de interés de la Casa de la Cultura Ecuatoriana construir en dichos terrenos lo siguiente:

- Estacionamientos vehiculares subterráneos en el costado nororiental de los terrenos, con una superficie aproximada de 5.000 metros cuadrados.
- Un bloque de talleres y sistemas electromecánicos que se ubicará en el costado noroccidental de los terrenos y que servirá para la preparación y adecuación de los diferentes elementos que se utilizarán en la tramoya de las presentaciones teatrales, y una piscina contra incendios en el costado norte de los terrenos.

Como complemento de lo descrito anteriormente se preveé un diseño arquitectónico de los jardines y caminos peatonales de las áreas exteriores que circundan todas las edificaciones, así como también es firme la posibilidad de que se construya un gran domo para cubrir el área constituida por el Agora.

En cuanto tiene relación con la implementación de equipos o aparatos que requieren servicio eléctrico en los edificios existentes, se ha informado por funcionarios encargados de cada área las siguientes proyecciones:

- En el edificio de administración se están concluyendo trabajos de readecuación de varios locales, por lo que también se readecuarán para el efecto las instalaciones eléctricas, aunque ello significará una mínima proporción de aumento de carga.
- En el Teatro Prometeo se preveé aumentar varios aparatos de alumbrado para conseguir una mayor flexibilidad en la iluminación del escenario.
- En las áreas del edificio oval destinadas a museos, biblioteca y salas de lectura se incrementará también un número reducido de artefactos de alumbrado.
- En el edificio de la imprenta se proyecta el equipa-

miento futuro de maquinaria relativa a los fines que persigue y que se describirá más adelante.

- En las áreas exteriores se preveé la iluminación de jardines y circulación peatonal, así como también la iluminación decorativa de fachadas y de sectores arquitectónicamente destacables.

#### I.4. AREAS DE SERVICIO EN FUNCIONAMIENTO Y PROYECCIONES INMEDIATAS EN RELACION A SERVICIOS

En el edificio de administración se encuentran prestando servicio tanto los locales destinados a oficinas como las salas de exposición y aulas.

El teatro Prometeo viene funcionando de manera normal con programaciones preferentemente vespertinas y nocturnas.

La imprenta sirve a los autores nacionales en la edición de sus obras, previéndose que posteriormente entrarán en funcionamiento los servicios con revelador, plegadora, cámara obscura, guillotina trilateral, extractor de gases e insoladora.

En el edificio oval se tienen en servicio los siguientes locales:

Sector N<sup>o</sup> 1: Bodega de libros, museo de ciencias naturales, emisora, biblioteca nacional, salas de lectura, galería "Vicente Mena", auditorio "Jorge Icaza" y administración de la biblioteca.

Sector N<sup>o</sup> 2 y Sector N<sup>o</sup> 3: Las salas que conforman los museos y que corresponden a sur y norte respectivamente.

Las áreas abiertas en la planta baja de los tres secto-

res descritos no tienen un funcionamiento continuo a lo largo del año, presentándose esporádicamente ferias o exposiciones.

En cuanto a las proyecciones inmediatas de servicio en relación a los inmuebles que se encuentran en construcción, se preveé el funcionamiento del Teatro "Jaime Roldós A." con todas las actividades inherentes a él como son preparación de elementos en taller, adecuación de vestuario, objetivos de tramoya, taquilla, ensayo de teatro, preparación escénica, camerinos, coro, orquesta, etc., que se incluyen en los bloques I, II, III y IV del sector N° 4. Además, en los bloques III y IV se tendrán servicios adicionales entre los cuales se destacan los museos abiertos, escuela de teatro y oficinas administrativas.

De igual forma es inmediato el servicio que prestará el Agora que incluye áreas de control de iluminación y sonido, escenario, platea, taquillas e ingresos.

Junto a lo descrito deben considerarse los servicios que brindarán los estacionamientos vehiculares subterráneos, el bloque de talleres y sistemas electromecánicos, la piscina contra incendios y la conformación de las áreas exterioras con el fin de obtener un ambiente adecuado y propicio para la circulación fluida de público que asistirá a los diferentes espectáculos a presentarse.

#### I.5. DESCRIPCIÓN DE SUBESTACIONES EXISTENTES Y SUS ALI-MENTADORES

En la hoja N° 8 de planos constantes en anexo N° 1, se observa una implantación general de las edificaciones de la Casa de la Cultura Ecuatoriana y de las avenidas aledañas, en ella se han indicado las subestaciones existentes que

atienden con energía eléctrica de la siguiente manera:

I.5.1. Edificio Oval

- a.- Subestación subterránea, CTe-1, con transformador de 160 KVA, trifásico, relación: 6000-210/121 voltios, Dy5, que atiende el sector N° 1.
- b.- Subestación subterránea, CTe-2, con transformador de 112.5 KVA, trifásico, relación: 6000-210/121 voltios, Dy5, que atiende el sector N° 2.
- c.- Subestación subterránea, CTe-3, con transformador de 112.5 KVA, trifásico, relación: 6000-210/121 voltios, Dy5, que atiende el sector N° 3.

I.5.2. Edificio de la Imprenta

Subestación sobre el nivel del piso, CTe-4, con transformador de 150 KVA, trifásico, relación: 6000-210/121 voltios, Dy5.

I.5.3. Teatro Prometeo

Centro de transformación en poste, CTe-5, con transformador de 30 KVA, trifásico, relación: 6000-210/121 voltios, Dy5.

I.5.4. Edificio de administración

Subestación subterránea, CTe-6, con transformador de 45 KVA, trifásico, relación: 6000-210/121 voltios, Dy5.

Además dentro de los terrenos de la Casa de la Cultura se encuentran instalados:

- Centro de transformación en torre, CTe-7, con transformador

mador de 75 KVA, trifásico, relación: 6000-210/121 voltios, Dy5, que atiende los requerimientos de construcción del sector N° 4 del edificio oval.

- Centro de transformación en torre, CTe-8, con transformador de 45 KVA, trifásico, relación: 6000-210/121 voltios, Dy5, que atiende el servicio de alumbrado público del Parque El Ejido.

#### I.5.5. Recorrido de la red primaria existente

A continuación se detalla el recorrido y características de los conductores de la red primaria que alimentan las subestaciones descritas, anotándose que la nomenclatura utilizada para las estructuras es referida a las Normas para Sistemas de Distribución de la Empresa Eléctrica Quito:

- Desde el poste existente de hormigón armado, Pe26, que soporta red aérea primaria trifásica, 6.3 KV, con cable de cobre desnudo 3 x 1/0 AWG, que corre por la acera occidental de la Av. 12 de Octubre, se tiene una derivación subterránea con montaje tipo MNCl y cable tripolar de cobre aislado 8 KV, N° 2 AWG que ingresa a la subestación CTe-1 para alimentar el transformador de 160 KVA.
- Desde la subestación CTe-1 se tienen dos derivaciones con cable N° 4 AWG de iguales características, la primera que va hacia la subestación CTe-2 para alimentar el transformador de 112.5 KVA y la segunda que va hacia la subestación CTe-3 y alimenta un transformador igual.
- Desde la subestación CTe-2 se tiene una derivación con cable tripolar N° 4 AWG que va hacia la subestación CTe-4 y alimenta el transformador de 150 KVA.
- Desde el poste Pe25 existe una derivación aérea, trifá

sica, 6.3 KV, con alambre de cobre desnudo N° 6 AWG que apoyada en la postería de hormigón Pe27 a Pe37 avanza por los terrenos de la Casa de la Cultura para alimentar en primer lugar el centro de transformación CTe-5 de 30 KVA instalado en el poste Pe31.

- Desde el poste Pe32 la red aérea avanza hasta el paramento del edificio de administración en donde con montaje tipo MNCl se deriva a subterráneo con cable tripolar de cobre aislado 8 KV, N° 4 AWG, e ingresa hasta la subestación CTe-6 y alimenta el transformador de 45 KVA.
- La red aérea en los postes Pe33-Pe34 alimenta el centro de transformación CTe-7 de 75 KVA y luego en Pe35-Pe36 alimenta el centro de transformación CTe-8 de 45 KVA.

#### I.6. DETERMINACION DE OBJETIVOS

De los antecedentes anotados y de la descripción realizada tanto de inmuebles como de subestaciones eléctricas y sus alimentadores, se observa que debido al crecimiento paulatino de la infraestructura adecuada que le permite atender los requerimientos de la CCE-Núcleo de Pichincha, se han venido dispersando las instalaciones y centros de suministro motivados por las consideraciones de diseño en cada uno de los casos.

Añadido a ésto y debido a que en un plazo inmediato se concluirán los bloques del sector N° 4 que conforman el edificio oval en los cuales tendrá cabida el Teatro "Jaime Roldós A." y consiguientemente el Agora, se preveé una carga eléctrica adicional que demandará la construcción de un nuevo primario de alimentación, una nueva sub

estación y demás elementos constitutivos.

Es por ello que el presente trabajo de Tesis que está circunscrito a los inmuebles limitados por las avenidas 12 de Octubre, Patria y 6 de Diciembre y que son de propiedad de la Casa de la Cultura Ecuatoriana, propone un estudio de readecuación de las instalaciones de suministro de energía eléctrica en cuanto a redes primarias y transformadores, procediendo a realizar con ese fin un análisis cualitativo global de los servicios existentes, determinación de los parámetros adecuados para locales de funcionalidad especial como son museos, teatro, biblioteca, salas de conferencia, etc., registros de carga para determinar factores de demanda, determinación de la demanda para atender el nuevo Teatro e inmuebles adicionales, diseño de la nueva subestación, evaluación de necesidades del servicio emergente, interconexión de subestaciones existentes, protecciones, análisis de medición de energía para tarifación y recuperación de equipos actualmente en servicio de acuerdo a los resultados previamente obtenidos.

Como se puede colegir, el objetivo fundamental del estudio será la optimización del servicio eléctrico en los inmuebles de la Casa de la Cultura, persiguiendo de manera paralela a ello la reducción de inversiones y la recuperación de equipos y por consiguiente capitales, tarea que se vuelve imperativa en todos los niveles del quehacer socioeconómico en nuestro País.

## CAPITULO II

## DIAGNOSTICO CUALITATIVO DEL SERVICIO ELECTRICO

## II.1. DESCRIPCION DE INMUEBLES Y LOCALES ASIGNADOS PARA EL ANALISIS CUALITATIVO

Con la finalidad de evaluar fundamentalmente los locales e inmuebles destinados a usos especiales, no se considerarán en este estudio los locales tradicionales como son oficinas, halls, escaleras, etc., sino que se centrará de manera específica en aquellos que se indican a continuación:

- Edificio Oval: En este edificio se estudiará el comportamiento eléctrico en la Biblioteca Nacional "Eugenio Espejo", tanto en la sala de lectura (N.º 16.00), como en la bodega de libros y sala de lectura (N.º 9.50); en el museo de ciencias naturales (N.º 12.50), todos correspondientes al sector N.º 1.

En los sectores N.º 2 y N.º 3 se estudiarán los museos sur y norte respectivamente, que copan casi en su totalidad los sectores anotados. De esta manera se cubrirá cualitativamente el sector actualmente habilitado del edificio oval.

- A continuación se hará un análisis del edificio de la Imprenta, del teatro Prometeo y del aula "Benjamín Carrión", éstos últimos destinados a eventos culturales y artísticos.

II.1.1. Edificio Oval

Sector N.º 1

Biblioteca Nacional "Eugenio Espejo":

Sala de lectura (N.† 16.00)

Ubicada como se indica en la segunda planta del Sector N° 1, constituye el área fundamental de la biblioteca pues es el sector más espacioso para la sala de lectores, teniendo en su parte central varios estantes de libros.

Las mesas para los lectores se encuentran en su mayor parte situadas bajo iluminación fluorescente tipo blanco "cálido", con el cielo raso falso a una altura de 2.5 m.

Biblioteca Nacional "Eugenio Espejo":

Sala de lectura y bodega de libros (N.† 9.50)

Se encuentran ubicados en el subsuelo del sector N° 1 y su mayor parte ha sido destinada a bodega de libros, revistas, periódicos, documentos y otras publicaciones por lo que en ella se encuentran gran cantidad de estantes; el resto del área se ha destinado a sala de lectura.

La altura del cielo raso en este local es de 2.10 m. teniendo iluminación fluorescente tipo blanco "luz del día" en toda el área.

Museo de ciencias naturales (N.† 12.50)

Ubicado hacia el costado sur del acceso principal, constituye una de las principales atracciones para los visitantes debido a la gran cantidad de muestras que en él se encuentran, lo que ha determinado un aumento en cuanto a escaparates y vitrinas para la exposición.

Las áreas de circulación y un pequeño auditorio se encuentran iluminadas con luz fluorescente tipo blanco "cálido" instaladas a una altura de 2.80 m. y las muestras son iluminadas dentro de los escaparates.

## Sector Nº 2: Museo Sur (N.+ 16.00 y + 19.50)

En la segunda planta, el museo está constituido por la sa la "Diógenes Paredes" que corresponde a pintura y escultura; la iluminación proviene de luminarias fluorescentes tipo blanco "luz del día" instaladas a 2.80 m. de altura y de reflectores incandescentes orientables para ilumina ción localizada sobre los cuadros.

En la tercera planta se encuentra la sala "Pedro Traversari" que corresponde a instrumentos musicales, los cuales se encuentran en escaparates iluminados de manera individual con luz fluorescente tipo blanco "luz del día" dentro de cada uno de ellos; para las áreas de circula ción existe además luz fluorescente instalada en el cie lo raso.

## Sector Nº 3: Museo Norte (N.+ 16.00 y N.+ 19.50)

En la segunda planta de este museo se encuentran las sa las "Joaquín Pinto" y "Pedro León" y corresponden a mues tras de pintura; en el nivel superior se encuentra la sa la "Manuel Rendón" y en él se exponen muestras de arte folclórico de nuestro País. Las alturas de instalación de las luminarias, éstas y su disposición son similares a las del museo sur.

II.1.2. Edificio de la Imprenta

La Imprenta de manera fundamental está constituida por el área de máquinas ubicada en un solo ambiente y cuya ilu minación proviene de artefactos fluorescentes tipo blanco "luz del día" instalados a una altura de 4.0 m.

II.1.3. Teatro Prometeo

En el teatro Prometeo se encuentra instalada sobre el es

cenario, a una altura de 5.0 m., una parrilla soporte de luminarias constituídas por reflectores; las áreas de circulación son iluminadas por artefactos incandescentes instalados de manera que en ellas la iluminación sea indirecta.

#### II.1.4. Aula Benjamín Carrión

El aula "Benjamín Carrión" que constituye una muestra típica de los locales utilizados para conferencias y otros actos culturales dentro del edificio de administración, está compuesto por un pequeño escenario en el nivel más bajo del local y la platea que se desarrolla en varios niveles.

El escenario se ilumina mediante luz incandescente proveniente de reflectores orientables y de luz fluorescente, y la platea tiene luz incandescente en los sectores laterales y de circulación, y luz fluorescente en la parte central, ambas de tipo indirecto.

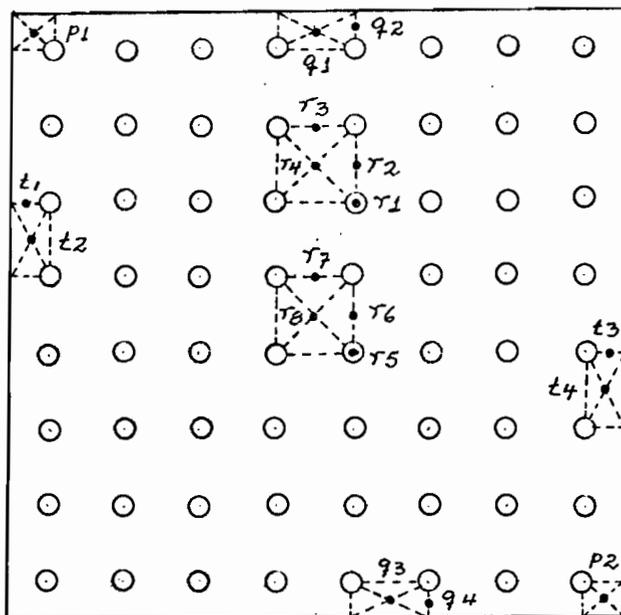
## II.2. MEDICION DE NIVELES DE ILUMINACION EN LOS DIVERSOS AMBIENTES

Para la determinación de los niveles de iluminación en los diversos ambientes, se ha seguido el procedimiento señalado en IES LIGHTING HANDBOOK <sup>(1)</sup> que prescribe la forma en la que han de tomarse las mediciones conforme la disposición de las luminarias en el local a ser examinado y teniendo el instrumento sensor de luz a una altura de 76 cm. sobre el piso, con su base asentada de manera horizontal sobre un mueble o soporte adecuado para el efecto.

Es así como para la figura N° 4, el procedimiento a se-

guir es el indicado a continuación:

Figura N° 4: Area regular con luminarias simétricamente espaciadas en dos o más filas.



- 1.- Tomar lecturas en los puntos  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$  y  $r_4$  para un típico vano interior. Repetir en los puntos  $r_5$ ,  $r_6$ ,  $r_7$ ,  $r_8$  para un vano típico central. Promediar las 8 lecturas; dicho promedio es  $R$  en la ecuación (2.1) indicada más adelante.
- 2.- Tomar lecturas en los puntos  $q_1$ ,  $q_2$ ,  $q_3$  y  $q_4$  en dos típicos medios vanos en cada lado del área examinada. Promediar las 4 lecturas; dicho promedio es  $Q$  en la ecuación (2.1).
- 3.- Tomar lecturas en los puntos  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  y  $t_4$  en dos típicos medios vanos en cada final del área examinada. Promediar las 4 lecturas; dicho promedio es  $T$  en la ecuación (2.1).

- 4.- Tomar lecturas en los puntos p1 y p2 en dos esquinas típicas. Promediar las 2 lecturas; este promedio es P en la ecuación (2.1).
- 5.- Determinar la iluminación promedio en el área mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Iluminación promedio} = \frac{R(N-1)(M-1) + Q(N-1) + T(M-1) + P}{NM}$$

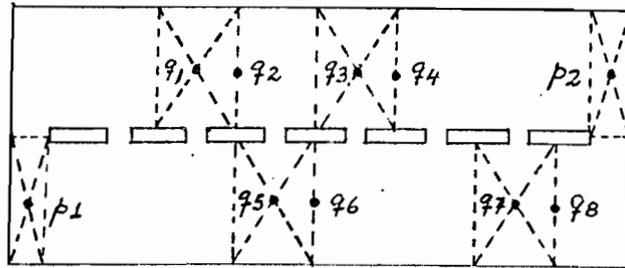
Ecuación 2.1, donde:

M= Número de filas

N= Número de luminarias por fila

Y para la disposición de luminarias indicada en la figura N° 5, se prescribe:

Figura N° 5: Área regular con una fila simple de luminarias individuales.



- 1.- Tomar lecturas en los puntos q1 hasta q8 en 4 típicos medios vanos localizados dos en cada lado del área. Promediar las 8 lecturas; este promedio es Q en la ecuación (2.2) escrita abajo.
- 2.- Tomar lecturas en los puntos p1 y p2 en dos esquinas típicas. Promediar las 2 lecturas; este promedio es P en la ecuación (2.2).
- 3.- Determinar la iluminación promedio en el área mediante la ecuación siguiente:

$$\text{Iluminación promedio} = \frac{Q(N-1)+P}{N} \quad \text{Ec. (2.2)}$$

donde N = Número de luminarias.

La configuración y disposición de las luminarias en la biblioteca nacional "Eugenio Espejo", en los museos sur y norte y en la imprenta corresponden a las de la figura N° 4, en tanto que las luminarias en el auditorio del museo de ciencias naturales tienen la disposición indicada en la figura N° 5. Por tanto para cada caso el procedimiento de medición y determinación de niveles de iluminación será el que se ha señalado.

El teatro Prometeo y el aula "Benjamín Carrión" por ser casos particulares se los comentará independientemente.

En consecuencia se presentan a continuación los datos de medición obtenidos con un medidor de nivel de iluminación con sensor fotocélula de selenio, marca Simpson, modelo 408, y sus resultados:

II.2.1. Edificio Oval

Sector Nº 1:

Tabla Nº 1: Biblioteca Nacional "Eugenio Espejo"  
Sala de lectura (2a. planta N.º 16.00)  
Nivel de iluminación

Punto de medición	Nivel de iluminación (lux)	Promedio	Nivel de iluminación promedio (lux)
			sg. ec. 2.1 M = 3      N = 15
r1	482	R= 543	438
r2	524		
r3	570		
r4	560		
r5	549		
r6	570		
r7	527		
r8	560		
q1	334	Q= 257	
q2	285		
q3	206		
q4	204		
t1	352	T= 336	
t2	384		
t3	285		
t4	323		
p1	209	P= 237	
p2	264		

Tipo de lámpara: Fluorescente tipo blanco "cálido", 2x40 watos por luminaria con difusor acrílico.

Edad: 5 años.

Tabla Nº 2: Biblioteca Nacional "Eugenio Espejo"  
 Sala de lectura (Subsuelo N.º 9.50)  
 Nivel de iluminación

Punto de medición	Nivel de iluminación (lux)	Promedio	Nivel de iluminación promedio (lux) sg. ec. 2.1	
			M = 6      N = 9	
r1	325	R = 298	284	
r2	313			
r3	298			
r4	285			
r5	315			
r6	308			
r7	274			
r8	268			
q1	284	Q = 266		284
q2	266			
q3	270			
q4	245			
t1	213	T = 217	284	
t2	195			
t3	238			
t4	220			
p1	192	P = 198		
p2	204			

000000

Tabla N° 3: Biblioteca Nacional "Eugenio Espejo"  
 Bodega de libros (Subsuelo N.† 9.50)  
 Nivel de iluminación

En la bodega de libros se han realizado varias mediciones en sitios tomados al azar. En los datos que constan abajo, cada pareja de ellos corresponde a dos mediciones hechas en la misma fila de estantes.

Nº de Fila	1a. medición (lux)	2a. medición (lux)
1	33	29
2	53	31
3	26	36
4	47	31
5	139	28
6	148	113
7	171	165
8	153	164
9	62	48
10	43	76

Tipo de lámpara: Fluorescente tipo blanco "luz del día",  
 lx40 watos por luminaria, con difusor  
 acrílico.

Edad: 5 años.

Tabla Nº 4: Museo de ciencias naturales  
Auditorio  
Nivel de iluminación

Punto de medición	Nivel de iluminación (lux)	Promedio	Nivel de iluminación promedio (lux)
			sg. ec. 2.2 N = 5
q1	126	Q = 123	117
q2	107		
q3	138		
q4	141		
q5	132		
q6	143		
q7	100		
q8	93		
p1	99	P = 95	
p2	90		

Tipo de lámpara: Fluorescente tipo blanco "cálido", 2x40 watos por luminaria con difusor acrílico.

Edad: 3 años.

Tabla Nº 5: Museo de ciencias naturales  
 Escaparates para muestras  
 Niveles de iluminación

Los datos que constan abajo son los valores medidos en varios escaparates con el instrumento sensor a la altura de las muestras.

Nº de muestra	Altura sobre el piso (m)	Nivel de iluminación (lux)
1	1.70	231
2	1.30	61
3	1.30	37
4	1.20	480
5	1.40	371
6	0.70	57
7	1.45	81
8	1.30	50
9	1.40	550
10	1.40	383
11	1.40	339
12	1.45	229
13	1.40	590

Tipo de lámpara: Fluorescente tipo blanco "luz del día",  
 1x40 waticos en cada escaparate.

Edad: 2 años.

## Sector Nº 2

Tabla Nº 6: Museo Sur (2a. planta N.+ 16.00)

Area general

Nivel de iluminación

Punto de medición	Nivel de iluminación (lux)	Promedio	Nivel de iluminación promedio (lux) sg. ec. 2.1	
			M = 3    N = 28	
r1	421	R = 438	399	
r2	431			
r3	442			
r4	466			
r5	430			
r6	436			
r7	422			
r8	456			
q1	308	Q = 337	399	
q2	327			
q3	362			
q4	352			
t1	377	T = 294		399
t2	363			
t3	215			
t4	222			
p1	224	P = 199	399	
p2	173			

Tipo de lámpara: Fluorescente tipo blanco "luz del día",  
2x40 watos por luminaria con difusor a  
crílico.

Edad: 4 años.

Tabla N° 7: Museo Sur (2a. planta N.º 16.00)

Niveles de iluminación sobre cuadros con iluminación dirigida

Los datos que se señalan han sido medidos sobre cuadros tomados al azar en varios sitios de la sala.

Muestra N°	Altura sobre el piso (m)	Nivel de iluminación (lux)
1	1.50	990
2	1.50	1141
3	1.50	624
4	1.45	463
5	1.20	678
6	1.40	608

Tipo de lámpara: Además de la indicada para iluminación general de la sala se tiene reflectores de luz incandescente de 150 wattios dirigidos hacia las muestras.

Edad: 4 años.

Sector Nº 3:

Tabla Nº 8: Museo Norte (2a. planta N.+ 16.00)

Area general

Nivel de iluminación

Punto de medición	Nivel de iluminación (lux)	Promedio	Nivel de iluminación promedio (lux) sg. ec. 2.1
			M = 3    N = 29
r1	475	R = 430	382
r2	468		
r3	407		
r4	424		
r5	398		
r6	422		
r7	447		
r8	395		
q1	350	Q = 292	
q2	331		
q3	228		
q4	259		
t1	313	T = 371	
t2	352		
t3	376		
t4	444		
p1	313	P = 260	
p2	206		

Tipo de lámpara: Fluorescente tipo blanco "luz del día",  
2x40 watos por luminaria con difusor a  
crílico.

Edad: 4 años.

Tabla N° 9: Museo Norte (2a. planta N.† 16.00)

Niveles de iluminación sobre cuadros con iluminación dirigida.

Los datos que se señalan han sido medidos sobre cuadros tomados al azar, en varios sitios de la sala.

Muestra N°	Altura sobre el piso (m)	Nivel de iluminación (lux)
1	1.45	508
2	1.50	538
3	1.50	603
4	1.40	560
5	1.45	640
6	1.50	667

Tipo de lámpara: Además de la indicada para iluminación general de la sala se tiene reflectores de luz incandescente de 150 wátios dirigidos hacia las muestras.

Edad: 4 años

II.2.2. Edificio de la imprenta

Tabla N° 10: Imprenta - Sala de máquinas  
Nivel de iluminación general

Punto de medición	Nivel de iluminación (lux)	Promedio	Nivel de iluminación promedio (lux) sg. ec. 2.1
			M = 6    N = 5
r1	796	R = 779	847
r2	710		
r3	936		
r4	699		
r5	807		
r6	850		
r7	764		
r8	667		
q1	710	Q = 718	
q2	775		
q3	624		
q4	764		
t1	839	T = 1130	
t2	829		
t3	1334		
t4	1517		
p1	1367	P = 1297	
p2	1227		

Tabla N° 11: Edificio de la imprenta  
Niveles de iluminación sobre maquinaria

Máquina o mueble	Niveles de iluminación (lux)
Prensa modelo 72-ZP	759
Prensa modelo 102-ZP	775
Mesas de arreglo	861
Guillotina	742
Encuadernación	904

Tipo de lámpara: Fluorescente tipo blanco "luz del día",  
2x110 watos por luminaria, sin difusor.

Edad: 3 años.

### II.2.3. Teatro Prometeo y Aula "Benjamín Carrión"

El Teatro Prometeo y el Aula "Benjamín Carrión" constituyen locales que en cuanto a iluminación tienen un comportamiento muy variado debido a que aquella depende de las necesidades que demande el evento o espectáculo que se presenta en cada uno de ellos.

Sin embargo y durante los entreactos se han realizado varias mediciones del nivel de iluminación en áreas de circulación y en sectores del auditorio tomados al azar; además durante una conferencia se han realizado mediciones en el escenario del aula "Benjamín Carrión". A continuación se presentan los datos de medición y su promedio.

Tabla Nº 12: Teatro Prometeo  
Niveles de iluminación durante entreactos

Medición Nº	Nivel de iluminación (lux)	Promedio (lux)
1	26	32
2	34	
3	19	
4	57	
5	17	
6	24	
7	51	
8	30	
9	37	
10	20	
11	25	
12	46	

Tipo de lámpara: incandescente de varias potencias (60-150 wátios).

Edad: 5 años

Tabla Nº 13: Aula "Benjamín Carrión"

Niveles de iluminación durante entreactos

Medición Nº	Nivel de iluminación (lux)	Promedio (lux)
1	34	36
2	62	
3	68	
4	20	
5	23	
6	25	
7	51	
8	54	
9	41	
10	14	
11	15	
12	37	
13	24	

Tipo de lámpara: incandescente y fluorescente

Edad: 8 años

Tabla Nº 14: Aula "Benjamín Carrión"

Nivel de iluminación en el escenario

Medición Nº	Nivel de iluminación (lux)	Promedio (lux)
1	98	163
2	115	
3	79	
4	204	
5	252	
6	232	

Tipo de lámpara: incandescente y fluorescente

Edad: 8 años.

### II.3. COMPARACION CON LOS VALORES REQUERIDOS Y/O RECOMENDADOS EN NORMAS

Para evaluar cualitativamente los valores de nivel de iluminación medidos se han tomado como referencia los valores mínimos recomendados por IES LIGHTING HANDBOOK (1) y por LUMINOTECNIA (CEAC) (2), que se consideran al respecto como normalizados. La tabla que se indica abajo muestra esa comparación de valores.

Tabla Nº 15: Comparación de niveles de iluminación medidos y valores mínimos recomendados

Nº	L O C A L	NIVEL DE ILUMINACION (LUX)		
		MEDICION	IES LIGHTING HANDBOOK	LUMINOTECNIA (CEAC)
1	BIBLIOTECA - SALA DE LECTURA (N. 16.00)	438	320	300
2	BIBLIOTECA - SALA DE LECTURA (N. 8.50)	284	320	300
3	BIBLIOTECA - BODEGA DE LIBROS (N. 8.50)	26-171	54	100
4	MUSEO DE CIENCIAS NATURALES - AUDITORIO	117	160	200
5	MUSEO DE CIENCIAS NATURALES - ESCAPARATES	37-590		500
6	MUSEO SUR (N. 16.00) - GENERAL	399	320	100
7	MUSEO SUR - CUADROS	463-1141	320	100
8	MUSEO NORTE (N. 16.00) - GENERAL	382	320	100
9	MUSEO NORTE - CUADROS	508-667	320	100
10	IMPRESA: SALA DE MAQUINAS - GENERAL	847		200
11	PRENSA 1	759	750	500
12	PRENSA 2	775	750	500
13	MESA DE ARREGLOS	861		700
14	GUILLOTINA	742		300
15	ENCUADERNACION	904	540	200
16	PROMETEO - ENTREACTOS	32	54	100
17	AULA BENJAMIN CARRION - ENTREACTOS	36	54	100
18	AULA BENJAMIN CARRION - ESCENARIO	163		200

En la tabla precedente se observa que los locales correspondientes a los N<sup>o</sup>s. 2, 4, 16, 17 y 18 no alcanzan los valores recomendados, sin embargo se considera que los valores medidos no son críticos y que más bien se aproximan a aquellos, reconociendo además que los niveles de iluminación de entreactos en el Teatro Prometeo y el Aula Benjamín Carrión podrían elevarse fácilmente de acuerdo a las necesidades, orientando reflectores giratorios que se encuentran instalados en ellos.

En cuanto al resto de locales o sobre equipos, se puede ver que los niveles de iluminación medidos en ellos superan a los valores recomendados llegándose a concluir de manera general que dichos niveles cumplen con los requerimientos que han sido establecidos por Instituciones con reconocimiento internacional.

Es de anotar sin embargo, la acentuada diferencia de niveles medidos entre los estantes de la bodega de libros (subsuelo), hecho que se corregiría al reubicar la posición de las luminarias de acuerdo a la ubicación de los estantes, pues al momento se observa descoordinación al respecto.

Así mismo se tienen variados niveles de iluminación sobre los cuadros de los museos (N.º 16.00) y en los escaparates del museo de ciencias naturales, hecho que se considera normal por la necesidad de mostrar al espectador con trastes estéticos o destacar alguna obra o muestra del grupo general.

Las vitrinas o escaparates restantes ubicados en la tercera planta de los museos sur y norte con instrumentos musicales y muestras de folclore respectivamente, tienen en cuanto a iluminación una instalación similar a las muestras del museo de ciencias naturales es decir con lámparas fluorescentes dentro de las vitrinas además de ilumi

nación general, por lo que se considera que el nivel de iluminación en ellos es el adecuado.

#### II.4. DETERMINACION DE FACTORES DE DEMANDA EN LOCALES DE FUNCIONALIDAD ESPECIAL

En este numeral se realizará el estudio para la determinación de factores de demanda reales que se presentan en los varios locales de la Casa de la Cultura Ecuatoriana considerados de funcionalidad especial como son los siguientes:

- Edificio Oval:

Sector Nº 1: Biblioteca Nacional "Eugenio Espejo"

Subsuelo, 2a. y 3a. plantas.

Sector Nº 2: Museo Sur

2a. y 3a. plantas.

Sector Nº 3: Museo Norte

2a. y 3a. plantas.

