

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

Facultad de Ingeniería Eléctrica y  
Electrónica



*SISTEMA DE AUTOGENERACION DE ENERGIA ELECTRICA*

*Y MONITOREO A DISTANCIA DE UNA PLANTA INDUSTRIAL*

**TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO ELECTRICISTA**

*Enrique Salvador Rojas Flores*

*Promoción 1979 - 1*

**LIMA - PERU - 1995**

## **SUMARIO**

El suministro de energía eléctrica para la fábrica de Industrias Electroquímicas tiene un papel preponderante, debido a que se tiene equipos y máquinas que se pueden deteriorar al faltarle esta energía y además por ser una empresa de exportación tiene que cumplir indefectiblemente con los plazos de entrega del producto a sus clientes.

Con el fin de suplir la eventual falta de un suministro normal de energía se ha instalado un Sistema de Autogeneración que comprende fundamentalmente el funcionamiento de dos Grupos Electrógenos. Por otro lado, para un mejor control y supervisión de los parámetros eléctricos de nuestras instalaciones y principales máquinas, se instaló también una red de Medidores electrónicos para monitoreo de estos parámetros a distancia.

Gracias al funcionamiento de este Sistema de Autogeneración de Energía se han minimizado las pérdidas económicas por falta de suministro eléctrico en Industrias Electroquímicas.

***SISTEMA DE AUTOGENERACION DE ENERGIA ELECTRICA  
Y MONITOREO A DISTANCIA DE UNA PLANTA INDUSTRIAL***

Título : SISTEMA DE AUTOGENERACION DE ENERGIA ELECTRICA  
Y MONITOREO A DISTANCIA DE UNA PLANTA INDUSTRIAL

Autor : Enrique Rojas Flores

Grado : Ingeniero Electricista

Facultad : Ingeniería Eléctrica

Universidad : Universidad Nacional de Ingeniería

Ciudad : Lima

Año 1995

### **EXTRACTO**

En el capítulo I se hace una memoria descriptiva de las características principales de la fábrica de Industrias Electroquímicas y de sus instalaciones eléctricas, así como también los antecedentes, la justificación y los alcances de la obra.

En el capítulo II se describe con detalle el crecimiento de la demanda en el transcurso del tiempo, mediante la descripción de las características principales de las máquinas y su relación con la instalación y funcionamiento de los grupos electrógenos como una fuente alternativa de energía.

En el capítulo III se muestra en detalle la forma como se llegó a implementar la red del Sistema de Autogeneración de Energía, S.A.E., describiendo los criterios usados para la selección de los grupos y para su instalación en la red. Se menciona también

las especificaciones de los materiales y equipos utilizados y las especificaciones para su montaje. Además se hace una breve referencia al programa de mantenimiento de los grupos electrógenos.

En el capítulo IV se menciona la justificación técnica para la instalación de medidores electrónicos de energía en nuestra fábrica. Se hace una descripción de la forma como se realizó la implementación de la red de estos medidores para la formación del Sistema de Monitoreo a distancia y además se anotan las especificaciones de los materiales y equipos adquiridos para tal fin y las especificaciones para el montaje.

En el capítulo V se describen las diferentes formas de operar el Sistema de Autogeneración de Energía creado y que son seleccionables de acuerdo a la situación de demanda de potencia que se presente en la fábrica. Además se hace un comentario acerca de los trabajos de mejoramiento del Sistema que se tienen proyectados realizar para aprovechar más eficientemente los dispositivos instalados.

En el capítulo VI se detalla el estudio económico realizado en la ejecución de la obra. Se muestran los costos de los materiales y equipos principales que se instalaron, también un análisis de los costos de la energía suministrada por el concesionario y de la energía generada por los grupos y luego la justificación económica para la realización de la obra mediante un análisis costo-beneficio.

## **TABLA DE CONTENIDOS**

<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO I</b>	
<b>MEMORIA DESCRIPTIVA</b>	
1.1 Generalidades.....	3
1.2 Descripción de la fábrica.....	3
1.3 Antecedentes.....	5
1.4 Justificación.....	9
1.5 Alcances.....	12
<b>CAPITULO II</b>	
<b>EVALUACION DEL CRECIMIENTO DE LA DEMANDA</b>	
<b>Y FUNCIONAMIENTO DE LOS GRUPOS ELECTROGENOS</b>	
2.1 Generalidades.....	13
2.2 Evolución.....	13
2.2.1 Primera parte : con G.E. de 175 kW.....	13
2.2.2 Segunda parte : con G.E. de 1,000 kW.....	17
2.2.3 Tercera parte : con G.E. de 1,450 kW.....	21
2.2.4 Resumen de potencias.....	22
<b>CAPITULO III</b>	
<b>IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE AUTOGENERACION</b>	
3.1 Generalidades.....	25

3.2 Etapa I.....	25
3.2.1 Criterio para la selección del grupo.....	25
3.2.2 Criterios para la implementación.....	26
3.2.3 Especificaciones de equipos y materiales.....	28
3.2.4 Especificaciones para el montaje.....	31
3.3 Etapa II.....	32
3.3.1 Criterio para la selección del grupo.....	32
3.3.2 Criterios para la implementación.....	33
3.3.3 Especificaciones de equipos y materiales.....	35
3.3.4 Especificaciones para el montaje.....	41
3.4 Consideraciones sobre el mantenimiento de los grupos electrógenos.....	43

#### **CAPITULO IV**

#### **IMPLEMENTACION DEL MONITOREO A DISTANCIA**

4.1 Generalidades.....	46
4.2 Implementación de la red.....	46
4.2.1 Criterio para su implementación.....	46
4.2.2 Funciones adicionales.....	48
4.3 Especificaciones de equipos y materiales.....	52
4.4 Especificaciones para el montaje.....	53

#### **CAPITULO V**

#### **OPERACION DEL SISTEMA**

5.1 Generalidades.....	56
5.2 Descripción.....	56

5.2.1 Por corte de suministro ( apagón ).....	56
5.2.2 Por transtornos en el suministro.....	57
5.2.3 En horas de punta.....	58
5.2.4 En horas fuera de punta.....	58

## **CAPITULO VI**

### **ANALISIS ECONOMICO**

6.1 Generalidades.....	69
6.2 Costo de equipos y materiales.....	69
6.3 Costos de la energía.....	70
6.3.1 Costo de la energía suministrada por el concesionario.....	71
6.3.2 Costo de la energía suministrada por los grupos electrógenos.....	71
6.4 Análisis costo-beneficio.....	73
<b>OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>76</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>81</b>
<b>ANEXOS</b>	

1 Cálculos para el diseño de la Subestación N°6.....	82
1.1 Determinación de la potencia de cortocircuito en S.E. N°1.....	82
1.2 Cálculo de la corriente de cortocircuito.....	83
1.3 Cálculo de la corriente de choque.....	83
1.4 Cálculo para la selección de barras colectoras en el lado de alta tensión.....	83

1.5	<i>Cálculo para la elección de los aisladores portabarras.....</i>	<i>83</i>
1.6	<i>Cálculo de la potencia del transformador elevador.....</i>	<i>85</i>
1.7	<i>Cálculo del cable alimentador en 10 kV.....</i>	<i>85</i>
2	<i>Regulación de los relés de protección de los interruptores de los grupos</i>	
2.1	<i>Cálculo de la corriente de cortocircuito en 460 voltios.....</i>	<i>86</i>
2.2	<i>Regulación de los relés.....</i>	<i>87</i>
3	<i>Leyenda General.....</i>	<i>88</i>
4	<i>Transformadores de potencia.....</i>	<i>88</i>

## **INTRODUCCION**

El objetivo fundamental de la creación del Sistema de Autogeneración de Energía para la planta industrial de Industrias Electroquímicas S.A., IEQSA, es el de garantizar el suministro de energía eléctrica en forma permanente , confiable y eficiente, con el fin de que no se vea afectada la producción, ni se vean perjudicados los equipos y máquinas en casos de corte o deficiencias en el suministro eléctrico de parte del Concesionario o por trabajos de mantenimiento y/o reparaciones en el sistema eléctrico interno.

En este informe se mostrará el incremento de la demanda que sufrió la fábrica en el transcurso del tiempo; la transformaciones que tuvo que tener el sistema eléctrico para poder afrontar la creciente demanda, que trajeron como consecuencia la creación de nuevas subestaciones y por ende la diversidad de los voltajes de distribución.

Este Sistema de Autogeneración incluye fundamentalmente la instalación de dos Grupos Electrógénos de 1,000 y 1,450 kW., y en este informe se mostrará el análisis técnico-económico que se realizó para seleccionar la ubicación más apropiada de éstos en la red ;asimismo se explicará la forma en la cual se llevó a cabo la implementación de este Sistema, así como también su forma de operar

Por otro lado, se planteará y se explicará las razones por las cuales se han instalado los Medidores de Energía electrónicos , así como también la importancia de haberlos

colocado en las principales máquinas de mayor consumo de la fábrica y el hecho de que estén interconectados y monitoreados hacia un Centro de Control a distancia.

Se debe tomar en cuenta que en este informe técnico solamente se tocarán los aspectos más importantes del trabajo realizado, ya que como se podrá observar, la diversidad y cantidad de equipos y materiales , naturaleza de las instalaciones, cantidad de información técnica, etc., es tal que sería engorroso incluir más detalles. Además, aunque este proyecto se llevó a cabo en el año 1993, hasta estos momentos se vienen llevando a cabo mejoras con el fin de aumentar la eficiencia del Sistema.

## **CAPITULO I**

### **MEMORIA DESCRIPTIVA**

#### **1.1) Generalidades**

Industrias Electroquímicas S.A., IEQSA, es una empresa industrial metalúrgica de fundición y laminación de metales no ferrosos, ubicada en la Av. Elmer Faucett 1920, Provincia Constitucional del Callao, ver plano P-01 de ubicación geográfica.

Debido a la necesidad de contar con una fuente de energía alternativa al del suministro normal, hace que se adquiriera en el año 1979 un grupo electrógeno de 175 kW.; en 1991 un grupo de 1,000 kW y luego en 1993 un grupo de 1,450 kW

#### **1.2) Descripción de la fábrica**

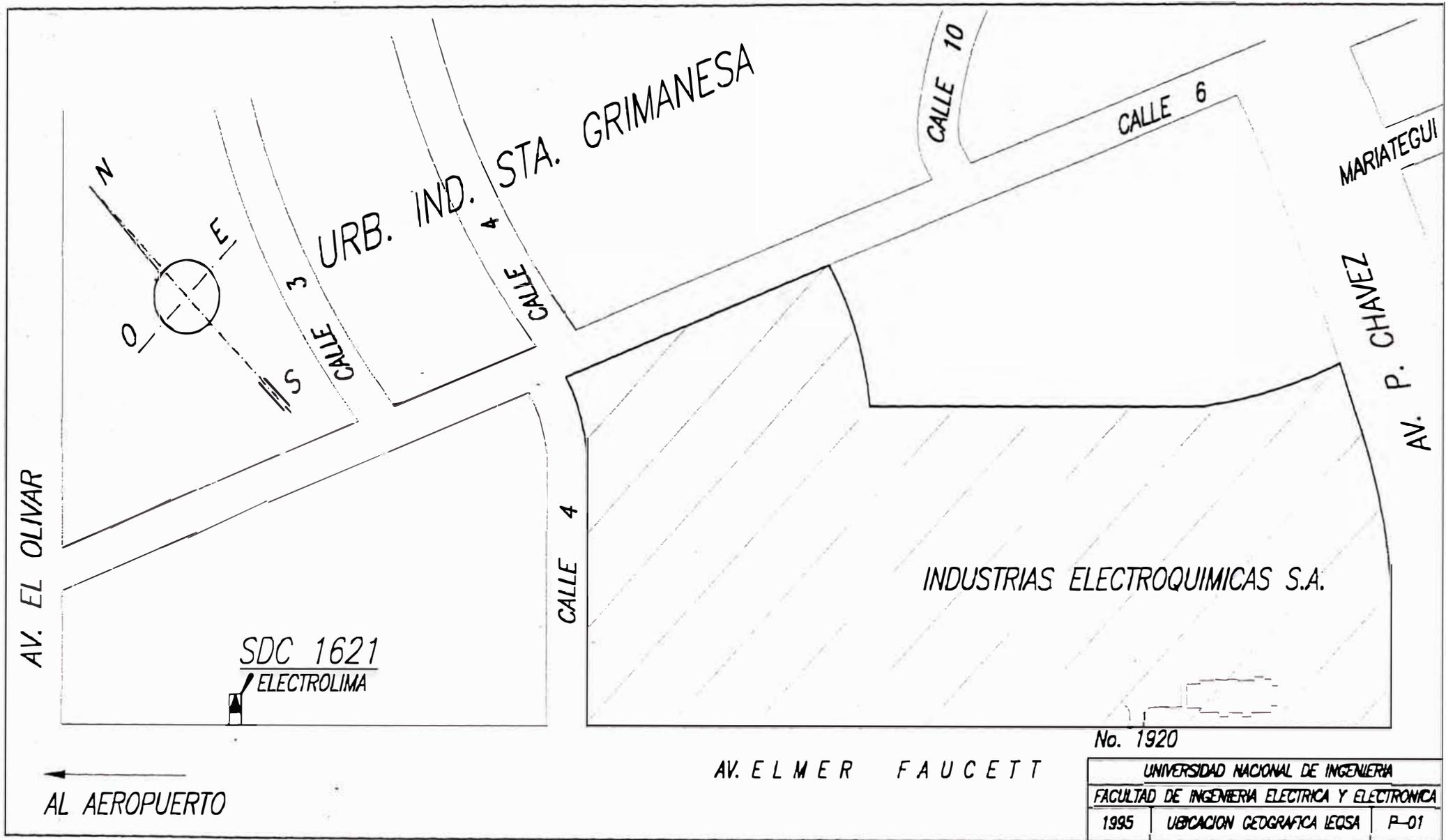
La planta industrial de IEQSA está dividida en tres líneas de producción

- Discos,
- Planos
- Oxido

La actividad principal es la fundición y laminación de aleaciones de zinc y debido a su volumen de venta al extranjero, es considerada una empresa de exportación.

Las máquinas más importantes, por su complejidad, potencia y ubicación dentro del proceso metalúrgico son los Hornos Eléctricos y las Laminadoras.

Actualmente nuestra Potencia Contratada es de 2,000 kW., a un nivel de tensión de 10,000 voltios, trifásico. El Concesionario que nos suministra esta energía es la com-



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA		
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA		
1995	UBICACION GEOGRAFICA LEQSA	P-01

pañía EDELNOR, y lo hace a través de la Subestación N° 1621, cercana a la fábrica, la cual a su vez es alimentada por la Subestación de transformación de Barsi.

Dentro de nuestras instalaciones esta energía es repartida en 5 subestaciones, con 13 transformadores de potencia, para transformar la alimentación en los diferentes tipos de voltaje de utilización de las máquinas : 220 V , bifásico; 220 V, trifásico; 440 V, monofásico, 440 V, trifásico; 550 V, monofásico, 550 V, trifásico; 2,300 V, bifásico; 2,300 V, trifásico. Otro voltaje utilizado por varias máquinas es 250 V en corriente continua, el cual es generado por un rectificador de potencia.

A la salida de los transformadores de potencia de baja tensión se tienen conectados los tableros de distribución TD, los cuales son codificados de acuerdo al voltaje y al número de fases, ver la leyenda general en el anexo, E-09.

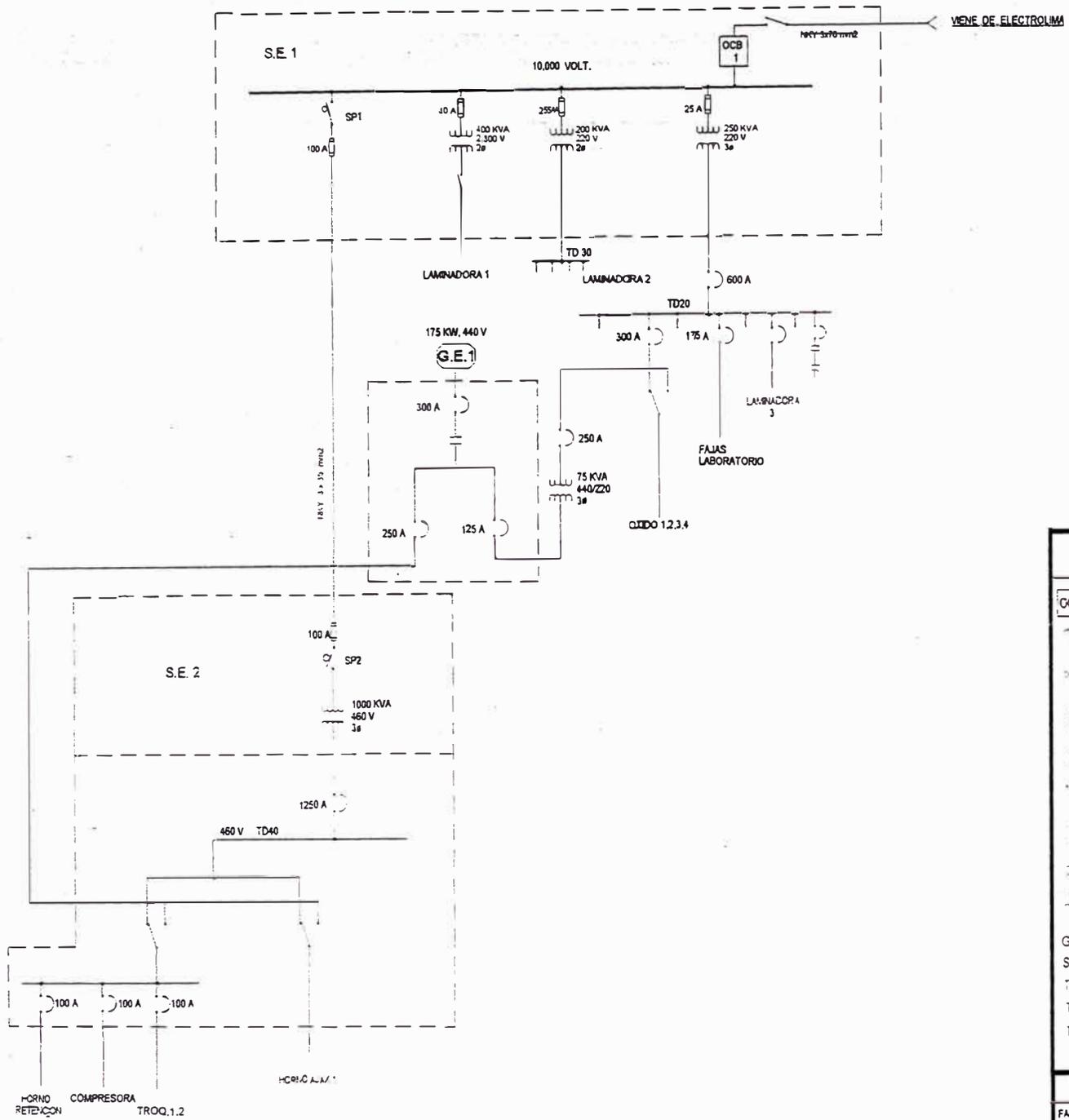
La labor en la planta se desarrolla en tres turnos, y se trabaja casi todos los días del año, inclusive domingos y algunos feriados.

### **1.3) Antecedentes**

La fábrica de Industrias Electroquímicas comenzó sus operaciones en el año de 1979. En esta primera etapa, las instalaciones eléctricas para el suministro de energía a los diferentes equipos existentes, se muestran en el diagrama unifilar E-01.

En este esquema se observan las siguientes cargas principales

- Horno Ajax , 640 kW
- Laminadora 1, 400 hp.
- Laminadora 2, 200 hp.
- Laminadora 3, 60 hp.
- Troqueladoras, Compresora, Hornos de Oxido, 160 hp



### LEYENDA

- OCB: INTERRUPTOR EN ACEITE 10 KV
- |—: SECCIONADOR UNIPOLAR 10 KV TIPO CUCHILLA ACCIONA SIN CARGA
- |—|—: SECCIONADOR DE POTENCIA TRIPOLAR 10 KV ACCIONA CON CARGA
- |—: FUSIBLE EN 10 KV
- |—: INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 3φ
- |—: CONMUTADOR 3φ ACCIONA SIN CARGA
- |—: SECCIONADOR TRIPOLAR TIPO CUCHILLA 1KV ACCIONA SIN CARGA
- |—: TRANSFORMADOR DE POTENCIA
- |—: AUTOTRANSFORMADOR
- G.E.: GRUPO ELECTROGENO
- S.E.: SUB-ESTACION ELECTRICA 10 KV
- TD: TABLERO DE DISTRIBUCION EN B.T.
- TL: TABLERO LOCAL EN B.T.
- TC: TABLERO DE CONMUTACION EN B.T.

La sumatoria de las potencias de los transformadores de las subestaciones N°1 y N°2 es de 1,850 kVA.

De acuerdo a los datos históricos , en esta etapa la Máxima Demanda era aproximadamente 900 kW. y la Energía Activa consumida no pasaba de los 400,000 kWh al mes.

Como se observa en el plano mencionado, existe un grupo electrógeno de 175 kW., llamado G.E. N° 1, cuyo objetivo principal fue el de alimentar en casos de corte de suministro u otra emergencia al Horno Ajax, esto es debido a que este equipo, como todos los hornos eléctricos, necesitan suministro continuo de energía para evitar su deterioro.

El diagrama eléctrico según el plano E-01 siguió de esta manera, con pocas variaciones, hasta el año 1987, en el cual se pone en servicio la Subestación N° 3, para que entren a trabajar principalmente los siguientes nuevos equipos:

- Laminadora Farrel, 1,000 hp.
- Laminadora 4HI, 650 hp.
- Troqueladoras , Compresoras, Hornos de Oxido, 200 hp.

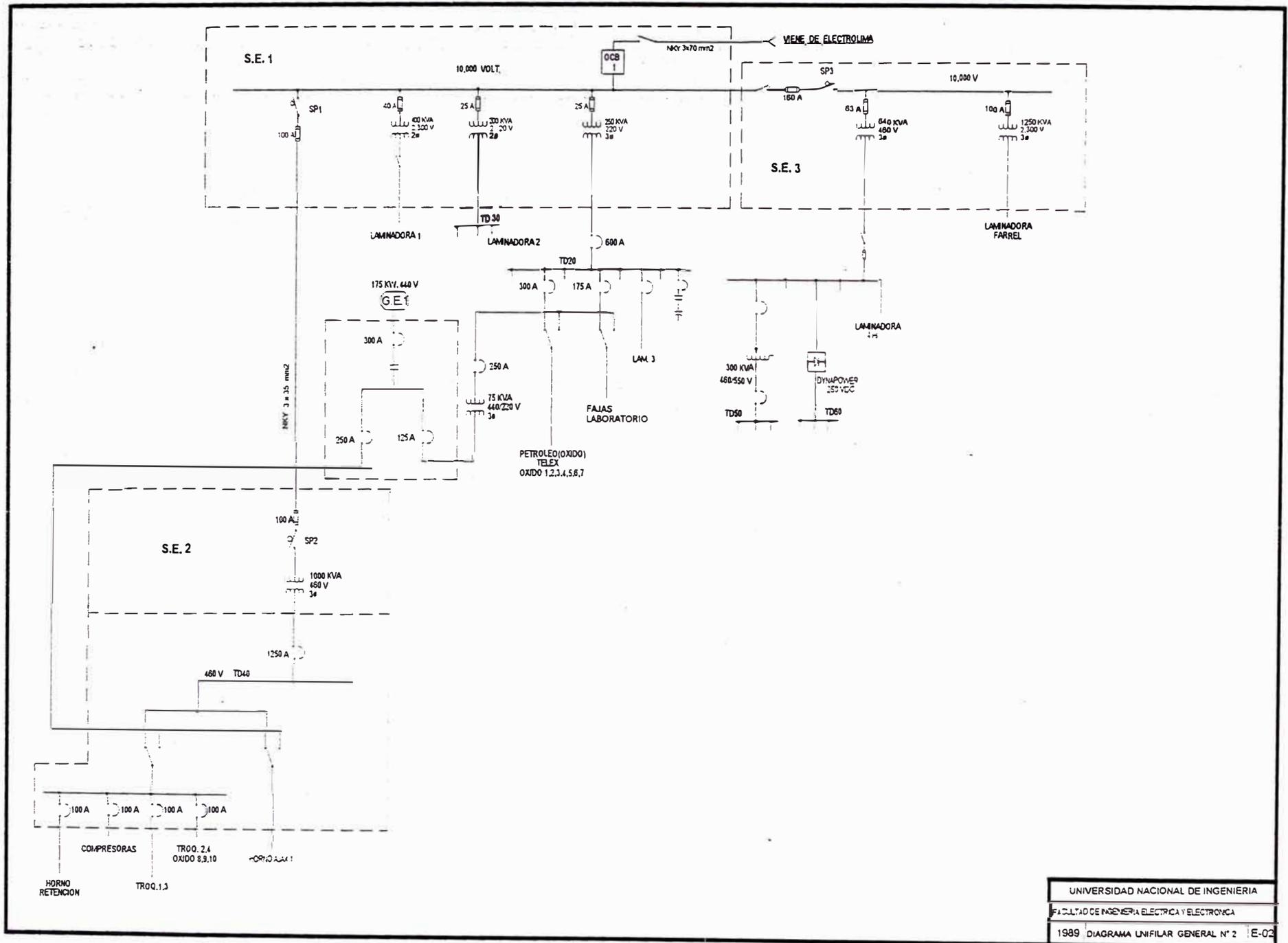
De esta manera el diagrama eléctrico se modificó tal como se muestra en el diagrama unifilar E-02.

