

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

**“AUDITORIA DEL SISTEMA ELÉCTRICO  
DE LA EMPRESA PLASTIDOR”**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD**

Especialización: Electrónica y Automatización Industrial

Presentada por:

**MÓNICA JEANNETTE FLORES MARÍN**

**ELSA GENOVEVA MAYORGA QUINTEROS**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**2006**

## DEDICATORIA

A DIOS

A NUESTROS PADRES

## **TRIBUNAL DE GRADO**

---

Ing. Miguel Yapur  
**SUBDECANO DE LA FIEC**

---

Ing. Juan Gallo  
**DIRECTOR DE TESIS**

---

Dr. Cristóbal Mera  
**MIEMBRO PRINCIPAL**

---

Ing. Alberto Tama

## **MIEMBRO PRINCIPAL**

### **DECLARACION EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

---

**Mónica Flores Marín**

---

**Elsa Mayorga Quinteros**

## RESUMEN

El presente trabajo ha sido desarrollado siguiendo las recomendaciones prácticas para la instalación eléctrica para fábricas industriales hechas por el NEC (National Electrical Code) 2002.

En principio se elaboró el diagrama unifilar de Plastidor el cual no existía y se tomó las consideraciones previas al diseño como: la selección de protecciones, conductores, tierra y tuberías que posteriormente nos proporcionaron el punto de partida para corregir si fuera necesario en Plastidor su instalación eléctrica actualmente existente.

Se procede luego a calcular las corrientes de corto circuito para la comparación respectiva con los cálculos teóricos para la selección de los equipos de protección, asimismo poder determinar si la fábrica se encuentra en los valores normales de armónicos y que éstos no se encuentren afectando el trabajo de otros equipos, principalmente electrónicos; también se efectuó el dimensionamiento de los bancos de capacitores, la ubicación de los mismos y el beneficio de tenerlos en la planta.

Además se realizó el análisis del sistema de alimentación de alta tensión como: los requerimientos y condiciones para las subestaciones eléctricas; el dimensionamiento de los transformadores e igualmente el dimensionamiento del generador de emergencia el cual no existe en la planta para cualquier imprevisto.

El fin que se persigue en esta tesis es poder hacer una adecuada auditoria de la planta con sus respectivas recomendaciones para garantizar la continuidad del servicio y establecer que beneficios a nivel económico y energético traerá la adecuada corrección.

## INDICE GENERAL

	<b>Pág</b>
<b>CARÁTULA.....</b>	<b>I</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>II</b>
<b>TRIBUNAL DE GRADO.....</b>	<b>III</b>
<b>DECLARACIÓN EXPRESA.....</b>	<b>IV</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE GENERAL.....</b>	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>XII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>XVI</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>I. ANTECEDENTES.....</b>	<b>3</b>
1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Planteamiento del Problema .....	4
1.3 Objetivos.....	4
1.4 Definiciones eléctricas y energéticas.....	7
<b>II. DESCRIPCIÓN GENERAL DE PLASTIDOR.....</b>	<b>16</b>
2.1 Proceso productivo.....	17
2.1.1 Áreas principales.....	23
2.2 Niveles de voltaje y potencia.....	25

2.2.1	Acometidas y subestaciones eléctricas.....	25
2.2.2	Diagrama unifilar de Plastidor.....	27
<b>III.</b>	<b>INVENTARIO Y MEDICIONES DE EQUIPOS.....</b>	<b>28</b>
3.1	Recopilación de datos de equipos eléctricos.....	29
3.2	Registro y mediciones puntuales.....	36
3.2.1	Descripción del equipo de medición.....	36
3.2.2	Datos y gráficos obtenidos con el equipo AR5.....	42
<b>IV.</b>	<b>ESTUDIO DEL SISTEMA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE</b>	
<b>BAJA TENSIÓN.....</b>		<b>61</b>
4.1	Consideraciones generales.....	63
4.2	Aplicación para la selección de protecciones, conductores, tierra y tuberías.....	70
4.3	Análisis del sistema utilizando el software Ecodial.....	73
4.4	Tablas.....	77
4.4.1	Tabla de datos.....	77
4.4.2	Tablas comparativas de resultados.....	83
<b>V.</b>	<b>CÁLCULO DE CORTO CIRCUITO Y ARMÓNICOS.....</b>	<b>104</b>
5.1	Cálculo de Corto Circuito.....	105
5.1.1	Tipos de fallas por cortocircuitos en sistemas de potencia.....	107
5.1.2	Métodos de cálculo.....	109



5.1.3	Tabla de resultados de corto circuito.....	116
5.2	Cálculo de armónicos.....	117
5.2.1	Método de comprobación.....	119
5.2.2	Análisis de armónicos.....	121
5.2.3	Tabla de resultados.....	125
<b>VI.</b>	<b>CORECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA.....</b>	<b>145</b>
6.1	Criterios para la selección de capacidad del sistema.....	145
6.1.1	Consideraciones generales .....	145
6.1.2	Cálculo de la potencia de los Capacitores.....	148
6.1.2.1	Cálculo Numérico.....	148
6.1.2.2	Cálculo a través de tablas .....	150
6.2	Aplicación del cálculo de potencia de los capacitores en las áreas de fábrica.....	152
6.2.1	Área de Planta.....	152
6.2.2	Área de Mezclado.....	154
6.2.3	Área de Chiller.....	154
6.2.4	Área de Oficinas.....	156
6.3	Tabla de resultados.....	157
6.4	Dimensionamiento de los bancos de capacitores de la fábrica Plastidor.....	157

6.5	Ubicación de los capacitores en la instalación.....	158
6.5.1	Localización.....	158
<b>VII.</b>	<b>ANÁLISIS DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE ALTA TENSIÓN.....</b>	<b>160</b>
7.1	Subestaciones eléctricas.....	161
7.1.1	Requerimientos y condiciones para las subestaciones eléctricas .....	165
7.2	Planta de emergencia.....	180
7.2.1	Dimensionamiento del generador de emergencia.....	181
<b>VIII.</b>	<b>ANÁLISIS COMPARATIVO ECONÓMICO.....</b>	<b>189</b>
8.1	Tablas de resultados.....	190
8.2	Análisis Económico.....	195
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>196</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>200</b>
	<b>APÉNDICES.....</b>	<b>203</b>
	APENDICE A Áreas principales de Plastidor.....	204
	APENDICE B Diagrama unifilar existente en Plastidor.....	206
	APENDICE C Tablas del NEC tomados como referencia.....	212
	APENDICE D Diagramas eléctricos de resultados del software Ecodial...	218

APENDICE E Diagrama unifilar ideal de Plastidor.....	227
APENDICE F Tabla de Referencias para cálculo de corto circuito.....	232
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>234</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Datos de transformadores de Plastidor.....	26
Tabla 3.1 Tabla de breakers de planta.....	29
Tabla 3.2 Tabla de breakers de Chiller .....	30
Tabla 3.3 Tabla de breakers de Mezclado.....	30
Tabla 3.4 Tabla de breakers de Oficina.....	30
Tabla 3.5 Tabla de motores extrusora CM45.....	31
Tabla 3.6 Tabla de motores extrusora CM55.....	31
Tabla 3.7 Tabla de motores extrusora CM80.....	32
Tabla 3.8 Tabla de motores extrusora CM60.....	32
Tabla 3.9 Tabla de motores PD luminaria planta.....	32
Tabla 3.10 Tabla de motores horno de calentamiento.....	33
Tabla 3.11 Tabla de motores bomba de agua.....	33
Tabla 3.12 Tabla de motores pulverizado.....	33
Tabla 3.13 Tabla de motores molino pequeño.....	33
Tabla 3.14 Tabla de motores compresor de aire.....	33
Tabla 3.15 Tabla de motores transportador.....	34
Tabla 3.16 Tabla de motores molino grande.....	34
Tabla 3.17 Tabla de motores chiller.....	34
Tabla 3.18 Tabla de motores accesorios.....	34
Tabla 3.19 Tabla de motores mezclado.....	35
Tabla 3.20 Tabla de motores panel de distribución mezclado.....	35

Tabla 3.21 Tabla de motores motor vacío.....	35
Tabla 3.22 Tabla de motores oficinas.....	35
Tabla 4.1 Porcentajes de caída de Voltaje Planta.....	65
Tabla 4.2 Porcentajes caída de voltaje Chiller.....	66
Tabla 4.3 Porcentajes caída de voltaje Mezclado.....	66
Tabla 4.4 Porcentajes caída de voltajes Oficinas.....	66
Tabla 4.5 Referencias que se consideraron del NEC.....	68
Tabla 4.6 Ampacidad aceptable de conductores aislados. Tabla 310-16 NEC2002.....	69
Tabla 4.7 Resultados teóricos del Área de Planta .....	77
Tabla 4.8 Resultados teóricos del Área de Chiller.....	81
Tabla 4.9 Resultados teóricos del Área de Mezclado.....	81
Tabla 4.10 Resultados teóricos del Área de Oficinas.....	82
Tabla 4.11 Comparación de resultados del Área de Planta.....	83
Tabla 4.12 Comparación de resultados del Área de Chiller.....	97
Tabla 4.13 Comparación de resultados del Área de Mezclado.....	98
Tabla 4.14 Comparación de resultados del Área de Oficinas.....	102
Tabla 5.1 Tabla de resultados de cálculos de corto circuito.....	116
Tabla 5.2 Límites en la Distorsión de la Corriente IEEE 519.....	124
Tabla 5.3. Sistema de bajo Voltaje clasificación y límites de Distorsión.....	125
Tabla 5.4 Armónicos de corriente del 1-7 Planta.....	127
Tabla 5.5 Armónicos de corriente del 8-13 Planta.....	128
Tabla 5.6 Armónicos de corriente del 14-19 Planta.....	129
Tabla 5.7 Armónicos de corriente del 20-25 Planta.....	130

Tabla 5.8 Armónicos de corriente del 20-30 Planta.....	131
Tabla 5.9 Distorsión total de voltaje Planta.....	132
Tabla 5.10 Armónicos de corriente del 1-7 Chiller.....	133
Tabla 5.11 Armónicos de corriente del 8-13 Chiller.....	134
Tabla 5.12 Armónicos de corriente del 14-19 Chiller.....	135
Tabla 5.13 Armónicos de corriente del 20-25 Chiller.....	136
Tabla 5.14 Armónicos de corriente del 26-30 Chiller.....	137
Tabla 5.15 Distorsión total de voltaje Chiller.....	138
Tabla 5.16 Armónicos de corriente del 1-7 Mezclado.....	139
Tabla 5.17 Armónicos de corriente del 8-13 Mezclado.....	140
Tabla 5.18 Armónicos de corriente del 14-19 Mezclado.....	141
Tabla 5.19 Armónicos de corriente del 20-25 Mezclado.....	142
Tabla 5.20 Armónicos de corriente del 26-30 Mezclado.....	143
Tabla 5.21 Distorsión total de voltaje Mezclado.....	144
Tabla 6.1 Factores para calcular los Kva necesarios para el mejoramiento del factor de potencia en base de los Kw.....	151
Tabla 6.2 Resultado de la potencia requerida en Kvar.....	157
Tabla 6.3 Dimensionamiento de los banco de capacitores.....	158
Tabla 7.1 Capacidades de Transformadores monofásicos.....	162
Tabla 7.2 Comparación de dimensionamiento de Transformadores.....	165
Tabla 7.3 Dimensiones mínimas para el cuarto de transformadores.....	169
Tabla 7.4 Tabla comparativa de dimensiones de ductos de ventilación.....	173
Tabla 7.5 Tabla comparativa de dimensiones de cuartos de transformadores....	173
Tabla 7.6 Tabla de resultados de la protección y cableado del Generador.....	187

Tabla 7.7 Tabla NEC 445.17.....	188
Tabla 8.1 Fórmulas basadas en la Empresa Eléctrica del Ecuador.....	190
Tabla 8.2 Tabla de resultados: Unidos Plastidor a Plásticos Ecuatorianos.....	191
Tabla 8.3 Tabla de resultados: Plastidor separado de Plásticos Ecuatorianos sin mejorar su fp.....	192
Tabla 8.4 Tabla de resultados: Plastidor separado de Plásticos Ecuatorianos con registro de demanda horaria.....	193
Tabla 8.5 Tabla de resultados: Plastidor separado de Plásticos Ecuatorianos mejorando su fp.....	194
Tabla 8.6 Requisitos mínimos del CONELEC para ser gran consumidor.....	195

## INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Proceso de fabricación de tuberías PVC.....	22
Figura 3.1	Equipo AR5 de CIRCUTOR.....	36
Figura 3.2	Visualización del Software Power Vision – Potencia Inductiva.....	38
Figura 3.3	Visualización del Software Power Vision – Datos generales.....	39
Figura 3.4	Datos generales de Planta, periodo de más alta carga.....	43
Figura 3.5	Variaciones del voltaje trifásico de Planta.....	44
Figura 3.6	Variaciones de la corriente trifásica de Planta.....	45
Figura 3.7	Variaciones de la potencia activa de Planta.....	46
Figura 3.8	Variaciones de la potencia inductiva de Planta.....	47
Figura 3.9	Variaciones del factor de potencia de Planta.....	48
Figura 3.10	Datos generales de Chiller, periodo de más alta carga.....	49
Figura 3.11	Variaciones del voltaje trifásico de Chiller.....	50
Figura 3.12	Variaciones de la corriente trifásica de Chiller.....	51
Figura 3.13	Variaciones de la potencia activa de Chiller.....	52
Figura 3.14	Variaciones de la potencia inductiva de Chiller.....	53
Figura 3.15	Variaciones del factor de potencia de Chiller.....	54
Figura 3.16	Datos generales de Mezclado, periodo de más alta carga.....	55
Figura 3.17	Variaciones del voltaje trifásico de Mezclado.....	56
Figura 3.18	Variaciones de la corriente trifásica de Mezclado.....	57
Figura 3.19	Variaciones de la potencia activa de Mezclado.....	58
Figura 3.20	Variaciones de la potencia inductiva de Mezclado.....	59



Figura 3.21 Variaciones del factor de potencia de Mezclado.....	60
Figura 4.1 Ecodial: Tabla de datos generales requeridos.....	73
Figura 4.2 Esquema eléctrico.....	74
Figura 4.3 Ecodial: Comprobación de la red.....	74
Figura 4.4 Ecodial: Pantalla de cálculos y detalles de resultados.....	75
Figura 4.5 Ecodial: Detalles de resultados.....	75
Figura 5.1 Forma de onda del armónico según el tipo de carga.....	118
Figura 5.2 Distorsión armónica de corriente.....	118
Figura 7.1 Constantes y variables requeridas en el cálculo de ductos.....	171
Figura 7.2 Diagrama para determinar el área de los ductos de ventilación .....	172
Figura 7.3 Pantalla de especificaciones del Software Kholer Quick Size.....	181
Figura 7.4 Pantalla de distribución de cargas del Software Kholer Quick Size....	182
Figura 7.5 Curvas de selección de Generadores.....	186

## INTRODUCCIÓN

El buen diseño del Sistema Eléctrico es parte fundamental en el desarrollo de cualquier Empresa, las condiciones eléctricas en las que se lleva a cabo un proceso de fábrica afectará en la reducción o en el aumento de los costos de producción y a manera general en el crecimiento de la misma.

La reducción de los costos energéticos mediante mejoras eléctricas en: el sistema de alimentación, planta de emergencia, subestaciones, cableado, protecciones, armónicos, factor de potencia, etc.; ayuda a la competitividad empresarial fortaleciéndola y preparándola en este mundo cada vez más globalizado.

Pero estas correcciones y mejoras principalmente contribuyen a un adecuado ambiente de trabajo y a la protección de vidas humanas, factor primordial y base de cualquier industria.

Nuestro proyecto muestra una auditoría completa del sistema eléctrico de la empresa Plastidor, utilizando como primera instancia un equipo de medición colocado durante dos meses de fuerte producción en las tres áreas

importantes y eléctricamente separadas que componen la fábrica, continuando con un análisis teórico - práctico y complementado con la ayuda de algunos software, pudiendo al final realizar una comparación del sistema actual con el ideal, dando alternativas de solución en todos los puntos donde pueden afectar el buen desempeño del sistema eléctrico.

# CAPÍTULO I

## 1 ANTECEDENTES

### 1.1 Antecedentes.

No existen antecedentes de un control o de una auditoría en esta industria, factores importantes como sobredimensionamiento o subdimensionamiento de: protecciones, transformadores, cableado, solo por nombrar algunos, se han presentado en esta planta sin que hayan sido motivo de análisis.

Además por el hecho de estar unido eléctricamente a otra empresa, Plásticos Ecuatorianos, han obviado elementos indispensables para el mejoramiento

de costos energéticos y de sistemas de reservas de energía como son:  
bancos de capacitores y generadores eléctricos

Todas estas desventajas que por no ser visualizadas a corto ni a largo plazo, no son tomadas en cuenta, son como un enemigo oculto que va deteriorando el sistema eléctrico en general, afectándolo en el día a día.

## **1.2 Planteamiento del Problema.**

¿Porqué aún existiendo algunos problemas en la instalación eléctrica de la fábrica éstos no son analizados y corregidos inmediatamente, sabiendo que en el futuro presentarán secuelas con mayores consecuencias negativas?

## **1.3 Objetivos.**

### **1.3.1 Objetivo Principal**

Presentar alternativas de solución para las deficiencias existentes en toda la instalación eléctrica de la planta Plastidor, realizando un análisis principalmente comparativo de la actual situación con la requerida, y cuál sería el beneficio en el momento de aplicarlas.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Ejecutar la toma de datos de todos los equipos que constituyen la planta, además de realizar un diagrama eléctrico debido a que no existe en la misma, esto no solo servirá como base para el proyecto sino también como información valiosa de apoyo para la empresa.
  
- Realizar un estudio de dimensionamiento requerido y de cableado, protecciones, tuberías etc., por medio de cálculos teóricos – prácticos y con ayuda de software, para al final establecer las debidas comparaciones con el sistema existente y en caso se requiriera poder seleccionar los equipos adecuados. Además establecer qué beneficios a nivel energético traerá la adecuada corrección.
  
- Mediante la instalación del equipo AR5 de Circutor y el software Power Vision, se podrá realizar mediciones que ayudarán en la tesis en general, pero principalmente en:
  - Evaluar y obtener datos actuales y poder utilizarlos.
  
  - En el mejoramiento del factor de potencia, por medio del dimensionamiento adecuado de bancos de capacitores en las tres

áreas de más cargas, antes no considerado primordial por la empresa.

- Además poder determinar si la fábrica se encuentra en los valores normales de Armónicos y que éstos no estén afectando al desempeño de otros equipos, principalmente electrónicos.
- Determinar la adecuada capacidad de un Generador, no existente en la planta, y los beneficios que se obtendría al adquirirlo.
- Establecer las correcciones necesarias en áreas que encierran sistemas eléctricos basándose en normas de construcción, como paneles de control y cuarto de transformadores.
- Realizar un análisis comparativo – económico que determine si le es conveniente a Plastidor separarse o permanecer unido eléctricamente a Plásticos Ecuatorianos.

#### **1.4 Definiciones eléctricas y energéticas**

**ACOMETIDA:** Derivación que conecta la red del suministrador de energía eléctrica a las instalaciones del usuario.

**BANCO DE CAPACITORES:** Compensación deseada en Kvar para mejorar el factor de potencia.

**CANALIZACIÓN:** Canal cerrado o abierto de materiales metálicos o no metálicos, expresamente diseñados para contener conductores eléctricos.

**CANALIZACIÓN AÉREA:** Conjunto visible de elementos requeridos para alojar los conductores eléctricos, incluyendo además de los conductores, los elementos en que aquellos se alojan y conectan.

**COMERCIALIZACIÓN:** La actividad de comercialización será desarrollada por las empresas comercializadoras debidamente autorizadas que, accediendo a las redes de transporte o distribución, tienen como función la venta de energía eléctrica a los consumidores que tengan la condición de cualificados y a otros sujetos cualificados según la normativa vigente.



**CONDUCTOR:** Elementos metálicos, generalmente cobre o aluminio, permeables al paso de la corriente eléctrica y que, por lo tanto, cumplen la función de transportar la energía de un extremo al otro del cable. Material que opone mínima resistencia ante una corriente eléctrica.

**CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA:** Conductor utilizado para conectar a tierra un equipo.

**CONDUCTOR PUESTO A TIERRA:** Conductor de un sistema o circuito intencionadamente puesto a tierra.

**CONSUMO:** Cantidad de energía eléctrica utilizada. Se mide en Kw/h. (Kilovatios hora).

**CONSUMIDOR INDUSTRIAL:** Persona natural o jurídica, pública o privada, que utiliza los servicios de energía eléctrica para la elaboración o transformación de productos por medio de cualquier proceso industrial.

**CORRIENTE:** Movimiento de electricidad por un conductor. Es el flujo de electrones a través de un conductor. Su intensidad se mide en Amperios (A).

**DEMANDA:** Potencia en Kw de las redes eléctricas, que el CONELEC pone a disposición del cliente, para el consumo de energía necesario.

**DEMANDA DE FACTURACIÓN:** Es el mensual del consumo de energía medido entre las horas que trabajó el equipo (Kw/h consumidos / horas trabajadas por el equipo)

**DISTRIBUIDOR:** Quien dentro de su zona de concesión es responsable de abastecer a usuarios finales que no tengan la facultad de contratar su suministro en forma independiente.

**DISYUNTOR:** Interruptor automático por corriente diferencial. Se emplea como dispositivo de protección contra los contactos indirectos, asociado a la puesta a tierra de las masas de las instalaciones eléctricas.

**ELECTRODO:** Son los elementos metálicos de la puesta a tierra, que se introducen en el terreno y que facilitan el paso a tierra de cualquier carga eléctrica.

Existen diferentes tipos de electrodos: picas, placas, conductores enterrados, entre otros.

**ENERGÍA:** Capacidad de los cuerpos o conjunto de éstos para efectuar un trabajo. Todo cuerpo material que pasa de un estado a otro produce fenómenos físicos que no son otra cosa que manifestaciones de alguna transformación de la energía.

Capacidad de un cuerpo o sistema para realizar un trabajo. La energía eléctrica se mide en kilovatios hora (kw/h).

**FACTOR DE CORRECCIÓN:** Se obtiene de la demanda máxima registrada por el consumidor en las horas consideradas pico por la empresa eléctrica (18H00 – 22H00), dividido para la demanda máxima del consumidor durante el mes.

En ningún caso este factor de corrección deberá ser menor que 0.60.

**FACTOR DE POTENCIA:** Denominamos factor de potencia al cociente entre la potencia activa y la potencia aparente, que es coincidente con el coseno del ángulo entre la tensión y la corriente cuando la forma de onda es sinusoidal pura.

**FERUM:** Fondo de Electrificación Rural y Urbano Marginal.

**FUSIBLE:** Aparato de protección contra cortocircuitos que en caso de circular una corriente mayor de la nominal, interrumpe el paso de la misma.

**GRANDES USUARIOS:** Quienes contratan en forma independiente y para consumo propio su abastecimiento de energía eléctrica con el generador y/o distribuidor.

**HZ:** Símbolo de la unidad de frecuencia "hertz".

**ILUMINACIÓN DE EMERGENCIA:** Iluminación que debe entrar en funcionamiento automático y permitir, en caso de falla del alumbrado general o cuando la tensión de éste baje a menos del 70% de su valor nominal, la evacuación segura y fácil del público al exterior; solamente podrá ser alimentado por fuentes propias de energía y deberá poder funcionar durante un mínimo de una hora, proporcionando en el eje de los pasos principales una iluminación adecuada.

**INTERRUPTOR:** Aparato o sistema de poder de corte, destinado a efectuar la apertura y/o cierre de un circuito eléctrico. Puede ser unipolar, bipolar, tripolar o tetrapolar.

- **Unipolar:** Interruptor destinado a conectar o cortar un circuito formado por 1 cable.
- **Bipolar:** Interruptor destinado a conectar o cortar un circuito formado por dos cables. Puede ser un vivo y el neutro o dos fases.

- **Tripolar:** Interruptor destinado a conectar o cortar un circuito formado por tres cables.
- **Tetrapolar:** Interruptor destinado a conectar o cortar un circuito formado por 4 cables.

**KILOVATIO:** Es un múltiplo de la unidad de medida de la potencia eléctrica y representa 1.000 vatios

**KILOVATIO-HORA:** Unidad de energía utilizada para registrar los consumos.

**LÁMPARA FLUORESCENTE:** Una lámpara fluorescente tubular es en realidad una lámpara de descarga de vapor de mercurio de baja presión, en la cual la luz se produce mediante el empleo de polvos fluorescentes que son activados por la energía ultravioleta de la descarga.

**LÍNEA AÉREA:** Aquella que está constituida por conductores eléctricos desnudos, forrados o aislados, tendidos en el exterior de edificios o en espacios abiertos y que están soportados por postes u otro tipo de estructuras con los accesorios necesarios para la fijación, separación y aislamiento de los mismos conductores.

**LÍNEA SUBTERRÁNEA:** Aquella que está constituida por uno o varios conductores aislados que forman parte de un circuito eléctrico colocados bajo

el nivel del suelo, ya sea directamente enterrados, en ductos o en cualquier otro tipo de canalización.

**MOTOR ELÉCTRICO:** Aparato que permite la transformación de energía eléctrica en energía mecánica, esto se logra mediante la rotación de un campo magnético alrededor de unas espiras o bobinado.

**NEUTRO:** Nombre por el que se conoce al conductor neutro. En las instalaciones se identifica por tener el aislante de color blanco.

**RECARGO:** Es la relación  $[(\$ \text{de energía} + \$ \text{de demanda}) 0.92]$  /factor de potencia que tiene la fábrica.

**POTENCIA:** Es el trabajo o transferencia de energía realizada en la unidad de tiempo. Se mide en Vatios (W)

**POTENCIA ACTIVA:** Es la que efectivamente se aprovecha como potencia útil en el eje de un motor, la que se transforma en calor en la resistencia de un calefactor, etc.

**POTENCIA APARENTE:** Es la que resulta de considerar la tensión aplicada al consumo y la corriente que éste demanda, esta potencia es lo que limita la

utilización de transformadores, líneas de alimentación y demás elementos componentes de los circuitos eléctricos.

**POTENCIA INSTALADA:** Es la capacidad de la instalación eléctrica.

**POTENCIA NOMINAL DE UN MOTOR:** Es la potencia mecánica disponible sobre su eje, expresada en vatios, kilovatios o megavatios.

**POTENCIA REACTIVA:** Es la que los campos magnéticos de los motores, de los reactores ó balastos de iluminación etc. intercambian con la red sin significar un consumo de potencia activa en forma directa.

**PUESTA A TIERRA:** Es una instalación que permite el desfogue correcto de la corriente en caso de una avería que pudiera presentarse en partes metálicas de la vivienda o fábrica, protegiendo así equipos y las vidas de los seres humanos.

**SISTEMA MONOFÁSICO:** Sistema de corriente alterna, habitual en las viviendas que sólo tienen una fase y neutro.

**TARIFA:** Es el precio que los usuarios deben pagar por el servicio público de distribución de energía eléctrica.

**TENSIÓN:** Potencial eléctrico de un cuerpo. La diferencia de tensión entre dos puntos produce la circulación de corriente eléctrica cuando existe un conductor que los vincula. Se mide en Volt (V), y vulgarmente se la suele llamar voltaje.

**TENSIÓN NOMINAL:** Valor convencional de la tensión con la que se denomina un sistema o instalación y para los que ha sido previsto su funcionamiento y aislamiento.

**TIERRA:** Un punto de referencia común en un circuito eléctrico.

**VOLTIO (V):** El voltio se define como la diferencia de potencial a lo largo de un conductor cuando una corriente de un amperio utiliza un Vatio de potencia.  
Unidad del Sistema Internacional

**VATIO (W):** Es la unidad que mide potencia. Se abrevia W y su nombre se debe al físico inglés James Watt.



# **CAPÍTULO II**

## **2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE PLASTIDOR**

Plastidor es una empresa que se dedica a la elaboración de tuberías PVC de diferentes tamaños, características y usos. En este capítulo expondremos a manera general el proceso de fabricación, las características principales de la fábrica como: áreas de la planta, niveles de voltaje y potencias, además presentaremos los diagramas unifilares.

## **2.1 Proceso Productivo.**

### **Fabricación de tuberías plásticas de PVC**

El PVC (policloruro de vinilo) está compuesto de los siguientes elementos sencillos: cloro (derivado de la sal común) en un 57% y etileno (derivado del petróleo) en un 43 %.

La molécula de cloro es la que le otorga el carácter natural antinflama y las innumerables formas y propiedades al PVC. Primeramente, el cloro hace que el polímero sea compatible con una amplia gama de aditivos, permitiendo que se alteren las características del producto final y también diversas formas de procesamiento como extrusión, inyección, laminado, calandrado, entre otras. Al exponerlo al fuego, su desempeño resulta excelente, ya que posee características antinflama y auto extingible, o sea, basta retirar la fuente de calor que inmediatamente la llama se apaga.

### **PROPIEDADES:**

El PVC es uno de los materiales plásticos de mejor costo-ventaja actualmente disponibles en el mercado. Entre otras razones, sus excelentes propiedades técnicas justifican la calidad de este polímero. Sus propiedades

mecánicas y eléctricas, por ejemplo, hacen que este material sea ideal para aislar alambres y cables.

El 64% de las aplicaciones tiene una vida útil entre 15 y 100 años, y es esencialmente utilizado para la fabricación de tubos, ventanas, puertas, persianas, suelos, muebles, etc. Un 24% tiene una vida útil entre 2 y 15 años (utilizado para electrodomésticos, piezas de automóvil, mangueras, juguetes, etc.)

### **CARACTERISTICAS DE TUBOS DE (PVC)**

Las características de estos tubos pueden resumirse en los siguientes puntos:

- Son inertes a la corrosión por aguas y suelos agresivos
- La superficie interior de los tubos puede considerarse "hidráulicamente lisa"
- Tiene baja probabilidad de obstrucciones
- No favorecen el desarrollo de algas ni hongos
- Es un buen aislante eléctrico
- Tiene elevada resistencia a sustancias químicas
- Es liviano
- Versátil
- Es resistente al fuego: No propaga la llama- autoextinguible
- Resistente a la intemperie

- Reciclable
- Económico: Buena relación calidad/precio

### **Procesos de fabricación de la tubería de PVC.**

Los procesos comunes en la fabricación de tubería de PVC son: extrusión, inyección y formación manual de piezas.

#### **Extrusión:**

Después de pasar por la adecuada inspección y prueba de control de calidad, los fabricantes de resina de PVC embarcan ésta en forma de polvo a los productores de tubo. Al llegar a la planta ésta es transportada desde los camiones hasta los silos de almacenamiento.

Una vez en la planta la resina se sujeta nuevamente a otra inspección. Hay que recalcar que la materia prima usada para la fabricación de la tubería Plastidor es en su totalidad materia prima virgen importada, que cumple con las especificaciones y parámetros recomendados para formulaciones de PVC para tubería rígida. Estas especificaciones son verificadas en cada lote importado con los Certificados de Análisis emitidos por el fabricante y adicionalmente aprobadas luego del control interno que realiza el personal de laboratorio de Plastidor a ciertos parámetros. Una vez aprobadas, las materias primas son transportadas a la operación de mezclado, en donde los ingredientes son combinados en una proporción de peso exacto para así

formar un compuesto homogéneo. A esta operación se la conoce como mezclado en seco. Al término de este intenso mezclado a elevadas temperaturas de 107°C durante 7 minutos, la preparación del compuesto de PVC está terminada. Dependiendo de la demanda, el compuesto es transportado a la operación de extrusión, donde es colocado en el interior de una tolva para alimentar al extrusor. Los extrusores para fabricación de productos de PVC son en su gran mayoría de Multi-tornillo, al caer de la tolva el compuesto de PVC, en forma de polvo, pasa por la boquilla de inyección hacia el barril de extrusión, dentro de este el compuesto es recibido por tornillos giratorios.

Después de este proceso el material es transportado por una acción de bombeo a presión a través de los espacios entre el tornillo y el barril por todo el extrusor, conforme el material avanza a una temperatura y presión perfectamente controlada, este se convierte de un polvo seco en una masa viscosa de plástico. Para la obtención de un producto final con las características requeridas el proceso debe ser cuidadosamente monitoreado y controlado en forma precisa.

Cuando el proceso de plastificado es concluído y los elementos volátiles han sido eliminados del plástico fundido, el material es preparado para su formación final. La masa visco-elástica de plástico es empujada dentro de un dado de formado bajo una alta presión, 140 - 350 kg/cm<sup>2</sup> (2,000-5,000 PSI),

entonces el plástico caliente es moldeado en un perfil de forma cilíndrica. Al salir de este dado, el material está extremadamente caliente, aproximadamente a 200 °C, flexible y deformable. En este punto el plástico caliente es formado con precisión en un producto final con las dimensiones requeridas y después enfriado para solidificarlo.

El control dimensional del diámetro exterior se logra al forzar el paso del plástico caliente a través de una camisa dimensionadora al mismo tiempo que es jalado fuera del extrusor por un equipo conocido como jalón. El espesor de pared es controlado por la correcta sincronización entre el jalón y la velocidad de extrusión. Hasta que es obtenida la forma definitiva, el tubo de PVC es jalado fuera del extrusor hacia los tanques de enfriamiento, en donde es enfriado por agua templada a 12°C. Concluída esta operación pasa al marcado, al corte a la longitud exacta y formado del chaflán. En este punto el tubo terminado es transferido a la operación de acampanado.

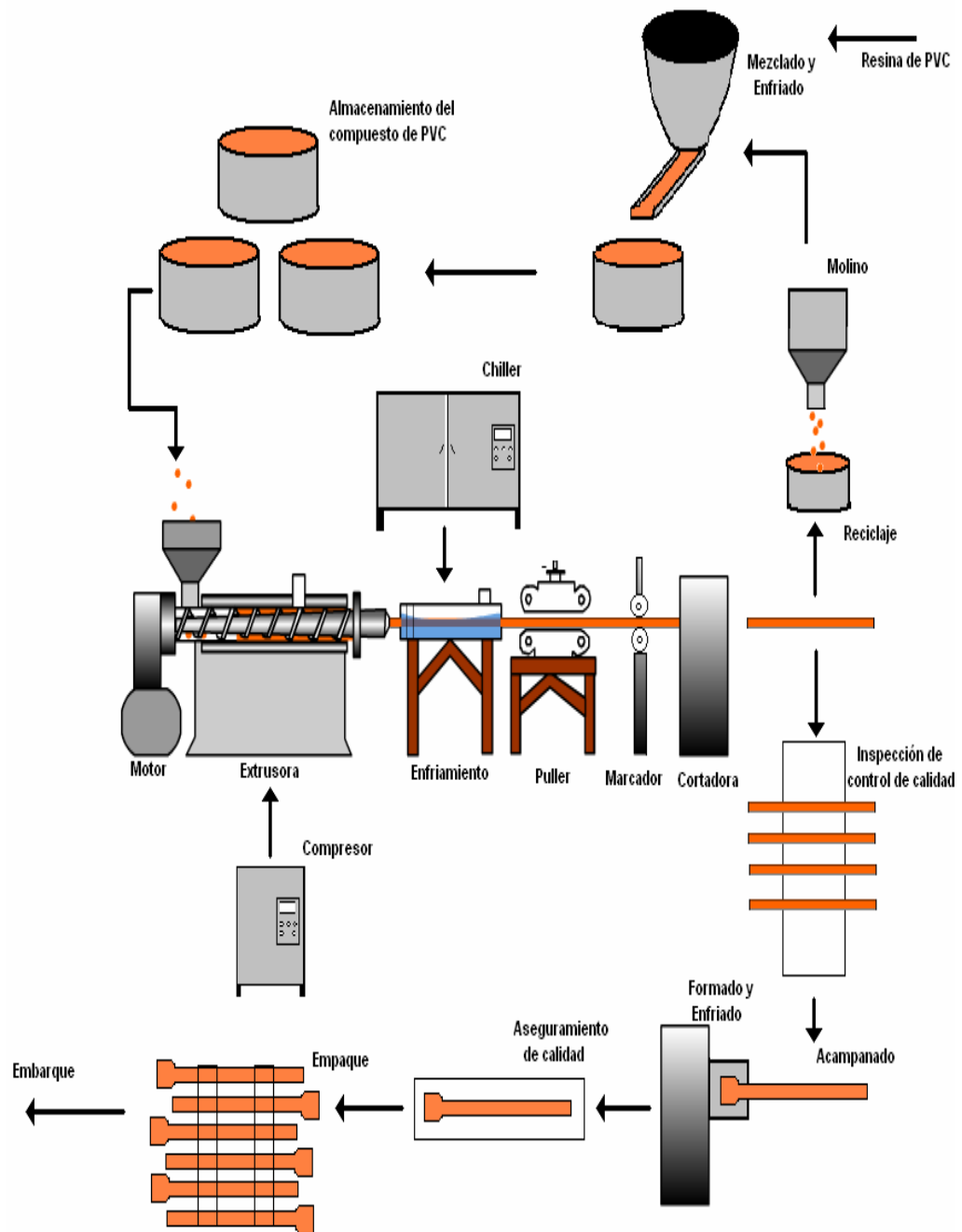


FIGURA 2.1 Proceso de Fabricación de tuberías PVC

### **Inspecciones y Pruebas de Control de Calidad:**

Las tuberías de Plastidor se fabrican cumpliendo las siguientes normas técnicas **NTE INEN 1373 (Instituto Ecuatoriano de Normalización)**, en cada uno de sus requisitos, y estos son:

Material usado, pruebas dimensionales (diámetro, espesor de pared), resistencia a la presión hidrostática interior sostenida, resistencia al impacto, resistencia a la reversión longitudinal del tubo por exposición a temperaturas elevadas, resistencia a la acetona para determinar la calidad de extrusión de los tubos. Estos requisitos comprenden las siguientes normas:

**INEN 499:** Determinación de las dimensiones

**INEN 503:** Determinación de la resistencia a la presión hidrostática interior sostenida

**INEN 504:** Determinación de la resistencia al impacto

**INEN 507:** Determinación de la resistencia a la acetona

**INEN 1325:** Ensayos de introducción en el horno

#### **2.1.1 Áreas principales.**

La empresa Plastidor consta de 4 áreas con 3 subestaciones trifásicas, compuestas de bancos de transformadores y 1 subestación monofásica que corresponde al área de oficina, que se podrán observar en el diagrama.



**En el apéndice A encontraremos el diagrama de las áreas principales de la fábrica Plastidor.**

Las áreas principales son:

**Área de Planta:** Proceso de Extrusión, cortado, acampanado, control de calidad, empaçado y embarque

**Área de Chiller:** Sistema de enfriamiento de agua, esencial para el proceso de fabricación.

**Área de Mezclado:** Combinación en seco de materias primas.

**Área de Oficinas:** Parte administrativa y de ventas.

## **2.2 Niveles de Voltaje y Potencia**

La empresa Plastidor es alimentada con un Voltaje de 13.8 Kv trifásico dependiente de la fábrica Plásticos Ecuatorianos, que juntas están calificadas por la Empresa Eléctrica como grandes consumidores.

### **2.2.1 Acometidas y subestaciones eléctricas**

En nuestro caso la acometida de alimentación principal para los dos bancos de transformadores, PLANTA Y MEZCLADO, es aérea, ésta entra primero al banco de transformadores de Mezclado y luego se desvía al cuarto de transformadores de Planta ya que estos dos cuartos quedan contiguos, pero toda la instalación es aérea, con lo cual no se estarán cumpliendo la normas que señala la Empresa Eléctrica, que disponen que las acometidas serán aéreas solo si el sector no está pavimentado y si no existen aceras construídas, lo cual no es el caso. La correcta entrada de acometida debería ser de manera subterránea, con la respectiva canalización señalada en los párrafos anteriores.

### **Transformadores**

Es el elemento primordial de la subestación, ya que el mismo cumple con el desempeño de reducir el voltaje de alimentación de la compañía suministradora a los voltajes de manejo de las cargas.