- Edificio de la Imprenta

- Teatro Prometeo

La finalidad de este estudio es ponderar, en este tipo de locales, el comportamiento de la carga eléctrica en función de la carga instalada y compararlo con valores de referencia establecidos por normas o regulaciones de alcance internacional para evaluar su condición.

##### II.4.1. Factor de demanda

Como factor de demanda se define <sup>(3)</sup> a la relación de la demanda máxima de un sistema al total de la carga instalada del sistema.

Así mismo, el factor de demanda de una parte del sistema puede ser definida como la relación de la demanda máxima de la parte del sistema al total de la carga instalada de la parte del sistema en consideración.

$$\text{Entonces: } F_d = \frac{\text{Demanda máxima}}{\text{Carga instalada total}}$$

En consecuencia para la determinación de los factores de demanda reales es necesario disponer de los valores de demanda máxima y de carga instalada total.

Para la obtención de la demanda máxima se ha procedido a registrar la carga eléctrica en cada uno de los locales a notados, realizándose mediante un registrador de carga marca Amprobe con cinta de papel (clase I) <sup>(3)</sup> la cual es impulsada continuamente mediante un mecanismo de reloj, mientras va siendo punzada por un estilete que graba los valores eficaces de corriente y voltaje; de dichos valores se obtendrá la demanda máxima.

Para los casos correspondientes a la biblioteca nacional, museo sur y museo norte, los registros se han realizado en cada una de las fases de los circuitos trifásicos de alimentación hacia ellos, tomando un período de demanda de 90 minutos que se inscribe dentro de las jornadas de atención normal de cada uno de los locales. El valor de demanda máxima se establece sobre intervalos de demanda de 15 minutos.

En cuanto a la Imprenta y al teatro Prometeo, debido al cercano equilibrio de fases, el registro se ha realizado en una sola de ellas y corresponde al circuito principal a la salida del secundario de los transformadores; el período de demanda es el de una jornada completa de trabajo estableciéndose el valor máximo de demanda sobre un intervalo de 15 minutos.

Los valores totales de carga instalada se han obtenido

por conteo del número de artefactos, equipos o salidas para servicio con su capacidad nominal continúa en cada uno de los locales.

A continuación se presentan tabulados para cada caso, en primer lugar los datos correspondientes a los registros de carga y el resultado de demanda máxima que en unidades de potencia es:

$$P = V I fp$$

donde V: Tensión en voltios

I: Corriente en amperios

fp: Factor de potencia (se asume en general un valor de 0.9)

Luego se indican los valores de carga instalada y finalmente en base a lo anterior se determinan los factores de demanda para su posterior evaluación.

#### II.4.2. Registros de carga y valores de demanda máxima

- Edificio Oval

.. Tabla Nº 16

Sector Nº 1: Biblioteca Nacional "Eugenio Espejo"

Subsuelo, 2a. y 3a. plantas

Registro de carga y demanda máxima

Hora de conexión: 16h00

Hora de desconexión: 17h30

Nº de circuitos de alimentación: 4

Cinta de registro de los 4 circuitos en anexo Nº 2

Circuito Nº 1 Tensión fase-neutro:121 V		Demanda máxima del intervalo (amperios)		
		Fecha de registro		
Intervalo de demanda Hora		870606	870608	870609
		Fase R	Fase S	Fase T
16.00	16.15	93	120	104
16.15	16.30	88	120	102
16.30	16.45	88	120	102
16.45	17.00	88	120	102
17.00	17.15	88	120	102
17.15	17.30	88	120	104

Circuito Nº 2 Tensión fase-neutro:121 V		Demanda máxima del intervalo (amperios)		
		Fecha de registro		
Intervalo de demanda Hora		870610	870611	870612
		Fase R	Fase S	Fase T
16.00	16.15	25	42	23
16.15	16.30	25	44	23
16.30	16.45	25	43	23
16.45	17.00	25	43	23
17.00	17.15	25	44	22
17.15	17.30	25	44	22

Circuito Nº 3 Tensión fase-neutro:121 V		Demanda máxima del intervalo (amperios)		
		Fecha de registro		
Intervalo de demanda Hora		870613	870615	870616
		Fase R	Fase S	Fase T
16.00	16.15	49	80	93
16.15	16.30	49	80	93
16.30	16.45	49	80	93
16.45	17.00	49	80	93
17.00	17.15	49	80	93
17.15	17.30	49	80	93

Circuito Nº 4 Tensión fase-neutro:121 V		Demanda máxima del intervalo (amperios)		
		Fecha de registro		
Intervalo de demanda Hora		870617	870618	870619
		Fase R	Fase S	Fase T
16.00	16.15	30	42	29
16.15	16.30	30	42	30
16.30	16.45	30	42	30
16.45	17.00	30	43	30
17.00	17.15	30	33	30
17.15	17.30	30	2	30

La demanda máxima ocurre en el intervalo de: 16h00 a 16h15 con los siguientes valores:

	Carga conectada (amperios)		
	R	S	T
Circuito Nº 1:	93	120	104
Circuito Nº 2:	25	42	23
Circuito Nº 3:	49	80	93
Circuito Nº 4:	<u>30</u>	<u>42</u>	<u>29</u>
Total:	197	284	249

Por tanto:

$$P_R = 121 \times 197 \times 0.9 = 21.453 \text{ watios}$$

$$P_S = 121 \times 284 \times 0.9 = 30.928 \text{ "}$$

$$P_T = 121 \times 249 \times 0.9 = \underline{27.116 \text{ "}}$$

$$\text{Demanda máxima: } 79.497 \text{ watios}$$

Tabla Nº 17

Sector Nº 2: Museo Sur

2a. y 3a. plantas

Registro de carga y demanda máxima

Hora de conexión: 09h00

Hora de desconexión: 10h30

Nº de circuitos de alimentación: 2

Cinta de registro de los 2 circuitos en anexo Nº 3

Circuito Nº 1 Tensión fase-neutro:123 V		Demanda máxima del intervalo (amperios)		
		Fecha de registro		
Intervalo de demanda Hora		870609	870610	870611
		Fase R	Fase S	Fase T
9.00	9.15	2	30	22
9.15	9.30	32	30	22
9.30	9.45	32	30	22
9.45	10.00	32	30	22
10.00	10.15	32	30	22
10.15	10.30	32	30	22

Circuito Nº 2 Tensión fase-neutro:123 V		Demanda máxima del intervalo (amperios)		
		Fecha de registro		
Intervalo de demanda Hora		870612	870613	870616
		Fase R	Fase S	Fase T
9.00	9.15	33	42	55
9.15	9.30	33	42	55
9.30	9.45	33	42	55
9.45	10.00	33	42	55
10.00	10.15	33	42	55
10.15	10.30	33	42	55

La demanda máxima ocurre en los intervalos de 09h15 a 10h30 con los siguientes valores:

	Carga conectada (amperios)		
	R	S	T
Circuito Nº 1:	32	30	22
Circuito Nº 2:	<u>33</u>	<u>42</u>	<u>55</u>
Total:	65	72	77

Por tanto:

$$P_R = 123 \times 65 \times 0.9 = 7.196 \text{ watios}$$

$$P_S = 123 \times 72 \times 0.9 = 7.970 \text{ "}$$

$$P_T = 123 \times 77 \times 0.9 = \underline{8.524 \text{ "}}$$

Demanda máxima: 23.690 watios

Tabla Nº 18

Sector Nº 3: Museo Norte

2a. y 3a. plantas

Registro de carga y demanda máxima

Hora de conexión: 09h00

Hora de desconexión: 10h30

Nº de circuitos de alimentación: 2

Cinta de registro de los 2 circuitos en anexo Nº 4

Circuito Nº 1 Tensión fase-neutro:123 V		Demanda máxima del intervalo (amperios)		
Intervalo de demanda Hora		Fecha de registro		
		870617 Fase R	870618 Fase S	870619 Fase T
9.00	9.15	71	57	57
9.15	9.30	71	53	60
9.30	9.45	73	57	58
9.45	10.00	75	53	55
10.00	10.15	75	57	54
10.15	10.30	75	50	55

Circuito Nº 2 Tensión fase-neutro:123 V		Demanda máxima del intervalo (amperios)		
Intervalo de demanda Hora		Fecha de registro		
		870620 Fase R	870623 Fase S	870624 Fase T
9.00	9.15	28	38	30
9.15	9.30	28	38	30
9.30	9.45	28	38	30
9.45	10.00	28	38	30
10.00	10.15	28	38	30
10.15	10.30	28	38	30

La demanda máxima ocurre en los intervalos de 09h30 a 09h45 con los siguientes valores:

	Carga conectada (amperios)		
	R	S	T
Circuito Nº 1:	73	57	58
Circuito Nº 2:	<u>28</u>	<u>38</u>	<u>30</u>
Total:	101	95	88

Por tanto:

$$P_R = 123 \times 101 \times 0.9 = 11.181 \text{ watios}$$

$$P_S = 123 \times 95 \times 0.9 = 10.517 \text{ "}$$

$$P_T = 123 \times 88 \times 0.9 = \underline{9.742 \text{ "}}$$

Demanda máxima: 31.440 watios

Tabla Nº 19

Edificio de la imprenta

Registro de carga y demanda máxima

Circuito de alimentación principal desde el transformador

Fecha de registro: 870130

Hora de conexión: 07h30

Hora de desconexión: 18h51

Tensión fase-neutro: 123 V.

Fase registrada: R

Cinta de registro en anexo Nº 5

Intervalo de demanda	Hora	Demanda máxima del intervalo (amperios)
07.30	07.45	8
07.45	08.00	4
08.00	08.15	4
08.15	08.30	4
08.30	08.45	35
08.45	09.00	32
09.00	09.15	39

Intervalo de demanda Hora		Demanda máxima del intervalo (amperios)
09.15	09.30	39
09.30	09.45	39
09.45	10.00	95
10.00	10.15	39
10.15	10.30	39
10.30	10.45	39
10.45	11.00	39
11.00	11.15	99
11.15	11.30	39
11.30	11.45	39
11.45	12.00	39
12.00	12.15	32
12.15	12.30	30
12.30	12.45	5
12.45	13.00	3
13.00	13.15	3
13.15	13.30	3
13.30	13.45	3
13.45	14.00	3
14.00	14.15	3
14.15	14.30	3
14.30	14.45	28
14.45	15.00	30
15.00	15.15	39
15.15	15.30	98
15.30	15.45	39
15.45	16.00	38
16.00	16.15	38
16.15	16.30	90
16.30	16.45	90
16.45	17.00	35
17.00	17.15	35
17.15	17.30	35
17.30	17.45	35
17.45	18.00	35

Intervalo de demanda Hora		Demanda máxima del intervalo (amperios)
18.00	18.15	35
18.15	18.30	35
18.30	18.45	3
18.45	18.51	3

La demanda máxima ocurre en el intervalo de 11h00 a 11h15 con el siguiente valor:

Fase R : 99 amperios

Por estar equilibradas las tres fases, se toma el mismo valor de carga para las fases S y T.

Por tanto:

$$\begin{aligned}
 \text{Demanda máxima} &= 3 V I_{fp} \\
 &= 3 \times 123 \times 99 \times 0.9 \\
 &= 32.878 \text{ wátios.}
 \end{aligned}$$

Tabla Nº 20

Teatro Prometeo

Registro de carga y demanda máxima

Circuito de alimentación principal desde el transformador

Fecha de registro: 870122

Hora de conexión: 11h20

Hora de desconexión: 20h46

Tensión fase-neutro: 121 V.

Fase registrada: S

Cinta de registro en anexo Nº 6

Intervalo de demanda Hora		Demanda máxima del intervalo (amperios)
11.20	11.30	50
11.30	11.45	50
11.45	12.00	24
12.00	12.15	24
12.15	12.30	24

Intervalo de demanda Hora		Demanda máxima del intervalo (amperios)
12.30	12.45	11
12.45	13.00	11
13.00	13.15	2
13.15	13.30	2
13.30	13.45	2
13.45	14.00	2
14.00	14.15	2
14.15	14.30	2
14.30	14.45	2
14.45	15.00	2
15.00	15.15	2
15.15	15.30	2
15.30	15.45	2
15.45	16.00	2
16.00	16.15	2
16.15	16.30	2
16.30	16.45	2
16.45	17.00	2
17.00	17.15	2
17.15	17.30	2
17.30	17.45	2
17.45	18.00	2
18.00	18.15	2
18.15	18.30	9
18.30	18.45	2
18.45	19.00	2
19.00	19.15	2
19.15	19.30	2
19.30	19.45	42
19.45	20.00	43
20.00	20.15	43
20.15	20.30	15
20.30	20.46	15

La máxima demanda ocurre en los intervalos de 19h30 a

11h45 con el siguiente valor:

Fase S : 50 amperios

Por estar equilibradas las tres fases, se toma el mismo valor de carga para las fases R y T.

Por tanto:

$$\begin{aligned} \text{Demanda máxima} &= 3 V I_{fp} \\ &= 3 \times 121 \times 50 \times 0.9 \\ &= 16.335 \text{ watos.} \end{aligned}$$

#### II.4.3. Detalle de carga instalada

Tabla Nº 21: Biblioteca Nacional "Eugenio Espejo"  
Carga Instalada

LOCAL	ARTEFACTO	POTENCIA (W)	CANTIDAD	POTENCIA TOTAL (W)
SUBSUELO (N. 8.50)	LUMINARIA FLUORESCENTE	40	412	16480
	MOTOR	1492	3	4476
	CALEFACTOR	2000	2	4000
	TOMACORRIENTE	150	5	750
2a. PLANTA (N. 16.00)	LUMINARIA FLUORESCENTE	2x40	182	14560
	TOMACORRIENTE	150	144	21600
	LAMPARA INCANDESCENTE	60	142	8520
3a. PLANTA (N. 19.50)	LUMINARIA FLUORESCENTE	2x110	12	2640
	LUMINARIA FLUORESCENTE	4x40	42	6720
	LUMINARIA FLUORESCENTE	2x40	26	2080
	LAMPARA INCANDESCENTE	100	12	1200
	CATETERA	2000	1	2000
	TOMACORRIENTE	150	27	4050

Carga instalada total: 89.076 W.

Tabla Nº 22: Museo Sur  
Carga instalada

LOCAL	ARTEFACTO	POTENCIA (W)	CANTIDAD	POTENCIA TOTAL (W)
2a. PLANTA (N. 16.00)	LUMINARIA FLUORESCENTE	2x40	146	11680
	REFLECTOR INCANDESCENTE	150	40	6000
	TOMACORRIENTE	150	73	10950
3a. PLANTA (N. 19.50)	LUMINARIA FLUORESCENTE	2x40	23	1840
	REFLECTOR INCANDESCENTE	150	19	2850
	TOMACORRIENTE	150	42	6300
	LUMINARIA FLUORESCENTE	110	47	5170
	LUMINARIA FLUORESCENTE	40	72	2880

Carga instalada total: 47.670 W.

Tabla Nº 23: Museo Norte  
Carga instalada

LOCAL	ARTEFACTO	POTENCIA (W)	CANTIDAD	POTENCIA TOTAL (W)
2a. PLANTA (N. 16.00)	LUMINARIA FLUORESCENTE	2x40	150	12000
	REFLECTOR INCANDESCENTE	150	41	6150
	TOMACORRIENTE	150	87	13050
3a. PLANTA (N. 19.50)	LUMINARIA FLUORESCENTE	2x40	23	1840
	REFLECTOR INCANDESCENTE	150	60	9000
	TOMACORRIENTE	150	52	7800
	LUMINARIA FLUORESCENTE	110	50	5500
	LUMINARIA FLUORESCENTE	40	26	1040

Carga instalada total: 56.380 W.

Tabla N° 24: Edificio de la Imprenta  
Carga instalada

Artefacto o equipo	Potencia (W)	Cantidad	Potencia Total (W)
Luminaria fluorescente	2x110	37	8.140
Luminaria fluorescente	40	1	40
Luminaria fluorescente	2x40	21	1.680
Lámpara incandescente	100	19	1.900
Lámpara incandescente	60	4	240
Tomacorriente	150	49	7.350
Bomba de agua	560	2	1.120
Fotocomposición	2.700	1	2.700
Montaje y procesado de planchas, y cámara	4.500	1	4.500
Calentador de agua	2.000	1	2.000
Guillotina polar	4.000	1	4.000
Cosedora	500	1	500
Prensa N° 1-GTO	1.500	1	1.500
Prensa N° 2-102ZP:	1.300		
	7.500		
	900		
	1.500		
	60		
	60		
	1.300	1	12.620
Prensa N° 3-72ZP:	1.800		
	9.000		
	900		
	370		
	60		
	60		
	300		
	150	1	12.640
Encuadernación:	1.500		
	1.500		
	1.500		
	1.500		

Artefacto o equipo	Potencia (W)	Cantidad	Potencia Total (W)
	3.000		
	1.100		
	1.100		
	650		
	1.500	1	13.350

Carga instalada total: 74.280 W.

Tabla Nº 25: Teatro Prometeo  
Carga instalada

LOCAL	ARTEFACTO	POTENCIA (W)	CANTIDAD	POTENCIA (W)
CABINA DE CONTROL	LAMPARA INCANDESCENTE	60	6	360
	REFLECTOR INCANDESCENTE	150	1	150
	TOMACORRIENTE	150	3	450
ESCENARIO	LAMPARA INCANDESCENTE	60	30	1800
	REFLECTOR INCANDESCENTE	500	36	18000
	REFLECTOR INCANDESCENTE	750	12	9000
	TOMACORRIENTE	150	21	3150

Carga instalada total: 32.910 W.

#### II.4.4. Factores de demanda de los locales en estudio

En aplicación del concepto de factor de demanda, se obtienen los siguientes resultados:

- Biblioteca Nacional "Eugenio Espejo"

$$Fd = \frac{\text{Demanda máxima}}{\text{Carga instalada}} = \frac{79.497 \text{ W}}{89.076 \text{ W}} = 0.89$$

- Museo Sur

$$Fd = \frac{23.690 \text{ W}}{47.670 \text{ W}} = 0.49$$

- Museo Norte

$$Fd = \frac{31.440 \text{ W}}{56.380 \text{ W}} = 0.55$$

- Edificio de la Imprenta

$$Fd = \frac{32.878 \text{ W}}{74.280 \text{ W}} = 0.44$$

- Teatro Prometeo

$$Fd = \frac{16.335 \text{ W}}{32.910 \text{ W}} = 0.49$$

## II.5. CONSIDERACIONES SOBRE LOS FACTORES DE DEMANDA RESPECTO A VALORES REFERENCIALES

Como se indicó al inicio, los factores de demanda que se han determinado corresponden a las áreas de servicio específico que se ha señalado como de funcionalidad especial, debido a que no constituyen de manera alguna ni tienen relación con edificaciones tradicionales como son áreas de vivienda o áreas destinadas a oficinas comúnmente estudiadas para obtener Factores de demanda.

Es por ésto que los locales antes mencionados no constan como tales en las diversas publicaciones que se han realizado con referencia al uso de Factores de demanda en el proceso de diseño para servicio eléctrico; se tiene sin embargo referencias que de manera general englobarían, a excepción de la imprenta, al resto de locales estudiados.

Es así como Archer E. Knowlton en el Manual del Ingeniero Electricista <sup>(4)</sup> señala que al considerar la carga eléctrica en el diseño de "Salas de espectáculos", el Factor de demanda que se aplica a dicha carga debe ser igual al 100%.

Así también el National Electrical Code (5) en su capítulo lo quinto, tabla 530-19(a) y que consta en el capítulo IV, numeral IV.3. de este trabajo, prescribe los factores de demanda para carga de iluminación de teatros y señala para un valor de carga instalada en watios de 50.000 o menos, dentro del cual se encasilla la carga que tiene el teatro Prometeo, un factor de demanda igual al 100%.

De acuerdo a lo que se anota se considera adecuado, por las características de los locales y por la densidad de personas que acuden a ellos, englobar dentro del grupo de "salas de espectáculos" tanto a la biblioteca nacional como a los museos sur y norte; en cuanto al teatro Prometeo, por su configuración física y área reducida debe también considerarse como una sala de espectáculo más bien que como un teatro.

Antepuestas estas consideraciones como premisa, es necesario comentar los resultados obtenidos para cada local con referencia a lo expresado.

#### - Biblioteca Nacional "Eugenio Espejo"

El factor de demanda determinado en ella ( $F_d=0.89$ ), es un valor que está de acuerdo con la referencia señalada, su aproximación con el valor propuesto para diseño traduce en teoría lo que en la práctica constituye el servicio que actualmente presta la biblioteca nacional convirtiéndose efectivamente en el local de mayor y permanente demanda de usuarios, demanda que obliga a los personeros de la CCE a poner en funcionamiento la casi totalidad del espacio disponible tendiendo consecuentemente la demanda eléctrica a igualar la capacidad instalada.

#### - Museo Sur y Museo Norte

Los factores de demanda determinados tanto para el Museo

Sur ( $Fd=0.49$ ) como para el Museo Norte ( $Fd=0.55$ ), son valores que no se mantienen estables sino que más bien corresponden a temporadas, las mismas que tienen relación con la producción artística y con la época del año pues de acuerdo a información de la Administración del Museo dicha producción se vuelve más fructífera o sale a la luz cuando el ambiente festivo domina la ciudad y es más probable la concurrencia de espectadores, sean éstos del lugar o turistas.

Esta mayor producción artística obliga a ocupar en exposiciones toda el área que corresponde a los Museos, produciéndose a la vez un incremento de la demanda eléctrica, hecho que no sucedía al momento de la medición realizada para el presente resultado pues se encontraron varios sectores no ocupados y consecuentemente sin servicio eléctrico.

Esto nos indica que efectivamente los valores de factor de demanda para estos locales tienen como referencia a aquel señalado en el inicio, pues es adecuado considerar que mientras el área de exposición de los Museos tienda a saturarse de muestras artísticas, el factor de demanda crecerá tendiendo a la unidad.

#### - Edificio de la Imprenta

En cuanto tiene relación con las instalaciones de la Imprenta, no se dispone de valores referenciales para evaluar de manera específica el factor de demanda obtenido en este trabajo, sin embargo la observación de los procesos que implica la elaboración de obras impresas muestra la alternabilidad en el funcionamiento de los varios equipos que constituyen la imprenta, por lo cual se considera que el factor de demanda determinado ( $Fd=0.44$ ), es un valor que refleja fielmente la forma de operación de la maquinaria en este tipo de labor como es la impresión

de libros.

- Teatro Prometeo

La evaluación del factor de demanda en el teatro Prometeo que como se señaló, para el efecto debería catalogarse lo como una sala de espectáculos, merece una consideración especial debido a que como la carga eléctrica instalada está constituida casi en su totalidad por artefactos para iluminación en el escenario (reflectores con luz de varios colores), su demanda máxima está en función de la conveniencia que para el mejor logro de la obra artística o entorno escénico pueda atribuírle al nivel de iluminación, la persona que dirige la presentación de la obra teatral.

En consecuencia y sobre la base de esta consideración, el valor del factor de demanda determinado ( $F_d=0.49$ ) no es un elemento de evaluación cualitativa sino un dato de ocasión establecido mediante el registro correspondiente, durante la presentación de la obra "Fábula de Ana Constancia", a la fecha en temporada teatral.

## II.6. CONCLUSIONES GENERALES SOBRE EL SERVICIO ELECTRICO

Los locales en los cuales se ha realizado el análisis cualitativo del servicio eléctrico, constituyen actualmente los de mayor influencia en el quehacer cultural de la CCE y cada vez van cobrando mayor importancia en el desarrollo de los valores artísticos e intelectuales.

Esta realidad obliga a que los elementos de servicio fundamentales e intrínsecos de su actividad se constituyan en su soporte promordial, es por ello que será necesario siempre propender al cumplimiento y satisfacción de los

requerimientos que las normas y regulaciones sobre los parámetros del servicio eléctrico lo exigen. En el presente caso consideramos que los resultados que se han obtenido, de manera general satisfacen dichos requerimientos ofreciendo al espectador o usuario el ambiente físico propicio para el encuentro de su identidad cultural.

Como comentario adicional y en referencia a las condiciones complementarias se debe agregar que los niveles de voltaje en todos los locales y que se anotan en las respectivas tablas, corresponden a los rangos normalizados y por tanto satisfactorios para la operación de artefactos y equipos. En lo que se refiere a la parte física, el estado general de las instalaciones eléctricas es bueno, observándose de manera especial la necesidad de que las derivaciones realizadas en las barras de distribución secundaria de las subestaciones CTe-1, CTe-2 y CTe-5, por constituir ramales principales de alimentación, tengan un ordenamiento adecuado y la identificación correspondiente para cada circuito de manera que su operación y mantenimiento no presente dificultades.

## CAPITULO III

## DETERMINACION DE VALORES DE DEMANDA MAXIMA EN SUBESTACIONES EXISTENTES

## III.1. ESTUDIO DE DEMANDA DE CADA UNO DE LOS SECTORES ATENDIDOS POR UNA SUBESTACION

En el presente capítulo se realizará el estudio con el fin de determinar los valores de demanda máxima de cada uno de los sectores o edificaciones atendidos por una subestación, analizándolos independientemente.

Con este objetivo se han realizado mediciones de demanda durante días laborables tomados al azar y también se ha recopilado información de la Empresa Eléctrica Quito que consta en las facturas de consumo, la misma que se ha establecido a partir de los meses de mayo o julio de 1986 y hasta fines del mismo año como se indicará más adelante para cada caso.

Para las mediciones de demanda se ha utilizado el registrador Amprobe con cinta de papel descrito anteriormente; debe indicarse que, por cuanto las fases se encontraron cercanamente equilibradas, los registros han sido tomados únicamente en una de ellas, en el lado secundario, a la salida de los transformadores, con excepción del centro de transformación CTe-5 (Teatro Prometeo) en el cual debido a la dificultad de acceder hasta la salida del transformador se ha registrado la demanda excluyendo una carga relativamente pequeña y que será añadida posteriormente al realizar el cálculo correspondiente.

En cuanto a la información que consta en las facturas de

consumo de EEQ, ésta es tomada de los medidores de demanda integrada o de intervalo en bloques (clase II) <sup>(3)</sup> instalados en las subestaciones CTe-1, CTe-2 y CTe-3 junto a los contadores de energía activa y reactiva.

La integración es realizada sobre un intervalo de demanda de 15 minutos para todos los casos y el período sobre el cual la máxima demanda viene indicada en las facturas de consumo es mensual, acarreándose para el cobro la demanda máxima producida sobre los períodos mensuales.

Es de anotar sin embargo que la EEQ ha hecho constar los valores de demanda máxima referentes a las subestaciones CTe-1 y CTe-2, teniéndose también un medidor de demanda en la subestación CTe-3 pero cuyos valores no son registrados en las facturas de consumo, en este caso se ha tomado directamente la lectura constante en el medidor.

En cuanto a las restantes facturas y que corresponden a CTe-4, CTe-5 y CTe-6, se dispone en ellas unicamente de los datos de consumo de energía activa y a través de éstos se obtendrán datos referenciales de demanda máxima.

### III.2. DATOS EXPERIMENTALES SEGUN REGISTRO CONTINUO DE CARGA

Los registros de demanda han sido tomados durante un período normal de servicio de los diferentes sectores servidos por una subestación. A continuación se tabulan los datos de demanda extraídos de la cinta grabada señalándose que el intervalo de demanda sobre el cual se determina su valor máximo es de 15 minutos.

#### III.2.1. Edificio Oval

Sector Nº 1

Tabla Nº 26: Subestación CTe-1; Transformador de 160 KVA  
Registro de carga y demanda máxima

Cinta en anexo Nº 7

Fecha de registro: 870128

Hora de conexión: 06h40

Hora de desconexión: 18h20

Fase registrada: S

Voltaje fase-neutro: 123 voltios

Intervalo de demanda		Demanda máxima del intervalo
Hora		Amperios
06.40	06.45	19
06.45	07.00	19
07.00	07.15	19
07.15	07.30	19
07.30	07.45	19
07.45	08.00	19
08.00	08.15	19
08.15	08.30	225
08.30	08.45	300
08.45	09.00	300
09.00	09.15	315
09.15	09.30	330
09.30	09.45	320
09.45	10.00	320
10.00	10.15	323
10.15	10.30	330
10.30	10.45	320
10.45	11.00	320
11.00	11.15	320
11.15	11.30	320
11.30	11.45	320
11.45	12.00	320
12.00	12.15	320
12.15	12.30	315
12.30	12.45	118

Intervalo de demanda		Demanda máxima del intervalo
Hora		Amperios
12.45	13.00	118
13.00	13.15	118
13.15	13.30	120
13.30	13.45	118
13.45	14.00	118
14.00	14.15	118
14.15	14.30	118
14.30	14.45	118
14.45	15.00	190
15.00	15.15	320
15.15	15.30	310
15.30	15.45	305
15.45	16.00	305
16.00	16.15	315
16.15	16.30	315
16.30	16.45	315
16.45	17.00	315
17.00	17.15	315
17.15	17.30	315
17.30	17.45	320
17.45	18.00	315
18.00	18.20	305

En la figura Nº 6 se muestra la curva típica de carga del sector Nº 1.

De la tabla Nº 26 y de la figura Nº 6:

$$\text{Dem. Máx.} = 3 E I \text{ fp} = 3 \times 0.123 \times 330 \times 0.9 = 109.59 \text{ KW}$$

donde: Dem. Máx. = Demanda máxima en KW

E = Tensión fase-neutro en Kilovoltios

I = Corriente de línea en amperios

fp = Factor de potencia que se asume en general igual a 0.9

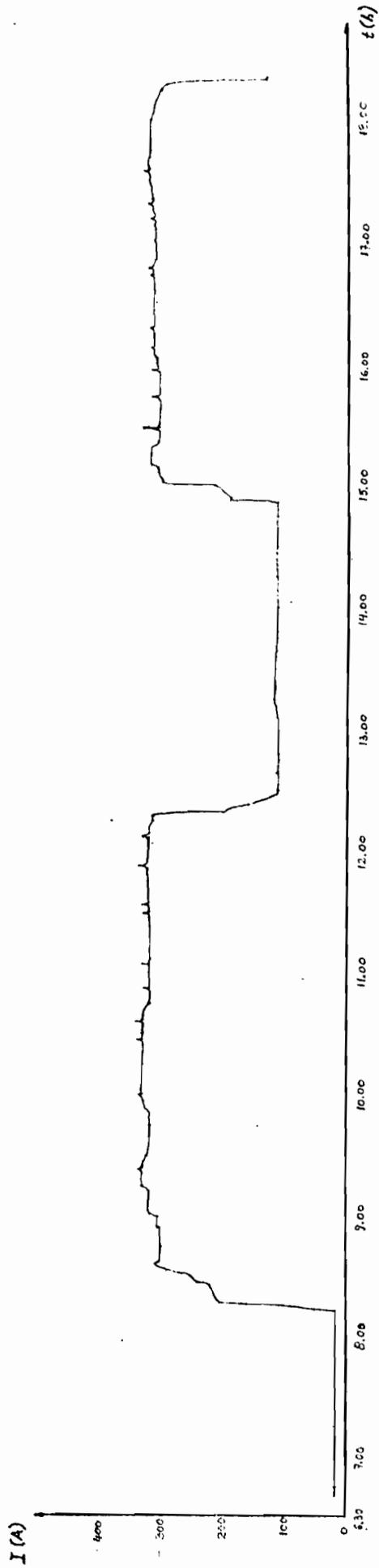


FIGURA N.º 6 : CURVA DE CARGA DEL SECTOR N.º 1 (EDIFICIO DVAL)

SUBESTACION CTE - 1

Sector Nº 2

Tabla Nº 27: Subestación CTe-2; Transformador de 112.5 KVA  
Registro de carga y demanda máxima

Cinta en anexo Nº 8

Fecha de registro: 870127

Hora de conexión: 07h33

Hora de desconexión: 19h30

Fase registrada: R

Voltaje fase-neutro: 123 voltios

Intervalo de demanda	Máxima demanda del intervalo	
Hora	Amperios	
07.33	07.45	22
07.45	08.00	22
08.00	08.15	22
08.15	08.30	22
08.30	08.45	30
08.45	09.00	30
09.00	09.15	30
09.15	09.30	135
09.30	09.45	133
09.45	10.00	141
10.00	10.15	141
10.15	10.30	141
10.30	10.45	141
10.45	11.00	141
11.00	11.15	148
11.15	11.30	148
11.30	11.45	138
11.45	12.00	138
12.00	12.15	135
12.15	12.30	135
12.30	12.45	20
12.45	13.00	20
13.00	13.15	20
13.15	13.30	20

Intervalo de demanda		Máxima demanda del intervalo
Hora		Amperios
13.30	13.45	20
13.45	14.00	24
14.00	14.15	24
14.15	14.30	24
14.30	14.45	22
14.45	15.00	27
15.00	15.15	26
15.15	15.30	137
15.30	15.45	137
15.45	16.00	137
16.00	16.15	137
16.15	16.30	137
16.30	16.45	137
16.45	17.00	137
17.00	17.15	137
17.15	17.30	137
17.30	17.45	137
17.45	18.00	137
18.00	18.15	137
18.15	18.30	128
18.30	18.45	40
18.45	19.00	39
19.00	19.15	39
19.15	19.30	39

En la figura N° 7 se muestra la curva típica de carga del sector N° 2

De la tabla N° 27 y de la figura N° 7:

$$\text{Dem. Máx.} = 3 \text{ E I fp} = 3 \times 0.123 \times 148 \times 0.9 = 49.15 \text{ KW}$$

Sector N° 3

Tabla N° 28: Subestación CTe-3; Transformador de 112.5 KVA  
Registro de carga y demanda máxima

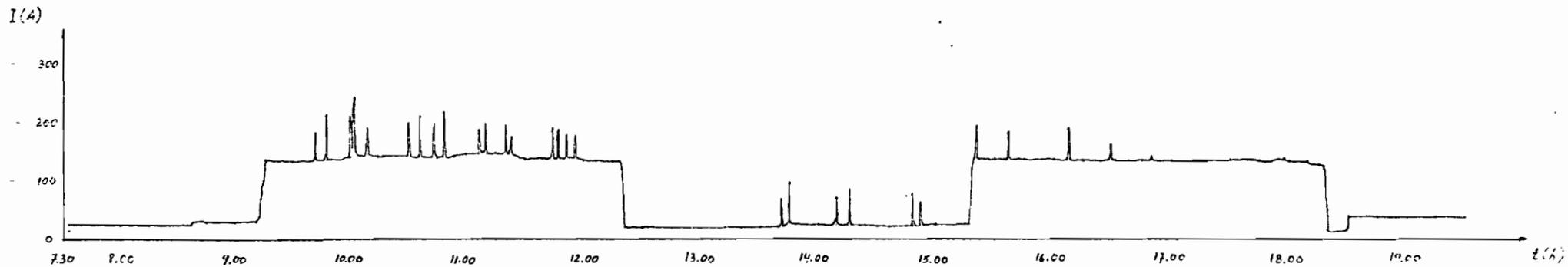


FIGURA N° 7: CURVA DE CARGA DEL SECTOR N° 2 (EDIFICIO OVAL)

SUBESTACION CTe-2

Cinta en anexo Nº 9  
 Fecha de registro: 870129  
 Hora de conexión: 06h56  
 Hora de desconexión: 18h32  
 Fase registrada: T  
 Voltaje fase-neutro: 124 voltios

Intervalo de demanda		Demanda máxima del intervalo
Hora		Amperios
06.56	07.00	20
07.00	07.15	20
07.15	07.30	28
07.30	07.45	30
07.45	08.00	30
08.00	08.15	30
08.15	08.30	40
08.30	08.45	40
08.45	09.00	65
09.00	09.15	65
09.15	09.30	100
09.30	09.45	100
09.45	10.00	100
10.00	10.15	100
10.15	10.30	120
10.30	10.45	120
10.45	11.00	120
11.00	11.15	122
11.15	11.30	120
11.30	11.45	120
11.45	12.00	120
12.00	12.15	120
12.15	12.30	122
12.30	12.45	38
12.45	13.00	38
13.00	13.15	39
13.15	13.30	39
13.30	13.45	39

Intervalo de demanda		Demanda máxima del intervalo
Hora		Amperios
13.45	14.00	38
14.00	14.15	38
14.15	14.30	38
14.30	14.45	38
14.45	15.00	38
15.00	15.15	126
15.15	15.30	126
15.30	15.45	126
15.45	16.00	123
16.00	16.15	126
16.15	16.30	126
16.30	16.45	126
16.45	17.00	123
17.00	17.15	126
17.15	17.30	126
17.30	17.45	126
17.45	18.00	123
18.00	18.15	120
18.15	18.32	120

En la figura N° 8 se muestra la curva típica de carga del sector N° 3.