En los años 1988 y 1989 se adquirieron más máquinas , tales como :

- Laminadora Nash, 500 hp.
- Laminadora Birmingham, 150 hp.

También se instalaron 5 grúas puente, las cuales sumaban una potencia de 140 hp.

En el año 1991 entraron en servicio 2 Hornos Eléctricos Ajax de 200 kW. cada uno



alimentados desde la nueva Subestación N° 4.

Debido a su diseño, estos hornos también necesitaban tener una fuente de energía que los alimentara en casos de corte de suministro, por esta razón se hizo una instalación provisional para interconectarlos con el G.E. N° 1 , que los alimentaría en caso de emergencia para mantener temperatura solamente.

#### **1.4) Justificación**

Las razones por las cuales se decidió adquirir un Grupo Electrónico de 1,000 kW fueron las siguientes :

1) El G.E. N° 1 de 175 kW. no presentaba garantías por su antigüedad y por haber tenido varias reparaciones.

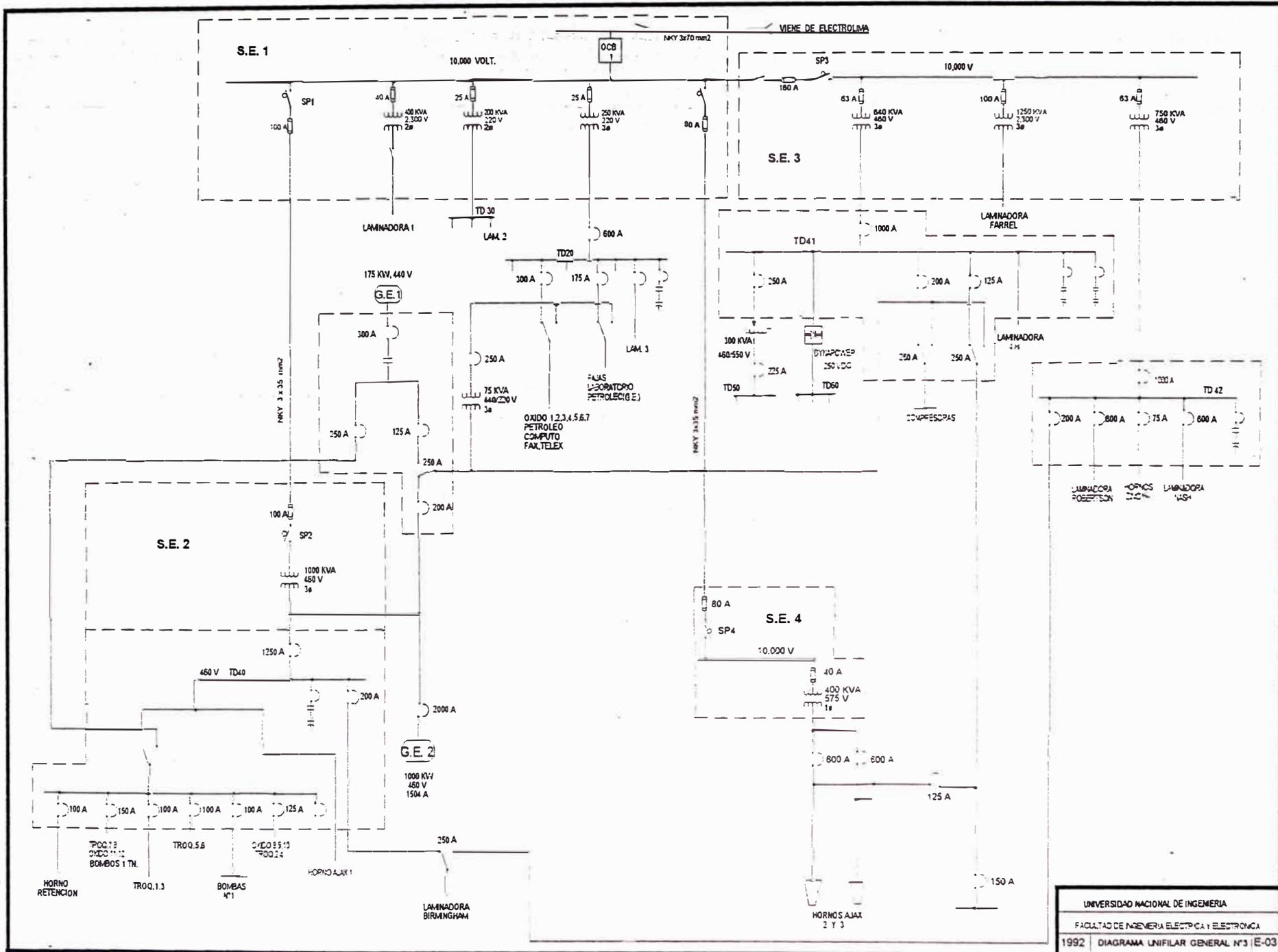
2) Con este grupo de 175 kW. se tenía muy limitada la potencia de generación y sólo servía para mantener la temperatura del metal fundido en los hornos eléctricos , pero la decisión de la Gerencia era de que se tenga una fuente de energía que alimentara la mayor cantidad de máquinas con el fin de no afectar demasiado a la producción en casos de emergencia.

Por lo anterior, con el fin de alimentar principalmente los hornos Ajax 2 y 3, todas las Troqueladoras, todos los hornos de Oxido, Compresoras, la laminadora Nash, las grúas puente y alumbrado, se seleccionó un grupo electrónico de 1,000 kW.

El grupo electrónico de 1,000 kW. se puso en servicio en Noviembre de 1991.

En el esquema E-03, se puede observar en qué condiciones estaba el sistema eléctrico de IEQSA en los primeros meses de 1992 y en él se indica claramente la ubicación en la red del G.E. N° 2 de 1,000 kW, así como también otros equipos nuevos :

- Laminadora Robertson, 500 hp.



- Hornos Zincal, Cortadoras, 200 hp.

En el verano de 1992, justamente se inició un racionamiento de energía en Lima debido a la fuerte sequía presentada en la Sierra, esto implicó que el G.E. N° 2 trabajara durante 8 horas diarias en promedio, durante varios meses, tanto en los instantes de los cortes de suministro programados por Electrolima, como también en los momentos en que se alimentaba, con el grupo, una parte de la planta para no sobrepasar la cuota de energía de 600,000 kWh. al mes, asignada a Industrias Electroquímicas por Electrolima con motivo del racionamiento.

Las razones por las cuales se decidió adquirir un tercer grupo electrógeno fueron las siguientes

1) La mala experiencia sufrida el año 1992, el de haber perdido producción y el no haber cumplido con los clientes debido al racionamiento energético.

2) La necesidad de tener garantía de funcionamiento de las máquinas nuevas que se adquirirían en el futuro.

De acuerdo al análisis del consumo de potencia de la planta, se pudo observar que la máxima demanda promedio era 1,900 kW. Además se sabía que en los próximos meses se iba instalar una Laminadora Mann con motores de corriente continua y una Colada Continua con dos hornos eléctricos de más de 100 kW cada uno, por lo tanto, a principios del año 1993 se seleccionó un grupo de 1,450 kW. para que conectado en paralelo con el de 1,000 kW., puedan alimentar las cargas de toda la planta menos a la laminadora Farrel, por ser un motor de corriente alterna, cuya corriente de arranque no podría ser suministrada por estos grupos.

En agosto de 1993 se puso en servicio el grupo de 1,450 kW.

### **1.5) Alcances**

El presente trabajo comprende el desarrollo de la implementación del Sistema de Autogeneración de Energía , S.A.E., de IEQSA, el cual incluyó, aparte de los grupos electrógenos, la creación de la Sub-estación N° 6 , la interconexión de las Subestaciones N°1 y N° 2 en 10,000 voltios , la instalación de dispositivos de maniobra, protección, medición y control en diferentes lugares del sistema.

Como un complemento a este Sistema de Autogeneración, se presentará también el desarrollo de la implementación de la instalación de los medidores electrónicos en diferentes lugares de la planta con el fin de registrar el consumo de energía y otros parámetros eléctricos de los equipos más importantes, y poder de esta manera llevar a cabo un mejor control de su funcionamiento, así como también para evaluar los costos de producción con respecto al uso de la energía eléctrica..

**CAPITULO II**  
**EVALUACION DEL CRECIMIENTO DE LA DEMANDA Y**  
**FUNCIONAMIENTO DE LOS GRUPOS ELECTROGENOS**

**2.1) Generalidades**

La puesta en servicio de los grupos electrógenos está relacionada íntimamente con el crecimiento de la demanda de energía en la fábrica, por esta razón, en el presente capítulo se analizará la evolución que ha tenido la autogeneración en la palnta, la cual se divide en tres partes.

**2.2) Evolución**

**2.2.1) Primera parte : con G.E. de 175 kW**

En el plano E-01 , como se dijo anteriormente, podemos observar el estado del sistema eléctrico hasta el año 1986, las cargas principales fueron :

<u>Equipo</u>	<u>Potencia instalada</u>
Horno Ajax	640 kW., 460 voltios, 3Ø, TD40
Laminadora 1	400 hp., 2300 voltios, 2Ø 15 hp., 220 voltios, 2Ø
Laminadora 2	200 hp., 220 voltios, 2Ø, TD30
Laminadora 3	60 hp., 220 voltios, 3Ø, TD20
Troqueladoras	60 hp., 460 voltios, 3Ø, TD40
Compresora	40 hp., 460 voltios, 3Ø, TD40
Hornos de Oxido	60 hp., 220 voltios, 3Ø, TD20

Alumbrado 30 kW., 220 voltios, 3Ø

Otros equipos menores

La potencia instalada en transformadores de potencia era de 1,850 kVA, y la potencia instalada de la carga era aproximadamente 1,450 kW.

El factor de simultaneidad y el factor de demanda comenzaron con valores bajos debido a que el horno Ajax trabajaba inicialmente en sistema “batch”.

Debido a que IEQSA no contaba con un sistema de medición de parámetros eléctricos de nuestro consumo en 10 kV., solamente se tomaba en cuenta las lecturas que facturaba mensualmente Electrolima. Es así que en el cuadro C-01 se muestran en forma resumida las lecturas de Máxima Demanda y Energía que corresponden a las facturas entre los años de 1980 y 1987.

Hasta el año 1989, se agregaron los siguientes equipos; ver esquema E-02,

<u>Equipos</u>	<u>Potencia instalada</u>
Laminadora Farrel	1,000 hp., 2300 voltios, 3Ø
	150 hp, 550 voltios , 3Ø
	13 kW., 250 voltios, 3Ø
Laminadora 4HI	650 hp., 460 voltios, 3Ø, TD41
Escalpadoras	150 hp., 250 voltios D.C., TD60
Rectificador de Rodillos	100 hp., 250 voltios D.C., TD60
Grúa puente 10 Tn.	30 hp., 460 voltios, 3Ø, TD41
Troqueladoras	40 hp., 460 voltios, 3Ø, TD40
Hornos de Oxido	60 hp., 460 voltios, 3Ø, TD40

La potencia instalada en transformadores aumentó a 3,750 kVA., por la puesta en

**CUADRO C-01 : POTENCIA Y ENERGIA**

FECHA	MAXIMA DEMANDA(KW)	ENERGIA (KWH)	OBSERVACIONES
1980	550	159,700	Promedio mensual
1981	830	251,000	"
1982	813	208,253	"
1983	797	241,630	"
1984	832	274,874	"
1985	873	416,373	"
1986			
1987			
ENE 88	960	500,000	
FEB	920	496,000	
MAR	1,080	648,000	Lam. Farrel en servicio
ABR	1,120	580,000	
MAY	1,080	572,000	
JUN	1,160	608,000	
JUL	1,040	888,000	
AGO	1,160	600,000	
SET	1,080	352,000	
OCT	1,040	380,000	
NOV	1,160	610,435	
DIC	1,160	628,000	
ENE 89			
FEB	1,240	616,000	
MAR	1,080	672,000	
ABR	1,160	508,000	
MAY	1,240	720,000	
JUN	1,280	728,000	
JUL	1,280	720,000	
AGO	1,400	724,000	
SET	1,320	772,000	
OCT	1,400	824,000	
NOV	1,400	772,000	
DIC		692,000	
ENE 90		736,000	
FEB		644,000	
MAR			
ABR		784,000	
MAY		744,000	
JUN		624,000	
JUL		664,000	Lam. Nash en servicio
AGO		560,000	
SET		560,000	
OCT		776,000	
NOV	1,320	756,000	
DIC		632,000	
ENE 91	1,280	720,000	
FEB	1,400	732,000	
MAR		892,000	
ABR	1,680	784,000	Horno Ajax 2
MAY	1,680	992,000	
JUN	1,920	816,000	Horno Ajax 3
JUL		1,104,000	
AGO	1,880	908,000	
SET	1,880	872,000	
OCT	1,920	948,000	
NOV	1,840	764,000	<b>G.E. 1000 kw</b>
DIC	1,880	752,000	
ENE 92	1,720	656,000	
FEB		524,000	
MAR		1,116,000	
ABR		1,024,000	
MAY		760,000	Comienza racionamiento
JUN		764,000	
JUL		812,000	
AGO	1,960	444,000	

*Nota: Datos de facturas de Electrolima, no se anotan registros que son "estimados".*

servicio de la S.E. N° 3 en Noviembre de 1987. La mayor carga es el motor de la Laminadora Farrel, este equipo comenzó a operar para producción a partir del mes de Marzo de 1988. La potencia instalada de la carga era aproximadamente 3,350 kW.

En el cuadro C-01 se puede observar claramente que tanto la Máxima Demanda como la Energía comenzaron a aumentar en estas fechas, de acuerdo a la mayor simultaneidad y utilización de los nuevos equipos, pero principalmente de la Laminadora Farrel.

En el año 1989 se instalaron los siguientes equipos:

<u>Equipos</u>	<u>Potencia instalada</u>
Compresora	40 hp., 460 voltios, 3Ø, TD40
Troqueladoras	60 hp., 460 voltios, 3Ø, TD40

En el año 1990 se instaló el transformador de 750 kVA. de 10,000 a 460 voltios, en la S.E. N° 3 con el fin de alimentar las siguientes nuevas cargas principales :

<u>Equipos</u>	<u>Potencia instalada</u>
Laminadora Nash	500 hp., 460 voltios, 3Ø, TD41
Laminadora Birmingham	150 hp., 460 voltios, 3Ø, TD41

y para el año 1991 los siguientes equipos :

<u>Equipos</u>	<u>Potencia instalada</u>
Grúas puente	140 hp., 460 voltios, 3Ø, TD41
Roladora Wean	60 hp., 250 voltios,D.C.,TD60
Bombos de 1 Tn	40 hp., 460 voltios, 3Ø, TD40
Alumbrado	40 kW., 220 voltios, 3Ø, TD20

En este año también se hizo la instalación de los Hornos de Fusión Ajax 2 y 3, en-

trando en servicio en Abril y Junio respectivamente, con una potencia instalada de 400 kW., en 460 voltios, monofásico. Debido a que la alimentación de estos hornos es monofásica se tuvo que utilizar un transformador con conexión Scott de 400 kVA. en forma provisional y para esto se tuvo que iniciar la construcción de la S.E. N° 4.

Con la puesta en operación de estos hornos se puede observar en el cuadro C-01 que el consumo de Energía aumentó significativamente, así como también la Máxima Demanda.

Hasta estos momentos la potencia instalada en transformadores era de 4,890 kVA., la potencia instalada en la carga era aproximadamente de 4,400 kW , el factor de demanda seguía bajo e igual a 0.4, pero el factor de carga había aumentado a cerca de 0.8, debido a que se trabajaba las 24 horas del día en forma continua y uniforme, durante casi todos los días del mes.

#### 2.2.2) Segunda parte : con G.E. de 1,000 kW

Como se observa hasta estos momentos, la cantidad de equipos que se han puesto en servicio en los últimos meses es bastante numerosa, lo cual hace que las operaciones se hagan más complejas y más productivas. Por tanto, por un lado se tienen equipos delicados que requieren una fuente constante de energía, como los hornos eléctricos, y por otro lado, equipos que su parada ocasionaría una pérdida irrecuperable de producción. Es por este motivo que se analizaron y revisaron las desventajas de tener un respaldo de autogeneración de energía procedente de un grupo electrógeno de 175 kW., el cual aparte de su reducida potencia, no presentaba garantías de buen funcionamiento.

El análisis anterior condujo a decidir la compra de un segundo grupo electrógeno.

Este grupo sería de 1,000 kW. y entró en servicio en Noviembre de 1991.

En el esquema E-03, se puede observar la disposición de los equipos a comienzos del año 1992.

Como se describió anteriormente, en verano de 1992, se inició la sequía en la Sierra, lo que determinó el conocido racionamiento de energía a nivel de todo Lima. Como se observa en el cuadro C-01, en los meses de Marzo y Abril, el consumo de energía de IEQSA estaba en aumento, por lo que al darse inicio al racionamiento, el trabajo del grupo de 1,000 kW. aumentó considerablemente para poder compensar la energía que no consumía de Electrolima. Más aún, cuando este Concesionario determinó que el consumo de IEQSA no debía de sobrepasar de los 600,000 kWh. mensuales.

Lo anterior trajo como consecuencia que se adquiriera un instrumento electrónico especial para registrar y monitorear a distancia hacia una computadora, los parámetros eléctricos de nuestro consumo, con el fin de no sobrepasar los límites mencionados anteriormente.

Como se puede observar en el cuadro C-02, en la siguiente página, a partir de Setiembre de 1992, un medidor electrónico marca Power Measurement Limited ( PML ) entra en servicio en la S.E. N° 1.

Aunque se tenía el problema del racionamiento de energía, se siguió con la instalación de nuevas máquinas, tales como

<u>Equipos</u>	<u>Potencia instalada</u>
Laminadora Robertson	500 hp., 460 voltios, 3Ø, TD42
Cortadoras Yoder 2,3	100 hp., 460 voltios, 3Ø, TD41
Cortadora Kane	60 hp., 250 voltios, D.C., TD60

## CUADRO C-02

### **CONSUMO DE ENERGIA Y MAXIMA DEMANDA**

MES	G. E. 2 (kWh)	G. E. 3 (kWh)	Total G. E. (kWh)	S. E. 1 (kWh)	TOTAL (kWh)	MAXIMA DEMANDA (Kw)	OBSERVACIONES (En servicio)
SET 92				575,096		2,100	PML de S.E. N°1
OCT 92				640,674		2,080	
NOV 92				585,332		2,040	
DIC 92				521,970		2,000	
ENE 93				625,287		1,900	
FEB 93				507,101		1,800	
MAR 93				667,749		1,440	
ABR 93				656,303		1,480	Colada Continua
MAY 93	96,835		96,835	728,784	825,619	1,640	PML de G.E. N°2
JUN 93	85,608		85,608	739,131	824,739	1,760	
JUL 93 *	84,460		84,460	754,583	839,043	1,929	Laminadora Mann
AGO 93	116,674		116,674	820,386	937,060	1,864	G.E. 1450 kW
SET 93	47,069	137,866	184,935	812,492	997,427	1,948	
OCT 93	7,450	161,246	168,696	819,481	988,177	1,980	
NOV93	125,245	139,878	265,123	741,230	1,006,353	1,848	
DIC 93	95,077	112,382	207,459	757,241	964,700	1,932	
ENE 94	59,997	70,718	130,715	863,851	994,566	1,942	
FEB 94	19,827	112,866	132,693	822,299	954,992	1,998	
MAR 94	82,826	34,211	117,037	870,039	987,076	2,054	
ABR 94	37,751	88,742	126,493	923,879	1,050,372	2,025	
MAY 94	56,135	103,329	159,464	926,225	1,085,689	2,091	
JUN 94	78,489	53,953	132,442	965,855	1,098,297	2,126	
JUL 94	55,253	100,747	156,000	902,532	1,058,532	2,078	
AGO 94	46,123	116,481	162,604	998,321	1,160,925	2,211	
SET 94	92,584	147,286	239,870	932,748	1,172,618	2,252	
OCT 94	140,341	174,606	314,947	743,145	1,058,092	2,054	
NOV 94	81,967	29,716	111,683	771,718	883,401	2,081	
DIC 94	61,421	61,114	122,535	772,223	894,758	2,024	
ENE 95	53,886	64,359	118,245	893,432	1,011,677	2,102	
FEB 95	68,376	142,508	210,884	860,592	1,071,476	2,097	
MAR 95	95,536	148,058	243,594	950,562	1,194,156	2,190	
ABR 95	58,972	115,555	174,527	878,880	1,053,407	2,078	
MAY 95	94,706	17,949	112,655	905,045	1,017,700	2,076	
JUN 95	39,609	11,769	51,378	903,064	954,442	1,956	
JUL 95	42,000	10,118	52,118	921,602	973,720	2,019	
AGO 95							
SET 95							
OCT 95							
NOV 95							
DIC 95							

NOTAS: \* Entra en servicio medidor elect rónico de Elect rolima

Hornos Zincal

50 hp., 460 voltios, 3Ø, TD41

Para una repartición más eficiente de las cargas se tuvo que implementar el nuevo Tablero de Distribución TD 42, y realizar un reordenamiento de éstas, ver plano E-03.

A partir de Marzo de 1993 el racionamiento de la energía ya no fue tan exigente, de modo que nuestro consumo fue en aumento en forma paulatina.

En Abril de 1993 entra en servicio la Colada Continua Horizontal, la cual hace uso de los dos Hornos de fusión Ajax 2 y 3 de 200 kW.cada uno, instalados en 1991 y además se le agregan dos Hornos eléctricos más, llamados de Mantenimiento, de 100 kW. cada uno; Extractoras ; Cizallas hidráulicas; Bombas para refrigeración, etc.

Para el funcionamiento de los equipos anteriormente mencionados se tuvo que terminar de construir la S.E. N° 4 , y la instalación de dos transformadores, con conexión Scott, de 630 kVA. cada uno , para la alimentación de los hornos eléctricos monofásicos de la Colada Continua y además un transformador de 200 kVA., para el suministro de 220 voltios de las cargas auxiliares. Se sacó fuera de servicio el transformador de 400 kVA.

Por lo anterior , se determina que la potencia instalada en transformadores es hasta estos momentos de 5,950 kVA, y la de la carga aproximadamente de 5,600 kW. Este valor comparado con la potencia realmente consumida es bastante alto, lo cual significa que el factor de simultaneidad, que presentan los equipos, es bajo y además que el consumo de potencia o diagrama de carga no es uniforme para todas las máquinas, por ejemplo es diferente la forma de consumo de un horno eléctrico que la de una laminadora , e inclusive entre hornos eléctricos existen diferencias.

Debido a que se quería saber realmente la potencia y energía consumida por la plan-

ta, se resolvió instalar otro medidor electrónico PML en el grupo electrógeno de 1,000 kW. Este medidor entra en operación en Mayo de 1993. Los valores que se observan en el cuadro C-02 a partir de esa fecha, es la energía consumida por el grupo durante las horas de punta. El grupo funciona durante estas horas debido a que la potencia suscrita acordada con el Concesionario era de 1,300 kW.