## Clasificación

Desde el punto de vista de su construcción, el cual está relacionado con su potencia, Plastidor posee los siguientes transformadores:

- De montaje en poste
- Por su enfriamiento:

OA = líquido aislante

AA = aire natural, también llamado seco

### 2.2.1.1 Tabla de Datos y Gráficos

#### Tabla de Datos de los transformadores

##### TRANSFORMADORES DE PLASTIDOR

	MARCA	FASES	VOLTAJE PRIMARIO	VOLTAJE SECUNDARIO	HZ	POTENCIA KVA	CLASE	Zo
<b>AREA DE PLANTA</b> <b>Banco Transformadores TF-067</b>	GE	3	7620/13200	120/240	60 Hz	3 x 167	OA	3,70%
Transformador seco CM60 TF-060	_	3	240	480	60 Hz	75	AA	5,10%
Transformador seco CM45 TF-061	_	3	240	480	60 Hz	75	AA	5,10%
Transformador seco CM55 TF-062	GE	3	240	480	60 Hz	75	AA	5,10%
Transformador seco CM80 TF-063	GE	3	230	380	60 Hz	95	AA	5,40%
<b>AREA DE CHILLER</b> <b>Banco Transformadores TF-065</b>	GE	3	7620/13200	120/240	60 Hz	3 x 75	OA	3,70%
<b>AREA DE MEZCLADO</b> <b>Banco Transformadores TF-068</b>	GE	3	7620/13200	120/240	60 Hz	3 x 50	OA	2,30%
Transformador seco MEZC TF-064	GE	3	230	460	60 Hz	75	AA	5,10%
<b>AREA DE OFICINA</b> <b>Transformador TF- 066</b>	GE	1	13200	240	60 Hz	25	OA	2,30%

Tabla 2.1 Datos de transformadores de Plastidor

## **2.2.2 Diagrama unifilar de Plastidor**

**En el apéndice B encontraremos el diagrama de las áreas principales de la fábrica Plastidor.**

### **Abreviaturas del diagrama:**

#### **Planta**

PDP1: Panel de distribución luminaria Planta

PD1: Panel de distribución laboratorio

PDP2: Panel de distribución oficina de Planta

PD1: Panel de distribución

PDP3: Horno de calentamiento

PDP4: Compresor

PDP5: Transportadoras

#### **Chiller**

PD1: Panel de distribución de accesorios

#### **Mezclado**

PD1: Panel de distribución

#### **Oficinas**

PD1: Panel de distribución 1

PD2: Panel de distribución 2

PD3: Panel de distribución 3

# CAPÍTULO III

## 3 INVENTARIO Y MEDICIONES DE EQUIPOS

Plastidor es una fábrica que utiliza en un 95% equipos eléctricos en su proceso productivo más que equipos electrónicos, como principales componentes: los motores; sistemas de protección: breakers; control: contactores.

En este capítulo presentaremos una lista de motores y breakers, para en el siguiente capítulo ejecutar el respectivo análisis del correcto dimensionamiento.

Además mostraremos de qué manera se realizó las mediciones durante una semana en cada subestación, qué equipo se utilizó y cuáles fueron los resultados.

### 3.1. Recopilación de Datos de Equipos.

#### TABLA DE BREAKERS

##### PLANTA

BREAKERS	MARCA	FASES	VOLTAJE V	CORRIENTE A	FREC F	TEMP °C	Ik KA
Breaker principal	General Electric	3	240	1000	60		
<b>Breaker principal CM45</b>	General Electric	3	240	250	60		65
Breaker motor CM45	Square D	3	480	175	60		
Breaker Equipos CM45	Square D	3	240	125	60		
<b>Breaker principal CM55</b>	Sace - Sud	3	500/240	500	60	40	20
<b>Breaker principal CM60</b>	Disjoncteur	3	240	150	60		42
Breaker motor CM60	Square D	3	480	175	60		
Breaker Equipos CM60	Square D	3	240	125	60	70	
<b>Breaker principal CM80</b>	General Electric	3	240	350	60		65
Breaker equipos CM80	Square D	3	220	300	60		30
Breaker principal Motor CM80	General Electric	3	240	350	60	70	65
Segundo breaker motor CM80	Square D	3	440	300	60		
<b>Breaker oficina de producción planta</b>	Westinghouse	3	250	250	60		
Breaker toma aceite neumático		3	240	50	60		
Breaker toma aceite		1	240	30	60		
Breaker toma 110V		1	240	30	60		
Breaker principal esmeriles		3	240	15	60		
Breaker oficina planta		1	240	20	60		
Breaker alumbrado bodega - comedor		1	240	20	60		
Breakers acondicionador de aire		1	240	20	60		
Breakers toma 220V		1	240	50	60		
Breakers luces de emergencia		1	240	20	60		
<b>Breaker principal pulverizado</b>	Disjoncteur	3	415/240	350	60		42
Breaker pulverizado secundario	Cutler Hammer	3	690	400	60	40	35

Tabla 3.1 Tabla de breakers de planta

BREAKERS	MARCA	FASES	VOLTAJE V	CORRIENTE A	FREC F	TEMP °C	Ik KA
<b>Breaker principal molino pequeño</b>	Westinghouse	3	240	70	60	60/75°C	
Breaker secundario molino pequeño	General Electric	3	240	20	60	70	
<b>Breaker compresor</b>	Terasaki	3	240	60	60		
Breaker secundario compresor	Terasaki	3	240	60	60		
<b>Breaker Panel transportador</b>	Siemens	3	240	80	60	70	25
Breaker de transportador CM80		3	220	30	60		
Breaker de transportador CM55		3	220	30	60		
Breaker de transportador CM45		3	220	30	60		
<b>Bomba de Agua</b>	Square D	3	240	100	60	40	
<b>Breaker Horno de Calentamiento</b>	Merlin Gerin	3	600/240	250	60		
Breaker de resistencias motor horno grande	Merlin Gerin	3	400	50	60	50	

Breaker Motor aceite	Merlin Gerin	3	400	20	50/60	50	20
Breaker Horno grande	Merlin Gerin	3	400	15	60	40	20
<b>Breaker principal Luminaria Planta</b>	General Electric	3	240	100	60		10
Breakers principales Laboratorio	General Electric	1	220	50	60		
Breaker de toma e iluminación	General Electric	3	220	50	60		
Breaker toma 220V	General Electric	3	220	20	60		
Breaker luminaria CM55	General Electric	1	220	20	60		
Breaker luminaria CM80	General Electric	1	220	20	60		
Breaker luminaria CM45	General Electric	1	220	20	60		
2 Breakers toma 220V	General Electric	1	220	20	60		
Breaker toma 110	General Electric	1	220	20	60		
Ablandador	General Electric	3	220	30	60		

Tabla 3.1 Continuación tabla de breakers de Planta

<b>CHILLER</b>							
<b>BREAKERS</b>	<b>MARCA</b>	<b>FASES</b>	<b>VOLTAJE V</b>	<b>CORRIENTE A</b>	<b>FREC Hz</b>	<b>TEMP °C</b>	<b>Ik KA</b>
Breaker principal	Square D	3	240	600	60		42
Breaker principal Molino Grande	Square D	3	240	200	60		42
Breaker secundario Molino grande	Square D	3	240	75	60		10
Breaker Chiller	Square D	3	240	400	60		25
Breaker Accesorios	CQD	2	240	100	60		65

Tabla 3.2 Tabla de breakers de Chiller

<b>MEZCLADO</b>							
<b>BREAKERS</b>	<b>MARCA</b>	<b>FASES</b>	<b>VOLTAJE V</b>	<b>CORRIENTE A</b>	<b>FREC Hz</b>	<b>TEMP °C</b>	<b>Ik KA</b>
Breaker principal ollas de enfriamiento y calentamiento	Cutler Hammer	3	240	500	60		42
Breaker principal Luces y tomas	Siemens	3	240	63	60		12
breaker principal Motor Vacío	Siemens	3	240	125	60		

Tabla 3.3 Tabla de breakers de Mezclado

<b>OFICINA</b>							
<b>BREAKERS</b>	<b>MARCA</b>	<b>FASES</b>	<b>VOLTAJE V</b>	<b>CORRIENTE A</b>	<b>FREC Hz</b>	<b>TEMP °C</b>	<b>Ik KA</b>
Breaker principal de oficina	General Electric	2	240	150	60		
Breaker luminaria exterior		2	240	20	60		
Breaker Caja 1		2	240	100	60		
Breaker Ventilador 2		2	240	50	60		
Breaker Caja 2		2	240	100	60		
Breaker oficina de bodega		2	240	50	60		
Breaker Ventilador 1		2	240	50	60		

Tabla 3.4 Tabla de breakers de Oficina

## MOTORES

### PLANTA EXTRUSORAS CM45

Motores	Marca	Voltaje (v)		Corriente(A)		Frecuencia HZ	Potencia HP	FP	F S	RPM	TEMP °C
		1φ	3φ	1φ	3φ						
Principal de la extrusora	EMERSON	440		24		60	20	N.T	1	1250	40
Motor Ventilador	GE		208-230-460		5.0 - 1.7- 0.85	60		N.T	1	3450	40
Motor Dosificador *			220		8		½		1		
Motor Enfriamiento-aceite tornillo	N.T		200-230-460		2.4 - 2.8 - 1.4	60/50	½	N.T	1	N.C	40
Motor Bomba de vacío	N.T		208-220-440		8.2 - 8.4 - 4.2	60	3		1		
Motor Enfriamiento-aceite barril	N.T		208-220-440		8 - 9 - 4.2	60	3	N.T	1	1750	40
Transportador de material	WEED		220-380-440		6.9 - 3.99 - 3.45	60	2	N.T	1	1720	40
Bomba de vacío de la tina	WEED		220-380-440		8.50 - 4.90 - 4.25	60	3	N.T	1	N.V	40
Puller Motor	US EJE		230-460		9.0-4.5	60	3	N.T	1		
Sierra Motor	SIEMENS		220-440		7.2	60	2.4	N.T	1	3450	40
Roscadora 1	EMERSON		220		15	60	1 1/2	N.T	1	1725	40
Roscadora 2	EMERSON		220		15	60	1 1/2	N.T	1	1725	40

Tabla 3.5 Tabla de motores extrusora CM45

### CM55

Motores	Marca	Voltaje (v)		Corriente(A)		Frecuencia HZ	Potencia HP	FP	F S	RPM	TEMP °C
		1φ	3φ	1φ	3φ						
Principal de la extrusora	MARKTREAW	440		40		60	33	N.T	1	1980	40
Motor Ventilador	ASEA		380-420		1,5	50	¾	N.T	1	2820	40
Motor Dosificador	ASEA		230		5,0	60	1,5	N.T	1	3000	40
Motor Enfriamiento-aceite tornillo	ASEA		230		2,3	50	5	N.T	1	1400	40
Motor Bomba de vacío	SIEMENS		220-440		16.0-8.0	60	5	0,86	1	3480	40
Motor Enfriamiento-aceite barril	GE		208-220-440		3.6-3.8-1.19	60	3	N.T	1	N.V	40
Transportador de material	WEED		220-380-440		6.9 - 3.99 - 3.45	60	2	N.T	1	1720	40
Bomba de vacío de la tina	WEED		220-380-440		8.50 - 4.90 - 4.25	60	3	N.T	1	3450	40
Puller Motor	UNIMOUNT		230-460		9.0-4.5	60	3	N.T	1	1750	40
Sierra Motor	ASEA		380-440		2,9	50	1,5	0,78	1	1410	40

Tabla 3.6 Tabla de motores extrusora CM55



**CM 80**

Motores	Marca	Voltaje (v)		Corriente(A)		Frecuencia HZ	Potencia HP	FP	F S	RPM	TEMP °C
		1φ	3φ	1φ	3φ						
Principal de la extrusora	POWERTEC	440		142		60	75	N.T	1	2500	40
Motor Ventilador	N.T		230-460		2.8-1.2	60/50	¾	N.T	1	1725	40
Motor Dosificador	GE		230		5,0	60	1	N.T	1	1725	40
Motor Enfriamiento-aceite tornillo	BALDOR		230-460		3-1.5	60	¾	N.T	1	1725	40
Motor Bomba de vacío	SHIH PUMPS		230-460		7.8-3.9	50	3	0,86	1	3450	40
Motor Enfriamiento-aceite barril	BALDOR		208-220-440		3.2-3-1.5	60	¾	N.T	1	1725	40
Transportador de material	SIEMENS		220-440		5.8-2.9	60	1,5	N.T	1	1700	40
Bomba de vacío de la tina	N.T		230-460		10-5.0	50	3	N.T	1	1750	40
Tina de motor lluvia 1	SU		230-460		13.7-6.85	60	5	N.T	1	3500	40
Tina de motor lluvia 2	BALDOR		230-460		11.2-5.6	50	5	N.T	1	3500	40
Puller Motor Superior	ANTIRBSELECTRIC		230		5	50	1,5	N.T	1	3000	40
Puller Motor Inferior	ANTIRBSELECTRIC		230		5	50	1,5	N.T	1	3000	40
Sierra Motor	ASEA		220		6,9	50	3	N.T	1	N.T	40

Tabla 3.7 Tabla de motores extrusora CM80

**CM 60**

Motores	Marca	Voltaje (v)		Corriente(A)		Frecuencia HZ	Potencia HP	FP	F S	RPM	TEMP °C
		1φ	3φ	1φ	3φ						
Principal de la extrusora	GE	440		42,7		60	25	N.T	1	2300	40
Motor Ventilador			230		6		2,0			3600	40
Motor Dosificador	GE		230		10,0	60	1	N.T	1	1725	40
Motor Enfriamiento-aceite tornillo			230		1	60	½				
Motor Bomba de vacío	ASEA		220-440		4.0-8.0	50	3	0,86	1	3000	40
Puller Motor	GE		230		5,3		1,5	N.T		1725	40
Transportador de material	SIEMENS		220-440		7.6-3.5	60	2	N.T	1	1700	40
Sierra Motor	N.T		230-460		6.2-3.1	60	2	N.T	1	1720	40

Tabla 3.8 Tabla de motores extrusora CM60

**PANEL DE DISTRIBUCIÓN LUMINARIA PLANTA**

Motores	Marca	Voltaje (v)		Corriente(A)		Frecuencia HZ	Potencia HP	FP	F S	RPM	TEMP °C
		1φ	3φ	1φ	3φ						
Ablandador	GE		220		6,5	60	1	0,86	1	1450	40

Tabla 3.9 Tabla de motores PD luminaria planta

**HORNO DE CALENTAMIENTO**

Motores	Marca	Voltaje (v)		Corriente(A)		Frecuencia HZ	Potencia HP	FP	F S	RPM	TEMP °C
		1φ	3φ	1φ	3φ						
Horno Pequeño	N.T		230-460		5.6-2.8	60	2	0,86	1	1725	40
Horno Grande	INDUCAO-GAIOLA		220-380-440		3.02-1.75-1.51	60	1	0,82		3470	40
Motor de aceite transformación	INDUCAO-GAIOLA		220-380-440		1.4-8.11-7.0	60		0,81	1	1715	40

Tabla 3.10 Tabla de motores horno de calentamiento

**BOMBA DE AGUA**

Motores	Marca	Voltaje (v)		Corriente(A)		Frecuencia HZ	Potencia HP	FP	F S	RPM	TEMP °C
		1φ	3φ	1φ	3φ						
Planta	BALDOR		208-230-460		42-38-19	60	15	0,86	1	3460	40
Mezclado	BALDOR		208-230-460		13.5-11-5-5.7	60	5	0,8	1	3450	40

Tabla 3.11 Tabla de motores bomba de agua

**PULVERIZADO**

Motores	Marca	Voltaje (v)		Corriente(A)		Frecuencia HZ	Potencia HP	FP	F S	RPM	TEMP °C
		1φ	3φ	1φ	3φ						
Pulverizado	USD ELECTRICAL		220-440		30.5-15.2	60	125	N.T	1	3460	40

Tabla 3.12 Tabla de motores pulverizado

**MOLINO PEQUEÑO**

Motores	Marca	Voltaje (v)		Corriente(A)		Frecuencia HZ	Potencia HP	FP	F S	RPM	TEMP °C
		1φ	3φ	1φ	3φ						
Motor Sierra	SIEMENS		220-440		19-9.5	60	7 1/2	0,8	1	N.T	40
Motor Pequeño*	DELCO		230		25	60	2	N.T	N.T	N.T	40
Extractor Molino Pequeño	DELCO		230-460		3.6/1.53	60	1	N.T	1	3505	40

Tabla 3.13 Tabla de motores molino pequeño

**COMPRESOR DE AIRE**

Motores	Marca	Voltaje (v)		Corriente(A)		Frecuencia HZ	Potencia HP	FP	F S	RPM	TEMP °C
		1φ	3φ	1φ	3φ						
Compresor	SIEMENS		220		42	60	15	0,89	1	N.T	40
Ventilador	WEY		220		4	60	0,5	N.T	1	1720	40

Tabla 3.14 Tabla de motores compresor de aire

**TRANSPORTADOR**

Motores	Marca	Voltaje (v)		Corriente(A)		Frecuencia HZ	Potencia HP	FP	F S	RPM	TEMP °C
		1φ	3φ	1φ	3φ						
CM 45	WEED		220-380-440		6.9-3.99-3.45	60	2	N.T	1	1720	40
CM 55	WEY		220-380-440		6.9-3.99-3.45	60	2	N.T	1	1720	40
CM 80	SIEMENS		220-440		5.8-2.9	60	1.5	N.T	1	1700	40

Tabla 3.15 Tabla de motores transportador

**CHILLER****MOLINO GRANDE**

Motores	Marca	Voltaje (v)		Corriente(A)		Frecuencia HZ	Potencia HP	FP	F S	RPM	TEMP °C
		1φ	3φ	1φ	3φ						
Molino Grande*			230		100		40				40

Tabla 3.16 Tabla de motores molino grande

**CHILLER**

Motores	Marca	Voltaje (v)		Corriente(A)		Frecuencia HZ	Potencia HP	FP	F S	RPM	TEMP °C
		1φ	3φ	1φ	3φ						
Compresor 1	TRANE		230		40,2	60	N.T	N.T	1	N.T	N.T
Compresor 2	TRANE		230		40,2	60	N.T	N.T	1	N.T	N.T
Ventilador 1	MAGNECTEC		230		4,8	60	N.T	N.T	1	850	N.T
Ventilador 2	MAGNECTEC		230		4,8	60	N.T	N.T	1	850	N.T

Tabla 3.17 Tabla de motores chiller

**ACCESORIOS**

Motores	Marca	Voltaje (v)		Corriente(A)		Frecuencia HZ	Potencia HP	FP	F S	RPM	TEMP °C
		1φ	3φ	1φ	3φ						
Esmeril de pedestal	ELECTRIC BENCH		220		N.T	60	1	N.T	1	1720	40
Esmeril de pedestal 2	ELECTRIC BENCH	120			N.T	60	1	N.T	1	1720	40
Taladro de Pedestal	CHIN		220		4,5	60	½	N.T	1	1720	40
Taladro de Pedestal 2	CHIN		220		4,5	60	½	N.T	1	1720	40
Caladora Manual	BLACK&DECKER			4,5		60	½	N.T	1	3100	40
Caladora Manual 2	BLACK&DECKER	120		4,5		60	½	N.T	1	3100	40
Cortadora de Angulo Recto	UL	120		15		60	½	N.T	1	3800	40

Tabla 3.18 Tabla de motores accesorios

**MEZCLADO**

Motores	Marca	Voltaje (v)		Corriente(A)		Frecuencia HZ	Potencia HP	FP	F S	RPM	TEMP °C
		1φ	3φ	1φ	3φ						
Olla de Calentamiento	N.T		380		116	60	75	0,93	1	N.T	40
Olla de Enfriamiento	N.T		380		23,8	50	15	N.T	1	2915	40

Tabla 3.19 Tabla de motores mezclado

**PANEL DE DISTRIBUCIÓN MEZCLADO**

Motores	Marca	Voltaje (v)		Corriente(A)		Frecuencia HZ	Potencia HP	FP	F S	RPM	TEMP °C
		1φ	3φ	1φ	3φ						
Recorrido horizontal este-oeste 1	SITI		220-380		1.03-0.59	50	½	0,72	1	2760	40
Recorrido horizontal este-oeste 2	SITI		220-380		1.03-0.59	50	½	0,72	1	2760	40

Tabla 3.20 Tabla de motores panel de distribución mezclado

**MOTOR VACIO**

Motores	Marca	Voltaje (v)		Corriente(A)		Frecuencia HZ	Potencia HP	FP	F S	RPM	TEMP °C
		1φ	3φ	1φ	3φ						
Vacio Motor	GE		230-460		59.6-29.8	60	25	N.T	1	3450	40

Tabla 3.21 Tabla de motores motor vacío

**OFICINAS**

Motores	Marca	Voltaje (v)		Corriente(A)		Frecuencia HZ	Potencia HP	FP	F S	RPM	TEMP °C
		1φ	3φ	1φ	3φ						
Ventilador 1	N.T		230		39	60	5	N.T	1	N.T	40
Ventilador 2	N.T		230		39	60	5	N.T	1	N.T	40

Tabla 3.22 Tabla de motores oficinas

## 3.2. Registro y mediciones puntuales

### 3.2.1. Descripción de equipos de Medición

El equipo de medición utilizado para nuestro proyecto de tesis es el **AR5 de CIRCUTOR** el cual utiliza el software **POWER VISION**.



Figura 3.1 Equipo AR5 de CIRCUTOR

### CARACTERÍSTICAS GENERALES

El equipo **AR.5** es un analizador de redes portátiles que **mide, visualiza y guarda en memoria** los principales parámetros eléctricos de una red monofásica o trifásica (equilibrada / desequilibrada).

La serie **AR.5** se caracteriza por:

- Su elevada facilidad de uso, puesto que gracias a su display gráfico todas las funciones se controlan a través de un teclado, con menús desplegados.
- Su gran flexibilidad, dado que puede reprogramarse para que trabaje como otro tipo de analizadores (analizador de perturbaciones, armónicos, etc.), diferente a la función de analizador de redes.

Programas disponibles hasta el momento:

- Programa de energía
- Programa de calidad de red (perturbaciones)
- Programa de armónicos.
- Programa de flicker (calidad de suministro de tensión)
- Programa CHECK METER (verificador de contadores)

### **Sistema de medida**

4 entradas de tensión y 3 entradas para pinzas de corriente.

### **FUNCIONAMIENTO COMO ANALIZADOR DE REDES**

#### **Aplicaciones:**

El **AR.5** con el programa “analizador de redes” permite la medición y visualización de más de 30 parámetros eléctricos en verdadero valor eficaz que periódicamente guarda en memoria para un posterior análisis con el software POWER VISION, lo cual permite:

- El ahorro de los costos de la energía eléctrica mediante la optimización de contratación de las tarifas eléctricas.
- El cálculo de la batería de condensadores necesaria para la compensación de la energía reactiva.
- Estudios sobre la calidad de la energía eléctrica. Evolución de las cargas, sobretensiones/subtensiones, máximas y mínimas.

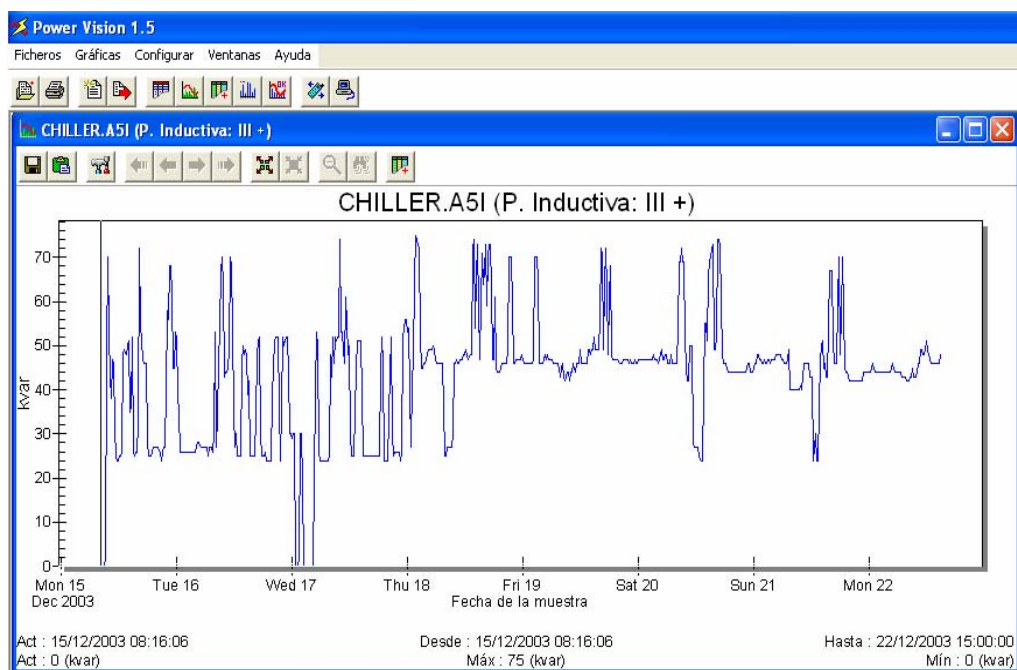


Figura 3.2 Visualización del Software Power Vision – Potencia Inductiva

### Datos memorizados:

Periódicamente registra en memoria todos los parámetros eléctricos medidos, o bien, para una mejor optimización de la memoria, se puede elegir que grabe sólo determinados parámetros que posteriormente pueden ser enviados vía **RS-232** a un ordenador y ser tratado por el software **POWER VISION** o por una hoja de cálculo.

The screenshot shows the 'Positivos (CHILLER.A5I)' window in Power Vision 1.5. The window title is 'Positivos (CHILLER.A5I)'. The main area displays a table of electrical data for a chiller unit. The table is organized into two main sections: a top section with columns for phases (L1, L2, L3, III) and a bottom section with columns for energy types (Activa, Inductiva, Capacitiva) and frequency.

Fecha 15/12/2003 08:16:06		Período: 00:15:00			
	L1	L2	L3	III	
Tensión [V]	137	138	137	137	
Tensión Máx. [V]	138	138	138		
Tensión Mín. [V]	137	137	137		
Corriente [A]	0	0	0	0	
Corriente máx. [A]	0	23	22		
Corriente mín. [A]	0	0	0		
P. Activa [kW]	0	0	0	0	
P. Inductiva [kvar]	0	0	0	0	
P. Capacitiva [kvar]	0	0	0	0	
Factor pot.	0.00	0.00	0.00	0.00	
		Activa (kWh)	Inductiva (kvarh)	Capacitiva (kvarh)	
Energías	0.001	0.001	0.000		
Frecuencia [Hz]					60.0

Figura 3.3 Visualización del Software Power Vision – Datos generales

Además existen múltiples posibilidades de trigger para activar la captura de datos (por horario y/o por nivel de algunas variables).

#### Métodos de medición:

- Trifásico equilibrado/desequilibrado (3 pinzas de corriente).
- Aron (2 pinzas).
- Monofásico (1 pinza).
- Trifásico equilibrado (1 pinza).
- Trifásico (3 o 4 hilos)



## **ANALIZADOR DE ARMÓNICOS**

El **AR.5** con el programa "analizador de armónicos" analiza las 3 fases tanto de tensión como de intensidad, pudiendo visualizar las formas de onda y realizando el cálculo de los armónicos tanto en amplitud como en fase. Puede analizar hasta el armónico 50. El usuario puede seleccionar entre el armónico 30 ó 50.

## **CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

### **Circuito de alimentación:**

Tensión 230 V ac

Tolerancia +10% -15%

Frecuencia 50-60 Hz

Batería interna, autonomía: 4-8 horas modo continuo

Consumo: 8 VA

Temp. de trabajo 0-50 °C

Accesorio cargador de baterías exterior.

### **Medida de tensión:**

Rango de medida: 20-860 V ac (f-f)

Medida entre fases o fase-neutro

Otras tensiones a través de transformador de tensión.

Frecuencia: 45-65 Hz

Circuito de tensión aislado.

**Medida de corriente:**

Rango medida según pinzas, 0-5000 A

Relación de transformador de corriente programable.

Unidades de medida: Escala automática

Reloj interno con fecha y hora

**Display:**

- Gráfico 160 x 160 pixels
- Control de contraste por teclado
- Visualizaciones gráficas y numéricas
- Todos los datos eléctricos en una pantalla.

**Sistema de medida:**

- Microprocesador 16 bits
- Memoria Eprom o Flash Eprom (s/ versión).
- Medida de 4 cuadrantes.
- Conversor 12 bits.
- Medida continua o intermitente (elegible)

**Programación:**

- Fácil programación asistida por menús de ventana desde el propio equipo.
- Volcado al PC a través de salida RS-232 alojada en la caja de cargador de baterías.

**Clase de precisión:**

Corriente 0.5 % +/- 2 dígitos

Tensión 0.5 % +/- 2 dígitos

Potencia activa 1% lectura +/-2 dígitos

Potencia reactiva 1% lectura +/-2 dígitos

Estas precisiones están dadas bajo las siguientes condiciones:

- Exclusión de los errores aportados por los transformadores de tensión y corriente externos.

Rango de temperaturas: de 5 a 45 °C

Factor de potencia: de 0.5 a 1

Margen de medida: de 5% a 100 %

**3.2.2. Datos y gráficos obtenidos con el equipo de medición AR5**

Las mediciones se realizaron durante una semana en cada subestación: Planta, Chiller y Mezclado, como necesitamos realizar el estudio de armónicos, éste era el tiempo determinado por el CONELEC para posteriormente proceder con un correcto análisis. A continuación los resultados obtenidos en gráficas:

## PLANTA

**Power Vision 1.5**  
 Ficheros Gráficas Configurar Ventanas Ayuda

Positivos (Plastidor 2(planta).A5I)

Fecha 10/12/2003 22:45:00 Período: 00:15:00

	L1	L2	L3	III		
Tensión (V)	134	135	134	134		
Tensión Máx. (V)	135	135	135			
Tensión Mín. (V)	134	134	134			
Corriente (A)	792	747	769	769		
Corriente máx. (A)	869	824	854			
Corriente mín. (A)	713	682	712			
P. Activa (kW)	89	84	89	262		
P. Inductiva (kvar)	57	56	52	165		
P. Capacitiva (kvar)	0	0	0	0		
Factor pot.	0.84	0.83	0.86	0.84		
	Activa (kWh)		Inductiva (kvarh)		Capacitiva (kvarh)	
Energías	5842.895		3812.477		0.090	
Frecuencia (Hz)					60.0	