De la tabla N° 28 y de la figura N° 8:

$$\text{Dem. Máx.} = 3 \text{ E I fp} = 3 \times 0.124 \times 126 \times 0.9 = 42.18 \text{ KW}$$

### III.2.2. Edificio de la Imprenta

La tabla N° 19 que consta en el capítulo II corresponde al registro de carga y demanda máxima del citado edificio.

En la figura N° 9 se muestra la curva típica de carga del Edificio de la Imprenta.

De la tabla N° 19 y de la figura N° 9:

$$\text{Dem. Máx.} = 3 \text{ E I fp} = 3 \times 0.123 \times 99 \times 0.9 = 32.87 \text{ KW}$$

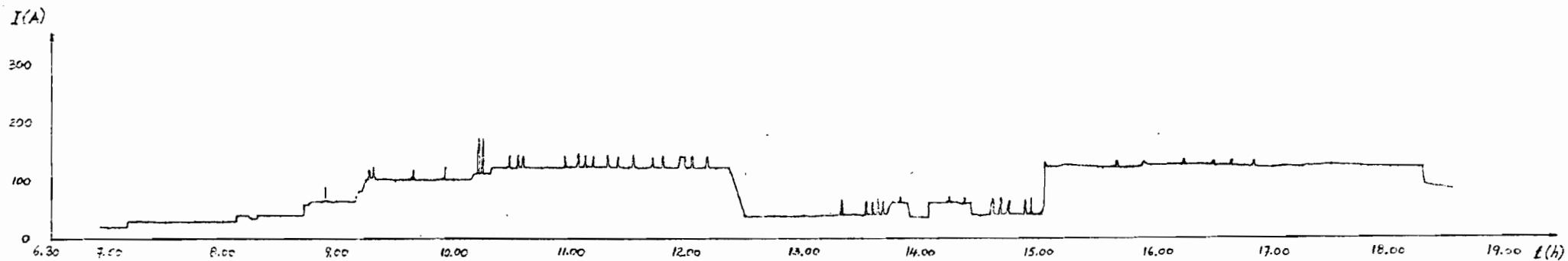


FIGURA N<sup>o</sup> 8: CURVA DE CARGA DE SECTOR N<sup>o</sup> 3 (EDIFICIO OVAL)

SUBESTACION CTe-3

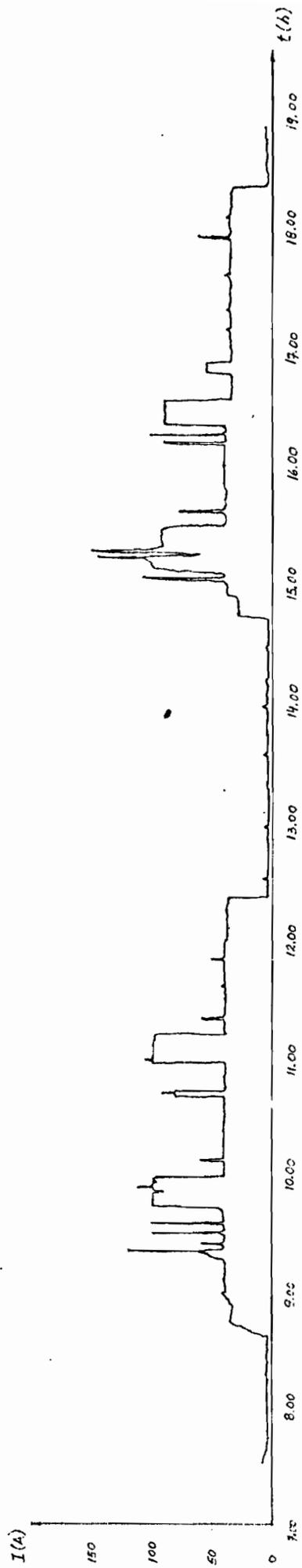


FIGURA N.º 9: CURVA DE CARGA DEL EDIFICIO DE LA IMPRENTA

SUBESTACION CTe-4

### III.2.3. Teatro Prometeo

La tabla No. 20 que consta en el capítulo II corresponde al registro de carga y demanda máxima del citado Teatro.

En la figura No. 10 se muestra la curva típica de carga del Teatro Prometeo.

De la tabla No. 20 y de la figura No. 10 :

$$\text{Dem. Máx.} = 3 \text{ E I fp} = 3 \times 0.121 \times 50 \times 0.9 = 16.33 \text{ KW}$$

### III.2.4. Edificio de Administración

Tabla No. 29 : Subestación CTe-6; Transformador de 45 KVA  
Registro de carga y demanda máxima

Cinta en anexo No. 10

Fecha de registro : 870202

Hora de conexión : 08h43

Hora de desconexión : 15h55

Voltaje fase-neutro : 117 voltios

Fase registrada: S

Intervalo de demanda	Demanda máxima del intervalo
Hora	Amperios
08.43    08.45	114
08.45    09.00	114
09.00    09.15	115
09.15    09.30	123
09.30    09.45	123
09.45    10.00	123
10.00    10.15	112
10.15    10.30	112
10.30    10.45	110
10.45    11.00	100
11.00    11.15	108
11.15    11.30	110
11.30    11.45	110
11.45    12.00	100
12.00    12.15	100

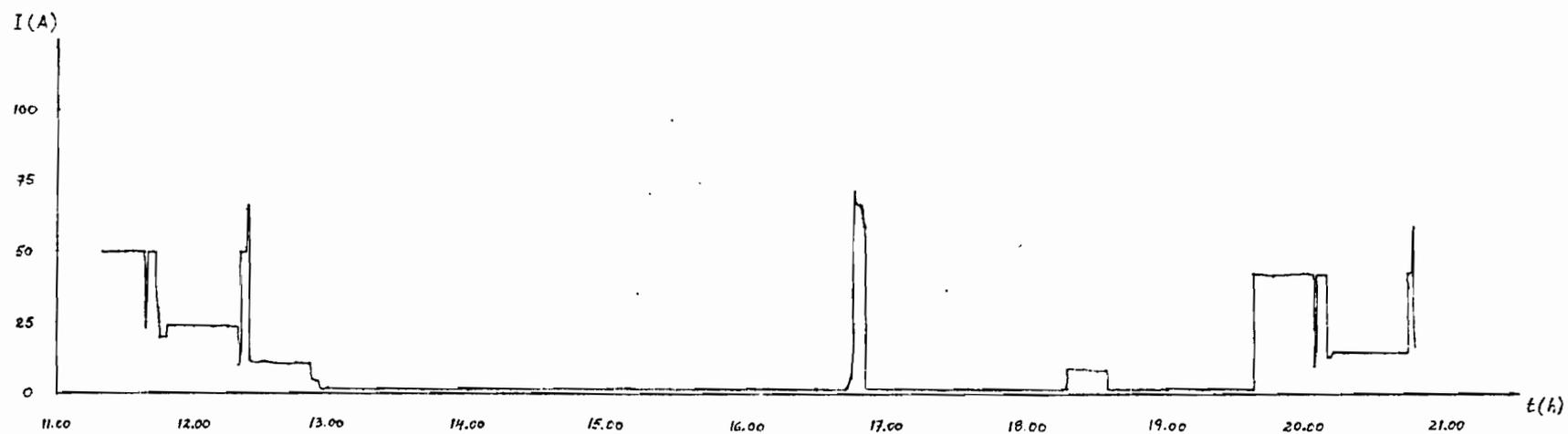


FIGURA N<sup>o</sup> 10: CURVA DE CARGA DEL TEATRO PROMETED

SUBESTACION CTe-5

Intervalo de demanda		Demanda máxima del intervalo
Hora		Amperios
12.15	12.30	100
12.30	12.45	100
12.45	13.00	100
13.00	13.15	103
13.15	13.30	95
13.30	13.45	100
13.45	14.00	110
14.00	14.15	139
14.15	14.30	139
14.30	14.45	133
14.45	15.00	131
15.00	15.15	130
15.15	15.30	125
15.30	15.45	125
15.45	15.55	101

En la figura No. 11 se muestra la curva típica de carga del Edificio de Administración.

De la tabla No. 29 y de la figura No. 11 :

$$\text{Dem. Máx.} = 3 \text{ E I fp} = 3 \times 0.117 \times 139 \times 0.9 = 43.91 \text{ KW}$$

### III.3. DATOS DE DEMANDA SEGUN DOCUMENTOS DE TARIFACION DE EMPRESA ELECTRICA "QUITO" S.A.

A continuación se tabulan los datos señalados en las facturas de consumo emitidas por la Empresa Eléctrica "Quito" S.A. y que constan en los anexos. Además para cada una de las subestaciones se obtendrán los datos de máxima demanda a partir de los valores de las curvas indicadas en las figuras No. 6 a No. 11 y de la energía consumida según facturas, de acuerdo a las ecuaciones :

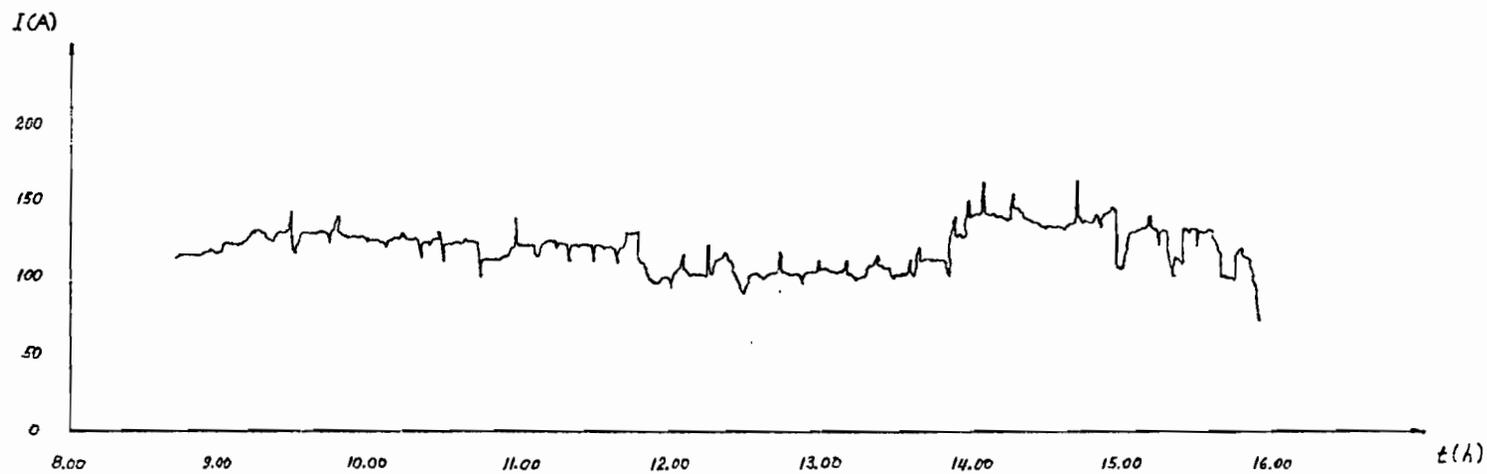


FIGURA N° 11: CURVA DE CARGA DE EDIFICIO DE ADMINISTRACION

SUBESTACION CTe-6

$$F_c = \frac{\bar{D}}{\text{Dem. Max.}} \quad \text{Ec. 3.1}$$

$$\text{y } \bar{D} = \frac{E}{t} \quad \text{Ec. 3.2}$$

$$\text{Por tanto : } F_c = \frac{E/t}{\text{Dem. Max.}} \quad \text{Ec. 3.3}$$

donde :

$F_c$  = Factor de carga

$\bar{D}$  = Demanda media en KW

Dem.Máx. = Demanda máxima en KW

$E$  = Energía en KWh

$t$  = Tiempo en horas, correspondiente a  $E$ .

### III.3.1. Edificio Oval

Sector No. 1

Tabla No. 30 : Subestación CTe-1; Transformador de 160 KVA  
Facturas de consumo de CTe-1 con medidor No. 00740T05, en  
anexo No. 11.1

PERIODO EN AÑO/86	CONSUMO DE ENERGIA ACTIVA (KWH)	FACTOR DE POTENCIA	DEMANDA MAXIMA(KW) EN EL PERIODO	DEMANDA MAXIMA (KW) REGISTRADA DESDE ENERO/86
Julio	17028	0.92	102	106
Agosto	17040	0.89	103	106
Septiembre	15432	0.94	97	106
Octubre	13854	0.92	94	106
Noviembre	16626	0.93	94	106
Diciembre	17958	0.93	100	106

De la tabla No. 30 :  
 Demanda máxima = 106 KW

- Determinación de la demanda máxima según consumo de energía :

La energía correspondiente a las áreas bajo la curva de la figura No. 6 da :

En t = 11.76 horas : 884.5 Kwh

En el tiempo restante para completar 24 horas se tiene (aproximación por mediciones con amperímetro de pinza) :

En t = 12.24 horas : 20.3 Kwh

Total : 904.8 Kwh

$$\text{Entonces : } F_c = \frac{E_m/t_m}{\text{Dem. Max}_m} = \frac{904.8 \text{ Kwh}/24 \text{ h}}{109.59 \text{ Kw}} = 0.34$$

donde :

$F_c$  = Factor de carga

$E_m$  = Energía medida

$\text{Dem. Max}_m$  = Demanda máxima medida y establecida según el registro de demanda (figura No. 6).

$t_m$  = Tiempo correspondiente a  $E_m$ .

Según las facturas de consumo se tiene :

$$\text{Dem. Max}_c = \frac{E_f/t_f}{F_c} = \frac{16323 \text{ Kwh}/528 \text{ h}}{0.34} = 90.93 \text{ Kw}$$

donde :

$\text{Dem. Max}_c$  = Demanda máxima calculada

$E_f$  = Promedio de la energía facturada desde julio a diciembre/86

$t_f$  = Tiempo correspondiente a  $E_f$  y que se ha tomado igual a 22 días (528 horas) por cuanto durante los días feriados el sector No. 1 permanece cerrado sin consumo de energía.

En consecuencia la Demanda máxima según consumo de energía es igual a : 90.93 Kw.

Sector No. 2

Tabla No. 31 : Subestación CTe-2; Transformador de 112.5 KVA  
Facturas de consumo de CTe-2 con medidor No. 00741T05, en  
anexo No. 11.2

PERIODO EN AÑO/86	CONSUMO DE ENERGIA ACTIVA (KWH)	FACTOR DE POTENCIA	DEMANDA MAXIMA (KW) EN EL PERIODO	DEMANDA MAXIMA (KW) REGISTRADA DESDE MARZO/86
Julio	6336	1.00	42	59
Agosto	7432	1.00	48	59
Septiembre	5936	1.00	43	59
Octubre	4344	0.99	43	59
Noviembre	6772	1.00	52	59
Diciembre	5800	0.99	58	59

De la tabla No. 31 :

Demanda máxima = 59 Kw

- Determinación de la demanda máxima según consumo de energía :

De la figura No. 7 :	En t = 12.06 h :	332.07 Kwh
En 24 h - 12.06 h :	t = 11.94 h :	39.64 Kwh
	Total :	<u>371.71 Kwh</u>

$$F_c = \frac{E_m/t_m}{\text{Dem. Max}_m} = \frac{371.71 \text{ Kwh}/24 \text{ h}}{49.15 \text{ Kw}} = 0.32$$

Según facturas de consumo, con el promedio de energía facturada y t = 22 días :

$$\text{Dem. Máx}_c = \frac{E_f/t_f}{F_c} = \frac{6103.33 \text{ Kwh}/24 \text{ h}}{0.32} = 36.12 \text{ Kw}$$

Por tanto : Demanda máxima = 36.12 Kw.

Sector No. 3

Tabla No. 32 : Subestación CTe-3; Transformador de 112.5 KVA  
Facturas de consumo de CTe-3 con medidor No. 00742T05 en  
anexo No. 11.3

Período en año/86	Consumo de energía activa (Kwh)
Mayo	4800
Junio	28560
Julio	11040
Agosto	12400
Septiembre	10480
Octubre	10800
Noviembre	10240

En el medidor de demanda instalado en CTe-3 se leyó la demanda máxima registrada igual a 0.86 que multiplicada por el factor 80 (por transformador de corriente de relación 400/5 amperios) da :

Demanda máxima = 68.8 Kw

- Determinación de la demanda máxima según consumo de energía :

De la figura No. 8 :	En t = 11.64 h :	329.86 Kwh
En 24 h - 11.64 h :	t = 12.36 h :	12.36 Kwh
	Total :	<u>342.22 Kwh</u>

$$F_c = \frac{E_m/t_m}{\text{Dem. Máx}_m} = \frac{342.22 \text{ Kwh}/24 \text{ h}}{42.18 \text{ Kw}} = 0.34$$

Según facturas de consumo, con el promedio de energía facturada y t = 22 días :

$$\text{Dem. Máx}_c = \frac{E_f/t_f}{F_c} = \frac{12617 \text{ Kwh}/528 \text{ h}}{0.34} = 70.28 \text{ Kw}$$

Por tanto : Demanda máxima = 70.28 Kw

### III.3.2. Edificio de la Imprenta

Tabla No. 33 : Subestación CTe-4; Transformador de 150 KVA  
Facturas de consumo de CTe-4 con medidor No. 01217T05 en  
anexo No. 11.4

Período en año/86	Consumo de energía activa (Kwh)
Mayo	1740
Junio	2160
Julio	1920
Agosto	2160
Septiembre	1560
Octubre	1560
Noviembre	1560

- Determinación de la demanda máxima según consumo de e-  
nergía :

De la figura No. 9 :	En t = 11.47 h :	123.25 Kwh
En 24 h - 11.47 h :	t = 12.53 h :	10.40 Kwh
	Total :	<u>133.65 Kwh</u>

$$F_c = \frac{E_m/t_m}{\text{Dem. Máx}_m} = \frac{133.65 \text{ Kwh}/24 \text{ h}}{32.88 \text{ Kw}} = 0.17$$

Según facturas de consumo, con el promedio de la energía  
facturada y t = 22 días :

$$\text{Dem. Máx}_c = \frac{E_f/t_f}{F_c} = \frac{1808.57 \text{ Kwh}/528 \text{ h}}{0.17} = 20.15 \text{ Kw}$$

Por tanto : Demanda máxima = 20.15 Kw

### III.3.3. Teatro Prometeo

Tabla No. 34: Centro de transformación CTe-5; Transformador  
de 30 KVA

Facturas de consumo con medidor No. 00149T50 en anexo No.11.5

Período en año/86	Consumo de energía activa (Kwh)
Mayo	5473
Junio	1234
Julio	0
Agosto	0
Septiembre	0
Octubre	0
Noviembre	4955

- Determinación de la demanda máxima según consumo de energía :

De la figura No. 10 :	En t = 9.58 h :	32.8 Kwh
En 24 h - 9.58 h :	t = 14.42 h :	<u>9.37 Kwh</u>
	Total :	42.17 Kwh

$$F_c = \frac{Em/tm}{Dem.Máx_m} = \frac{42.17 \text{ Kwh}/24 \text{ h}}{16.34 \text{ Kw}} = 0.11$$

Según facturas se observa que el consumo registrado en mayo/86 corresponde además a varios meses anteriores, así como también el consumo registrado en noviembre/86. Es por esto que se toma el registro del mes de junio/86 que se presume es el más confiable por ser el consumo de un período mensual completo; además en este caso se considera un tiempo de consumo igual a 30 días por cuanto el teatro - Prometeo se destina a funciones también en días feriados. En consecuencia :

$$Dem.Máx_c = \frac{E_f/t_f}{F_c} = \frac{1234 \text{ Kwh}/720 \text{ h}}{0.11} = 15.58 \text{ Kw}$$

Por tanto : Demanda máxima = 15.58 Kw

#### III.3.4. Edificio de Administración

Tabla No. 35 : Subestación CTe-6; transformador de 45 KVA  
Facturas de consumo con medidores No. 0023T100 - 00008T75

y No. 01235T15 en anexo No. 11.6

Medidor No. 0023T100	
Período en año/86	Consumo de energía activa (Kwh)
Mayo	5841
Junio	2679
Julio	2824
Agosto	2690
Septiembre	3023
Octubre	2986
Noviembre	3216

Medidor No. 00008T75	
Período en año/86	Consumo de energía activa (Kwh)
Mayo	3731
Junio	1807
Julio	1977
Agosto	1854
Septiembre	1754
Octubre	1889
Noviembre	1866

Medidor No. 01235T15	
Período en año/86	Consumo de energía activa (Kwh)
Mayo	1901
Junio	
Julio	1049
Agosto	1003
Septiembre	851
Octubre	971
Noviembre	1179

- Determinación de la demanda máxima según consumo de energía :

De la figura No. 11 :	En t = 10.00 h :	316.52 Kwh
En 24 h - 10 h :	t = 14.00 h :	22.15 Kwh
	Total :	<u>338.67 Kwh</u>

$$F_c = \frac{E_m/t_m}{\text{Dem. Máx}_m} = \frac{338.67 \text{ Kwh}/24 \text{ h}}{43.91 \text{ Kw}} = 0.32$$

Según facturas de consumo, con el promedio de energía facturada en los tres medidores y t=22 días :

$$\text{Dem. Máx}_c = \frac{E_f/t_f}{F_c} = \frac{6607.14 \text{ Kwh}/528 \text{ h}}{0.32} = 39.10 \text{ Kw}$$

Por tanto : Demanda máxima : 39.10 Kw

#### III.4. DETERMINACION DE VALORES DE MAXIMA DEMANDA REQUERIDOS PARA CADA SECTOR SEGUN DATOS : EXPERIMENTALES, DE INFORMACION Y DE PROYECCION SI LOS HUBIERE

De los datos señalados anteriormente en el numeral III.2. se han obtenido los resultados que a continuación se tabulan :

Tabla No. 36 :

SUBESTACION Nº	D E M A N D A M A X I M A (KW)		
	SEGUN MEDICION CON REGISTRADOR DE CARGA	SEGUN MEDICION CON MEDIDOR DE DEMANDA	SEGUN FACTURAS DE CONSUMO DE ENERGIA
CTe-1	109.59	106.00	90.93
CTe-2	49.15	59.00	36.12
CTe-3	42.18	68.80	70.28
CTe-4	32.87		20.15
CTe-5	16.33		15.58
CTe-6	43.91		39.10

De los resultados anotados se puede observar que para las subestaciones CTe-1, CTe-2 y CTe-3 se deberán tomar los datos correspondientes a la medición con medidor de demanda por ser una medición trifásica y permanente.

Para las subestaciones CTe-4, CTe-5 y CTe-6 se tomarán los resultados de medición con registrador de carga por ser más confiables que los resultados según las facturas de consumo de energía, debido a las aproximaciones realizadas en su cálculo.

Para la determinación de los valores de demanda máxima de las subestaciones CTe-4 y CTe-5 se consideran además los datos de proyección inmediata y de aparatos no incluidos en el registro; la obtención de estos valores se ha realizado utilizando el factor de demanda determinado para cada caso en el capítulo II, numeral II.4.; entonces se tiene :

Para CTe-4 (Imprenta) :

Equipo a instalarse en el futuro :

Denominación	Potencia (Kw)
Cámara obscura	5.00
Revelado	5.00
Plegadora MVD-Md.K74L6KL	8.00
Guillotina trilateral	12.00
Extractor de gases	0.60
Insoladora	8.00
Calentador de agua	1.50
Total :	40.10 Kw
Factor de demanda 0.44 :	17.64 Kw
Por tanto : Demanda máxima =	$32.87 + 17.64 = 50.51$ Kw

Para CTe-5 (Teatro Prometeo) :

- Carga de oficinas no incluida en el registro :

Denominación	Cantidad	Potencia (Kw)	
Puntos de luz	33	3.30	
Tomacorrientes	11	<u>1.76</u>	5.06 Kw

- Aparatos a instalarse en el futuro :

Denominación	Cantidad	Potencia (Kw)	
Reflectores de 750 watos	10	7.50	
Reflectores de 500 watos	10	<u>5.00</u>	<u>12.50 Kw</u>
		Total :	17.56 Kw

Factor de demanda 0.49 : 8.60 Kw

Por tanto : Demanda máxima = 16.33 + 8.60 = 24.93 Kw

En consecuencia los valores determinados de Demanda máxima son :

Tabla No. 37 :

Subestación No.	Demanda máxima (Kw)
CTe-1	106.00
CTe-2	59.00
CTe-3	68.80
CTe-4	50.51
CTe-5	24.93
CTe-6	43.91

### III.5. FACTORES DE UTILIZACION

Factor de utilización (Fu) es la relación de la demanda máxima de un sistema a la capacidad nominal del sistema y nos indica el grado al que un sistema está siendo cargado

durante la carga pico con respecto a su capacidad.

Para CTe-1, CTe-2 y CTe-3 el intervalo de demanda es de 15 minutos y el período sobre el cual se aplica la demanda máxima es mensual. Para CTe-4, CTe-5 y CTe-6 el intervalo de demanda es también de 15 minutos y el período es diario.

La base de la capacidad nominal del sistema en cada caso es igual a la potencia nominal del transformador.

Entonces, asumiendo un factor de potencia de 0.9, se tiene :

$$\text{CTe-1 : } F_u = \frac{\text{Demanda máxima}}{\text{Potencia nominal}} = \frac{117.78 \text{ KVA}}{160 \text{ KVA}} = 0.74$$

$$\text{CTe-2 : } F_u = \frac{65.56 \text{ KVA}}{112.5 \text{ KVA}} = 0.58$$

$$\text{CTe-3 : } F_u = \frac{76.44 \text{ KVA}}{112.5 \text{ KVA}} = 0.68$$

$$\text{CTe-4 : } F_u = \frac{56.13 \text{ KVA}}{150.00 \text{ KVA}} = 0.37$$

$$\text{CTe-5 : } F_u = \frac{27.71 \text{ KVA}}{30.00 \text{ KVA}} = 0.92$$

$$\text{CTe-6 : } F_u = \frac{48.79 \text{ KVA}}{45.00 \text{ KVA}} = 1.08$$

### III.6. TRANSFERENCIA DE CARGAS A OTRA SUBESTACION DE ACUERDO A ESTUDIO

De los datos señalados en el numeral III.5. se deduce que las subestaciones CTe-1, CTe-2, CTe-3 y CTe-4 están en condición de poder atender una mayor demanda eléctrica por lo que, de acuerdo a la ubicación física de las subestaciones se procederá a optimizar su servicio mediante transferencia de cargas, dejando disponible un margen ra-

zonable de reserva en cada una de ellas.

En consecuencia se tendrá :

- CTe-1 :

La potencia restante, ésto es : 160 KVA - 117.78 KVA = 42.22 KVA, constituirá reserva en dicha subestación.

- CTe-2 y CTe-3 :

Para el caso de estas dos subestaciones, la potencia disponible en cada una de ellas atenderá una parte de la demanda que corresponde respectivamente a los bloques III y IV del sector No. 4 y se detallará más adelante al determinar la demanda eléctrica en la nueva subestación.

- CTe-4 :

Por cuanto la subestación CTe-4 se encuentra cercana a CTe-5 y CTe-6, se preveé la transferencia de las cargas de estas dos últimas para ser servidas desde el transformador de 150 KVA instalado en CTe-4, teniéndose en ésta una Demanda máxima igual a :

Demanda máxima de CTe-4 = 56.13 KVA

Demanda máxima de CTe-5 = 27.71 KVA

Demanda máxima de CTe-6 = 48.79 KVA

Total : 132.63 KVA

Se estima un factor de coincidencia igual a 0.9 y una reserva futura del 20%.

Por tanto de la definición de Factor de coincidencia :

$$F_{co} = \frac{D_{4+5+6}}{D_4 + D_5 + D_6}$$

donde :

Fco = Factor de coincidencia

$D_{4+5+6}$  = Máxima demanda diversificada del grupo de cargas de CTe-4 + CTe-5 + CTe-6.

D4, D5, D6 = Máxima demanda de las cargas individuales de CTe-4, CTe-5 y CTe-6 respectivamente.

$$\begin{aligned} \text{Entonces: } D_{4+5+6} &= (D4 + D5 + D6) \times Fco \\ &= 132.63 \text{ KVA} \times 0.9 = 119.37 \text{ KVA} \end{aligned}$$

Por tanto la máxima demanda diversificada será:

$$\begin{array}{r} 119.37 \text{ KVA} \\ 20 \% \text{ de reserva: } \underline{23.87 \text{ KVA}} \\ \text{Potencia requerida: } \quad 143.24 \text{ KVA} \end{array}$$

En consecuencia el transformador de 150 KVA instalado en CTe-4 atenderá de manera satisfactoria las cargas que se han indicado, procediéndose entonces al retiro total del centro de transformación CTe-5 y de la subestación CTe-6.

La instalación de la red secundaria desde las barras colectoras de CTe-4 hasta el Teatro Prometeo y hasta el Edificio de Administración será subterránea, trifásica, utilizando cable de cobre aislado para 2 KV, tipo TTU, con los calibres y protecciones que se indican en la siguiente hoja de cálculo de caída de tensión, con valores de referencia para los conductores tomados de las Normas de la Empresa Eléctrica Quito<sup>(15)</sup>.



## CAPITULO IV

## DETERMINACION DE LA DEMANDA MAXIMA QUE ATENDERA LA NUEVA SUBESTACION CT-1

## IV.1. RECOPIACION DE INFORMACION RESPECTO AL NUEVO TEATRO Y A INSTALACIONES ADICIONALES INTERIORES Y EXTERIORES

En el presente capítulo se estudiarán las cargas eléctricas que serán servidas desde la nueva subestación a diseñarse y que se ha denominado en planos como CT-1; con esta finalidad a continuación se detallará la información relacionada con las instalaciones que incidirán sobre ella y que corresponden a lo siguiente :

Inmuebles en fase de construcción :

- a.- Sector No. 4 del Edificio Oval
- b.- Agora

Inmuebles e instalaciones proyectadas

- c.- Estacionamientos vehiculares subterráneos
- d.- Bloque de talleres y sistemas electromecánicos
- e.- Iluminación exterior de jardines, circulación peatonal e iluminación decorativa de fachadas y elementos destacables.