En el mes de Julio de 1993 se termina la instalación de la Laminadora Mann, el cual es el equipo más complejo y completo de la planta desde el punto de vista electromecánico. La potencia instalada de esta laminadora es de aproximadamente 1,200 kW., repartidos en 46 motores de corriente alterna y continua.

Esto implicó la instalación de una nueva Sub-estación, la S.E. N° 5, la cual tiene una potencia instalada de 2,000 kVA.

La nueva potencia instalada en transformadores de potencia es de 7,950 kVA, y la de la carga aproximadamente 6,800 kW. La máxima demanda se ve incrementada sustancialmente con la adición de estas dos últimas cargas, lo que se refleja en el mayor consumo de energía del grupo de 1,000 kW., porque ya no solo trabajará en horas de punta sino también en horas fuera de punta para no sobrepasar los 2,000 kW. de nuestra potencia contratada.

### 2.2.3) Tercera parte : con G.E. de 1,450 kW

Este grupo comenzó a operar en Agosto de 1993, y desde su arranque contó con un medidor electrónico PML, el cual sumado a los dos anteriores, nos entregaba la potencia y energía real y completa que se consumía.

El Sistema de Autogeneración de Energía incluyó la construcción de la S.E. N° 6 , el cual contendría un transformador de 3,000 kVA que serviría exclusivamente para

elevar el voltaje de 460 a 10,000 voltios , con el fin de llegar a las barras de la S.E. N° 1, ver esquema E-04 de la siguiente página.

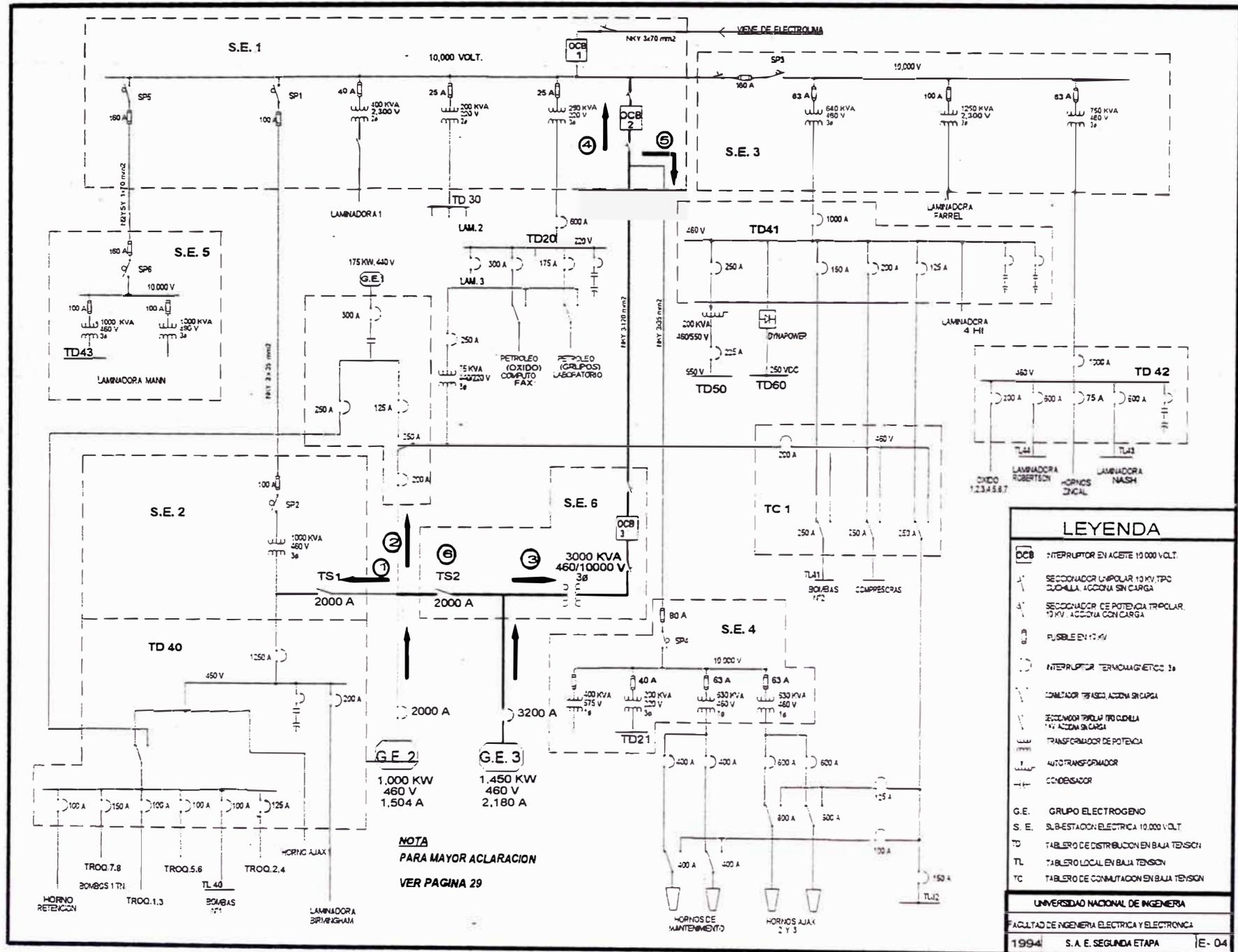
Se puede observar en el cuadro C-02 el consumo de la energía , proveniente de los grupos , cada vez más creciente ; esto es debido a que la simultaneidad de los equipos aumentó de tal forma que la máxima demanda superaba los 2,000 kW. contratados, es pecialmente cuando funcionan los hornos de la Colada Continua. Dependiendo de la tendencia en el consumo de potencia y del diagrama de carga, se puede hacer funcionar ya sea el grupo de 175 kW o el de 1,000 kW. en horas fuera de punta.

El costo del kWh generado por los grupos electrógenos, en estos momentos, es mayor que el costo del kWh generado por el Concesionario ( ver acápite 6.3 ), por este motivo, actualmente IEQSA está realizando los estudios pertinentes para solicitar al Concesionario el aumento de nuestra potencia contratada a 3,000 kW.

Actualmente, el diagrama eléctrico unifilar de las instalaciones de IEQSA se muestra en el esquema E-05. Pensamos que todavía existen mejoras que realizar en el Sistema, las cuales se están haciendo en forma paulatina, pero las instalaciones básicas ya se encuentran realizadas.

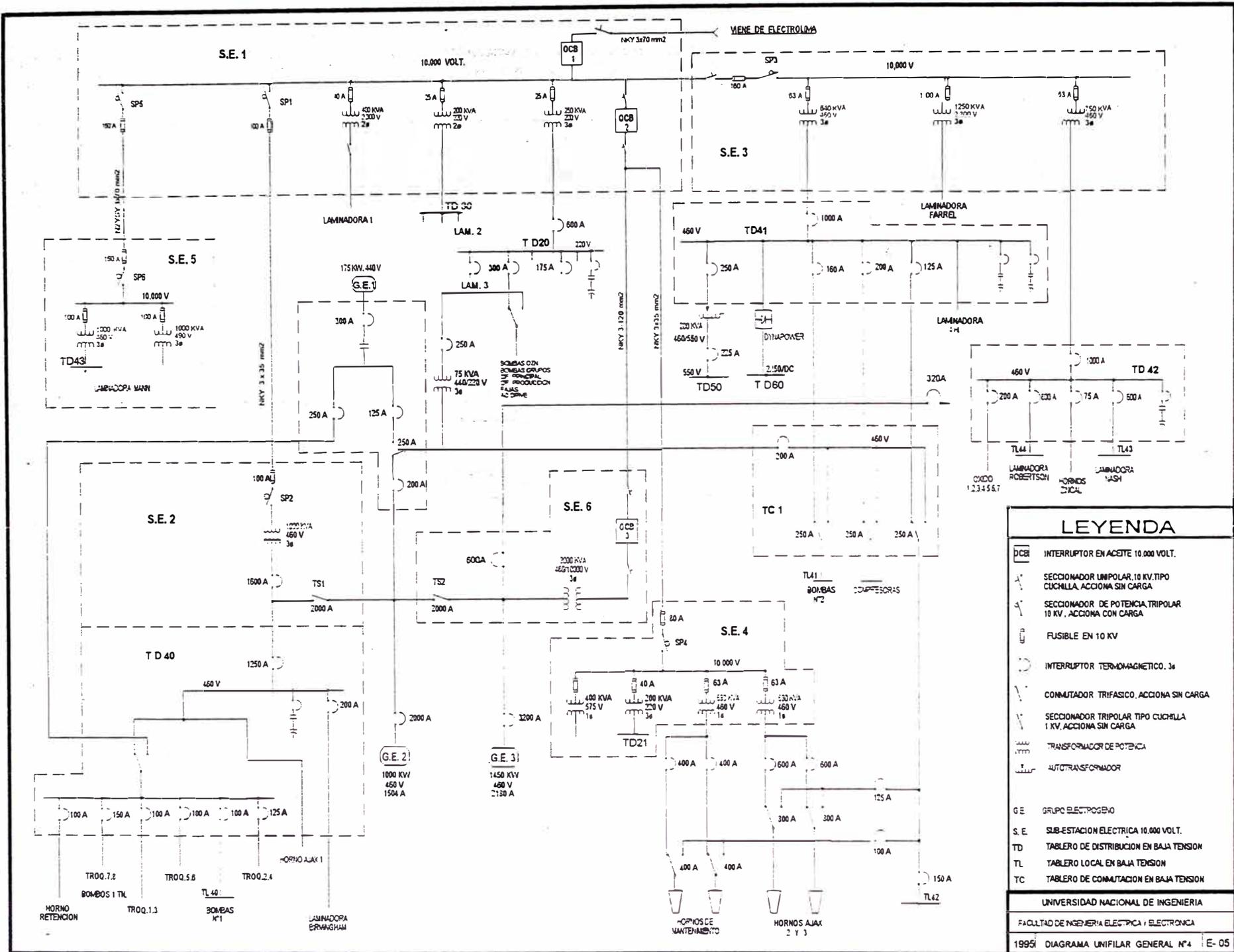
#### 2.2.4) Resumen de potencias

Año	Potencia instalada	Máxima demanda	<u>Grupo</u> en servicio
1986	1,450 kW	800 kW	Con G.E. de 175 kW
1989	3,350	1,250	
1991	4,400	1,800	Con G.E. de 1,000 kW
Abril 1993	5,600	1,900	
Julio 1993	6,800	1,950	Con G.E. de 1,450 kW



LEYENDA	
	INTERRUPTOR EN ACEITE 10.000 VOLT.
	SECCIONADOR LAPOLAR 10 KV. TPO. CUCHILLA ACCION SIN CARGA
	SECCIONADOR DE POTENCIA TROPOLAR 10 KV. ACCION CON CARGA
	FUSIBLE EN 10 KV
	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 3ø
	COMBILATOR 7500V. ACCION SIN CARGA
	SECCIONADOR TROPOLAR 10 KV. CUCHILLA 10 KV. ACCION SIN CARGA
	TRANSFORMADOR DE POTENCIA
	AUTO TRANSFORMADOR
	CONDENSADOR
G.E. GRUPO ELECTROGENO	
S. E. SUB-ESTACION ELECTRICA 10.000 VOLT.	
TD TABLERO DE DISTRIBUCION EN BAJA TENSION	
TL TABLERO LOCAL EN BAJA TENSION	
TC TABLERO DE COMUTACION EN BAJA TENSION	
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA	
1994	S. A. E. SEGUNDA ETAPA   E- 04

NOTA  
 PARA MAYOR ACLARACION  
 VER PAGINA 29



LEYENDA	
	INTERRUPTOR EN ACEITE 10.000 VOLT.
	SECCIONADOR UNIPOLAR 10 KV TIPO CUCHILLA. ACCIONA SIN CARGA
	SECCIONADOR DE POTENCIA TRIPOLAR 10 KV. ACCIONA CON CARGA
	FUSIBLE EN 10 KV
	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO. 3ø
	COMUTADOR TRIFASICO. ACCIONA SIN CARGA
	SECCIONADOR TRIPOLAR TIPO CUCHILLA 1 KV. ACCIONA SIN CARGA
	TRANSFORMADOR DE POTENCIA
	AUTOTRANSFORMADOR
	G.E. GRUPO ELECTROGENO
	S.E. SUB-ESTACION ELECTRICA 10.000 VOLT.
	TD. TABLERO DE DISTRIBUCION EN BAJA TENSION
	TL. TABLERO LOCAL EN BAJA TENSION
	TC. TABLERO DE COMUTACION EN BAJA TENSION
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA	
1995/ DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL N° 4 E-05	

## **CAPITULO III**

### **IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE AUTOGENERACION**

#### **3.1) Generalidades**

El Sistema de Autogeneración de IEQSA tiene como componentes principales a los grupos electrógenos de 1,000 y 1,450 kW, y para que trabajen eficientemente dentro de los circuitos eléctricos es necesario otros elementos tales como equipos de maniobra, control, medición, etc. En este capítulo se describirán las dos etapas que comprendieron la implementación de este sistema

#### **3.2) Etapa I**

En esta etapa se consideró la instalación del grupo electrógeno de 1,000 kW.

##### **3.2.1) Criterio para la selección del grupo**

Los requisitos que debía cumplir este grupo en el Sistema de Autogeneración, eran :

1) Poder alimentar directamente los hornos eléctricos en casos de emergencia , ya sea por un problema de suministro de origen interno o externo.

2) Poder llevar alimentación al resto de la planta en cualquier voltaje, con el fin de seguir alimentando las máquinas consideradas claves y de esta manera, no perder demasiada producción.

La potencia se calculó de acuerdo al segundo punto. Se decidió que se necesitaba alimentar a los hornos Ajax 2 y 3 a plena carga, todas la troqueladoras, todos los Hornos de Oxido, Compresoras, laminadora Nash, las grúas puente y alumbrado, aparte

de mantener temperatura al horno Ajax 1.

Esta selección de máquinas no era rígido, pues dependiendo del avance de la producción se podía escoger otras, pero con la condición de que no se superara la potencia generada por el grupo.

El voltaje de salida de este grupo electrógeno se escogió de 460 voltios, debido a que la mayoría de los equipos más importantes de la fábrica funcionan con este voltaje de alimentación, pudiendo de esta manera, tener la alternativa de suministrar energía en forma directa.

### 3.2.2) Criterios para la implementación

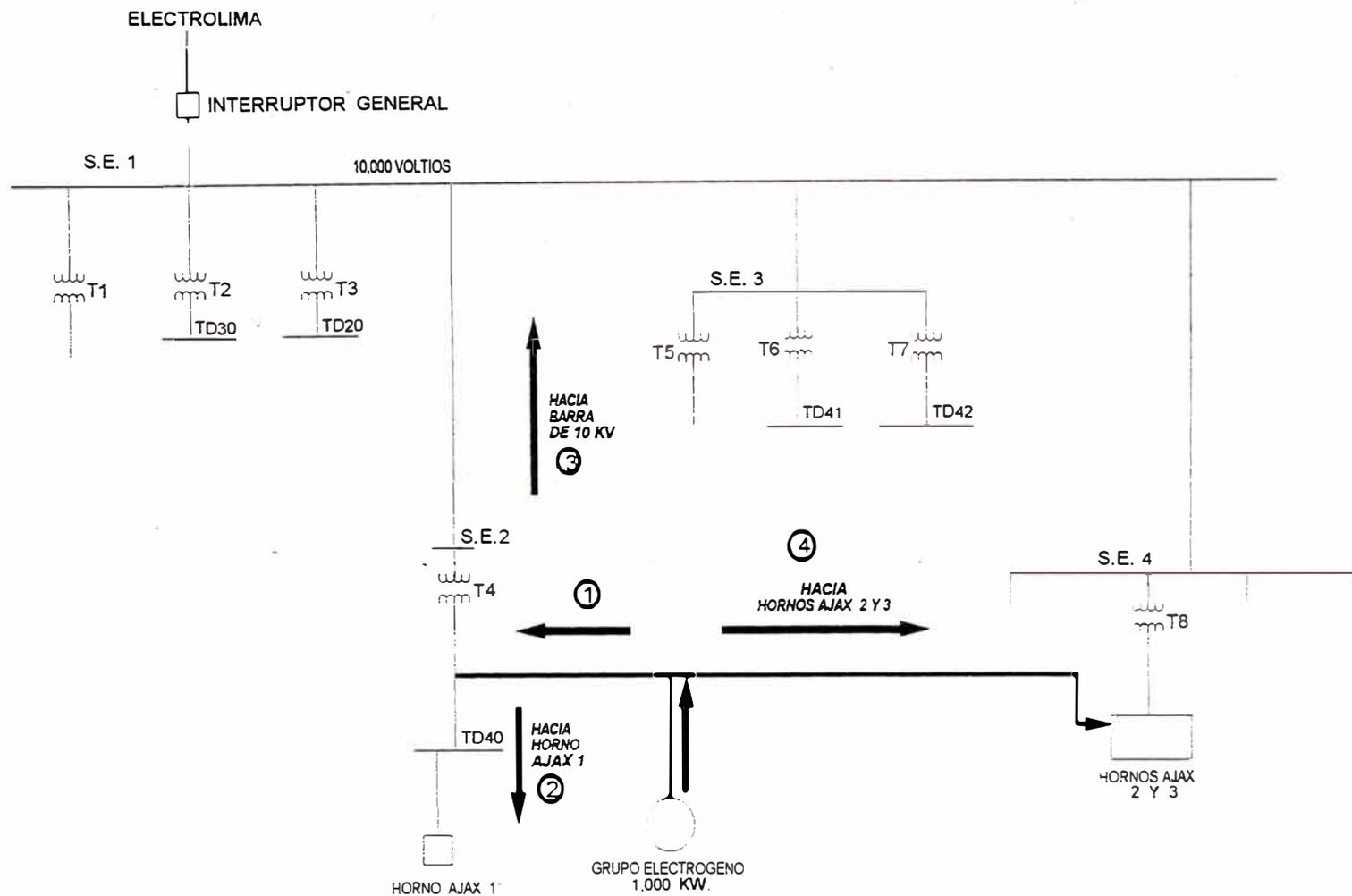
Debido a la diversidad de voltajes y número de fases que presentaban los equipos de la planta, se tuvo que pensar en una forma de llegar a las barras principales de la S. E. N° 1 con un voltaje de 10,000 voltios, y de esta manera suministrar energía a los equipos mediante sus transformadores originales.

Por esta razón, se decidió usar el transformador de 1,000 kVA de la S. E. N° 2 para conectarse con el grupo de 1,000 kW en 460 voltios y luego elevar el voltaje a 10,000 voltios y de esta manera llegar a las barras de la S.E. N°1.

En el esquema E-03A, siguiente página, se observa un diagrama en el que se representa los dos requisitos antes mencionados. La alimentación para el Horno Ajax 1 viene directamente por el circuito (1)-(2) ; en cambio para los Hornos Ajax 2 y 3 se puede llegar por el circuito (4) ó por el circuito (1)-(3).

Para llevar a cabo la instalación eléctrica de estos circuitos se tuvo que realizar los siguientes trabajos principales

- Modificación de la S.E. N° 2 , para la instalación de otro gabinete donde se



- T1 : 400 KVA. 2,300 V. , 2ø
- T2 : 200 KVA. 220 V. , 2ø
- T3 : 250 KVA. 220 V. , 3ø
- T4 : 1000 KVA. 460 V. , 3ø
- T5 : 1250 KVA. 2,300 V. , 3ø
- T6 : 640 KVA. 460 V. , 3ø
- T7 : 750 KVA. 460 V. , 3ø
- T8 : 400 KVA. 575 V. , 1ø

NOTA - PARA MAYOR ACLARACION VER PAG. 25

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA		
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA		
1992	S.A.E. PRIMERA ETAPA	E-03A

tendrían que conectar los cables de acometida que vendrían del grupo de 1,000 kW., 4 cables NYY de 300 mm<sup>2</sup>.

- Construcción total de este gabinete.
- Construcción de buzones e instalación de ductos subterráneos.
- Modificación del Tablero del grupo de 175 kW. para la instalación de dispositivos de maniobra y protección.

Debido a los altos costos de esta instalación, la potencia transmitida a los hornos Ajax 2 y 3 mediante el circuito de emergencia (4) , fue limitada por el calibre de los cables de 1/0 AWG que llegaban al TD 41, ver esquema E-03B en la siguiente pág.

Por lo tanto, si se necesitaba dicho circuito, se podía transmitir potencia solamente para mantener temperatura de los hornos Ajax 2 y 3.

Por otro lado, como hemos visto anteriormente, en el año 1992 hubo racionamiento de energía, eso hizo que usáramos en muchas ocasiones el grupo de 1,000 kW., con el fin de cumplir con el tope máximo de consumo que nos solicitaba Electrolima.

Usando el circuito (1)-(2) y abriendo el seccionador de potencia SP2 podíamos alimentar el tablero TD 40 , en la que está incluido el horno Ajax 1. Esto significaba en promedio un consumo de 800 kW.

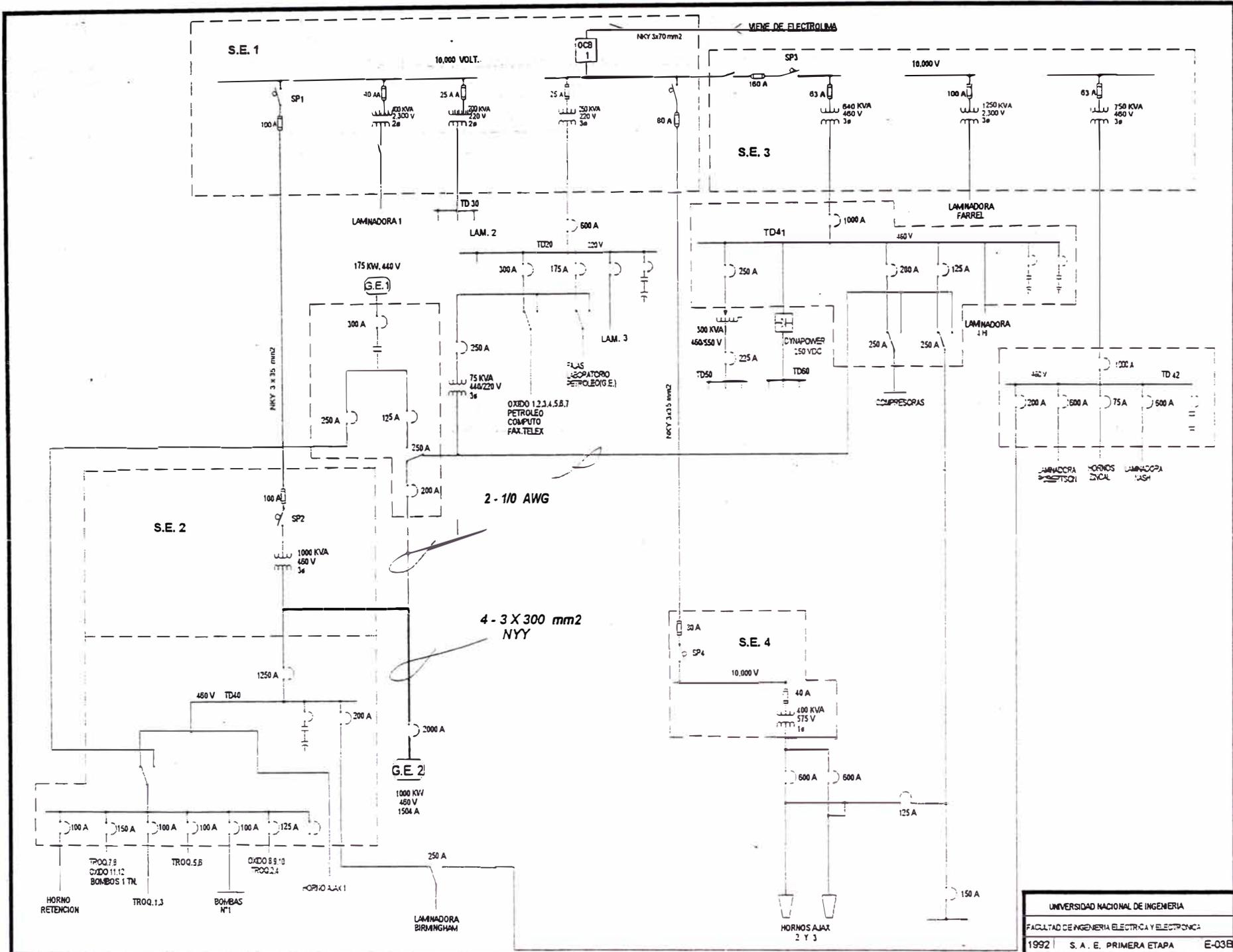
### 3.2.3) Especificaciones de equipos y materiales

Los principales equipos y materiales que se adquirieron y se instalaron en esta etapa fueron los siguientes

#### 1) Un Grupo Electrónico de 1,000 kW

Grupo eléctrico Diesel “Estandar” marca Caterpillar, modelo 3512 TA,

Package Generator Set, que desarrolla una potencia de 1,000 kW , en trabajo



continuo, Voltaje generado : 460 V, Corriente nominal : 1,504 A, Frecuencia : 60 hz, 1800 rpm, Factor de potencia : 0.8. El grupo está compuesto por un motor diesel de 12 cilindros en V, ciclo de 4 tiempos con inyección directa, turboalimentado y con enfriador de aire de admisión, acoplado directamente a un alternador Caterpillar modelo SR4, autoregulado y autoexcitado, del tipo sin escobillas.