Figura 3.4 Datos generales de Planta, periodo de más alta carga

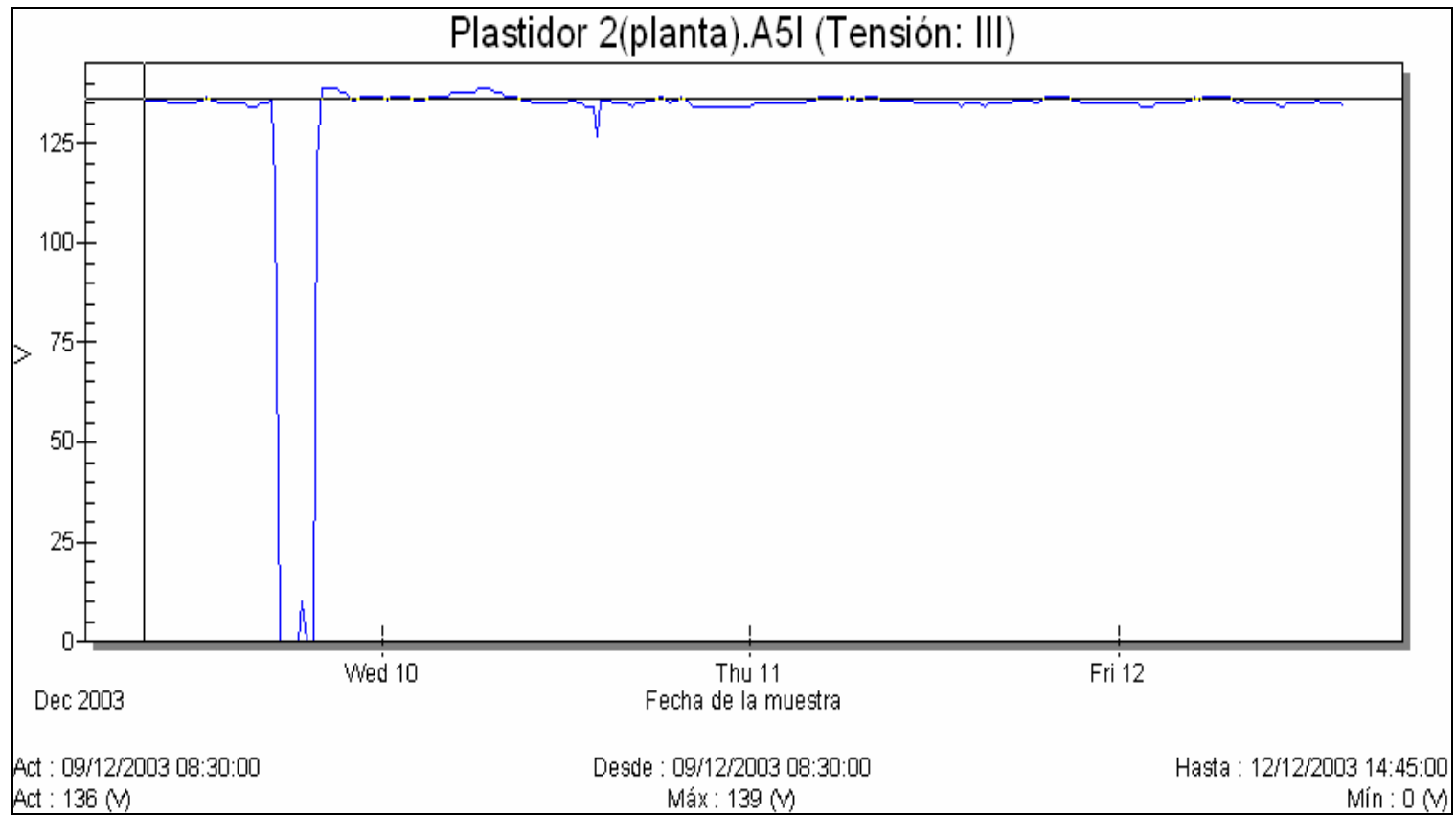


Figura 3.5 Variaciones del voltaje trifásico de Planta

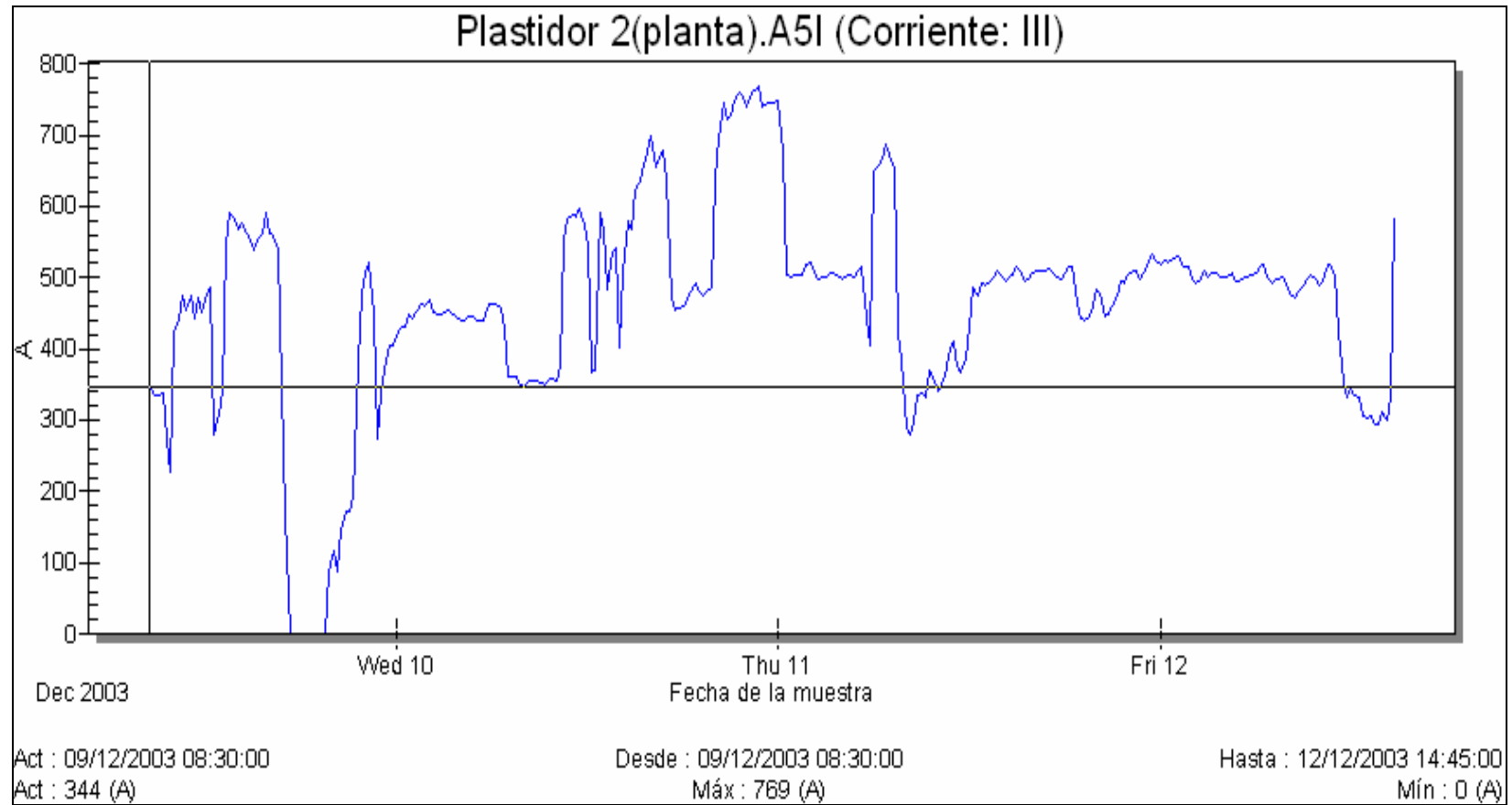


Figura 3.6 Variaciones de la corriente trifásica de Planta

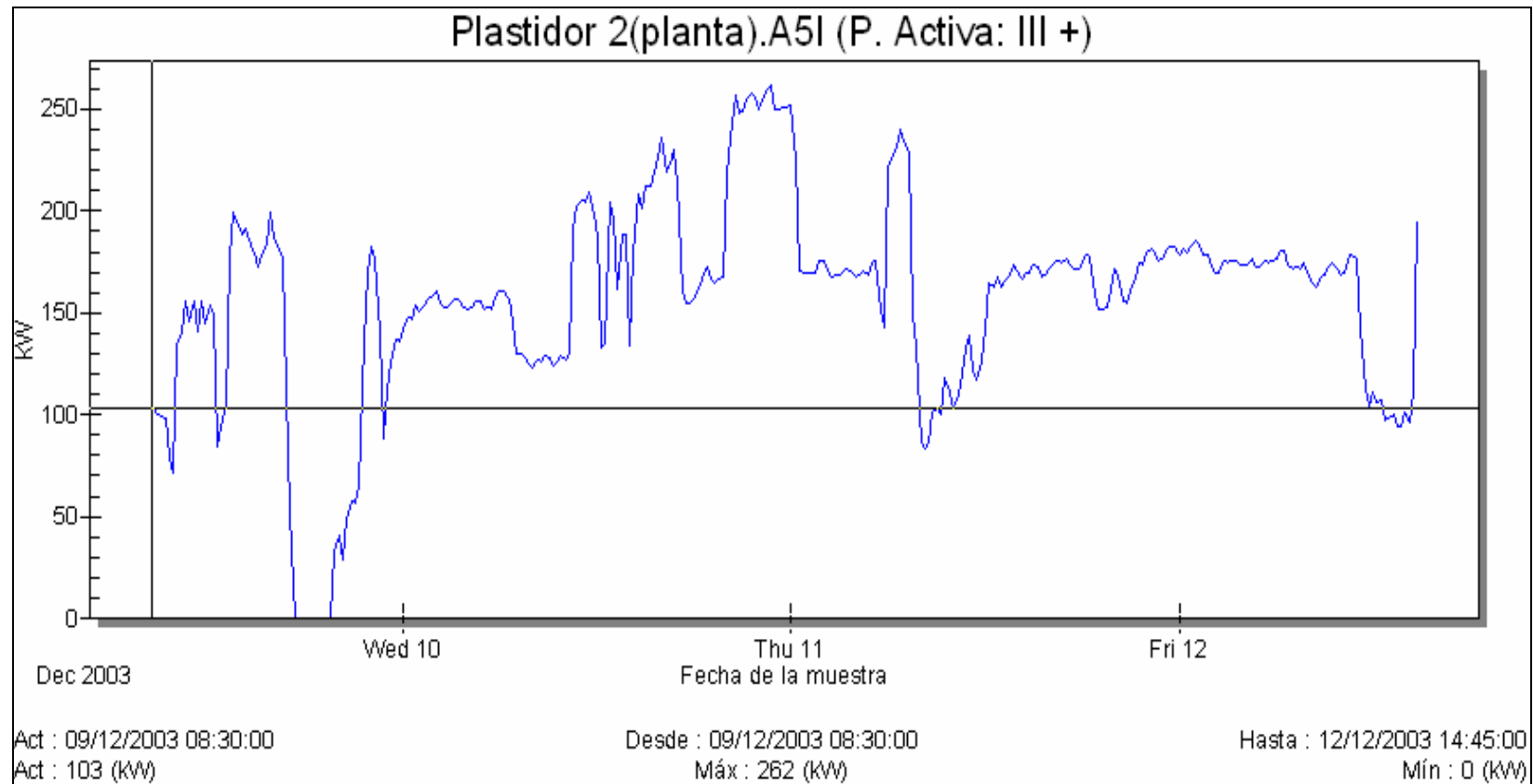


Figura 3.7 Variaciones de la potencia activa de Planta

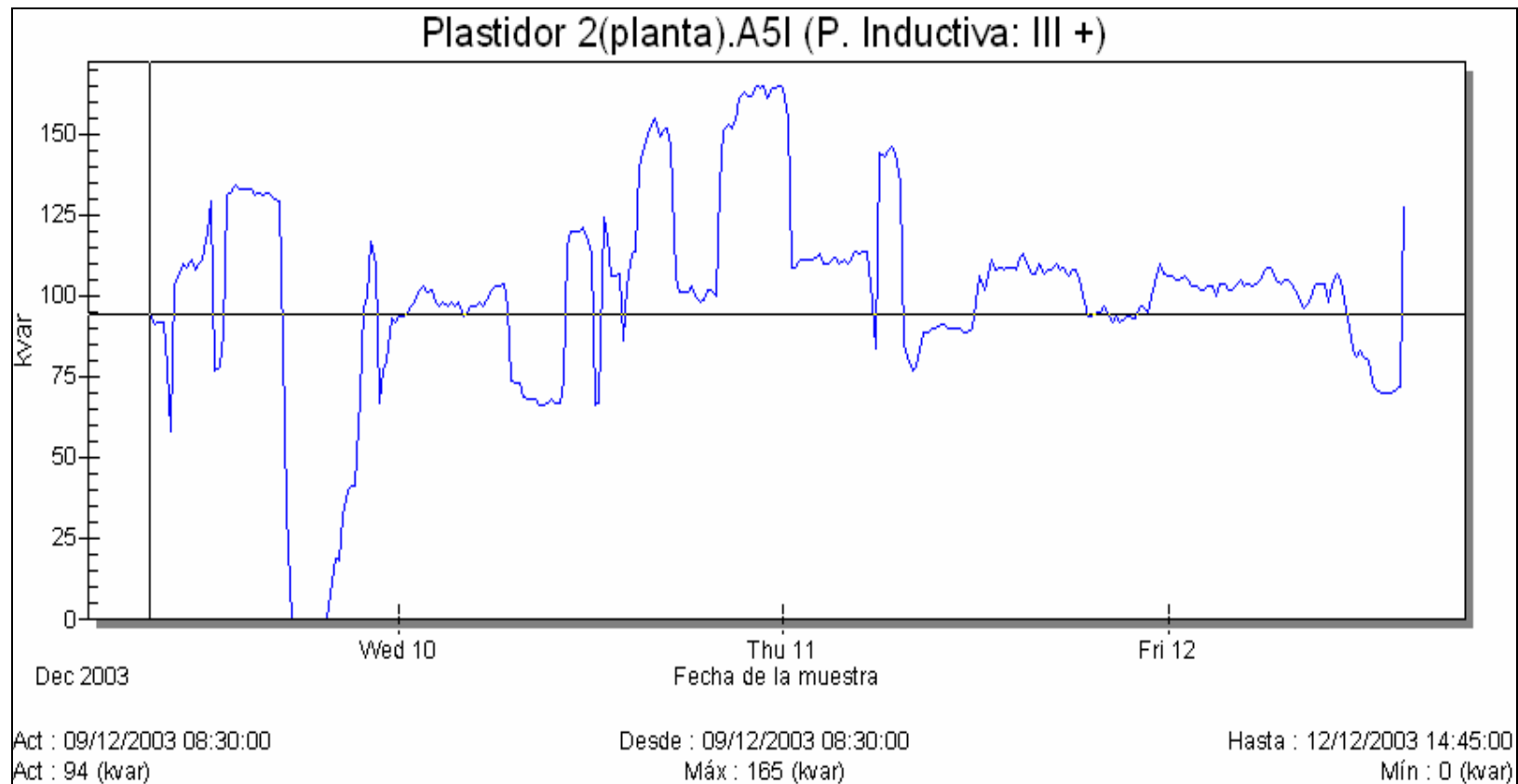


Figura 3.8 Variaciones de la potencia inductiva de Planta



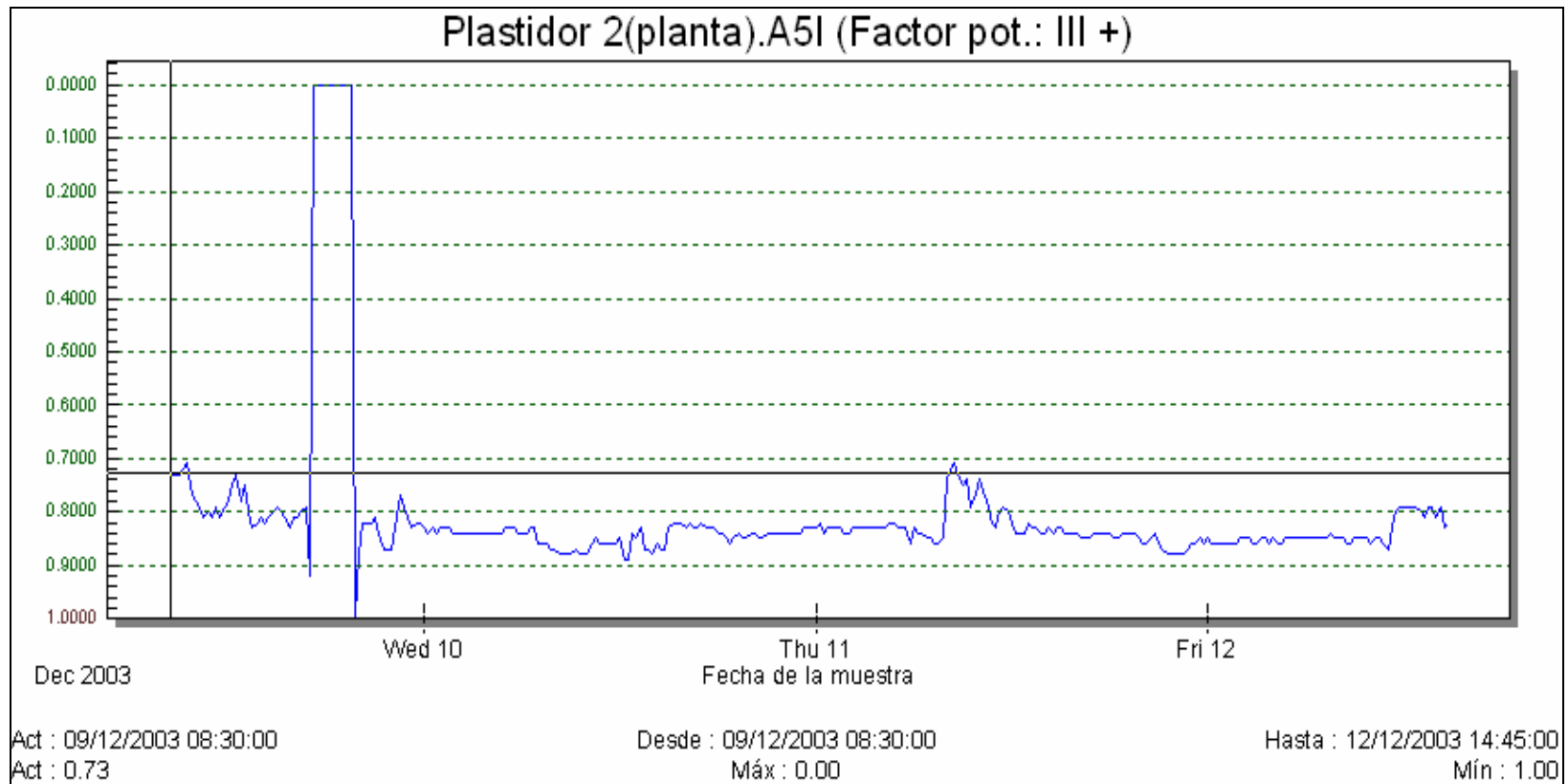


Figura 3.9 Variaciones del factor de potencia de Planta

## CHILLER

**Power Vision 1.5**  
 Ficheros Gráficas Configurar Ventanas Ayuda

Fecha 15/12/2003 16:15:00 Período: 00:15:00

	L1	L2	L3	III
Tensión (V)	136	137	136	136
Tensión Máx. (V)	137	138	137	
Tensión Mín. (V)	134	135	134	
Corriente (A)	307	337	330	324
Corriente máx. (A)	747	814	795	
Corriente mín. (A)	231	253	247	
P. Activa (kW)	34	37	38	109
P. Inductiva (kvar)	23	27	22	72
P. Capacitiva (kvar)	0	0	0	0
Factor pot.	0.83	0.81	0.86	0.83
	<b>Activa (kWh)</b>	<b>Inductiva (kvarh)</b>	<b>Capacitiva (kvarh)</b>	
Energías	345.786	288.289	0.000	
Frecuencia (Hz)				60.0

Figura 3.10 Datos generales de Chiller, periodo de más alta carga

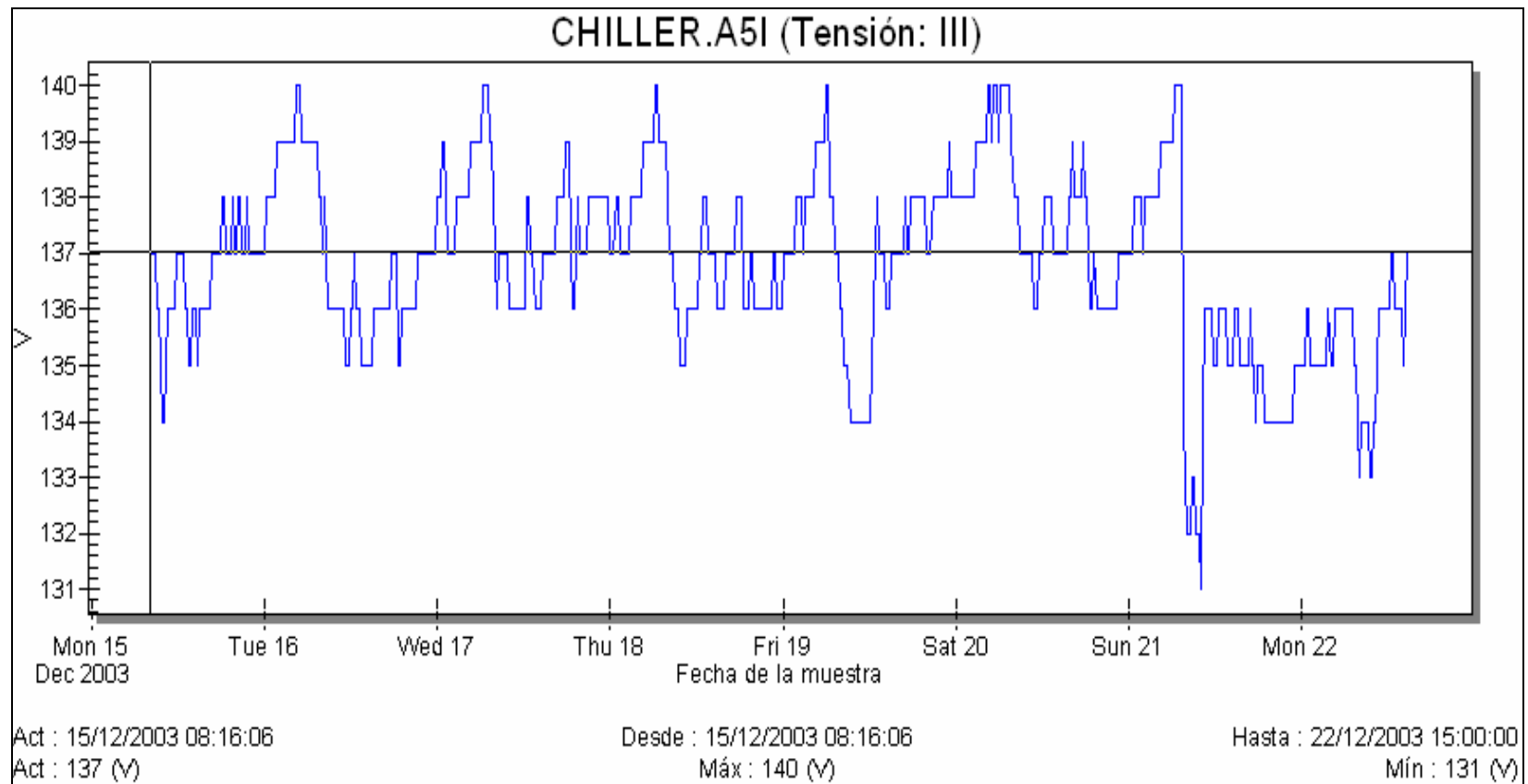


Figura 3.11 Variaciones del voltaje trifásico de Chiller

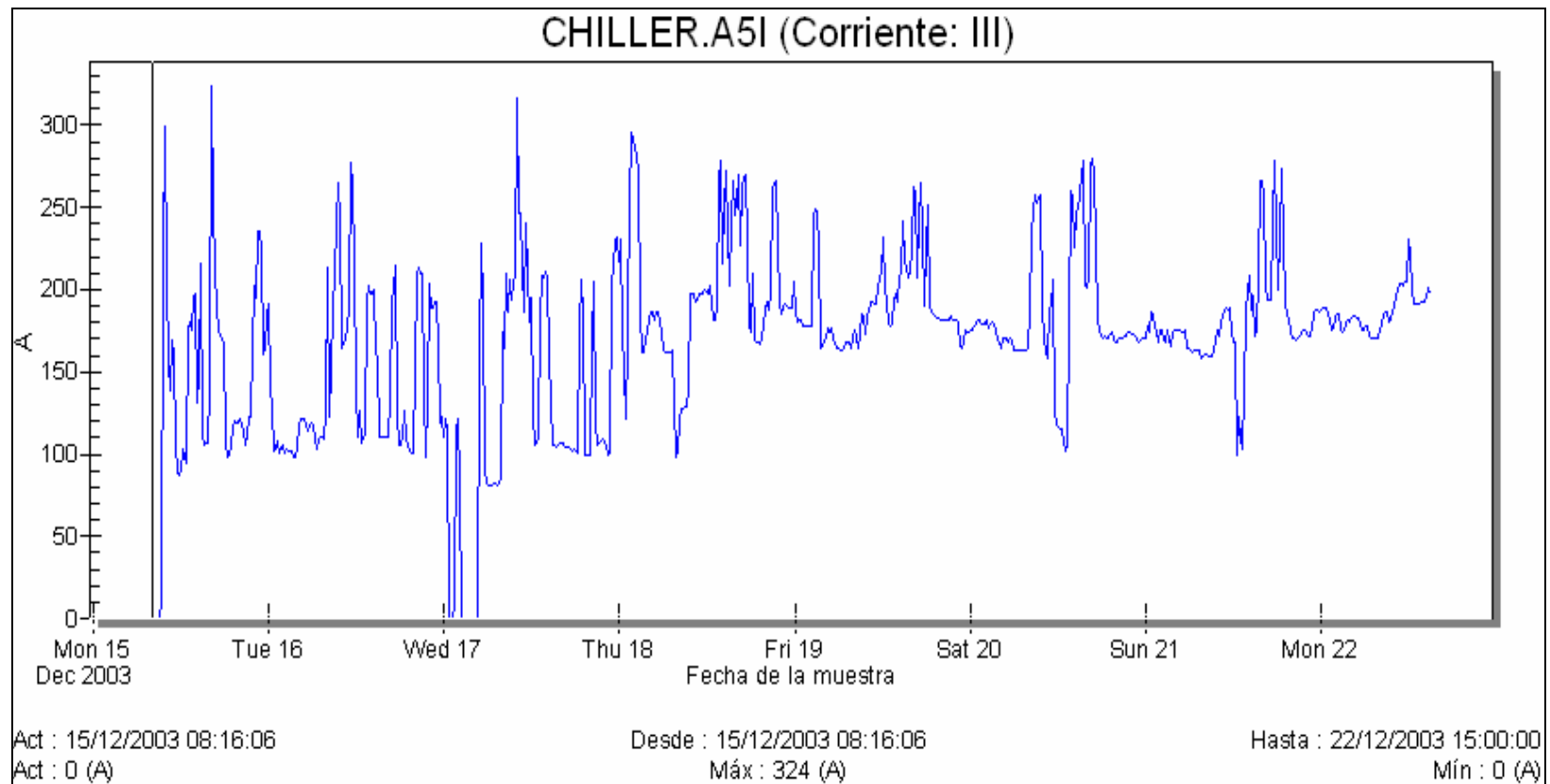


Figura 3.12 Variaciones de la corriente trifásica de Chiller

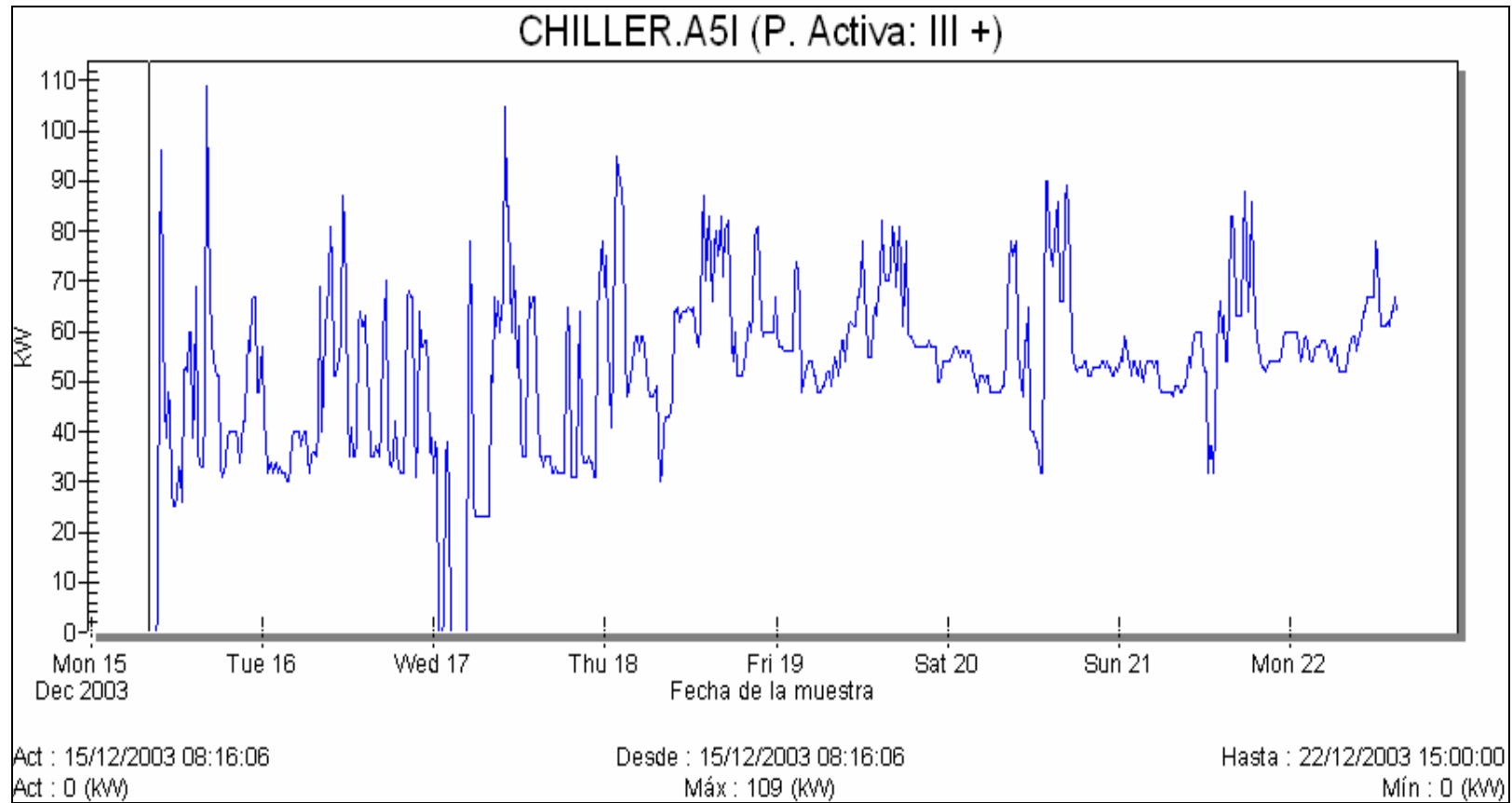


Figura 3.13 Variaciones de la potencia activa de Chiller

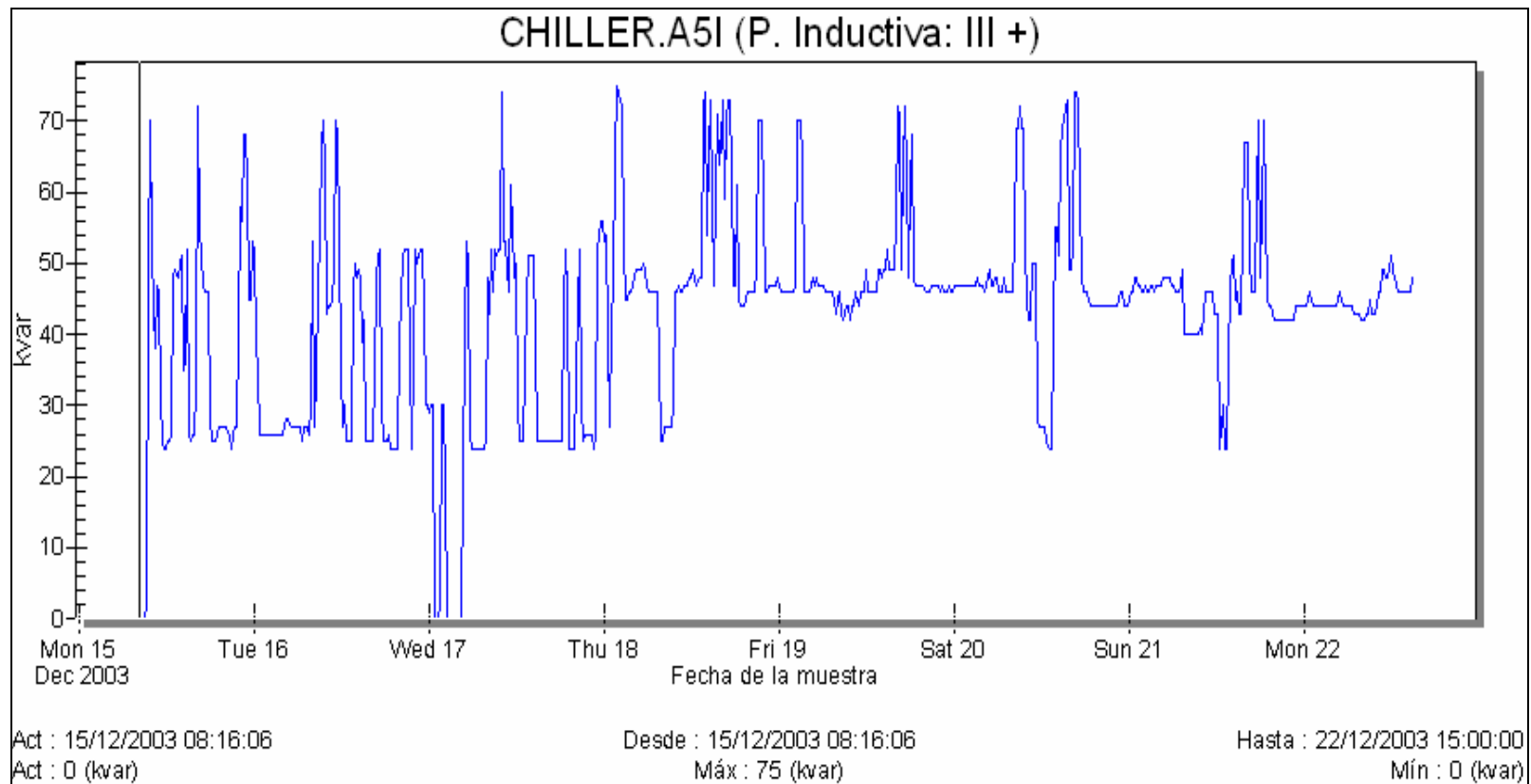


Figura 3.14 Variaciones de la potencia inductiva de Chiller

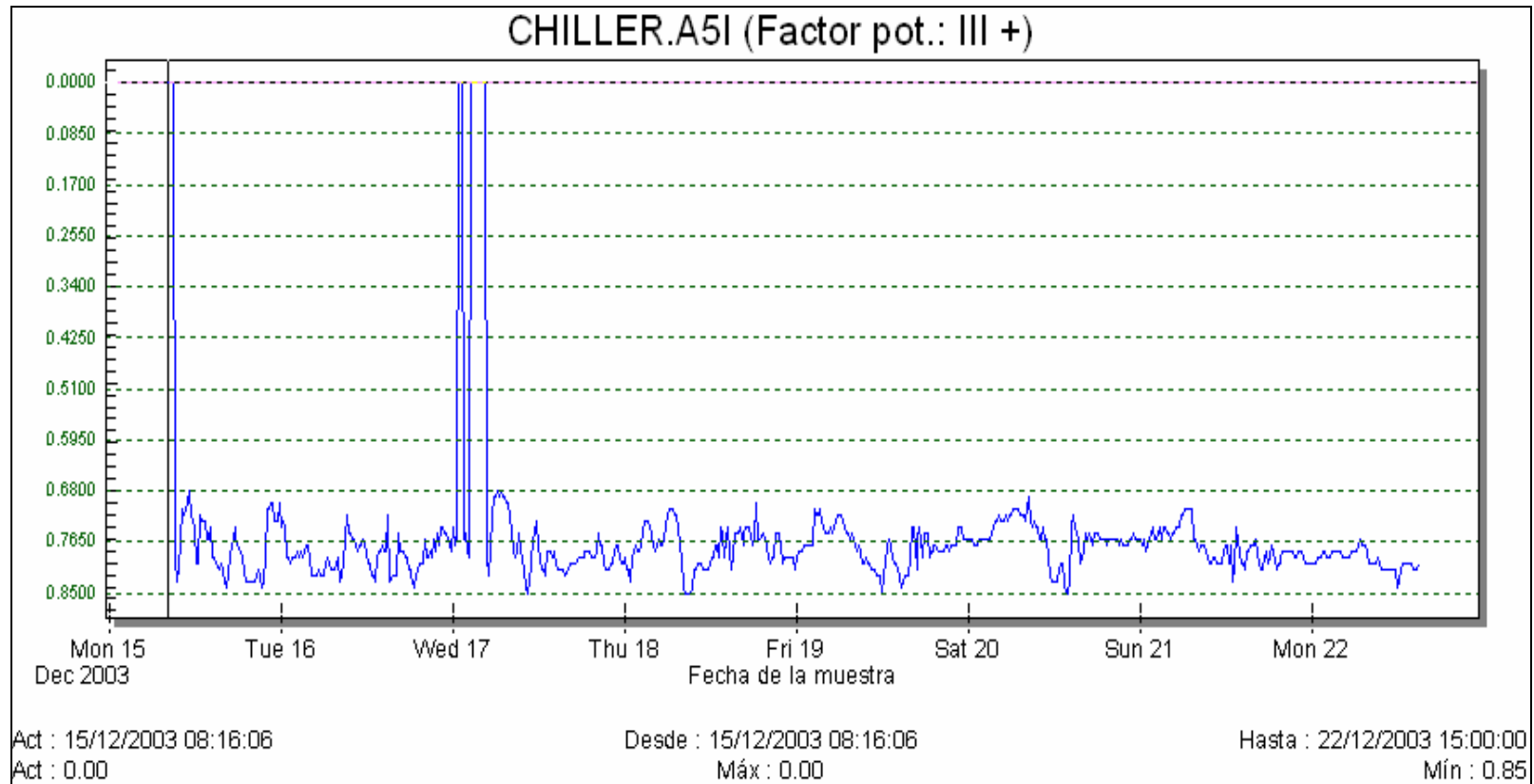


Figura 3.15 Variaciones del factor de potencia de Chiller

## MEZCLADO

Power Vision 1.5

Ficheros Gráficas Configurar Ventanas Ayuda

Calidad

Positivos (MEZCL2.A51)

Fecha 06/01/2004 21:00:00		Período: 00:15:00			
	L1	L2	L3	III	
Tensión (V)	135	135	135	135	
Tensión Máx. (V)	136	136	136		
Tensión Mín. (V)	133	133	133		
Corriente (A)	128	133	127		129
Corriente máx. (A)	424	431	414		
Corriente mín. (A)	59	64	61		
P. Activa (kW)	15	15	14		44
P. Inductiva (kvar)	8	8	8		24
P. Capacitiva (kvar)	0	0	0		0
Factor pot.	0.89	0.87	0.86		0.87
	Activa (kWh)		Inductiva (kvarh)		Capacitiva (kvarh)
Energías	568.528		342.488		0.000
Frecuencia (Hz)					60.0