Los literales expuestos se amplían así :

IV.1.1. Inmuebles en fase de construcción

- a.- Sector No. 4 del Edificio Oval

Como se indicó anteriormente el sector No. 4 se divide en los bloques de construcción I, II, III y IV detallados en el capítulo I.

b.- Agora

Que comprende el escenario contiguo al del Teatro "Jaime Roldós A." y la platea para el público asistente, todo - en área abierta.

En relación a los inmuebles descritos en los literales a y b, la Casa de la Cultura Ecuatoriana contrata en el año de 1.982 con la Consultora Norteamericana "VARIABLE ACOUSTICS CORP." el diseño de iluminación, fuerza y sonido, correspondiente al bloque I, parte de los bloques II, III y IV, y al Agora; el diseño eléctrico de las áreas restantes de los bloques, corresponde a la Compañía PROCONEL.

De acuerdo a VARIABLE ACOUSTICS CORP. un banco de dimeres controlará la mayor parte de la carga eléctrica conforme al siguiente detalle de los valores nominales de los dimeres :

Teatro	Cantidad	Potencia nominal (Kw)	Potencia Total (Kw)	
Escenario	280	2.4	672.00	
	42	6.0	<u>252.00</u>	924.00 Kw
Preparación escenario	2	6.0	<u>12.00</u>	12.00 Kw
Platea	15	6.0	90.00	
	1	2.4	<u>2.40</u>	92.40 Kw
Agora	92	2.4	220.80	
	32	6.0	<u>192.00</u>	412.80 Kw
Reserva en banco de dimeres :				
Escenario teatro	8	2.4	19.20	
	6	6.0	<u>36.00</u>	55.20 Kw
Agora	4	2.4	<u>9.60</u>	9.60 Kw

Aparte del banco de dimeres, la carga a servir es la siguiente :

2 tomas para proyector seguidor con 7.5 Kw c/u: 15.00 Kw  
 1 toma para potencia extra en el escenario : 130.00 Kw

Del diseño realizado por la Cía. PROCONEC la carga instalada de las áreas restantes de los bloques II, III y IV es la siguiente :

Bloque II 63.00 Kw  
 Bloque III 94.00 Kw  
 Bloque IV 86.00 Kw

#### IV.1.2. Inmuebles e instalaciones proyectadas

##### c.- Estacionamientos vehiculares subterráneos

De la información proporcionada por los proyectistas y constructores de los inmuebles en la Casa de la Cultura Ecuatoriana, se prevé construir estacionamientos vehiculares en plantas subterráneas en el costado nororiental de los terrenos, con una superficie de construcción aproximada de 5000 metros cuadrados.

En consecuencia y considerando según IEEE Recommended Practice for Electric Power Systems in Commercial Buildings (6), la recomendación de nivel de iluminación igual a 20 footcandles y consiguientemente la potencia por pie<sup>2</sup> para obtener ese nivel de iluminación, que es igual a 1.2 watos/pie<sup>2</sup>, se tendrá :

$$5000 \text{ m}^2 \times \frac{1.2 \text{ watos}}{\text{pie}^2} \times \frac{\text{pie}^2}{0.0929 \text{ m}^2} = 64585 \text{ watos}$$

que serán necesarios para atender satisfactoriamente los requerimientos de energía eléctrica en los estacionamientos vehiculares.

d.- Bloque de talleres y sistemas electromecánicos

En este rubro se incluyen: la carga correspondiente a maquinaria y herramienta para la preparación de elementos - de tramoya del Teatro y de manera general de materiales - que requerirá la Casa de la Cultura para su actividad a nivel nacional, así como también para el mantenimiento y adecuación de sus inmuebles; carga correspondiente al funcionamiento normal del bloque comprendido fundamentalmente por iluminación; carga que demandarán bombas de agua y las instalaciones de la piscina contra incendios.

Es así como, se prevé que este rubro futuro tendrá una carga instalada de 180 Kw.

e.- Iluminación exterior de jardines, circulación peatonal e iluminación decorativa de fachadas y elementos destacables

Para el servicio de iluminación de jardines y circulación peatonal se ha considerado el área exterior al edificio oval que tiene una superficie de 16100 metros cuadrados y la referencia de cargas de iluminación general recomendada por el NEC <sup>(5)</sup> que prescribe para áreas similares una potencia de 0.25 wátios/pie<sup>2</sup>.

Entonces :

$$16100 \text{ m}^2 \times \frac{0.25 \text{ wátios}}{\text{pie}^2} \times \frac{\text{pie}^2}{0.0929 \text{ m}^2} = 43326 \text{ wátios}$$

En cuanto a la iluminación decorativa de la fachada del Edificio Oval y de elementos destacables, se ha tomado en cuenta la recomendación de IEEE Recommended Practice for Electric Power Systems in Commercial Buildings <sup>(6)</sup> con un nivel de iluminación de 10 footcandles y una potencia para obtener ello de 0.5 wátios/pie<sup>2</sup>. La pantalla de espejos tiene una superficie perimetral de 2300 m<sup>2</sup>.

La potencia necesaria para atender la iluminación de lo -

descrito será entonces :

$$2300 \text{ m}^2 \times \frac{0.5 \text{ watio}}{\text{pie}^2} \times \frac{\text{pie}^2}{0.0929 \text{ m}^2} = 12378 \text{ watio}$$

lo que da un total para el literal e, de 55.70 Kw

#### IV.2. CARGA INSTALADA DE INMUEBLES EN CONSTRUCCION Y DE PROYECCIONES FUTURAS

De la información detallada en el numeral IV.1 se ha obtenido la carga instalada de inmuebles en construcción y de proyecciones futuras, la que se resume en la siguiente tabla :

Tabla No. 38 :

Denominación del inmueble o servicio	Carga Instalada (Kw)
Sector No. 4 del Ed. Oval Escenario	924.00
Preparación escenario	12.00
Teatro (Bloque I y parte de Bloques II, III y IV) Platea	92.40
Tomas para proyector seguidor	15.00
Toma para potencia extra en escenario	130.00
Reserva banco de dimeres para escenario	55.20
Bloque II (área restante)	63.00
Bloque III (restante)	94.00
Bloque IV (restante)	86.00
Agora	412.80
Reserva en banco de dimeres para Agora	9.60
Estacionamientos vehiculares subterráneos	64.58
Bloque de talleres y sistemas electromecánicos	180.00
Iluminación exterior de jardines, circulación peatonal y fachadas	55.70
Carga instalada total :	<u>2194.28</u>

IV.3. CALCULO DE LA POTENCIA DE LOS TRANSFORMADORES QUE ATENDERAN LOS DIFERENTES SECTORES DE SERVICIO, DEMANDAS PARCIALES, FACTORES DE COINCIDENCIA, MAXIMAS DEMANDAS DIVERSIFICADAS PARA CADA CASO

Para el servicio de las áreas cuyo diseño de iluminación, fuerza y sonido corresponde a VARIABLE ACOUSTICS CORP., esta Consultora establece la alimentación secundaria a partir del banco de dimeres que conformará un grupo tipo paquete junto con el transformador y cuya instalación la ha previsto en el nivel +19.50 del bloque I, sector No. 4 - del edificio oval.

En consecuencia el transformador a instalarse en ese nivel atenderá las cargas previstas por dicha Consultora y que son :

<u>Servicio</u>	<u>Carga (Kw)</u>	
Teatro : Escenario	924.00	
Preparación escenario	12.00	
Platea	92.40	
Tomas para proyector seguidor	15.00	
Toma para potencia extra en escenario	<u>130.00</u>	1173.40 Kw
Agora :	412.80	412.80 Kw
Reserva banco de dimeres : Escenario teatro	55.20	
Agora	<u>9.60</u>	64.80 Kw

Para la determinación de la demanda máxima de las cargas descritas se utilizarán los factores de demanda prescritos por el NEC (5) y que constan en la tabla 530-19(a) - que a continuación se reproduce :

Tabla No. 39 : Factores de demanda para carga de iluminación de teatro

<u>Carga total de iluminación del teatro (wattios)</u>	<u>Factor de demanda</u>
Primeros 50.000 o menos	100%
Siguientes 50.000 a 100.000	75%
Siguientes 100.000 a 200.000	60%
Sobre 200.000	50%

De acuerdo a lo indicado se diferenciarán y calcularán demandas parciales tanto para el Teatro como para el Agora, debido a que están constituidos por diferentes escenarios que podrán funcionar simultáneamente con distintas presentaciones o espectáculos.

Entonces los factores de demanda de la tabla No. 39 se aplican de la siguiente manera :

Teatro : Carga total = 1173.40 Kw

Primeros 50 Kw	100%	50.00 Kw	
Siguientes 50 Kw	75%	37.50 Kw	
Siguientes 100 Kw	60%	60.00 Kw	
Restantes 973.40 Kw	50%	486.70 Kw	
		634.20 Kw	(1)

Agora : Carga total = 412.80 Kw

Primeros 50 Kw	100%	50.00 Kw	
Siguientes 50 Kw	75%	37.50 Kw	
Siguientes 100 Kw	60%	60.00 Kw	
Restantes 212.80 Kw	50%	106.40 Kw	
		253.90 Kw	(2)

La suma de las demandas parciales : (1) + (2) = 888.10 Kw

Debido a la posibilidad ya indicada de funcionamiento simultáneo, se estima un factor de coincidencia igual a 0.9, entonces la máxima demanda diversificada es:

$$888.10 \times 0.9 = 799.29 \text{ Kw}$$

Como reserva futura en el transformador se añade la reserva establecida en el banco de dimers tanto para el Teatro como para el Agora, a la que se aplica el factor de demanda correspondiente según la tabla No. 39

Reserva: 64.80 Kw	50%	32.40 Kw
-------------------	-----	----------

	Demanda máxima:	831.69 Kw
--	-----------------	-----------

Considerando un factor de potencia igual a 0.9,

la potencia aparente requerida es: 924.10 KVA

Consecuentemente el transformador que se instalará en el nivel + 19.50 para el servicio del Teatro y el Agora y - que se ha identificado en planos como CT-2 será de 1000 KVA.

Las áreas restantes de los bloques II, III y IV del sector No. 4 del edificio oval, los estacionamientos vehiculares subterráneos, el bloque de talleres y sistemas electromecánicos y la iluminación de exteriores serán atendidos mediante la instalación de un nuevo transformador cuyo cálculo de demanda se describe:

<u>Servicio</u>	<u>Carga(Kw)</u>
Bloque II	63.00
Bloque III	94.00
Bloque IV	86.00
Estacionamientos vehiculares subterráneos	64.58
Bloque de talleres y sistemas electromecánicos	180.00
Iluminación exterior	55.70

El mayor porcentaje de las áreas comprendidas en los Bloques II, III y IV constituyen sectores de servicio correlativo al funcionamiento del Teatro "Jaime Roldós A.", es por ésto que para calcular las demandas de cada uno de ellos se aplicarán también los factores de demanda de la tabla No. 39. Con tal criterio de cálculo se tiene:

<u>Bloque</u>	<u>Carga total (Kw)</u>	<u>Demanda (Kw)</u>
II	63.00	59.75 (3)
III	94.00	83.00
IV	86.00	77.00

Debe anotarse aquí que las demandas establecidas para los bloques III y IV serán atendidas también por las subestaciones CTe-2 y CTe-3 respectivamente que se encuentran cercanas a dichos bloques y que tienen capacidad disponible para tomar más carga como se había indicado en el Capítulo III, numeral III.6. Los valores de demanda a transferirse serán:

a) De bloque III a subestación CTe-2 :	25.00 Kw
Factor de potencia : 0.9	
Potencia aparente :	27.78 KVA
Por tanto, la subestación CTe-2 (112.5 KVA) atenderá:	
Demanda máxima establecida en capítulo III	65.56 KVA
Demanda a transferir desde bloque III	27.78 KVA
	<hr/>
	93.34 KVA
Se considera una reserva futura del 20%	18.67 KVA
	<hr/>
Potencia aparente a servir :	112.01 KVA
b) De bloque IV a subestación CTe-3 :	15.00 Kw
Factor de potencia : 0.9	
Potencia aparente :	16.67 KVA
Por tanto, la subestación CTe-3 (112.5 KVA) atenderá:	
Demanda máxima establecida en capítulo III	76.44 KVA
Demanda a transferir desde bloque IV	16.67 KVA
	<hr/>
	93.11 KVA

Se considera una reserva futura del 20%	<u>18.62 KVA</u>
Potencia aparente a servir :	111.73 KVA

Por tanto, ahora la demanda de los bloques III y IV es :

<u>Bloque</u>	<u>Demanda (Kw)</u>
III	83-25 = 58 (4)
IV	77-15 = 62 (5)

Para el bloque de talleres y sistemas electromecánicos se estima un factor de demanda del 60% con lo que su demanda es:

$$180 \text{ Kw} \times 0.60 = 102 \text{ Kw} \quad (6)$$

En cuanto a la carga de estacionamientos vehiculares subterráneos y a la de iluminación exterior se estima un factor de demanda igual a 100% debido a la naturaleza de su función. Por consiguiente la demanda de ellos es :

Estacionamientos vehiculares subterráneos :	64.58 Kw (7)
Iluminación exterior :	55.70 Kw (8)

Debido a que la carga de parqueaderos subterráneos e iluminación exterior se mantendrá invariable en las horas de máxima demanda, ella se sumará a la demanda diversificada resultante de la aplicación del factor de coincidencia - que se estima igual a 0.8 y que afectará a los bloques restantes.

Por consiguiente, la suma de demandas parciales es :

(3) + (4) + (5) + (6) :	59.75 Kw
	+ 58.00 "
	62.00 "
	<u>102.00 "</u>
	281.75 Kw

Factor de coincidencia : 0.8

Demanda diversificada :  $281.75 \times 0.8 =$  225.40 Kw

Más las demandas parciales (7) y (8) :	+ 64.58 Kw
	55.70 Kw
	<hr/>
Máxima demanda diversificada	345.68 Kw
Se considera una reserva futura del 20%	69.13 Kw
	<hr/>
Demanda máxima :	414.81 Kw
Factor de potencia = 0.9	
La potencia aparente requerida es :	460.90 KVA

De conformidad con lo calculado, el transformador para atender los bloques II, III, IV y las instalaciones de proyección futura, será de 500 KVA.

#### IV.4. CALCULO DE LA POTENCIA DEL TRANSFORMADOR PRINCIPAL, MAXIMAS DEMANDAS PARCIALES, FACTOR DE COINCIDENCIA, MAXIMA DEMANDA DIVERSIFICADA TOTAL. PARAMETROS DE SERVICIO DE LOS TRANSFORMADORES

Conforme lo establecido en los numerales anteriores, las nuevas instalaciones en construcción y las proyectadas al futuro se atenderán mediante la instalación de dos transformadores, a saber: uno de 1000 KVA y uno de 500 KVA.

La ubicación física de las cargas a servir hacen necesario como ya se indicó, que el transformador de 1000 KVA se instale en el nivel + 19.50 del Bloque I y que en cambio el transformador de 500 KVA debido a que en su mayor parte alimentará cargas exteriores al edificio oval, se instale fuera de él.

Esta circunstancia añadida a la exigencia de la Empresa Eléctrica Quito de que el primario de distribución existente en el sector, éste es 6.3 KV, no ingrese en el edificio oval debido a razones de mantenimiento y seguridad, obliga a que el transformador de 1000 KVA sea alimentado en el lado primario con un voltaje normalizado de baja -

tensión, habiéndose escogido para ello una tensión de 480 voltios que alimentará también, por razones de conveniencia con la conmutación del servicio de emergencia, al transformador de 500 KVA.

Como consecuencia de lo anotado se hace necesaria la instalación de un transformador principal que alimente a los anteriormente descritos, con ese fin se procede al cálculo de la potencia de dicho transformador tomando para ello los valores de las demandas parciales correspondientes a cada uno de los sectores involucrados que ya fueron calculados en el numeral IV.3 y los criterios emitidos respecto al comportamiento de las cargas de los estacionamientos vehiculares subterráneos y de la iluminación exterior.

Se tiene entonces :

(1) Teatro	634.20 Kw
(2) Agora	253.90 Kw
(3) Bloque II	59.75 Kw
(4) Bloque III	58.00 Kw
(5) Bloque IV	62.00 Kw
(6) Talleres y sistemas electromecánicos	102.00 Kw
	1169.85 Kw
Suman :	1169.85 Kw

Para las demandas anotadas se estima un factor de coincidencia igual a 0.7, por tanto :

$$\text{Demanda parcial : } 1169.85 \times 0.7 = 818.89 \text{ Kw}$$

Se suman las demandas parciales de :

(7) Estacionamientos vehiculares subterráneos	64.58 Kw
(8) Iluminación exterior	<u>55.70 Kw</u>
Máxima demanda diversificada	939.17 Kw
Se considera una reserva futura del 25 %	<u>234.78 Kw</u>
Demanda máxima	1173.95 Kw

$$\text{Factor de potencia} = 0.9$$

La potencia aparente requerida es : 1304.38 KVA

De acuerdo a lo establecido y tomando un valor normalizado de fabricación, el transformador principal que se instalará en la subestación a diseñarse será de 1500 KVA.

De lo expuesto, el transformador principal alimentará a los dos anteriormente descritos teniendo en el lado secundario una tensión de 480 voltios.

Conforme al requerimiento de VARIABLE ACOUSTICS CORP. la salida en el secundario del transformador de 1000 KVA será de 208/120 voltios, en cambio para el transformador de 500 KVA el secundario será de 210/121 voltios.

Los parámetros de servicio de los transformadores se resumen entonces así :

- Transformador de 1500 KVA, trifásico, convencional, sumergido en aceite, relación de transformación : 6000-480/277 voltios, desplazamiento angular primario-secundario correspondiente al grupo de conexión Dy5 según IEC.
- Transformador de 1000 KVA, trifásico, autoprotegido, tipo seco, para instalación en interior, relación de transformación : 480-208/120 voltios, grupo de conexión Dy5 según IEC.
- Transformador de 500 KVA, trifásico, convencional, tipo seco, para instalación en interior, relación de transformación : 480-210/121 voltios, grupo de conexión Dy5 según IEC.

## CAPITULO V

DISEÑO DE SUBESTACION CT-1, SERVICIO DE EMERGENCIA, REA-  
DECUACION DEL SUMINISTRO Y DISTRIBUCION ELECTRICOS

## V.1. SELECCION DE UBICACION OPTIMA DE LA SUBESTACION

Al seleccionar la ubicación en donde se construirá la subestación CT-1 se han tomado en consideración los siguientes requerimientos: su proximidad al centro de carga, la disponibilidad física del área adecuada para el objetivo propuesto, la preservación de la estructura estética del conjunto, la factibilidad de acceso de la red primaria desde los puntos de derivación, la posibilidad de realizar las derivaciones necesarias para el cumplimiento de los propósitos requeridos y la facilidad de acceso para personal de mantenimiento y equipo.

De acuerdo a estas directrices la subestación se edificará en forma subterránea y se ubicará delante del edificio oval frente a la avenida Patria y calle Leonidas Plaza; la losa que cubre la subestación estará a nivel del piso terminado de los jardines aledaños y corresponde al nivel de planta de accesos del edificio oval.

## V.2. CONFIABILIDAD DE SERVICIO. DOBLE ACOMETIDA PRIMARIA (PREFERENTE Y ALTERNA)

En cuanto a la red primaria de acometida, en su diseño han tenido fundamental importancia varios hechos como son: la envergadura de los escenarios que se construyen, su gran capacidad para albergar espectadores, la calidad

de espectáculos culturales que se espera presentar y el sofisticado equipamiento que será necesario instalar.

En atención a estas consideraciones se ha estimado conveniente disponer de un sistema de suministro de energía eléctrica con un alto grado de confiabilidad de manera que pueda garantizarse la presentación de espectáculos de gran calidad sin el temor de interrupciones en dicho servicio.

Es así como se solicitó a la Empresa Eléctrica Quito la confirmación para realizar doble acometida primaria desde distintas subestaciones, hecho que fuera aceptado señalándose los siguientes puntos de derivación:

-Primario Nº 1:

Desde el poste Pel ubicado en la Av. 12 de Octubre y Roca el cual soporta red aérea primaria, trifásica, 6.3 KV, cable AAAC 3x4/0 AWG que avanza desde la subestación Nº 10 Nueva-Vicentina.

-Primario Nº 2:

Desde el poste Pe 26 ubicado en la Av. 12 de Octubre frente a los terrenos de la Casa de la Cultura Ecuatoriana con red aérea primaria, trifásica, 6.3 KV, cable de cobre desnudo 3x1/0 AWG que parte de la subestación Nº 10 Vieja, ubicada en las calles Queseras del Medio y Bompland.

Primario Nº 1:

Al momento, en el poste Pel existe una derivación aérea, trifásica, que avanza por la acera sur de la calle Roca con cable de cobre desnudo 3 x 2 AWG; un vano flojo entre Pe8-Pe10 posibilita el recorrido del primario por la acera occidental de la calle Plaza con alambre de co-

bre desnudo 3 x 6 AWG y que por el costado sur llega hasta el poste Pe23.

De acuerdo a instrucciones de la Empresa Eléctrica Quito los conductores que se han señalado serán reemplazados - por cable tipo AAAC 3 x 4/0 AWG entre los tramos Pe1-Pe8 y Pe9-Pe23.

Los postes Pe18 de hierro riel, Pe20 de hierro riel y el Pe23 de hierro tubular serán reemplazados por los postes P1, P2 y P3 de hormigón armado y 11.5 m. de longitud respectivamente.

En el nuevo poste P3 se realizará el montaje tipo MNS1 - (vertical) para la instalación de un seccionador tripolar bajo carga ( $V_n=12$  KV;  $I_n=630$  A) con fusibles adosados en la parte inferior y el montaje tipo MNCl-3 para derivación subterránea con cable unipolar de cobre, apantallado, aislado para 8 KV, 3 x 4/0 AWG que cruzará la avenida Patria y avanzará hasta ingresar a la subestación CT-1 en donde se recibirá en los terminales unipolares correspondientes. Este primario se considerará para efectos del servicio como "alimentador preferido".

Primario N° 2:

En el poste Pe26 se retirará el montaje MNCl así como también el cable tripolar de cobre aislado 8 KV N° 2 AWG que ingresa a la subestación CTe-1 y el terminal tripolar dentro de ella. Se realizará el montaje tipo MNS1 - (vertical) en el poste Pe26 para la instalación de un seccionador tripolar bajo carga ( $V_n=12$  KV;  $I_n=630$  A) con fusibles adosados en la parte inferior y el montaje tipo MNCl-3 para derivación subterránea con cable unipolar de cobre apantallado, aislado para 8 KV, 3 x 4/0 AWG que con el mismo recorrido del cable retirado llegará hasta el foso que bordea el edificio oval y avanzará por él hasta ingresar a la subestación CT-1 en donde se recibirá -

en los terminales correspondientes; el primario descrito constituirá el "alimentador alterno".

### V.3. DESCRIPCION DE INSTALACIONES EN LA SUBESTACION CT-1

#### V.3.1. Generalidades

La subestación CT-1 estará constituida por un área de construcción de 170 metros cuadrados con una longitud de 17 metros, un ancho de 10 metros y una altura libre de 3.60 metros, en la cual se distinguen las siguientes áreas:

- Seccionamiento, transferencia primaria y medición.
- Transformación principal (6000-480/277 voltios).
- Emergencia y transferencia secundaria.
- Transformación secundaria (480-210/121 voltios y 480-208/120 voltios).

El ingreso para personal y equipos se realizará desde la avenida Patria utilizando la rampa que se construirá para el efecto, y la puerta de acceso a la subestación. El área de ventilación requerida que de acuerdo a la prescripción del NEC <sup>(5)</sup> es de  $20 \text{ cm}^2$  por KVA instalado y que para nuestro caso resulta en  $4.0 \text{ m}^2$  ha sido obtenida mediante las aberturas para ventilación proyectadas en las paredes tanto externas como internas de la subestación, así como también en las puertas que sirven de ingreso a las áreas de transformación y emergencia debido a la gran superficie que presentan para el recorrido del flujo de aire. Debe anotarse que en la parte posterior de la subestación se ha proyectado un tramo de foso que servirá para ventilación y para salida de conductores.

#### V.3.2. Area de seccionamiento, transferencia primaria y medición

Desde los terminales unipolares de recepción aislados para 8 KV, dentro de la subestación, los primarios N° 1 y N° 2 llegarán hasta los seccionadores de barra 7.8 KV - 400 amperios, señalados en el diagrama eléctrico unifilar con el N° 10 y que en operación regular funcionarán "normalmente cerrados" alimentando las dos fuentes de ingreso al tablero de transferencia automática de carga señalado con el N° 12 ( $V_n=14.4$  KV;  $I_n=200$  A); cabe indicar que este tablero está equipado fundamentalmente por dos interruptores trifásicos en vacío accionados a motor, para operación bajo carga, y por un control automático de transferencia de carga; los interruptores además pueden ser operados manualmente para propósitos de prueba o si hay pérdida de tensión.

Del conector superior de los seccionadores de barra N° 10, los primarios irán a los seccionadores tripolares de tipo rotativo, cabinados, para operación manual con carga ( $V_n=12$  KV;  $I_n=400$  A) señalados con N°s. 13-1 y 13-2 (normalmente abiertos); esta conexión tiene por objeto realizar una alimentación de "bypass" para cualquiera de los primarios cuando el tablero de transferencia automática N° 12 sea desconectado para efectos de mantenimiento. Debe anotarse que tanto para la operación de los alimentadores de bypass como para los demás elementos proyectados se incluye más adelante un detalle con la secuencia de operación del conjunto con la finalidad de evitar falsas maniobras.

Del conector superior de los seccionadores rotativos N°s 13-1 y 13-2, los primarios irán al seccionador tripolar de tipo rotativo, cabinado, para operación manual con carga ( $V_n=12$  KV;  $I_n=630$  A) señalado con N° 9; esta conexión se ha proyectado conforme la indicación impartida por la Empresa Eléctrica Quito con el objeto de que, cuando una de las subestaciones desde las cuales se está tomando energía para este proyecto sea desconectada para mantenimiento, pueda alimentarse a los usuarios de ella-

desde la otra subestación a través del seccionador rotativo N° 9 que sería conectado en ese caso específico; para efectos de ello y como operación normal el primario - N° 1 será seleccionado en el control del tablero de transferencia automática N° 12 como "alimentador preferido". Los conductores para este proceso descrito como se indica en el diagrama unifilar serán de cobre aislado para 8 KV, unipolares, 3x4/0 AWG; desde los seccionadores de barra N° 10 hasta el tablero de transferencia automática - N° 12 serán unipolares, de cobre aislado para 8 KV, 3 x 1/0 AWG.

Con estos mismos conductores se saldrá del tablero automático N° 12 hasta el conector inferior de los seccionadores de barra 7.8 KV-200 A. señalados con N° 14 que funcionarán "normalmente cerrados" y del conector superior de ellos se avanzará hasta los transformadores de corriente y de tensión para efectuar la medición de energía; como se puede observar en el diagrama eléctrico unifilar - se tiene una interconexión con los seccionadores rotativos N° 13-1 y 13-2 para cuando la alimentación por uno de ellos sea necesaria previa la desconexión de los seccionadores de barra N° 14.

Posteriormente, se harán dos derivaciones utilizando cable tripolar de cobre aislado 8 KV, N° 4 AWG que tendrán por finalidad realizar la interconexión con las demás - subestaciones existentes, ésto es CTe-3, CTe-1, CTe-2 y CTe-4 formando un anillo de manera que la alimentación - pueda hacerse por cualquiera de los costados en caso de que algún tramo de cable tuviera una falla.

Es así como la una salida irá hasta la subestación CTe-3 y la segunda avanzará hasta CTe-4; la interconexión entre las subestaciones CTe-3, CTe-1, CTe-2 y CTe-4 se realizará mediante el cable de cobre tripolar aislado 8 KV, N° 4 AWG que se encuentra instalado y cuya readecuación in-

terior se describirá más adelante.

El recorrido de las derivaciones indicadas desde la sub estación CT-1 se hará con cables enterrados directamente en el suelo de acuerdo al tipo SC-2 ya que en dichos sec tores no existe el foso que rodea el Edificio Oval como en los restantes tramos existentes.

Sin embargo de que la interconexión proyectada presenta gran flexibilidad para la alimentación primaria, se deja anotado que la operación normal se realizará utilizando las dos derivaciones señaladas desde CT-1 tomando dos - subestaciones por cada costado, ésto es:

-La primera salida alimentará CTe-3 y CTe-1.

-La segunda salida alimentará CTe-4 y CTe-2

En consecuencia el tramo de cable entre CTe-1 y CTe-2 - quedará desconectado por medio de seccionadores de barra instalados en cada subestación y que en el diagrama unifilar se han señalado con el N° 38a.

### V.3.3 Area de transformación principal(6000-480/277 V)

Desde el conector superior de los seccionadores fusibles que sirven para derivar a CTe-4 y con los mismos conductores de cobre unipolar, apantallado, aislado para 8KV, 3 x 1/0 AWG se llegará hasta el seccionador tripolar bajo carga con fusibles adosados en la parte inferior señalado con el N° 19 y de allí se seguirá hasta alimentar - las bobinas del transformador que como se indicó será de 1500 KVA, con la bobina primaria para funcionamiento a tensión nominal de 6000 voltios y con salida en el secundario de 480/277 voltios.

Para efectos de protección interna del transformador con tra fallas como son cortocircuitos entre fases, cortocir cu itos entre espiras y defectos a masa, éste será equipa do con un relé Buchholz que en caso de defecto acciona-

rá el elemento de disparo del disyuntor de protección en baja tensión.

Desde los bushings de baja tensión del transformador se instalarán barras de cobre de sección rectangular, 80x15 mm, con capacidad de 2125 amperios, que llegarán hasta el disyuntor termomagnético ( $V_n=660$  V;  $I_n=2000$  A) instalado delante del transformador sobre bastidores metálicos de hierro ángulo.

Hacia el costado derecho de la puerta de ingreso a la subestación, se ha previsto un espacio y la estructura civil adecuada con el fin de que la Empresa Eléctrica Quito realice -si es de su conveniencia- la instalación de un transformador para servicio de alumbrado público del Parque El Ejido, cuya alimentación primaria se derivará en los seccionadores de barra señalados en planos con línea cortada.

#### V.3.4. Area de emergencia y transferencia secundaria

##### a) Servicio de emergencia

Al evaluar las necesidades del servicio de emergencia se ha considerado la posibilidad cierta de que no haya suministro de energía eléctrica a través de los primarios N° 1 y N° 2 anteriormente descritos y en consecuencia la Casa de la Cultura se vería avocada a tener que suspender presentaciones que como ya se ha mencionado podrían ser exclusivas.

El criterio ya expresado es de que esta circunstancia no tenga que producirse y por tanto se ha decidido la instalación de un generador de emergencia que cubra los requerimientos de servicio involucrados con la presentación de dichos eventos culturales o artísticos.

Con estas consideraciones se preveé que la máxima deman-

da diversificada calculada en el numeral IV.4 y cuyo resultado es igual a 939.17 Kw satisfará dichos requerimientos de servicio involucrados, determinándose en consecuencia la instalación de un generador de emergencia - de 1000Kw de potencia de salida a una altura de 2800 m. sobre el nivel del mar, que funcionará a diesel, y estará conectado en estrella con el punto neutro puesto directamente a tierra.

Como se observa en planos, el generador se ubicará en el compartimiento aledaño al transformador principal, separado de él mediante una pared de mampostería de manera - que se pueda mantener la debida seguridad para cada una de las instalaciones. El área de ventilación, entrada y salida de aire será suficiente para permitir una operación normal del grupo.

La base de cimentación del grupo se construirá de acuerdo a las instrucciones del fabricante, sin perjuicio de - lo cual deberá sobrepasar 0.2m. a todos y cada uno de los lados del grupo, la profundidad del bloque de anclaje en ningún caso será menor de 0.3m. y deberá ser de hormigón armado incluyendo varillas verticales.

La unidad se montará sobre antivibratorios metálicos a - doble resorte con doble perno de sujeción en la base y - perno superior de regulación de aplastamiento.

#### b) Sistema de combustible

Para la operación del equipo de emergencia se dispon-- drá de un tanque de combustible de reserva y de un tanque diario. La capacidad del tanque de reserva se ha establecerido de la siguiente manera:

Se considera una operación máxima de 5 horas al día y se espera el servicio del equipo, al menos durante dos días consecutivos, con lo cual será necesario disponer de combustible para 10 horas de trabajo.

Una regla práctica determinada por DETROIT DIESEL ALLISON (7) para estimar el consumo de combustible es: un galón de combustible por hora de operación por cada 10 Kw de potencia nominal del generador.

Por tanto el generador de 1000 Kw funcionando a plena carga consumirá 100 galones de combustible por cada hora de operación.

Ya que el equipo puede ser requerido para operar durante 10 horas antes de volver a llenar el tanque, la mínima cantidad de combustible a disponerse es igual a 1000 galones.

Para pruebas y operación periódica de mantenimiento, se requerirán además alrededor de 100 galones adicionales, con lo cual el tanque cuando sea llenado deberá contener 1100 galones.