2) Un Tablero Eléctrico para el G.E. de 1,000 kW

Tablero de control y protección para alternador de 1,000 kW, 460 V, 60 hz, de ejecución autoportado, equipado con

- Un interruptor termomagnético trifásico marca ABB-SACE, tipo Novomax G2 2000, de 600 voltios, 2,000 amperios, con 50 kA de capacidad de ruptura en 460 voltios, con regulación térmica de 1,000 a 2,000 A y magnética desde 8 a 20 kA., con bobina de mínima tensión.
- Un relé de potencia inversa marca Basler Electric.
- Un relé de verificación de sincronismo marca Basler Electric.
- Transformadores de corriente y de tensión.
- Amperímetro, voltímetro, frecuencímetro, vatímetro trifásico, cosfímetro.
- Un brazo de sincronización en 460 V, 60 hz, equipado con voltímetro doble, frecuencímetro doble, voltímetro cero, lámparas de señalización, interruptores.

3) 250 metros de Cable eléctrico de cobre, con aislamiento de pvc y chaqueta de pvc, marca Indeco, tipo NYY, de 3 x 300 mm<sup>2</sup>, tensión nominal 1kV.

4) Un tanque diario para combustible de 1,000 galones de capacidad.

5) Un tanque para combustible de retorno de 500 galones de capacidad.

### 3.2.4) Especificaciones para el montaje

Principalmente fueron las siguientes

- El montaje, fijación y nivelación del grupo electrógeno serán de acuerdo a las especificaciones y requerimientos técnicos del fabricante.
- Los sistemas de los gases de escape, de combustible y de arranque se regirán de acuerdo a las normas técnicas de seguridad e higiene industrial.
- Los cables eléctricos de salida del generador serán instalados de tal manera que tengan una adecuada ventilación, vibración y separación entre ellos.
- Se utilizarán atadores de nylon y terminales a compresión de cobre electro estañados para los cables eléctricos.
- Se colocarán bandejas metálicas para la instalación de los cables eléctricos, en las canaletas subterráneas entre la salida del generador y la acometida al tablero de control, y debajo de los tableros de distribución general de 460 voltios.
- Entre el tablero de control y el tablero general de distribución de 460 voltios, los cables eléctricos se instalarán en ductos de concreto de 4 vías. En los cambios de dirección se construirán buzones de acuerdo a dimensiones proporcionadas y con su respectiva tapa de fierro.
- En los buzones los cables serán ordenados e identificados de tal manera que estén lo suficientemente distanciados los cables de alta tensión, de baja tensión y de comunicación.
- Los ductos de concreto se colocarán sobre un solado de concreto de 5 cm. de espesor. La unión de los ductos se sellarán con anillo de cemento. Por encima se aplicará una capa de tierra cernida de 10 cm. de espesor y el resto de la zanja se rellenará

con tierra original sin piedras, debidamente compactada.

- La tierra a utilizarse para los pozos de tierra procederán de terreno agrícola y deberán ser sometida a tratamiento con sales electrolíticas tipo Thorgel. La varilla para la puesta a tierra será de cobre con núcleo de acero, similar al Copperweld.

- Todos los equipos, incluyendo el grupo electrógeno, tablero de control, tanques de petróleo, etc. serán conectados a tierra con calibre de cable de acuerdo a normas.

### **3.3) Etapa II**

En esta etapa se consideró la instalación del grupo electrógeno de 1,450 kW.

#### **3.3.1) Criterio para la selección del grupo**

Con el Sistema de Autogeneración de Energía se pretendía, en primera instancia, convertirnos en autosuficientes en cuanto a energía se refiere; pero desde el primer momento se tuvo el problema de poder conseguir una fuente que pueda suministrar energía suficiente para arrancar el motor de corriente alterna de la Laminadora Farrel, que es de 1,000 hp.

Debido a que los grupos electrógenos que se tendrían que adquirir para arrancar este motor serían de muy alta potencia y costo también alto, se determinó lo siguiente:

1) Que el Sistema de Autogeneración contemple la alimentación a todos los equipos de la planta pero sin incluir al motor de la Laminadora Farrel.

2) Acelerar los estudios técnico económicos para el cambio futuro del motor actual de la Laminadora Farrel por uno de corriente continua; el cual a su vez era una petición de la gerencia de planta, debido a que con este tipo de motor se mejoraría la eficiencia del laminado y la calidad del material, se disminuiría el costo de la energía consumida , etc.

De acuerdo a lo antes dicho, con el fin de encontrar la potencia más apropiada del grupo electrógeno se realizaron estudios de carga del sistema eléctrico actual; análisis de las potencias de las máquinas que se iban a poner en servicio a corto plazo; estudios para hallar los factores de simultaneidad de estas máquinas, de acuerdo a los procesos de producción, etc.

Se vió por conveniente que el grupo que se acomodaba más a nuestro requerimiento era uno de 1,450 kW, el cual puesto en paralelo con el de 1,000 kW, serían suficientes para alimentar las cargas de toda la planta menos la laminadora Farrel.

Las características eléctricas de voltaje y frecuencia de este grupo, tendrían que ser las adecuadas para que se pueda poner en paralelo con el grupo de 1,000 kW.

### 3.3.2) Criterios para la implementación

Los requisitos que debía cumplir este grupo en el Sistema de Autogeneración eran

- 1) Poder ponerse en paralelo con el de 1,000 kW.
- 2) Facilidad y versatilidad en el reparto de carga.
- 3) Alimentar directamente a todos los hornos eléctricos , haciendo un mínimo número de maniobras.
- 4) Poder llevar alimentación a toda la planta.
- 5) En ahorro de energía, poder aislar parte de la planta con facilidad de maniobras.

Para cumplir con lo antes mencionado, el Sistema de Autogeneración debería de contar con los siguientes elementos

- Grupos electrógenos cuyos dispositivos de regulación de carga sean compatibles.

- Transformador para elevar el voltaje de 460 a 10,000 voltios y con suficiente potencia para transmitir toda la energía de los dos grupos electrógenos.

- Interruptores adecuados para las maniobras con carga en media tensión.

- Seccionadores para accionamiento sin carga en baja tensión

Como se puede observar en el esquema E-04 , pág.22, se tuvo que crear la S.E. N° 6 y adquirir e instalar los siguientes equipos, con el fin de formar un Sistema con disposición de los circuitos en anillo

- Transformador de 3,000 kVA.

- Interruptores en aceite OCB2 y OCB3

- Seccionadores TS1 y TS2.

- Cable NKY 3x120 mm<sup>2</sup>.

- Cable NYN 3x300 mm<sup>2</sup>.

En este mismo esquema se observa lo siguiente

- El circuito (1) alimenta al Tablero TD40 ( Horno Ajax 1) abriendo SP2, en casos de ahorro de energía o de emergencia.

- El circuito (2) alimenta en emergencia y en forma limitada a los 4 hornos de la Colada Continua.

- El circuito (3)-(4) llega hasta la barra principal de la S.E.N° 1 en 10 kV.

- El circuito (3)-(5) alimenta a la S.E. N° 4 en casos de ahorro de energía.

- El enlace (6) es la alternativa que hace posible alimentar la S.E. N° 2 , vía la S.E. N° 1, abriendo previamente el seccionador TS2.

En situaciones normales el OCB2 está cerrado y el OCB3 abierto.

Para ahorro de energía

- Con la S.E. N°2 , el OCB3 está abierto.

- Con la S.E. N°4 , el OCB2 es abierto y el OCB3 cerrado.

En casos de corte de suministro el OCB2 y el OCB3 están cerrados.

Los seccionadores TS1 y TS2 se usan para acoplar o desacoplar los circuitos de los grupos. Normalmente permanecen cerrados por ahora.

Para mayor detalle de la S.E. N° 6, se puede ver el esquema E-04A donde se muestra con más detalle, los elementos que componen dicha subestación.

En estos momentos, el esquema E-05 tiene el diagrama unifilar actual del sistema eléctrico de la fábrica. La última instalación que se ha realizado es la del interruptor de 1,600 A. en la S.E. N° 2, este año, con el fin de eliminar la opción de abrir el seccionador SP2 ,cuando se realizaban las maniobras de desconexión de esta Subestación .

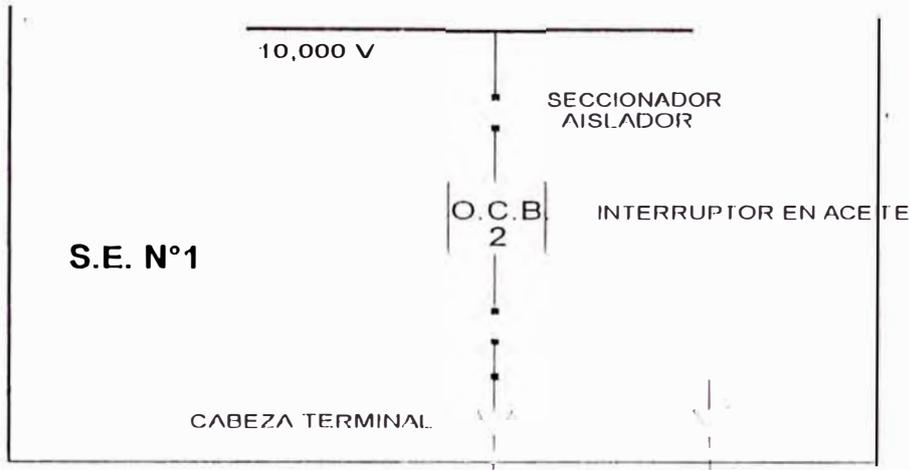
Las maniobras con el interruptor en baja tensión son más seguras , rápidas y prácticas que con el seccionador de potencia en 10 kV.

### 3.3.3) Especificaciones de equipos y materiales

Los principales equipos y materiales adquiridos e instalados en esta etapa fueron los siguientes

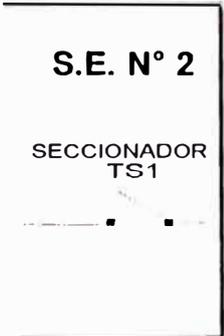
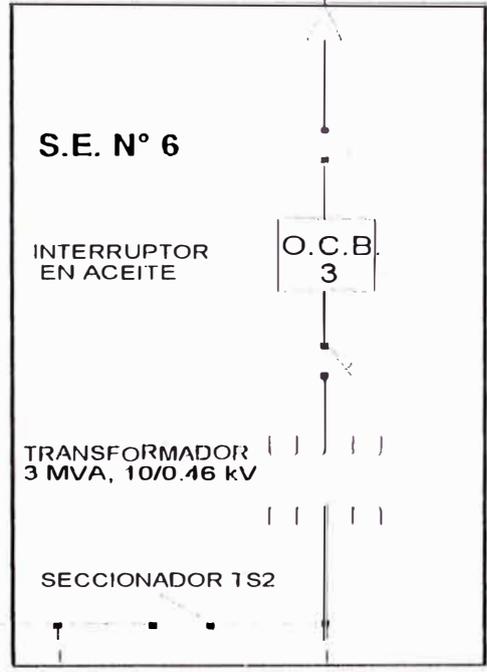
1) Un Grupo Electrónico de 1,450 kW.

Grupo Electrónico Diesel “Estandar“, marca Caterpillar, modelo 3516 TA, Package Generator Set , que desarrolla una potencia de 1,450 kW. en trabajo continuo, Voltaje de generación : 460 volt., Corriente nominal : 2,180 A, Frecuencia : 60 hz, Factor de potencia : 0.8, 1,800 rpm. El grupo está compuesto por un motor diesel de 16 cilindros en V, ciclo de 4 tiempos con inyección directa, turboalimentado y con enfriador de aire de admisión,acoplado directa-



NKY 3 x 120 mm<sup>2</sup>

A S.E. N°4



NYN 4 - 3x 300 mm<sup>2</sup>

NYN 6 - 3x300 mm<sup>2</sup>

) 2,000 A

) 3,200 A



mente a un alternador Caterpillar modelo SR4, autoregulado y autoexcitado, del tipo sin escobillas.

## 2) Un Tablero Eléctrico para el G.E. de 1,450 kW

Tablero de control y protección, para alternador de 1,450 kW., 460 voltios, 60 hz, de ejecución autosoportado, equipado con

- Un interruptor termomagnético trifásico, marca Merlin Gerin, modelo Masterfact H1-M32, 660 voltios, 3,200 amp., 75 kA de corriente de ruptura en 460 volt., con regulación térmica desde 1,280 a 3,200 amp. y magnética entre 6,400 a 32,000 amp., con bobina de mínima tensión
- Un relé de verificación de sincronismo marca Basler Electric
- Un relé de potencia inversa marca Basler Electric.
- Transformadores de corriente y tensión.
- Amperímetro, voltímetro, frecuencímetro, vatímetro trifásico, cosfímetro.

## 3) Un Transformador de 3 MVA

Transformador marca A.B.B. , trifásico en baño de aceite, con arrollamientos de cobre y núcleo de hierro laminado en frío, montaje interior o exterior, enfriamiento natural, previsto para las siguientes condiciones de servicio :

- Normas de ejecución	IEC
- Potencia nominal continua	3,000 kVA.
- Frecuencia	60 hz
- Altitud de servicio	1,000 msnm
- Relación de transformación	10,000 $\pm$ 2 x 2.5% / 460V
- Esquema lado A.T.	Triángulo con cuatro tomas su-

	plementarias conmutables en vacío.
- Esquema lado B.T.	Estrella
- Grupo de conexión	Dy5
-Tensión de cortocircuito	5.0
- Tensión de ensayo a frecuencia industrial, con fuente independiente durante un minuto	Lado A.T. : 28 kV Lado B.T. : 3 kV.
-Sobretemperatura con carga continua	Aceite : 60°C Arrollamientos: 65°C Ambiente max.: 40°C
- N°	L-19683
- OF	DD-3-040
- Tipo	TOAKWC

Ver hoja del protocolo de pruebas realizadas por el proveedor al transformador, en la siguiente página.

6) Dos interruptores para alta tensión : OCB 2 y OCB3

Interruptor en pequeño volumen de aceite, marca A.B.B.

- Tipo	RM17.5P50/630
- Tensión nominal	15.5 kV.
- Tensión de aislamiento	17.5 kV.
- Corriente nominal	630 A.
- Frecuencia	60 hz

ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD PROTOCOLO DE PRUEBAS  
LABORATORIO DE PRUEBAS-LIMA TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION

CLAVE.....: INDS.ELECTROQUIMICAS	AÑO: 1993	GRUPO DE CONEXION
INSTALACION...:	FAS: 3	Dv5
No L.....: 19683	POT: 3000.0 KVA.	FRECUEN.
OF.....: DD-3-040	V <sub>0</sub> : 10000 V.	60 Hz.
EBT.....: DD-0399	V <sub>s</sub> : 460 V.	Tcc(%)
ESQUEMA T....: 350694	A <sub>0</sub> : 173.21 A.	5.0
TIPO.....: TOAKWC	A <sub>s</sub> : 3765.33 A.	

1.- RELACION DE TRANSFORMACION EN VACIO Y GRUPO DE CONEXION

Posicion del Conmutador AT-BT	Tensiones Comparadas en Volt.		Tolerancia admisible Seq. Norma
	Arroll.AT	Arroll.BT	
1	10500	460	BIEN
2	10250	460	BIEN
3	10000	460	BIEN
4	9750	460	BIEN
5	9500	460	BIEN

2.- PERDIDAS EN VACIO frecuencia 60 Hz

Tension Nominal..... : 460 V.  
 Corriente en vacio en la fase u ... : 22.25 A.  
 Corriente en vacio en la fase v ... : 19.38 A.  
 Corriente en vacio en la fase w ... : 21.50 A.  
 Perdidas en vacio..... : 4850 W.

3.- PERDIDAS EN CORT O-CIRCUITO frecuencia 60 Hz

Corriente Nominal..... : 173.21 A.  
 Perdidas en el Cobre a 24.0 oC..... : 21113 W.  
 Perdidas en el Cobre a 75.0 oC..... : 23481 W.  
 Tension de Cortocircuito a 24.0 oC. : 4.99 %  
 Tension de Cortocircuito a 75.0 oC. : 5.00 %

Prueba realizada en la oosicion 3 del conmutador de AT

4.- RESISTENCIA

Arrollamiento de AT 0.197070 ohm fase-fase. a 24.0 oC  
 Arrollamiento de BT 0.000343 ohm fase-fase. a 24.0 oC

5.- AISLAMIENTO

Prueba de Tension Inducida a doble frecuencia  
 120 Hz. 920 V. 1 min. : BIEN  
 Prueba de Tension Aplicada:  
 - Arrollamiento de AT contra BT y Tierra 28 KV 1 min. : BIEN  
 - Arrollamiento de BT contra AT y Tierra 3 KV 1 min. : BIEN

Lima. 13.05.93

Medido: A. OLIVAREZ

Controlado: E. RODRIGUEZ

For INDS.ELECTROQUIMICAS :

E. ROJAS 240593

For AB'BSA:

13 MAY 1993 10:00 AM

- Poder de ruptura a 10 kV. 500 MVA
- Relé de protección Dos relés directos tipo  
WIP4-250, 250 A.  
Regulación:300-500 A.

7) Dos seccionadores para alta tensión : TS1 y TS2

Seccionador tripolar marca FELMEC, con accionamiento sin carga:

- Tipo SB3-200
- Voltaje nominal 1,000 V.
- Amperaje nominal 2,000 A.
- Mando Manual y palanca, dos posiciones.

8) Doce seccionadores para aislamiento de OCB's

Seccionador unipolar marca FELMEC tipo SUP2 de 12 kV., 400 A., uso interior, para maniobra sin carga por medio de pértiga, con aisladores de porcelana de larga línea de fuga.

9) 75 metros de Cable eléctrico de cobre, con aislamiento de cintas de papel de celulosa impregnadas en aceite no migrante, con chaqueta interior de aleación de plomo y protección exterior con una chaqueta de pvc, marca Indeco, tipo NKY , de 3 x 120 mm<sup>2</sup> , tensión nominal 10 kV.

10) 490 metros de Cable eléctrico de cobre, con aislamiento de pvc y protección exterior con una chaqueta de pvc, marca Indeco, tipo NYY , de 3 x 300 mm<sup>2</sup>, tensión nominal 1 kV.

11) 40 metros de barra de cobre de 10 x 100 mm.

12) 24 metros de platina de cobre de 5 x 40 mm.

- 13) 10 metros de platina de cobre de 3 x 30 mm.
- 14) Dos Cabezas terminal marca Pirelli, tipo exterior, de 15 kV., con masa aislante , para cable NKY 3 x 120 mm<sup>2</sup>.
- 15) 12 Aisladores portabarra marca Fresabloc , tipo AI-1250-1, para 1,000 voltios, 1,250 kg. de esfuerzo, uso interior.
- 16) 12 Aisladores portabarra marca Fresabloc , tipo AI-750-12, para 12,000 voltios, 750 kg. de esfuerzo, uso interior.
- 17) Una Celda para alta tensión,  
  
Construída con perfiles angulares de ¼ x 2” x 2”, estructura de 1,000 x 2,000 x 3,100 mm., con puerta de acceso delantero y lateral izquierda, techo a una agua, cobertura con planchas de aleación de zinc-titanio de 3 mm. de espesor para el techo, 2.5 mm para las puertas, 1.5 mm. para las persianas, 2 mm. para el resto.
- 18) Una Celda para el transformador  
  
Celda igual que el anterior pero de dimensiones 3,000 mm. x 2,000 mm. x 3,100 mm. ,con puerta de acceso frontal de dos hojas y persianas en la pared posterior.
- 19) Una Celda para baja tensión  
  
Celda igual que el anterior pero con doble puerta lateral derecha de dos hojas y de dimensiones 1,000 mm. x 2,000 mm. x 3,100 mm.
- 20) Un Tanque de almacenamiento de petróleo de 9,000 galones de capacidad.

#### 3.3.4) Especificaciones para el montaje

Adicionalmente a lo especificado en la etapa anterior, se agregaron las siguientes

- Las cabezas terminales serán instaladas de acuerdo a las instrucciones dadas por el fabricante.
- Los cables de alta tensión se instalarán en la vía más inferior de los ductos de concreto. En los buzones, estos cables serán acomodados y soportados adecuadamente, de tal modo que evite su deterioro.
- Las cabinas de alta tensión serán construídos de tal manera que los interruptores sean operados sin necesidad de abrir la puerta.
- Los seccionadores de aislamiento serán instalados de forma tal que sean operados convenientemente por pértiga.
- Todas las barras de alta y baja tensión serán debidamente pintadas con los colores de acuerdo a normas.
- Todos las bases de los equipos serán ancladas debidamente y conectadas a tierra con cable de calibre adecuado.
- Los dispositivos de medición y control de los grupos electrógenos estarán instalados de tal manera que el operador tenga facilidades para poner en sincronismo estos grupos.
- Los cables de comunicación y de señal deben ser instalados en tubería o ducto aparte, lo suficientemente alejados de los cables de fuerza.
- Las cables eléctricos deben ser instalados alejados de las tuberías de petróleo, adicionalmente se debe preveer que alguna fuga de combustible, no llegue al lugar donde se encuentren cables eléctricos.
- Todos los elementos de ferretería y pernería deben ser del tipo galvanizado. Los elementos estructurales serán debidamente pintados con doble capa de anticorrosivo.

### **3.4) Consideraciones sobre el mantenimiento de los grupos electrógenos**

Para la creación del programa de mantenimiento preventivo de los grupos electrógenos se tuvo en cuenta la información técnica proporcionada con los equipos, pero con la salvedad que las características del ambiente donde trabajan actualmente estos grupos, son especiales.

Como se ha referido anteriormente, IEQSA es esencialmente una planta de fundición y laminación, por lo que en sus procesos metalúrgicos se producen gases y polvos metálicos.

En la zona donde se encuentran ubicados actualmente los grupos hay presencia de esos elementos y de acuerdo mas que todo a la experiencia de estos años se ha llegado a la creación del siguiente programa de mantenimiento

<u>Actividad</u>	<u>Frecuencia</u>
1) Cambio de aceite	cada 500 horas
2) Cambio de filtro de aceite	cada 500 horas
3) Limpieza del filtro externo de petróleo	cada 500 horas
4) Cambio de filtro interno de petróleo	cada 500 horas
5) Limpieza de filtros de aire	2 veces por semana
6) Cambio de filtros de aire	cada 250 horas
7) Limpieza del radiador	1 vez por semana
8) Mantenimiento de las baterías	1 vez por semana
9) Regulación de válvulas e inyectores	cada 2,500 horas
verificación de temperaturas y presiones	
10) Limpieza de los bobinados del generador	1 vez al mes

11) Revisión de conexiones y dispositivos

1 vez al mes

internos

Normalmente el personal encargado de realizar el mantenimiento es de IEQSA, salvo la actividad N° 9 que es realizado por personal externo especializado.

Este programa de mantenimiento se cumple para los grupos de 1,000 y 1,450 kW en forma alternada. El grupo de 175 kW tiene un programa diferente debido a que tiene otro régimen de trabajo.

El cronograma tentativo de mantenimiento de los grupos electrógenos para el presente año se muestra en el cuadro C-03, en donde se ha tomado en cuenta que la acumulación de 250 horas de funcionamiento de un grupo lo lleva a cabo en aproximadamente 2 meses, en circunstancias normales.