Figura 3.16 Datos generales de Mezclado, periodo de más alta carga



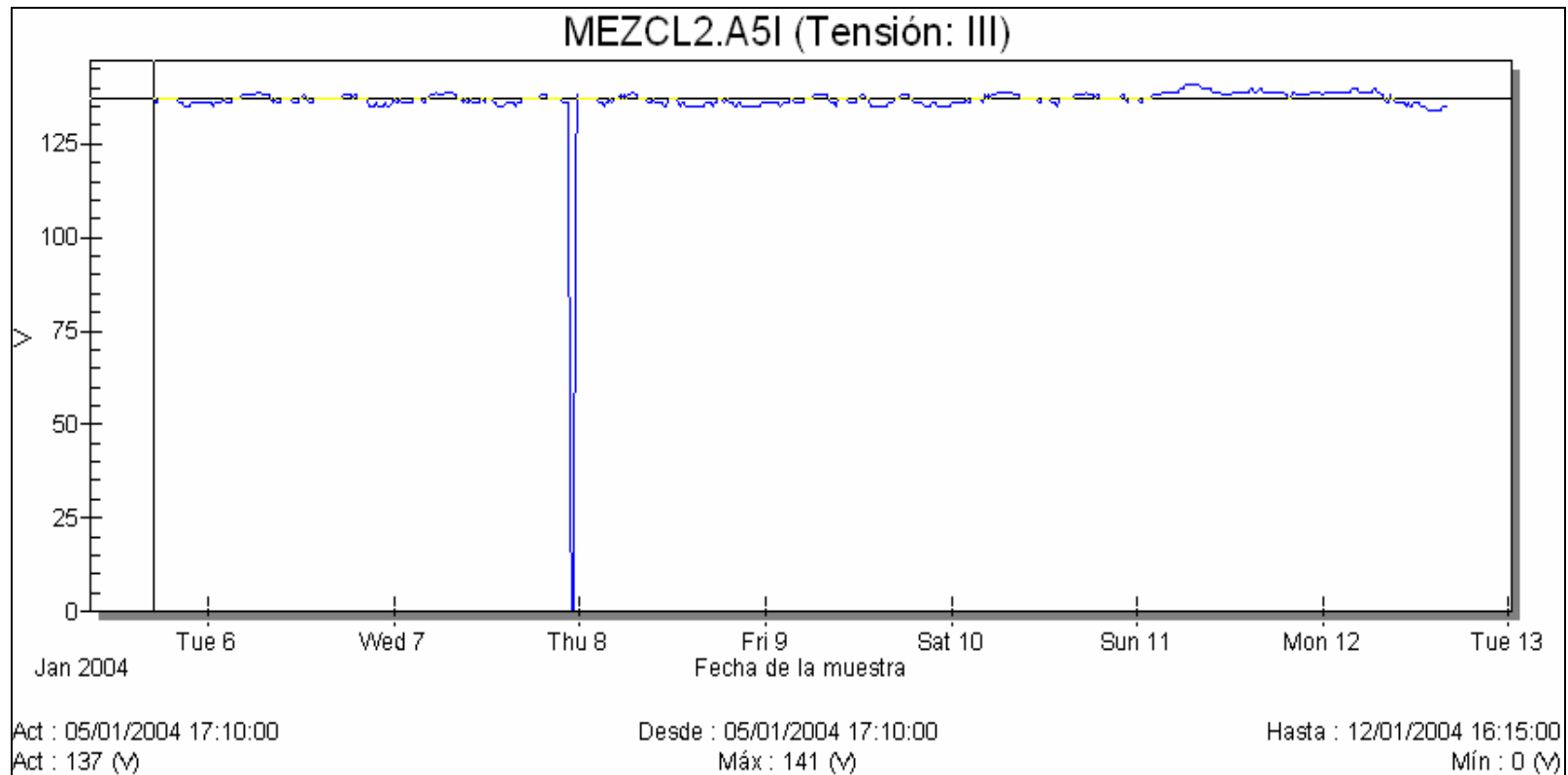


Figura 3.17 Variaciones del voltaje trifásico de Mezclado

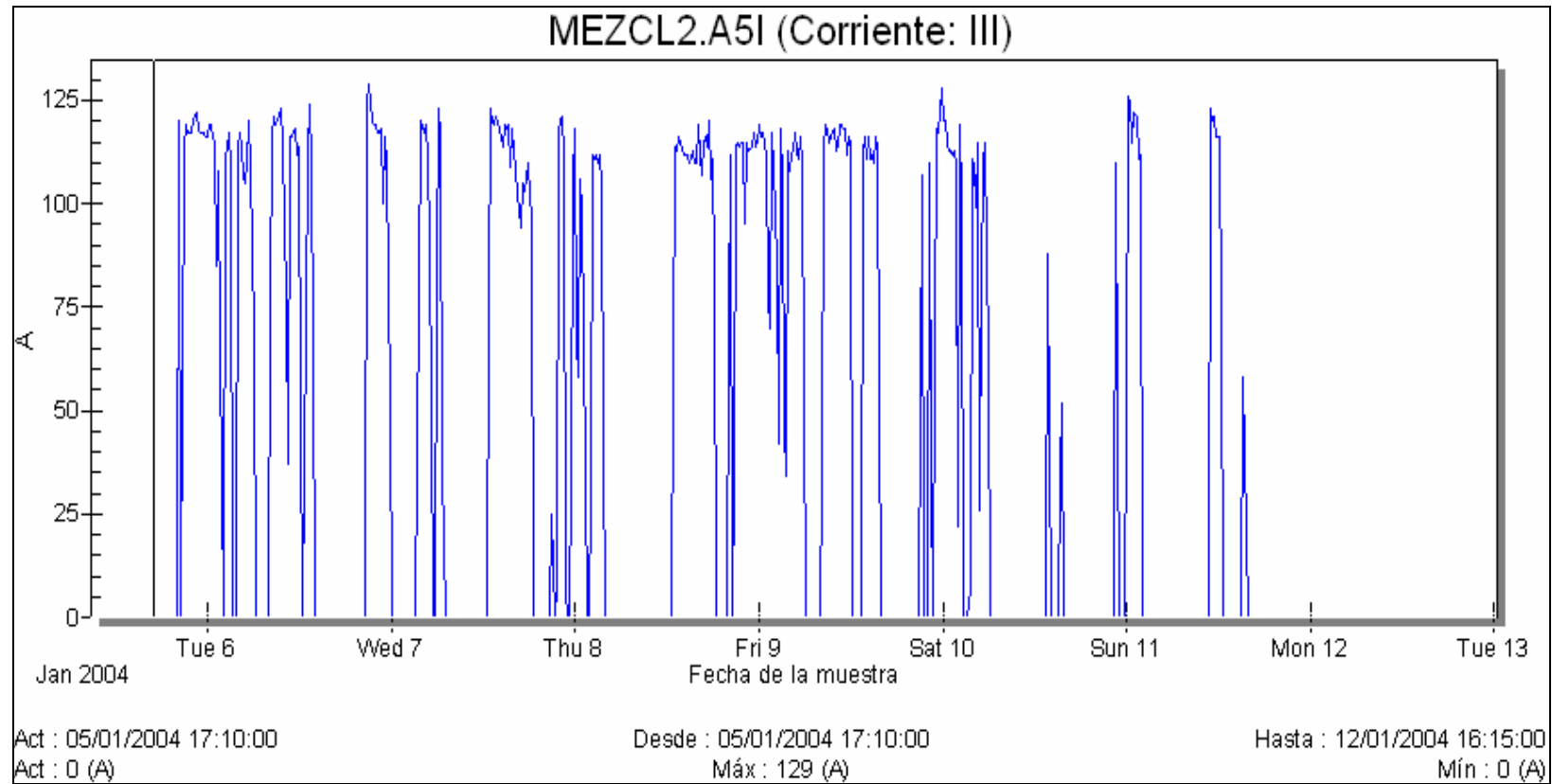


Figura 3.18 Variaciones de la corriente trifásica de Mezclado

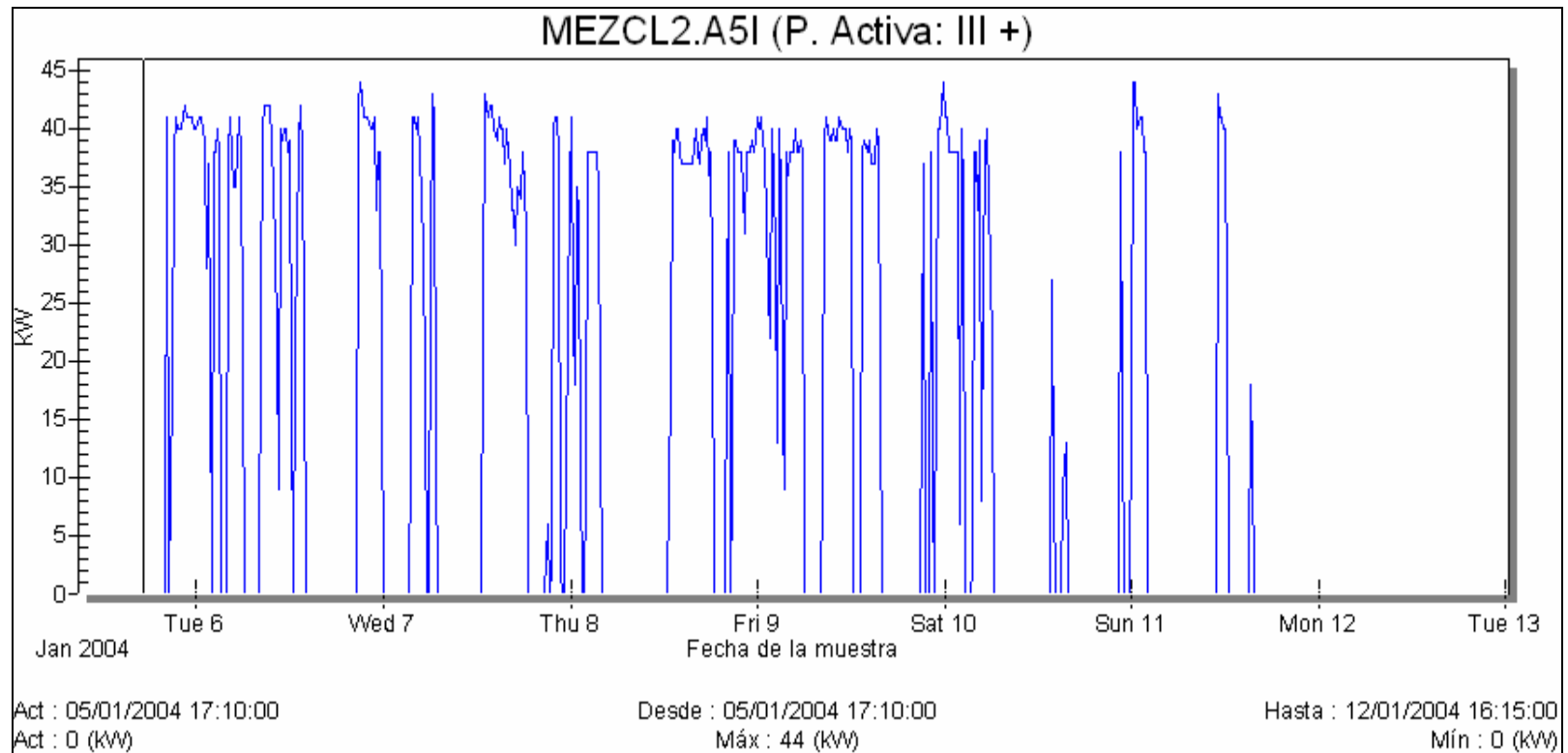


Figura 3.19 Variaciones de la potencia activa de Mezclado

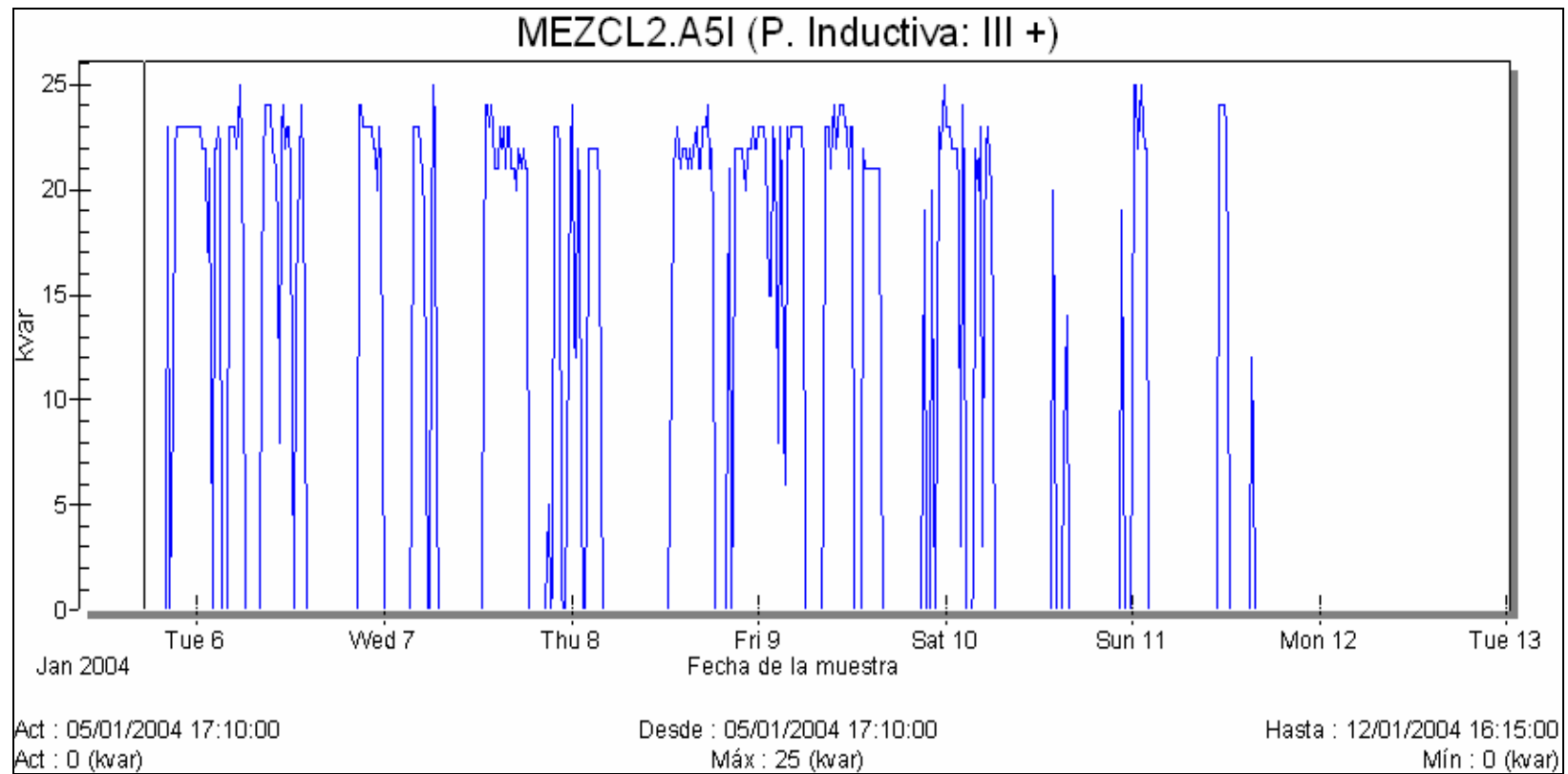


Figura 3.20 Variaciones de la potencia inductiva de Mezclado

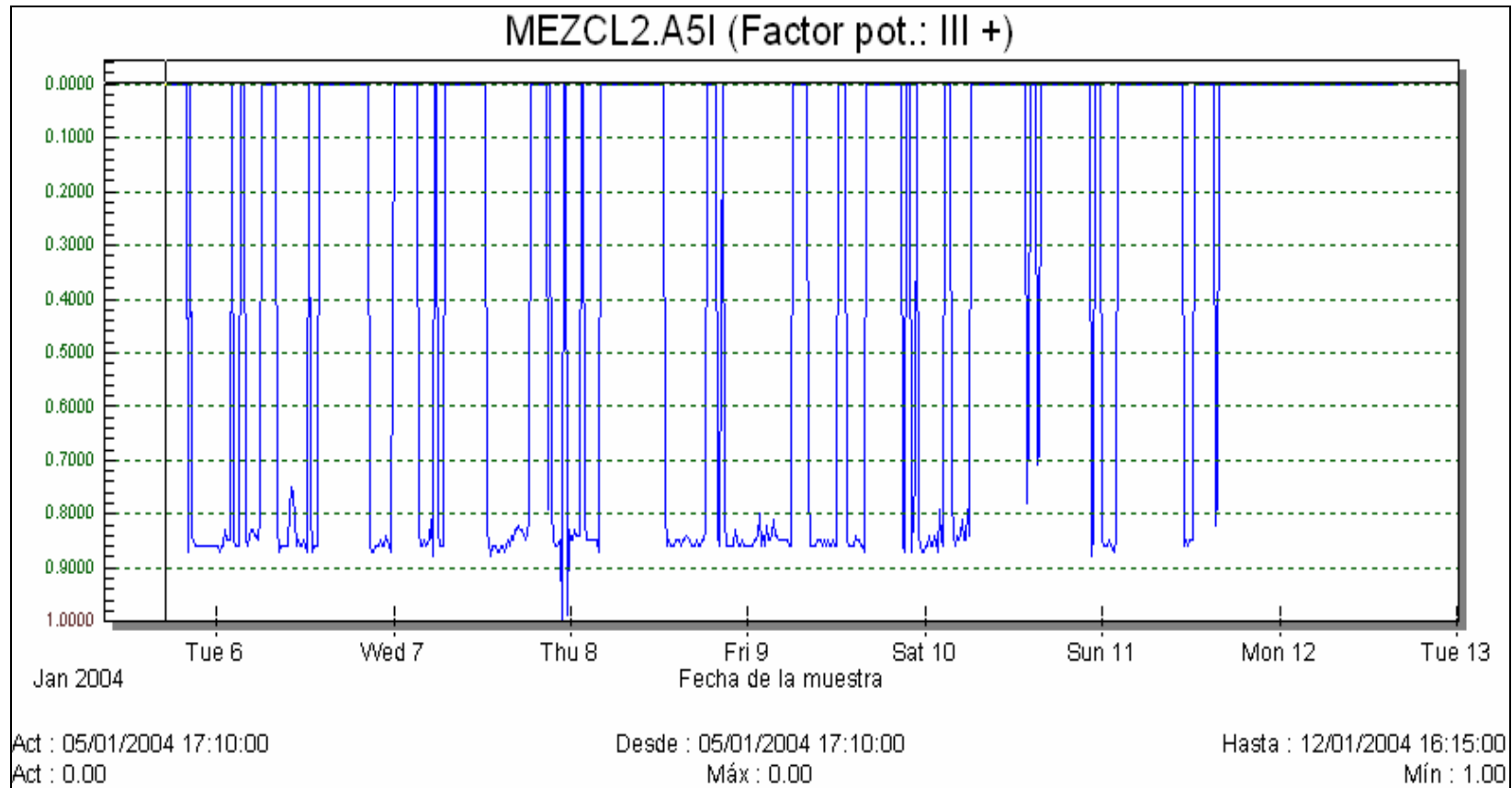


Figura 3.21 Variaciones del factor de potencia de Mezclado

# **CAPÍTULO IV**

## **4 ESTUDIO DEL SISTEMA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE BAJA TENSION**

En este capítulo se señalará los criterios que se tomaron como base para la selección del conductor, protección, tierra y tuberías de Plastidor.

Se presentará tablas comparativas entre los cálculos teóricos y lo que Plastidor tiene en su fábrica.

### **Introducción**

La función principal de un conductor eléctrico es transportar la corriente eléctrica de las fuentes a las cargas.

Todos los equipos como los conductores eléctricos en una instalación eléctrica tienen un límite térmico dado principalmente por la naturaleza y tipo de materiales aislantes. Como se sabe, la corriente eléctrica produce las llamadas pérdidas por efecto Joule ( $RI^2$ ) que se manifiestan en forma de calor, debido a su resistencia, se calientan y es por esto que las normas técnicas para instalaciones eléctricas, y el reglamento para obras e instalaciones eléctricas limitan la cantidad de corriente permisible en un conductor (ampacidad) a un valor en el que el calor se pueda disipar en forma segura, y es así como en las tablas de capacidad de conducción de corriente eléctrica de los conductores se asocia la sección o calibre del conductor, con la corriente que pueden conducir en tubo conduit, para considerar el espacio o cantidad de aire disponible; también se considera la elevación de temperatura ambiente.

La protección de los cables de la red eléctrica es evidentemente muy importante, teniendo en cuenta que gran parte de la inversión se encuentra en los cables, que su reposición no siempre es fácil, que su vida es afectada por condiciones normales, sobrecargas y fallas.

Además para contener a los conductores de manera que queden protegidos contra deterioro mecánico, contaminación e incendios por arcos eléctricos que se presentan en condiciones de corto circuito se emplean medios de canalización que pueden ser de tubos conduit, ductos o charolas.

#### **4.1 Consideraciones generales**

Para la selección del tamaño de un conductor, se deben tomar las siguientes consideraciones:

**Criterios de Corriente de carga**.- La corriente que debe transportar un conductor puede ser determinada a partir del voltaje, la potencia y el factor de potencia de la carga basándonos en las tablas del NEC(Código Eléctrico Nacional) 2002 podemos seleccionar el calibre del mismo, estas tablas nos indican el tamaño mínimo del conductor requerido, pero además debemos considerar el incremento de cargas a futuro en Plastidor, la caída de voltaje y el calentamiento a que puedan estar sometidos por efectos de cortocircuito.

**Criterio de caída de voltaje**.- Cuando el calibre de un conductor está subdimensionado, puede ocasionar en el circuito una caída de voltaje y el mismo es directamente proporcional a la longitud del conductor.

El NEC dice en el artículo 210.19:”Los conductores de circuitos derivados como están definidos en el artículo 100, con una sección que evite una caída de tensión superior al 3% en la toma de corriente más lejana, calefacción, iluminación o cualquier combinación de ellas y donde la caída de tensión total máxima en alimentadores y circuitos derivados a la toma de corriente



más lejana no excede al 5%, ofrecen una eficacia de funcionamiento razonable”.

Una caída de voltaje mayor al 5 % conduce a efectos indeseables debido a que el voltaje en la carga se reduce.

Observando la tabla de caída de voltajes en Plastidor notamos que el porcentaje de caída está en el rango establecido.

**TABLA DE CAIDAS DE VOLTAJES DE PLASTIDOR  
BANCO DE TRANSFORMADORES DE PLANTA**

**PLANTA DE 500 KVA 240-120 v DELTA FASE PARTIDA**

	<b>A - B</b>	<b>B - C</b>	<b>A - N</b>	<b>B - N</b>	<b>C - N</b>
Salida del Banco	238	239,8	208,4	120,6	125,5
PDP1	237,00	237,40	207,10	119,50	122,00
Porcentaje de caída	0,42	1,00	0,62	0,91	2,79
PDP2	237,10	237,00	207,00	120,00	120,00
Porcentaje de caída	0,38	1,17	0,67	0,50	4,38
PDP3	233,50	234,80	206,00	118,70	120,00
Porcentaje de caída	1,89	2,09	1,15	1,58	4,38
Bombas de Agua	236,70	235,80	207,10	118,00	121,00
Porcentaje de caída	0,55	1,67	0,62	2,16	3,59
Pulverizado	232,40	233,90	206,90	117,90	120,20
Porcentaje de caída	2,35	2,46	0,72	2,24	4,22
Molino Pequeño	235,00	236,50	206,00	118,70	120,00
Porcentaje de caída	1,26	1,38	1,15	1,58	4,38
PDP4	236,50	236,40	208,00	119,00	122,00
Porcentaje de caída	0,63	1,42	0,19	1,33	2,79
PDP5	237,00	236,80	207,50	118,50	120,00
Porcentaje de caída	0,42	1,25	0,43	1,74	4,38
CM 60	234,00	234,90	207,90	117,90	120,20
Porcentaje de caída	1,68	2,04	0,24	2,24	4,22
CM 45	236,50	236,40	207,00	118,70	120,00
Porcentaje de caída	0,63	1,42	0,67	1,58	4,38
CM 80	234,00	234,90	206,70	119,00	122,00
Porcentaje de caída	1,68	2,04	0,82	1,33	2,79
CM 55	233,30	232,90	206,00	118,50	120,00
Porcentaje de caída	1,97	2,88	1,15	1,74	4,38

Tabla 4.1 Porcentajes de caída de Voltaje Planta

**BANCO DE TRANSFORMADORES DE CHILLER  
3 x 225 KVA 240-120 VOLTIOS DELTA FASE PARTIDA  
VOLTAJES POR FASES**

	<b>A - B</b>	<b>B - C</b>	<b>A - N</b>	<b>B - N</b>	<b>C - N</b>
Salida del Banco	240,80	242,10	120,60	209,00	120,60

Entradas:

Chiller	240,10	241,10	120,20	208,00	120,20
Porcentaje de caída	0,29	0,41	0,33	0,48	0,33

PD1	235,50		119,00		119,20
Porcentaje de caída	2,20		1,33		0,83

Molino Grande	235,00	235,20	119,10	208,00	119,10
Porcentaje de caída	2,41	2,85	1,24	0,48	1,24

Tabla 4.2 Porcentajes caída de voltaje Chiller

**BANCO DE TRANSFORMADORES DE MEZCLADO  
3 x 150 KVA 240-120 VOLTIOS DELTA FASE PARTIDA  
VOLTAJES POR FASES**

	<b>A - B</b>	<b>B - C</b>	<b>A - N</b>	<b>B - N</b>	<b>C - N</b>
Salida del Banco	241	242	137	213	137

Motor Enfriamiento	240,10	241,10	136,00	212,00	136,20
Porcentaje de caída	0,37	0,37	0,73	0,47	0,58
Motor Calentamiento	239,00	239,00	137,00	211,00	137,00
Porcentaje de caída	0,83	1,24	0,00	0,94	0,00

Motor Vacío	240,00	240,10	135,50	208,70	135,40
Porcentaje de caída	0,41	0,79	1,09	2,02	1,17

PD1	240,00	241,00	136,20	210,00	133,00
Porcentaje de caída	0,41	0,41	0,58	1,41	2,92

Tabla 4.3 Porcentajes caída de voltaje Mezclado

**TRANSFORMADOR DE OFICINAS DE 25 KVA  
VOLTAJES**

	<b>A - B</b>	<b>B - C</b>	<b>A - N</b>	<b>B - N</b>
Salida del Banco	251,70	251,50	125,50	125,60

Entradas:

Luminaria Externa	249,1	248,6	124,8	124,6
Porcentaje de caída	1,03	1,15	0,56	0,80

Tabla 4.4 Porcentajes caída de voltajes Oficinas

PD1	249,2	249,5	124,3	124,6
Porcentaje de caída	0,99	0,80	0,96	0,80

Ventilador 2	248,9	249	123,9	124,3
Porcentaje de caída	1,11	0,99	1,27	1,04

PD2	249,5	249,1	125	125,3
Porcentaje de caída	0,87	0,95	0,40	0,24

PD3	248,5	248,6	124,8	125,1
Porcentaje de caída	1,27	1,15	0,56	0,40

Ventilador 1	249,5	249,1	125,2	124,9
Porcentaje de caída	0,87	0,95	0,24	0,56

Continuación tabla 4.4

A continuación se detalla los diferentes artículos que se tomó como referencia para realizar los dimensionamientos eléctricos de Plastidor.

<b>CONDUCTOR</b>				
	<b>Página</b>	<b>Artículo</b>	<b>Tabla</b>	<b>Enunciado</b>
Motores	290	430.22	310-16	<b>De los conductores</b> Para un motor usado continuamente, la ampacidad no tiene que ser menor que el 1.25%
Paneles de distribución	63-64	220-11	220-11	El <b>factor de demanda</b> aplicado en función de la cantidad de Potencia instalada se especifica en la tabla 220-11
<b>PROTECCIÓN</b>				
	<b>Página</b>	<b>Artículo</b>	<b>Tabla</b>	<b>Enunciado</b>
Motores	296	430.52	430-52	La capacidad máxima del <b>dispositivo de protección</b> contra c.c y falla a tierra depende del tipo de motor.
Compresor	317	440-52		La capacidad máxima o ajuste del dispositivo de protección contra c.c y falla a tierra es 1.25
<b>TIERRA</b>				
	<b>Página</b>	<b>Artículo</b>	<b>Tabla</b>	<b>Enunciado</b>
Motores	114	250-122 (A),(D),(F)	250-122	El conductor a tierra del equipo no puede ser menor al que se muestra en la tabla.
Enfriador (Chiller)	107	250.66	250-66	El tamaño del conductor del electrodo a tierra de un sistema AC no puede ser menor según la tabla 250.66

Tabla 4.5 Referencias que se consideraron del NEC

Size AWG or kcmil	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	Size AWG or kcmil
	Types TW, UF	Types RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW	Types TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	Types TW, UF	Types RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE	Types TBS, SA, SIS, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
COPPER			ALUMINUM OR COPPER-CLAD ALUMINUM				
18	—	—	14	—	—	—	—
16	—	—	18	—	—	—	—
14*	20	20	25	—	—	—	—
12*	25	25	30	20	20	25	12*
10*	30	35	40	25	30	35	10*
8	40	50	55	30	40	45	8
6	55	65	75	40	50	60	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	110	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	150	85	100	115	1
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	190	230	255	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400
500	320	380	430	260	310	350	500
600	355	420	475	285	340	385	600
700	385	460	520	310	375	420	700
750	400	475	535	320	385	435	750
800	410	490	555	330	395	450	800
900	435	520	585	355	425	480	900
1000	455	545	615	375	445	500	1000
1250	495	590	665	405	485	545	1250
1500	520	625	705	435	520	585	1500
1750	545	650	735	455	545	615	1750
2000	560	665	750	470	560	630	2000
CORRECTION FACTORS							
Ambient Temp. (°C)	For ambient temperatures other than 30°C (86°F), multiply the allowable ampacities shown above by the appropriate factor shown below.						Ambient Temp. (°F)
21–25	1.08	1.05	1.04	1.08	1.05	1.04	70–77
26–30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	78–86
31–35	0.91	0.94	0.96	0.91	0.94	0.96	87–95
36–40	0.82	0.88	0.91	0.82	0.88	0.91	96–104
41–45	0.71	0.82	0.87	0.71	0.82	0.87	105–113
46–50	0.58	0.75	0.82	0.58	0.75	0.82	114–122
51–55	0.41	0.67	0.76	0.41	0.67	0.76	123–131
56–60	—	0.58	0.71	—	0.58	0.71	132–140
61–70	—	0.33	0.58	—	0.33	0.58	141–158
71–80	—	—	0.41	—	—	0.41	159–176

Tabla 4.6 Ampacidad aceptable de conductores aislados. Tabla 310-16 NEC-2002

## **4.2 Aplicación para la selección de protecciones, conductores, tierra y tuberías.**

### **Cálculo del conductor**

El cálculo del conductor para cada motor se lo realiza a partir de **Tabla 430-150 del NEC, (Apéndice C tabla C.5 o C.6 para motores DC)**; tomaremos como ejemplo el motor ablandador:

$$1 \text{ HP} = 4.2 \text{ A} , \text{ a } 240 \text{ v}$$

**El NEC en la pág.290 artículo 430.22-2002 nos indica que “en un motor usado continuamente la ampacidad no tiene que ser menor que el 125% de la corriente a plena carga”**

Considerando un factor de corrección para una temperatura entre 31- 35°C de 0.91 obtenemos la capacidad de corriente que transporta el conductor.

$$I_c = (1.25 \times 4.2 / 0.91) = 5.76 \text{ A}$$

El conductor seleccionado será 3 # 12 obtenida en la **Tabla 310-16 del NEC, (Tabla 4.6)**

Por la cercanía entre motores y el tablero de distribución se considera que la caída de voltaje es despreciable.

Con relación al calibre del conductor de puesta a tierra de equipos:

**El NEC en la pág. 114 artículo 250-122 (A), (D), (F) nos indica que para el mínimo tamaño del conductor a tierra se deberá considerar la tabla 250-122, (Apéndice C tabla C.4)**

Entonces  $T = \#14$

### **Cálculo de las protecciones**

**El NEC en la pág. 296 artículo 430.52, (Apéndice C tabla C.2) nos indica que “la capacidad máxima o ajuste del dispositivo de protección contra c.c y falla a tierra depende del tipo de motor”.**

$$I_b = 2.5 \times 4.4 = 11 \text{ A} = 15 \text{ A}$$

Se aproxima el valor de la  $I_b$  a los breakers existentes en el mercado

### **Cálculo de las Tuberías**

**Tabla 1. del NEC** encontramos el número máximo de conductores por conducto o tubo de tamaños comerciales.



Al encontrar el valor de  $I_c = 3\#12$  buscamos en la columna de calibre y observamos el número de conductores que pueden instalarse. El número de conductores dentro de un tubo conduit se limita de tal manera que permita facilitar su alojamiento y manipulación durante la instalación., por lo tanto la tubería escogida será de  $\frac{1}{2}$ ".

Tub =  $\frac{1}{2}$ "  $\rightarrow$  4#12

## 4.2 Análisis del Sistema utilizando el software Ecodial.

Se realizó un estudio de cálculos de conductores y protecciones utilizando el software Ecodial como refuerzo de los cálculos obtenidos teóricamente.

Este software está basado en las normas del CENELEC (Comité Europeo de Normalización Electrotécnica), que es reconocido oficialmente por la Comisión Europea, como el organismo competente de Europa para elaborar Normas Electrotécnicas, para poder alcanzar un mercado interno europeo sin barreras técnicas para productos electrotécnicos, servicios y tecnologías asociadas.

Como ejemplo de cómo trabaja el programa mostraremos a continuación el Área de Chiller:

1. En esta pantalla se colocan los datos generales del circuito a calcular:

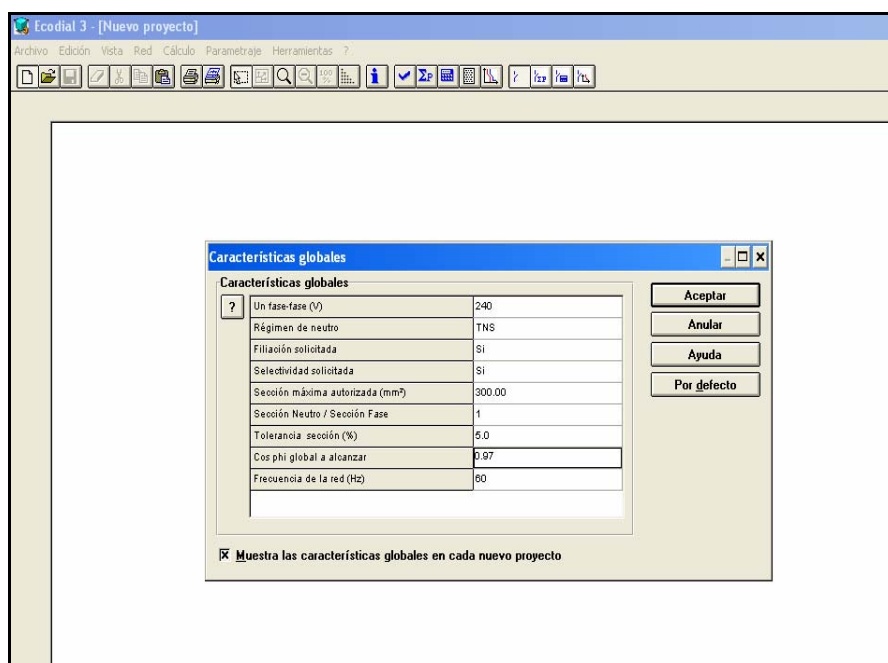


Figura 4.1 Ecodial: Tabla de datos generales requeridos.

2. Se realiza el esquema eléctrico, en este caso de Chiller.

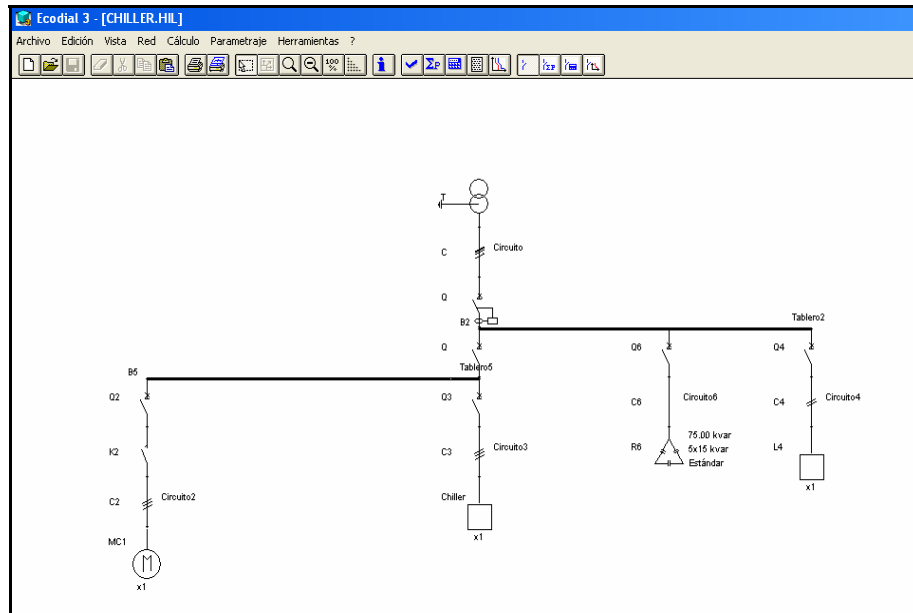


Figura 4.2 Esquema eléctrico

3. Se procede a verificar si la red está conforme con la norma seleccionada que en este caso es del CENELEC.

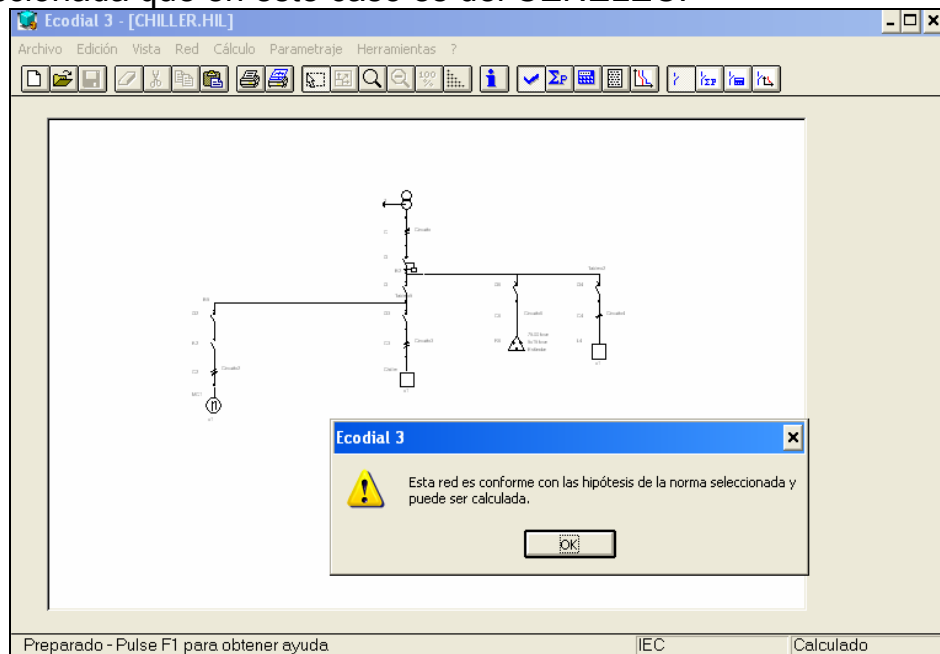


Figura 4.3 Ecodial: Comprobación de la red

4. Se procede a realizar los cálculos respectivos de Chiller.

**Componentes**

**Transformador** T  Manual

Potencia (kVA)	200
Régimen de neutro	TT
Neutro distribuido	Si
Un fase-fase (V)	240.00
Tensión de cortocircuito (%)	4.00
Pcc AT (MVA)	500
Impedancia del electrodo de la fuente (Ohm)	5.00
Impedancia del electrodo de masa (Ohm)	5.00

**Cable** C  Manual

Longitud (m)	5.0
Tipo de instalación	B(3)
Aislante	Goma butílica
Tipo conductor	Unipolar
Disposición de los conductores	Planes juntos
Tipo de PE	PE separado
Nº de circuitos juntos adicionales	0
Designación	
Nº conductores por fase	2

**Interruptor automático** Q  Manual

Gama	Compact
Designación	NS630N
Relé / Curvas	STR23SE
Número de polos protegidos	4P4d
Protección diferencial	Si
Integración al aparato de protección	Integrado
Clase	A
Designación de la protección diferencial	Vigi MB
sensibilidad	3000.00

**Resumen**

Conductores fase :	2x500.0 mm <sup>2</sup> -Cu-Goma butílica
Conductores neutro :	1x240.0 mm <sup>2</sup> -Cu-Goma butílica
Conductores PE :	1x50.0 mm <sup>2</sup> -Cobre-Goma butílica
Interruptor automático :	NS630N-STR23SE
Selectividad :	
Capacidad de corte reforzado :	

**Detalles**

```

/// Cálculo del transformador ///
== Resultados ==
R fase red HT (mOhm) = 0.013
X fase red HT (mOhm) = 0.126
R fase transfo (mOhm) = 3.937
X fase transfo (mOhm) = 12.066
Pérdidas en el cobre (W) = 2480.00
Icc max por fuente (kA) = 11.92
Ib (A) = 458.21

/// Cálculo del cable ///
La sección maxi aceptada es la de la norma
== Resultados ==
Corrección global = 1.00

```

Figura 4.4 Ecodial: Pantalla de cálculos y detalles de resultados.

5. En la ventana pequeña de la parte inferior derecha encontramos los detalles de los resultados de cada elemento.

**Detalles**

```

/// Cálculo del transformador ///
== Resultados ==
R fase red HT (mOhm) = 0.013
X fase red HT (mOhm) = 0.126
R fase transfo (mOhm) = 3.937
X fase transfo (mOhm) = 12.066
Pérdidas en el cobre (W) = 2480.00
Icc max por fuente (kA) = 11.92
Ib (A) = 458.21

/// Cálculo del cable ///
La sección maxi aceptada es la de la norma
== Resultados ==
Corrección global = 1.00

```

Figura 4.5 Ecodial: Detalles de resultados.

6. Encontraremos en el Apéndice C los diagramas eléctricos de resultados del software ECODIAL, dónde sirvió de apoyo para los resultados teóricos que se presentarán en el siguiente sub-capítulo.

- Planta: Apéndice D.1
- Chiller: Apéndice D.2
- Mezclado: Apéndice D.3
- Oficinas: Apéndice D.4

## 4.4 Tablas

### 4.4.1 Tabla de resultados

#### TABLA DE RESULTADOS DE CÁLCULOS TEÓRICOS

AREA DE PLANTA							
PDP1							
	In (A)	I cond (A)	C cond	I b (A)	Bk (A)	T	Tub (pulg)
Motor ablandador (1 hp)	4.2	5.76	3#12	10.5	15	#14	0.75
Toma 110v	15.15	16.64	2#14	16.64	20	#12	0.5
Toma 220v	7.57	8.31	2#14	8.31	15	#14	0.5
Luminaria CM 45	16.16	22.2	2#12	22.2	25	#10	0.5
Luminaria CM 80	16.16	22.2	2#12	22.2	25	#10	0.5
Luminaria CM 55	16.16	22.2	2#12	22.2	25	#10	0.5
Toma 220v	4.37	4.8	3#12	4.8	25	#14	0.75
Toma 220v	4.37	4.8	3#12	4.8	25	#14	0.75
Iluminación CM 60	8.88	12.2	2#14	12.2	15	#14	0.5
TOTAL TOMA 220 V E ILUMIN. CM 60		19.84	3#14	19.84	20	#12	0.5
Toma 110v	13.88	15.26	2#14	15.26	20	#12	0.5
PD1	33.77	42.21	2#6	42.21	45	#10	1 1/4
TOTAL TOMA 110V Y CAJA DE		47.65	2#6	55.88	60	#10	1 1/2
BREAKERS							
<b>TOTAL DE PDP1</b>		130.74	3#2/0	130.74	150	#6	2 1/2
PDP2							
	In (A)	I cond (A)	C cond	I b (A)	Bk (A)	T	Tub (pulg)
Timbre	101 mA	101 mA	2#14	101 mA	15	#14	0.5
Luces de emergencia	101 mA	101 mA	2#14	101 mA	15	#14	0.5
PD1	33.13	41.41	2#6	41.41	45	#10	1 1/4
Esmeril 220v	4.2	5.25	3#12	10.5	15	#14	0.75
Esmeril 110v	16	20	2#12	40	40	#10	0.5

Tabla 4.7 Resultados teóricos del Área de Planta

TOTAL ESMERIL 220V Y ESMERIL 110V		24.2	3#12	44.2	50	#10	0.75
Toma 110v	13.88	15.26	2#14	15.26	20	#12	0.5
Toma 220v	6.94	7.63	2#14	7.63	15	#14	0.5
Toma 220v	4.0	4.4	3#12	4.4	15	#14	0.75
<b>TOTAL DE PDP2</b>		70.28	3#4	70.28	80	#8	1 1/4
<b>BOMBA DE AGUA</b>							
	<b>In (A)</b>	<b>I cond (A)</b>	<b>C cond</b>	<b>I b (A)</b>	<b>Bk (A)</b>	<b>T</b>	<b>Tub (pulg)</b>
Bomba a agua planta	42	57.7	3#4	105	110	#8	2
Bomba a agua mezclado	15.2	20.88	3#12	38	40	#10	0.75
<b>TOTAL DE B. PLANTA Y B. PLANTA</b>		67.7	3#4	125.2	125	#6	1 1/2
<b>PDP3</b>							
	<b>In (A)</b>	<b>I cond (A)</b>	<b>C cond</b>	<b>I b (A)</b>	<b>Bk (A)</b>	<b>T</b>	<b>Tub (pulg)</b>
Horno pequeño	6.8	9.34	3#12	17	20	#12	0.75
Horno grande	3.2	4.4	3#12	8	15	#14	0.75
Motor aceite	15.2	20.88	3#12	38	40	#10	0.75
Luminaria poste	4.16	4.57	2#14	4.57	15	#14	0.5
Resistencia de horno grande	18.71	20.56	3#12	20.56	25	#10	0.75
<b>TOTAL PDP3</b>		51.87	3#6	72.87	80	#8	2
<b>TOTAL DE BOMBA DE AGUA Y PDP3</b>		115.77	3#1/0	173.07	175	#6	2
<b>PULVERIZADO</b>							
	<b>In (A)</b>	<b>I cond (A)</b>	<b>C cond</b>	<b>I b (A)</b>	<b>Bk (A)</b>	<b>T</b>	<b>Tub (pulg)</b>
Pulverizado	312	428.7	9#2/0	780	800	#1/0	3 1/2
<b>MOLINO PEQUEÑO</b>							
	<b>In (A)</b>	<b>I cond (A)</b>	<b>C cond</b>	<b>I b (A)</b>	<b>Bk (A)</b>	<b>T</b>	<b>Tub (pulg)</b>
Motor sierra	22	30.22	3#8	55	60	#10	1
Molino pequeño	6.8	9.34	3#12	17	20	#12	0.75
Extractor molino pequeño	4.2	5.8	3#12	10.5	15	#14	0.75
<b>TOTAL DE MOLINO PEQUEÑO Y EXT. MOLINO PEQUEÑO</b>		12.7	3#12	24.2	25	#10	0.75
<b>TOTAL MOLINO PEQUEÑO</b>		38.5	3#8	71	70	#8	1

Tabla 4.7 Resultados teóricos del Área de Planta

<b>PDP4</b>							
	<b>In (A)</b>	<b>I cond (A)</b>	<b>C cond</b>	<b>I b (A)</b>	<b>Bk (A)</b>	<b>T</b>	<b>Tub (pulg)</b>
Ventilador	4.9	6.12	2#12	12.25	15	#14	0.5
Ventilador	4.9	6.12	2#12	12.25	15	#14	0.5
	4.9						
<b>TOTAL DE LOS DOS VENTILADORES</b>	4.9	11.02	2#12	17.15	20	#12	0.5
Compresor	48.3	66.34	3#4	60.37	60	#10	2
<b>TOTAL DEL COMPRESOR</b>		70.8	3#4	69.8	70	#8	2
<b>PDP5</b>							
	<b>In (A)</b>	<b>I cond (A)</b>	<b>C cond</b>	<b>I b (A)</b>	<b>Bk (A)</b>	<b>T</b>	<b>Tub (pulg)</b>
Transportador CM 45	6.8	9.34	3#12	17	20	#12	0.75
Transportador CM 55	6.8	9.34	3#12	17	20	#12	0.75
Transportador CM 80	6	8.24	3#12	15	15	#14	0.75
<b>TOTAL DE PDP5</b>		21.3	3#12	32.8	35	#10	0.75
<b>CM 60</b>							
	<b>In (A)</b>	<b>I cond (A)</b>	<b>C cond</b>	<b>I b (A)</b>	<b>Bk (A)</b>	<b>T</b>	<b>Tub (pulg)</b>
Motor principal (25 hp)(parte del secundario)	43	59.06	2#4	53.74	60	#8	1 1/4
Motor principal (25 hp)(parte del primario)	180.42	225.52	3#300	451.05	500		
Equipos CM 60	38.7	53.16	3#6	96.75	110	#8	1 1/2
<b>TOTAL DE CM 60 Y EQUIPOS</b>		264.22	3#400	538.7	600	#1	2
<b>CM 45</b>							
	<b>In (A)</b>	<b>I cond (A)</b>	<b>C cond</b>	<b>I b (A)</b>	<b>Bk (A)</b>	<b>T</b>	<b>Tub (pulg)</b>
Motor principal (20 hp)(parte del secundario)	34	46.70	2#6	42.5	45	#10	1
Motor principal (20 hp)(parte del primario)	180.42	225.52	3#300	451.05	500		
Equipos CM 45	71.44	98.13	3#1	178.6	200	#6	2
<b>TOTAL DE CM 45 Y EQUIPOS</b>		296.97	3#300	571.44	600	#1	3 1/2
<b>CM 80</b>							
	<b>In (A)</b>	<b>I cond (A)</b>	<b>C cond</b>	<b>I b (A)</b>	<b>Bk (A)</b>	<b>T</b>	<b>Tub (pulg)</b>
Motor principal (75 hp)(parte del secundario)	123	168.95	2#4/0	153.75	175	#6	2 1/2
Motor principal (75 hp)(parte del primario)		285.66	3#500	571.32	600	#1	3 1/2
<b>EQUIPOS CM80</b>							
	<b>In (A)</b>	<b>I cond (A)</b>	<b>C cond</b>	<b>I b (A)</b>	<b>Bk (A)</b>	<b>T</b>	<b>Tub (pulg)</b>
Equipos CM 80	83.71	114.98	3#1/0	209.28	225	#4	2 1/2

Tabla 4.7 Resultados teóricos del Área Planta



<b>CM 55</b>							
	<b>In (A)</b>	<b>I cond (A)</b>	<b>C cond</b>	<b>I b (A)</b>	<b>Bk (A)</b>	<b>T</b>	<b>Tub (pulg)</b>
Motor principal (33 hp)(parte del secundario)	51	70.05	2#4	63.75	70	#8	1 1/4
Motor principal (33 hp)(parte del primario)	180.42	225.52	3#300	451.05	500		3
Equipos CM 55	74.57	104.43	3#1/0	186.42	200	#6	2
<b>TOTAL DE CM 55 Y EQUIPOS</b>		327.2	3#300	581.2	600	#1	2 1/2
	<b>In (A)</b>	<b>I cond (A)</b>	<b>C cond</b>	<b>I b (A)</b>	<b>Bk (A)</b>	<b>T</b>	<b>Tub (pulg)</b>
<b>TOTAL DE PLANTA</b>		1804.9	12#250	2214.92	2500	9#350	4 1/2
<b>In =Corriente Nominal</b> <b>Ic = Corriente del conductor</b> <b>Cond= Conductor</b> <b>Ib=Corriente del breaker</b> <b>B= Breaker</b> <b>T= Tierra</b> <b>Tub= Tubería</b>							