Se incrementa el volumen del tanque en 6% con el fin de permitir espacio para la dilatación calórica del combustible y para acumulación de condensación y sedimentos resultando un volumen total de:

	1100 galones
+ 6%	<u>66 "</u>
Total	1166 galones

En consecuencia se selecciona un tanque de combustible de reserva con una capacidad de 1200 galones que tendrá forma cilíndrica con las siguientes dimensiones: 1.30 m. de diámetro y 3.40 m. de longitud.

En cuanto al tanque diario se ha estimado conveniente instalar uno también cilíndrico con capacidad de 250 galones y que tendrá 1.0 m. de diámetro y 1.2 m. de longitud.

En la celda que se ha diseñado junto al generador de emergencia, también bajo el piso, se alojará el tanque de reserva sobre lunetas de hormigón armado.

El tanque diario se ubicará sobre estructura metálica, en el compartimiento del generador de emergencia como indicado en planos y estará previsto para llenado con bomba.

Debido a que la entrega de combustible desde el proveedor hasta el tanque de reserva tendrá que realizarse desde la rampa de acceso, se ha dispuesto, en la parte frontal e inferior a la celda del tanque citado, de un compartimiento destinado a recibir el combustible mediante una cisterna y luego a través de una bomba (40 galones / minuto) adecuada para el efecto, impulsar dicho combustible hasta el tanque de reserva.

### c) Transferencia secundaria

A un costado del generador de emergencia se instalará el tablero de transferencia automática ( $V_n=480$  V;  $I_n=2000$  A) que tendrá las dos fuentes de alimentación así:

- Barras de cobre de sección rectangular, 80x15 mm. que salen desde el disyuntor termomagnético de 2000 amperios ubicado frente al transformador.
- Barras de cobre de sección rectangular, 60x10 mm. con capacidad de 1430 amperios que salen desde la protección del generador de emergencia. Estas se instalarán sobre aisladores soportabarras NEMA A2 y con las abrazaderas adecuadas para el efecto, ello a su vez se montará sobre pletinas de hierro empotradas en canales que se construirán como indicado en planos de obra civil y que tendrán tapas de hormigón de manera que no haya posibilidad de contacto accidental con las barras.

### V.3.5. Area de transformación secundaria (480-210/121 V y 480-208/120 V)

Con barras de cobre de 80x15 mm. se saldrá del tablero de transferencia automática para llegar hasta las barras colectoras de idénticas dimensiones y de allí realizar

dos derivaciones , a saber:

- 1- Mediante bases portafusibles de 500 voltios-1000 amperios, con cartuchos fusibles tipo NH de 500 amperios- y utilizando cable de cobre aislado 2 KV, tipo TTU - 3 x (2x3/0) AWG, se alimentará el transformador de - 500 KVA ubicado junto a las barras colectoras. Como - se indicó el transformador será de 500 KVA, tipo seco con la bobina primaria para funcionamiento a tensión-nominal de 480 voltios y con salida en el secundario- de 210/121 voltios, grupo de conexión Dy5.

De los terminales de baja tensión del transformador y mediante barras de cobre de sección rectangular 60x10 mm. con capacidad de 1430 amperios y cable de cobre - desnudo 3x4/0 AWG para neutro, se llegará hasta el - disyuntor termomagnético de 1600 amperios ubicado de- lante del transformador y de allí se avanzará por un canal en el piso hasta las barras colectoras de la - misma dimensión ubicadas en la pared frontal, para de- rivar de éstas mediante las protecciones adecuadas, ha- cia las cargas que se han calculado y corresponden a los bloques II, III, IV y a las instalaciones proyec- tadas futuras.

- 2- Mediante bases portafusibles de 500 V-1250 A, con car- tuchos fusibles tipo NH de 800 amperios y utilizando- barras de cobre de sección rectangular, 60x10 mm., se avanzará por un canal en el piso hasta la pared fron- tal para subir por ella, cruzar luego el foso con las barras suspendidas en el cielo raso de él e ingresar en el edificio y subir por el espacio libre comprendi- do entre la pared y los ventanales exteriores hasta - la terraza, por donde se conducirán las barras hasta ingresar al compartimiento (N.19.50) donde se instala- rá el centro de transformación tipo paquete de 1000 - KVA (CT-2), relación: 480-208/120 voltios, grupo de co- nexión Dy5, previsto para el servicio del teatro.

En el trayecto descrito desde la salida de la subestación CT-1, el recorrido de las barras de cobre será adecuadamente protegido mediante tapas metálicas y de asbesto cemento para evitar contactos accidentales, además en el ascenso hasta la terraza las barras serán debidamente aisladas con cinta adecuada para el efecto.

En cuanto al porcentaje de caída de tensión que se producirá en el trayecto de ascenso de las barras conductoras desde la subestación CT-1 hasta CT-2, se ha estimado conveniente que dicho porcentaje no exceda del 2%. Para calcular la caída de tensión en las barras conductoras se utilizará la fórmula siguiente (8):

$$e = \frac{1.73 L I f_p}{k q}$$

donde:

e = caída de tensión en voltios

L = longitud del trayecto en metros, L = 105 m.

I = corriente de plena carga del transformador de 1000 - KVA, I = 1204 amperios.

f<sub>p</sub> = factor de potencia igual a 0.9

k = constante de conductibilidad eléctrica que para el cobre es igual a 56.

q = sección de la barra conductora en mm<sup>2</sup>, q = 600 mm<sup>2</sup>.

Entonces:

$$e = \frac{1.73 \times 105 \times 1204 \times 0.9}{56 \times 600} = 5.86 \text{ voltios.}$$

Y el porcentaje de caída de tensión ΔV% será:

$$\Delta V\% = \frac{e}{V} \times 100 = \frac{5.86}{480} \times 100 = 1.22 \%$$

donde V = tensión nominal de servicio de las barras conductoras.

Por otra parte es importante que las barras conductoras sean bien soportadas, con el fin de resistir las fuerzas electromagnéticas producidas bajo condiciones de corto-

circuito.

Las fuerzas electromagnéticas pueden ser despejadas en tres componentes a saber:

- 1- Esfuerzo lateral
- 2- Esfuerzo longitudinal
- 3- Esfuerzo torsional

De estas tres componentes, el esfuerzo lateral es el más destructivo y se lo transfiere directamente a los aisladores de soporte, por lo que para contrarrestar dichos esfuerzos -a más de las uniones flexibles anteriormente indicadas- debe preverse el espaciamiento adecuado entre ellos.

Con el fin de calcular dicho espaciamiento se utilizarán los nomogramas <sup>(9)</sup> de las figuras N° 12 y 13 tomando como datos de partida: la corriente de cortocircuito trifásico  $I_{cc}$  en el lado de baja tensión del transformador de 1500 KVA -cuyo procedimiento de obtención se describe - más adelante en el numeral V.5- cuando el conjunto esté operando con el primario N° 2 que es la condición en la que dicha corriente es mayor con un valor de 20.442 amperios (Figura N° 17, punto N° 8); la distancia entre fases que es igual a 13 cm. ó 5.12 pulgadas y el módulo de sección de la barra conductora correspondiente al eje horizontal <sup>(10)</sup>.

El nomograma de la figura N° 12 corresponde a la barra - de 80 x 15 mm. con dos o tres soportes por longitud de la barra y el nomograma de la figura N° 13 corresponde a la barra de 60 x 10 mm. con cuatro o más soportes por longitud de la barra.

Para obtener la distancia entre soportes de la barra se ha trazado una línea recta entre el valor de la corrien-

# Three Phase Short Circuit

## Two or Three Bus Supports Per Conductor Length

Nomogram for Determining Maximum Short Circuit Force Between Conductors,  
and the Required Spacing Between Bus Supports, where

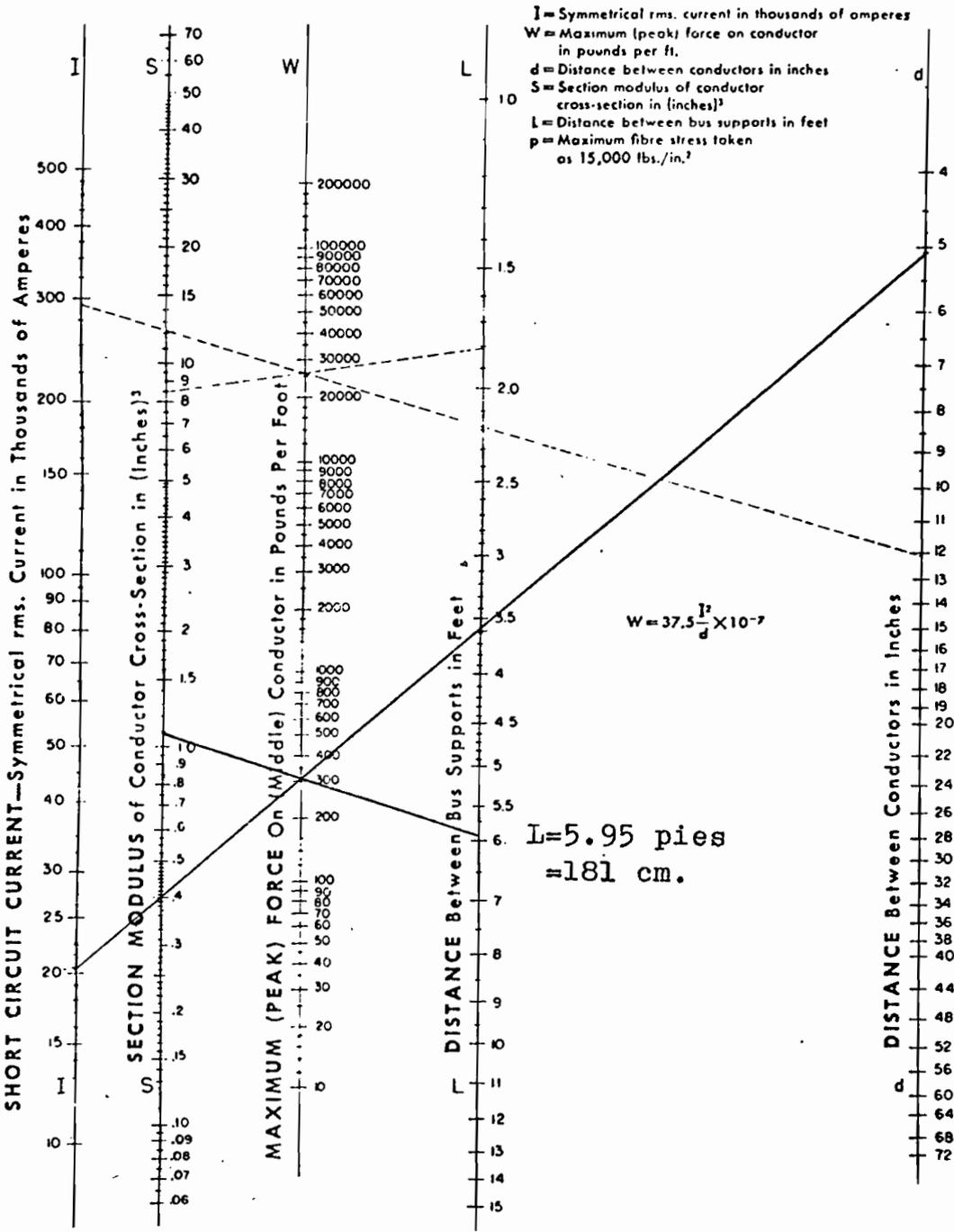


Figura Nº 12: Determinación del espaciamento entre sopor  
tes de la barra de cobre de sección rectangular 80x15 mm

$I = 20.442 \text{ A.}$

$d = 5.12 \text{ pulgadas } S = 1.0986 \text{ pulg}^3$

# Three Phase Short Circuit

## Four or More Bus Supports Per Conductor Length

Nomogram for Determining Maximum Short Circuit Force Between Conductors, and the Required Spacing Between Bus Supports, where

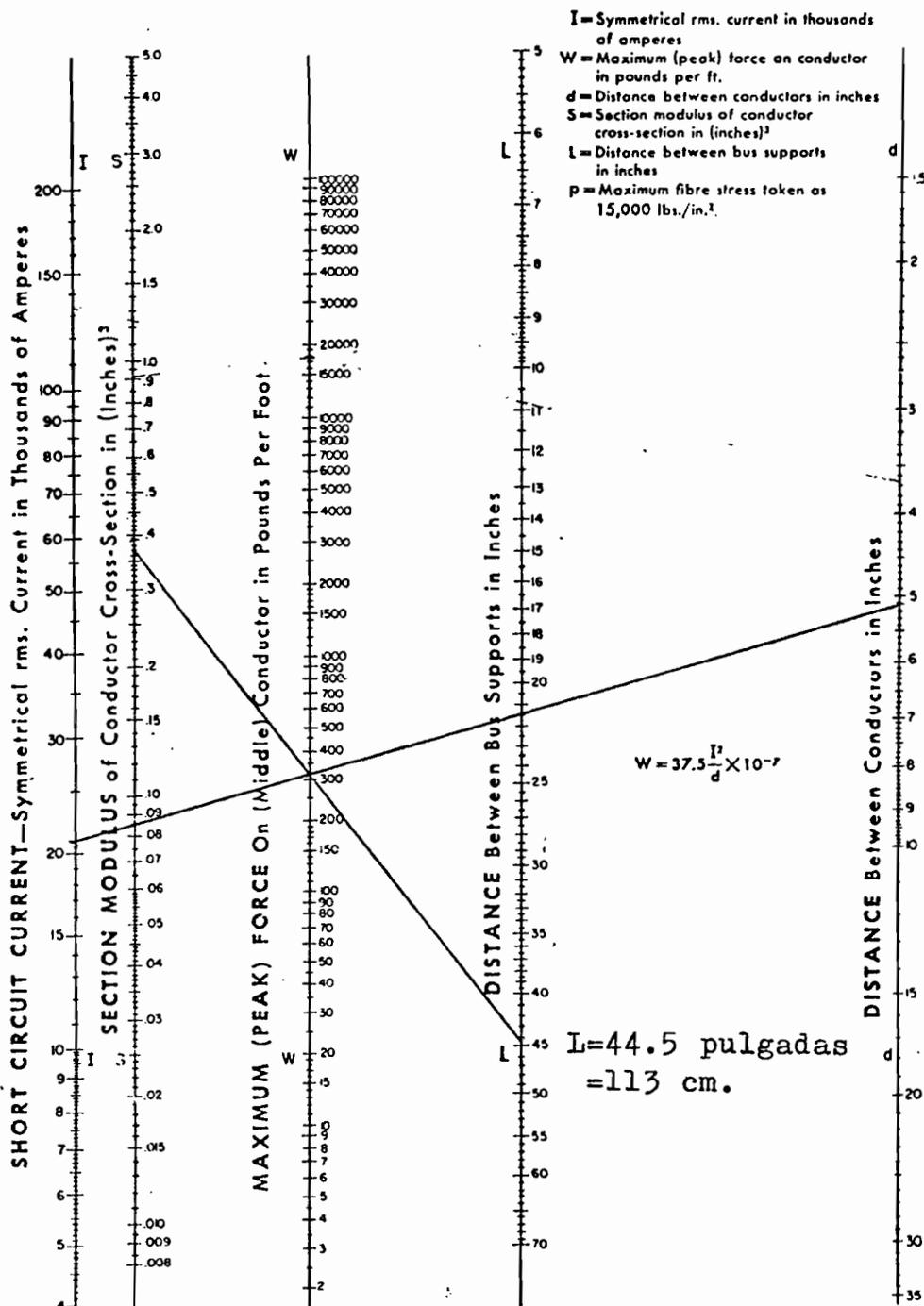


Figura Nº 13: Determinación del espaciamento entre sopor tes de la barra de cobre de sección rectangular 60x10 mm

I = 20.442 A.      d = 5.12 pulgadas      S = 0.3661 pulg<sup>3</sup>

te Icc y la distancia entre fases determinándose la intersección de dicha línea en la escala de W que es la máxima fuerza que se producirá en el conductor en libras - por pie; luego la línea recta rotará sobre el punto de intersección hasta encontrar el valor del módulo de sección que para cada barra se indica en la figura respectiva, estableciéndose en la escala de L el valor correspondiente -en pies o pulgadas- a la máxima distancia recomendada entre soportes de barra.

Es así como de la figura Nº 12 se ha determinado una distancia entre soportes igual a 5.95 pies ó 181 cm.

De igual manera en la figura Nº 13 se ha determinado una distancia entre soportes igual a 44.5 pulgadas ó 113cm.

En consecuencia en base a éstos valores máximos, se ha diseñado la distancia entre apoyos para el recorrido de las barras conductoras que se indican en los planos respectivos.

### V.3.6 Sistema de tierras

Para el cálculo del sistema de tierras se procederá de acuerdo a lo indicado en los Poligrafiados de la Escuela Politécnica Nacional <sup>(11)</sup> que determinan los siguientes pasos:

- a) Investigación de las características del terreno.
- b) Determinación de la corriente máxima de falla a tierra.
- c) Diseño del sistema de tierras.
- d) Cálculo de la resistencia a tierra del sistema de tierras.

a) Investigación de las características del terreno:

La malla de tierra se colocará a 0.5m. debajo de la super

ficie del piso de la subestación CT-1 y en consecuencia por encontrarse en suelo húmedo se ha estimado una resistividad del terreno igual a 100 ohmios-metro. Para cálculos posteriores la resistividad en la superficie que tocan los pies, es decir el piso encementado de la subestación, se ha estimado igual a 5000 ohmios-metro.

b) Determinación de la corriente máxima de falla a tierra:

De las figuras N° 16 y 17 en las cuales se han señalado los valores calculados de corrientes de falla (trifásica en el semicírculo superior y a tierra en el inferior) se observa que en el punto N° 3 correspondiente a la subestación CT-1, la máxima corriente de falla a tierra se produce cuando el sistema se alimenta a través del primario N° 2 y tiene un valor de 2543 amperios (figura N° 17).

Este valor de corriente se corrige por un factor de decremento (D), ya que al ocurrir la falla se origina una corriente transitoria que debe tomarse en cuenta, para la seguridad, en su aspecto más desfavorable.

El factor de decremento para una duración de la falla de 0.1 segundos es igual a 1.25<sup>(11)</sup>.

$$\begin{aligned} \text{Entonces: } I &= D I_{cc} \\ &= 1.25 \times 2543 = 3179 \text{ amperios} \end{aligned}$$

donde:

I = corriente ajustada por el factor de decremento.

c) Diseño del sistema de tierras:

Se ha diseñado la malla de tierra mediante una configuración de rejilla en base a las siguientes consideraciones:

- Un cable continuo rodeará totalmente a la rejilla para abarcar toda el área de la subestación CT-1.

- Los cables en el interior de la rejilla se colocarán - paralelamente a una distancia de 2.08 m. en el sentido longitudinal (9 hileras) y a 1.6 m. en el sentido transversal (7 hileras), y se ha procurado llevarlos cerca de todas las salidas a estructuras metálicas, carcasas y neutros.
- La longitud total de los conductores enterrados, incluyendo las varillas será mayor o igual a la dada por la fórmula siguiente<sup>(11)</sup>:

$$L = \frac{K_m K_i \rho \sqrt{t} I}{165 + 0.25 \rho s}$$

donde:

L = longitud total del conductor enterrado en metros.

K<sub>m</sub> = coeficiente que toma en cuenta los conductores de la malla, en cuanto a números, calibre y disposición:

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{D^2}{16hd} + \frac{1}{\pi} \ln \left[ \frac{3}{4} \times \frac{5}{6} \times \frac{7}{8} \times \frac{9}{10} \times \frac{11}{12} \times \frac{13}{14} \times \frac{15}{16} \right]$$

donde:

D = separación entre los conductores de la malla, en metros; D = 2.08 m.

d = diámetro de los conductores que forman la malla, en metros; se prevé instalar cable de cobre desnudo N° 1/0 AWG, por tanto d ≈ 0.01m.

h = profundidad a que está enterrada la malla, en metros; h = 0.5 m.

El número de factores encerrados con paréntesis - es igual a (n-2), siendo n el número de conductores paralelos en la rejilla tomados en sentido longitudinal y que para el caso es igual a 9.

Entonces:

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{2.08^2}{16 \times 0.5 \times 0.01} + \frac{1}{\pi} \ln \left[ \frac{3}{4} \times \frac{5}{6} \times \frac{7}{8} \times \frac{9}{10} \times \frac{11}{12} \times \frac{13}{14} \times \frac{15}{16} \right]$$

$$K_m = 0.34$$

K<sub>i</sub> = Factor de corrección por irregularidad, para tomar en cuenta la distribución irregular del flujo

de corrientes a tierra. Su valor se encuentra con la fórmula empírica:  $K_i = 0.65 + 0.172n$ , donde  $n$  = número de conductores que cortan la sección transversal de la malla y que para el caso es igual a 7.

Por tanto  $K_i = 0.65 + 0.172 \times 7 = 1.85$

$\rho$  = resistividad promedio del terreno;  $\rho = 100 \Omega/\text{m}$ .

$t$  = duración máxima de la descarga en segundos.

$I$  = corriente de falla a tierra afectada por el factor de decremento;  $I = 3179$  amperios.

$\rho_s$  = resistividad del terreno en la superficie, del tipo de material que tocan los pies;  $\rho_s = 5000 \Omega/\text{m}$ .

Entonces: 
$$L = \frac{0.34 \times 1.85 \times 100 \sqrt{0.1} \times 3179}{165 + 0.25 \times 5000}$$

$L = 44.7$  metros

- El calibre del conductor se halla aplicando la siguiente fórmula<sup>(11)</sup>:

$$A = \frac{I}{\sqrt{\frac{\text{Log} \left[ \frac{T_m - T_a}{234 + T_a} + 1 \right]}{33 S}}}$$

donde:

$A$  = área de la sección recta del conductor, en circular mils.

$I$  = corriente máxima de falla a tierra;  $I = 3179$  A.

$T_m$  = temperatura máxima permisible en  $^{\circ}\text{C}$ ; para conectores atornillados es igual a  $250^{\circ}\text{C}$ .

$T_a$  = Temperatura ambiente en  $^{\circ}\text{C}$ ; se toma generalmente un valor de  $40^{\circ}\text{C}$ .

$S$  = tiempo durante el cual se aplica la corriente  $I$ , en segundos; para mayor seguridad se considera como normal un tiempo de 4 segundos.

Entonces:

$$A = \frac{3179}{\sqrt{\frac{\text{Log} \left[ \frac{250 - 40}{234 + 40} + 1 \right]}{33 \times 4}}}$$

A = 73476 CM, cuya sección se aproxima, pero en todo caso es menor a la del conductor de cobre desnudo Nº 1/0 AWG inicialmente previsto (105500 CM).

d) Cálculo de la resistencia a tierra del sistema de tierras:

El National Electrical Code, en la sección 250-84 establece que si un electrodo tiene una resistencia a tierra mayor que 25 ohmios, deberá instalarse un electrodo adicional. En consecuencia se tomará este valor como el de máxima resistencia a tierra permitido.

Para el cálculo de la resistencia de conexión a tierra de la red se considera, con mucha aproximación, toda la malla equivalente a una superficie conductora circular, con área igual al área cubierta por la malla.

Se encuentra entonces el radio de un círculo cuya superficie sea igual a la superficie total cubierta por la rejilla:

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

donde:

r = radio de la lámina circular conductora equivalente, en metros.

A = área total encerrada por la rejilla, en metros cuadrados:

$$A = 16.64 \text{ m} \times 9.6 \text{ m}$$

$$A = 159.74 \text{ m}^2$$

Entonces:

$$r = \sqrt{\frac{159.74}{\pi}}$$

$$r = 7.13 \text{ m.}$$

Luego se encuentra la resistencia de la lámina conductora circular a tierra mediante la fórmula<sup>(11)</sup>:

$$R = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L}$$

donde:

R = resistencia a tierra aproximada de la red, en ohmios.

$\rho$  = resistividad del terreno, en ohmios-metro;  $\rho = 100$  ohmios-metro.

r = radio del círculo con área igual al de la rejilla diseñada, en metros; r = 7.13 metros.

L = longitud total del conductor enterrado, incluyendo la longitud total de las varillas, en metros:

$$\text{Por tanto:} \quad 16.64 \times 7 = 116.48 \text{ m}$$

$$9.60 \times 9 = 86.40 \text{ m}$$

$$1.80 \times 6 = 10.80 \text{ m}$$

$$\text{Longitud total:} \quad 213.68 \text{ m}$$

Entonces:

$$R = \frac{100 \text{ ohmios-m}}{4 \times 7.13 \text{ m}} + \frac{100 \text{ ohmios-m}}{213.68 \text{ m}}$$

$$R = 3.98 \text{ ohmios}$$

Resultado que cumple satisfactoriamente la exigencia del National Electrical Code.

La disposición de la malla de tierra consta en los planos de instalación de la subestación CT-1, anexo N° 1.

#### V.4. READECUACION DE SUBESTACIONES EXISTENTES

Como se indicó antes, la red primaria formará un anillo de servicio que unirá las derivaciones de la subestación CT-1 con las restantes; ésto motiva una readecuación de las instalaciones primarias en las subestaciones existentes para lo cual se presenta en planos y en el diagrama-unifilar el detalle de esas readecuaciones en concordancia con el área física ya establecida y la ubicación de equipos instalados; con la finalidad de mostrar objetivamente las readecuaciones a realizarse, consta en el apéndice A el diagrama eléctrico unifilar de las instalaciones existentes, correspondientes a las subestaciones - CTe-1, CTe-2, CTe-3 y CTe-4, con la misma numeración del diagrama del nuevo proyecto para los equipos que seguirán en servicio.

##### V.4.1. Subestación existente CTe-3

Del terminal tripolar aislado 8 KV en la subestación CT-1 se saldrá con cable tripolar de cobre aislado 8 KV, N° 4 AWG que ingresará a la subestación CTe-3 y se recibirá en el terminal tripolar señalado en diagrama unifilar - con N° 36, a instalarse; de allí con cable unipolar aislado 8 KV, apantallado, 3 x 4 AWG se llegará hasta el conector inferior de los seccionadores de barra N° 38 también a instalarse; del conector superior de éstos se irá al conector superior de los seccionadores fusibles N° 39 existentes para protección del transformador de 112.5 KVA y de allí al conector superior de los seccionadores de barra N° 38 para luego mediante el terminal tripolar existente N° 36a salir hacia la subestación CTe-1 con el cable tripolar de cobre N° 4 AWG existente.

##### V.4.2. Subestación existente CTe-1

En la subestación CTe-1 se encuentra instalada tanto la

entrada desde CTe-3 como la salida hacia CTe-2, debiendo reemplazarse los seccionadores-fusibles por los seccionadores de barra señalados con N° 38 y 38a respectivamente y retirarse la acometida desde el poste Pe26 como descrito anteriormente.

#### V.4.3. Subestación existente CTe-2

De igual manera en la subestación CTe-2 existe la entrada del primario desde CTe-1 y la salida hacia CTe-4, debiendo instalarse los seccionadores de barra N° 38.

#### V.4.4. Subestación existente CTe-4

En la subestación CTe-4 está instalada la entrada del primario desde CTe-2 debiendo instalarse los seccionadores de barra N° 38 y realizarse las conexiones indicadas para salir mediante el terminal N° 36 y cable tripolar aislado 8 KV N° 4 AWG, hacia la subestación CT-1 en donde se cerrará el anillo en el terminal N° 36.

Como se puede observar en el diagrama eléctrico unifilar la instalación proyectada permite operar el anillo primario en su totalidad o por tramos de servicio, ofreciendo la flexibilidad adecuada para realizar la alimentación por cualquiera de los lados del primario así como también dejar fuera de servicio un tramo mediante una desconexión segura. Sin embargo es importante insistir nuevamente en que la operación normal del conjunto se realizará con los seccionadores de barra N° 38 normalmente cerrados y los N° 38a normalmente abiertos, teniendo en servicio las dos derivaciones desde CT-1 con las subestaciones CTe-3 y CTe-1 por el un costado y las CTe-4 y CTe-2 por el otro.

En cuanto a la red aérea primaria existente desde Pe25 hasta Pe37 se retirará en su totalidad y consecuentemen-

te también los centros de transformación CTe-5, CTe-7, - CTe-8 y la subestación CTe-6. El suministro de energía eléctrica para el Teatro Prometeo y el Edificio de Administración se realizará, como ya se indicó, con red secundaria subterránea trifásica desde la subestación -- CTe-4 conforme lo establecido anteriormente.

#### V.5. PROTECCIONES

Para el estudio de protecciones, se han calculado las co rrientes de cortocircuito (máxima y mínima) en los puntos en donde se instalarán los elementos de protección, tomando en consideración para este cálculo, cada uno de los recorridos de la alimentación primaria hasta llegar a la subestación CT-1, así como también las dos posibilidades de alimentación en el anillo a partir de CT-1 con su mayor carga, esto es sirviendo las 4 subestaciones por lado en las secuencias CTe-3, CTe-1, CTe-2, CTe-4 o viceversa. Con las consideraciones anotadas se presentan en la figura N° 14 el diagrama unifilar con el recorrido - del circuito primario N° 1 (desde la S/E N° 10 nueva) y en la figura N° 15 el diagrama unifilar con el recorrido del circuito primario N° 2 (desde la S/E N° 10 vieja), a notándose en ellas los conductores, la longitud de los - mismos y las corrientes de plena carga en los puntos de protección.