CUADRO C-03

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LOS GRUPOS ELECTROGENOS

	SEMANAS																																																																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52													
<b>G.E. 1,000 kW</b>																																																																	
Cambio aceite			█																																																														
Cambio filtro aceite			█																																																														
Limp.filtro ext.pet.			█																																																														
Cambio filtro int.pet.			█																																																														
Limp.filtro aire (*)																																																																	
Cambio filtro aire			█								█																																																						
Limp. del radiador	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█								
Mant. baterías	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█							
Limp. bobinados			█								█																																																						
Revisión conex.disp.			█								█																																																						
<b>G.E. 1,450 kW</b>																																																																	
Cambio aceite				█																																																													
Cambio filtro aceite				█																																																													
Limp.filtro ext.pet.				█																																																													
Cambio filtro int.pet.				█																																																													
Limp.filtro aire																																																																	
Cambio filtro aire				█								█																																																					
Limp. del radiador	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█				
Mant. baterías	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█			
Limp. bobinados				█								█																																																					
Revisión conex.disp:				█								█																																																					

(\*) Dos veces por semana

## **CAPITULO IV**

### **IMPLEMENTACION DEL MONITOREO A DISTANCIA**

#### **4.1) Generalidades**

La importancia de conocer tanto la energía generada por el Sistema de Autogeneración de Energía como la energía consumida total y parcialmente por la planta de IEQSA, trajo como consecuencia que se instalara una red de instrumentos electrónicos especialmente diseñados para la medición de los parámetros eléctricos.

#### **4.2) Implementación de la red**

##### **4.2.1) Criterio para su implementación**

Como se ha descrito anteriormente , a raíz que el Concesionario determinó que el consumo de energía de IEQSA esté limitado a aproximadamente 600,000 kWh mensuales , con motivo de la sequía del verano de 1992, se decidió adquirir un medidor electrónico para el control y registro de nuestro consumo de energía.

Luego de una evaluación de varios tipos de instrumentos se determinó adquirir uno de la marca Power Measurement Ltd. Este primer medidor entra en servicio en la S.E. N°1 en Setiembre de 1992.

El instrumento mencionado se adquirió junto con el software Power-View para formar el sistema de adquisición , supervisión y control de las variables eléctricas correspondientes a la S.E. N° 1, subestación principal de la planta, y procesar la información en una computadora asignada especialmente para este fin.

Debido a que se quería conocer la potencia y energía realmente consumida por la planta, se resolvió instalar otro medidor electrónico PML en el grupo electrógeno de 1,000 kW , entrando en operación en Mayo de 1993.

Para enlazar el funcionamiento de este instrumento con el anterior se tuvo que cambiar el software por uno más potente llamado L-Scada. Con este software se puede enlazar hasta 12 instrumentos PML.

Cuando se adquirió el grupo de 1,450 kW, se vió por conveniente que éste tenga también su medidor electrónico, debido a que sería muy necesario para la puesta en paralelo de los grupos.

Demostrada la utilidad e importancia de los medidores de energía PML, desde el punto de vista eléctrico y además por la necesidad de cuantificar el costo de la energía por unidad de producto elaborado, se determinó la instalación de otros medidores en las máquinas cuyo consumo de energía sea significativa.

Por las razones anteriormente mencionadas , a continuación se muestra la lista completa de los medidores ubicados en la planta

- Sub Estación N° 1 (M1)
- Grupo Electrónico N° 2 (M2)
- Grupo Electrónico N° 3 (M3)
- Laminadora Mann (M4)
- Laminadora Farrel (M5)
- Colada Continua (M6)
- Horno Ajax 1 (M7)
- Laminadora Nash (M8)

- Laminadora (M9)
- Portátil (M10)

La ubicación de estos instrumentos se puede observar en el esquema E-06, con la identificación dada entre paréntesis.

Los medidores del M4 al M9 se fueron instalando paulatinamente entre Setiembre 93 y Agosto 94. El medidor M10 lo estamos utilizando como portátil, o sea que está preparado para ser llevado a diferentes lugares de la planta y medir el consumo y registrar los parámetros eléctricos de cualquier máquina o conjunto de máquinas.

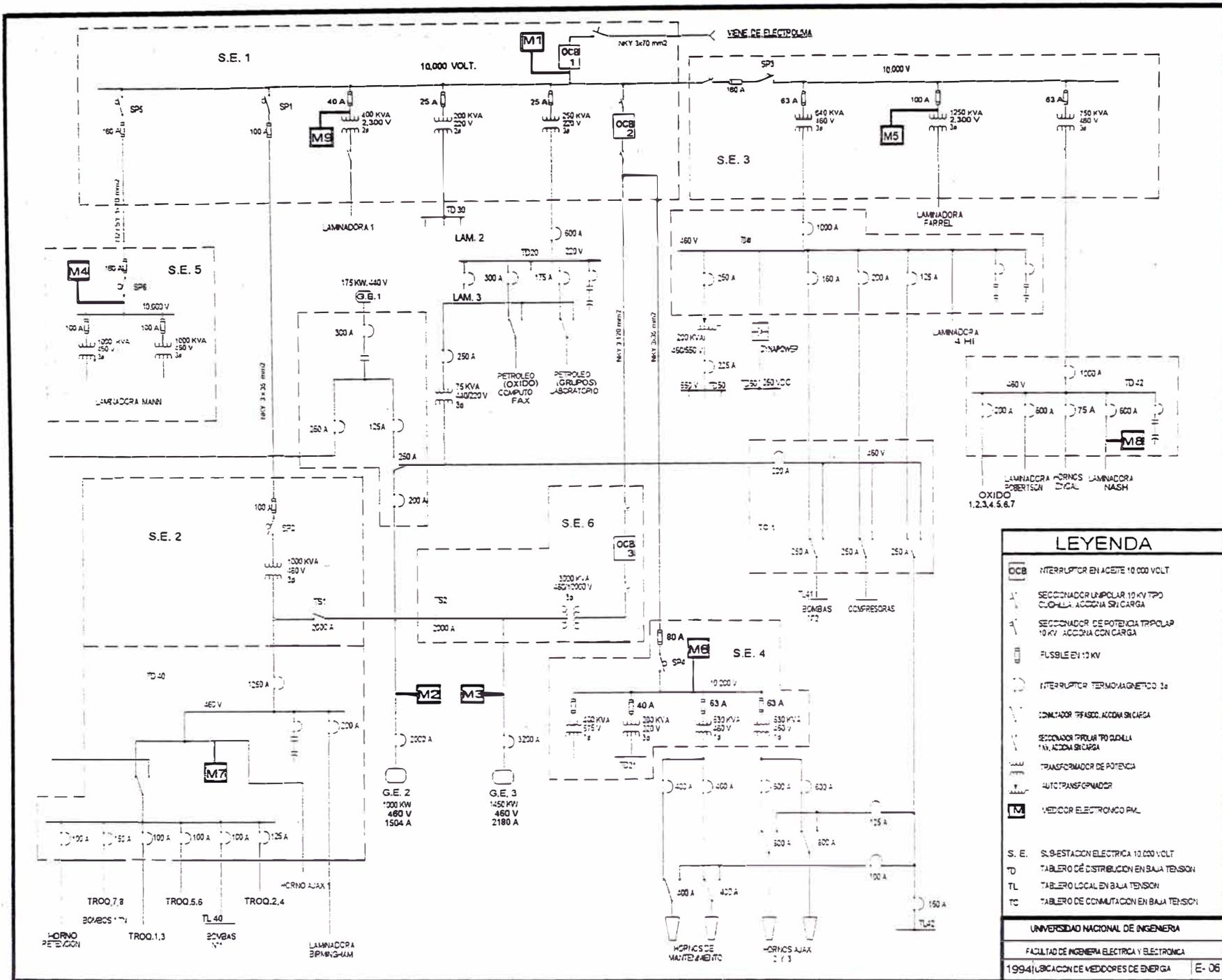
En el esquema E-07, se puede observar en forma resumida, la red creada para la interconexión de los instrumentos con la computadora industrial ubicada estratégicamente para el control de las máquinas mencionadas.

#### 4.2.2) Funciones adicionales

Uno de las características importantes de estos instrumentos es la de graficar los diversos parámetros en función del tiempo, el cual a su vez es seleccionable, esto a permitido que se hayan determinado los diagramas de carga típicos de los equipos, como por ejemplo, en el diagrama D-03 se muestran esquemáticamente las curvas de la potencia consumida por las máquinas señaladas.

Estos instrumentos, aparte de monitorear los parámetros conocidos de corrientes, tensiones, potencias, energías, frecuencia, factor de potencia, máxima demanda, armónicos, etc., también se les está utilizando para monitorear el estado de los bancos de condensadores, para el mejoramiento del factor de potencia, los cuales están ubicados en diferentes lugares de la planta.

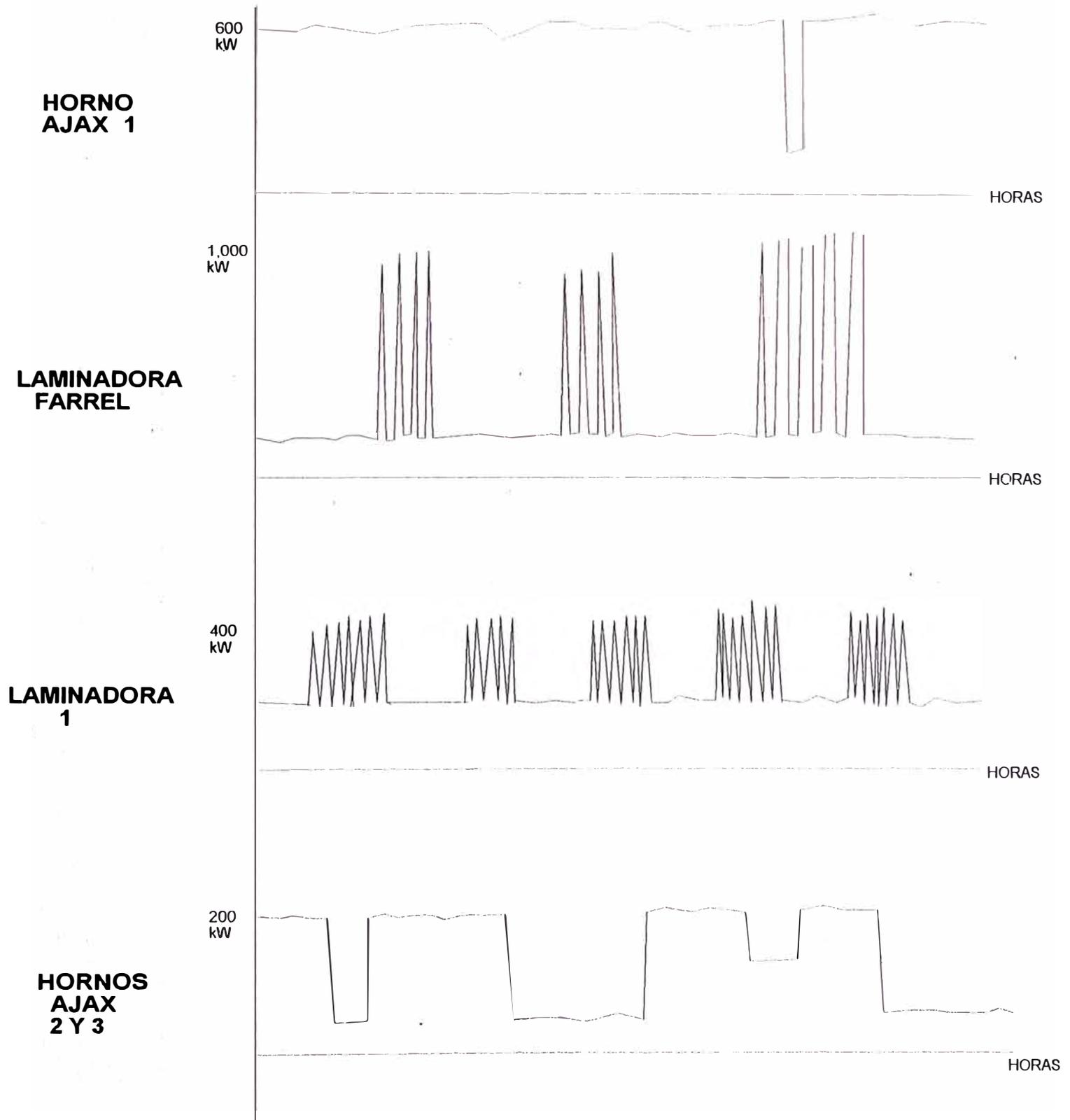
Por lo anterior, se deduce que el control de la potencia reactiva se hace mediante la

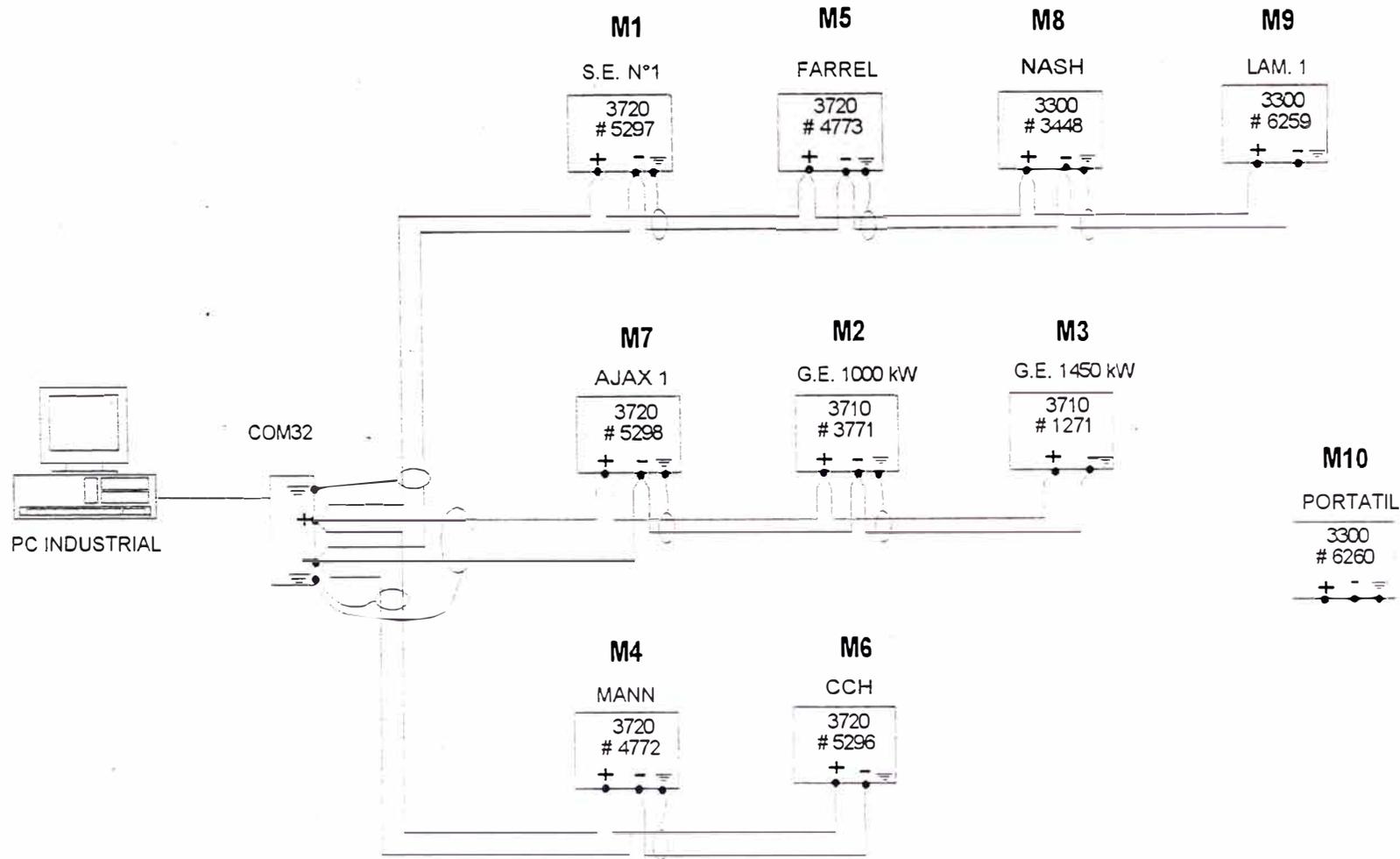


LEYENDA	
OCB	INTERRUPTOR EN ACEITE 10.000 VOLT
SP	SECCIONADOR UNIPOLAR 10 KV TPO C/OHLLA ACCION SIN CARGA
SP	SECCIONADOR DE POTENCIA TRIPOLAR 10 KV ACCION CON CARGA
F	FUSIBLE EN 10 KV
IM	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 3ø
CM	CONMUTADOR TRIFASICO ACCION SIN CARGA
CM	SECCIONADOR TRIPOLAR TPO OHLLA 10KV ACCION SIN CARGA
TR	TRANSFORMADOR DE POTENCIA
AT	AUTO TRANSFORMADOR
M	MEDIDOR ELECTRONICO P.M.
S. E.	SUB-ESTACION ELECTRICA 10.000 VOLT
TD	TABLERO DE DISTRIBUCION EN BAJA TENSION
TL	TABLERO LOCAL EN BAJA TENSION
TC	TABLERO DE CONMUTACION EN BAJA TENSION
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA	
1994 UBICACION DE MEDIDORES DE ENERGIA	

# DIAGRAMA D-03

## DIAGRAMAS DE CARGA TÍPICOS





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

1994 RED DE MEDIDORES PML

E-07

supervisión de los medidores PMI. Actualmente se hace en forma manual, pero a corto plazo se creará un sistema automático, en la que se incluirá un programador lógico programable PLC, para el control de los bancos de condensadores.

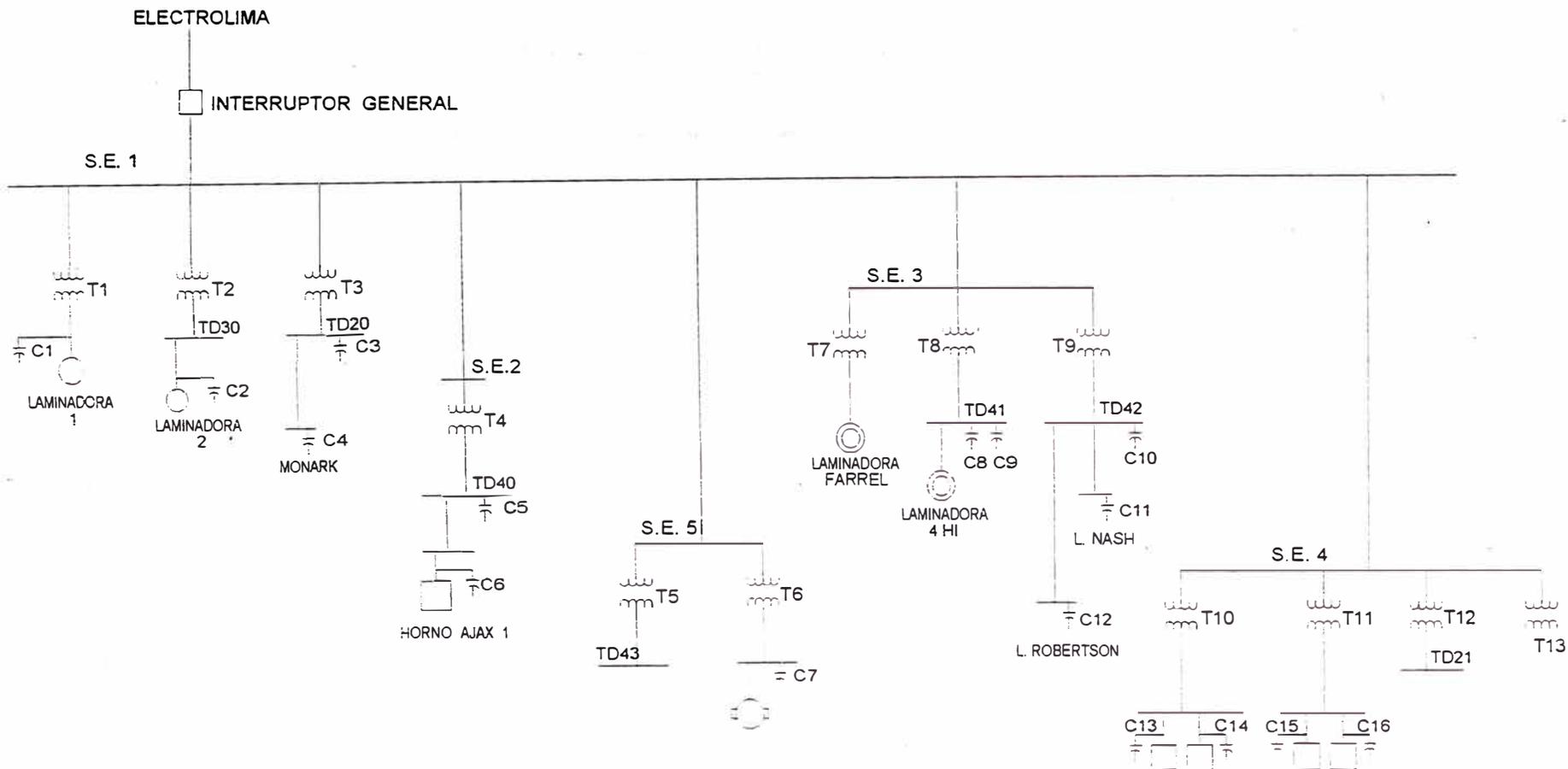
Dicho sea de paso , en el esquema E-08 se observan la disposición de los diferentes equipos que están dedicados a la corrección del factor de potencia. En este se puede observar 4 tipos de equipos

- 1) Motores síncronos , pertenecientes a dos laminadoras.
- 2) Condensadores de los hornos eléctricos.
- 3) Condensadores de motores específicos.
- 4) Condensadores en Tableros de distribución.

#### **4.3) Especificaciones de equipos y materiales**

Fueron los siguientes

- 1) 05 Monitores digitales marca POWER MEASUREMENT LTD., basado en microprocesador, modelo 3720-ACM-P240-COMM-277, con puerto de comunicación serial. Para medición de más de 300 parámetros eléctricos.
- 2) 02 Monitores digitales marca POWER MEASUREMENT LTD., basado en microprocesador, modelo 3710-ACM-P240-COMM-277, con puerto de comunicación serial. Para medición de más de 100 parámetros eléctricos.
- 3) 03 Monitores digitales marca POWER MEASUREMENT LTD., basado en microprocesador, modelo 3300-ACM-P240-COMM-277, con puerto de comunicación serial. Para medición de 30 parámetros eléctricos.
- 4) 01 Software L-Scada marca POWER MEASUREMENT LTD. de adquisición de data, supervisión y control de parámetros eléctricos.



**CONDENSADORES**

T1 : 400 kVA. 2,300 V., 2ø	C1 100 KVAR
T2 : 200 kVA. 220 V., 2ø	C2 44 KVAR
T3 : 250 kVA. 220 V., 3ø	C3 90 KVAR
T4 : 1000 kVA. 460 V., 3ø	C4 20 KVAR
T5 : 1000 kVA. 460 V., 3ø	C5 90 KVAR
T6 : 1000 kVA. 490 V., 3ø	C6 1100 KVAR
T7 : 1250 kVA. 2,300 V., 3ø	C7 120 KVAR
T8 : 640 kVA. 460 V., 3ø	C8 90 KVAR
T9 : 750 kVA. 460 V., 3ø	C9 60 KVAR
T10: 630 kVA. 460 V., 1ø	C10 90 KVAR
T11: 630 kVA. 460 V., 1ø	C11 60 KVAR
T12: 200 kVA. 220 V., 1ø	C12 30 KVAR
T13: 400 kVA. 575 V., 1ø	C13 360 KVAR
	C14 350 KVAR
	C15 150 KVAR
	C16 150 KVAR

**MOTORES SINCRONOS**

LAM. 4HI : 300 KVAR CAPACITIVOS  
 LAM. FARREL : ACTUALMENTE SU FACTOR DE POTENCIA ES INDUCTIVO.