Tabla 4.7 Resultados teóricos del Área de Planta

<b>AREA DE CHILLER</b>							
	<b>In (A)</b>	<b>I cond (A)</b>	<b>C cond</b>	<b>I b (A)</b>	<b>Bk (A)</b>	<b>T</b>	<b>Tub (pulg)</b>
Molino Grande (40 hp)	104	142.85	3 # 2/0 AWG	260	300	#4	2 1/2
Chiller	220.9	303.44	3#500 MCM	276.12	300	#1/0	3 1/2
TOTAL MOLINO GRANDE Y CHILLER		380.12	3#700 MCM	404	400	#2	4 1/2
<b>TOTAL PD1</b>	29.3	40.23	2#6	40.23	45	10	1

TOTAL CHILLER

409.42	3#800	429.3	450	2	4 1/2
--------	-------	-------	-----	---	-------

Tabla 4.8 Resultados teóricos del Área de Chiller

<b>AREA DE MEZCLADO</b>							
<b>TABLERO DE CONTROL</b>							
	<b>In (A)</b>	<b>I cond (A)</b>	<b>C cond</b>	<b>I b (A)</b>	<b>Bk (A)</b>	<b>T</b>	<b>Tub (pulg)</b>
Motor enfriamiento	21	28.84	3# 10	52.5	60	#10	0.75
Motor calentamiento	96	131.86	3# 2/0	240	250	#4	2 1/2
TOTAL EN LA PARTE DE 440V		141	3# 2/0	271	275	#4	2 1/2
TOTAL EN LA PARTE DE 220V	228.53	285.66	3#500 MCM	571.32	600	#1	3 1/2
<b>PDP1</b>							
	<b>In (A)</b>	<b>I cond (A)</b>	<b>C cond</b>	<b>I b (A)</b>	<b>Bk (A)</b>	<b>T</b>	<b>Tub (pulg)</b>
Motores este-oeste	2.2	3.02	3#12	5.5	15	#14	0.75
Balanza Cónica	5.05	5.55	2#14	5.5	15	#14	0.5
Toma 110v	15.15	20.81	2#12	20.81	20	#12	0.5
Iluminación externa	2.31	3.18	2#14	3.18	15	#14	0.5
TOTAL TOMA 110V E ILUMINARIA		21.24	2#12	21.24	25	#10	0.5
Toma 220v	7.57	8.32	2#14	8.32	15	#14	0.5
Luces de Mezclado	4.44	6.09	2#14	6.09	15	#14	0.5
Luces de Emergencia	3.70	5.08	2#14	5.08	15	#14	0.5
TOTAL LUCES DE MEZCLADO Y EMERG.		9.25	2#14	9.25	20	#12	0.5
<b>TOTAL PDP1</b>	28.69	35.86	3#8	35.86	40	#10	0.75
<b>MOTOR VACIO</b>							
	<b>In (A)</b>	<b>I cond (A)</b>	<b>C cond</b>	<b>I b (A)</b>	<b>Bk (A)</b>	<b>T</b>	<b>Tub (pulg)</b>
Motor Vacio	68	93.4	3#2	170	175	#6	2
TOTAL DE MEZCLADO		325.22	3#600	696.69	700	#1	4

Tabla 4.9 Resultados teóricos del Área de Mezclado

**AREA DE OFICINAS**

	In (A)	I cond (A)	C cond	I b (A)	Bk (A)	N	T	Tub (pulg)
Luminaria exterior	6.9	8.62	2#14	8.62	15		#14	0.5
PD1	29.16	36.45	2#8	36.45	40	#14	#10	1
PD2	33.33	41.66	2#6	41.66	50	#12	#10	1
Ventilador 1	28	35	2#8	70	70		#8	1
Ventilador 2	28	35	2#8	70	70		#8	1
PD3	25.46	31.82	2#8	31.82	35	#14	#10	0.75

<b>TOTAL DE OFICINAS</b>	157.85	2# 3/0	192.85	200	#1/0	#6	2 1/2
--------------------------	--------	--------	--------	-----	------	----	-------

I nominal = In

I conductor = I cond

Calibre del conductor = C  
cond

I breaker = Ib

Breaker = Bk

Neutro = N

Tierra = T

Tubería = Tub

Tabla 4.10 Resultados teóricos del Área de Oficinas

#### 4.4.2 Tablas Comparativa de resultados

<b>TABLA COMPARATIVA DE RESULTADOS</b>			
<b>AREA DE PLANTA</b>			
<b>PDP1</b>			
<b>Motor Ablandador (1Hp)</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I plena carga	4.2A		
I conductor	5.76A		
Conductor THW	3#12	3#10	Malo
I breaker	10.5A		
Breaker	15A	30A	Malo
Tubería	¾"	¾"	Bueno
Tierra	#14	#12	Bueno
<b>Toma 120 (monofásico)</b>			
I plena carga	13.88A		
I conductor	15.26A		
Conductor THW	2#14	2#10	Bueno
I breaker	15.26A		
Breaker	20A	20A	Bueno
Tubería	½"	½"	Bueno
Tierra	#12	No tiene	Se recom. #12
<b>Toma 240 (monofásico)</b>			
I plena carga	6.94A		
I conductor	7.63A		
Conductor THW	2#14	2#10	Malo
I breaker	7.63A		
Breaker	15A	Tiene 2 breakers de 20A	Bueno
Tubería	½"	½"	Bueno
Tierra	#14	No tiene	Malo, se recomienda #14
<b>Luminaria CM45=Luminaria CM80=Luminaria CM55</b>			
I plena carga	14.81A		
I conductor	20.35A		
Conductor THW	2#12	2#12	Bueno
I breaker	20.35A		
Breaker	25A	20A	Malo
Tubería	½"	½"	Bueno
Tierra	#10	No tiene	Malo
<b>Tabla 4.11 Comparación de resultados del Área de Planta</b>			

<b>Toma 240v</b>			
I plena carga	4A		
I conductor	4.4A		
Conductor THW	3#12	3#10	Bueno
Breaker	15A	20A	Bueno
Tubería	½"	¾"	Bueno
Tierra	#10	#10	Bueno
<b>Iluminación CM60</b>			
I plena carga	8.88A		
I conductor	12.2A		
Conductor THW	2#14	2#12	Bueno
I breaker	12.2A		
Breaker	15A	No tiene	Malo
Tubería	½"	½"	Bueno
Tierra	#14	#12	Bueno
<b>Conductor y Protección de Toma 240v e Iluminaria CM60</b>			
I conductor	19.10A		
Conductor THW	3#14	Conectado a la salida del breaker	Malo
I breaker	19.10A		
Breaker	20A	50A	Bueno
Tubería	½"	¾"	Bueno
Tierra	#12	No tiene	Se recom.#12
<b>Toma 120v (monofásica)</b>			
I plena carga	13.88A		
I conductor	15.26A		
Conductor THW	2#14	2#10	Bueno
I breaker	15.26A		
Breaker	20A	No tiene	Malo
Tubería	½"	½"	Bueno
Tierra	#12	#12	Bueno
<b>PD1</b>			
	Cálculo Teórico	PLASTIDOR	Dimensionamiento
I plena carga	33.77A		
I conductor	42.21A		
Conductor THW	2#6	2#10	Bueno
I breaker	42.21A		
Breaker	45A	No tiene	Malo
Tubería	1 ¼"	½"	Bueno
Tierra	#10	#12	Malo
<b>Tabla 4.11 Comparación de resultados del Área de Planta</b>			

<b>Total de Conductor y Protección de toma de 120v (1Φ) y PD1</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I conductor	47.65A		
Conductor THW	2#6	Conectado a la salida del breaker	Malo
I breaker	58.88A		
Breaker	60A	2 de 50A	Malo
Tubería	1"	2 1/2"	Bueno
Tierra	#10	No tiene	Malo
<b>Total de conductor y protección de PDP1</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I conductor	130.74 A		
Conductor THW	3#2/0	3#1/0	Bueno
Breaker	150 A	100 A	Malo
Tubería	2 1/2"	2 1/2"	Bueno
Tierra	#6	#10	Malo
<b>PDP2</b>			
<b>Timbre</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I plena carga	92.5 mA		
I conductor	92.5 mA		
Conductor THW	2#14	2#16	Malo
I breaker	92.5 mA		
Breaker	15 A	20 A	Bueno
Tubería	1/2"	1/2"	Bueno
Tierra	#14	#14	Bueno
<b>Luces de Emergencia</b>			
I plena carga	92.5 mA		
I conductor	92.5 mA		
Conductor THW	2#14	2#14	Bueno
I breaker	92.5 mA		
Breaker	15 A	20 A	Bueno
Tubería	1/2"	1/2"	Bueno
Tierra	#14	#14	Bueno
<b>PD1</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I plena carga	28.54 A		
I conductor	35.67 A		
Conductor THW	2#8	2#8	Bueno

Tabla 4.11 Comparación de resultados del Área de Planta

I breaker	35.67 A		
Breaker	40 A	No tiene	Malo
Tubería	¾"	¾"	Bueno
Tierra	#10	#10	Bueno
<b>Esmeril 240v (trifásico)</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I plena carga	4.2 A		
I conductor	5.25 A		
Conductor THW	3#12	3#10	Bueno
I breaker	10.5 A		
Breaker	15 A	No tiene	Malo
Tubería	¾ "	½"	Bueno
Tierra	#14	#10	Bueno
<b>Esmeril 120v (monofásico)</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I plena carga	16 A		
I conductor	20 A		
Conductor THW	2#12	2#10	Bueno
I breaker	40 A		
Breaker	40 A	No tiene	Malo
Tubería	½"	½"	Bueno
Tierra	#10	#10	Bueno
<b>Total de esmeril 120v y 240v</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I conductor	24.2 A		
Conductor THW	3#12	6#10	Malo
I breaker	44.2 A		
Breaker	50 A	15 A	Malo
Tubería	¾"	No tiene	Bueno
Tierra	#10	No tiene	Se recomienda #10
<b>Toma 120v (monofásica)</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I plena carga	13.88 A		
I conductor	15.26A		
Conductor THW	2#14	2#10	Bueno
I breaker	15.26A		
Breaker	20A	50A	Bueno
Tubería	½"	½"	Bueno
Tierra	#12	No tiene	Se recom.#12
Tabla 4.11 Comparación de resultados del Área de Planta			

<b>Toma 240v (monofásica)</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I plena carga	6.94A		
I conductor	7.63A		
Conductor THW	2#14	2#10	Bueno
I breaker	7.63A		
Breaker	15A	30A	Bueno
Tubería	½"	¾"	Bueno
Tierra	#14	No tiene	Se recom.#14
<b>Toma 240v</b>			
I plena carga	4A		
I conductor	4.4A		
Conductor THW	3#12	3#14	Malo
I breaker	4.4A		
Breaker	15A	50A	Malo
Tubería	½"	¾"	Bueno
Tierra	#10	#14	Malo
<b>Total de conductor y protección de PDP2</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I conductor	70.28A		
Conductor THW	3#4	3#4	Bueno
I breaker	70.28A		
Breaker	80A	250A	Malo
Tubería	1 ¼"	1 ½"	Bueno
Tierra	#8	#10	Malo
<b>PDP3</b>			
<b>Poste</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I plena carga	4.16A		
I conductor	4.57A		
Conductor THW	2#14	2#16	Malo
I breaker	4.57A		
Breaker	15A	No tiene	Malo
Tubería	½"	½"	Bueno
Tierra	#14	No tiene	Malo
<b>Tabla 4.11 Comparación de resultados del Área de Planta</b>			



<b>Resistencia de Horno Grande</b>			
I plena carga	18.71A		
I conductor	20.56A		
Conductor THW	3#12	3#10	Bueno
I breaker	20.56A		
Breaker	25A	50A	Malo
Tubería	¾"	No tiene	Se recomienda ¾"
Tierra	#10	No tiene	Se recom.#10
<b>Horno Pequeño (2Hp)</b>			
I plena carga	6.8A		
I conductor	9.34A		
Conductor THW	3#12	3#12	Bueno
I breaker	17A		
Breaker	20A	50A	Sobredimens.
Tubería	¾"	No tiene	Bueno
Tierra	#12	No tiene	Se recom.#12
<b>Horno Grande (3/4 Hp)</b>			
I plena carga	3.2A		
I conductor	4.4A		
Conductor THW	3#12	3#16	Malo
I breaker	8A		
Breaker	15A	15A	Bueno
Tubería	¾"	No tiene	Bueno
Tierra	#14	No tiene	Se recom.#14
<b>Motor Aceite (5 Hp)</b>			
I plena carga	15.2A		
I conductor	20.88A		
Conductor THW	3#12	3#16	Malo
I breaker	38A		
Breaker	40A	20A	Malo
Tubería	¾"	No tiene	Bueno
Tierra	#10	No tiene	Se recom.#10
<b>Total de conductor y protección de PDP3</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I conductor	51.87A		
Conductor THW	3#6	3#2	Malo
I breaker	72.87A		
Breaker	80A	250A	Malo
Tubería	2"	2"	Bueno
Tierra	#8	#12	Malo

Tabla 4.11 Comparación de resultados del Área de Planta

<b>Bomba de Agua</b>			
<b>Motor Planta (15 Hp)</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I plena carga	42A		
I conductor	57.7A		
Conductor THW	3#4	3#10	Malo
I breaker	105A		
Breaker	110A	No tiene	Malo
Tubería	2"	1"	Bueno
Tierra	#8	#10	Malo
<b>Motor Mezclado (5 Hp)</b>			
I plena carga	15.2A		
I conductor	20.88A		
Conductor THW	3#12	3#10	Bueno
I breaker	38A		
Breaker	40A	No tiene	Malo
Tubería	¾ "	¾ "	Bueno
Tierra	#10	No tiene	Se recom.#10
<b>Total de Conductor y Protección de Planta y Mezclado</b>			
I conductor	67.7A		
Conductor THW	3#4	3#3/0	Malo
I breaker	125.2A		
Breaker	125A	No tiene	Malo
Tubería	1 ½ "	3"	Bueno
Tierra	#6	#8	Malo
<b>Total de conductor y protección de bomba de agua</b>			
I conductor	115.77A		
Conductor THW	3#1/0	3#3/0	Malo
I breaker	173.07A		
Breaker	175A	100A	Malo
Tubería	2"	No tiene	Bueno
Tierra	#6	No tiene	Se recomienda #6
<b>Pulverizado (125 Hp)</b>			
I plena carga	312A		
I conductor	428.57A		
Conductor THW	9#2/0	3#250 MCM	Malo
I breaker	780A		
Breaker	800A	600A	Malo
Tubería	3 ½ "	3 ½ "	Bueno
Tierra	#1/0	#12	Malo
<b>Tabla 4.11 Comparación de resultados del Área de Planta</b>			

<b>Molino Pequeño</b>			
<b>Motor Sierra (7 ½ Hp)</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I plena carga	22A		
I conductor	30.22A		
Conductor THW	3#8	3#10	Bueno
I breaker	55A		
Breaker	60A	35A	Malo
Tubería	1"	¾"	Bueno
Tierra	#10	#10	Bueno
<b>Motor Molino Pequeño (2 Hp)</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I plena carga	6.8A		
I conductor	9.34A		
Conductor THW	3#12	3#8	Malo
I breaker	17A		
Breaker	20A	No tiene	Malo
Tubería	¾"	1"	Bueno
Tierra	#12	#10	Bueno
<b>Motor Extractor de Molino Pequeño (1 Hp)</b>			
I plena carga	4.2A		
I conductor	5.8A		
Conductor THW	3#12	3#12	Bueno
I breaker	10.5A		
Breaker	15A	No tiene	Malo
Tubería	¾"	No tiene	Bueno
Tierra	#14	#12	Bueno
<b>Total de conductor y Protección de Molino Peq. Y Extractor de Molino Peq.</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I conductor	12.7A		
Conductor THW	3#12	Conectado a la salida del breaker	Malo
I breaker	24.2A		
Breaker	25A	20A	Malo
Tubería	¾"	No tiene	Bueno
Tierra	#10	No tiene	Se recomienda #10
Tabla 4.11 Comparación de resultados del Área de Planta			

<b>Total de conductor y protección de molino pequeño</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I conductor	38.5A		
Conductor THW	3#8	3#2	Malo
I breaker	71A		
Breaker	70A	70A	Bueno
Tubería	1"	2 ½"	Bueno
Tierra	#8	#10	Malo

<b>PDP4</b>			
<b>Motor Compresor (15 Hp)</b>			
I plena carga	48.3A		
I conductor	66.34A		
Conductor THW	3#4	3#6	Malo
I breaker	60.37A		
Breaker	60A	No tiene	Malo
Tubería	2"	1 ½"	Bueno
Tierra	#10	#8	Bueno

<b>Motor Ventilador ( ½" Hp)</b>			
I plena carga	4.9A		
I conductor	6.12A		
Conductor THW	2#12	2#16	Malo
I breaker	12.25A		
Breaker	15A	No tiene	Malo
Tubería	½"	No tiene	Se recomienda ½"
Tierra	#14	No tiene	Se recomienda #14

<b>Total de conductor y Protección de Ventiladores</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I plena carga	4.9A		
I conductor	11.025A		
Conductor THW	2#12	2#4	Malo
I breaker	17.15A		
Breaker	20A	No tiene	Malo
Tubería	½"	No tiene	Se recomienda ½"
Tierra	#12	#4	Bueno

Tabla 4.11 Comparación de resultados del Área de Planta

<b>Total de conductor y protección de PDP4</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I conductor	70.8A		
Conductor THW	3#4	3#2	Bueno
I breaker	69.8A		
Breaker	70A	70A	Bueno
Tubería	2"	2½"	Bueno
Tierra	#8	#10	Malo
<b>PDP5</b>			
<b>Motor Transportador CM45 = CM 55 ( 2Hp)</b>			
I plena carga	6.8A		
I conductor	9.34A		
Conductor THW	3#12	Conectado a la salida del breaker	Bueno
I breaker	17A		
Breaker	20A	30A	Bueno
Tubería	¾ "	1"	Bueno
Tierra	#12	No tiene	Malo
<b>Motor Transportador CM80 ( 1½" Hp)</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I plena carga	6A		
I conductor	8.24A		
Conductor THW	3#12	3#12	Bueno
I breaker	15A		
Breaker	15A	30A	Sobredimens
Tubería	¾ "	1"	Bueno
Tierra	#14	No tiene	Malo
<b>Total de conductor y protección del PDP5</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I conductor	21.3A		
Conductor THW	3#12	3 #6	Malo
I breaker	32.8A		
Breaker	35A	80A	Sobredimens
Tubería	¾ "	2"	Bueno
Tierra	#10	#12	Malo
Tabla 4.11 Comparación de resultados del Área de Planta			

<b>CM 60</b>			
<b>Motor Principal CM60 ( 25 Hp ) (secundario)</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I plena carga	43A		
I conductor	59.06A		
Conductor THW	2#4	2#2	Malo
I breaker	53.75A		
Breaker	60A	175A	Sobredimens
Tubería	1 ¼"	2"	Bueno
Tierra	#8	No tiene	Malo
<b>Motor Principal CM60 ( 25 Hp ) (primario)</b>			
I plena carga	180.42A		
I conductor	225.52A		
Conductor THW	3#300 MCM	3#4/0	Malo
I breaker	451.05A		
Breaker	500A	No tiene	Malo
Tubería	3"	2"	Bueno
Tierra	#2	No tiene	Malo
<b>Equipos CM60</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I plena carga	38.70A		
I conductor	53.16A		
Conductor THW	3#6	3#2,3#8 y 3#8	Malo
I breaker	96.75A		
Breaker	100A	125A	Bueno
Tubería	1 "	No tiene	Se recom. 1"
Tierra	#8	No tiene	No tiene
<b>Total de conductor y protección de CM60 y equipo CM60</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I conductor	264.22A		
Conductor THW	3#400 MCM	3#4/0	Malo
I breaker	538.7A		
Breaker	600A	150A	Malo
Tubería	3 ½"	Electrocanal	Bueno
Tierra	#1	#4	Malo
Tabla 4.11 Comparación de resultados del Área de Planta			

<b>CM 45</b>			
<b>Motor Principal CM45 (20 Hp) (secundario)</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I plena carga	34A		
I conductor	46.70A		
Conductor THW	2#6	2#4	Malo
I breaker	42.5A		
Breaker	45A	175A	Sobredimens
Tubería	1"	6"	Bueno
Tierra	#10	No tiene	Malo
<b>Motor Principal CM45 (20 Hp) (primario)</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I plena carga	180.42A		
I conductor	225.52A		
Conductor THW	3#300 MCM	3#1/0	Malo
I breaker	451.05A		
Breaker	500A	No tiene	Malo
Tubería	3"	3"	Bueno
Tierra	#2	No tiene	Malo
<b>Equipos CM45</b>			
I plena carga	71.44A		
I conductor	98.13A		
Conductor THW	3#1	3#2/0	Bueno
I breaker	178.6A		
Breaker	200A	125A	Malo
Tubería	2"	No tiene	Se recom.2"
Tierra	#6	No tiene	Se recom.#6
<b>Total de conductor y protección de cm45 y equipo CM45</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I conductor	296.97A		
Conductor THW	3#500 MCM	3#4/0	Malo
I breaker	571.44A		
Breaker	600A	250A	Malo
Tubería	3 ½ "	Electrocanal	Bueno
Tierra	#1	#4	Malo
Tabla 4.11 Comparación de resultados del Área de Planta			

<b>Motor Principal CM80 (75 Hp) (secundario)</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I plena carga	123A		
I conductor	168.95A		
Conductor THW	2#4/0	2#1/0	Malo
I breaker	153.75A		
Breaker	175A	No tiene	Malo
Tubería	2 ½"	2"	Bueno
Tierra	#6	No tiene	Malo
<b>Motor Principal CM80 (75 Hp) (primario)</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I plena carga	228.53A		
I conductor	285.66A		
Conductor THW	3# 500MCM	3#3/0	Malo
I breaker	571.32A		
Breaker	600A	2 breakers: 350A y 300A	Malo
Tubería	3 ½"	3 ½"	Bueno
Tierra	#1	No tiene	Malo
<b>Equipos CM80</b>			
I plena carga	83.71A		
I conductor	114.98A		
Conductor THW	3#1/0	3#250 MCM	Malo
I breaker	209.28A		
Breaker	225A	300A	Bueno
Tubería	2 ½"	3 ½"	Bueno
Tierra	#4	No tiene	Malo
<b>CM 55</b>			
<b>Motor Principal CM55 ( 33 Hp ) (secundario)</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I plena carga	51A		
I conductor	70.05A		
Conductor THW	2#4	2#2	Bueno
I breaker	63.75A		
Breaker	70A	No tiene	Malo
Tubería	1 ¼"	1 ½"	Bueno
Tierra	#8	No tiene	Malo
Tabla 4.11 Comparación de resultados del Área de Planta			



<b>Motor Principal CM55 ( 33 Hp ) (primario)</b>			
I plena carga	180.42A		
I conductor	225.52A		
Conductor THW	3#300 MCM	3#250 MCM	Malo
I breaker	451.05A		
Breaker	500A	No tiene	Malo
Tubería	3"	No tiene	Bueno
Tierra	#2	No tiene	Malo
<b>Equipos CM55</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I plena carga	74.57A		
I conductor	102.43A		
Conductor THW	3#1	3#2	Malo
I breaker	186.42A		
Breaker	200A	No tiene	Malo
Tubería	2"	No tiene	Bueno
Tierra	#6	#2	Bueno
<b>Total de conductor y protección de CM55 y equipo CM55</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I conductor	300A		
Conductor THW	3#500 MCM	3#700 MCM	Malo
I breaker	574.57A		
Breaker	600A	500A	Malo
Tubería	2 ½"	Electrocanal	Bueno
Tierra	#1	#2	Malo
<b>Total de conductor y protección de planta</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I conductor	1804.9A		
Conductor THW	12#250 MCM	9#500 MCM	Malo
I breaker	2214.92A		
Breaker	2500A	1000A	Malo
Tierra	#350 MCM	#2	Malo

Tabla 4.11 Comparación de resultados del Área de Planta

<b>AREA DE CHILLER</b>			
<b>Molino Grande (40 Hp)</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I plena carga	104A		
I conductor	142.85A		
Conductor THW	3 # 2/0	3#2	Malo
I breaker	260A		
Breaker	300A	Posee 2 breakers: 1 de 125 A + 1 de 200A	Malo
Tubería	2"	2 ½"	Bueno
Tierra	#4	No tiene	Bueno
<b>Chiller</b>			
I plena carga	220.90A		
I conductor	303.44A		
Conductor THW	3#500 MCM	3#500 MCM	Bueno
I breaker	276.12A		
Breaker	300A	400A	Bueno
Tubería	3½"	4"	Bueno
Tierra	#1/0	#3/0	Bueno
<b>Total Conductor y Protección de Molino Grande y Chiller</b>			
I conductor	380.12A		
Conductor THW	3#700 MCM	Barra de Cu	Bueno
I breaker	404A		
Breaker	400A	600A	Malo
Tubería	4½"	No tiene	Bueno
Tierra	#2	No tiene	Se recom. #2
<b>PD1</b>			
I plena carga	29.3A		
I conductor	40.23A		
Conductor THW	2#6	2#2	Sobredimens.
Breaker	45A	100A	Sobredimens.
Tubería	1"	2"	Bueno
Tierra	#10	No tiene	Se recom. #10
<b>Total conductor y protección de chiller</b>			
I conductor	409.42A		
Conductor THW	6#250 MCM	6#500 MCM	Bueno
I breaker	429.3A		
Breaker	450A	No tiene	Malo
Tubería	4½"	No tiene	Bueno
Tierra	#2	#2	Bueno

Tabla 4.12 Comparación de resultados del Área de Chiller

<b>AREA DE MEZCLADO</b>			
<b>Tablero de Control</b>			
<b>Motor Enfriamiento (15 Hp)</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I plena carga	21A		
I conductor	28.84A		
Conductor THW	3#10	9 #10	Malo
I breaker	52.5A		
Breaker	60A	No tiene	Malo
Tubería	3/4"	1"	Bueno
Tierra	#10	#8	Bueno
<b>Motor Calentamiento (75 Hp)</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I plena carga	96A		
I conductor	131.86A		
Conductor THW	3#2/0	9#4	Bueno
I breaker	240A		
Breaker	250A	No tiene	Malo
Tubería	2 1/2"	3"	Bueno
Tierra	#4	#4	Bueno
<b>Conductor y Protección de tablero de Control (Secundario)</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I conductor	141A		
Conductor THW	3#2/0	3#2/0	Bueno
I breaker	271A		
Breaker	275A	Posee 2 breakers: 1 de 355A + 1 de 500A	Malo
Tubería	2 1/2"	No tiene	Bueno
Tierra	#4	No tiene	Malo
<b>Conductor y Protección de tablero de Control (Primario)</b>			
I conductor	285.66A		
Conductor THW	3#500MCM	A:400,B:350,C:400 MCM	Malo
I breaker	571.32A		
Breaker	600A	500A	Malo
Tubería	3 1/2"	No tiene	Bueno
Tierra	#1	Barra de Cu	Falta interconectar a la barra
Tabla 4.13 Comparación de resultados del Área de Mezclado			

<b>Panel de Distribución 1 (PD1)</b>			
<b>Motores este y oeste (1/3 Hp)</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I plena carga	2.2A		
I conductor	3.02A		
Conductor THW	3#12	3#16	Malo
I breaker	5.5A		
Breaker	15A	15A	Bueno
Tubería	¾"	½"	Bueno
Tierra	#14	#16	Malo
<b>Balanza Cónica</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I plena carga	4.62A		
I conductor	5.08A		
Conductor THW	2#14	4#10	Bueno
I breaker	5.08A		
Breaker	15A	30A	Sobredimens.
Tubería	½"	½"	Bueno
Tierra	#14	No tiene	Se recom. #14
<b>Toma 120v</b>			
I plena carga	13.88A		
I conductor	19.06A		
Conductor THW	2#12	2#10	Bueno
I breaker	19.06A		
Breaker	20A	No tiene	Malo
Tubería	½"	½"	Bueno
Tierra	#12	No tiene	Se recom #12
<b>Iluminación Externa</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I plena carga	2.31A		
I conductor	3.18A		
Conductor THW	2#14	2#10	Bueno
I breaker	3.18A		
Breaker	15A	No tiene	Malo
Tubería	½"	½"	Bueno
Tierra	#14	No tiene	Se recom.#14

Tabla 4.13 Comparación de resultados del Área de Mezclado

<b>Conductor y Protección de Toma 120v e Iluminaria externa</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I conductor	19.66A		
Conductor THW	2#12	Conectado al break	Malo
I breaker	19.66A		
Breaker	20A	50A	Sobredimens.
Tubería	½"	No tiene	Bueno
Tierra	#12	No tiene	Se recomienda #12
<b>Toma 240v</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I plena carga	6.94A		
I conductor	7.63A		
Conductor THW	2#14	2#8	Bueno
I breaker	7.63A		
Breaker	15A	50A	Sobredimens.
Tubería	½"	½"	Bueno
Tierra	#14	No tiene	Se recom.#14
<b>Luces de Mezclado</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I plena carga	4.44A		
I conductor	6.09A		
Conductor THW	2#14	2#10	Bueno
I breaker	6.09A		
Breaker	15A	No tiene	Malo
Tubería	½"	No tiene	Bueno
Tierra	#14	No tiene	Se recom.#14
<b>Luces de Emergencia</b>			
I plena carga	3.70A		
I conductor	5.08A		
Conductor THW	2#14	2#14	Bueno
I breaker	5.08A		
Breaker	15 A	No tiene	Malo
Tubería	½"	No tiene	Bueno
Tierra	#14	No tiene	Se recom.#14
Tabla 4.13 Comparación de resultados del Área de Mezclado			

<b>Conductor y Protección de Luces de mezclado e iluminaria externa</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I conductor	9.25A		
Conductor THW	2#14	2#10 + 2#14 Para dos circuitos	Malo
I breaker	9.25A		
Breaker	20A	10A	Malo
Tubería	½"	½"	Bueno
Tierra	#12	No tiene	Se recom. #12
<b>Conductor y protección de PD1</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I conductor	35.86A		
Conductor THW	3#8	Conectado directo a la salida del breaker	Malo
I breaker	35.86A		
Breaker	40A	63A	Malo
Tubería	¾ "	2"	Bueno
Tierra	#10	#6	Bueno
<b>Motor Vacío (25 Hp)</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I plena carga	68A		
I conductor	93.4A		
Conductor THW	3#2	3#4	Malo.
I breaker	170A		
Breaker	175A	125	Malo
Tubería	2"	1½"	Bueno
Tierra	#6	#10	Malo
<b>Total conductor y protección de Mezclado</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I conductor	325.22A		
Conductor THW	3#600 MCM	3#400 MCM	Malo
I breaker	696.69A		
Breaker	700A	No tiene	Malo
Tubería	4"	No tiene	Bueno
Tierra	#1	No se puede observar	Se recom. #1

Tabla 4.13 Comparación de resultados del Área de Mezclado

<b>AREA DE OFICINAS</b>			
<b>PDP</b>			
<b>Ventilador 1 (5 Hp)</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I plena carga	28A		
I conductor	35A		
Conductor THW	2#8	2#10	Malo
I breaker	70A		
Breaker	70A	50A	Malo
Tubería	1"	1"	Bueno
Tierra	#8	#10	Malo
<b>Ventilador 2 (5 Hp)</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I plena carga	28A		
I conductor	35A		
Conductor THW	2#8	2#14	Malo
I breaker	70A		
Breaker	70A	50 A	Malo
Tubería	1"	1"	Bueno
Tierra	#8	#12	Malo
<b>Luminaria Exterior</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I plena carga	6.9A		
I conductor	8.62A		
Conductor THW	2#14	2#12	Bueno
I breaker	8.62A		
Breaker	15A	20A	Bueno
Tubería	½"	1"	Bueno
Tierra	#14	#14	Bueno
<b>PD1</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I plena carga	29.16A		
I conductor	36.45A		
Conductor THW	2#8	2#4	Bueno
I breaker	36.45A		
Breaker	40A	100A	Bueno
Tubería	1"	1 ¼"	Bueno
Neutro	#14	No tiene	Se recom.#14
Tierra	#10	#10	Bueno

Tabla 4.14 Comparación de resultados del Área de Oficinas

<b>PD2</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I plena carga	33.33A		
I conductor	41.66A		
Conductor THW	2#6	2#4	Bueno
I breaker	41.66A		
Breaker	50A	100A	Bueno
Tubería	1"	1¼"	Bueno
Neutro	#12	No tiene	Se recom.#14
Tierra	#10	#10	Bueno
<b>PD3</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I plena carga	25.46A		
I conductor	31.83A		
Conductor THW	2#8	2#12	Malo
I breaker	31.82A		
Breaker	35A	50A	Bueno
Tubería	¾"	½"	Bueno
Neutro	#14	No tiene	Se recom.#14
Tierra	#10	#12	Malo
<b>Total conductor y protección de oficinas</b>			
	<b>Cálculo Teórico</b>	<b>PLASTIDOR</b>	<b>Dimensionamiento</b>
I conductor	157.85A		
Conductor THW	2 #3/0	2#2/0	Malo
I breaker	192.85A		
Breaker	200A	150A	Malo
Tubería	2½"	No tiene	Bueno
Neutro	#1/0	No tiene	Se recom.#1/0
Tierra	#6	No se puede observar	Se recom.#6

Tabla 4.14 Comparación de resultados del Área de Oficinas

En el Apéndice E encontraremos el diagrama eléctrico ideal de la fábrica Plastidor, con los cambios propuestos.



# **CAPÍTULO V**

## **5 CÁLCULO CORTO CIRCUITO Y ARMÓNICOS**

En este capítulo realizaremos un estudio de Corto Circuito anteriormente no efectuado en la empresa Plastidor; para analizar posteriormente su aplicación para: El correcto dimensionamiento de protecciones, analizado en el capítulo cuarto y el tema de Cálculos de Armónicos donde examinaremos si la fábrica se halla en los niveles adecuados de aceptación.

## 5.1 Cálculo de Corto Circuito

Un cortocircuito es un fenómeno eléctrico que ocurre cuando dos puntos entre los cuales existe una diferencia de potencial, se ponen en contacto entre sí, caracterizándose por elevadas corrientes circulantes hasta el punto de falla.

La magnitud de la corriente que fluirá a través de un cortocircuito depende principalmente de dos factores:

- 1) Las características y el número de fuentes que alimentan al cortocircuito.
- 2) La oposición o resistencia que presente el propio circuito de distribución.

Las fuentes principales de corrientes de cortocircuito son los generadores existentes en el sistema de potencia local y la generación remota de la red que le suministra energía eléctrica (red pública), sin embargo, los motores sincrónicos y de inducción que antes de la falla representaban una carga para el sistema, en condiciones de cortocircuito, se comportan como generadores durante un tiempo relativamente corto.

La oposición que presenta el propio circuito de distribución al flujo de la corriente de cortocircuito se denomina “impedancia” en términos eléctricos y depende de la configuración del sistema eléctrico, y se calcula a partir de la impedancia de cada uno de los componentes del sistema.

Otro de los factores que influye sobre la magnitud de la corriente de cortocircuito son: el tipo, problemas operativos o de mantenimiento y ubicación de la falla.

Entre las causas más frecuentes de cortocircuitos a nivel de instalaciones comerciales e industriales podemos mencionar las debidas a la ruptura o debilitamiento del aislamiento de conductores y/o equipos y los producidos por agentes ambientales.

Los efectos de las corrientes de cortocircuitos son muy variados, pero los más importantes son el debido al efecto Joule (calentamiento de los equipos eléctricos debido a la gran circulación de corriente), esfuerzos electromecánicos en las máquinas eléctricas y destrucción física del lugar de la falla cuando se producen grandes arcos eléctricos. De los efectos de las fallas por cortocircuito, el más notorio es la interrupción del suministro eléctrico debido a la necesaria apertura del circuito eléctrico por parte de los dispositivos de protección para despejar la falla y evitar mayores daños en el sistema.

### **5.1.1 Tipos de fallas por cortocircuitos en sistemas de potencia**

Se produce un cortocircuito en un sistema de potencia, cuando entran en contacto, entre sí o con tierra, conductores energizados correspondientes a distintas fases. Normalmente las corrientes de cortocircuito son muy elevadas, entre 5 y 20 veces el valor máximo de la corriente de carga en el punto de falla. Los cortocircuitos se pueden clasificar en simétricas (balanceadas) y asimétricas (desbalanceadas). En las fallas simétricas la corriente de las tres fases del sistema son iguales en el instante del cortocircuito. Entre ellas tenemos:

- ❖ Cortocircuito trifásico: Se ponen en contacto las tres fases en un mismo punto del sistema. Es el cortocircuito más severo en la mayoría de los casos.
- ❖ Cortocircuito trifásico a tierra: Se ponen en contacto las tres fases y tierra en un mismo punto del sistema.
- ❖ En las fallas asimétricas la corriente en las tres fases del sistema no es igual en el instante del cortocircuito. Entre ellas tenemos:
  - ❖ Cortocircuito bifásico (fase a fase): Entran en contacto dos fases cualesquiera del sistema.
  - ❖ Cortocircuito bifásico a tierra (dos fases a tierra): Entran en contacto dos fases cualquiera y la tierra del sistema.

- ❖ Cortocircuito monofásico (fase a tierra): Ocurre al ponerse en contacto una fase cualquiera con la tierra del sistema. Es el cortocircuito más frecuente.

### **Coordinación de protecciones**

Es la operación selectiva de los diferentes dispositivos de protección, de manera que éstos actúen en secuencia, permitan la localización de las condiciones de falla y se saque de servicio solamente la parte afectada.

Los pasos generales que se deben seguir para un estudio de coordinación de protecciones, son los siguientes:

1. Recopilar la información necesaria sobre el sistema eléctrico a proteger, indicando las características de los elementos del sistema en el diagrama unifilar.
2. Determinar los valores máximos de carga, de acuerdo a la capacidad nominal del circuito protegido.
3. Calcular las corrientes de cortocircuito máximas y mínimas en los puntos del sistema que sean importantes para la coordinación.

4. Recopilar y seleccionar información técnica sobre los equipos de protección existentes o que se instalarán en el sistema eléctrico, entre ellas las curvas características de tiempo - corriente de cada dispositivo de protección. Esta información generalmente la suministra el fabricante.

5. Ubicar y seleccionar las características y rango de ajustes de los equipos de protección.

En nuestro caso en el capítulo 4, donde uno de los puntos a tratar es el dimensionamiento de protecciones, se realizó una comprobación sobre si éstas cumplen con las exigencias básicas del circuito a proteger y con las normas existentes. Al final de este subcapítulo analizaremos los resultados de corto circuito.

### **5.1.2 Métodos de cálculo**

Existen diferentes métodos para hallar el valor de las corrientes de cortocircuito en cualquier punto de un sistema de potencia, siendo algunos el método de reducción de mallas, el método de contribución y el método de componentes simétricas.

En nuestro caso utilizaremos el método del “**Sistema del diagrama unifilar**”, que resulta familiar a través de un procedimiento en el cual no se recurre a

un diagrama de circuito de impedancia equivalente. Las fuentes generadoras de corto circuito son consideradas como arroyos que alimentan a un río.

La fundamental ley de Ohm (Voltaje/Impedancia = Corriente) es empleada a través del sistema de bajo voltaje. La información del circuito de alto voltaje es aplicado mejor al concepto familiar de “porcentaje de impedancia”, ésta representa el porcentaje del voltaje normal, el cual aplicado al primario del transformador, etc., causaría una sobre corriente que fluiría en un corto circuito en el secundario.

El máximo corto circuito ocurre cuando el 100% del voltaje es aplicado y es igual a la carga total de corriente x 100% y dividido por el “porcentaje de impedancia”:

$$\text{Corto circuito Amperios} = \text{Carga total de corriente} \times 100\% / \% \text{ Impedancia.}$$

Los valores de corto circuito expresados en KVA en lugar de Amperios son derivados de la misma regla general. Los valores de impedancia son compuestos por valores de resistencia y reactancia y la relación triángulo rectángulo determina sus proporciones. Las conversiones matemáticas del uno y del otro (vectorialmente) son simples por medio de la ayuda de un diagrama proporcionado.