##### V.5.1. Datos referenciales

A continuación se tabulan los datos correspondientes a - resistencia y reactancia tanto de secuencia positiva y - negativa como de secuencia cero, de los conductores que constan en los diagramas unifilares, datos que se han ob tenido de las referencias bibliográficas correspondien-- tes a los números entre paréntesis y también mediante - cálculo, para las redes aéreas, basado en conductores de 7 hilos y en la geometría de la red de 6.3 KV que es la

SIMBOLOGIA DE PROTECCIONES

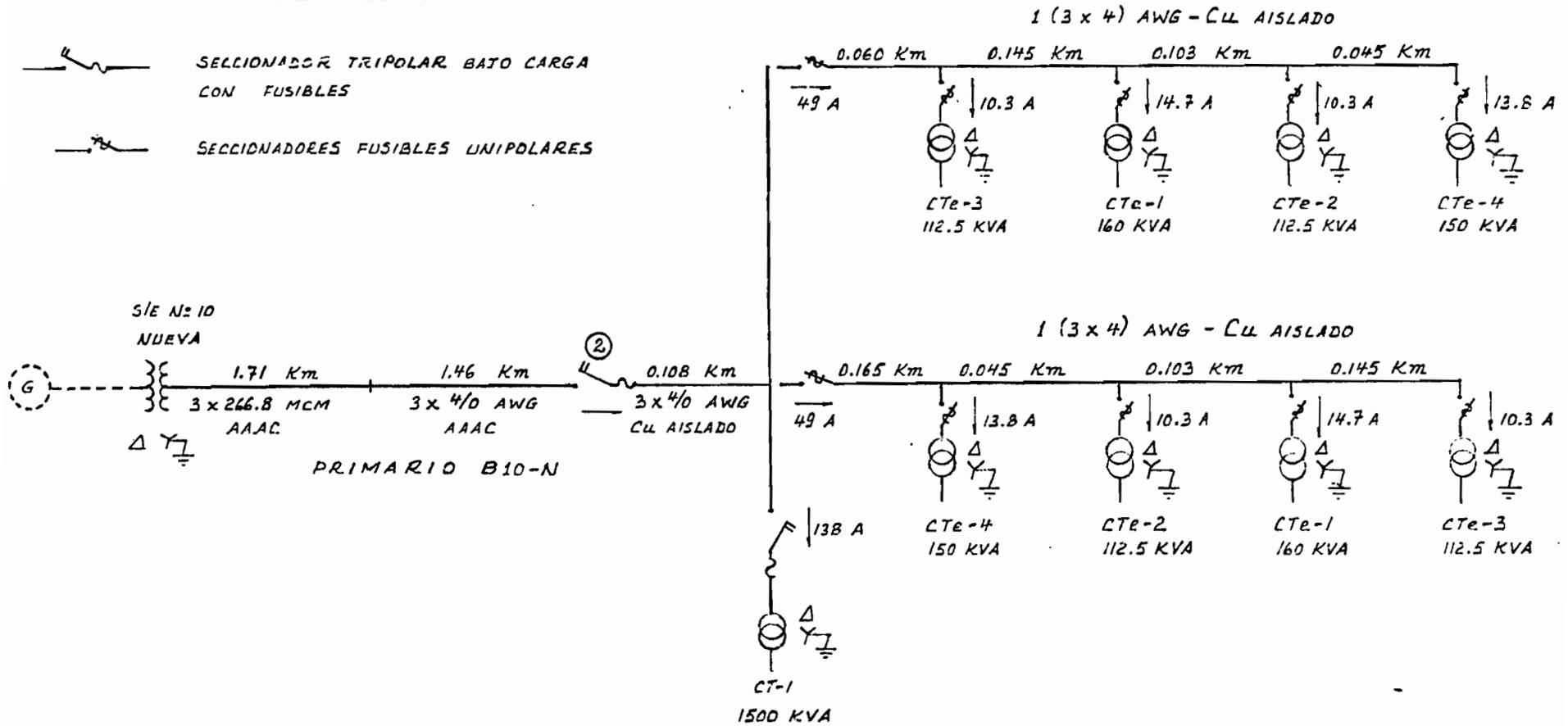
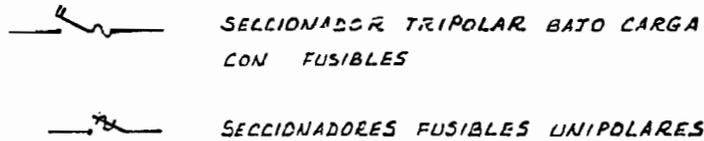


FIGURA N° 14 : DIAGRAMA ELECTRIC UNIFILAR CON EL CIRCUITO PRIMARIO N° 1 DESDE LA S/E N° 10 NUEVA

SIMBOLOGIA DE PROTECCIONES

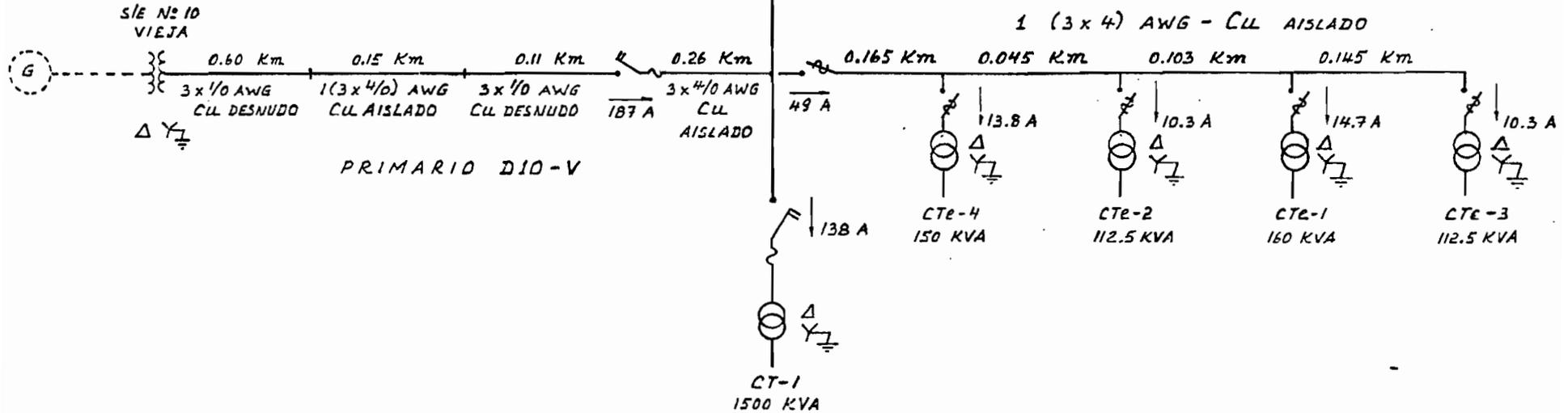
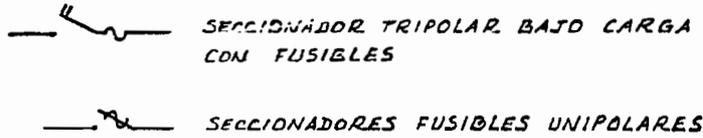


FIGURA N° 15 : DIAGRAMA ELECTRICO UNIFILAR CON EL CIRCUITO PRIMARIO N° 2 DESDE LA SIE N° 10 VIEJA

siguiente:

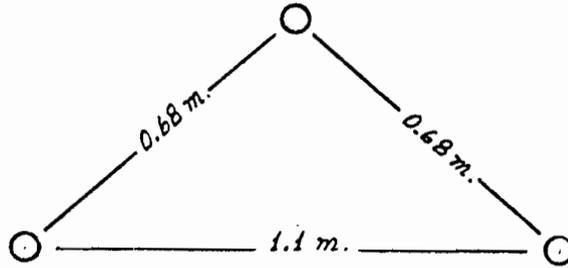


Tabla No. 40 : Datos de resistencia y reactancia de los conductores señalados en los diagramas

CABLE: CALIBRE AWG ó MCM	TIPO	SECUENCIA POSITIVA Y NEGATIVA OHMIOS / KM.		SECUENCIA CERO OHMIOS / KM.	
		RESISTENCIA	REACTANCIA	RESISTENCIA	REACTANCIA
266.8	AAAC	0.211 <sup>(12)</sup>	0.377	0.417 <sup>(14)</sup>	1.94 <sup>(14)</sup>
4/0	AAAC	0.3126 <sup>(12)</sup>	0.385	0.545 <sup>(14)</sup>	2.01 <sup>(14)</sup>
3x4/0	COBRE AISLADO PAPEL IMPREGNADO	0.168 <sup>(13)</sup>	0.0914 <sup>(14)</sup>	2.411 <sup>(14)</sup>	0.158 <sup>(14)</sup>
4/0	COBRE AISLADO EPROTENAX	0.169 <sup>(13)</sup>	0.069	1.616 <sup>(14)</sup>	0.066 <sup>(14)</sup>
1/0	COBRE DESNUDO	0.337 <sup>(12)</sup>	0.411 <sup>(14)</sup>	0.555 <sup>(14)</sup>	1.99 <sup>(14)</sup>
3x4	COBRE AISLADO PAPEL IMPREGNADO	0.849 <sup>(12)</sup>	0.132 <sup>(14)</sup>	3.78 <sup>(14)</sup>	0.204 <sup>(14)</sup>

Además de los datos constantes en la tabla No. 40 se tienen los datos proporcionados por la Empresa Eléctrica Quito y que corresponden a las impedancias del sistema, a las reactancias de los transformadores y a los valores de calibración de los relés a la salida de las subestaciones - tanto del circuito principal (alimentador) como de las derivaciones primarias :

- Impedancia del sistema, en por ciento, referida a las bases : 46 KV - 100 MVA

S/E No. 10 nueva : Secuencia positiva y negativa :

Máxima generación : 1.389 + j 17.313  
 Mínima generación : 1.579 + j 21.88

S/E No. 10 vieja : Secuencia positiva y negativa :

Máxima generación : 2.079 + j 19.793

Mínima generación : 2.269 + j 24.36

- Reactancia de los transformadores de las subestaciones,  
 en por ciento :

S/E No. 10 nueva : Bases 46 KV-15 MVA 10.33

S/E No. 10 vieja : Bases 46 KV- 5 MVA 6.7

- Valores de calibración de los relés :

S/E Nº 10 nueva :

Alimentación: Relé R2-N

Relación de transformadores de corriente: 2400/5 A.

Fases: Relé tipo CDG-36 de General Electric Tap 4.8

Dial 0.2

Tierra: Relé tipo CDG-16: Tap 2.5

Dial 0.2

Primario B10-N: Relé R1-N

Relación de transformadores de corriente: 600/5 A.

Fases: Relé tipo CDG-64: Tap 4

Dial 0.15

Tierra: Relé tipo CDG-14: Tap 2.5

Dial 0.1

S/E Nº 10 vieja :

Alimentación: Relé R2-V

Relación de transformadores de corriente: 1000/5 A.

Fases: Relé tipo RXIDF2H 004 de ASEA Tap 2.4

Dial 0.2

Tierra: Relé del mismo tipo: Tap 1

Dial 0.2

Primario D10-V: Relé R1-V

Relación de transformadores de corriente: 600/5 A.

Fases: Relé del mismo tipo: Tap 3  
Dial 0.1

Tierra: Relé del mismo tipo: Tap 0.75  
Dial 0.1

Las curvas de operación de los relés constan en el apéndice B.

Las curvas tiempo-corriente de fusibles tipo HV-HRC constan en el apéndice C

### V.5.2. Cálculo de corrientes de falla

Con estos datos se procede al cálculo de las corrientes de falla en el punto N° 2 de la figura N° 14:

- Falla trifásica (máxima generación):

Potencia base para el cálculo: 100 MVA

Impedancia de secuencia positiva  $Z_1$

del sistema, en p.u., con tensión base

se 46 KV:

$$0.01389 + j0.17313$$

Reactancia de secuencia positiva

del transformador de la S/E N° 10

nueva, en la nueva base, en p.u.:

$$0.1033 \times \frac{100 \text{ MVA}}{15 \text{ MVA}} =$$

$$j0.689$$

Impedancia base para la red de 6.3

KV:

$$Z_{\text{base}} = \frac{(6.3 \text{ KV})^2}{100 \text{ MVA}} = 0.3969 \Omega$$

$Z_1$  de la línea 266.8 MCM-AAAC:

$$0.211 + j0.377 \Omega/\text{Km}$$

Por la longitud:

$$1.71 \text{ Km}(0.211 + j0.377 \Omega/\text{Km}) =$$

$$0.3608 + j0.6447 \Omega, \text{ y en p.u. :}$$

$$Z_1 = \frac{0.3608 + j0.6447 \Omega}{0.3969 \Omega} = 0.91 + j1.624$$

$Z_1$  de la línea 4/0 AWG-AAAC:

$$0.3126 + j0.385 \Omega/\text{km}$$

Por la longitud:

$$1.46 \text{ Km}(0.3126 + j0.385 \Omega/\text{km}) =$$

$$0.4564 + j0.5621 \Omega \text{ y en p.u. :}$$

$$Z_1 = \frac{0.4564 + j0.5621 \Omega}{0.3969 \Omega} = 1.15 + j1.416$$

Entonces la impedancia de secuencia positiva equivalente  $Z_{1eq}$  es:

$$Z_{1eq} = 2.0739 + j3.9021$$

Y la corriente de falla  $I_{f3\phi}$ , en p.u. :

$$I_{f3\phi} = \frac{V_f}{Z_{1eq}} = \frac{1}{2.0739 + j3.9021} = -j0.2263$$

donde  $V_f$  = voltaje de prefalla en el punto 2, igual a 1.0 p.u.

La corriente base en el punto 2:

$$I_{base} = \frac{KVA_b}{\sqrt{3} KV_b} = \frac{100.000}{\sqrt{3} \times 6.3} = 9164.3 \text{ amperios}$$

Por tanto la corriente de falla  $I_f$  real es:

$$I_{f3\phi} \text{ real} = I_{f3\phi} \times I_{base} = 0.2263 \times 9164.3 = 2074 \text{ A.}$$

- Falla línea-línea:

La falla línea-línea produce una corriente de falla  $I_{f2\phi}$  igual al 86.6% de la corriente de falla trifásica, por tanto:  $I_{f2\phi} = 0.866 \times 2074 = 1796 \text{ A.}$

- Falla línea-tierra (mínima generación):

La impedancia de secuencia cero  $Z_0$  del transformador es igual a  $Z_1 =$

j0.689

$Z_0$  de la línea 266.8 MCM-AAAC:

$$0.417 + j1.94 \Omega/\text{Km}$$

Por la longitud:

$$1.71 \text{ Km}(0.417 + j1.94 \Omega/\text{Km}) =$$

$$0.713 + j3.317 \Omega, \text{ y en p.u. :}$$

$$Z_0 = \frac{0.713 + j3.317 \Omega}{0.3969 \Omega} =$$

$$1.796 + j8.357$$

$Z_0$  de la línea 4/0 AWG-AAAC:

$$0.545 + j2.01 \Omega/\text{Km}$$

Por la longitud:

$$1.46 \text{ Km}(0.545 + j2.01 \Omega/\text{Km}) =$$

$$0.796 + j2.935 \Omega, \text{ y en p.u. :}$$

$$Z_0 = \frac{0.796 + j2.935 \Omega}{0.3969 \Omega} =$$

$$2.01 + j7.395$$

Entonces la impedancia de secuencia cero equivalente -  $Z_{0eq}$  es:

$$Z_{0eq} = 3.81 + j16.441$$

Y la corriente de falla  $I_{f1\phi}$  en p.u. :

$$I_{f1\phi} = \frac{3 V_f}{Z_{1eq} + Z_{2eq} + Z_{0eq}}$$

donde  $Z_{2eq}$  = Impedancia de secuencia negativa equivalente, y  $Z_{1eq} = Z_{2eq}$ , entonces:

$$I_{f1\phi} = \frac{3V_f}{2Z_{1eq} + Z_{0eq}}$$

$$= \frac{3}{2(2.0758 + j3.9478) + (3.81 + j16.441)}$$

$$= -j0.1161$$

Por tanto la corriente de falla real :

$$I_{f1\phi} \text{ real} = I_{f1\phi} \times I_{base} = 0.1161 \times 9164.3 = 1074 \text{ A.}$$

En consecuencia, en el punto N° 2 la falla trifásica - en máxima generación y la falla de línea a tierra en - mínima generación producen las máxima y mínima corrientes de falla respectivamente.

Siguiendo el procedimiento anotado se han calculado las corrientes de falla en los restantes puntos N<sup>o</sup>s. 1, 3, 4, 5, 6 y 7, cuyos resultados constan en los diagramas de las figuras N<sup>o</sup> 16 y 17 para los primarios N<sup>o</sup> 1 y N<sup>o</sup> 2 - respectivamente.

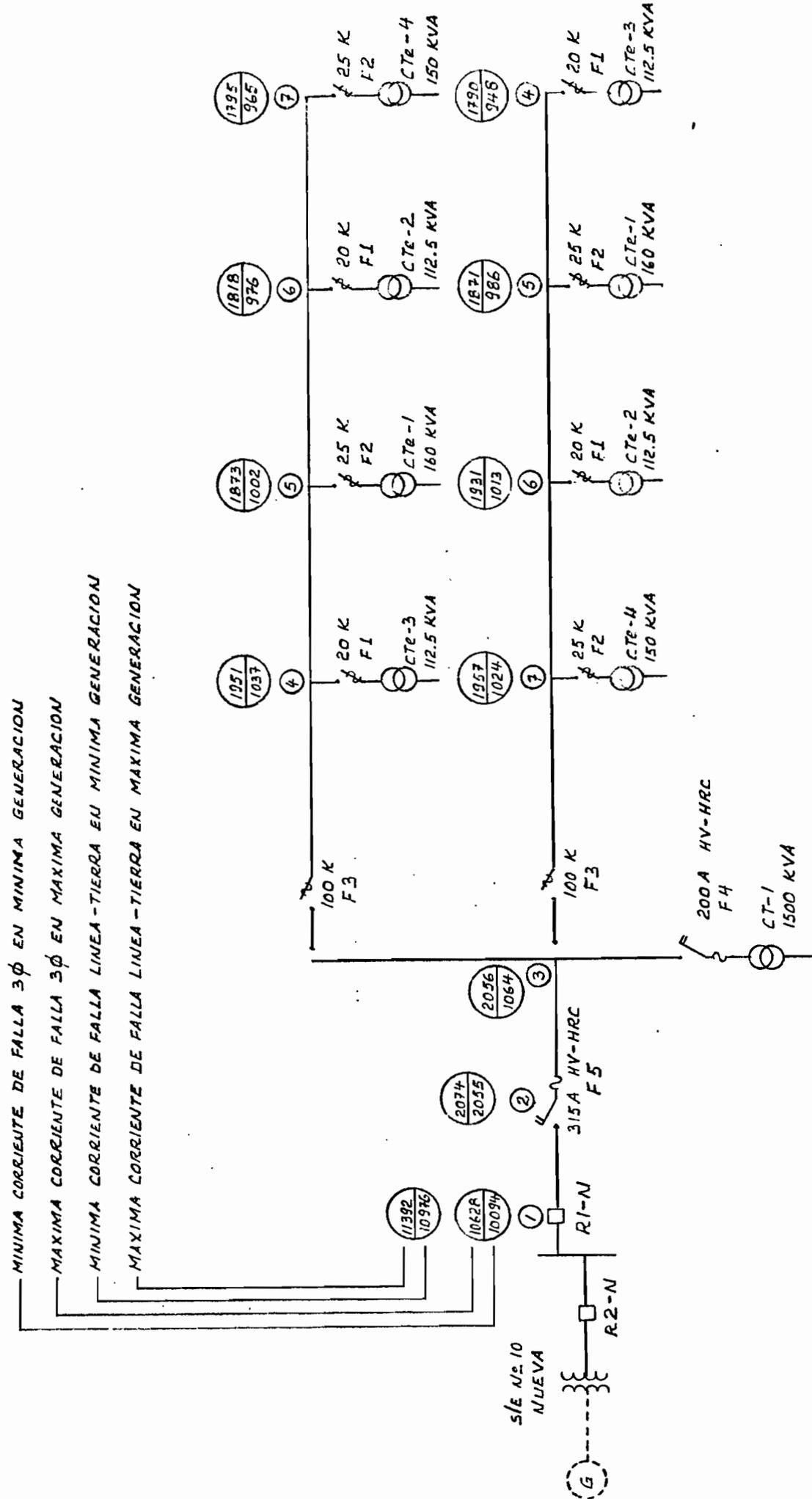


FIGURA N° 16 : CIRCUITO PRIMARIO N° 1

CORRIENTES DE FALLA MAXIMA Y MINIMA EN LOS PUNTOS DE PROTECCION

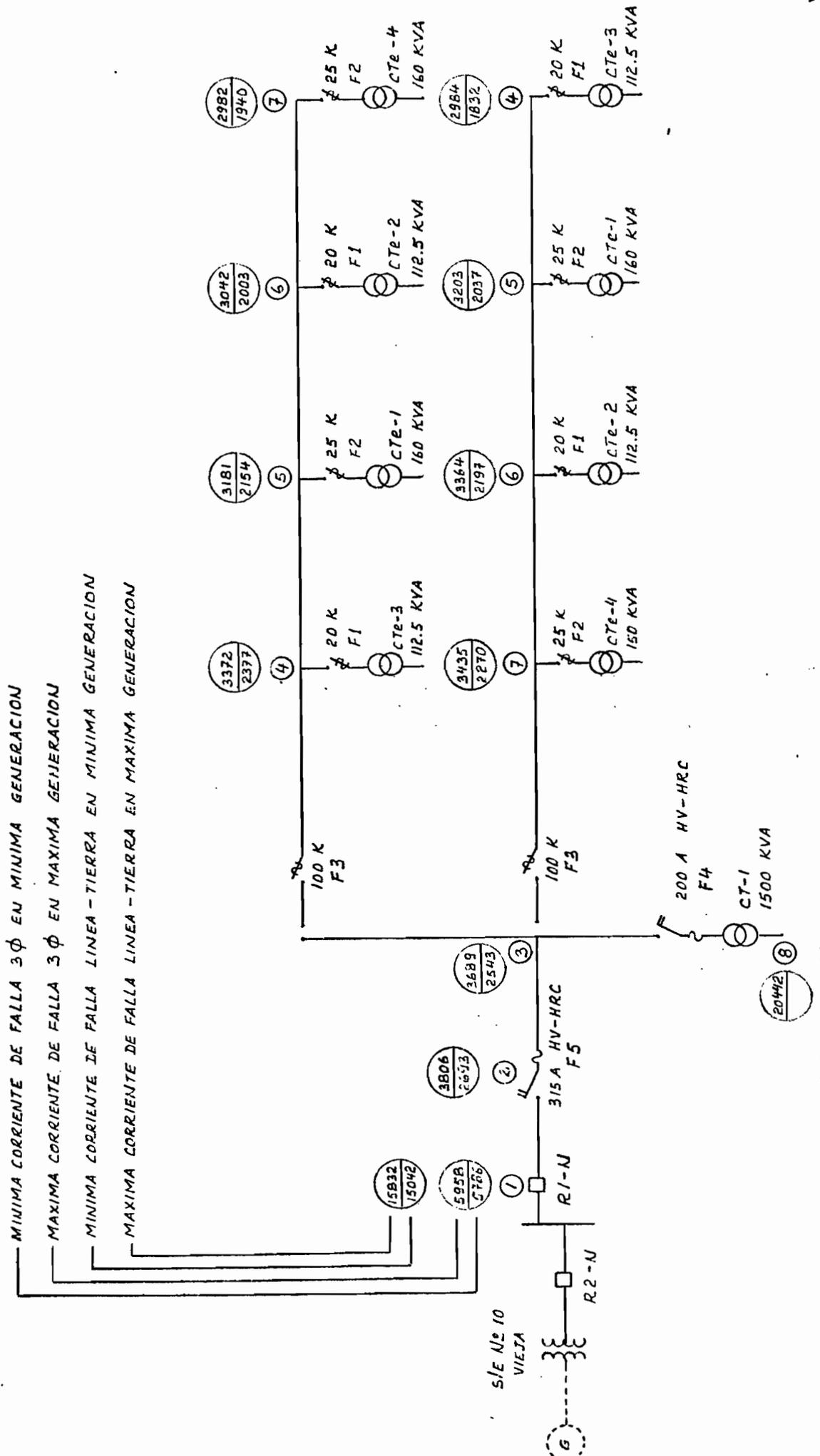


FIGURA N° 17 : CIRCUITO PRIMARIO N° 2

CORRIENTES DE FALLA MAXIMA Y MINIMA EN LOS PUNTOS DE PROTECCION

### V.5.3. Coordinación de las protecciones

Con el fin de proteger los transformadores existentes, en los puntos N° 4 y 6 se encuentran instalados tirasfusibles tipo K de 20 amperios y en los puntos N° 5 y 7 tirasfusibles tipo K de 25 amperios.

De acuerdo a los valores de máxima corriente de falla en los puntos 4, 5, 6 y 7, las curvas tiempo-corriente de los fusibles 20 K y 25 K indicadas en la figura N° 18 y considerando que el máximo tiempo de despeje de los tirasfusibles anotados (protectores) no exceda el 75% del mínimo tiempo de fusión del tirafusible protegido, se observa que dichos tirafusibles tendrán adecuada coordinación al instalar en las derivaciones que conforman el anillo en el punto N° 3, tirafusibles tipo K de 100 amperios.

Así mismo para obtener adecuada coordinación -tanto en el primario N° 1 como en el primario N° 2- entre los elementos de protección de los puntos N° 3 y N° 2, se ha dibujado en la misma figura N° 18 la curva de máximo tiempo de despeje del tirafusible 100 K, de dicha curva se deduce que para la máxima corriente de falla en el punto N° 3, el fusible que coordinará en debida forma en 2 es el tipo HV-HRC de 315 amperios cuya curva característica tiempo-corriente consta también en la misma figura.

Además y con referencia específica al primario N° 1 (S/E N° 10 nueva), se han dibujado las curvas de los relés de fase R1-N y R2-N de acuerdo a las calibraciones actuales (línea cortada). En vista de que para las corrientes de falla en el punto N° 2 la calibración del relé R1-N no coordina con el fusible, se recalibrará el relé en el dial de tiempo 0.3 (línea continua) de manera que la diferencia mínima de tiempo entre el despeje del fusible y la operación del relé sea de 0.3 segundos, tiempo con el cual se asegura la coordinación entre los dos elementos

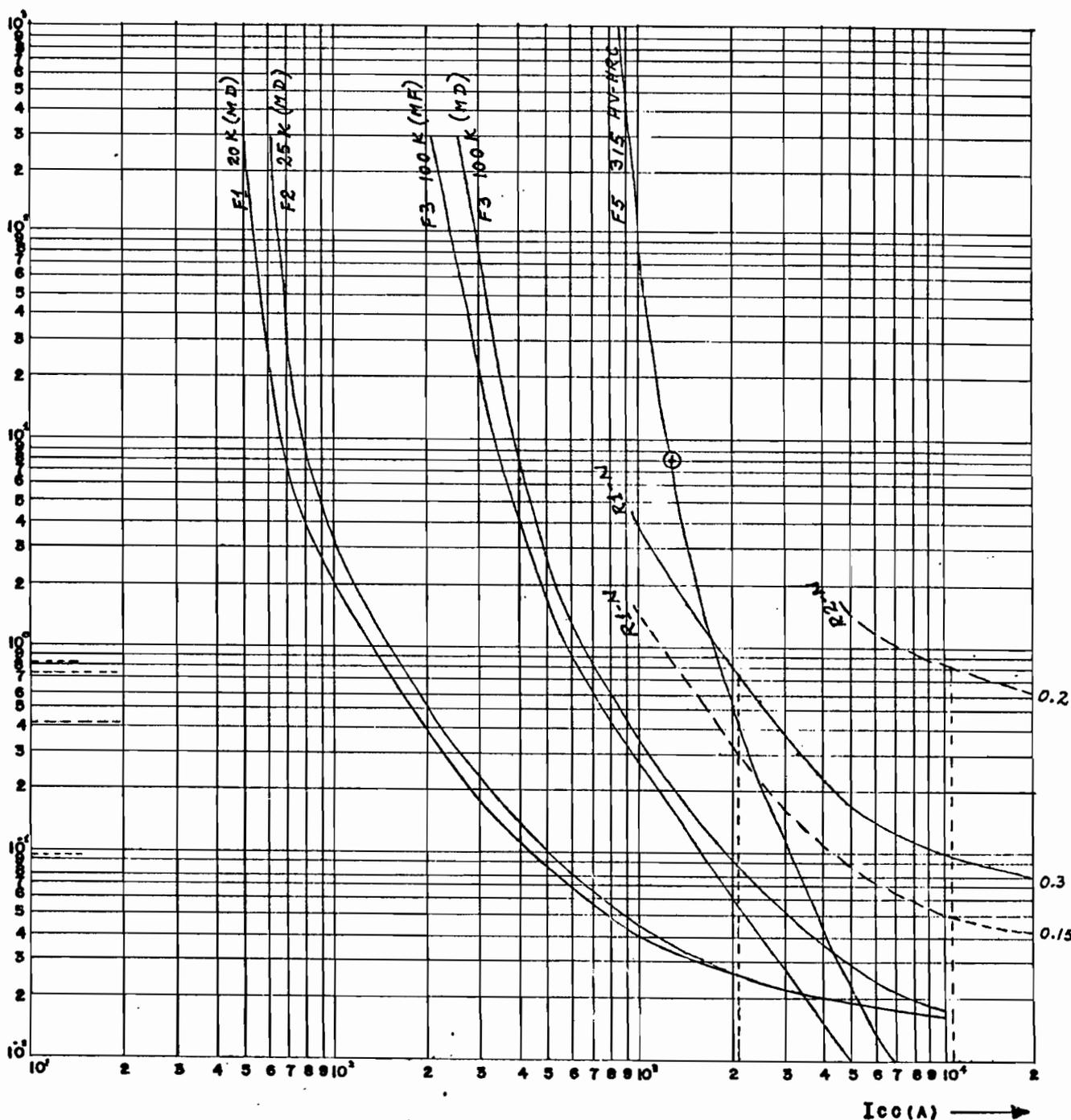


Figura Nº 18: Coordinación de fusibles F1, F2, F3, F5 y relés de fase R1-N, R2-N del primario Nº 1 (B10-N), S/E Nº 10 nueva

MD : Máximo tiempo de despeje

MF : Mínimo tiempo de fusión

----- Calibración actual de R1-N y R2-N

———— Calibración futura de R1-N

⊕ Mínima corriente de interrupción del fusible F5

incluyendo en ese tiempo los errores de los transformadores de corriente, errores en las curvas del relé y tolerancia en las curvas del fusible.

Con el mismo criterio y considerando además el tiempo de desconexión de los disyuntores que se realiza alrededor de 8 ciclos después de la operación del relé, se establece una diferencia mínima de tiempo de 0.4 segundos para obtener coordinación entre los relés R1-N y R2-N, determinándose de la figura N° 18 y para las corrientes de falla en el punto N° 1 que la calibración actual del relé R2-N presenta la coordinación adecuada con el relé R1-N.

En consecuencia la figura N° 18 compendia la coordinación de los fusibles F1, F2, F3, F5 y los relés de fase R1-N y R2-N del primario B10-N correspondientes a la S/E N° 10 nueva.

A continuación se realizará el análisis para deleccionar la protección primaria del transformador de 1500 KVA y que corresponderá al fusible F4, procediendo luego a establecer la coordinación conveniente con el fusible F5 y los relés correspondientes al primario N° 2 (S/E N° 10 vieja).

Para seleccionar la protección primaria del transformador de 1500 KVA se han tomado en cuenta los 4 factores siguientes:

- 1- Corriente de plena carga del transformador, de manera que para utilizar el transformador en forma total, el elemento protector debe poder conducir esa corriente que es igual a 138 amperios.
- 2- Prescripción del NEC en la sección N° 450-3 según la cual limita el valor nominal del elemento protector primario que puede ser utilizado. Para el transforma-

dor de 1500 KVA y tensión primaria de 6.3 KV, el máximo valor nominal del dispositivo de protección es 6 veces la corriente de plena carga del transformador y que resulta en 828 amperios.

- 3- Prescripción de ANSI en la sección C57.12.00-1973 según la cual el transformador soportará el denominado punto ANSI que para un transformador con conexión -- triángulo-estrella con el punto neutro puesto a tierra y con impedancia (Z) igual a 5.75 % se establece de la siguiente manera:

$$I_{ANSI} = 0.58 \times \frac{I \text{ nominal del transformador}}{\% Z/100} \text{ amperios}$$

para un tiempo de:

$$t_{ANSI} = \% Z - 2 \text{ segundos}$$

Por tanto:

$$I_{ANSI} = 0.58 \times \frac{138}{5.75/100} = 1392 \text{ amperios, para}$$

$$t_{ANSI} = 5.75 - 2 = 3.75 \text{ segundos}$$

- 4- Corriente de magnetización ( $I_{MAG}$ ) del transformador que debe ser soportada por el elemento protector. Este punto es usualmente seleccionado como ocho veces la corriente de plena carga del transformador para un tiempo de 0.1 segundos.

$$\text{Por tanto } I_{MAG} = 8 \times I_n = 8 \times 138 = 1104 \text{ amperios.}$$

Con estas consideraciones se han dibujado en la figura - Nº 19 los puntos correspondientes a los factores anotados obteniéndose una banda en la cual el dispositivo de protección del transformador debe operar, como efectivamente

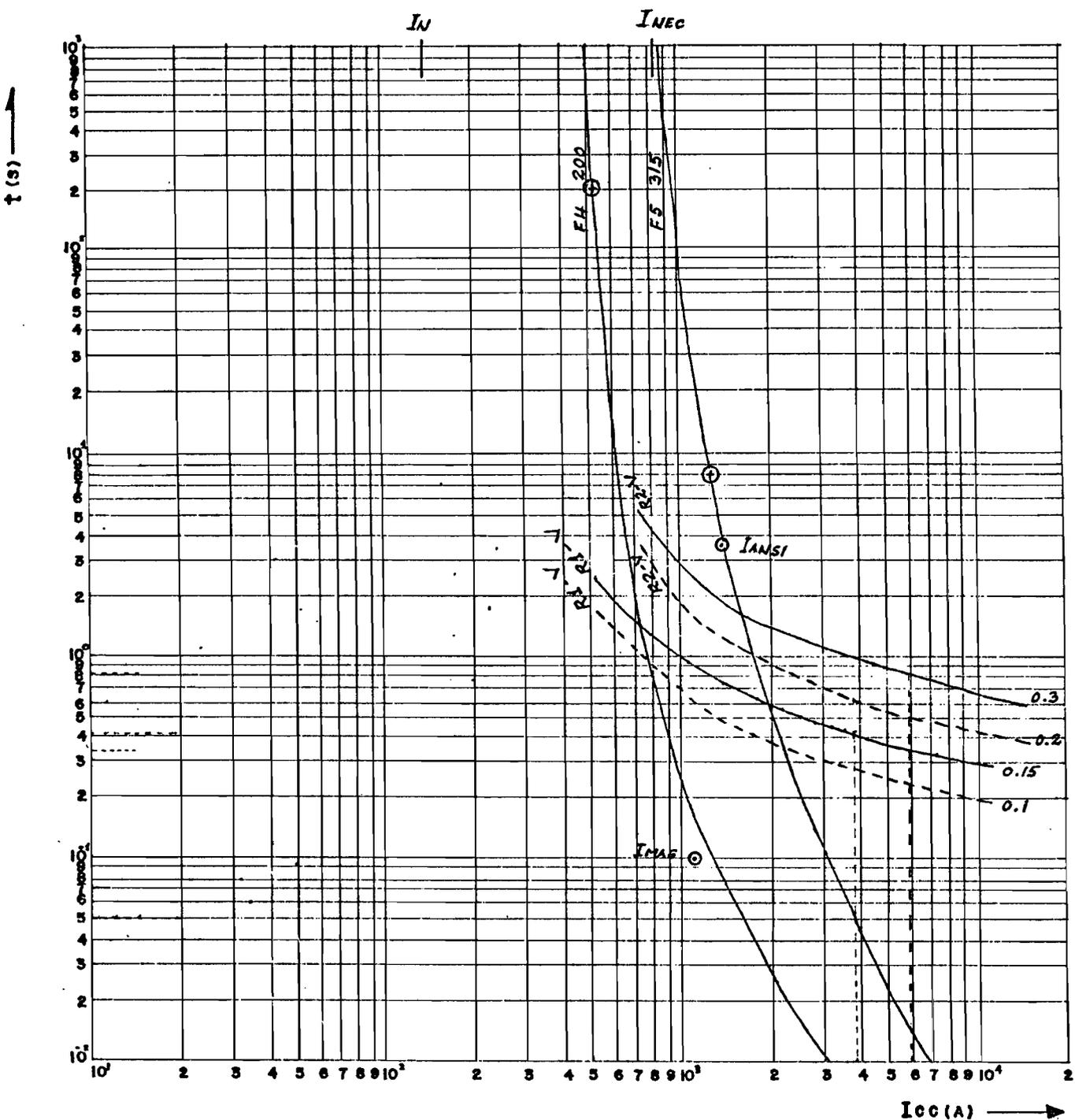


Figura Nº 19: Selección del fusible F4 y coordinación con F5 y los relés de fase R1-V y R2-V del primario Nº 2 (D10-V), S/E Nº 10 vieja.