HORNOS DE FUSION (CCH)  
 HORNOS DE MANT (CCH)

- 5) 08 Transformadores de potencial en resina epóxica, potencia 100 VA, relación de transformación 10/0.22 kV, Clase de precisión 1, 60 hz, montaje interior, modelo ATMR.
- 6) 12 Transformadores de corriente en media tensión, en resina epóxica, potencia 30 VA, clase de precisión 1, 60 hz, montaje interior, 12 kV, de las siguientes relaciones de transformación
- 3 de 200/5 A
  - 2 de 150/5 A
  - 5 de 100/5 A
  - 2 de 60/5 A
- 7) 1,000 metros de Cable eléctrico de cobre estañado, apantallado, trenzado de 2 x 22 AWG.
- 8) 200 metros de Cable eléctrico de cobre , marca Indeco, tipo NMT de 3 x 14 AWG.
- 9) 01 Computadora industrial marca Texas Micro System, modelo 8014, 486DX, con procesador Intel 80486, 33 Mhz, disco duro de 350 Mb; monitor VGA, color, 12”.

#### **4.4) Especificaciones para el montaje**

Las principales son las siguientes:

- Deben ser montados lejos de alguna fuente de calor y de campos eléctricos muy grandes. Además serán protegidos de aceite, humedad, polvo y vapores corrosivos.
- En el panel donde se instale, se debe prever un mínimo de 5” de profundidad para circulación de aire.

- El chasis del instrumento debe estar siempre conectado a tierra. En el caso que esté ubicado en una puerta, se debe instalar un cable flexible para la conexión a tierra.
- Todas las conexiones de control y fuerza en las borneras serán con cable N°14 AWG. El cable de comunicación será del tipo par trenzado y apantallado N°22 AWG.
- Como la comunicación usa el standar RS-485, no se debe exceder los 1,200 metros de longitud total de cable.
- Las pantallas de los cables deben ser conectados a tierra y solamente en un extremo del cable ( ver esquema E-07 )
- Las conexiones con los transformadores de medida serán de acuerdo a las configuraciones dadas en el catálogo.
- Se debe revisar que el voltaje de alimentación y las señales de los transformadores de medida estén dentro de los rangos de operación de los instrumentos.

## **CAPITULO V** **OPERACION DEL SISTEMA**

### **5.1) Generalidades**

En este capítulo se describen las diferentes alternativas de funcionamiento del Sistema, de acuerdo a la situación que se presente. Como se podrá observar, se han estudiado y se han llevado a cabo estas alternativas con el fin de tener alimentadas las cargas más importantes que existen en la planta.

### **5.2) Descripción**

El funcionamiento de los grupos electrógenos está relacionado con los siguientes casos :

#### **5.2.1) Por corte de suministro (apagón)**

En caso de corte de suministro la secuencia de operaciones es la siguiente

- 1º) Los grupos electrógenos de 1,000 y 1,450 kW arrancan automáticamente.
- 2º) El electricista se cerciora que el OCB 1 ha abierto por mínima tensión y luego abre el interruptor de 1,600 Amp. de la S.E. N°2 ( antes se abría el SP2 ).
- 3º) El electricista cierra el interruptor de 2,000 Amp. del grupo de 1,000 kW y toma carga de la S.E. N°2.
- 4º) El electricista cierra el interruptor de 3,200 Amp. del grupo de 1,450 kW, pone en paralelo los grupos y hace el reparto de carga proporcional respectivo, usando los PML de los grupos.

5°) El electricista cierra el OCB3 , energizando así la barra principal de la S.E. N°1, y luego se tomará carga paulatinamente Se podrán arrancar todos los equipos menos el motor de la laminadora Farrel.

Luego que el suministro se ha normalizado, el PML de la S.E. N°1 avisa mediante una alarma, se revisa el nivel de voltaje con el cual ha retornado y se espera hasta que esté dentro del rango permisible, conseguido éste se sigue la siguiente secuencia

1°) Se coordina con operaciones y se baja carga.

2°) El electricista abre el interruptor de 3,200 Amp. del grupo de 1,450 kW .

3°) El electricista abre el OCB3 y cierra el OCB1 , coordina para que se normalicen las operaciones de toda la planta menos la S.E. N°2.

4°) El electricista baja carga de la S.E. N°2 y abre el interruptor de 2,000 amp. del grupo de 1,000 kW y cierra el interruptor de 1,600 Amp., luego coordina para normalizar las operaciones

#### 5.2.2) Por trastornos en el suministro

Estos trastornos pueden ser de origen interno o externo. Son de origen interno cuando se programan trabajos de mantenimiento en nuestras Subestaciones y se tienen que sacar fuera de servicio parte o toda la planta.

Son de origen externo cuando la calidad del suministro es deficiente, por ejemplo, cuando el voltaje es demasiado alto o demasiado bajo, los cuales perjudican el funcionamiento de las máquinas.

El procedimiento para la puesta en servicio de los grupos es el mismo que el caso anterior, salvo que se tiene que coordinar previamente con el personal de operaciones, ya que en la mayoría de los casos, nos tenemos que desconectar del suministro normal

del concesionario.

### 5.2.3) En horas de punta

Debido a que actualmente nuestra potencia contratada en horas de punta es 1,300 kW, debemos alimentar en esas horas parte de la planta con los grupos.

Dependiendo del consumo de potencia en esos momentos, se decide primeramente si es necesario o no, hacer funcionar algún grupo, y luego si fuera necesario, se tiene que determinar cual grupo arrancar.

Si se determina arrancar un grupo , existen 3 opciones :

- Cuando hay baja carga ,es suficiente con el grupo de 175 kW,el cual podría alimentar a las Compresoras.
- Cuando se hace funcionar el grupo de 1,000 kW , se alimenta la S.E. N°2.
- Se hace funcionar el grupo de 1,450 kW cuando la Colada Continua está trabajando, en ese caso el grupo alimentará a las subestaciones N°2 y 4.

Obviamente todas estas maniobras se hacen en coordinación con el personal de operaciones.

### 5.2.4) En horas fuera de punta

Debido a que actualmente nuestra potencia contratada en horas fuera de punta es 2,000 kW , cuando la máxima demanda tiende a superar este valor es necesario poner en servicio un grupo electrógeno.

Normalmente este caso sucede cuando la mayoría de las máquinas están operando, incluyendo los hornos de la Colada Continua.

Igual que en el caso anterior, se tiene que determinar cual grupo arrancar.

Actualmente se está usando ya sea el grupo de 175 ó el de 1,000 kW para este caso.

En los casos anteriormente descritos se tiene que tomar en cuenta la importancia del papel que cumplen los medidores PML, ya que son los instrumentos que supervisan el estado del sistema eléctrico y controlan diversos parámetros importantes, tales como la máxima demanda, voltaje, energía, potencia, frecuencia, factor de potencia, que tienen que ver con el funcionamiento de los grupos y con la eficiencia del sistema.

Actualmente el PML de la S.E. N° 1 está conectado a un panel de alarmas, el cual está constituido por un controlador lógico programable, PLC, y realiza el trabajo de avisar cuando los siguientes parámetros eléctricos salen fuera de los rangos programados:

- Sobrevoltaje y bajo voltaje.

- Máxima demanda predictiva muy alta.

- Factor de potencia, muy inductivo o muy capacitivo.

La “Máxima demanda predictiva” es una facilidad de la última versión del software Scada, el cual calcula instantáneamente el valor de la máxima demanda en el transcurso del tiempo de 0 a 15 minutos. Esta característica está siendo aprovechada, por el momento, para hacer un control manual de la carga, pero a corto plazo se elaborará un control automático que junto con el PLC manejará la carga del Horno Ajax 1 para evitar superar la máxima demanda contratada.

Asimismo, actualmente se está elaborando el programa en el PLC, para aprovechar la supervisión del factor de potencia del PML, con el fin de controlar en forma automática los bancos de condensadores de los Tableros de distribución.

Todos estos trabajos se hacen en razón de aprovechar plenamente las ventajas de los aparatos electrónicos descritos y además debido a que se está implementando en la empresa una política de ahorro de energía eléctrica y de combustible.

A modo de ilustración, en las siguientes páginas se podrán observar algunos ejemplos de registros que realizan los PML : los cuadros C-04, 05 y 06 muestran los registros snapshot de 15 minutos de los PML de la S.E. N°1, G.E. 2 y G.E. 3 respectivamente; el cuadro C-07 muestra un registro a tiempo real del PML del Horno Ajax 1; y en los diagramas D-05, 06 y 07 se observan las curvas trazadas con los registros de un minuto del voltaje, potencia activa y factor de potencia del PML de la S.E. N°1.

Con el fin de elaborar el reporte mensual de consumo de energía de la fábrica, se hace un condensado de los registros tomados por los PML, ver cuadro C-08 siguiente.

**CUADRO 04 REGISTRO CADA 15 MINUTOS  
PML DE S.E. N°1**

3720 ACM 15 MINUTOS Printout

Updated at 23:45:14 May 31 1995

SITE: ieqsa

DEVICE: SE #1

DATE	TIME	V LL RT	AMP RT	KW RT	KVAR RT	KW SD	PF RT
95/05/31	10:15:00.000	9924	86	1611	397	1785	LAG 97
95/05/31	10:00:00.000	9948	97	1821	410	1714	LAG 98
95/05/31	09:45:00.000	9883	97	1795	498	1568	LAG 96
95/05/31	09:30:00.000	9902	79	1487	312	1672	LAG 98
95/05/31	09:15:00.000	9907	82	1532	276	1745	LAG 98
95/05/31	09:00:00.000	9866	92	1702	468	1606	LAG 96
95/05/31	08:45:00.000	9900	101	1997	372	1705	LAG 98
95/05/31	08:30:00.000	9874	78	1496	134	1620	100
95/05/31	08:15:00.000	9835	102	1912	407	1673	LAG 98
95/05/31	08:00:00.000	9823	89	1641	396	1749	LAG 97
95/05/31	07:45:00.000	9854	98	1861	298	1688	LAG 99
95/05/31	07:30:00.000	9879	98	1806	551	1608	LAG 96
95/05/31	07:15:00.000	9865	76	1439	224	1432	LAG 99
95/05/31	07:00:00.000	9846	65	1255	-75	1321	100
95/05/31	06:45:00.000	9825	66	1264	-102	1421	100
95/05/31	06:30:00.000	9988	70	1372	-35	1491	100
95/05/31	06:15:00.000	9893	73	1417	108	1504	100
95/05/31	06:00:00.000	9869	73	1380	213	1456	LAG 99

DATE	TIME	FREQ RT	KWH TOTAL	KVARH IMPORT	KVARH EXPORT
95/05/31	10:15:00.000	59.98	888197	160527	12865
95/05/31	10:00:00.000	59.91	887751	160417	12865
95/05/31	09:45:00.000	59.94	887322	160309	12865
95/05/31	09:30:00.000	59.85	886930	160221	12865
95/05/31	09:15:00.000	59.87	886511	160167	12865
95/05/31	09:00:00.000	59.88	886075	160063	12865
95/05/31	08:45:00.000	59.93	885673	159981	12865
95/05/31	08:30:00.000	59.92	885247	159923	12865
95/05/31	08:15:00.000	60.04	884842	159850	12865
95/05/31	08:00:00.000	60.12	884424	159763	12865
95/05/31	07:45:00.000	60.08	883987	159663	12865
95/05/31	07:30:00.000	60.03	883565	159565	12865
95/05/31	07:15:00.000	59.78	883163	159484	12865
95/05/31	07:00:00.000	59.90	882805	159472	12860
95/05/31	06:45:00.000	60.06	882475	159472	12847
95/05/31	06:30:00.000	60.18	882119	159471	12835
95/05/31	06:15:00.000	59.91	881747	159454	12834
95/05/31	06:00:00.000	59.98	881371	159415	12834

**CUADRO 05 : REGISTRO CADA 15 MINUTOS  
PML DE G.E. DE 1,000 kW**

710 ACX Snapshot Log Printout

Updated at 23:44:58 May 31 1995

MTE: ieqsa

DEVICE: GE1000

DATE	TIME	VOLTS AVG	AMPS AVG	KW	KVAR	KW DEMAND	AMP DEMAND
95/05/29	00:00:00	463	159	115	63	144	196
95/05/28	23:45:00	463	162	117	64	141	192
95/05/28	23:30:00	463	199	147	64	140	191
95/05/28	23:15:00	460	212	156	69	138	188
95/05/28	23:00:00	461	194	142	61	142	195
95/05/28	22:45:00	460	214	156	70	153	210
95/05/28	22:30:00	462	229	168	77	280	366
95/05/28	22:15:00	460	863	685	74	682	860
95/05/28	22:00:00	450	832	662	78	396	509
95/05/28	21:45:00	462	832	665	72	690	863
95/05/28	21:30:00	462	882	704	66	585	736
95/05/28	21:15:00	463	230	167	81	157	216
95/05/28	21:00:00	464	235	172	82	405	522
95/05/28	20:45:00	461	889	707	79	623	786
95/05/28	20:30:00	464	236	174	80	165	223
95/05/28	20:15:00	467	232	174	78	158	220
95/05/28	20:00:00	460	190	134	78	152	210
95/05/28	19:45:00	463	240	176	83	620	780

DATE	TIME	POWER FACTOR	VAUX	FREQUENCY	KWH	KVARH	KWH REVERSE
95/05/29	00:00:00	LAG 88	0	60.4	94699	19673	0
95/05/28	23:45:00	LAG 88	0	60.3	94663	19656	0
95/05/28	23:30:00	LAG 91	0	60.4	94628	19640	0
95/05/28	23:15:00	LAG 92	0	60.3	94593	19624	0
95/05/28	23:00:00	LAG 92	0	60.3	94558	19608	
95/05/28	22:45:00	LAG 91	0	60.4	94522	19592	0
95/05/28	22:30:00	LAG 91	0	60.8	94484	19574	0
95/05/28	22:15:00	LAG 99	0	59.8	94414	19554	0
95/05/28	22:00:00	LAG 99	0	59.9	94244	19534	0
95/05/28	21:45:00	LAG 99	0	60.3	94145	19514	0
95/05/28	21:30:00	100	0	60.3	93973	19498	0
95/05/28	21:15:00	LAG 90	0	61.2	93827	19480	0
95/05/28	21:00:00	LAG 90	0	61.2	93788	19460	0
95/05/28	20:45:00	LAG 99	0	60.3	93686	19439	0
95/05/28	20:30:00	LAG 91	0	60.6	93530	19419	0
95/05/28	20:15:00	LAG 92	0	61.0	93489	19399	0
95/05/28	20:00:00	LAG 86	0	61.1	93449	19379	0
95/05/28	19:45:00	LAG 90	0	61.0	93411	19359	0

**CUADRO 06 : REGISTRO CADA 15 MINUTOS  
PML DE G.E. DE 1,450 kW**

3710 ACH Snapshot Log Printout

Updated at 23:44:52 May 31 1995

SITE: iegsa

DEVICE: GE1450

DATE	TIME	VOLTS AVG	AMPS AVG	KW	KVAR	KW DEMAND	AMP DEMAND
95/05/30	00:00:00	0	0	0	0	0	0
95/05/29	23:45:00	0	0	0	0	396	506
95/05/29	23:30:00	461	828	652	154	669	851
95/05/29	23:15:00	460	878	686	161	662	843
95/05/29	23:00:00	461	812	641	135	380	509
95/05/29	22:45:00	463	226	140	102	550	713
95/05/29	22:30:00	461	893	698	171	678	864
95/05/29	22:15:00	461	880	693	159	687	876
95/05/29	22:00:00	461	883	693	186	370	497
95/05/29	21:45:00	460	890	695	170	686	875
95/05/29	21:30:00	460	928	728	180	695	889
95/05/29	21:15:00	461	857	672	179	690	880
95/05/29	21:00:00	460	946	741	166	688	878
95/05/29	20:45:00	460	931	727	166	702	897
95/05/29	20:30:00	461	864	676	199	704	899
95/05/29	20:15:00	460	891	696	165	405	552
95/05/29	20:00:00	462	373	257	145	466	620
95/05/29	19:45:00	461	848	667	171	670	850

DATE	TIME	POWER FACTOR	VAUX	FREQUENCY	KWH	KVARH	KWH REVERSE
95/05/30	00:00:00	100	0	0.0	9871	3513	0
95/05/29	23:45:00	100	0	0.0	9871	3513	0
95/05/29	23:30:00	LAG 97	0	60.3	9772	3491	0
95/05/29	23:15:00	LAG 97	0	60.2	9605	3454	0
95/05/29	23:00:00	LAG 98	0	60.2	9440	3417	0
95/05/29	22:45:00	LAG 81	0	60.7	9343	3388	0
95/05/29	22:30:00	LAG 97	0	60.2	9206	3351	0
95/05/29	22:15:00	LAG 97	0	60.2	9037	3310	0
95/05/29	22:00:00	LAG 97	0	60.2	8865	3268	0
95/05/29	21:45:00	LAG 97	0	60.2	8771	3235	0
95/05/29	21:30:00	LAG 97	0	60.2	8600	3193	0
95/05/29	21:15:00	LAG 97	0	60.2	8426	3148	0
95/05/29	21:00:00	LAG 98	0	60.1	8254	3106	0
95/05/29	20:45:00	LAG 97	0	60.1	8079	3062	0
95/05/29	20:30:00	LAG 96	0	60.2	7904	3018	0
95/05/29	20:15:00	LAG 97	0	60.2	7728	2974	0
95/05/29	20:00:00	LAG 87	0	60.6	7627	2935	0
95/05/29	19:45:00	LAG 97	0	60.2	7509	2898	0

**CUADRO 07    REGISTRO A TIEMPO REAL DEL  
PML DEL HORNO AJAX 1**

3720 ACM Real-Time Data Printout

Updated at 17:56:11 Jun 27 1995

SITE: ieqsa

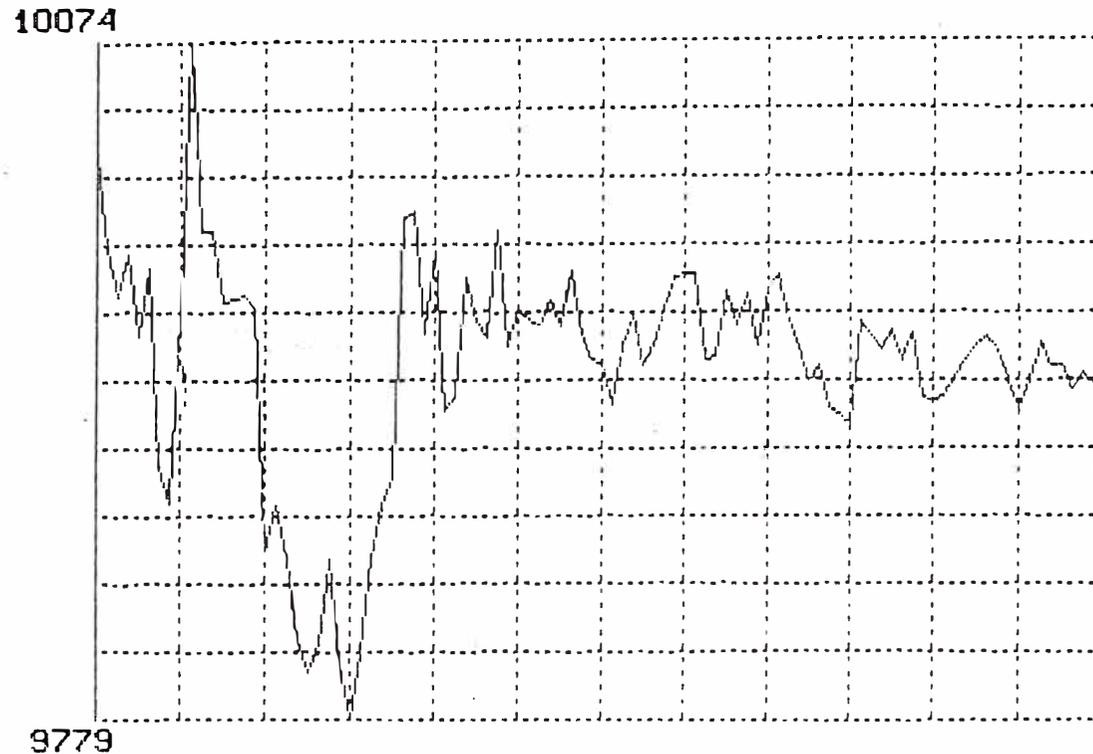
DEVICE: AJAX1

PARAMETER	TOTAL	PHASE AB	PHASE BC	PHASE CA
VOLTS L-L	461	461	461	450
VOLTS UNBALANCE	0%			
AMPS	707	716	752	654
AMPS UNBALANCE	7%			
KW	563			
KVA	564			
KVAR	-16			
POWER FACTOR	100			
FREQUENCY	60.25			
VAUX	96			
AMPS I4	0			
PARAMETER	TOTAL	IMPORT	EXPORT	
KWH	273025	273025	0	
KVARH	17371	341	17030	
KVAH	274758			

SITE: ieqsa

DEVICE: SE #1

- COMMAND
- ▶ U LL RT
- AMP RT
- KW RT
- KUAR RT
- KW SD
- PF RT
- FREQ RT
- KWH TOTAL
- KUARH IMPORT
- KUARH EXPORT
- KW TD
- VAUX RT
- CLEAR GRAPH
- CHANGE TIME



15:13:00  
95/05/31

TIME  
DATE

16:50:00  
95/05/31

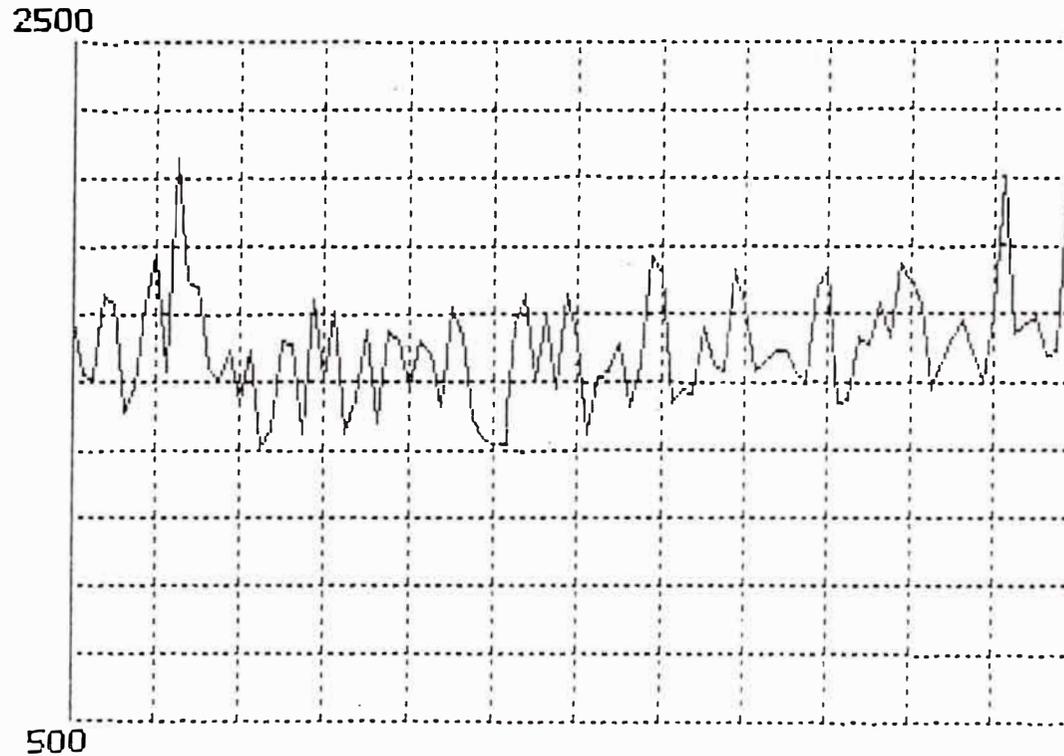
Move: Arrows    Print: F4    Select: Enter    F10: Change Scale    Exit: Esc

DIAGRAMA 04 : REGISTRO DEL VOLTAJE EN  
PML DE LA S.F. No 1

SITE: ieqsa

DEVICE: SE #1

- COMMAND
- V LL RT
- AMP RT
- ▶ KW RT
- KVAR RT
- KW SD
- PF RT
- FREQ RT
- KWH TOTAL
- KVARH IMPORT
- KVARH EXPORT
- KW TD
- VAUX RT
- CLEAR GRAPH
- CHANGE TIME