A través de este procedimiento, las resistencias son agrupadas con resistencias y las reactancias con reactancias; todos los resultados son obtenidos con una simple suma aritmética e indicará el nivel de falla en un determinado punto y estará lista para ser usada en el análisis de la siguiente porción del sistema que proveerá un continuo chequeo del proceso.

A continuación presentamos un ejemplo en el área de Mezclado, como también se realizó los cálculos en los dos cuartos de transformadores restantes: Planta, Chiller, además de Oficinas:

**Mezclado:**

X = Reactancia

R = Resistencia

Z = Impedancia

SC KVA = Corto circuito (KVA)

SC A = Corto circuito amperes

Ic = Corriente de carga

**Subestación primaria:**

**Potencia del banco = 150 KVA**

Pcc = 246000 KVA dado por la empresa eléctrica

**Impedancia del sistema:**

$$\%Z = \frac{\text{Potencia del banco de transfx}100}{P_{cc}}$$



$$\%Z = \frac{150 \times 100}{246000} = 0.0609\%$$

**Impedancia del transformador. Z= 2.4 %**

**Banco de Transformador principal 150 KVA**

$$SCKVA = \frac{\text{Potencia del Banco de Tranfx} \times 100}{\%Z + \text{Impedancia del transf}} = \text{Potencia de Corto circuito}$$

$$SCKVA = \frac{150 \times 100}{0.06 + 2.4} = 6097 SC \text{ KVA}$$

**Para la contribución total = 6097 SC KVA**

Por el apéndice F.1: REF G **se obtiene F** y se asume **X/R = 12** => Por el apéndice F.2 REF A

$$X = 5.73 \% \quad R = 0.48 \% \quad F = 0.997$$

$$Z = \frac{5.73\%}{0.997} = 5.747\%$$

**Corriente corto circuito salida del transformador principal**

$$SCA = \frac{I_{\text{trasmfx}} \times 100\%}{Z} = \frac{360.84A \times 100\%}{5.747\%} = 6278.75A$$

La corriente total del transformador es 360.84 A; luego de calcular el porcentaje de participación de corriente de cada carga, se procede a calcular con éste el SC KVA.

El factor de r=2 es para motores que ocupan el 50% de la carga del transformador, con una regla de tres, obtenemos el valor r cuando la carga motor vacío ocupa el 19 %.

**Motor vacío 19% de la carga**

$$2 \Rightarrow 50\%$$

$$r \Rightarrow 19\% \quad \Rightarrow r = 0.76\%$$

$$SC \text{ KVA} = 0.76 \times 150 \text{ KVA} = 114 \text{ SC KVA}$$

**Panel de distribución (PD1) 7% de la carga**

$$2 \Rightarrow 50\%$$

$$r \Rightarrow 7\% \quad \Rightarrow r = 0.28\%$$

$$SC \text{ KVA} = 0.28 \times 150 \text{ KVA} = 42 \text{ SCKVA}$$

**Total SC en primario**

$$SC \text{ TOTAL} = 6097 + 114 + 42 = 6253 \text{ SC KVA}$$

**Para la contribución total = 6253 KVA**

Por el apéndice F.1: REF G **se obtiene F** y se asume  $X/R = 12 \Rightarrow$  Por el apéndice F.2 REF A

$$X = 5.73\% \quad R = 0.48\% \quad F = 0.997$$

$$Z = \frac{5.73\%}{0.997} = 5.747\%$$

transformador 75 KVA  $X/R=5$

$$\text{Por el apéndice F.2 REF A} \Rightarrow X = 2.94\%$$

$$R = 0.59\%$$

Total impedancia

$$X = 5.73\%$$

$$R = 0.48\%$$

$$\text{-----}$$

$$XT = 8.67\%$$

$$\text{-----}$$

$$RT = 1.07\%$$

$$X/R = 8.1$$

$$F = 0.995$$

$$X = F \times Z$$

$$Z = \frac{8.67\%}{0.995} = 8.713\%$$

**Corriente corto circuito**

Lado del primario

$$SCA = \frac{I_c \times 100\%}{Z\%}$$

$$I_c = \frac{75000 \text{ KVA}}{240 \text{ V} \sqrt{3}} = 196.8 \text{ A}$$

$$SCA = \frac{196.82 \times 100\%}{8.713\%} = 2258.92 \text{ A}$$

Lado del secundario

$$SCA = \frac{I_c \times 100\%}{Z\%}$$

$$I_c = \frac{75000 \text{ KVA}}{480 \text{ V} \sqrt{3}} = 98.41 \text{ A}$$

$$SCA = \frac{98.41 \times 100\%}{8.713\%} = 1129.46 \text{ A}$$

**Corriente corto circuito motor vacío**

$$SCA = \frac{I_c \times 100\%}{Z\%}$$

$$SCA = \frac{68 \text{ A} \times 100\%}{5.747\%} = 1183.22 \text{ A}$$

**Corriente corto circuito del panel de distribución (PD1)**

$$SCA = \frac{I_c \times 100\%}{Z\%}$$

$$SCA = \frac{24.29 \text{ A} \times 100\%}{5.747\%} = 422.65 \text{ A}$$

Con la tabla que presentaremos a continuación se muestran los resultados del cálculo de corto circuito realizado a las cuatro áreas de la empresa Plastidor; donde se observa que debido a que es pequeña y por no tener tantas fuentes de armónicos, como equipos electrónicos; los valores de corrientes de corto circuito a considerar en las protecciones de la fábrica son pequeños y si se necesitara un cambio de protecciones, como se comprueba en el Capítulo 4, la elección de éstas con relación a los valores obtenidos de corto circuito se las ubicarían sin ningún problema en el mercado.

### **5.1.3 Tabla de resultados de Corto Circuito**

<b>PLANTA</b>		
	<b>Icc (KA)</b>	
Salida del Transf. principal	20.892	
PD1	1.692	
Oficina de producción planta	1.061	
Bomba de agua	0.995	
Pulverizado	5.428	
Molino pequeño	0.574	
Compresor	1.010	
Transportadora	0.341	
CM60 Equipos	0.737	
CM60	Primario	Secundario
Transformador	2.258	1.129
CM45 Equipos	1.357	
	<b>Icc (KA)</b>	
CM45	Primario	Secundario
Transformador	2.258	1.129
CM80 Equipos	1.583	
CM80	Primario	Secundario
Transformador	2.861	1.430
CM55 Equipos	1.412	
CM55	Primario	Secundario
Transformador	2.258	1.129

<b>CHILLER</b>	
	<b>Icc (KA)</b>
Salida del Transf. principal	9.418
Molino grande	1.809
Chiller	4.010
PD1	0.509

<b>MEZCLADO</b>		
	<b>I cc (KA)</b>	
Salida del Transf. principal	6.278	
Motor Vacío	1.183	
DI Caja de Breakers	0.422	
Motores calent y enfriamt	primario	secundario
Transformador	2.258	1.129

<b>OFICINAS</b>	
	<b>I cc (KA)</b>
Salida del Transf. principal	4.577

Tabla 5.1 Tabla de resultados de cálculos de corto circuito

## 5.2 Cálculo de Armónicos

Las cargas no lineales conectadas a la red de corriente alterna senoidal absorben corrientes que no son senoidales, aunque por lo general sí son periódicas. Como ejemplos más típicos de tales cargas que encontramos en el mundo son:

- Los convertidores estáticos (grupos rectificadores, reguladores de velocidad, arrancados estáticos, cargadores de baterías, etc.
- Equipos electrónicos monofásicos, que internamente trabajan en corriente continua y que disponen de un rectificador y condensador de filtro a la entrada. (Ordenadores, impresoras, autómatas programables, etc.).
- Instalaciones de iluminación con lámparas de descarga.
- Hornos de arco y equipos de soldadura.
- Transformadores, reactancias con núcleo de hierro, etc., cuya curva de magnetización es no lineal.

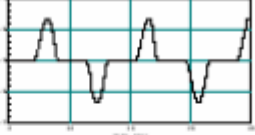
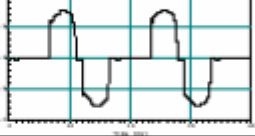
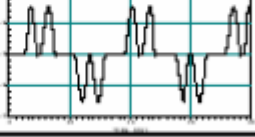
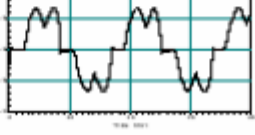
Tipo de Carga	Onda Tipica	Distorsión de Corriente
Equipo Monofasico Ej.: Computadores.		80%
Semiconvertidores		Valores Altos de 2do, 3ro y 4to
Convertidores de 6 Pulsos sin Inductancia en Serie		80%
Convertidores de 6 Pulsos con Inductancia > a 3% en Serie		40%

Figura 5.1 Forma de onda del armónico según el tipo de carga

Las distorsiones armónicas de corriente distorsionan la onda de tensión al interactuar con la impedancia del sistema originando la reducción de la vida útil en motores y causando la operación errática de equipos electrónicos

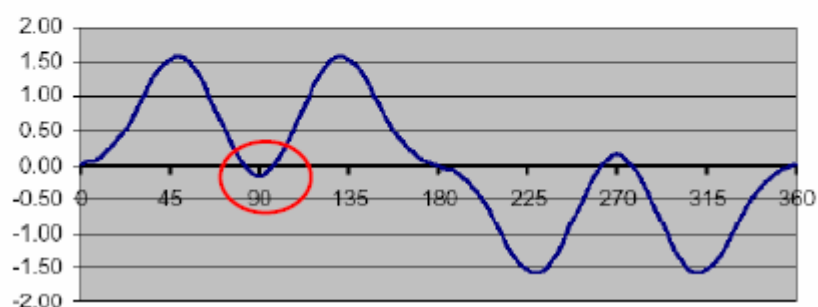


Figura 5.2 Distorsión armónica de corriente

Para el estudio de tales corrientes no senoidales y de los circuitos no lineales debe recurrirse a métodos algo distintos de los de la teoría de circuitos clásica. Incluso la respuesta de ciertos componentes como inductancias y condensadores que pueden considerarse lineales a frecuencia constante, dejan de serlo cuando se superponen varias frecuencias.

### **5.2.1. Método de Comprobación.**

Para realizar la comprobación de que los armónicos se encontraban o no en los niveles normales, utilizamos el equipo de medición AR5 durante una semana para cada área (Planta, Chiller y Mezclado) como lo dispone el CONELEC y que nos ayudó a obtener información, que será presentada más adelante y que ha sido escogida durante un periodo de tiempo con más distorsión armónica.

**Importante:** El CONELEC en su artículo 1.1 de Calidad de Energía de la Regulación **CONELEC-004/01**, “Calidad del servicio eléctrico de Distribución”; considera como aspectos importantes lo siguiente:

- a) Nivel de voltaje
- b) Perturbaciones de voltaje (**armónicos** y flickers)
- c) Factor de Potencia



Pero en el caso de armónicos, **sólo se considera los de voltaje, pero por parte del distribuidor del servicio eléctrico;** donde ejecutará las mediciones de comprobación durante siete días a la salida del transformador de distribución.

Por esta razón, ya que no existen regulaciones por parte del CONELEC para la industria y como actualmente existe un proyecto de Regulación /05 de “Calidad del Transporte de Potencia y del Servicio de Conexión en el SIN”, donde sí se toma en cuenta los armónicos a nivel consumidores, tanto de voltaje como de corriente, y para la cual se basan en las normas de la IEEE 519, hemos tomado las mismas para nuestro análisis.

### **Norma IEEE 519**

Las normas estadounidenses con respecto a los armónicos han sido agrupadas por la IEEE (**Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.**) en la norma 519 tanto de Corriente como de Voltaje: “IEEE Recomendaciones Prácticas y Requerimientos para el Control de armónicos en Sistemas Eléctricos de Potencia”.

Existe un efecto combinado de todas las cargas no lineales sobre el sistema de distribución, el cual tiene una capacidad limitada para absorber corrientes armónicas. Adicionalmente, las compañías de distribución tienen la

responsabilidad de proveer alta calidad de abastecimiento en lo que respecta al nivel del voltaje y su forma de onda. IEEE 519 hace referencia no solo al nivel absoluto de armónicos producido por una fuente individual sino también a su magnitud con respecto a la red de abastecimiento.

### **5.2.2. Análisis de Armónicos**

#### **Límites de distorsión armónica de corriente para Cargas No lineales.**

El límite primario de los clientes individuales es la cantidad de corriente armónica que ellos pueden inyectar en la red de distribución. Los límites de corriente se basan en el tamaño del consumidor con respecto al sistema de distribución. Los clientes más grandes se restringen más que los clientes pequeños. El tamaño relativo de la carga con respecto a la fuente se define como la relación de cortocircuito (SCR), al punto de acoplamiento común (PCC), que es donde la carga del consumidor se conecta con otras cargas en el sistema de potencia. El tamaño del consumidor es definido por la corriente total de frecuencia fundamental en la carga IL, que incluye todas las cargas lineales y no lineales. El tamaño del sistema de abastecimiento es definido por el nivel de la corriente de cortocircuito ISC al PCC. Estas dos corrientes definen el SCR.

Una relación alta significa que la carga es relativamente pequeña y que los límites aplicables no serán tan estrictos como los que corresponden cuando

la relación es más baja. Esto se observa en la tabla 5.2, donde se recomiendan los niveles máximos de distorsión armónica en función del valor de SCR y el orden del armónico. La tabla también identifica niveles totales de distorsión armónica. Todos los valores de distorsión de corriente se dan en base a la máxima corriente de carga (demanda). La distorsión total está en términos de la distorsión total de la demanda (TDD) en vez del término más común THD.

Con los datos obtenidos en Corto Circuito (tabla 5.1) realizamos el respectivo cálculo para saber dónde estamos ubicados en la la tabla 1 de la **IEEE 519 de Límites en la Distorsión armónica de la Corriente (tabla 5.2)**, que nos ayudará posteriormente para verificar si la distorsión está dentro de los límites de armónicos tanto de corriente como de voltaje:

**Mezclado**

$$ISC / IL = \frac{6278A}{360.84A} = 17.39$$

**Chiller**

$$ISC / IL = \frac{9418A}{541.26A} = 17.4$$

**Planta**

$$ISC / IL = \frac{20892A}{1202.8A} = 17.36$$

**Oficinas**

$$ISC / IL = \frac{4577A}{145.29A} = 31.5$$

Mezclado, Chiller y Planta están en el rango  $ISC/IL < 20$

Oficinas están en el rango  $ISC/IL \ 20 < 50$

Utilizamos la tabla 5.2 para condiciones con duración superior a una hora. Para períodos más cortos el límite aumenta un 50%; y se observa a continuación:

<b>Límites de Corriente Armónica para Carga no lineal en el Punto Común de acoplamiento con Otras Cargas, para voltajes entre 120 - 69,000 volts.</b>						
Máxima Distorsión Armónica Impar de la Corriente, en % del Armónico fundamental						
ISC/IL	<11	11≤h<17	17≤h<23	23≤h<35	35≤h	TDD
<20*	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20<50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50<100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100<1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0
<b>Límites de Corriente Armónica para Carga no lineal en el Punto Común de acoplamiento con Otras Cargas, para voltajes entre 69,000 - 161,000 volts.</b>						
Máxima Distorsión Armónica Impar de la Corriente, en % del Armónico fundamental						
ISC/IL	<11	11≤h<17	17≤h<23	23≤h<35	35≤h	TDD
<20*	2.0	1.0	0.75	0.3	0.15	2.5
20<50	3.5	1.75	1.25	0.5	0.25	4.0
50<100	5.0	2.25	2.0	0.75	0.35	6.0
100<1000	6.0	2.75	2.5	1.0	0.5	7.5
>1000	7.5	3.5	3.0	1.25	0.7	10.0
<b>Límites de Corriente Armónica para Carga no lineal en el Punto Común de acoplamiento con Otras Cargas, para voltajes &gt; 161,000 volts.</b>						
Máxima Distorsión Armónica Impar de la Corriente, en % del Armónico fundamental						
ISC/IL	<11	11≤h<17	17≤h<23	23≤h<35	35≤h	TDD
<50	2.0	1.0	0.75	0.30	0.15	2.5
50	3.0	1.5	1.15	0.45	0.22	3.75
Los armónicos pares se limitan al 25% de los límites de los armónicos impares mostrados anteriormente						
* Todo equipo de generación se limita a estos valores independientemente del valor de Isc/Il que presente						
Donde ISC = corriente Máxima de cortocircuito en el punto de acoplamiento común.						
IL = Máxima demanda de la corriente de carga (a frecuencia fundamental) en el punto de acoplamiento común.						
TDD = Distorsión total de la demanda (RSS) en % de la demanda máxima.						

Tabla 5.2 Límites en la Distorsión de la Corriente IEEE 519

### Límites de distorsión armónica de voltaje para cargas no lineales:

En este caso utilizamos la tabla 2 de la **IEEE 519 de Límites en la Distorsión de voltaje** que establece como límite de planificación  $THD_v \leq 5\%$  para baja y media tensión.

LÍMITES PARA CONTENIDO ARMÓNICO DE VOLTAJES (IEEE 519)		
VOLTAJE DE BARRAS KV	CONTENIDO ARMÓNICO INDIVIDUAL MÁXIMO $V_i$ (%)	VTHD MÁXIMO (%)
$V_n \leq 69$ KV	3.00	5.00
$69$ KV $\leq V_n \leq 161$ KV	1.50	2.50
$V_n > 161$ KV	1.00	1.50

Tabla 5.3. Sistema de bajo Voltaje clasificación y límites de Distorsión.

### 5.2.3 Tabla de resultados

Las tablas presentadas a continuación fueron obtenidas del Software Power Vision, después de realizar mediciones en cada línea (L1, L2, L3) durante una semana, en las tres subestaciones: Planta, Chiller y Mezclado; en nuestro caso se presentará un extracto de estas mediciones, el cual muestra periodos de una hora para cada armónico de voltaje y corriente (del armónico 1 al 30), además un promedio de las tres líneas; indicando si se encuentran o no por debajo de los límites permitidos por la norma IEEE 519, de lo cual se concluye que:

Plastidor a manera general se encuentra dentro de los límites normales de Armónicos tanto de corriente como de voltaje como lo establece el CONELEC y la IEEE nombrados anteriormente.

**Distorsión Armónica de Corriente:** Tanto en las áreas de Planta, Chiller y Mezclado, durante la semana de observación, si se han manifestado sobre los límites permitidos pero son muy esporádicas y duran muy poco tiempo como para ser consideradas trascendentes.

**Distorsión Armónica de Voltaje:** Tanto en las áreas de Planta, Mezclado y Chiller, en ningún momento durante la semana de análisis se ha presentado un THD de voltaje que sobrepase el 5% distorsión permitida.

**Importante:** En oficinas no se pudo realizar mediciones ya que por motivos de seguridad del equipo, éste no pudo ser instalado.

### ARMÓNICOS DE CORRIENTE PLANTA

ARMONICO 2 <1									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
10/12/2003	6:00:00	2,711	TRUE	5,06	TRUE	3,733	TRUE	3,835	TRUE
10/12/2003	6:15:00	2,212	TRUE	4,174	TRUE	3,213	TRUE	3,200	TRUE
10/12/2003	6:30:00	2,605	TRUE	5,446	TRUE	4,541	TRUE	4,197	TRUE
10/12/2003	6:45:00	2,779	TRUE	5,329	TRUE	4,583	TRUE	4,230	TRUE
ARMONICO 3 <4									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
10/12/2003	6:00:00	3,839	FALSE	1,428	FALSE	2,3	FALSE	2,522	FALSE
10/12/2003	6:15:00	2,704	FALSE	1,928	FALSE	2,9	FALSE	2,511	FALSE
10/12/2003	6:30:00	4,076	TRUE	0,815	FALSE	3,12	FALSE	2,670	FALSE
10/12/2003	6:45:00	3,958	FALSE	1,142	FALSE	2,53	FALSE	2,543	FALSE
ARMONICO 4 <1									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
10/12/2003	6:00:00	1,199	TRUE	1,492	TRUE	2,134	TRUE	1,608	TRUE
10/12/2003	6:15:00	1,132	TRUE	1,446	TRUE	2,381	TRUE	1,653	TRUE
10/12/2003	6:30:00	1,341	TRUE	1,633	TRUE	2,673	TRUE	1,882	TRUE
10/12/2003	6:45:00	1,508	TRUE	1,655	TRUE	2,555	TRUE	1,906	TRUE
ARMONICO 5 <4									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
10/12/2003	6:00:00	9,108	TRUE	9,29	TRUE	2,58	FALSE	6,993	TRUE
10/12/2003	6:15:00	10,52	TRUE	11,093	TRUE	2,885	FALSE	8,166	TRUE
10/12/2003	6:30:00	10,716	TRUE	11,691	TRUE	2,711	FALSE	8,373	TRUE
10/12/2003	6:45:00	11,263	TRUE	12,097	TRUE	2,9	FALSE	8,753	TRUE
ARMONICO 6 <1									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
10/12/2003	6:00:00	0,933	FALSE	0,282	FALSE	0,113	FALSE	0,443	FALSE
10/12/2003	6:15:00	0,592	FALSE	0,709	FALSE	0,366	FALSE	0,556	FALSE
10/12/2003	6:30:00	0,589	FALSE	0,409	FALSE	0,18	FALSE	0,393	FALSE
10/12/2003	6:45:00	0,532	FALSE	0,541	FALSE	0,256	FALSE	0,443	FALSE
ARMONICO 7 <4									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
10/12/2003	6:00:00	2,165	FALSE	1,178	FALSE	1,117	FALSE	1,487	FALSE
10/12/2003	6:15:00	2,9	FALSE	1,808	FALSE	1,182	FALSE	1,963	FALSE
10/12/2003	6:30:00	3,269	FALSE	2,722	FALSE	1,639	FALSE	2,543	FALSE
10/12/2003	6:45:00	3,658	FALSE	2,897	FALSE	1,392	FALSE	2,649	FALSE

Tabla 5.4 Armónicos de corriente del 1-7 Planta



ARMONICO 8 < 0,5									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
10/12/2003	6:00:00	0,062	FALSE	0,234	FALSE	0,42	FALSE	0,239	FALSE
10/12/2003	6:15:00	0,031	FALSE	0,403	FALSE	0,423	FALSE	0,286	FALSE
10/12/2003	6:30:00	0,27	FALSE	0,481	FALSE	0,404	FALSE	0,385	FALSE
10/12/2003	6:45:00	0,118	FALSE	0,481	FALSE	0,394	FALSE	0,331	FALSE
ARMONICO 9 <2									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
10/12/2003	6:00:00	0,07	FALSE	0,526	FALSE	0,038	FALSE	0,211	FALSE
10/12/2003	6:15:00	0,134	FALSE	0,456	FALSE	0,192	FALSE	0,261	FALSE
10/12/2003	6:30:00	0,351	FALSE	0,281	FALSE	0,427	FALSE	0,353	FALSE
10/12/2003	6:45:00	0,413	FALSE	0,372	FALSE	0,182	FALSE	0,322	FALSE
ARMONICO 10 <0,5									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
10/12/2003	6:00:00	0,688	FALSE	0,756	FALSE	0,468	FALSE	0,637	FALSE
10/12/2003	6:15:00	0,617	FALSE	0,932	FALSE	0,479	FALSE	0,676	FALSE
10/12/2003	6:30:00	1,034	TRUE	0,757	FALSE	0,901	FALSE	0,897	FALSE
10/12/2003	6:45:00	0,952	FALSE	0,817	FALSE	0,62	FALSE	0,796	FALSE
ARMONICO 11 <2									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
10/12/2003	6:00:00	1,437	FALSE	1,232	FALSE	0,407	FALSE	1,025	FALSE
10/12/2003	6:15:00	1,179	FALSE	1,45	FALSE	0,612	FALSE	1,080	FALSE
10/12/2003	6:30:00	1,385	FALSE	1,676	FALSE	0,717	FALSE	1,259	FALSE
10/12/2003	6:45:00	1,303	FALSE	1,506	FALSE	0,646	FALSE	1,152	FALSE
ARMONICO 12 <0,5									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
10/12/2003	6:00:00	0,449	FALSE	0,215	FALSE	0,188	FALSE	0,284	FALSE
10/12/2003	6:15:00	0,469	FALSE	0,246	FALSE	0,302	FALSE	0,339	FALSE
10/12/2003	6:30:00	0,435	FALSE	0,15	FALSE	0,124	FALSE	0,236	FALSE
10/12/2003	6:45:00	0,25	FALSE	0,114	FALSE	0,252	FALSE	0,205	FALSE
ARMONICO 13 <2									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
10/12/2003	6:00:00	0,47	FALSE	0,261	FALSE	0,261	FALSE	0,331	FALSE
10/12/2003	6:15:00	0,329	FALSE	0,266	FALSE	0,132	FALSE	0,242	FALSE
10/12/2003	6:30:00	0,517	FALSE	0,19	FALSE	0,19	FALSE	0,299	FALSE
10/12/2003	6:45:00	0,546	FALSE	0,554	FALSE	0,353	FALSE	0,484	FALSE

Tabla 5.5 Armónicos de corriente del 8-13 Planta

ARMONICO 14 <0,5									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
10/12/2003	6:00:00	0,161	FALSE	0,128	FALSE	0,224	FALSE	0,171	FALSE
10/12/2003	6:15:00	0,139	FALSE	0,09	FALSE	0,123	FALSE	0,117	FALSE
10/12/2003	6:30:00	0,154	FALSE	0,18	FALSE	0,108	FALSE	0,147	FALSE
10/12/2003	6:45:00	0,168	FALSE	0,192	FALSE	0,115	FALSE	0,158	FALSE
ARMONICO 15 <2									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
10/12/2003	6:00:00	0,05	FALSE	0,429	FALSE	0,09	FALSE	0,190	FALSE
10/12/2003	6:15:00	0,093	FALSE	0,308	FALSE	0,135	FALSE	0,179	FALSE
10/12/2003	6:30:00	0,455	FALSE	0,245	FALSE	0,233	FALSE	0,311	FALSE
10/12/2003	6:45:00	0,515	FALSE	0,177	FALSE	0,202	FALSE	0,298	FALSE
ARMONICO 16 <0,5									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
10/12/2003	6:00:00	0,306	FALSE	0,323	FALSE	0,091	FALSE	0,240	FALSE
10/12/2003	6:15:00	0,237	FALSE	0,425	FALSE	0,304	FALSE	0,322	FALSE
10/12/2003	6:30:00	0,533	TRUE	0,593	TRUE	0,495	FALSE	0,540	TRUE
10/12/2003	6:45:00	0,557	TRUE	0,555	TRUE	0,35	FALSE	0,487	FALSE
ARMONICO 17 <1,5									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
10/12/2003	6:00:00	0,719	TRUE	0,573	TRUE	0,169	FALSE	0,487	FALSE
10/12/2003	6:15:00	0,384	FALSE	0,496	FALSE	0,377	FALSE	0,419	FALSE
10/12/2003	6:30:00	0,47	FALSE	0,345	FALSE	0,323	FALSE	0,379	FALSE
10/12/2003	6:45:00	0,356	FALSE	0,257	FALSE	0,2	FALSE	0,271	FALSE
ARMONICO 18 <0,375									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
10/12/2003	6:00:00	0,322	FALSE	0,296	FALSE	0,202	FALSE	0,273	FALSE
10/12/2003	6:15:00	0,262	FALSE	0,265	FALSE	0,324	FALSE	0,284	FALSE
10/12/2003	6:30:00	0,221	FALSE	0,126	FALSE	0,335	FALSE	0,227	FALSE
10/12/2003	6:45:00	0,126	FALSE	0,113	FALSE	0,352	FALSE	0,197	FALSE
ARMONICO 19 <1,5									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
10/12/2003	6:00:00	0,335	FALSE	0,105	FALSE	0,166	FALSE	0,202	FALSE
10/12/2003	6:15:00	0,232	FALSE	0,344	FALSE	0,176	FALSE	0,251	FALSE
10/12/2003	6:30:00	0,284	FALSE	0,175	FALSE	0,22	FALSE	0,226	FALSE
10/12/2003	6:45:00	0,39	FALSE	0,431	FALSE	0,22	FALSE	0,347	FALSE

Tabla 5.6 Armónicos de corriente del 14-19 Planta

ARMONICO 20 <0,375									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
10/12/2003	6:00:00	0,051	FALSE	0,225	FALSE	0,126	FALSE	0,134	FALSE
10/12/2003	6:15:00	0,027	FALSE	0,269	FALSE	0,017	FALSE	0,104	FALSE
10/12/2003	6:30:00	0,311	FALSE	0,047	FALSE	0,043	FALSE	0,134	FALSE
10/12/2003	6:45:00	0,252	FALSE	0,12	FALSE	0,01	FALSE	0,127	FALSE
ARMONICO 21 <1,5									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
10/12/2003	6:00:00	0,274	FALSE	0,293	FALSE	0,076	FALSE	0,214	FALSE
10/12/2003	6:15:00	0,194	FALSE	0,369	FALSE	0,019	FALSE	0,194	FALSE
10/12/2003	6:30:00	0,361	FALSE	0,364	FALSE	0,18	FALSE	0,302	FALSE
10/12/2003	6:45:00	0,457	FALSE	0,183	FALSE	0,141	FALSE	0,260	FALSE
ARMONICO 22 <0,375									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
10/12/2003	6:00:00	0,197	FALSE	0,135	FALSE	0,054	FALSE	0,129	FALSE
10/12/2003	6:15:00	0,219	FALSE	0,101	FALSE	0,262	FALSE	0,194	FALSE
10/12/2003	6:30:00	0,278	FALSE	0,44	TRUE	0,237	FALSE	0,318	FALSE
10/12/2003	6:45:00	0,339	FALSE	0,399	TRUE	0,245	FALSE	0,328	FALSE
ARMONICO 23 <0,6									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
10/12/2003	6:00:00	0,183	FALSE	0,505	FALSE	0,125	FALSE	0,271	FALSE
10/12/2003	6:15:00	0,157	FALSE	0,541	FALSE	0,331	FALSE	0,343	FALSE
10/12/2003	6:30:00	0,259	FALSE	0,374	FALSE	0,471	FALSE	0,368	FALSE
10/12/2003	6:45:00	0,381	FALSE	0,383	FALSE	0,305	FALSE	0,356	FALSE
ARMONICO 24 <0,15									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
10/12/2003	6:00:00	0,273	TRUE	0,324	TRUE	0,173	TRUE	0,257	TRUE
10/12/2003	6:15:00	0,241	TRUE	0,374	TRUE	0,17	TRUE	0,262	TRUE
10/12/2003	6:30:00	0,122	FALSE	0,281	TRUE	0,394	TRUE	0,266	TRUE
10/12/2003	6:45:00	0,166	TRUE	0,179	TRUE	0,216	TRUE	0,187	TRUE
ARMONICO 25 <0,6									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
10/12/2003	6:00:00	0,335	FALSE	0,313	FALSE	0,146	FALSE	0,265	FALSE
10/12/2003	6:15:00	0,322	FALSE	0,334	FALSE	0,105	FALSE	0,254	FALSE
10/12/2003	6:30:00	0,263	FALSE	0,407	FALSE	0,182	FALSE	0,284	FALSE
10/12/2003	6:45:00	0,106	FALSE	0,442	FALSE	0,096	FALSE	0,215	FALSE

Tabla 5.7 Armónicos de corriente del 20-25 Planta

ARMONICO 26 <0,15									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
10/12/2003	6:00:00	0,076	FALSE	0,237	TRUE	0,154	TRUE	0,156	TRUE
10/12/2003	6:15:00	0,043	FALSE	0,294	TRUE	0,027	FALSE	0,121	FALSE
10/12/2003	6:30:00	0,283	TRUE	0,087	FALSE	0,108	FALSE	0,159	TRUE
10/12/2003	6:45:00	0,288	TRUE	0,062	FALSE	0,042	FALSE	0,131	FALSE
ARMONICO 27 <0,6									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
10/12/2003	6:00:00	0,188	FALSE	0,041	FALSE	0,067	FALSE	0,099	FALSE
10/12/2003	6:15:00	0,295	FALSE	0,246	FALSE	0,087	FALSE	0,209	FALSE
10/12/2003	6:30:00	0,187	FALSE	0,439	FALSE	0,17	FALSE	0,265	FALSE
10/12/2003	6:45:00	0,221	FALSE	0,392	FALSE	0,106	FALSE	0,240	FALSE
ARMONICO 28 <1,5									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
10/12/2003	6:00:00	0,209	TRUE	0,098	FALSE	0,096	FALSE	0,134	FALSE
10/12/2003	6:15:00	0,216	TRUE	0,016	FALSE	0,234	TRUE	0,155	TRUE
10/12/2003	6:30:00	0,207	TRUE	0,346	TRUE	0,173	TRUE	0,242	TRUE
10/12/2003	6:45:00	0,149	FALSE	0,339	TRUE	0,17	TRUE	0,219	TRUE
ARMONICO 29 <0,6									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
10/12/2003	6:00:00	0,1	FALSE	0,547	FALSE	0,034	FALSE	0,227	FALSE
10/12/2003	6:15:00	0,311	FALSE	0,084	FALSE	0,242	FALSE	0,212	FALSE
10/12/2003	6:30:00	0,406	FALSE	0,524	FALSE	0,275	FALSE	0,402	FALSE
10/12/2003	6:45:00	0,556	FALSE	0,368	FALSE	0,238	FALSE	0,387	FALSE
ARMONICO 30 <0,15									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
10/12/2003	6:00:00	0,228	TRUE	0,284	TRUE	0,058	FALSE	0,190	TRUE
10/12/2003	6:15:00	0,248	TRUE	0,23	TRUE	0,207	TRUE	0,228	TRUE
10/12/2003	6:30:00	0,117	FALSE	0,363	TRUE	0,318	TRUE	0,266	TRUE
10/12/2003	6:45:00	0,114	FALSE	0,32	TRUE	0,205	TRUE	0,213	TRUE

Tabla 5.8 Armónicos de corriente del 20-30 Planta

**DISTORSIÓN TOTAL ARMÓNICA DE VOLTAJE PLANTA**

THD <5

FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
10/12/2003	6:00:00	2,2	FALSE	2,4	FALSE	2,1	FALSE	2,2	FALSE
10/12/2003	6:15:00	2,3	FALSE	2,5	FALSE	2,3	FALSE	2,4	FALSE
10/12/2003	6:30:00	2,5	FALSE	2,5	FALSE	2,5	FALSE	2,5	FALSE
10/12/2003	6:45:00	2,5	FALSE	2,5	FALSE	2,3	FALSE	2,4	FALSE

Tabla 5.9 THD de Voltaje de Planta

### ARMÓNICOS DE CORRIENTE CHILLER

ARMONICO 2 <1									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
20/12/2003	7:00:00	0,239	FALSE	0,299	FALSE	0,428	FALSE	0,322	FALSE
20/12/2003	7:15:00	0,19	FALSE	0,223	FALSE	0,37	FALSE	0,261	FALSE
20/12/2003	7:30:00	0,14	FALSE	0,388	FALSE	0,256	FALSE	0,261	FALSE
20/12/2003	7:45:00	0,063	FALSE	0,236	FALSE	0,173	FALSE	0,157	FALSE
ARMONICO 3 <4									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
20/12/2003	7:00:00	1,039	FALSE	0,731	FALSE	1,698	FALSE	1,156	FALSE
20/12/2003	7:15:00	1,215	FALSE	0,579	FALSE	1,812	FALSE	1,202	FALSE
20/12/2003	7:30:00	1,129	FALSE	0,704	FALSE	1,769	FALSE	1,201	FALSE
20/12/2003	7:45:00	1,235	FALSE	0,679	FALSE	1,846	FALSE	1,253	FALSE
ARMONICO 4 <1									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
20/12/2003	7:00:00	0,131	FALSE	0,071	FALSE	0,219	FALSE	0,140	FALSE
20/12/2003	7:15:00	0,098	FALSE	0,141	FALSE	0,081	FALSE	0,107	FALSE
20/12/2003	7:30:00	0,11	FALSE	0,074	FALSE	0,101	FALSE	0,095	FALSE
20/12/2003	7:45:00	0,073	FALSE	0,12	FALSE	0,17	FALSE	0,121	FALSE
ARMONICO 5 <4									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
20/12/2003	7:00:00	6,074	TRUE	5,049	TRUE	6,251	TRUE	5,791	TRUE
20/12/2003	7:15:00	5,832	TRUE	4,534	TRUE	5,723	TRUE	5,363	TRUE
20/12/2003	7:30:00	5,288	TRUE	4,362	TRUE	5,418	TRUE	5,023	TRUE
20/12/2003	7:45:00	5,228	TRUE	4,202	TRUE	5,477	TRUE	4,969	TRUE
ARMONICO 6 <1									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
20/12/2003	7:00:00	0,169	FALSE	0,012	FALSE	0,116	FALSE	0,099	FALSE
20/12/2003	7:15:00	0,101	FALSE	0,111	FALSE	0,134	FALSE	0,115	FALSE
20/12/2003	7:30:00	0,047	FALSE	0,077	FALSE	0,159	FALSE	0,094	FALSE
20/12/2003	7:45:00	0,062	FALSE	0,121	FALSE	0,07	FALSE	0,084	FALSE
ARMONICO 7 <4									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
20/12/2003	7:00:00	1,115	FALSE	0,852	FALSE	1,18	FALSE	1,049	FALSE
20/12/2003	7:15:00	0,964	FALSE	0,687	FALSE	0,993	FALSE	0,881	FALSE
20/12/2003	7:30:00	1,04	FALSE	0,806	FALSE	0,855	FALSE	0,900	FALSE
20/12/2003	7:45:00	1,177	FALSE	0,713	FALSE	0,982	FALSE	0,957	FALSE

Tabla 5.10 Armónicos de corriente del 1-7 Chiller

<b>ARMONICO 8 &lt; 0,5</b>									
<b>FECHA</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>L1</b>		<b>L2</b>		<b>L3</b>		<b>PROMEDIO</b>	
20/12/2003	7:00:00	0,137	FALSE	0,019	FALSE	0,066	FALSE	0,074	FALSE
20/12/2003	7:15:00	0,005	FALSE	0,031	FALSE	0,044	FALSE	0,027	FALSE
20/12/2003	7:30:00	0,091	FALSE	0,052	FALSE	0,002	FALSE	0,048	FALSE
20/12/2003	7:45:00	0,07	FALSE	0,053	FALSE	0,031	FALSE	0,051	FALSE
<b>ARMONICO 9 &lt;2</b>									
<b>FECHA</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>L1</b>		<b>L2</b>		<b>L3</b>		<b>PROMEDIO</b>	
20/12/2003	7:00:00	0,287	FALSE	0,126	FALSE	0,2	FALSE	0,204	FALSE
20/12/2003	7:15:00	0,257	FALSE	0,105	FALSE	0,104	FALSE	0,155	FALSE
20/12/2003	7:30:00	0,302	FALSE	0,158	FALSE	0,183	FALSE	0,214	FALSE
20/12/2003	7:45:00	0,242	FALSE	0,097	FALSE	0,206	FALSE	0,182	FALSE
<b>ARMONICO 10 &lt;0,5</b>									
<b>FECHA</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>L1</b>		<b>L2</b>		<b>L3</b>		<b>PROMEDIO</b>	
20/12/2003	7:00:00	0,055	FALSE	0,057	FALSE	0,022	FALSE	0,045	FALSE
20/12/2003	7:15:00	0,039	FALSE	0,056	FALSE	0,038	FALSE	0,044	FALSE
20/12/2003	7:30:00	0,085	FALSE	0,075	FALSE	0,061	FALSE	0,074	FALSE
20/12/2003	7:45:00	0,025	FALSE	0,067	FALSE	0,056	FALSE	0,049	FALSE
<b>ARMONICO 11 &lt;2</b>									
<b>FECHA</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>L1</b>		<b>L2</b>		<b>L3</b>		<b>PROMEDIO</b>	
20/12/2003	7:00:00	0,2	FALSE	0,207	FALSE	0,303	FALSE	0,237	FALSE
20/12/2003	7:15:00	0,3	FALSE	0,213	FALSE	0,311	FALSE	0,275	FALSE
20/12/2003	7:30:00	0,239	FALSE	0,184	FALSE	0,323	FALSE	0,249	FALSE
20/12/2003	7:45:00	0,153	FALSE	0,207	FALSE	0,315	FALSE	0,225	FALSE
<b>ARMONICO 12 &lt;0,5</b>									
<b>FECHA</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>L1</b>		<b>L2</b>		<b>L3</b>		<b>PROMEDIO</b>	
20/12/2003	7:00:00	0,053	FALSE	0,028	FALSE	0,019	FALSE	0,033	FALSE
20/12/2003	7:15:00	0,069	FALSE	0,028	FALSE	0,061	FALSE	0,053	FALSE
20/12/2003	7:30:00	0,055	FALSE	0,017	FALSE	0,072	FALSE	0,048	FALSE
20/12/2003	7:45:00	0,056	FALSE	0,062	FALSE	0,029	FALSE	0,049	FALSE
<b>ARMONICO 13 &lt;2</b>									
<b>FECHA</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>L1</b>		<b>L2</b>		<b>L3</b>		<b>PROMEDIO</b>	
20/12/2003	7:00:00	0,118	FALSE	0,167	FALSE	0,19	FALSE	0,158	FALSE
20/12/2003	7:15:00	0,117	FALSE	0,197	FALSE	0,175	FALSE	0,163	FALSE
20/12/2003	7:30:00	0,194	FALSE	0,275	FALSE	0,171	FALSE	0,213	FALSE
20/12/2003	7:45:00	0,17	FALSE	0,233	FALSE	0,131	FALSE	0,178	FALSE