- Calibración actual de R1-V y R2-V
- Calibración futura de R1-V y R2-V

⊗ Mínima corriente de interrupción de los fusibles F4 y F5

te así ocurre con el fusible escogido tipo HV-HRC de 200 amperios que cumple con los condicionamientos establecidos, como puede verse en la misma figura en la que consta también la curva característica tiempo-corriente del fusible mencionado.

Allí se ha dibujado además la curva característica tiempo-corriente del fusible HV-HRC de 315 amperios a instalarse en el punto N° 2, observándose que también coordina convenientemente con aquel, de manera que constituye la protección de respaldo adecuada para las derivaciones proyectadas en la subestación CT-1.

Así mismo constan en dicha figura y con línea cortada, - las curvas de calibración actual de los relés de fase - R1-V y R2-V, los cuales para cumplir con las directrices antes expuestas se recalibrarán de la siguiente manera:

El relé R1-V en el dial 0.15 y el relé R2-V en el dial - 0.3, cuyas curvas se observan dibujadas con línea continúa.

En consecuencia la figura N° 19 resume la selección del fusible F4, la coordinación con F5 y los relés de fase - R1-V y R2-V del primario D10-V correspondientes a la S/E N° 10 vieja.

A continuación en las figuras N° 20 y 21 constan los gráficos de coordinación del fusible F5 de 315 amperios y - los relés de tierra de las subestaciones N° 10 nueva y - 10 vieja respectivamente, procedimiento en el cual se - han seguido iguales criterios que los mencionados antes, debiendo entonces observarse lo siguiente:

En la figura N° 20, debido a la pendiente de la curva - del fusible y para las corrientes de falla línea-tierra en el punto N° 2, se considera adecuado recalibrar el -

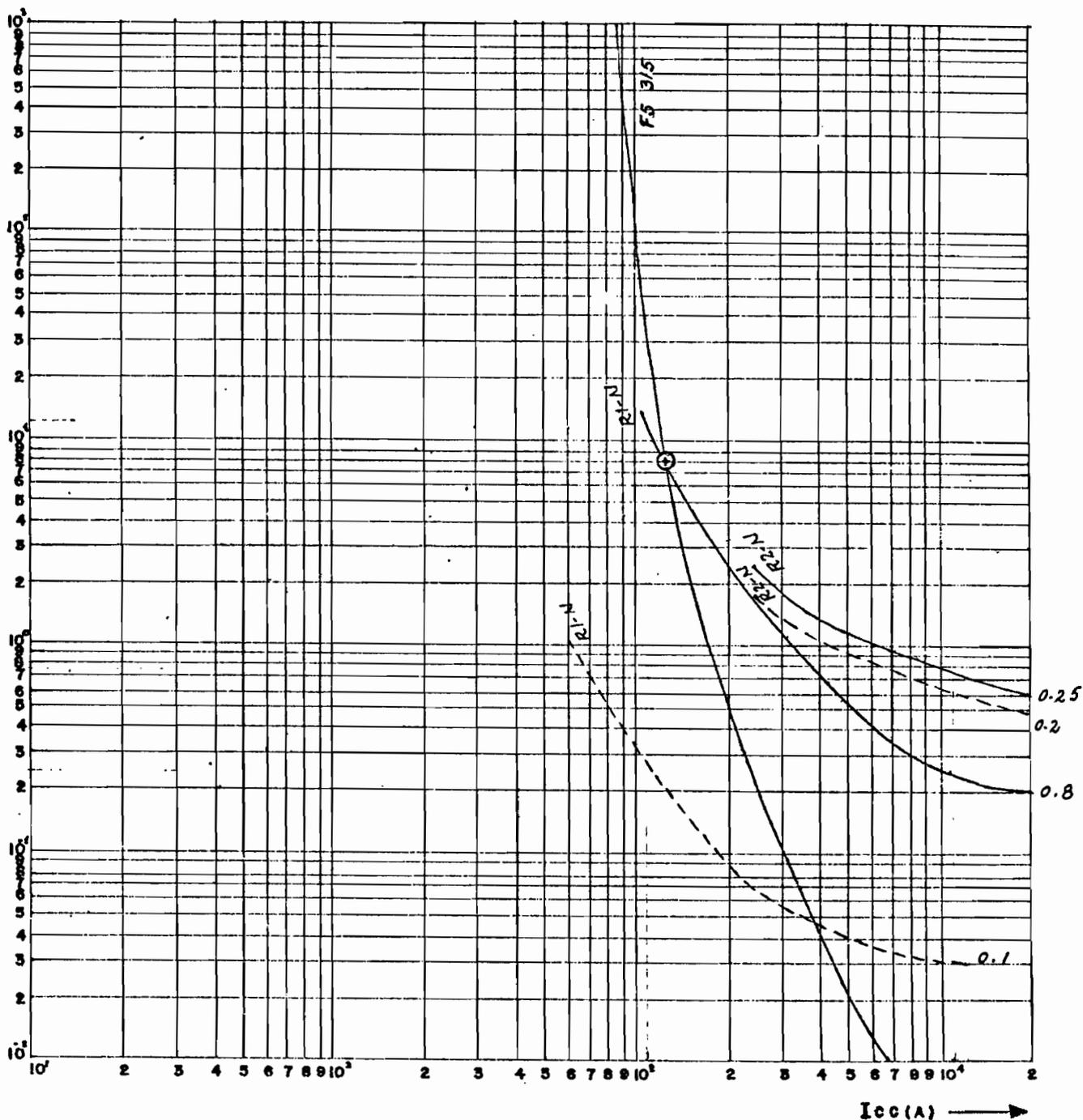


Figura N° 20: Coordinación del fusible F5 y los relés de tierra R1-N y R2-N del primario N° 1 (B10-N), S/E N° 10 nueva.

- Calibración actual de R1-N y R2-N
- Calibración futura de R1-N y R2-N

⊕ Mínima corriente de interrupción del fusible F5

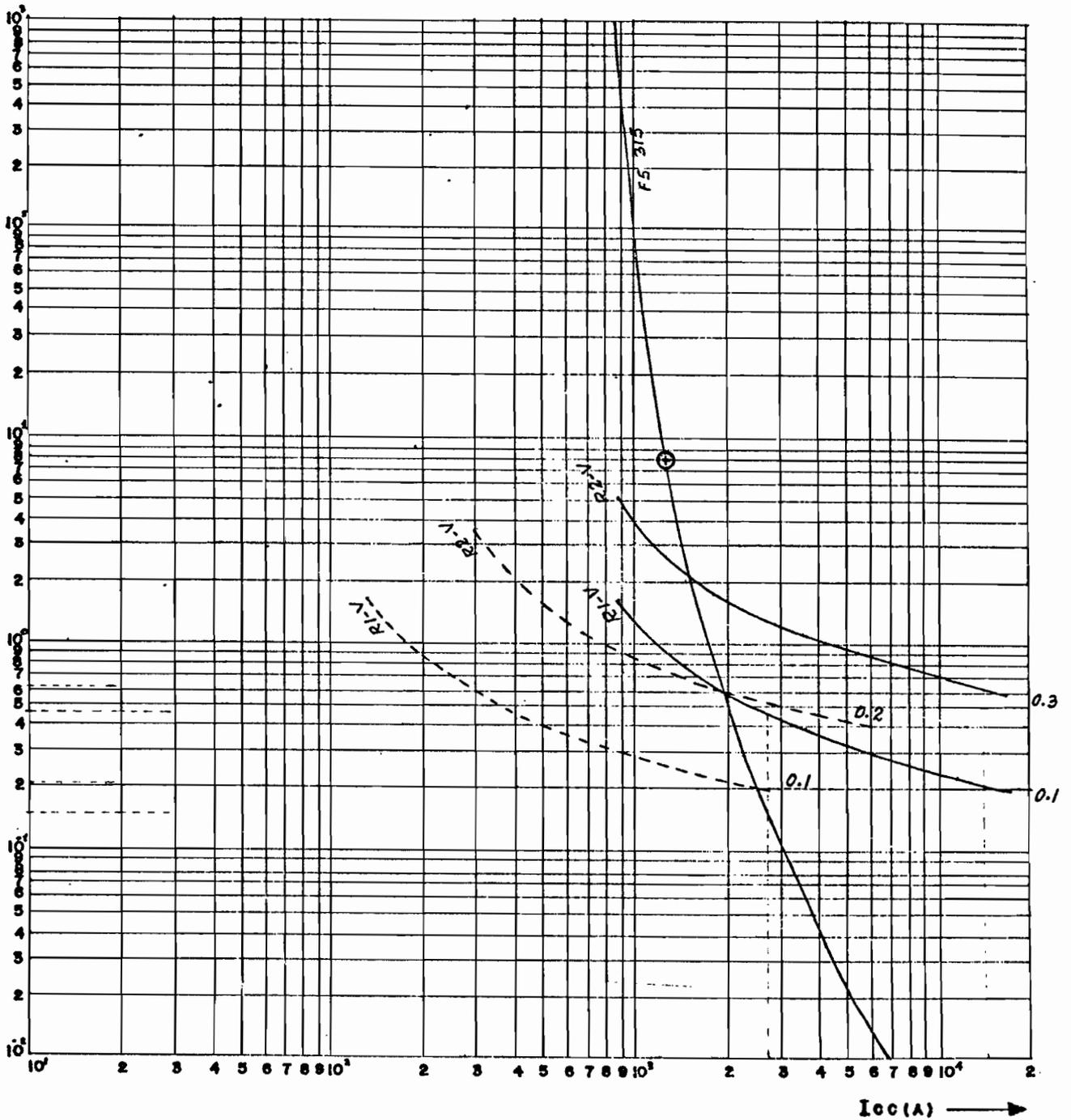


Figura Nº 21: Coordinación del fusible F5 y los relés de tierra R1-V y R2-V del primario Nº 2 (D10-V), S/E Nº 10 vieja.

----- Calibración actual de R1-V y R2-V

———— Calibración futura de R1-V y R2-V

⊕ Mínima corriente de interrupción del fusible F5

relé R1-N en el tap 4.4 y en el dial 0.8, de manera que dicha curva esté ligeramente por encima del punto de mínima corriente de interrupción del fusible F5; en este caso al producirse una falla de línea a tierra con un valor de corriente menor a dicho punto, será el relé R1-N el que despeje esta falla y si el valor de corriente es mayor actuará el fusible F5.

En cuanto al relé R2-N, se recalibrará en el dial 0.25 para conseguir la diferencia de tiempo adecuada en relación al relé R1-N y para las corrientes de falla en el punto N° 1.

En la figura N° 21 se observa la coordinación de F5 con los relés R1-V y R2-V, anotándose las siguientes variaciones:

El relé R1-V se recalibrará en el tap 5 y dial 0.1 y el relé R2-V en el tap 3 y dial 0.3.

En consecuencia, de acuerdo a lo expuesto y a los gráficos de referencia, los nuevos valores de calibración de los relés serán:

- Subestación N° 10 nueva:

- Alimentación: Relé R2-N

Relación de transformadores de corriente: 2400/5 A.		
Fases	Tap	4.8
	Dial	0.2
Tierra	Tap	2.5
	Dial	0.25

- Primario B10-N: Relé R1-N

Relación de transformadores de corriente: 600/5 A.

Fases	Tap	4.0
	Dial	0.3
Tierra	Tap	4.4
	Dial	0.8

- Subestación Nº 10 vieja:

- Alimentación: Relé R2-V

Relación de transformadores de corriente: 1000/5 A.

Fases	Tap	2.4
	Dial	0.3
Tierra	Tap	3.0
	Dial	0.3

- Primario D10-V: Relé R1-V

Relación de transformadores de corriente: 600/5 A.

Fases	Tap	3.0
	Dial	0.15
Tierra	Tap	5.0
	Dial	0.1

## V.6. ANALISIS DE MEDICION DE ENERGIA PARA TARIFACION

Actualmente la medición de energía se realiza de manera individual en cada una de las subestaciones, en el lado de baja tensión.

Con el fin de racionalizar este proceso se ha previsto - la centralización de la medición de energía mediante la instalación del equipo adecuado para el registro de toda la energía consumida en las edificaciones de la Casa de la Cultura Ecuatoriana, en el lado de alta tensión.

El citado equipo se instalará en la subestación CT-1 como consta en el plano respectivo y consiste de: dos transformadores monofásicos de tensión, de relación: 6000/110 voltios, aislados para 8 KV, con su correspondiente equipo de protección y dos transformadores de intensidad de relación: 200/5 amperios, aislados para 8 KV.

Los contadores de energía activa, energía reactiva y el medidor de demanda máxima se instalarán en la pared frontal de la subestación CT-1 como indicado en planos.

En consecuencia, los equipos instalados en las subestaciones y centro de transformación restantes, que realizan la medición en baja tensión, serán retirados con excepción del medidor instalado en la subestación CTe-1 - que por corresponder a una entidad institucionalmente independiente de la Casa de la Cultura Ecuatoriana como es la Biblioteca Nacional (Ministerio de Educación), deberá mantenerse con la finalidad de que ésta cancele a aquella los valores correspondientes a su consumo de energía.

#### V.7. HOJAS DE GUIA PARA OPERACION

A continuación constan las hojas de guía de operación - del conjunto en alta tensión, de manera que la secuencia de maniobras sea la adecuada:

## HOJA DE GUIA Nº 1 - OPERACION EN ALTA TENSION

Operación normal

Para iniciar la operación se suponen cerrados unicamente los seccionadores tripolares Nº 5, exteriores a la Casa de la Cultura Ecuatoriana, y abiertos todos los demás equipos de protección y seccionamiento en las subestaciones.

- 1.- Mantener en posición de abiertos los seccionadores tripolares cabinados Nº 9, 13-1, 13-2 y los seccionadores de barra Nº 38a.
- 2.- Cerrar los seccionadores de barra Nº 38 y 38\*
- 3.- Cerrar los seccionadores fusibles Nº 35, 39 y 44.
- 4.- Cerrar los seccionadores de barra Nº 10 y 14.
- 5.- Poner en operación el sistema del tablero de transferencia Nº 12.
- 6.- Cerrar el seccionador tripolar Nº 19.

Para cualquier variación de alimentación en el anillo, un tramo de cable quedará libre debiendo desconectarse en sus extremos mediante los seccionadores de barra Nº 38 correspondientes.

## HOJA DE GUIA Nº 2 - OPERACION EN ALTA TENSION

## Paso de operación normal a bypass

Operación de bypass - Primario Nº 1 (S/E 10 nueva)

- 1.- Los seccionadores tripolares cabinados Nº 9, 13-1 y 13-2, están en posición de abiertos.
- 2.- Abrir los dos interruptores del tablero de transferencia Nº 12.
- 3.- Abrir los seccionadores de barra Nº 10 y 14.
- 4.- Cerrar el seccionador tripolar cabinado Nº 13-1.

## HOJA DE GUIA Nº 3 - OPERACION EN ALTA TENSION

## Paso de operación normal a bypass

Operación de bypass - Primario Nº 2 (S/E 10 vieja)

- 1.- Los seccionadores tripolares cabinados Nº 9, 13-1 y 13-2, están en posición de abiertos.
- 2.- Abrir los dos interruptores del tablero de transferencia Nº 12.
- 3.- Abrir los seccionadores de barra Nº 10 y 14.
- 4.- Cerrar el seccionador tripolar cabinado Nº 13-2.

## HOJA DE GUIA Nº 4 - OPERACION EN ALTA TENSION

Operación entre seccionadores de bypass

- 1.- Mantener abiertos: los dos interruptores del tablero de transferencia Nº 12, el seccionador tripolar cabinado Nº 9 y los seccionadores de barra Nº 10 y 14.
- 2.- Abrir el seccionador tripolar cabinado en servicio, (13-1 ó 13-2).
- 3.- Cerrar el seccionador tripolar cabinado (13-1 ó 13-2) por el que se requiera el bypass.

En esta operación, el seccionador tripolar cabinado Nº 9 puede estar cerrado, siempre y cuando una de las subestaciones (Nº 10 nueva ó Nº 10 vieja) haya sido previamente desconectada, como se indica en hoja de guía Nº 5.

## HOJA DE GUIA Nº 5 - OPERACION EN ALTA TENSION

Operación de seccionador tripolar cabinado Nº 9

Para la operación del seccionador tripolar cabinado Nº 9 deberá confirmarse previamente la desconexión de una de las subestaciones (Nº 10 nueva ó 10 vieja); luego de ello se cerrarán los contactos de dicho seccionador.

En este caso la alimentación al sistema de la Casa de la Cultura puede realizarse:

- 1.- A través del tablero de transferencia Nº 12, con los seccionadores tripolares cabinados Nº 13-1 y 13-2 abiertos, ó
- 2.- A través de uno de los seccionadores tripolares cabinados de bypass (Nº 13-1 ó 13-2), manteniendo abiertos los dos interruptores del tablero Nº 12 y los seccionadores de barra Nº 10 y 14.

Así mismo, antes de restituir el servicio desde la subestación desconectada deberá informarse para abrir el seccionador tripolar cabinado Nº 9.

## V.8. LISTA Y ESPECIFICACION DE EQUIPOS Y MATERIALES

A continuación consta el listado de equipos y materiales para la realización de las obras detalladas, la especificación del equipo de emergencia y la de los tanques de combustible de reserva y diario:

### V.8.1. Especificación de equipos y materiales

Partida "A": Transformadores de distribución

Nº	Unidad	Cantidad	Especificación
1	c/u	1	<p>Transformador trifásico, sumergido en aceite, tipo convencional para distribución.</p> <p>Capacidad a régimen continuo: 1500 KVA            Voltaje nominal primario: 6000 voltios            Voltaje nominal secundario: 480/277 voltios en vacío.</p> <p>Conexión del primario: delta.            conexión del secundario: estrella con neutro sacado al exterior.</p> <p>Grupo de conexión Dy5 según IEC.            Frecuencia: 60 Hz. Impedancia: 5.75 %.</p>
2	c/u	1	<p>Transformador trifásico, tipo paquete, autoprotegido, tipo seco, a instalarse en interior.</p> <p>Capacidad a régimen continuo: 1000 KVA            Voltaje nominal primario: 480 voltios.            Voltaje nominal secundario: 208/120 voltios en vacío.</p> <p>Conexión del primario: delta.            Conexión del secundario: estrella con neutro sacado al exterior.</p> <p>Grupo de conexión Dy5 según IEC.            Frecuencia: 60 Hz. Impedancia: 5 %.</p>

Nº	Unidad	Cantidad	Especificación
3	c/u	1	Transformador trifásico, tipo seco, convencional, a instalarse en interior. Capacidad a régimen continuo: 500 KVA. Voltaje nominal primario: 480 voltios. Voltaje nominal secundario: 210/121 - voltios en vacío. Conexión del primario: delta. Conexión del secundario: estrella con neutro sacado al exterior. Impedancia: 4%. Grupo de conexión Dy5 según IEC. Frecuencia: 60 Hz.
4	c/u	2	Transformador monofásico de tensión para medida (doble bushing), para interior. Frecuencia: 60 Hz. Relación de transformación: 6000/110 voltios; aislamiento para 8 KV.
5	c/u	2	Transformador de intensidad para medida, para interior; relación: 200/5 amperios, aislamiento para 8 KV.

Partida "B": Equipos de protección y seccionamiento

Nº	Unidad	Cantidad	Especificación
1	c/u	6	Protector de sobretensión tipo válvula modelo de distribución, para 6.3 KV - tensión de servicio. Ref.: Mc Graw Edison Cat. Nº ES AVS101M006.
2	c/u	6	Seccionador de barra, 7.8 KV-400 amperios. Ref. Mc Graw Edison Cat. Nº FE4A 1.
3	c/u	3	Seccionador de barra, 7.8 KV-200 amperios. Ref. Mc Graw Edison Cat. Nº FEB1D8

Nº	Unidad	Cantidad	Especificación
4	c/u	21	Seccionador de barra, 7.8 KV-100 amperios. Ref.: Mc Graw Edison Cat. Nº FEL B7.
5	c/u	9	Seccionador-fusible, 7.8 KV-100 amperios. Ref.: Mc Graw Edison Cat. Nº FEB 1D5.
6	c/u	2	Seccionador tripolar en grupo para operación bajo carga, montaje en intemperie, para instalación vertical. Operación manual con varillaje y pértiga, y automática al fundirse un fusible; bloqueo mecánico. Tensión nominal: 12 KV Corriente nominal: 630 amperios. Máxima corriente nominal de ruptura : 900 amperios. Frecuencia: 60 Hz. Tendrá cartuchos fusibles tipo HV -HRC de 315 amperios adosados en la parte inferior. Referencia: será similar a Sprecher, - Cat. Nº TR(L)F1/12/630-UH.
7	c/u	1	Cabina metálica consistente en cubículo estandarizado, equipado con seccionador tripolar rotativo para operación bajo carga; instalación interior. Tensión nominal: 12 KV. Corriente nominal: 630 amperios. Corriente de conexión: 40 KA. Corriente de ruptura en carga activa : 630 amperios. Frecuencia: 60 Hz. Ref.: Será similar a NORMAL AT-R, compartimiento cabinado P3 con seccionador tripolar rotativo para operación -

Nº	Unidad	Cantidad	Especificación
			bajo carga tipo GPRL.
8	c/u	2	<p>Cabina metálica consistente en cubículo estandarizado, equipado con seccionador tripolar rotativo para operación bajo carga; instalación interior.</p> <p>Tensión nominal: 12 KV.</p> <p>Corriente nominal: 400 amperios.</p> <p>Corriente de conexión: 31.5 KA.</p> <p>Corriente de ruptura en carga activa : 400 amperios. Frecuencia: 60 Hz.</p> <p>Ref.: Será similar a NORMAL AT-R, compartimiento cabinado P3 con seccionador tripolar rotativo para operación bajo carga tipo GPRL.</p>
9	c/u	1	<p>Seccionador tripolar en grupo para operación bajo carga, montaje en interior operación manual con varillaje y pértiga, y automática al fundirse un fusible.</p> <p>Tensión nominal: 7.2 KV.</p> <p>Corriente nominal: 400 amperios.</p> <p>Corriente nominal de choque: 40 KA.</p> <p>Tendrá cartuchos fusibles tipo HV-HRC de 200 amperios adosados en la parte inferior.</p> <p>Ref.: Será similar a Siemens Cat. Nº 3 CF14.</p>
10	c/u	3	<p>Tirafusible de 1 amperio, para alta tensión, tipo H, Ref.: Mc Graw Edison Cat. Nº FL3H1.</p>
11	c/u	6	<p>Similar a item 10, pero tipo K, de 65 amperios. Cat. Nº FL3K65.</p>
1	c/u	1	<p>Disyuntor automático termomagnético para corriente alterna trifásica.</p>

Nº	Unidad	Cantidad	Especificación
			<p>Frecuencia: 60 Hz.  Corriente nominal: 2000 amperios.  Tensión nominal: 660 voltios.  Capacidad nominal de ruptura: 80 KA.  Capacidad nominal de conexión: 180 KA.  Ref.: AEG Circuit Breakers, tipo ME - 2000.</p>
13	c/u	3	Base portafusible 500 voltios-1000 amperios. Ref.: UNELEC, tipo F4.
14	c/u	3	Base portafusible 660 voltios-1250 amperios. Ref.: SIEMENS, Cat.Nº 3NH7 520
15	c/u	3	Cartucho fusible tipo NH de 800 amperios. Ref.: SIEMENS, Cat. Nº 3NA1 638.
16	c/u	3	Cartucho fusible tipo NH de 500 amperios. Ref.: UNELEC, serie 4.
17	c/u	1	<p>Disyuntor automático termomagnético para corriente alterna trifásica.  Frecuencia: 60 Hz.  Corriente nominal: 1600 amperios.  Tensión nominal: 660 voltios.  Capacidad nominal de ruptura: 50 KA.  Capacidad nominal de conexión: 105 KA.  Ref.: AEG Circuit Breakers, tipo ME - 1600.</p>
18	c/u	1	<p>Switch automático de transferencia de carga, consistente en dos disyuntores termomagnéticos, automáticos, preensamblados en cabina metálica, para operación eléctrica y bloqueo mecánico.  Tensión nominal: 480 voltios.  Corriente nominal: 2000 amperios.  Nº de polos: 3  Los disyuntores deben ser interbloquea</p>

Nº Unidad Cantidad

Especificación

dos eléctrica y mecánicamente para prevenir una conexión simultánea del suministro normal y del generador de emergencia; tendrán una unidad de disparo-termomagnético en cada disyuntor para protección contra sobrecarga o corto--circuito, con interbloqueo diseñado para dejar los disyuntores en disparo libre en la posición de cerrado; para conectar la carga de suministro local o a la unidad de emergencia debe proce--derse manualmente.

Estará equipado básicamente de:

Relé diferencial ajustable, trifásico, para detectar caídas de voltaje superiores al 70 % del suministro normal--para permitir la desconexión; del 90 % del voltaje de emergencia para permi--tir la conexión.

En caso de falla en cualquiera de las--fases del servicio normal, permitirá --la conexión del equipo de emergencia y una vez restaurado el servicio normal en las tres fases iniciará la operación para retransferir la carga al servicio normal.

Relé de retardo que será activado con la pérdida del suministro local, ajustable entre 0 y 120 segundos (se fijará en 90 segundos), luego del período de tiempo regulado, enviará las señales para iniciar el arranque de la unidad de emergencia.

Relé de retardo, activado con el voltaje en las 3 fases del servicio normal ajustable entre 0 y 5 minutos (se fija

Nº	Unidad	Cantidad	Especificación
19	c/u	1	<p>rá en 3 minutos), transcurrido el período de retardo permitirá el retorno de la carga al servicio normal.</p> <p>Switch de prueba para simular la pérdida del servicio normal y enviar las señales de iniciación de operación de transferencia automática de carga a la unidad de emergencia.</p> <p>Lámparas indicadoras de la posición del disyuntor bajo carga, verde para el servicio normal y roja para el servicio de emergencia.</p> <p>Será similar a Zenith Controls, Cat. Nº ZTS200E-5.</p> <p>Tablero de transferencia automática de carga en alta tensión; estará constituido por dos interruptores trifásicos en vacío operados a motor y un control de transferencia automática de carga. La energía para operación del control, 120 voltios C.A., se tomará del sistema mediante transformadores de potencial monofásicos, uno en cada fuente de alimentación y son parte integral del equipo.</p> <p>Los interruptores podrán ser manualmente operados para propósitos de prueba o si se pierde la energía de operación además tendrá el accesorio manual de cierre con el fin de girar el mecanismo de cada disyuntor para cargar los resortes y cerrar los contactos.</p> <p>El control interpretará el 85% de voltaje o superior como normal y el 65% o inferior como pérdida de voltaje.</p>

Nº Unidad Cantidad

Especificación

El primario Nº 1 será programado en el panel del control como "alimentador - preferido" y el primario Nº 2 será el "alimentador alterno".

El tiempo de transferencia de preferido a alterno será de 2 a 25 segundos y el retorno de alterno a preferido será de 5 a 75 segundos, siendo este retorno no paralelo, es decir el interruptor de la fuente alterna abrirá antes de que el interruptor de la fuente preferida cierre sus contactos.

Las características del tablero de transferencia según la referencia de Mc Graw Edison son:

Voltaje nominal de operación: 14.4 KV.

Máxima corriente de régimen: 200 A.

Corriente simétrica de interrupción (rms): 200 amperios.

Catálogo básico del tablero:

Nº KTC 15-2S-1C-9N.

Catálogo de parámetros de operación del control de transferencia:

KSP A25 B75.

Partida "D": Aisladores

Nº Unidad Cantidad

Especificación

1	c/u	12	Aislador de suspensión, clase ANSI 52-1. Ref.:NGK, Cat.Nº CA-15923A.	-
2	c/u	2	Aislador tipo espiga, clase ANSI 55-3.	-
3	c/u	2	Aislador tipo retenida, clase ANSI 54-2.	-

Nº	Unidad	Cantidad	Especificación
4	c/u	342	Aislador soportabarras, NEMA A2. Ref.: Electrocerámica de México, Cat. Nº P-1743.

Partida "E": Conductores desnudos

1	Metro	1700	Cable de aleación de aluminio, tipo - AAAC Nº 4/0 AWG, desnudo, cableado, 7 hilos, designación ASTM 5005 H19, según la especificación B-397.
2	Metro	36	Cable de cobre desnudo, suave, Nº 4/0 A WG.
3	Metro	25	Barra de cobre de sección rectangular, 80x15 mm. Capacidad: 2125 amperios.
4	Metro	350	Barra de cobre de sección rectangular, 60x10 mm. Capacidad: 1430 amperios.
5	c/u	78	Unión flexible de cobre para juntura - de barras. Ref.: Burndy, Cat. Nº KFL2-4

Partida "F": Conductores aislados y accesorios

Nº	Unidad	Cantidad	Especificación
1	Metro	270	Conductor tripolar de cobre Nº 4 AWG, cableado, aislamiento de papel para 8 KV, con funda de plomo y sobre ésta una cubierta termoplástica de PVC.
2	Metro	1270	Conductor unipolar Nº 4/0 AWG de cobre cableado con aislamiento para 8 KV y - pantalla electrostática.
3	Metro	190	Similar a item 2, pero Nº 1/0 AWG.
4	Metro	50	Similar a item 2, pero Nº 4 AWG.

Nº	Unidad	Cantidad	Especificación
5	c/u	4	Terminal recto para cable armado de alta tensión, aislado para 8 KV. Ref.: - BICC Cat. Nº 6369-2.
6	c/u	6	Terminal recto unipolar para cable de cobre aislado para 8 KV, Nº 4/0 AWG, - Ref.: PIRELLI, Cat. Nº TMI2L-2F107.
7	c/u	6	Terminal recto unipolar para cable de cobre aislado para 8 KV, Nº 4/0 AWG, - Ref.: PIRELLI, Cat. Nº TMe2L-2FCB107.

Partida "G": Accesorios para conductores

Nº	Unidad	Cantidad	Especificación
1	c/u	6	Grapa de derivación para línea en caliente , apropiada para cable Nº 4/0 AWG.
2	c/u	19	Abrazadera soportabarra de bronce, vertical, para barra de cobre de 80x15 mm Ref.: Electrocerámica de México, Cat.- Nº P-1772.
3	c/u	162	Abrazadera soportabarra de bronce, vertical, para barra de cobre de 60x10 mm Ref.: Electrocerámica de México, Cat. Nº P-1771.1.
4	c/u	22	Conector de cobre en T para cables Nº 1/0 AWG. Ref.: Burndy, Cat. Nº QT2626.
5	c/u	34	Conector de cobre en cruz para cables Nº 1/0 AWG. Ref.: Burndy, Cat. Nº QPX 2828.

## Partida "H": Material para conexión a tierra

Nº	Unidad	Cantidad	Especificación
1	Metro	110	Conductor de cobre desnudo Nº 1/0 AWG.
2	Metro	196	Similar a item 1, pero Nº 2 AWG
3	c/u	15	Varilla de copperweld, de 16 mm de diámetro y 1.8 m. de longitud, con grapa.

## Partida "I" : Postes

Nº	Unidad	Cantidad	Especificación
1	c/u	1	Poste de hormigón armado, centrifugado de 11.5 m. de longitud, tipo AIII-3 de Hormigón Centrifugado S.A.
2	c/u	2	Similar a item 1, pero tipo A-2.

## Partida "J": Herrajes galvanizados y cables de acero

Nº	Unidad	Cantidad	Especificación
1	c/u	14	Cruceta de hierro L, 60x60x6 mm x 1.2m.
2	c/u	12	Pie-amigo de pletina, 38x5x616 mm.
3	c/u	6	Abrazadera simple de pletina, 38x5 mm.
4	c/u	4	Tuerca de ojo de 16 mm de diámetro.
5	c/u	2	Tubo de hierro galvanizado de 100 mm - de diámetro y 6 m. de longitud.
6	c/u	37	Tubo conduit EMT de 1" de diámetro x 3 m. de longitud.
7	Lote	1	Estructuras metálicas de hierro ángulo L, 50x50x6 mm ó 60x60x6 mm para soporte o instalación de los diferentes equipos.

## Partida "L": Misceláneos

Nº	Unidad	Cantidad	Especificación
1	c/u	66	Ducto de hormigón de 4 vías.
2	c/u	24	Ducto de hormigón de 2 vías.
3	metro <sup>3</sup>	35	Arena amarilla.
4	c/u	1435	Ladrillo tipo mambrón.
5	c/u	1	Lote de material misceláneo: pernos, - clavos, pintura, etc.
6	c/u	4	Paneles metálicos con malla de alambre para protección de las barras de cobre.
7	c/u	4	Paneles imbricados de lámina de asbesto cemento para protección de las barras de cobre.

V.8.2. Especificaciones del grupo motor-generador

## Especificaciones del grupo:

Capacidad en servicio contínuo a la altura de Quito, éste es 2.800 m. sobre el nivel del mar: 1000 Kw.

Factor de potencia: 0.8

Frecuencia: 60 Hz.

Velocidad: 1800 rpm.

Fases: 3

Conexión en estrella con neutro.

Regulación del voltaje 1% entre carga y vacío.

Regulación de frecuencia con índice de regulación ajustable de 0% a 5% entre vacío y plena carga.