15:29:00  
95/05/31

TIME  
DATE

17:06:00  
95/05/31

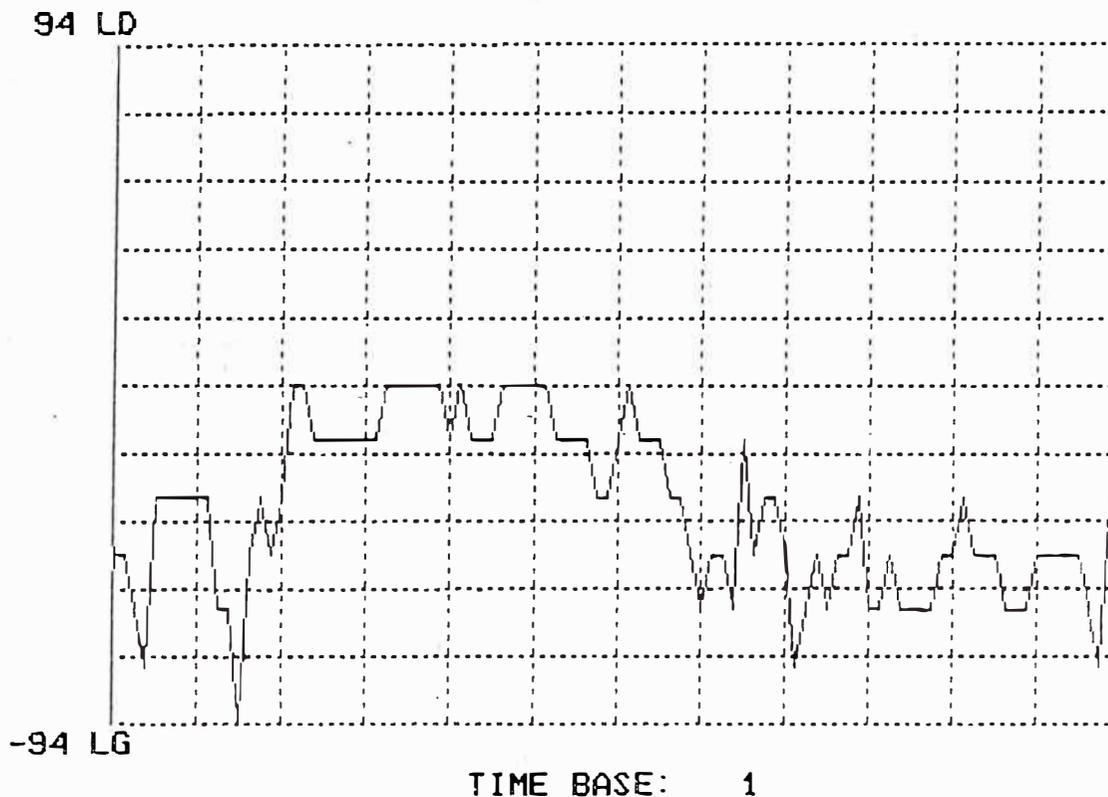
Move: Arrows    Print: F4    Select: Enter    F10: Change Scale    Exit: Esc

DIAGRAMA 05 : REGISTRO DE LA POTENCIA ACTIVA EN  
PML DE LA S.E. N° 1

SITE: ieqsa

DEVICE: SE #1

- COMMAND
- V LL RT
- AMP RT
- KW RT
- KUAR RT
- KW SD
- ▶ PF RT
- FREQ RT
- KWH TOTAL
- KUARH IMPORT
- KUARH EXPORT
- KW TD
- VAUX RT
- CLEAR GRAPH
- CHANGE TIME



15:29:00  
95/05/31

TIME  
DATE

17:06:00  
95/05/31

Move: Arrows    Print: F4    Select: Enter    F10: Change Scale    Exit: Esc

DIAGRAMA 06 : REGISTRO DEL FACTOR DE POTENCIA EN  
PNL DE LA S.F. N° 1

**CONSUMO DE ENERGIA  
MAYO 95**

SUB-ESTACION # 1										
DIA	KWH				KVARH				KwDd / max	
	HFP	HP	DIA	ACUMUL.	HFP	HP	DIA	ACUMUL.	HFP	HP
LUN 01	6,785	1,854	8,639	8,639	2,364	551	2,915	2,915	680	420
MAR 02	14,814	3,492	18,306	26,945	5,284	1,991	7,275	10,190	1,357	829
MIE 03	25,383	4,315	29,698	56,643	9,139	3,129	12,268	22,458	1,668	1,071
JUE 04	29,647	4,885	34,532	91,175	9,732	2,546	12,278	34,736	1,912	1,191
VIE 05	29,365	5,086	34,451	125,626	8,121	2,136	10,257	44,993	2,087	1,259
SAB 06	31,320	5,040	36,360	161,986	7,349	1,701	9,050	54,043	1,944	1,221
DOM 07	21,433	4,525	25,958	187,944	3,607	447	4,054	58,097	1,909	1,032
LUN 08	22,013	4,549	26,562	214,506	4,674	1,548	6,222	64,319	1,727	1,139
MAR 09	27,223	4,162	31,385	245,891	6,885	1,356	8,241	72,560	1,902	1,054
MIE 10	26,001	4,652	30,653	276,544	6,873	1,081	7,954	80,514	1,785	1,183
JUE 11	29,986	4,218	34,204	310,748	4,912	835	5,747	86,261	2,023	1,094
VIE 12	26,996	4,618	31,614	342,362	2,179	914	3,093	89,354	1,892	1,136
SAB 13	28,292	5,038	33,330	375,692	3,571	792	4,363	93,717	1,876	1,260
DOM 14	17,915	4,458	22,373	398,065	1,729	284	2,013	95,730	1,497	1,056
LUN 15	29,330	4,269	33,599	431,664	5,274	556	5,830	101,560	1,857	1,076
MAR 16	26,868	3,920	30,788	462,452	1,616	329	1,945	103,505	1,762	954
MIE 17	22,078	4,100	26,178	488,630	3,942	866	4,808	108,313	1,592	987
JUE 18	20,290	4,304	24,594	513,224	1,830	855	2,685	110,998	1,641	1,057
VIE 19	28,055	4,607	32,662	545,886	4,346	935	5,281	116,279	1,812	1,132
SAB 20	28,877	4,350	33,227	579,113	4,053	547	4,600	120,879	1,830	1,056
DOM 21	16,539	4,571	21,110	600,223	1,889	534	2,423	123,302	1,102	1,005
LUN 22	26,192	4,322	30,514	630,737	4,531	798	5,329	128,631	1,893	1,071
MAR 23	24,666	4,465	29,131	659,868	1,524	544	2,068	130,699	1,741	1,091
MIE 24	27,791	4,206	31,997	691,865	2,306	572	2,878	133,577	1,816	1,005
JUE 25	26,345	4,482	30,827	722,692	1,268	808	2,076	135,653	1,655	1,165
VIE 26	28,720	4,809	33,529	756,221	3,303	1,165	4,468	140,121	1,875	1,210
SAB 27	26,985	4,391	31,376	787,597	5,490	572	6,062	146,183	1,837	1,099
DOM 28	24,135	3,683	27,818	815,415	1,834	229	2,063	148,246	1,703	960
LUN 29	21,541	4,240	25,781	841,196	2,560	620	3,180	151,426	1,750	995
MAR 30	26,538	4,542	31,080	872,276	5,468	941	6,409	157,835	1,751	1,076
MIE 31	28,548	4,221	32,769	905,045	4,867	640	5,507	163,342	1,830	1,027
<b>PROM.:</b>	24,860	4,335	29,195		4,275	994	5,269			
<b>MAX.:</b>	31,320	5,086	36,360		9,732	3,129	12,278		2,087	1,260
<b>MIN.:</b>	6,785	1,854	8,639		1,268	229	1,945		680	420

CONSUMO kWh MENSUAL		CONSUMO kVARh MENSUAL		FACTOR
EN HORAS PUNTA	134,374 kWh	EN HORAS PUNTA	30,822 kVARh	POTENCIA
EN HORAS FUERA DE PUNTA	770,671 kWh	EN HORAS FUERA DE PUNTA	132,520 kVARh	0.9841
<b>TOTAL DEL MES</b>	<b>905,045 kWh</b>	<b>TOTAL DEL MES</b>	<b>163,342 kVARh</b>	

**CUADRO C-08**

## **CAPITULO VI** **ANALISIS ECONOMICO**

### **6.1) Generalidades**

Para llevar a cabo la implementación del Sistema de Autogeneración de Energía, así como también la del Monitoreo a distancia, se tuvo que realizar un estudio económico que justifique la realización de este trabajo. El estudio presentado fue ejecutado a un nivel básico, pero en este capítulo se describirá con más detalle, ya que está basado en datos más exactos, extraídos de los costos reales de los diferentes elementos utilizados.

### **6.2) Costo de equipos y materiales**

El costo de los principales equipos y materiales fue como sigue

1) Grupo Electrónico de 1,000 kW	\$ 160,000
2) Grupo Electrónico de 1,450 kW	\$ 330,000
3) Tablero de control G.E. 1,000 kW	\$ 12,400
4) Tablero de control G.E. 1,450 kW	\$ 15,700
5) Transformador de 3,000 kVA	\$ 32,000
6) OCB 2 + OCB 3	\$ 13,200
7) TS1 + TS2	\$ 5,600
8) Seccionadores de aislamiento	\$ 2,280
9) Cables eléctricos	\$ 39,000

10) Barras de cobre	\$ 4,000
11) Cabezas terminales 10 kV	\$ 2,200
12) Aisladores portabarras	\$ 1,000
13) Medidores de energía PML	\$ 30,000
14) Software L-Scada	\$ 3,500
15) Transformadores de medida 10 kV	\$ 12,500
16) Cable eléctrico apantallado	\$ 5,000
17) Computadora industrial	\$ 7,000

En estos costos no se están incluyendo otros rubros importantes, por ejemplo

- Materiales para la construcción de las Celdas de la S.E. N° 6
- Construcción de las Salas de los Grupos Electrógenos.
- Construcción de zanjas, buzones, etc.
- Trabajo de Contratistas en el montaje de los grupos y subestación.

todo lo cual sumó aproximadamente \$ 40,000.

Según las cifras mostradas, el costo total de la obra fue aproximadamente:

US\$ 750,000

### **6.3) Costos de la energía**

Si bien es cierto, el tener un Sistema de Autogeneración de energía, hace más confiable el funcionamiento de las máquinas, no necesariamente es económicamente rentable hacerlo trabajar. Por este motivo, se tiene que hacer un análisis del costo de la energía tanto suministrada por el concesionario como la generada por los grupos electrógenos.

### 6.3.1) Costo de la energía suministrada por el concesionario

Del análisis de las facturas entregadas por el Concesionario a partir de Julio 93, se puede hallar el costo estimado de la energía activa consumida mensual dividiendo el subtotal del importe entre los kWh consumidos en el mes.

En el cuadro C-09 se puede observar un resumen de dichos cálculos. De donde se desprende que el costo promedio de la energía suministrada por el Concesionario es aproximadamente

US\$ 0.05 por kWh.

### 6.3.2) Costo de la energía suministrada por los grupos electrógenos

Para hallar el costo estimado de la energía producida por los grupos electrógenos, se ha hecho uso de las fórmulas suministradas por la Compañía representante de la firma Caterpillar en nuestro país.

En estas fórmulas se calcula el costo del kWh por los siguientes conceptos

1) Por depreciación de la máquina ( DM )

$$DM = \frac{\text{Precio}}{(\# \text{ Reparaciones} + 1) (\text{Horas entre reparaciones}) (\text{Carga Media})}$$

2) Por consumo de combustible ( CC )

$$CC = (\text{Consumo específico por kWh}) (\text{Precio del petróleo})$$

3) Por consumo de lubricante ( CL )

$$CL = (\text{Consumo específico por kWh}) (\text{Precio del lubricante})$$

4) Por reparaciones realizadas ( R )

$$R = 0.33 (\# \text{ Reparaciones}) (\text{DM})$$

5) Por mantenimiento ( M )



$$M = 0.5 ( R )$$

6) Por uso de componentes ( C )

$$C = 0.5 ( R )$$

Reemplazando los datos en las fórmulas, correspondientes al grupo de 1,000 kW.

- Precio : US \$ 160,000
- N° de reparaciones : 1
- Horas entre reparaciones : 10,000
- Carga promedio : 800 kW.
- Consumo específico de combustible : 0.07 galones por kWh.
- Consumo específico de lubricante : 0.0003 galones por kWh.
- Costo del lubricante : US \$ 6.2 por galón.

Hasta el año 1994 el precio del petróleo no incluía el impuesto selectivo al consumo, por lo que el costo del kWh generado era casi igual al del concesionario. Actualmente el precio del combustible es aproximadamente US \$ 1, por lo que el costo estimado del kWh generado por los grupos electrógenos es

$$\underline{\text{US\$ 0.09 por kWh}}$$

#### **6.4) Análisis costo-beneficio**

Como ya se ha mencionado, la fábrica de IEQSA está dividida en tres plantas de producción, de la siguiente manera :

- 1) Discos , que se encarga de procesos de fundición y laminación de aleaciones de zinc, plomo, cadmio y otras más.
- 2) Planos , que se encarga de procesos de fundición y laminación de aleaciones

de zinc, cobre, titanio, exclusivamente.

3) Oxido y Recuperación, que se encarga de procesos de fundición de zinc.

La producción promedio mensual de estas plantas es aproximadamente la siguiente:

- Discos	1,200 Toneladas
- Planos	500 Toneladas
- Oxido	400 Toneladas

Recordando que el Sistema de Autogeneración de Energía se pensó principalmente para sostener la producción en casos de corte de suministro, la falta de esta energía implicará que se produzcan los siguientes efectos

1°) Producción que se deja de obtener , de naturaleza irrecuperable.

2°) Pérdidas propiamente dichas por mano de obra y equipo ociosos.

3°) Pérdida probable del comprador, que normalmente está en el extranjero ajeno a nuestros problemas técnicos.

4°) Pago por daños y perjuicios al comprador por incumplimiento de contrato.

Los dos primeros son cuantificables y es aproximadamente \$150 por tonelada, comprendiendo las tres plantas.

En cuanto al cuarto punto, también es cuantificable pero depende del comprador y del contrato.

En cuanto al tercer punto no se puede cuantificar fácilmente, pero el perjuicio que nos ocasionaría, en algunos casos podría ser peor que los anteriores mencionados.

Para realizar un mejor análisis “costo-beneficio”, supondremos que se repitiese el racionamiento de energía del año 1992, en el cual hubieron cortes de suministro programados y además uso restringido de la energía, exigido por el Concesionario. De a-

cuerdo a los datos históricos, nuestra producción se vería afectada cuantitativamente en más del 50% si no tuviésemos el Sistema actual de Autogeneración de Energía.

Lo anterior significa que si tomamos en cuenta que la producción promedio mensual es de 2,100 toneladas, el racionamiento de energía evitaría la producción de aproximadamente 1,100 toneladas de producto terminado, lo que representaría una pérdida de :

$$\text{\$ } 150 \times 1,100 \text{ ton.} = \text{\$ } 165,000 \text{ por mes}$$

Si consideramos el mismo lapso de tiempo que estuvo en vigencia el racionamiento de energía del 92, tendríamos

$$\text{\$ } 165,000 \times 9 \text{ meses} = \text{\$ } 1'485,000$$

---

cifra que supera largamente el monto invertido. Aún más , esto es sin tomar en cuenta los perjuicios relacionados con el no cumplimiento de los contratos suscritos con los clientes, los cuales en la mayoría de las veces se hace con varios meses de antelación, con cláusulas muy claras y exigentes con respecto a las características y plazo de entrega del producto.

## **OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES**

1) La calidad del suministro eléctrico que ofrece actualmente el Concesionario, aún no es buena, ya que continúan los cortes no programados, voltajes que están fuera del rango del 5% , fuertes oscilaciones transitorias, etc., que afectan nuestros equipos y que ocasionan pérdidas de producción

2) Los motores de la mayor parte de las laminadoras son de corriente continua, y sus tableros de control son a base de tiristores y microprocesadores, los cuales se ven afectados por los fenómenos descritos anteriormente. Esto determina que sus dispositivos de protección bloqueen el funcionamiento de la máquina y ésta se detiene.

3) Los hornos eléctricos también se ven afectados ,más que todo por los sobrevoltajes, ya que la corriente de consumo aumenta en forma proporcional a la variación del voltaje. Los voltajes bajos afectan directamente a la producción, ya que disminuye la potencia de fusión del horno.

4) Los hornos eléctricos por ser reactancias con muy alta dispersión, tienen su factor de potencia muy bajo, del orden de 0.4; por este motivo siempre llevan conectados en sus barras condensadores para mejorar su factor de potencia y de esta manera ser más manejables sus corrientes de trabajo.

5) Los hornos eléctricos son monofásicos, de tal manera que se debe tener cuidado en no desbalancear el sistema cuando se trabaja con ellos. La potencia de estos equi-

pos es regulable, ya que son alimentados a través de autotransformadores con taps en derivación, seleccionados por conmutadores de accionamiento sin carga.

6) Es muy importante observar el hecho de tener diversidad de voltajes de alimentación y número de fases, debido más que todo a la procedencia y naturaleza de los equipos. Esto hace un poco más complicado el manejo del suministro eléctrico dentro de la planta.

7) La corrección del factor de potencia se realiza mediante dos métodos : con condensadores y con motores síncronos. Actualmente se tienen ubicados bancos de condensadores en diferentes partes del sistema eléctrico; en tableros de distribución, motores , hornos eléctricos, y en diferentes voltajes.

8) Los condensadores para los hornos eléctricos se dimensionaron para mejorar su factor de potencia de 0.4 a 0.95, los de los motores para mejorar hasta 0.9 y los condensadores que se han colocado en los tableros de distribución sirven para compensar hasta 0.95 en el mejor de los casos.

9) El motor síncrono de la Laminadora 4HI es un excelente compensador, ya que trabaja con un factor de potencia de 0.5 capacitivo, o sea que proporciona aproximadamente 300 kVAR de potencia reactiva. Es importante tomar en cuenta este aspecto cuando se le alimenta con el grupo electrógeno. El motor síncrono de la Laminadora Farrel no se le utiliza como compensador, por ahora, porque un aumento en su corriente de excitación del campo pondría en peligro su bobinado que tiene aislamiento bajo.

10) La energización de los condensadores actualmente se hace en forma manual, mediante contactores; los cuales abren automáticamente en un corte de suministro,

garantizando de esta manera que los grupos electrógenos entren en servicio sin peligro alguno. En estos momentos se están haciendo los estudios para implementar un sistema automático para comando de los condensadores a distancia utilizando la característica de supervisión de los medidores PML.

11) Cuando hay corte de suministro , los grupos electrógenos 2 y 3 arrancan en forma automática ,y luego el electricista hace las maniobras apropiadas para ponerlos en paralelo. Actualmente se han adquirido los dispositivos para el accionamiento de los equipos de maniobra en alta y baja tensión para el accionamiento a distancia.

12) El gobernador del grupo de 1,000 kW es electromecánico y el del grupo de 1,450 kW es electrónico, pero hasta estos momentos no hemos tenido problemas en el reparto de carga, cuando se ponen en paralelo.

13) El Sistema de Autogeneración está creado de tal manera que si en el futuro se adquiere otro grupo electrógeno de similar potencia sea fácilmente instalado y conectado en el circuito.

14) Las celdas de alta y baja tensión de la S.E. N° 6 se construyeron con planchas de aleación de zinc-titanio-cobre ,producidas por nuestra Planta de Planos y que tienen la ventaja de no necesitar pintura ni mantenimiento ya que no se oxida.

Este material se usa en países de Europa con este fin.

15) Otro de los trabajos que están pendientes es el montaje del motor nuevo de la Laminadora Farrel, el cual es de corriente continua y facilitaría por este motivo su alimentación desde los grupos electrógenos.

16) De acuerdo al análisis costo-beneficio, la inversión que se realizó para la construcción de la primera etapa del Sistema de Autogeneración de Energía, con la insta-

lación del grupo electrógeno de 1,000 kW, estuvo plenamente justificado durante el racionamiento de energía del año 92.

17) A partir de la instalación del grupo de 1,450 kW en 1993, se han sucedido hasta la fecha 21 cortes de suministro, que hubiesen perjudicado seriamente a la producción y a la confiabilidad de la empresa si no hubiese sido instalado dicho grupo, por lo que de acuerdo al análisis económico antes mencionado este equipo está plenamente justificado.

18) El costo del kWh procedente de los grupos electrógenos actualmente es mayor que el del Concesionario; pero en años anteriores, debido a que el costo del petróleo era menor, inclusive no se pagaba el impuesto selectivo al consumo, el costo de la energía proveniente de los grupos era menor que el del Concesionario. Con la nueva administración de los Concesionarios, se está observando una tendencia al incremento en el costo de la energía, ver cuadro C-09.

19) Para la puesta en servicio de los PML se tuvo que adquirir transformadores de medida en 10 kV. En los circuitos de baja tensión se hizo uso de los transformadores originales en los tableros.

20) Los PML son alimentados desde una fuente ininterrumpida de energía, UPS con el fin de que en casos de apagón no se vean perjudicadas sus lecturas y sean utilizadas por el electricista en todo momento.

21) Actualmente debido al incremento de los costos de la potencia y energía, se está colocando como primera prioridad la ejecución del control automático de la potencia activa y reactiva mediante los PML.

22) Los medidores PML también son útiles para poner en sincronismo y para el re-

parto de carga de los grupos electrógenos cuando se conectan en paralelo

23) El hecho de tener diversos tipos de cargas en el sistema eléctrico de la fábrica, por ejemplo : cargas monofásicas, bifásicas , variadores de velocidad a base de tiristores, rectificadores de corriente ac/dc, etc. hacen que la alimentación comience a presentar distorsiones tales como desbalance en las tensiones, armónicos, etc. los cuales podrían dañar diversos dispositivos. Por esta razón, se está utilizando otra de las facilidades que dan los PML, que es el de analizar este tipo de fenómenos.

## **BIBLIOGRAFIA**

- 1) IEEE Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants , STD 141-1976.
- 2) IEEE Recommended Practice for Industrial and Commercial Power Systems Analysis , STD 399-1980.
- 3) Caterpillar Generator Set , Application and Installation , May 1986.
- 4) Instalaciones Eléctricas II , Ing. José Aguirre, 1981.
- 5) Máquinas Eléctricas II , Ing. Darío Biella.
- 6) Handbook of Electric Power Calculations , Arthur Seidman , Haroun Mahrous , McGraw-Hill Book Co., 1984.
- 7) Código Nacional de Electricidad, 1985-1986, tomo 4 y 5, Ministerio de Energía y Minas.
- 8) Installation and Operation Manual of 3720 ACM Advanced Digital Power Instrumentation Package, Power Measurement Ltd., 1993, Firmware V1.1.1.0
- 9) Installation and Operation Manual of L-SCADA, Supervisory Control and Data Acquisition Software, Power Measurement Ltd., 1993, Version 4.0.
- 10) AutoSketch for Windows, User's Guide, Autodesk , 1993.

## ANEXOS

### 1) Cálculos para el diseño de la Subestación N° 6 ( ver esquema E-09)

#### 1.1) Determinación de la potencia de cortocircuito en S.E. N° 1

Usaremos la siguiente fórmula :

$$P_{cc} = \frac{V^2}{\frac{V^2}{M} + Z_L}$$

donde :  $V = 10 \text{ kV}$ .

$M = 350 \text{ MVA}$ . Potencia de cortocircuito en S.E. N° 1621 de Edelnor.

$Z_L = (R^2 + X^2)^{1/2}$  Impedancia del cable NKY 3 x 70 mm<sup>2</sup>. que alimenta a IEQSA.