Tabla 5.11 Armónicos de corriente del 8-13 Chiller

<b>ARMONICO 14 &lt;0,5</b>									
<b>FECHA</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>L1</b>		<b>L2</b>		<b>L3</b>		<b>PROMEDIO</b>	
20/12/2003	7:00:00	0,029	FALSE	0,043	FALSE	0,076	FALSE	0,049	FALSE
20/12/2003	7:15:00	0,023	FALSE	0,035	FALSE	0,024	FALSE	0,027	FALSE
20/12/2003	7:30:00	0,045	FALSE	0,034	FALSE	0,046	FALSE	0,042	FALSE
20/12/2003	7:45:00	0,033	FALSE	0,012	FALSE	0,087	FALSE	0,044	FALSE
<b>ARMONICO 15 &lt;2</b>									
<b>FECHA</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>L1</b>		<b>L2</b>		<b>L3</b>		<b>PROMEDIO</b>	
20/12/2003	7:00:00	0,086	FALSE	0,054	FALSE	0,046	FALSE	0,062	FALSE
20/12/2003	7:15:00	0,032	FALSE	0,074	FALSE	0,04	FALSE	0,049	FALSE
20/12/2003	7:30:00	0,026	FALSE	0,071	FALSE	0,033	FALSE	0,043	FALSE
20/12/2003	7:45:00	0,099	FALSE	0,079	FALSE	0,08	FALSE	0,086	FALSE
<b>ARMONICO 16 &lt;0,5</b>									
<b>FECHA</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>L1</b>		<b>L2</b>		<b>L3</b>		<b>PROMEDIO</b>	
20/12/2003	7:00:00	0,037	FALSE	0,048	FALSE	0,031	FALSE	0,039	FALSE
20/12/2003	7:15:00	0,008	FALSE	0,064	FALSE	0,02	FALSE	0,031	FALSE
20/12/2003	7:30:00	0,057	FALSE	0,027	FALSE	0,054	FALSE	0,046	FALSE
20/12/2003	7:45:00	0,051	FALSE	0,032	FALSE	0,023	FALSE	0,035	FALSE
<b>ARMONICO 17 &lt;1,5</b>									
<b>FECHA</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>L1</b>		<b>L2</b>		<b>L3</b>		<b>PROMEDIO</b>	
20/12/2003	7:00:00	0,047	FALSE	0,018	FALSE	0,064	FALSE	0,043	FALSE
20/12/2003	7:15:00	0,082	FALSE	0,047	FALSE	0,037	FALSE	0,055	FALSE
20/12/2003	7:30:00	0,066	FALSE	0,092	FALSE	0,091	FALSE	0,083	FALSE
20/12/2003	7:45:00	0,031	FALSE	0,051	FALSE	0,081	FALSE	0,054	FALSE
<b>ARMONICO 18 &lt;0,375</b>									
<b>FECHA</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>L1</b>		<b>L2</b>		<b>L3</b>		<b>PROMEDIO</b>	
20/12/2003	7:00:00	0,04	FALSE	0,05	FALSE	0,029	FALSE	0,040	FALSE
20/12/2003	7:15:00	0,038	FALSE	0,043	FALSE	0,055	FALSE	0,045	FALSE
20/12/2003	7:30:00	0,012	FALSE	0,028	FALSE	0,061	FALSE	0,034	FALSE
20/12/2003	7:45:00	0,022	FALSE	0,035	FALSE	0,064	FALSE	0,040	FALSE
<b>ARMONICO 19 &lt;1,5</b>									
<b>FECHA</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>L1</b>		<b>L2</b>		<b>L3</b>		<b>PROMEDIO</b>	
20/12/2003	7:00:00	0,114	FALSE	0,052	FALSE	0,095	FALSE	0,087	FALSE
20/12/2003	7:15:00	0,109	FALSE	0,058	FALSE	0,041	FALSE	0,069	FALSE
20/12/2003	7:30:00	0,041	FALSE	0,107	FALSE	0,083	FALSE	0,077	FALSE
20/12/2003	7:45:00	0,025	FALSE	0,033	FALSE	0,013	FALSE	0,024	FALSE

Tabla 5.12 Armónicos de corriente del 14-19 Chiller



ARMONICO 20 <0,375									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
20/12/2003	7:00:00	0,034	FALSE	0,018	FALSE	0,022	FALSE	0,025	FALSE
20/12/2003	7:15:00	0,069	FALSE	0,044	FALSE	0,024	FALSE	0,046	FALSE
20/12/2003	7:30:00	0,093	FALSE	0,038	FALSE	0,065	FALSE	0,065	FALSE
20/12/2003	7:45:00	0,078	FALSE	0,028	FALSE	0,046	FALSE	0,051	FALSE
ARMONICO 21 <1,5									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
20/12/2003	7:00:00	0,098	FALSE	0,128	FALSE	0,149	FALSE	0,125	FALSE
20/12/2003	7:15:00	0,218	FALSE	0,115	FALSE	0,084	FALSE	0,139	FALSE
20/12/2003	7:30:00	0,027	FALSE	0,116	FALSE	0,106	FALSE	0,083	FALSE
20/12/2003	7:45:00	0,081	FALSE	0,056	FALSE	0,028	FALSE	0,055	FALSE
ARMONICO 22 <0,375									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
20/12/2003	7:00:00	0,085	FALSE	0,107	FALSE	0,139	FALSE	0,110	FALSE
20/12/2003	7:15:00	0,109	FALSE	0,189	FALSE	0,1	FALSE	0,133	FALSE
20/12/2003	7:30:00	0,036	FALSE	0,137	FALSE	0,089	FALSE	0,087	FALSE
20/12/2003	7:45:00	0,054	FALSE	0,105	FALSE	0,128	FALSE	0,096	FALSE
ARMONICO 23 <0,6									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
20/12/2003	7:00:00	0,109	FALSE	0,222	FALSE	0,369	FALSE	0,233	FALSE
20/12/2003	7:15:00	0,449	FALSE	0,414	FALSE	0,303	FALSE	0,389	FALSE
20/12/2003	7:30:00	0,132	FALSE	0,212	FALSE	0,296	FALSE	0,213	FALSE
20/12/2003	7:45:00	0,201	FALSE	0,244	FALSE	0,161	FALSE	0,202	FALSE
ARMONICO 24 <0,15									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
20/12/2003	7:00:00	0,228	TRUE	0,084	FALSE	0,256	TRUE	0,189	TRUE
20/12/2003	7:15:00	0,038	FALSE	0,112	FALSE	0,171	TRUE	0,107	FALSE
20/12/2003	7:30:00	0,16	TRUE	0,151	TRUE	0,098	FALSE	0,136	FALSE
20/12/2003	7:45:00	0,065	FALSE	0,135	FALSE	0,195	TRUE	0,132	FALSE
ARMONICO 25 <0,6									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
20/12/2003	7:00:00	0,137	FALSE	0,145	FALSE	0,27	FALSE	0,184	FALSE
20/12/2003	7:15:00	0,071	FALSE	0,392	FALSE	0,287	FALSE	0,250	FALSE
20/12/2003	7:30:00	0,01	FALSE	0,17	FALSE	0,338	FALSE	0,173	FALSE
20/12/2003	7:45:00	0,193	FALSE	0,053	FALSE	0,185	FALSE	0,144	FALSE

Tabla 5.13 Armónicos de corriente del 20-25 Chiller

<b>ARMONICO 26 &lt;0,15</b>									
<b>FECHA</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>L1</b>		<b>L2</b>		<b>L3</b>		<b>PROMEDIO</b>	
20/12/2003	7:00:00	0,054	FALSE	0,019	FALSE	0,059	FALSE	0,044	FALSE
20/12/2003	7:15:00	0,123	FALSE	0,065	FALSE	0,149	FALSE	0,112	FALSE
20/12/2003	7:30:00	0,056	FALSE	0,09	FALSE	0,059	FALSE	0,068	FALSE
20/12/2003	7:45:00	0,063	FALSE	0,077	FALSE	0,097	FALSE	0,079	FALSE
<b>ARMONICO 27 &lt;0,6</b>									
<b>FECHA</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>L1</b>		<b>L2</b>		<b>L3</b>		<b>PROMEDIO</b>	
20/12/2003	7:00:00	0,144	FALSE	0,045	FALSE	0,149	FALSE	0,113	FALSE
20/12/2003	7:15:00	0,126	FALSE	0,091	FALSE	0,047	FALSE	0,088	FALSE
20/12/2003	7:30:00	0,029	FALSE	0,045	FALSE	0,053	FALSE	0,042	FALSE
20/12/2003	7:45:00	0,187	FALSE	0,052	FALSE	0,043	FALSE	0,094	FALSE
<b>ARMONICO 28 &lt;1,5</b>									
<b>FECHA</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>L1</b>		<b>L2</b>		<b>L3</b>		<b>PROMEDIO</b>	
20/12/2003	7:00:00	0,03	FALSE	0,054	FALSE	0,045	FALSE	0,043	FALSE
20/12/2003	7:15:00	0,047	FALSE	0,044	FALSE	0,115	FALSE	0,069	FALSE
20/12/2003	7:30:00	0,053	FALSE	0,034	FALSE	0,033	FALSE	0,040	FALSE
20/12/2003	7:45:00	0,088	FALSE	0,033	FALSE	0,049	FALSE	0,057	FALSE
<b>ARMONICO 29 &lt;0,6</b>									
<b>FECHA</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>L1</b>		<b>L2</b>		<b>L3</b>		<b>PROMEDIO</b>	
20/12/2003	7:00:00	0,09	FALSE	0,181	FALSE	0,303	FALSE	0,191	FALSE
20/12/2003	7:15:00	0,393	FALSE	0,24	FALSE	0,214	FALSE	0,282	FALSE
20/12/2003	7:30:00	0,058	FALSE	0,066	FALSE	0,271	FALSE	0,132	FALSE
20/12/2003	7:45:00	0,2	FALSE	0,055	FALSE	0,06	FALSE	0,105	FALSE
<b>ARMONICO 30 &lt;0,15</b>									
<b>FECHA</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>L1</b>		<b>L2</b>		<b>L3</b>		<b>PROMEDIO</b>	
20/12/2003	7:00:00	0,066	FALSE	0,056	FALSE	0,073	FALSE	0,065	FALSE
20/12/2003	7:15:00	0,131	FALSE	0,059	FALSE	0,076	FALSE	0,089	FALSE
20/12/2003	7:30:00	0,062	FALSE	0,037	FALSE	0,072	FALSE	0,057	FALSE
20/12/2003	7:45:00	0,03	FALSE	0,022	FALSE	0,029	FALSE	0,027	FALSE

Tabla 5.14 Armónicos de corriente del 26-30 Chiller

### DISTORSIÓN TOTAL ARMÓNICA DE VOLTAJE CHILLER

THD <5

FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
20/12/2003	7:00:00	3,4	FALSE	3	FALSE	3,5	FALSE	3,3	FALSE
20/12/2003	7:15:00	3,3	FALSE	2,9	FALSE	3,2	FALSE	3,1	FALSE
20/12/2003	7:30:00	3	FALSE	2,9	FALSE	3,1	FALSE	3,0	FALSE
20/12/2003	7:45:00	3,1	FALSE	2,6	FALSE	3	FALSE	2,9	FALSE

Tabla 5.15 THD de Voltaje de Chiller

### ARMÓNICOS DE CORRIENTE MEZCLADO

ARMONICO 2 <1									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
11/01/2004	5:45:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:00:00	1,77	TRUE	0	FALSE	0	FALSE	0,590	FALSE
11/01/2004	6:15:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:30:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
ARMONICO 3 <4									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
11/01/2004	5:45:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:00:00	16,421	TRUE	0	FALSE	0	FALSE	5,474	TRUE
11/01/2004	6:15:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:30:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
ARMONICO 4 <1									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
11/01/2004	5:45:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:00:00	1,781	TRUE	0	FALSE	0	FALSE	0,594	FALSE
11/01/2004	6:15:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:30:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
ARMONICO 5 <4									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
11/01/2004	5:45:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:00:00	12,033	TRUE	0	FALSE	0	FALSE	4,011	TRUE
11/01/2004	6:15:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:30:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
ARMONICO 6 <1									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
11/01/2004	5:45:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:00:00	1,177	TRUE	0	FALSE	0	FALSE	0,392	FALSE
11/01/2004	6:15:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:30:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
ARMONICO 7 <4									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
11/01/2004	5:45:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:00:00	1,16	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,387	FALSE
11/01/2004	6:15:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:30:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE

Tabla 5.16 Armónicos de corriente del 1-7 Mezclado

ARMONICO 8 < 0,5									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
11/01/2004	5:45:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:00:00	1,129	TRUE	0	FALSE	0	FALSE	0,376	FALSE
11/01/2004	6:15:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:30:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
ARMONICO 9 <2									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
11/01/2004	5:45:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:00:00	1,814	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,605	FALSE
11/01/2004	6:15:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:30:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
ARMONICO 10 <0,5									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
11/01/2004	5:45:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:00:00	1,806	TRUE	0	FALSE	0	FALSE	0,602	FALSE
11/01/2004	6:15:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:30:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
ARMONICO 11 <2									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
11/01/2004	5:45:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:00:00	1,99	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,663	FALSE
11/01/2004	6:15:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:30:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
ARMONICO 12 <0,5									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
11/01/2004	5:45:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:00:00	1,927	TRUE	0	FALSE	0	FALSE	0,642	TRUE
11/01/2004	6:15:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:30:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
ARMONICO 13 <2									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
11/01/2004	5:45:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:00:00	1,984	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,661	FALSE
11/01/2004	6:15:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:30:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE

Tabla 5.17 Armónicos de corriente del 8-13 Mezclado

ARMONICO 14 <0,5									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
11/01/2004	5:45:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:00:00	1,339	TRUE	0	FALSE	0	FALSE	0,446	FALSE
11/01/2004	6:15:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:30:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
ARMONICO 15 <2									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
11/01/2004	5:45:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:00:00	1,45	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,483	FALSE
11/01/2004	6:15:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:30:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
ARMONICO 16 <0,5									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
11/01/2004	5:45:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:00:00	1,006	TRUE	0	FALSE	0	FALSE	0,335	FALSE
11/01/2004	6:15:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:30:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
ARMONICO 17 <1,5									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
11/01/2004	5:45:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:00:00	2,329	TRUE	0	FALSE	0	FALSE	0,776	FALSE
11/01/2004	6:15:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:30:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
ARMONICO 18 <0,375									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
11/01/2004	5:45:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:00:00	0,511	TRUE	0	FALSE	0	FALSE	0,170	FALSE
11/01/2004	6:15:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:30:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
ARMONICO 19 <1,5									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
11/01/2004	5:45:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:00:00	0,387	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,129	FALSE
11/01/2004	6:15:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:30:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE

Tabla 5.18 Armónicos de corriente del 14-19 Mezclado

ARMONICO 20 <0,375									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
11/01/2004	5:45:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:00:00	1,556	TRUE	0	FALSE	0	FALSE	0,519	TRUE
11/01/2004	6:15:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:30:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
ARMONICO 21 <1,5									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
11/01/2004	5:45:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:00:00	0,521	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,174	FALSE
11/01/2004	6:15:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:30:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
ARMONICO 22 <0,375									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
11/01/2004	5:45:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:00:00	1,081	TRUE	0	FALSE	0	FALSE	0,360	FALSE
11/01/2004	6:15:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:30:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
ARMONICO 23 <0,6									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
11/01/2004	5:45:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:00:00	1,236	TRUE	0	FALSE	0	FALSE	0,412	FALSE
11/01/2004	6:15:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:30:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
ARMONICO 24 <0,15									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
11/01/2004	5:45:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:00:00	0,767	TRUE	0	FALSE	0	FALSE	0,256	TRUE
11/01/2004	6:15:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:30:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
ARMONICO 25 <0,6									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
11/01/2004	5:45:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:00:00	0,441	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,147	FALSE
11/01/2004	6:15:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:30:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE

Tabla 5.19 Armónicos de corriente del 20-25 Mezclado

ARMONICO 26 <0,15									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
11/01/2004	5:45:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:00:00	1,648	TRUE	0	FALSE	0	FALSE	0,549	TRUE
11/01/2004	6:15:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:30:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
ARMONICO 27 <0,6									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
11/01/2004	5:45:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:00:00	0,783	TRUE	0	FALSE	0	FALSE	0,261	FALSE
11/01/2004	6:15:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:30:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
ARMONICO 28 <1,5									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
11/01/2004	5:45:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:00:00	0,949	TRUE	0	FALSE	0	FALSE	0,316	TRUE
11/01/2004	6:15:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:30:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
ARMONICO 29 <0,6									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
11/01/2004	5:45:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:00:00	0,865	TRUE	0	FALSE	0	FALSE	0,288	FALSE
11/01/2004	6:15:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:30:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
ARMONICO 30 <0,15									
FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
11/01/2004	5:45:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:00:00	1,23	TRUE	0	FALSE	0	FALSE	0,410	TRUE
11/01/2004	6:15:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:30:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE
11/01/2004	6:45:00	0	FALSE	0	FALSE	0	FALSE	0,000	FALSE

Tabla 5.20 Armónicos de corriente del 26-30 Mezclado



**DISTORSIÓN TOTAL ARMÓNICA DE VOLTAJE MEZCLADO**  
**THD <5**

FECHA	TIEMPO	L1		L2		L3		PROMEDIO	
11/01/2004	5:45:00	3,2	FALSE	3,1	FALSE	3,2	FALSE	3,2	FALSE
11/01/2004	6:00:00	3,2	FALSE	3,1	FALSE	3,3	FALSE	3,2	FALSE
11/01/2004	6:15:00	3,5	FALSE	3,4	FALSE	3,6	FALSE	3,5	FALSE
11/01/2004	6:30:00	3,5	FALSE	3,5	FALSE	3,7	FALSE	3,6	FALSE

Tabla 5.21 THD de Voltaje de Mezclado

# **CAPÍTULO VI**

## **6 CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA**

En este capítulo se señalará la importancia de los bancos de capacitores, su utilidad, además la selección de la potencia del capacitor y la ubicación del mismo en la fábrica.

### **6.1 Criterios para la selección de capacidad del sistema**

#### **6.1.1 Consideraciones generales**

Denominamos factor de potencia al cociente entre la potencia activa y la potencia aparente, que es coincidente con el coseno del ángulo entre la

tensión y la corriente cuando la forma de onda es sinusoidal pura o es simplemente el nombre dado a la relación de la potencia activa usada en un circuito, expresada en vatios o kilovatios (Kw), a la potencia aparente que se obtiene de las líneas de alimentación, expresada en voltio-amperios o kilovoltio-amperios (Kva).

Toda carga eléctrica debe ser instalada de tal forma que el factor de potencia medio mensual del sistema eléctrico integral del Consumidor tenga un valor no menor a 0.92 en retraso o adelanto o el mínimo establecido en el Reglamento de Suministro del Servicio de Electricidad, caso contrario la Empresa, a más de incluir en las facturas del Consumidor los recargos por consumo de energía reactiva señalados en el Reglamento de Tarifas, le notificará tal condición, otorgándole un plazo para el mejoramiento de dicho factor.

Cuando el Consumidor requiera instalar capacitores con el propósito de corregir el factor de potencia, deberá consultar previamente con el Distribuidor antes de la adquisición o instalación de dichos equipos.

La presentación del estudio técnico (es necesario como una de las normalizaciones para ejecutar un instalación de corrección por parte de Plastidor) para la instalación de un banco de capacitores es indispensable

para que la Empresa pueda asegurar la calidad del servicio a los Consumidores. Dicho estudio deberá especificar la forma e instalación, conexión, operación, capacidad y demás características técnicas del equipo.

### **Utilidad del Banco de Capacitores**

Plastidor posee un fp en el área de planta de 0.79, el área de chiller de 0.77, el área de mezclado de 0.78 y el área de oficina de 0.9; al poseer el banco de capacitores mejorara el factor de potencia el cual no debería ser menor a 0.92 para evitarse penalizaciones y de la misma forma obtener bonificaciones.

La ventaja de obtener bancos de capacitores es que:

- Incrementa del voltaje de un sistema eléctrico.(Mejora la regulación de voltaje)
- Reduce las pérdidas por efecto Joule.
- Incrementa la capacidad disponible de: cables, transformadores y generadores hay que resaltar que Plastidor no posee un generador de emergencia pero al instalarlo le aumentará el fp del mismo.

## **6.1.2 Cálculo de la potencia de los Capacitores**

### **Métodos de aplicación**

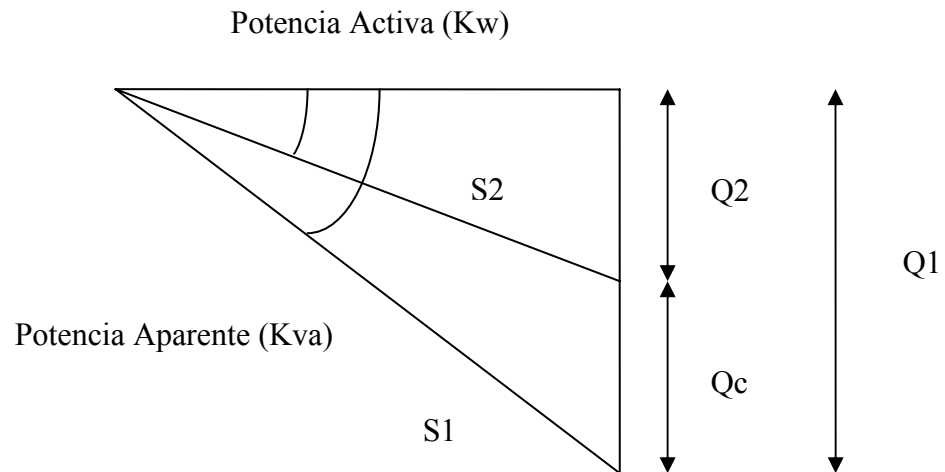
Midiendo la energía activa y reactiva que consume Plastidor se puede calcular la potencia necesaria (KVAR) que deben tener los condensadores para lograr la compensación deseada. Sin embargo, es recomendable la instalación de registradores de potencia durante el tiempo necesario para medir por lo menos un ciclo completo de operación de la industria, incluyendo sus períodos de descanso.

Para fines prácticos del cálculo de la potencia reactiva se la puede realizar a través del cálculo numérico o usando tablas en donde se lee directamente la potencia requerida por el condensador; en función del factor de potencia actual y el deseado

### **6.1.2.1 Cálculo Numérico**

Para determinar el rango del capacitor para una carga cuyo factor de potencia original es  $Pf_1$  y queremos mejorarlo a un valor  $Pf_2$ ; utilizamos las siguientes relaciones:

:



$$F_{p1} = \cos \Phi_1$$

$$F_{p2} = \cos \Phi_2$$

$$\operatorname{Tg} \Phi_1 = Q_1 / P \rightarrow Q_1 = P \operatorname{Tg} \Phi_1$$

$$\operatorname{Tg} \Phi_2 = Q_2 / P \rightarrow Q_2 = P \operatorname{Tg} \Phi_2 ; \quad Q_c = Q_1 - Q_2$$

Q1: potencia reactiva a factor de potencia original Pf1

Q2: potencia reactiva a factor de potencia deseado Pf2

Los Kvar requeridos para cambiar de un factor de potencia a uno deseado se determina por la ecuación:

$$Q_c = P ( \operatorname{Tg} \Phi_1 - \operatorname{Tg} \Phi_2 )$$

### **6.1.2.2 Cálculo a través de tablas**

Existen tablas para calcular los Kvar requeridos para mejorar el factor de potencia.

Usando la siguiente tabla de capacitores podemos sacar los factores multiplicadores para la obtención de los Kvar.





## 6.2 Aplicación del cálculo de potencia de los capacitores en las áreas de fábrica

### 6.2.1 Área de Planta

#### Cálculo Numérico

Potencia activa: 39.10 Kw

Fp1: 0.79 ;  $\Phi 1 = 37.81^\circ$

Fp2: 0.92 ;  $\Phi 2 = 23.07^\circ$

A través de la fórmula:  $Q_c = P (\text{Tg } \Phi 1 - \text{Tg } \Phi 2)$

$$Q_c = 39.10 (\text{Tg } 37.81^\circ - \text{Tg } 23.07^\circ)$$

$$Q_c = 13.68 \text{ Kva}$$

#### Cálculo a través de tablas

Del factor de 0.79 deseamos mejorarlo al 0.92, entonces usamos la tabla 6.1 y encontramos el factor multiplicativo de 0.347; por lo tanto la potencia requerida para mejorar el factor de potencia es:

$$0.347 (39.10 \text{ Kw}) = 13.56 \text{ Kvar}$$

### 6.2.3 Área de Mezclado

#### Cálculo Numérico

Potencia activa: 66.94 Kw

Fp1: 0.78 ;  $\Phi 1 = 38.74^\circ$

Fp2: 0.92 ;  $\Phi 2 = 23.07^\circ$

A través de la fórmula:  $Q_c = P (\text{Tg } \Phi 1 - \text{Tg } \Phi 2)$

$Q_c = 66.94 (\text{Tg } 38.74^\circ - \text{Tg } 23.07^\circ)$

$Q_c = 25.19 \text{ Kvar}$

#### Cálculo a través de tablas

Del factor de 0.78 deseamos mejorarlo al 0.92, entonces usamos la tabla 6.1 y encontramos el factor multiplicativo de 0.374; por lo tanto la potencia requerida para mejorar el factor de potencia es:

$0.374 (66.94 \text{ Kw}) = 25.03 \text{ Kvar}$

## 6.2.2 Área de Chiller

### Cálculo Numérico

Potencia activa: 43.11 Kw

Fp1: 0.77 ;  $\Phi 1 = 39.64^\circ$

Fp2: 0.92 ;  $\Phi 2 = 23.07^\circ$

A través de la fórmula:  $Q_c = P (\text{Tg } \Phi 1 - \text{Tg } \Phi 2)$

$Q_c = 43.11 (\text{Tg } 39.64^\circ - \text{Tg } 23.07^\circ)$

$Q_c = 17.35 \text{ Kvar}$

### Cálculo a través de tablas

Del factor de 0.77 deseamos mejorarlo al 0.92, entonces usamos la tabla 6.1 y encontramos el factor multiplicativo de 0.4; por lo tanto la potencia requerida para mejorar el factor de potencia es:

$0.4 (43.13\text{Kw}) = 17.24 \text{ Kvar}$

### Cálculo Numérico

Potencia activa: 66.94 Kw

Fp1: 0.78 ;  $\Phi 1 = 38.74^\circ$

Fp2: 0.92 ;  $\Phi 2 = 23.07^\circ$

A través de la fórmula:  $Q_c = P (\text{Tg } \Phi 1 - \text{Tg } \Phi 2)$

$Q_c = 66.94 (\text{Tg } 38.74^\circ - \text{Tg } 23.07^\circ)$

$Q_c = 25.19 \text{ Kvar}$

### Cálculo a través de tablas

Del factor de 0.78 deseamos mejorarlo al 0.92, entonces usamos la tabla 6.1 y encontramos el factor multiplicativo de 0.374; por lo tanto la potencia requerida para mejorar el factor de potencia es:

$$0.374 (66.94 \text{ Kw}) = 25.03 \text{ Kvar}$$

## 6.2.4 Área de Oficinas

### Cálculo Numérico

Potencia activa: 23.22 Kw

Fp1: 0.9 ;  $\Phi 1 = 25.81^\circ$

Fp2: 0.92 ;  $\Phi 2 = 23.07^\circ$

A través de la fórmula:  $Q_c = P (\text{Tg } \Phi 1 - \text{Tg } \Phi 2)$

$$Q_c = 23.22 (\text{Tg } 25.81^\circ - \text{Tg } 23.07^\circ)$$

$$Q_c = 1.34 \text{ Kvar}$$

### Cálculo a través de tablas

Del factor de 0.9 deseamos mejorarlo al 0.92, entonces usamos la tabla 6.1 y encontramos el factor multiplicativo de 0.058; por lo tanto la potencia requerida para mejorar el factor de potencia es:

$$0.058 (23.22\text{Kw}) = 1.35 \text{ Kvar}$$

### 6.3 Tabla de Resultados

#### POTENCIA REQUERIDA PARA EL BANCO DE CAPACITORES

MES	LUGARES	MÉTODO NUMÉRICO	USO DE TABLAS
DICIEMBRE	MEZCLADO	14.64 Kvar	14.72 Kvar
	EXTRUSION	9.68 Kvar	9.76 Kvar
	CHILLER	12.25 Kvar	12.24 Kvar
	OFICINAS	1.25 Kvar	1.25 Kvar

MES	LUGARES	MÉTODO NUMÉRICO	USO DE TABLAS
ENERO	MEZCLADO	25.03 Kvar	25.19 Kvar
	EXTRUSION	13.56 Kvar	13.68 Kvar
	CHILLER	17.24 Kvar	17.35 Kvar
	OFICINAS	1.346 Kvar	1.340 Kvar

Tabla 6.2 Resultado de la potencia requerida en Kvar.

### 6.4 Dimensionamiento de los bancos de capacitores de la fábrica Plastidor

Se tomaron como base 2 meses para el cálculo de la potencia los mismos que eran diciembre y enero; se observó que en el mes de diciembre su demanda de facturación era menor que el mes de enero debido a que era una temporada baja para la realización de tuberías, lo contrario al mes siguiente.

Por ende para la realización de los cálculos se escogió el mes de enero.

<b>BANCO DE CAPACITORES MEZCLADO</b>	
<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
5	Condensador 6 Kvar/ 230v
1	Regulador de 6 pasos 230 v
1	Breaker principal 50A
<b>BANCO DE CAPACITORES EXTRUSIÓN</b>	
<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
3	Condensador 6 Kvar/ 230v
1	Regulador de 6 pasos 230 v
1	Breaker principal 32A
<b>BANCO DE CAPACITORES CHILLER</b>	
<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
3	Condensador 6 Kvar/ 230v
1	Regulador de 6 pasos 230 v
1	Breaker principal 32A

Tabla 6.3 Dimensionamiento de los banco de capacitores

## 6.5 Ubicación de los condensadores en la fábrica Plastidor

### 6.5.1 Localización

Plastidor para instalar los condensadores deberá tomar en cuenta diversos factores que influyen en su ubicación como lo son: la variación y distribución de cargas, el factor de carga, tipo de motores, uniformidad en la distribución de la carga, la disposición y longitud de los circuitos y la naturaleza del voltaje.

Una instalación bastante simplificada es colocar un solo grupo de condensadores en cada subestación de la fábrica como es planta, chiller, mezclado y oficinas de igual forma conviene el uso de la conexión automática en baja tensión.



# **CAPÍTULO VII**

## **7 Análisis del Sistema de alimentación de Alta Tensión**

La Subestación Eléctrica es una instalación industrial empleada para la transformación del voltaje de la corriente eléctrica. La principal razón técnica para realizar esta operación es obtener el voltaje de funcionamiento de los equipos utilizados en la industria, pero además, se necesita cumplir una serie de condiciones para el buen funcionamiento de la subestación, que deben cumplir las normas de la Empresa Eléctrica y que se expondrán en este capítulo

## **7.1 Subestaciones Eléctricas**

### **7.1.1 Dimensionamiento de los Bancos de Transformadores**

El dimensionamiento para los transformadores de Plastidor se lo determinó utilizando las fórmulas para los **Kva 1Φ-3Φ** que son los que contribuyen a la carga monofásica y trifásica; y **Kva 3Φ** sólo para los transformadores de carga trifásica y se los aproximó a los transformadores de distribución existentes en el mercado, utilizando la siguiente tabla:

## Transformadores monofásicos de distribución

Capacidad KVA	Marca	Dimensiones*		
		A	B	C
10	Ecuatran	84	34	43
	Westinghouse	89	43	53
	General Electric	79	46	51
	Cooper Power	81	43	51
	ABB	85	45	55
15	Ecuatran	87	36	45
	Westinghouse	89	48	59
	General Electric	86	46	51
	Cooper Power	89	43	51
	ABB	85	45	55
25	Ecuatran	96	41	50
	Westinghouse	115	48	59
	General Electric	92	53	61
	Cooper Power	97	51	56
	ABB	90	50	60
37 1/2	Ecuatran	106	46	55
	Westinghouse	120	61	71
	General Electric	97	59	69
	Cooper Power	102	51	61
	ABB	105	55	65
50	Ecuatran	116	46	55
	Westinghouse	120	61	71
	General Electric	112	59	69
	Cooper Power	112	56	63
	ABB	120	55	65
75	Ecuatran	145	51	65
	Westinghouse	127	66	79
	General Electric	125	76	76
	Cooper Power	130	61	71
	ABB	120	60	80
100	Ecuatran	131	77	65
	Westinghouse	130	86	79
	General Electric	137	76	76
	Cooper Power	140	69	79
	ABB	120	80	80
167	Ecuatran	131	92	70
	Westinghouse	130	99	89
	General Electric	132	79	76
	Cooper Power	140	89	94
	ABB	125	90	95
250	Westinghouse	150	122	84
	General Electric	135	89	79
	Cooper Power	152	140	99
333	Westinghouse	165	137	97
	General Electric	135	109	92
	Cooper Power	152	152	104
500	Westinghouse	175	158	97
	General Electric	135	109	92
	Cooper Power	157	160	112

\* DIMENSIONES EN CENTIMETROS, INCLUYEN RADIADORES

Tabla 7.1 Capacidades de Transformadores monofásicos

$$Kva\ 1\Phi\text{-}3\Phi = 2/3\ S + 1/3\ T \quad ;\ S = \text{carga monofásica}$$

$$T = \text{carga trifásica}$$

$$Kva\ 3\Phi = 1/3\ (S + T)$$

### **Banco de Transformadores Planta**

#### **Dimensionamiento actual: 500 KVA**

$$\begin{aligned} \text{Potencia total calculada} &= 688.20 \text{ KVA} \times 0.8 \text{ (porcentaje de funcionamiento)} \\ &= 550.56 \text{ KVA} \end{aligned}$$

Considerando el porcentaje de funcionamiento, el banco de transformadores de Planta está trabajando utilizando toda su potencia sin dejar el 20% de reserva.

#### **Dimensionamiento ideal:**

$$S = 177.40 \text{ Kva}$$

$$T = 510.83 \text{ Kva}$$

$$\text{Kva } 1\Phi\text{-}3\Phi = \frac{2}{3}(177.49) + \frac{1}{3}(510.83)$$

$$\text{Kva } 1\Phi\text{-}3\Phi = 285.54 \text{ Kva} \rightarrow 1 \text{ de } 333 \text{ Kva}$$

$$\text{Kva } 3\Phi = \frac{1}{3} (177.49 + 510.83)$$

$$\text{Kva } 3\Phi = 229.41 \text{ Kva} \rightarrow 2 \text{ de } 250 \text{ Kva}$$

### **Banco de Transformadores Chiller**

#### **Dimensionamiento Actual: 225 KVA**

El dimensionamiento actual ha sido sobredimensionado en una 50% más de los cálculos ideales expuestos debajo:

**Dimensionamiento ideal:**

$$S = 6.38 \text{ Kva}$$

$$T = 136.53 \text{ Kva}$$

$$\text{Kva } 1\Phi\text{-}3\Phi = 2/3(6.38) + 1/3(136.53)$$

$$\text{Kva } 1\Phi\text{-}3\Phi = 38 \text{ Kva} \rightarrow 1 \text{ de } 50 \text{ Kva}$$

$$\text{Kva } 3\Phi = 1/3 (6.38 + 136.53)$$

$$\text{Kva } 3\Phi = 47.64 \text{ Kva} \rightarrow 2 \text{ de } 50 \text{ Kva}$$

**Banco de Transformadores Mezclado****Dimensionamiento actual e ideal: 150 KVA**

El dimensionamiento actual ha sido realizado correctamente con relación a los cálculos abajo expuestos:

$$S = 6.25 \text{ Kva}$$

$$T = 119.46 \text{ Kva}$$

$$\text{Kva } 1\Phi\text{-}3\Phi = 2/3(6.25) + 1/3(119.46)$$

$$\text{Kva } 1\Phi\text{-}3\Phi = 43.98 \text{ Kva} \rightarrow 1 \text{ de } 50 \text{ Kva}$$

$$\text{Kva } 3\Phi = 1/3 (6.25 + 119.46)$$

$$\text{Kva } 3\Phi = 41.90 \text{ Kva} \rightarrow 2 \text{ de } 50 \text{ Kva}$$

### Transformador de Oficinas monofásico

#### Dimensionamiento Actual: 25 KVA

$$\begin{aligned} \text{Potencia total calculada} &= 26.46 \times 0.8 \text{ (porcentaje de funcionamiento)} \\ &= 23.52 \text{ KVA} \end{aligned}$$

Considerando el porcentaje de funcionamiento, el banco de transformadores de Oficina está trabajando utilizando toda su potencia sin dejar el 20% de reserva.

#### Dimensionamiento ideal:

$$S = 31.05 \text{ Kva} \rightarrow 37 \frac{1}{2} \text{ Kva}$$

Área	Dimensionamiento Actual	Dimensionamiento Ideal	Observaciones
Planta	500 KVA	833 KVA	Subdimensionado
Chiller	225 KVA	150 KVA	Sobredimensionado
Mezclado	150 KVA	150 KVA	Correcto
Oficina	25 KVA	37.5 KVA	Subdimensionado

Tabla 7.2 Comparación de dimensionamiento de Transformadores.

#### 7.1.2 Requerimientos y condiciones para la subestación.

Todo nuestro análisis está sujeto a las “Normas de acometidas, cuartos de transformadores y sistemas de medición para el suministro de electricidad (NATSIM)”, Empresa Eléctrica del Ecuador.

Para el caso de nuestra empresa se ha analizado con el artículo 14.1 que dice:

“Si la demanda total de un inmueble excede a 30Kw el Proyectista, constructor o propietario habilitará un cuarto destinado a alojar exclusivamente un transformador o banco de transformadores particulares, con sus respectivos equipos de protección y accesorios.

Por razones de seguridad, los cuartos de transformadores son de acceso a personal calificado y no podrán ser utilizados para ningún otro fin que el de albergar los transformadores.

En caso de que se requiera como protección una celda de media tensión, ésta podrá ser ubicada en un ambiente adyacente, pero separado por una pared de mampostería, del cuarto de transformadores”.

### **Caso PLASTIDOR**

Existen 3 bancos de transformadores:

Planta                    500 KVA

Chiller                    225 KVA

Mezclado                150 KVA

Como todos los bancos exceden 30KW, cada banco tiene habilitado un cuarto destinado a alojar exclusivamente a éste, con sus respectivos equipos de protección y accesorios. No existen celdas de media tensión.

### **7.1.2.1 Ubicación**

Para el caso de nuestra empresa se ha analizado con el Reglamento de Suministro de la Empresa Eléctrica, artículo 14.2 que dice:

“El cuarto de transformadores estará ubicado a nivel de la planta baja del inmueble, en un sitio con fácil y libre acceso desde la vía pública, de manera que permita al personal de la fábrica realizar inspecciones o reparaciones de emergencia a los transformadores.

Cuando por razones técnicas el cuarto de transformadores no pueda ubicarse a nivel de planta baja, éste podrá ser adecuado en el nivel inmediato superior y cumplirá con las disposiciones del párrafo anterior, en lo referente a su acceso”.

### **Caso PLASTIDOR**

Los 3 cuartos de transformadores se encuentran en la planta baja en sitios de fácil acceso para poder realizar cualquier inspección o reparación cumpliendo la norma anterior.