## Características del grupo:

Motor a diesel enfriado por agua con inyección directa, equipado con:

Radiador para temperatura ambiental  
 Ventilador  
 Bomba de agua  
 Turbocargador  
 Filtro de aire en seco con indicador de servicio  
 Filtro de combustible  
 Filtro de aceite lubricante  
 Control mecánico de velocidad  
 Arranque eléctrico 24 Voltios, corriente continua  
 Alternador para cargar baterías de arranque, 24 voltios  
 Enfriador para aceite lubricante

Alternador tetrapolar sin escobillas, autoexcitado, con regulador de voltaje y protección termomagnética.  
 Panel de control montado sobre el generador con:  
 Voltímetro C.A.  
 Amperímetro C.A.  
 Frecuencímetro de tipo dial  
 LLave selectora de fases  
 Párada automática por sobrevelocidad  
 Parada de seguridad por alta temperatura del refrigerante  
 Parada automática por baja presión del aceite lubricante  
 Medidor de presión del aceite lubricante  
 Amperímetro de carga para las baterías  
 Medidor de tiempo de marcha  
 Base de tipo deslizable

Accesorios:

Silenciador y flexible  
 Juego de baterías, soportes y conexiones  
 Equipo de precalentamiento del refrigerante  
 Antivibratorios

### V.8.3. Especificaciones de los tanques de combustible

#### Tanque de reserva:

Tanque cilíndrico para combustible con capacidad de 1200 galones, construido en plancha de 1/4", de 1.30 m. de diámetro y 3.4 m. de largo, para ser colocado sobre lunetas de hormigón.

El tanque tendrá entrada superior de hombre, dos entradas superiores de 4" con tapa, salida inferior de 3/4" para purga, salida inferior de 1" a 1 1/2" para salida de combustible. La salida de purga llevará llave de compuerta y tapón; la salida de combustible llevará llave de globo. Todo el conjunto será electrosoldado y llevará doble mano de pintura anticorrosiva.

#### Tanque diario:

Tanque cilíndrico para combustible con capacidad de 250 galones, construido en plancha de 3 mm, de 1.0 m. de diámetro y 1.2 m. de longitud, para ser colocado en forma vertical sobre estructura metálica.

El tanque tendrá tapa superior, chicanas internas contra movimiento de líquidos, entrada superior para carga con bomba, salida inferior de 1" para ingreso de combustible a máquina, salida inferior de 1/2" para purga de limpieza del tanque. Será electrosoldado y llevará doble mano de pintura anticorrosiva.

### V.9. PLANOS DE INSTALACION

Los planos de instalación constituidos por 19 láminas contienen el diseño estructural de la subestación CT-1 -

(láminas Nº 1 a 7); implantación del conjunto y diagrama eléctrico unifilar (lámina Nº 8); diseño eléctrico de la subestación CT-1 (láminas Nº 9 a 13); diseño eléctrico - para la readecuación de las subestaciones CTe-1, CTe-2, CTe-3 y CTe-4 (láminas Nº 14 y 15); diseño estructural - para la acometida a centro de transformación CT-2 (lámina Nº 16); diseño eléctrico de la acometida a CT-2 (láminas Nº 17 y 18) y diseño estructural de la celda para - tanque de combustible (lámina Nº 19).

su ubicación dentro del Edificio de Administración y por falta de condiciones ambientales adecuadas se ha tornado peligrosa.

En consecuencia y dentro del aspecto técnico, la readecuación propuesta conlleva una optimización del equipo y del suministro de energía en general, poniendo en manos de los directivos de la Casa de la Cultura la posibilidad de disponer de una instalación confiable, segura, flexible en su operación y con una proyección futura que garantice cualquier requerimiento durante los próximos años.

En cuanto tiene relación con el aspecto económico, si bien es verdad que la inversión inicial tendrá un costo elevado, ésta será retribuida de diversas maneras dentro de las cuales se menciona en primer lugar la posibilidad de amortizar dicha inversión con espectáculos de primera calidad confiando en la seguridad de un buen servicio, luego el hecho de solucionar el problema del suministro eléctrico de manera global y con proyección futura, eliminando proyectos parciales y construcciones coyunturales que significan mayor egreso económico, y finalmente la recuperación de equipos y materiales que se describió anteriormente.

Sin embargo, en el caso de que la inversión inicial que demande toda la readecuación constituyera el limitante para su realización, es conveniente destacar que el proyecto mismo es flexible en cuanto que podría hacerse realidad mediante varias etapas de construcción conforme vayan terminándose las obras civiles y presentándose las necesidades pertinentes; es así como el requerimiento total se atendería en el inicio con un solo primario de alimentación hasta la subestación CT-1 y con una sola vía de alimentación en el anillo interior, e igual tratamiento podría darse al resto de equipos, estableciendo una -

escala de prioridades para facilitar el financiamiento a adecuado que este tipo de obras requieren. ,

### VI.3. CONCLUSIONES

En cada uno de los capítulos y numerales, durante el desarrollo del presente trabajo, se han ido precisando las respectivas conclusiones, sin embargo y aún reiterando - en varios aspectos conviene señalarlas por constituir el fundamento que justifica un estudio de esta naturaleza.

Los inmuebles de propiedad de la Casa de la Cultura Ecuatoriana, motivo de este trabajo, constituyen un grupo de edificaciones que por su particularidad en la función - que desempeñan y por el gran volumen de construcción que entrañan, merecen en el aspecto eléctrico un análisis amplio y detallado, más aún dado el caso que dichas edificaciones fueron añadiéndose paulatinamente sin que el - sistema de suministro eléctrico haya sido concebido para atenderlas de manera global.

Del análisis de los varios aspectos involucrados deviene la necesidad de proceder a una readecuación de las instalaciones de suministro, en cuyo contexto se inscriben - también las correspondientes a los nuevos requerimientos demandados por las construcciones que están por terminar se y por aquellas proyectadas hacia un plazo relativamente inmediato, dentro de las cuales descollan por su envergadura física tanto el nuevo Teatro "Jaime Roldós A." como el Agora.

Es así como se realiza el estudio de readecuación fundamentándolo en corregir la dispersión de acometidas, instalaciones y centros de suministro, para cuyo logro y - certeza se han realizado también registros de carga y me

diciones que permiten como conclusión: diseñar el suministro con una concepción global del objeto en estudio, ponderar la condición cualitativa del servicio existente, asegurar un óptimo rendimiento de equipos, garantizar la continuidad de servicio, reducir inversiones evitando proyectos aislados, proyectar la carga hacia el futuro en forma real y posible, y recuperar equipos y materiales ya no necesarios.

La readecuación de las subestaciones existentes para formar el anillo primario ofrece gran flexibilidad en la operación, evitando al mismo tiempo cualquier salida de servicio por fallas en los conductores.

Debe anotarse de manera especial, que en la actualidad se realizan ya en el Agora varias presentaciones de espectáculos con enorme significación cultural que constituyen la perspectiva de lo que podrá presentarse posteriormente en los dos grandes escenarios (Teatro y Agora) cuando estén plenamente contruídos y equipados. La exigencia intrínseca de esta carga en el sentido de que no se produzca la suspensión del suministro de energía eléctrica justifica la necesidad de disponer de doble acometida primaria, de manera que el alto grado de confiabilidad en dicho servicio garantice y asegure la inversión de la Casa de la Cultura en la contratación o auspicio de espectáculos de gran valía.

Conviene agregar además que durante todo el desarrollo del proyecto se ha buscado preservar la belleza estética de los exteriores del conjunto, de manera que los diseños estructurales que forman parte del presente trabajo, tienen la anuencia y aprobación de los proyectistas responsables del marco físico en el cual se desarrolla aquel.

#### VI.4. RECOMENDACIONES

Al hacer una retrospectiva de lo tratado con fines de puntualizar recomendaciones se insistirá también en varios aspectos ya señalados en capítulos anteriores, pero que conviene hacerlo procurando siempre el mejor funcionamiento de todo el conjunto.

- Así, el constante aumento de libros, revistas, periódicos y diversas publicaciones en el seno de la Biblioteca Nacional obliga a seguir situando una gran cantidad de estantes en la Bodega de libros (Sector Nº 1, Subsuelo, N. 9.50), este hecho provoca que en varios sectores del local los niveles de iluminación sean extremadamente bajos dificultando la labor de los empleados para atender en debida forma a los lectores. Se impone entonces una reubicación y si fuere necesario un aumento de luminarias en concordancia con la posición de los estantes.

Conviene también anotar una observación especial realizada por el personal que labora en dicho subsuelo y por usuarios del mismo en el sentido de revisar el sistema de aire acondicionado con el fin de disponer de un mayor nivel de temperatura ambiental, pues consideran que la situación actual provoca serios trastornos en su salud.

- Por otra parte y como se indicó en el capítulo II, las labores de operación y mantenimiento se facilitarán mediante un reordenamiento e identificación de los circuitos principales de salida desde las barras colectoras correspondientes a las subestaciones CTe-1, CTe-2 y CTe-5. Además y con referencia a estos mismos circuitos conviene revisar en cada uno de ellos la coordinación necesaria entre los elementos de protección (car-

tuchos fusibles) y el calibre de los conductores utilizados, pues en varios casos el valor nominal de los elementos de protección rebasa exageradamente la capacidad de los conductores.

- Para facilitar la realización de ferias y exposiciones temporales que se realizan sobre todo en la época festiva de la ciudad y que ocupan las áreas abiertas en la planta baja de los sectores Nº 2 y Nº 3 del Edificio Oval (N.10.50), se sugiere la instalación en cada una de ellas de un tablero de distribución adecuado para el efecto, evitando de esta manera la derivación de sordenada de circuitos que se ha venido haciendo desde las barras principales de distribución aledañas a las subestaciones CTe-2 y CTe-3 respectivamente.
- Con el fin de disponer de una herramienta fundamental para preveer y organizar una eficiente labor de mantenimiento del servicio eléctrico en las edificaciones existentes, se recomienda de manera general emprender en el levantamiento de los planos eléctricos de instalaciones interiores en todas y cada una de dichas edificaciones, pues al momento no se dispone de referencia tan importante.
- Por último y en cuanto tiene relación con instalaciones fundamentales como son las subestaciones CTe-1 a CTe-4 y las que se instalarán posteriormente, se recomienda que la administración de la Casa de la Cultura Ecuatoriana solicite la colaboración de la Empresa Eléctrica "Quito" con la finalidad de realizar labores de mantenimiento de rutina en dichas instalaciones, sobre todo en cuanto se refiere a la revisión de transformadores y en ellos su contenido de aceite, tanto para comprobar su volumen adecuado como para realizar las correspondientes pruebas periódicas y ratificar o rectificar su condición.

## VI.5. APENDICES Y ANEXOS

A continuación constan los apéndices y anexos cuya referencia se ha señalado en el desarrollo de los diversos capítulos y cuyo listado es el siguiente:

### - Apéndices

Apéndice A: Diagrama eléctrico unifilar de instalaciones existentes (CTe-1 a CTe-4).

Apéndice B: Curvas de operación de los relés

B1: Relé CDG-36

B2: Relé CDG-64

B3: Relé ASEA - RXIDF2H

Apéndice C: Curvas tiempo-corriente de fusibles tipo - HV-HRC.

### - Anexos

Anexo N° 1: Planos de instalación constituídos por 19 láminas.

Anexo N° 2: Cinta de registro de demanda de circuitos N° 1-2-3 y 4 de Biblioteca Nacional "Eugenio Espejo".

Anexo N° 3: Cinta de registro de demanda de circuitos N° 1 y 2 de Museo Sur.

Anexo N° 4: Cinta de registro de demanda de circuitos N° 1 y 2 de Museo Norte.

Anexo N° 5: Cinta de registro de demanda del circuito principal a Edificio de la Imprenta (CTe-4)

Anexo N° 6: Cinta de registro de demanda del circuito principal a Teatro Prometeo (CTe-5).

Anexo N° 7: Cinta de registro de demanda del circuito principal a Sector N° 1 del Edificio Oval

(CTe-1).

Anexo Nº 8: Cinta de registro de demanda del circuito principal a Sector Nº 2 del Edificio Oval (CTe-2).

Anexo Nº 9: Cinta de registro de demanda del circuito principal a Sector Nº 3 del Edificio Oval (CTe-3).

Anexo Nº 10: Cinta de registro de demanda del circuito principal a Edificio de Administración - (CTe-6).

Anexo Nº 11: Facturas de consumo de Empresa Eléctrica - "Quito":

11.1: Facturas de julio a diciembre/86 de medidor Nº 00740T05 de Sector Nº 1 del Edificio Oval (CTe-1).

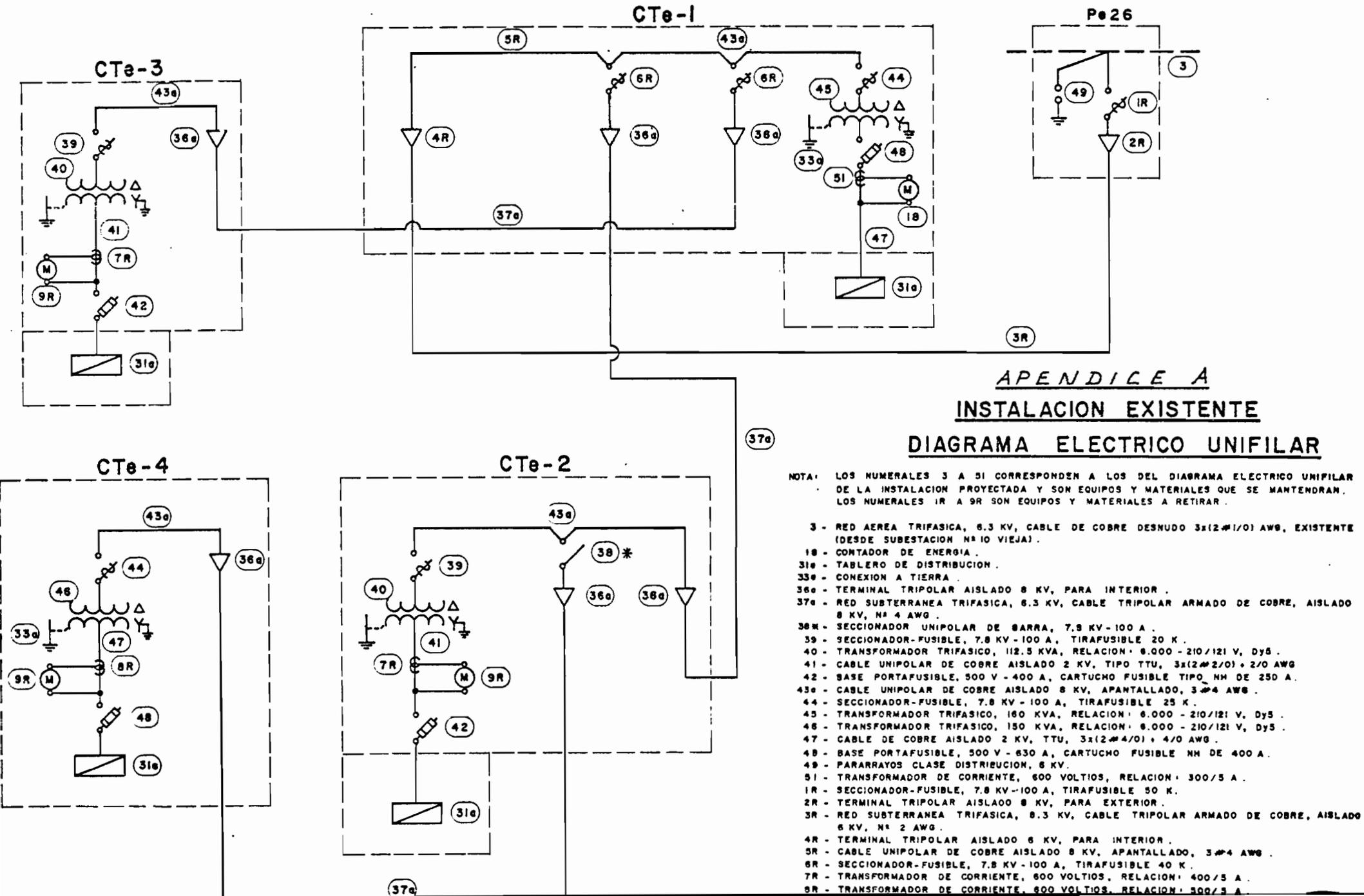
11.2: Facturas de julio a diciembre/86 de medidor Nº 00741T05 de Sector Nº 2 del Edificio Oval (CTe-2).

11.3: Facturas de mayo a noviembre/86 de medidor Nº 00742T05 de Sector Nº 3 del Edificio Oval (CTe-3).

11.4: Facturas de mayo a noviembre/86 de medidor Nº 01217T05 de Edificio de la Imprenta (CTe-4).

11.5: Facturas de mayo a noviembre/86 de medidor Nº 00149T50 de Teatro Prometeo (CTe-5)

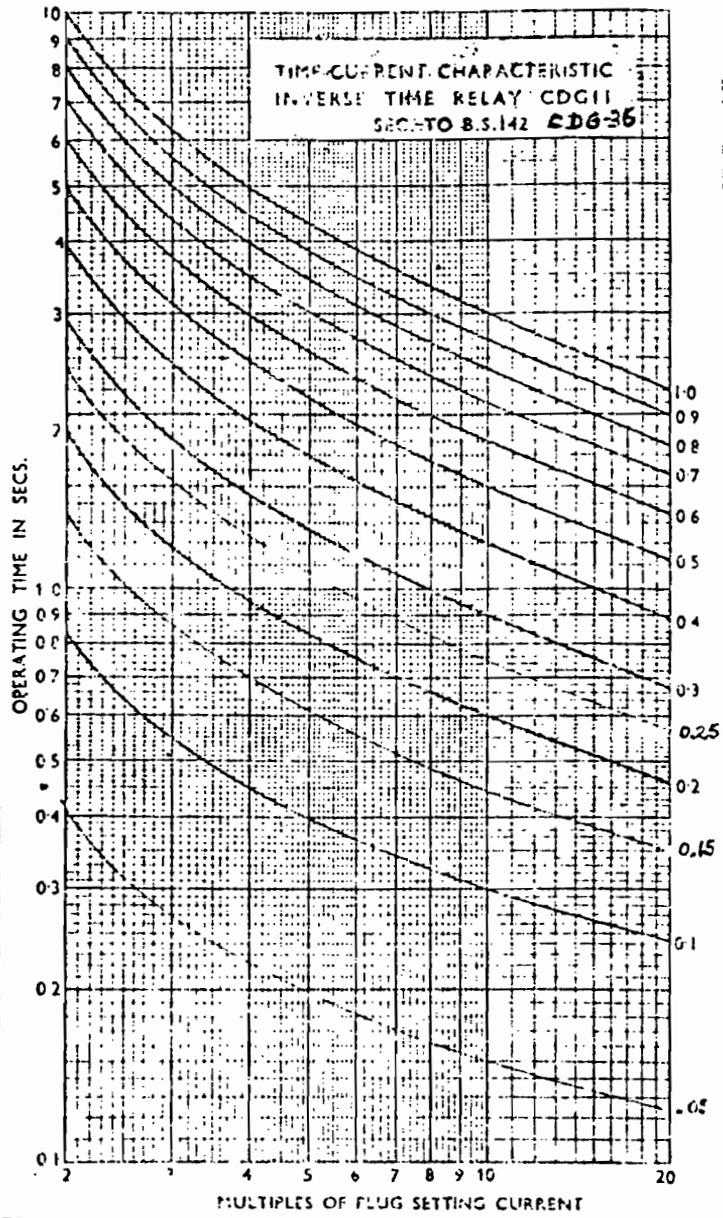
11.6: Facturas de mayo a noviembre/86 de medidores Nº 0023T100-00008T75-01235T15 de Edificio de Administración (CTe-6).



APENDICE A  
INSTALACION EXISTENTE  
DIAGRAMA ELECTRICO UNIFILAR

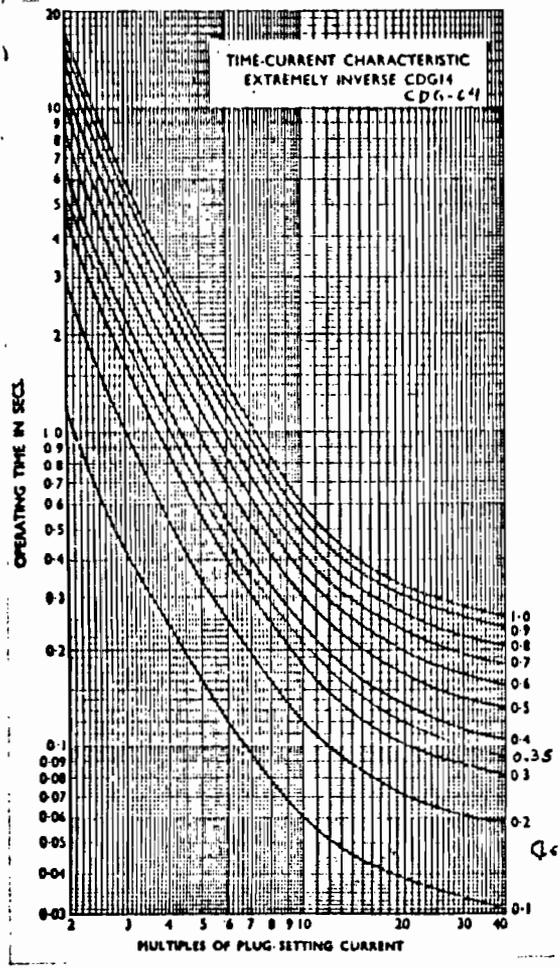
NOTA: LOS NUMERALES 3 A 51 CORRESPONDEN A LOS DEL DIAGRAMA ELECTRICO UNIFILAR DE LA INSTALACION PROYECTADA Y SON EQUIPOS Y MATERIALES QUE SE MANTENDRAN. LOS NUMERALES 1R A 9R SON EQUIPOS Y MATERIALES A RETIRAR.

- 3 - RED AEREA TRIFASICA, 6.3 KV, CABLE DE COBRE DESNUDO 3x(2#1/0) AWG, EXISTENTE (DESDE SUBSTACION N° 10 VIEJA).
- 18 - CONTADOR DE ENERGIA.
- 31e - TABLERO DE DISTRIBUCION.
- 33e - CONEXION A TIERRA.
- 36e - TERMINAL TRIPOLAR AISLADO 8 KV, PARA INTERIOR.
- 37e - RED SUBTERRANEA TRIFASICA, 6.3 KV, CABLE TRIPOLAR ARMADO DE COBRE, AISLADO 8 KV, N° 4 AWG.
- 38\* - SECCIONADOR UNIPOLAR DE BARRA, 7.8 KV-100 A.
- 39 - SECCIONADOR-FUSIBLE, 7.8 KV-100 A, TIRAFUSIBLE 20 K.
- 40 - TRANSFORMADOR TRIFASICO, 112.5 KVA, RELACION: 6.000 - 210/121 V, Dy5.
- 41 - CABLE UNIPOLAR DE COBRE AISLADO 2 KV, TIPO TTU, 3x(2#2/0) + 2/0 AWG.
- 42 - BASE PORTAFUSIBLE, 500 V - 400 A, CARTUCHO FUSIBLE TIPO NH DE 250 A.
- 43e - CABLE UNIPOLAR DE COBRE AISLADO 8 KV, APANTALLADO, 3#4 AWG.
- 44 - SECCIONADOR-FUSIBLE, 7.8 KV-100 A, TIRAFUSIBLE 25 K.
- 45 - TRANSFORMADOR TRIFASICO, 160 KVA, RELACION: 6.000 - 210/121 V, Dy5.
- 46 - TRANSFORMADOR TRIFASICO, 150 KVA, RELACION: 6.000 - 210/121 V, Dy5.
- 47 - CABLE DE COBRE AISLADO 2 KV, TTU, 3x(2#4/0) + 4/0 AWG.
- 48 - BASE PORTAFUSIBLE, 500 V - 630 A, CARTUCHO FUSIBLE NH DE 400 A.
- 49 - PARARRAYOS CLASE DISTRIBUCION, 8 KV.
- 51 - TRANSFORMADOR DE CORRIENTE, 600 VOLTIOS, RELACION: 300/5 A.
- 1R - SECCIONADOR-FUSIBLE, 7.8 KV-100 A, TIRAFUSIBLE 50 K.
- 2R - TERMINAL TRIPOLAR AISLADO 8 KV, PARA EXTERIOR.
- 3R - RED SUBTERRANEA TRIFASICA, 6.3 KV, CABLE TRIPOLAR ARMADO DE COBRE, AISLADO 6 KV, N° 2 AWG.
- 4R - TERMINAL TRIPOLAR AISLADO 6 KV, PARA INTERIOR.
- 5R - CABLE UNIPOLAR DE COBRE AISLADO 8 KV, APANTALLADO, 3#4 AWG.
- 6R - SECCIONADOR-FUSIBLE, 7.8 KV-100 A, TIRAFUSIBLE 40 K.
- 7R - TRANSFORMADOR DE CORRIENTE, 600 VOLTIOS, RELACION: 400/5 A.
- 8R - TRANSFORMADOR DE CORRIENTE, 600 VOLTIOS, RELACION: 300/5 A.



Apéndice B1

Característica tiempo-corriente del relé tipo CDG-36



Apéndice B2

Característica tiempo-corriente del relé tipo CDG-64

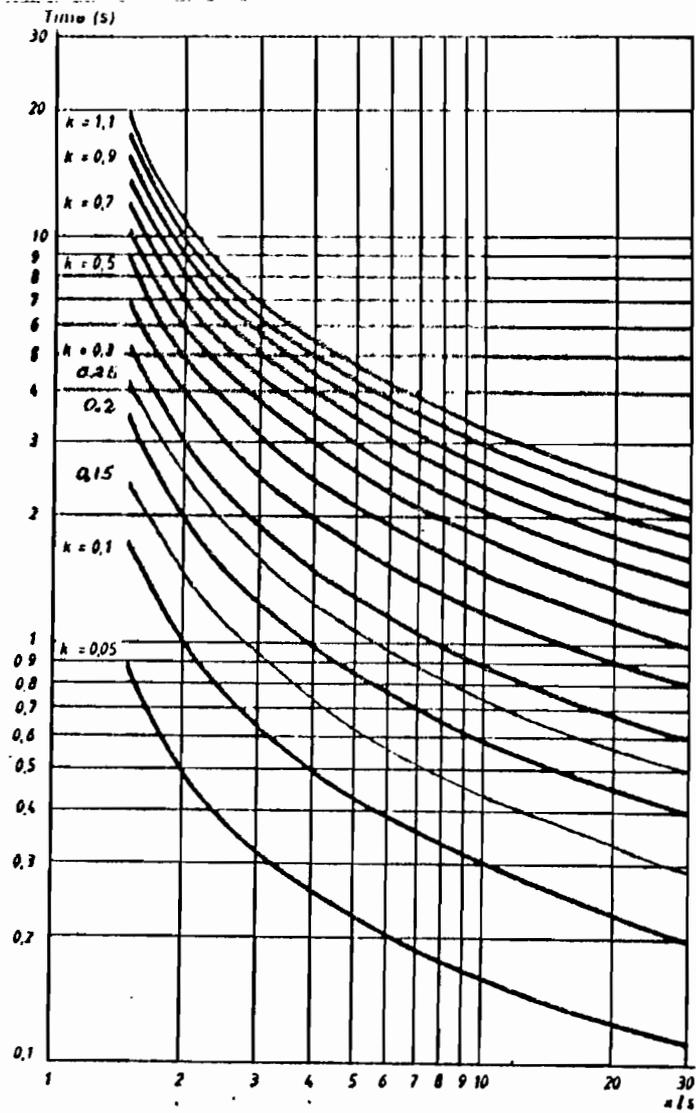
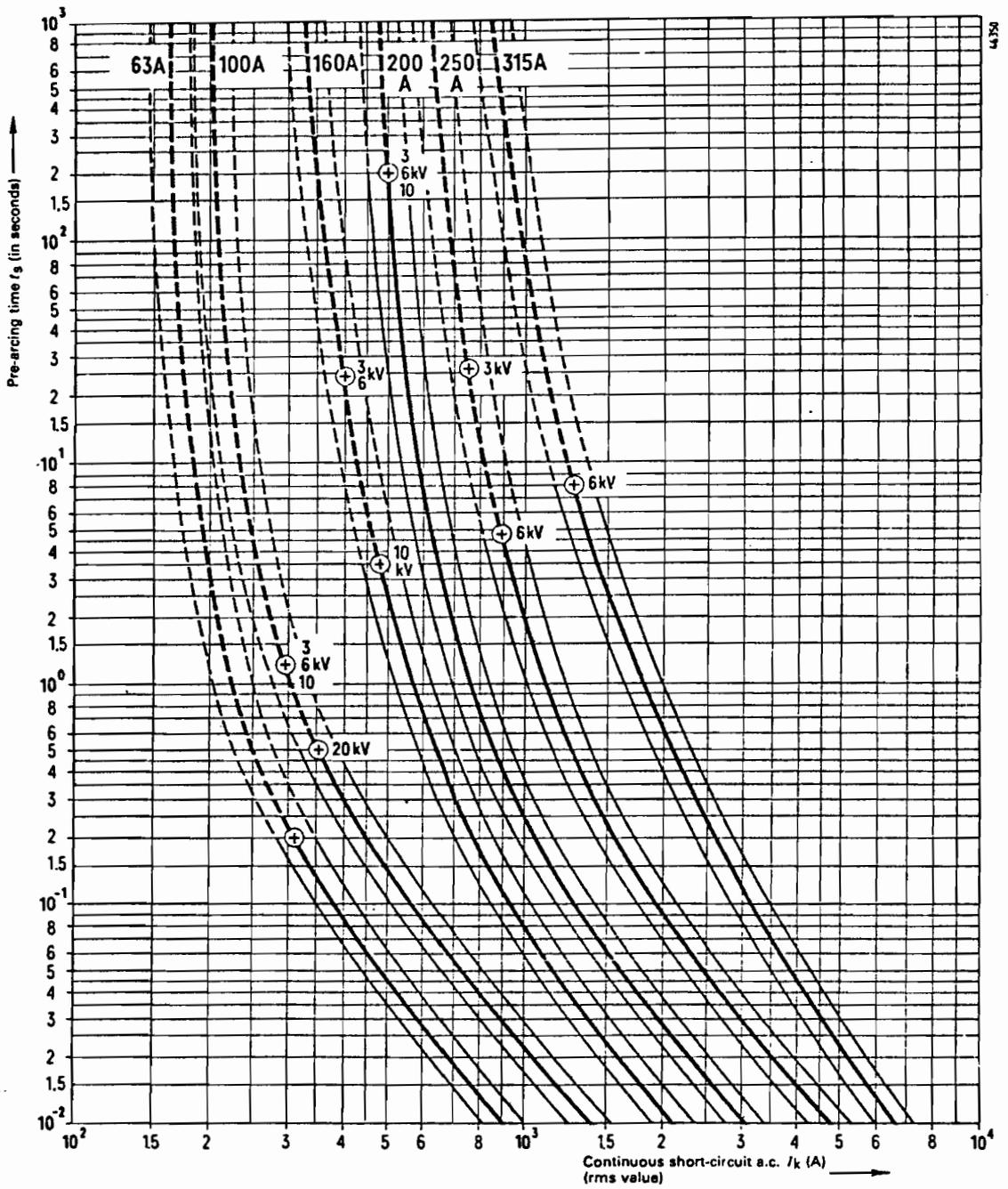


Fig. 3. Inverse time "normal inverse"

### Apéndice B3

Característica tiempo-corriente del relé tipo RXIDF2H de ASEA



### Apéndice C

Característica tiempo-corriente de los fusibles tipo HV-HRC

## BIBLIOGRAFIA

1. ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY, IES Lighting Handbook, 5a. Edición, New York, 1972.
2. CEAC, Enciclopedia de Electricidad, Luminotécnica, 5a. Edición, 1982.
3. WESTINGHOUSE Electric Corporation, Distribution Systems, 4a. Edición.
4. KNOWLTON Archer E., Manual del Ingeniero Electricista 8a. Edición, Tomo II, 1953.
5. NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION, Handbook of the National Electrical Code, 4a. Edición, 1975.
6. INDUSTRIAL AND COMMERCIAL POWER SYSTEMS COMMITTEE OF THE IEEE INDUSTRY APPLICATIONS SOCIETY, IEEE Recommended Practice for Electric Power Systems in Commercial Buildings, 1974.
7. DETROIT Diesel Allison, Electric Set Installation, 8S A15, Rev. 3-73.
8. AEG, Manual para instalaciones eléctricas de alumbrado y fuerza motriz, 7a. Edición, 1956.
9. BURNDY Electrical Connectors, Catálogo 50, 2a. Edición, 1960.
10. HICKS Tyler, Standard Handbook of Engineering Calculations, Mc Graw Hill, New York, 1972.
11. EPN, Poligrafiados de subestaciones, 1983.
12. CABLEC, Catálogo de conductores eléctricos.

13. PIRELLI, Catálogo de conductores eléctricos.
14. WESTINGHOUSE Electric Corporation, Transmission and Distribution, 4a. Edición.
15. SPITTA Albert, Instalaciones Eléctricas, Tomo I, Editorial Dossat s.a., España, 1981.
16. SIEMENS, Catálogo HG 12, 1980
17. EEQ, Normas para sistemas de distribución, Parte A.