Calculando  $Z_L$  :

$$R = 0.325 \text{ ohmios/km} \times 0.5 \text{ km}$$

$$X = 0.109 \text{ ohmios/km} \times 0.5 \text{ km}$$

entonces :  $Z_L = 0.157 \text{ ohmios}$ .

por lo tanto la Potencia de cortocircuito será :

$$\underline{P_{cc} = 225 \text{ MVA.}}$$

### 1.2) Cálculo de la corriente de cortocircuito

Usaremos la siguiente fórmula :

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \times V}$$

reemplazando valores tendremos :

$$I_{cc} = 13 \text{ kA}$$

### 1.3) Cálculo de la corriente de choque

Usaremos la siguiente fórmula :

$$I_{ch} = \gamma \times \sqrt{2} \times I_{cc}$$

reemplazando :  $\gamma = 1.8$

entonces:

$$I_{ch} = 33.1 \text{ kA}$$

### 1.4) Cálculo para la selección de barras colectoras en lado de alta tensión

a) El esfuerzo unitario sobre las barras es :

$$p' = 2.04 \frac{(I_{ch})^2}{d}$$

donde :  $I_{ch} = 33.1 \text{ kA}$

Corriente de Choque

$d = 25 \text{ cm.}$

Distancia máxima entre barras

reemplazando :  $p' = 89.4 \text{ kg/m}$

b) El esfuerzo total sobre las barras es :

$$p = p' \times L(m)$$

donde :  $L = 1.2 \text{ mt.}$

Máxima distancia entre dos puntos de

apoyo de una barra.

reemplazando :  $p = 107.28 \text{ kg}$ .

c) El momento flector en las barras es :

$$M_b = \frac{p \times L(\text{cm})}{16}$$

reemplazando :  $M_b = 804.6 \text{ kg-cm}$ .

d) El momento resistente real es :

$$W_r = \frac{M_b}{k_{cu}}$$

donde :  $k_{cu} = 1,200 \text{ kg/cm}^2$  Carga máxima admisible para el cobre.

reemplazando :  $W_r = 0.67 \text{ cm}^3$

e) El momento resistente máximo es :

$$W_m = \frac{h \times b^2}{6}$$

donde :  $h = 0.5 \text{ cm}$  Espesor de la barra

$b = 4.0 \text{ cm}$  Ancho de la barra

reemplazando :  $W_m = 1.333 \text{ cm}^3$

f) Como se cumple que :  $W_r < W_m$  entonces las barras de 5 x 40 mm. podrán soportar los esfuerzos electrodinámicos.

g) El factor de seguridad será :

$$FS = \frac{W_m}{W_r}$$

reemplazando :  $FS = 1.99$

### 1.5) Cálculo para la elección de los aisladores portabarras

El esfuerzo “ $p_t$ ” que soportan los aisladores será el esfuerzo “ $p$ ” afectado de un factor de seguridad 2, por lo tanto :

$$p_t = 2 p$$

$$p_t = 214.56 \text{ kg}$$

### 1.6) Cálculo de la potencia del transformador elevador

La potencia máxima generada por los grupos en forma continua es :

$$1,000 \text{ kW} + 1,450 \text{ kW} = 2,450 \text{ kW}$$

El factor de potencia nominal de los grupos es 0.8, por lo tanto la potencia aparente total es :

$$P = 2,450 / 0.8 \text{ kVA}$$

$$P = 3,062.5 \text{ kVA}$$

### 1.7) Cálculo del cable alimentador en 10 kV

Usaremos la siguiente fórmula :

$$I_d = \frac{P_d}{\sqrt{3} \times V \times \text{fc}}$$

donde :  $I_d$  = Corriente de diseño

$$P_d = 3,000 \text{ kVA}$$

Potencia de diseño

$$V = 10 \text{ kV}$$

Voltaje de línea

$$f_c = 0.65$$

Factor de corrección por instalarse el cable en ducto subterráneo, a 120 cm. de profundidad, en terreno con una resistividad térmica de  $120 \text{ }^\circ\text{C-cm/W}$ .

reemplazando datos, tenemos :

$$I_d = 266 \text{ Amp.}$$

Según tablas de cables NKY, este amperaje corresponde al cable de  $3 \times 120 \text{ mm}^2$ .

## **2) Regulación de los relés de protección de los interruptores de los grupos**

### **2.1) Cálculo de la corriente de cortocircuito en 460 voltios**

Como se sabe, la corriente eficaz de cortocircuito trifásico simétrico en el primer ciclo de un generador es :

$$I_{cc} = I_n / x''_d$$

donde :  $I_n$  = amperaje nominal

$x''_d$  = reactancia subtransitoria de eje directo por unidad.

Según datos del fabricante de los grupos electrógenos, en una falla trifásica se produce típicamente, en forma aproximada, 8 veces la corriente nominal del generador, y cuando trabajan en paralelo se debe considerar la sumatoria de estas corrientes de falla.

Por lo anterior se deduce lo siguiente :

- Corriente nominal del G.E. N°2 = 1,504 A.

- Corriente nominal del G.E. N°3 = 2,180 A.

- Corriente de corto circuito con grupos en paralelo :

$$V = 10 \text{ kV}$$

Voltaje de línea

$$f_c = 0.65$$

Factor de corrección por instalarse el cable en ducto subterráneo, a 120 cm. de profundidad, en terreno con una resistividad térmica de 120 °C-cm/W.

reemplazando datos, tenemos

$$I_d = 266 \text{ Amp.}$$

Según tablas de cables NKY, este amperaje corresponde al cable de 3x120 mm<sup>2</sup>.

## **2) Regulación de los relés de protección de los interruptores de los grupos**

### **2.1) Cálculo de la corriente de cortocircuito en 460 voltios**

Como se sabe, la corriente eficaz de cortocircuito trifásico simétrico en el primer ciclo de un generador es

$$I_{cc} = I_n / x''_d$$

donde :  $I_n$  = amperaje nominal

$x''_d$  = reactancia subtransitoria de eje directo por unidad.

Según datos del fabricante de los grupos electrógenos, en una falla trifásica se produce típicamente, en forma aproximada, 8 veces la corriente nominal del generador, y cuando trabajan en paralelo se debe considerar la sumatoria de estas corrientes de falla.

Por lo anterior se deduce lo siguiente

- Corriente nominal del G.E. N°2 = 1,504 A.
- Corriente nominal del G.E. N°3 = 2,180 A.
- Corriente de corto circuito con grupos en paralelo

$$8 ( 1,504 + 2,180 ) = 29,472 \text{ A.}$$

## 2.2) Regulación de los relés

De acuerdo a lo anterior y considerando individualmente los grupos electrógenos, la regulación de los relés de protección de sus interruptores es como sigue

- G.E. N°2 : Corriente nominal = 1,504 A.

Corriente de cortocircuito =  $8 \times 1,504 = 12,032 \text{ A.}$

Corriente nominal del interruptor :  $I = 2,000 \text{ A.}$

Regulación dispositivo disparo temporizado : 0.5 a 1.0 de I

Factor seleccionado : 0.75

Corriente mínima de disparo temp. =  $0.75 \times 2,000 = 1,500 \text{ A}$

Regulación dispositivo disparo instantáneo : 4 a 10 de I

Factor seleccionado : 4

Corriente mínima de disparo inst. =  $4 \times 2,000 = 8,000 \text{ A}$

- G.E. N°3 : Corriente nominal = 2,180 A

Corriente de cortocircuito =  $8 \times 2,180 = 17,440 \text{ A}$

Corriente nominal del interruptor :  $I = 3,200 \text{ A}$

Regulación dispositivo disparo temporizado : 0.4 a 1.0 de I

Factor seleccionado : 0.7

Corriente mínima de disparo temp. =  $0.7 \times 3,200 = 2,240 \text{ A}$

Regulación dispositivo disparo instantáneo : 2 a 10 de 2,240

Factor seleccionado : 4.5

Corriente mínima de disparo inst. =  $4.5 \times 2,240 = 10,080 \text{ A}$

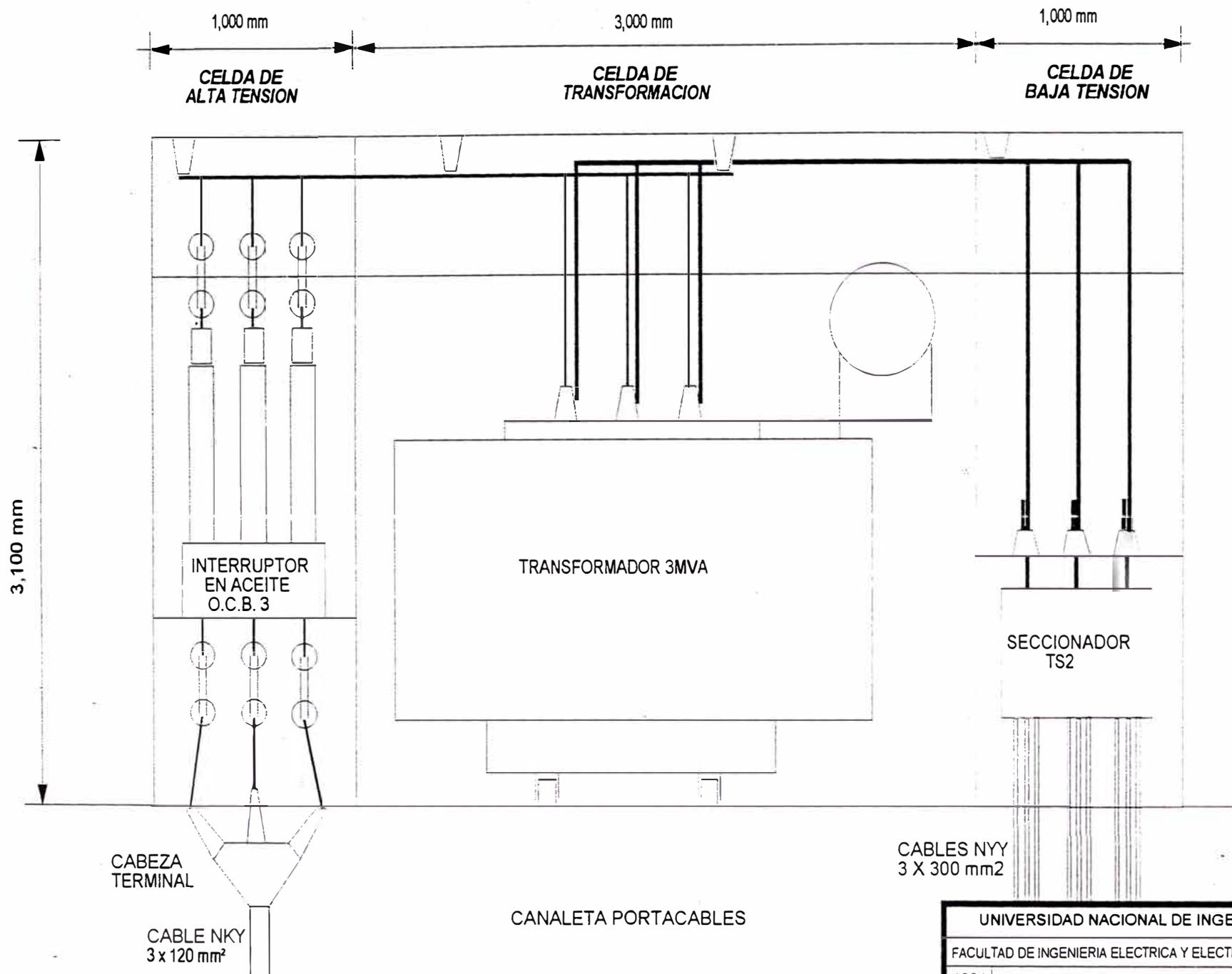
En el diagrama D-01 se puede encontrar la curva tiempo-corriente del relé de protección del interruptor del grupo de 1,000 kW y en el diagrama D-02 , para el grupo de 1,450 kW.

### **3) Leyenda general**

La leyenda de símbolos para todos los esquemas y planos se puede apreciar en el plano E-09.

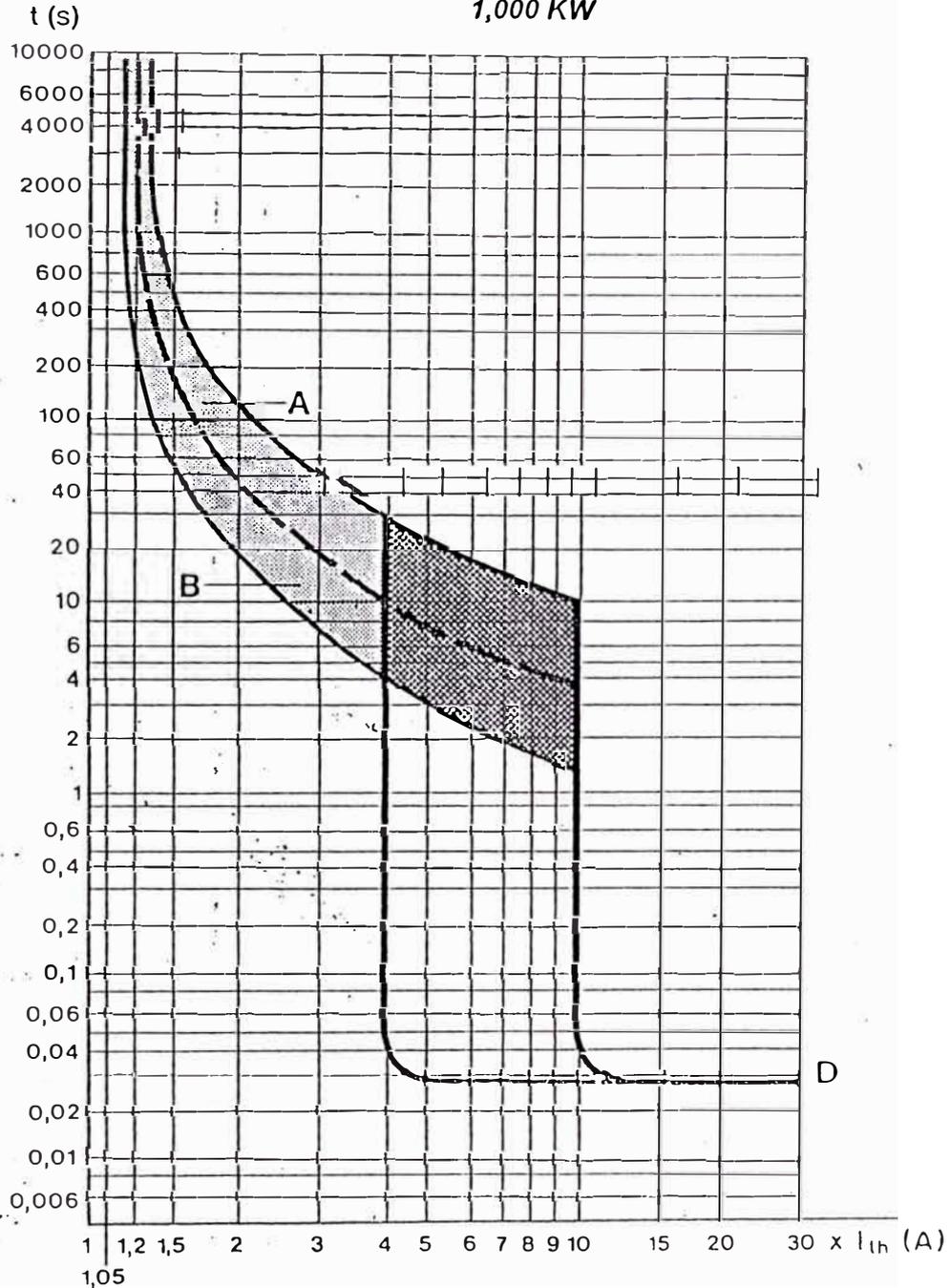
### **4) Transformadores de potencia**

Las características de los transformadores de potencia que están instalados en las subestaciones, se dan en el cuadro C-10.





**DIAGRAMA D-01**      **INTERRUPTOR SACE-ABB**  
**GRUPO ELECTROGENO**  
**1,000 KW**



Curva A - Sganciatori termici a freddo  
 Curva B - Sganciatori termici a caldo  
 Curva D - Sganciatori magnetici Istantanei regolabili

Kennlinie A - Thermische Auslöser in kaltem Zustand  
 Kennlinie B - Thermische Auslöser in warmem Zustand  
 Kennlinie D - Magnetische einstellbare Moment-Auslöser

Curve A - Thermal releases - cold condition  
 Curve B - Thermal releases - warm (service) condition  
 Curve D - Adjustable instantaneous magnetic releases

Courbe A - Déclencheurs thermiques à froid  
 Courbe B - Déclencheurs thermiques à chaud  
 Courbe D - Déclencheurs magnétiques instantanés réglables

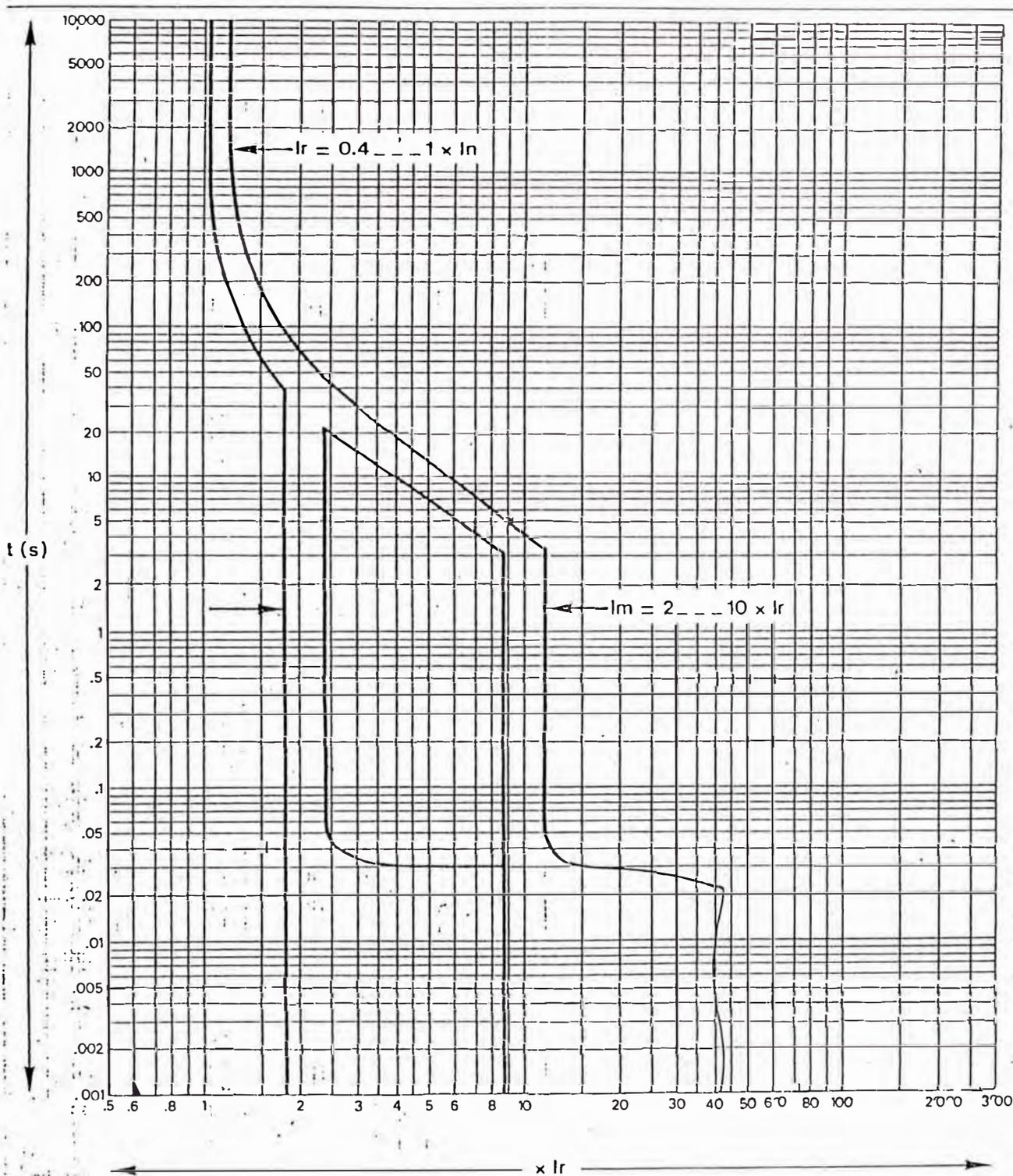


DIAGRAMA D-02

INTERRUPTOR MERLIN GERIN  
GRUPO ELECTROGENO  
1,450 KW

$I_n$  current rating of sensor  
 $I_r$  long time setting  
 $I_m$  short time pick-up

## LEYENDA GENERAL



SECCIONADOR UNIPOLAR, 10 kV, TIPO CUCHILLA, ACCIONA SIN CARGA



RECTIFICADOR AC/DC DE POTENCIA



SECCIONADOR DE POTENCIA, TRIPOLAR 10 kV, ACCIONA CON CARGA



INTERRUPTOR EN ACEITE EN 10 kV



FUSIBLE EN 10 kV



GRUPO ELECTROGENO



INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO, TRIFASICO



MEDIDOR ELECTRONICO PML



CONMUTADOR TRIFASICO, ACCIONA SIN CARGA



SECCIONADOR TRIPOLAR TIPO CUCHILLA 1 kV, ACCIONA SIN CARGA

S.A.E.

SISTEMA DE AUTOGENERACION DE ENERGIA



TRANSFORMADOR DE POTENCIA

S. E.

SUBESTACION ELECTRICA EN 10 kV



AUTOTRANSFORMADOR DE POTENCIA

TDxy

TABLERO DE DISTRIBUCION EN BAJA TENSION



CONDENSADOR PARA CORRECCION DE FACTOR DE POTENCIA

x : 2 = 220 V, trifásico  
3 = 220 V, bifásico  
4 = 440 V, trifásico  
5 = 550 V, trifásico  
6 = 250 V, corriente continua

y : 0,1,2,3... número correlativo



CONTACTOR ELECTROMAGNETICO, TRIFASICO

TLxy

TABLERO LOCAL EN BAJA TENSION



MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA

TC

TABLERO DE CONMUTACION



MOTOR SINCRONO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

1995

LEYENDA GENERAL

E-09

**CUADRO C-10**

**TRANSFORMADORES DE POTENCIA**

MARCA	KVA	VOLT		AMP		N°	FASES	TIPO	AISLAM. KV	FAB.	T.C.C.	ACEITE KG.	TOTAL KG.	GRUPO	UBICACION
		PRIM.	SEC.	PRIM.	SEC.										
B.B.C.	200	10,000	230	11.55	434.8	L 14286	3/2	TLAKYB	28/2.5	1979	4.0	400	1,450	SCOTT	S.E.1
B.B.C.	250	10,000	230	14.44	627.6	L 14284	3/3	TOAKWB	28/2.5	1979	4.4	446	1,396	Dy5	S.E.1
B.B.C.	400	10,000	2,400	23.09	83.4	L 14285	3/2	TLAKYB	28/16	1979	4.4	645	2,000	SCOTT	S.E.1
B.B.C.	1,000	10,000	460	57.74	1,255.4	L 14283	3/3	TOAKWB	28/2.5	1979	5.3	1,100	3,780	Dy5	S.E.2
DELCROSA	1,250	10,000	2,300	72.1	313.7	127410T	3/3	TECD3393		1986			4,600	Dy5	S.E.3
DELCROSA	640	10,000	460	36.9	803.2	127412T	3/3	TECD3267		1986			2,340	Dy5	S.E.3
A.B.B.	750	10,000	460	43.3	941.3	L 18530	3/3	TOAKWD	28/3	1989	5.1	675	2,600	Dyn5	S.E.3
DELCROSA	400	10,000	575	11	32/44	127414T	3/1	TECD3205		1986			2,280	SCOTT	S.E.4
A.B.B.	200	10,000	230	11.55	502	L 19035	3/3	TOAKWB	28/3	1991	4.4	310	1,045	Dyn5	S.E.4
A.B.B.	630	10,000	2x460	36.4	2x684.8	L 19036	3/2	TOAKYB	28/3	1991	4.4	600	2,200	SCOTT	S.E.4
A.B.B.	630	10,000	2x460	36.4	2x684.8	L 19037	3/2	TOAKYB	28/3	1991	4.5	600	2,200	SCOTT	S.E.4
Inglés (1)	1,000	10,000	460	57.7	1,255.1	L426018	3/3	UR-2285	28/3	R1993	5.0			Dyn5	S.E.5
Inglés(1)	1,000	10,000	490	57.7	1,178.2	L426019	3/3	UR-2286	28/3	R1993	5.4			Dyn5	S.E.5
A.B.B.	3,000	10,000	460	173.2	3,765.3	L 19683	3/3	TOAKWC	28/3	1993	5.0	1,750	7,800	Dy5	S.E.6

NOTAS

(1) Rebobinado en ABB

(2) Todos los trafos tienen el tipo de enfriamiento tipo ONAN