### **7.1.2.2 Características Constructivas**

Para el caso de nuestra empresa se ha analizado con Reglamento de Suministro de la Empresa Eléctrica, artículo 14.3 que dice:



“El cuarto de transformadores será construido con paredes de hormigón o de mampostería y columnas de hormigón armado. Los cuartos, por razones de seguridad, deberán tener una losa superior de hormigón, ubicada a una altura libre mínima de 2.5m diseñada para soportar una carga máxima de acuerdo a su utilización.

Para evitar la corrosión de la base de los transformadores, se deberá construir sobre el piso una base de hormigón de por lo menos 10cm de espesor, diseñada para soportar los transformadores.

El cuarto deberá tener ventilación adecuada para mantener en su interior una temperatura que no exceda de 40°C, disipando las pérdidas del transformador a plena carga, sin ocasionar la disminución de la capacidad nominal del mismo.

Las aberturas de ventilación deberán situarse en las paredes laterales, cerca del techo y estarán cubiertas de rejas permanentes, bloques ornamentales, o persianas resistentes colocadas de forma que sea imposible introducir objetos que alcancen o caigan sobre los transformadores.

La puerta de entrada tendrá dimensiones mínimas de 2.00 m de alto por 1,00 m de ancho, construída en plancha metálica de 1716'' de espesor, con abatimiento hacia el exterior y con una resistencia al fuego, de acuerdo a lo que señala el numeral 450.43 del NEC (Código Eléctrico Nacional).

Dentro del cuarto de transformadores y junto a su puerta de acceso se instalará un punto de luz (aplique) y un tomacorriente de 120 V, los cuales serán alimentados desde el panel de servicios generales”.

El área mínima, rectangular y libre de los cuartos de transformadores, será de acuerdo a la siguiente tabla:

<b>DIMENSIONES</b>	<b>CAPACIDAD</b>
2.0 * 2.5 m	Hasta 100 KVA ( 1 sólo transformador Monofásico)
3.0 *2.5 m	Hasta 150 KVA ( Banco de 2 o 3 transformadores)
4.0 * 3.0 m	Hasta 300 KVA ( Banco de 3 transformadores)
5.0 * 4.0 m	Hasta 750 KVA ( Banco de 3 transformadores)
6.0 * 4.0 m	Hasta 1000 KVA ( Banco de 3 transformadores)

Tabla 7.3 Dimensiones mínimas para el cuarto de transformadores

**Caso PLASTIDOR:**

- Los cuartos de transformadores fueron construidos tanto sus paredes como el techo de hormigón a una altura de 3.3 m. Estos se encuentran sobre una base de hormigón de unos 15 cm de espesor.

- Las puertas son de 2m de alto \* 1m de ancho construídas en plancha metálica de 1/16'' de espesor. Dentro de los cuartos de transformadores y junto a su puerta de acceso existe un punto de luz, pero en ninguno de ellos existe un tomacorriente de 120V.
- Las salidas de ventilación no son las adecuadas de acuerdo a cálculos basados en las **regulaciones de VDE**, calculados con los datos y gráfica abajo presentados y mostrados en la siguiente tabla:

**Datos:**

$T_2 - T_1 = 13^\circ\text{C}$

$h = 2 \text{ m}$

Mezclado:  $P_o + P_k = 7.79 \text{ KW}$

Chiller:  $P_o + P_k = 4.8 \text{ KW}$

Planta:  $P_o + P_k = 9.36 \text{ KW}$

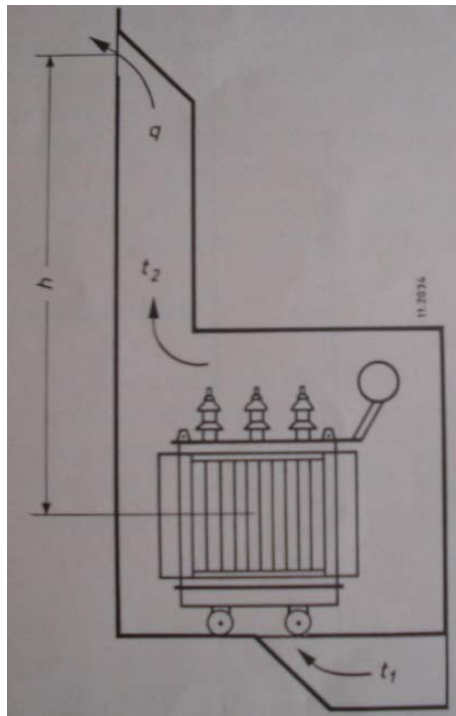


Figura 7.1 Constantes y variables requeridas en el cálculo de ductos

Ejemplo realizado con los datos del Mezclado:

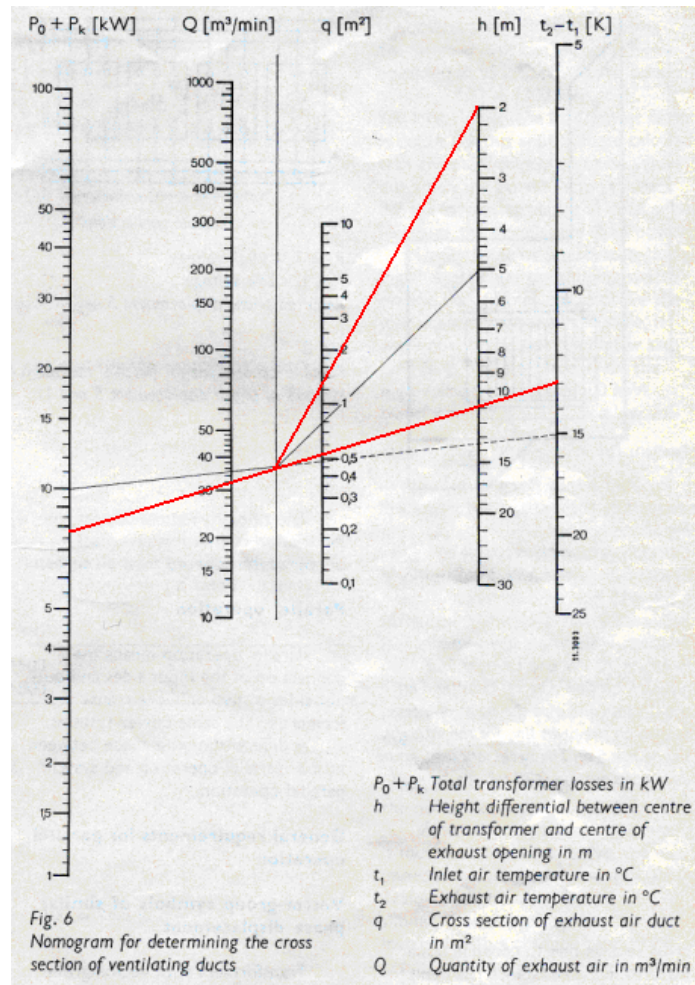


Figura 7.2 Diagrama para determinar el área de los ductos de ventilación

Resultado: La salida del cuarto de transformadores debe tener 1.4 metros cuadrados

Tabla comparativa de dimensiones de ductos de ventilación:

<b>NOMBRE</b>	<b>CAPACIDAD</b>	<b>DIMENSIONES ACTUALES <math>m^2</math></b>	<b>DIMENSIONES IDEALES <math>m^2</math></b>
MEZCLADO	150+95+75=320 KVA	1.25	1.4
CHILLER	225 KVA	1	0.78
PLANTA	500 KVA	1	1.6

Tabla 7.4 Tabla comparativa de dimensiones de ductos de ventilación

- En el cuarto de transformadores Mezclado, existen un banco de transformadores (150KVA de mezclado), más dos transformadores secos de 95KVA Y 75 KVA.
- Además el área mínima, rectangular y libre de los cuartos no cumplen con las normas de la Empresa Eléctrica de acuerdo con la capacidad de los bancos de transformadores.

En la siguiente tabla se muestra la capacidad, dimensiones actuales y dimensiones ideales según las normas:

<b>NOMBRE</b>	<b>CAPACIDAD</b>	<b>DIMENSIONES ACTUALES</b>	<b>DIMENSIONES IDEALES</b>
MEZCLADO	150+95+75=320 KVA	2.9 * 2.85 m	4.0 * 3.0 m
CHILLER	225 KVA	3.5 * 2.16 m	4.0 * 3.0 m
PLANTA	500 KVA	2.2 * 2.9 m	5.0 * 4.0 m

Tabla 7.5 Tabla comparativa de dimensiones de cuartos de transformadores

Lo que se concluye que los tres cuartos de transformadores están subdimensionados y no cumplen a manera general con las normas de la empresa eléctrica pero sobre todo en PLANTA el espacio es muy reducido para la cantidad de carga, el tamaño de transformadores y sobre todo para realizar cualquier maniobra dentro de éste.

#### **7.1.2.3 Ductos de entradas a cuartos de transformadores.**

Para el caso de nuestra empresa se ha analizado con Reglamento de Suministro de la Empresa Eléctrica, artículo 14.5 que dice:

La canalización que ingresa a un cuarto de transformadores se construirá empleando ductos y codos de tubería metálica rígida, aprobada para uso eléctrico con un diámetro mínimo de 3'' para sistemas monofásicos y de 4'' para sistemas trifásicos.

#### **Caso PLASTIDOR**

En nuestro caso no existe canalización en la entrada a los cuartos de transformadores ya que la acometida es aérea en los tres casos.

#### **7.1.2.4 Transformadores**

##### **CELDAS DE MEDIA TENSIÓN.**

Para el caso de nuestra empresa se ha analizado con Reglamento de Suministro de la Empresa Eléctrica, artículo 15.1.1 que dice:

- a) “Si se considera la instalación de un transformador trifásico o banco de transformadores cuya capacidad de transformación sea mayor a 500 Kva, se deberá prever la instalación dentro del cuarto de transformadores, de un interruptor automático para operación con carga o un seccionador fusible para operación simultánea de tres fases bajo carga. Este equipo será suministrado por el Consumidor”.
- b) “Si se considera la instalación de más de un banco de transformadores para el edificio o industria, se deberá instalar un interruptor automático principal para operación con carga o seccionadores fusibles para accionamiento simultáneo de las tres fases bajo carga, un juego de barras de alimentación en media tensión y como protección individual para cada transformador, un interruptor automático o seccionadores fusibles similares al principal”.



**Caso PLASTIDOR.**

Los tres bancos de transformadores ninguno pasa de 500 Kva, por esta razón no tienen celdas de Media tensión; pero existen dos bancos como son: Mezclado 150 KVA y Planta 500Kva que están alimentados de la misma acometida, existe un seccionador fusible principal en poste para accionamiento simultáneo de las tres fases bajo carga y dos de similares características para cada banco.

En el caso del banco de transformadores Chiller su acometida es independiente de los demás bancos y tiene su respectivo seccionador fusible colocado en poste.

**7.1.2.5 ACOMETIDAS**

Para el caso de nuestra empresa se ha analizado con Reglamento de Suministro de la Empresa Eléctrica, artículo 16 que dice:

“Los transformadores serán conectados al sistema de distribución mediante líneas de acometida suministradas e instaladas por la Empresa Eléctrica. El Consumidor deberá instalar toda la tubería que se requiera y adecuar las obras civiles por su propia cuenta. La Empresa solicitará un depósito garantía por los primeros 30 metros de acometida, sobre el exceso, en caso de existir, recaudará su costo como contribución de construcciones”.

## **ACOMETIDAS AÉREAS**

Para el caso de nuestra empresa se ha analizado con Reglamento de Suministro de la Empresa Eléctrica, artículo 16.1 que dice:

“Solo se aceptarán acometidas aéreas en media tensión, en aquellos sectores donde las calles no están pavimentadas o existan en ellas zanjas para drenajes y las aceras no hayan sido construidas.

Para la entrada de los conductores de acometida se utilizará tubería metálica rígida para uso eléctrico de 3'' de diámetro en acometidas con dos conductores (incluyendo neutro) y de 4'' de diámetro en acometidas de más de dos conductores. El extremo de la tubería de entrada de acometida estará ubicado del lado del poste de distribución más cercano al inmueble y rematará con el respectivo reversible.

Las acometidas aéreas que cruzan la calzada tendrán una altura mínima de 6 m.”.

## **ACOMETIDAS SUBTERRÁNEAS**

Para el caso de nuestra empresa se ha analizado con Reglamento de Suministro de la Empresa Eléctrica, artículo 16.2 que dice:

“Una acometida en media tensión normalmente será subterránea y cumplirá las características del numeral anterior en lo referente a la tubería de entrada de los conductores de la acometida”.

### **CARACTERÍSTICAS DE LAS CANALIZACIONES.**

Para el caso de nuestra empresa se ha analizado con Reglamento de Suministro de la Empresa Eléctrica, artículo 16.3 que dice:

“La canalización de entrada de acometida en media tensión que se instale junto al poste y las que ingresan al cuarto de transformadores se construirán utilizando tubería metálica rígida aprobada para uso eléctrico. Similares características tendrán las canalizaciones que se deriven desde el cuarto eléctrico que contienen la protección principal del inmueble a los diferentes cuartos de transformadores del mismo”.

### **CASO PLASTIDOR**

En nuestro caso la acometida de alimentación principal para los dos bancos de transformadores PLANTA Y MEZCLADO es aérea, ésta entra primero al banco de transformadores de Mezclado y luego se desvía al cuarto de transformadores de Planta ya que estos dos cuartos quedan contiguos, pero toda la instalación es aérea, con lo cual no se estarán cumpliendo la normas que señala la Empresa Eléctrica que las acometidas serán aéreas solo si el

sector no está pavimentado y si no existen aceras construidas lo cual no es el caso. La correcta entrada de acometida debería ser de manera subterránea con la respectiva canalización señalada en los párrafos anteriores.

## 7.2 Planta de Emergencia.

El generador debe ser capaz de satisfacer la demanda de Kva requerida por la carga, sin sobrecalentarse. Además, debe suministrar suficiente Kva para poner en marcha grandes motores y otros dispositivos inductivos con carga de bajo factor de potencia.

En nuestro caso, ya que no existe un sistema de generación eléctrica de emergencia, la elección de uno, será de mucha utilidad ya que a nivel económico y energético la empresa pierde por cada paro de producción.

Los procesos de extrusión toman mucho tiempo en su etapa preliminar; parar esto siempre provoca eliminar la producción de ese momento y al comenzar nuevamente definitivamente hace que afecte a la parte económica de la empresa, por: tiempo hora/hombre, energía y nueva materia prima.

Para selección de una planta de Emergencia primero hemos tomado solo las cargas más importantes, en el que no se incluye el área de Mezclado ya que es un proceso que no se realiza todo el tiempo, en otras palabras hemos considerado una potencia total de **544,00 Kw**, además utilizamos dos métodos que son: El software Kohler Quick Size y por medio de la gráfica de dimensionamiento de Generadores que lo veremos más adelante.

## 7.2.1 Dimensionamiento del Generador de emergencia

Se utilizaron dos métodos de cálculo para dimensionar el generador:

1. Software Kohler Quick Size.
2. Utilizando gráfica de dimensionamiento de Generadores.

### 7.2.1.1 Método: Software Kohler Quick Size.

**Pantalla de Especificaciones:**

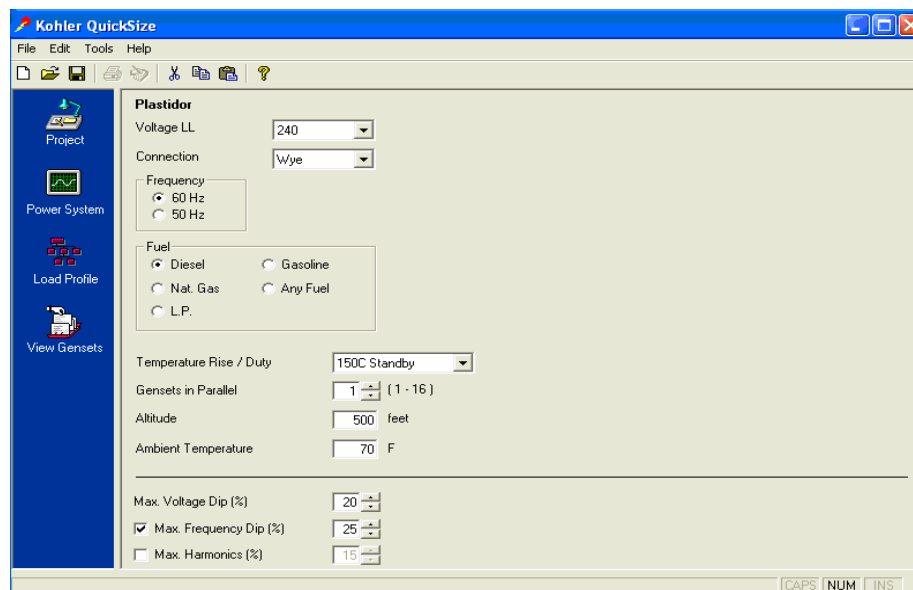


Figura 7.3 Pantalla de especificaciones del Software Kohler Quick Size

**Pantalla de Distribución de Cargas por medio de pasos:**

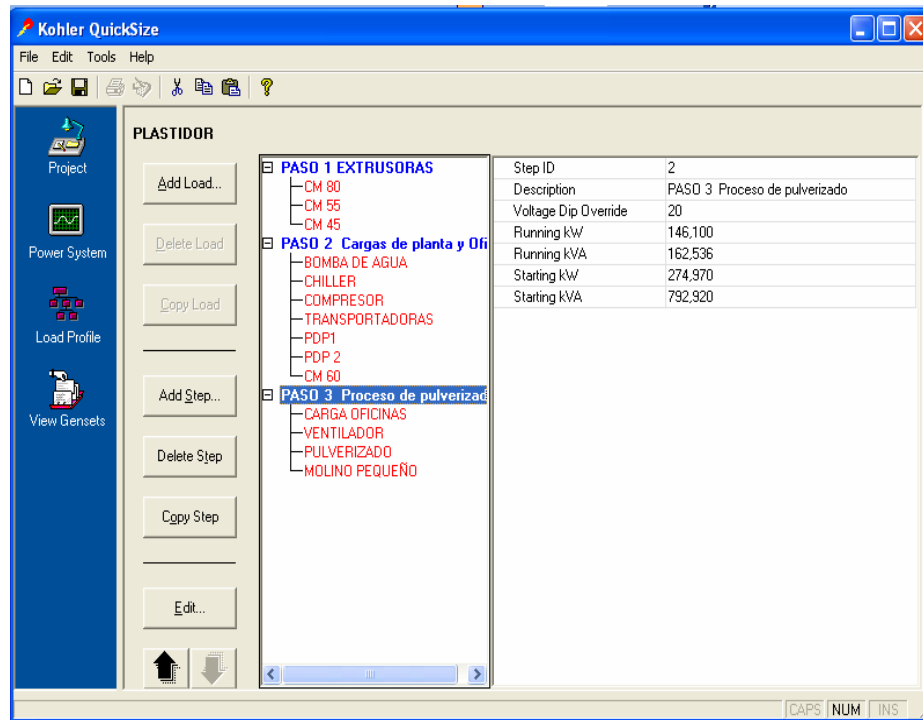


Figura 7.4 Pantalla de distribución de cargas del Software Kohler Quick Size

## RESULTADOS

### 1. SUMA DE CARGAS POR PASO

#### PASO 1 Extrusoras

	Qty	Run kW	Run kVA	Run pF	Start kW	Start kVA	Volt Dip	Freq Dip	Volt (L-N) THD
CM 80 (125,00 HP, 3 phase, code F, loaded motor, w/ A.T.L. starting)									
Rated motor torque from full voltage starting = 67,2%									
	1	105,00	120,00	0,88	192,13	662,50			
CM 55 (75,00 HP, 3 phase, code F, loaded motor, w/ A.T.L. starting)									
Rated motor torque from full voltage starting = 67,2%									
	1	62,00	73,00	0,85	131,18	397,50			
CM 45 (60,00 HP, 3 phase, code F, loaded motor, w/ A.T.L. starting)									
Rated motor torque from full voltage starting = 67,2%									
	1	48,00	59,00	0,81	111,30	318,00			
Step Totals		215,00	251,73	0,85	434,60	1377,50	18,03	6,82	0,0%/0,0%
Cum. Totals		215,00	251,73	0,85					

#### PASO 2 Cargas de planta y Oficina

	Qty	Run kW	Run kVA	Run pF	Start kW	Start kVA	Volt Dip	Freq Dip	Volt (L-N) THD
BOMBA DE AGUA (29,00 HP, 3 phase, code F, loaded motor, w/ A.T.L. starting)									
Rated motor torque from full voltage starting = 75,9%									
	1	25,00	28,50	0,88	64,55	153,70			
CHILLER (76,00 HP, 3 phase, code F, loaded motor, w/ A.T.L. starting)									
Rated motor torque from full voltage starting = 75,9%									
	1	62,74	73,92	0,85	132,44	402,80			
COMPRESOR (16,00 HP, 3 phase, code F, loaded motor, w/ A.T.L. starting)									
Rated motor torque from full voltage starting = 75,9%									
	1	13,08	16,38	0,80	39,86	84,80			
TRANSPORTADORAS (6,00 HP, 3 phase, code H, loaded motor, w/ A.T.L. starting)									
Rated motor torque from full voltage starting = 75,9%									
	1	5,48	6,60	0,83	23,32	40,20			
PDP1 (21,00 kW misc. load)									
	1	21,00	21,00	1,00	21,00	21,00			
PDP 2 (17,00 kW misc. load)									
	1	17,00	17,00	1,00	17,00	17,00			
CM 60 (47,00 HP, 3 phase, code F, loaded motor, w/ A.T.L. starting)									
Rated motor torque from full voltage starting = 75,9%									
	1	38,60	46,52	0,83	92,67	249,10			
Step Totals		182,90	204,86	0,89	390,83	943,47	12,86	5,51	0,0%/0,0%
Cum. Totals		397,90	456,59	0,87					



**PASO 3 Proceso de pulverizado**

	Qty	Run kW	Run kVA	Run pF	Start kW	Start kVA	Volt Dip	Freq Dip	Volt (L-N) THD
CARGA OFICINAS (23,00 kW misc. load)									
	1	23,00	23,00	1,00	23,00	23,00			
VENTILADOR (10,00 HP, 3 phase, code G, loaded motor, w/ A.T.L. starting)									
Rated motor torque from full voltage starting = 80,7%									
	1	8,70	10,70	0,81	28,56	59,50			
PULVERIZADO (125,00 HP, 3 phase, code F, loaded motor, w/ A.T.L. starting)									
Rated motor torque from full voltage starting = 80,7%									
	1	105,00	120,00	0,88	192,13	662,50			
MOLINO PEQUEÑO (11,00 HP, 3 phase, code G, loaded motor, w/ A.T.L. starting)									
Rated motor torque from full voltage starting = 80,7%									
	1	9,40	11,66	0,81	31,29	65,45			
Step Totals		146,10	162,54	0,90	274,97	792,92	10,16	2,73	0,0%/0,0%
Cum. Totals		544,00	619,13	0,88					
<b>TOTAL</b>		<b>544,00</b>	<b>619,13</b>	<b>0,88</b>					<b>0,0%/0,0%</b>

## 2. SELECCIONAMIENTO DEL GENERADOR

### Generador Seleccionado marca Kohler

**Model No.** 750REOZDB                      **Gensets** 1

**Engine** 12V2000 G83 (Diesel)

**Alternador** 5M4036

---

**LN / LL Voltage** 139/240 volts              **Altitud** 500 feet

**Frecuencia** 60 hertz              **Ambient Temp.** 70 F

**Fase(s)** 3 fases

**Genset Rating @ 130C Rise** 750,00 kW

**Genset Derated Rating** 750,00 kW

**Carga Total** 544,00 kW

**Percent of Available kW Used** 72,53 %

**Alternador Starting kVA** 1800,00 kVA @ 20% dip

**Peak Starting kVA** 1377,50 kVA

**Máximo Voltaje Dip** 18,03 %

**Máxima Frecuencia Dip** 6,82 % (sin restricción)

**Voltaje THD** 0,00 % (sin restricción)

### 7.2.1.2 Método: Por gráfica

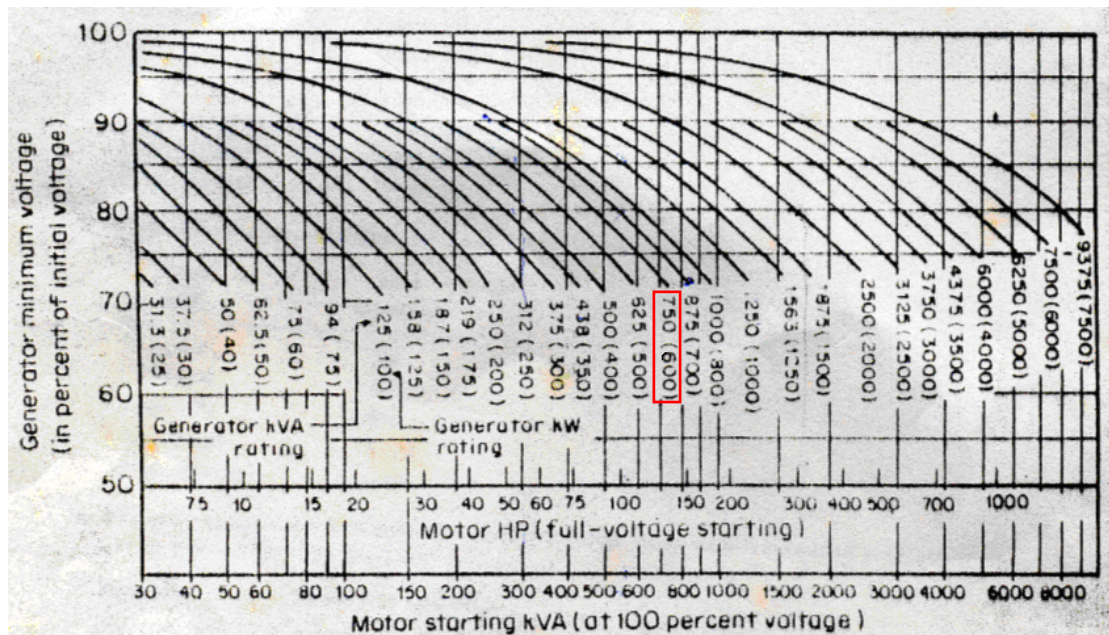


Figura 7.5 Curvas de selección de Generadores

Según la gráfica anterior, el Generador ideal según la carga total instalada de 619.13 Kva es de:

- 750 Kva
- 600 Kw

Pero escogeremos como principal los datos obtenidos por medio del software Kholer Quick Size (Generador de 750 Kw), ya que la selección se la realizó considerando algunos factores más como: voltaje, fases, factor de potencia, temperatura, entre otros; además se debe considerar las siguientes normas del NEC 445 en relación a Generadores al momento de la instalación:

- Protección de sobrecorriente (NEC 445.12), debe ser protegido por un breaker de 4 polos y tanto el breaker como el conductor debe de ser dimensionado por 150 por ciento de la corriente de trabajo del generador solo el conductor puede ser el 100 por ciento si el generador esté sobredimensionado para cargas futuras (NEC 415.13).

En nuestro caso el generador seleccionado de 750 Kw de 2050A de Kholer está un poco sobredimensionado para cargas futuras, entonces el breaker seleccionado al 100 % de la carga y el conductor serán:

Breaker	2100 A
Conductor	5 cond 800 MCM en cada línea

Tabla 7.6 Tabla de resultados de la protección y cableado del Generador

- Las parte vivas del generador deben estar a máximo 50V para evitar desgracias personales.
- Y las terminales (NEC 445.17) se seleccionarán de acuerdo a la tabla NEC 430.12 que en nuestro caso con el generador de 750 Kw de Kholer es la que se presenta a continuación:

Motors Over 275 mm (11 in.) in Diameter — Alternating-Current Motors						
Maximum Full Load Current for 3-Phase Motors with Maximum of 12 Leads (Amperes)	Terminal Box Cover Opening Minimum Dimension		Usable Volume Minimum		Typical Maximum Horsepower 3-Phase	
	mm	in.	cm <sup>3</sup>	in. <sup>3</sup>	230 Volt	460 Volt
	45	65	2.5	595	36.4	15
70	84	3.3	1,265	77	25	50
110	100	4.0	2,295	140	40	75
160	125	5.0	4,135	252	60	125
250	150	6.0	7,380	450	100	200
400	175	7.0	13,775	840	150	300
600	200	8.0	25,255	1540	250	500

Tabla 7.7 Tabla NEC 445.17

Además el diseño del regulador del generador debe ser compatible con el grupo del motor y generador, y con la mayoría de los generadores modernos de estado sólido. El regulador de voltaje constante permite la saturación del campo, para mantener el voltaje de la línea, pero tiene una desventaja importante: Permite que el motor se sobrecargue hasta el punto en que no podrá reponerse cuando se manejan grandes cargas de bloque.

## **CAPÍTULO VIII**

### **8 ANÁLISIS COMPARATIVO ECONÓMICO**

El análisis comparativo económico se realizará tomando como referencia el reporte de consumo de energía eléctrica que se entrega a Plastidor por parte de Plásticos Ecuatorianos y observando los valores totales que se obtuvo en el estudio de diferentes casos que se puntualizará en la tabla de resultados, donde determinaremos cuál es la mejor opción para Plastidor como empresa. Este análisis se sujeta a las disposiciones que emanan de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, del Reglamento Sustitutivo del Reglamento

General a la Ley de Régimen del Sector Eléctrico y del Reglamento de Tarifas.

A continuación se detalla las diferentes fórmulas de aplicación que se tomó como referencia para realizar el planillaje de Plastidor incluyendo el detalle de valores de terceros como la tasa de recolección de basura, contribución de bomberos, seguro contra incendios y ferum.

<b>Demanda de Facturación</b>	kwh/para las horas que trabajo en horas = kw
<b>Energía</b>	(lectura actual-lectura anterior)kwh x (costo de energía) \$/kwh= \$
<b>Demanda</b>	(demanda de facturación)kw x (factor corrector) x (costo de la demanda)\$/kw= \$
<b>Ferum</b>	10% (Total de energía y demanda)
<b>Recargo</b>	[(de energía + \$ de demanda) 0.92] /factor de potencia que plastidor posee

<b>Comercialización</b>	Dado por la empresa eléctrica y es de \$7.44
<b>Tasa de Bomberos</b>	\$ 7.31 (la cual es fija)
<b>Alumbrado Público</b>	6 % (energía + demanda + recargo)
<b>Recolector de Basura</b>	12.5 % (energía + demanda + recargo)
<b>* Ferum</b>	10% (energía + demanda + recargo + comercialización)
<b>Total</b>	energía + demanda + recargo + alumbrado publico + recolector de basura + FERUM + tasa de bomberos.

Tabla 8.1 Fórmulas basadas en la Empresa Eléctrica del Ecuador

\* Ferum: Valores que corresponden grandes consumidores.

## 8.1 Tablas de Resultados

## I CASO: UNIDOS PLASTIDOR A PLASTICOS ECUATORIANOS

MES	LUGARES	D F (Kw)	C.ENERG.(\$/Kwh)	FC	C.DM(\$/Kw)	ENERG(\$)	DM ( \$ )	SUB-TOTAL(\$)	FERUM(\$)	TOTAL(\$)
DICIEMB.	MEZCLADO	39,13	0,0533	0,9	4,2803	481,832	150,739	632.571	63.251	695.822
	EXTRUSION	27,9	0,0533	0,9	4,2803	2340,936	107,478	2448.414	244.841	2693.255
	CHILLER	30,395	0,0533	0,9	4,2803	1496,93	117,089	1614.019	161.401	1775.420
	OFICINAS	21.595	0,0533	0,9	4,2803	230,202	83,189	313.391	31.339	344.730
								5008,395	500,832	5509,227

MES	LUGARES	D F (Kw)	C.ENERG.(\$/Kwh)	FC	C.DM(\$/Kw)	ENERG(\$)	DM ( \$ )	SUB-TOTAL(\$)	FERUM(\$)	TOTAL(\$)
ENERO	MEZCLADO	66,94	0,0533	0,9	4,2803	545,792	256,137	801,929	80,1929	882,1219
	EXTRUSION	39,1	0,0533	0,9	4,2803	2705,508	150,623	2856,131	285,6131	3141,7441
	CHILLER	43,11	0,0533	0,9	4,2803	1932,817	166,071	2098,888	209,8888	2308,7768
	OFICINAS	23,22	0,0533	0,9	4,2803	272,363	89,449	361,812	36,1812	397,9932
								6118,76	611,876	6730,636

DF = Demanda de Facturación

FC = Factor Corrector

C.ENERG: Costo de energía para especiales

C.DM= Costo de demanda para especiales

ENERG= Energía

DM= Demanda

\*FERUM =10% (energía + demanda + recargo + comercialización)

\*TOTAL = Energía + demanda + recargo + alumbrado publico + recolector de basura + FERUM + tasa de bomberos.

Tabla 8.2 Tabla de resultados: Unidos Plastidor y Plásticos Ecuatorianos



**II CASO: SEPARADOS PLASTIDOR DE PLASTICOS ECUATORIANOS SIN MEJORAR SU FACTOR DE POTENCIA**

MES	LUGARES	D F(Kw)	C.ENERG(\$/Kwh)	FC	C.DM(\$/Kw)	ENERG(\$)	DM(\$)	fp.E.E	fp PTD	RECARGO	FERUM(\$)	TOTAL(\$)
DICIEMB	MEZCLADO	39,13	0,0592	0,9	4,2803	535,168	150,7	0,92	0,78	809,018	150,23	2407,524
	EXTRUSION	27,9	0,0592	0,9	4,2803	2600,064	107,5	0,92	0,79	3153,086	586,80	7209,794
	CHILLER	30,395	0,0592	0,9	4,2803	1662,632	117,1	0,92	0,77	2761,584	454,87	5758,542
	OFICINAS	21.595	0,0592	0,9	4,2803	255,684	83,19	0,92	0,9	346,403	69,27	1516,909
											1261,27	14627,985

MES	LUGARES	D F(Kw)	C.ENERG(\$/Kwh)	FC	C.DM(\$/Kw)	ENERG(\$)	DM(\$)	fp.E.E	fp PTD	RECARGO	FERUM(\$)	TOTAL(\$)
ENERO	MEZCLADO	66,94	0,0592	0,9	4,2803	606,208	256,1	0,92	0,78	1017,124	188,6909	2830,5279
	EXTRUSION	39,1	0,0592	0,9	4,2803	3004,992	150,6	0,92	0,79	3674,893	683,7948	8276,6708
	CHILLER	43,11	0,0592	0,9	4,2803	2146,769	166,1	0,92	0,77	2763,393	508,3673	6346,9683
	OFICINAS	23,22	0,0592	0,9	4,2803	302,512	89,45	0,92	0,9	400,671	80,0072	1635,0072
											1458,6282	16799,8382

DF = Demanda de Facturación

FC = Factor Corrector

C.ENERG: Costo de energía para media tensión sin registro de demanda horaria

C.DM= Costo de demanda para media tensión sin registro de demanda horaria

ENERG=Energía

DM= Demanda

fp E.E= Factor de potencia dado por la Empresa Eléctrica

fp PTD= Factor de potencia de Plastidor

\*FERUM =10% (energía + demanda + recargo + comercialización)

\*TOTAL = Energía + demanda + recargo + alumbrado publico + recolector de basura + FERUM + tasa de bomberos.

Tabla 8.3 Tabla de resultados: Plastidor separado de Plásticos Ecuatorianos sin mejorar su fp

**III CASO: SEPARADOS PLASTIDOR DE PLASTICOS ECUATORIANOS CON REGISTRO DE DEMANDA HORARIA**

MES	LUGARES	D F(Kw)	C.ENERG(\$/Kwh)	FC	C.DM(\$/Kw)	ENERG(\$)	DM(\$)	fp E.E.	fpPTD	RECARGO	FERUM(\$)	TOTAL (\$)
DICIEMB	MEZCLADO	39,13	0.0532	0,9	4,2803	480.928	150,739	0,92	0,78	745,043	138,585	3.529
	EXTRUSION	27,9	0.0532	0,9	4,2803	2336,544	107,478	0,92	0,79	2846,202	529,9374	7.834
	CHILLER	30,395	0.0532	0,9	4,2803	1494,122	117,089	0,92	0,77	1925,083	354,5424	5.905
	OFICINAS	21.595	0.0532	0,9	4,2803	229,77	83,189	0,92	0,9	319,913	64,2132	2.711
											1085,046	13.940

MES	LUGARES	D F(Kw)	C.ENERG(\$/Kwh)	FC	C.DM(\$/Kw)	ENERG(\$)	DM(\$)	fp E.E.	fpPTD	RECARGO	FERUM(\$)	TOTAL (\$)
ENERO	MEZCLADO	66,94	0.0532	0,9	4,2803	544.768	256,137	0,92	0,78	944,657	175,4702	4.388
	EXTRUSION	39,1	0.0532	0,9	4,2803	2.700.432	150,623	0,92	0,79	3320,215	618,042	9.256
	CHILLER	43,11	0.0532	0,9	4,2803	1929,191	166,071	0,92	0,77	2503,429	460,7821	7.526
	OFICINAS	23,22	0.0532	0,9	4,2803	271,852	89,449	0,92	0,9	369,329	73,989	3.272
											1326,0513	17.044

DF = Demanda de Facturación

ENERG=Energía

FC = Factor Corrector

DM= Demanda

C.ENERG: Costo de energía para media tensión con registro de demanda horaria

C.DM= Costo de demanda para media tensión con registro de demanda horaria

fp E.E= Factor de potencia dado por la Empresa Eléctrica

fp PTD= Factor de potencia de Plastidor

\*FERUM =10% (energía + demanda + recargo + comercialización)

\*TOTAL = Energía + demanda + recargo + alumbrado publico + recolector de basura + FERUM + tasa de bomberos

Tabla 8.4 Tabla de resultados: Plastidor separado de Plásticos Ecuatorianos con registro de demanda horaria

**IV CASO: SEPARADOS PLASTIDOR DE PLASTICOS ECUATORIANOS MEJORANDO SU FACTOR DE POTENCIA**

MES	LUGARES	D F (Kw)	C.ENERG(\$/Kwh)	FC	C.DM(\$/Kw)	ENERG(\$)	DM(\$)	fp E.E.	FERUM (\$)	TOTAL(\$)
DICIEMB	MEZCLADO	39,13	0.0532	0,9	4,2803	480.928	150,739	0,92	63,9107	1.635
	EXTRUSION	27,9	0.0532	0,9	4,2803	2336,544	107,478	0,92	245,1462	3.629
	CHILLER	30,395	0.0532	0,9	4,2803	1494,122	117,089	0,92	161,8651	2.713
	OFICINAS	21.595	0.0532	0,9	4,2803	229,77	83,189	0,92	32,0399	1.285
									500,7299	6.440

MES	LUGARES	D F (Kw)	C.ENERG(\$/Kwh)	FC	C.DM(\$/Kw)	ENERG(\$)	DM(\$)	fp E.E.	<	TOTAL(\$)
ENERO	MEZCLADO	66,94	0.0532	0,9	4,2803	544.768	256,137	0,92	80,8345	2.027
	EXTRUSION	39,1	0.0532	0,9	4,2803	2.700.432	150,623	0,92	285,8495	4.282
	CHILLER	43,11	0.0532	0,9	4,2803	1929,191	166,071	0,92	210,2702	3.450
	OFICINAS	23,22	0.0532	0,9	4,2803	271,852	89,449	0,92	36,8741	1.543
									611,5963	7.865

DF = Demanda de Facturación

FC = Factor Corrector

C.ENERG: Costo de energía para media tensión con registro de demanda horaria

C.DM= Costo de demanda para media tensión con registro de demanda horaria

ENERG=Energía

DM= Demanda

fp E.E= Factor de potencia dado por la Empresa Eléctrica

fp PTD= Factor de potencia de Plastidor

\*FERUM =10% (energía + demanda + recargo + comercialización)

\*TOTAL = Energía + demanda + recargo + alumbrado publico + recolector de basura + FERUM + tasa de bomberos.

Tabla 8.5 Tabla de resultados: Plastidor separado de Plásticos Ecuatorianos mejorando su fp

## 8.2 Análisis Económico

Al realizar el análisis económico del planillaje de Plastidor en los meses de diciembre y enero permaneciendo incorporados a Plásticos Ecuatorianos se observó que pagan una cantidad: \$5509,227 y \$6730,636 respectivamente lo cual es más económico que separarse del mismo.

Hay que resaltar que si Plastidor toma la decisión de separarse de Plásticos Ecuatorianos y no coloca los bancos de capacitores en cada subestación para de esa forma mejorar el factor de potencia de mezclado, chiller y planta tendrá que realizar los pagos de: \$14627,985 y \$16799,8382 el cual corresponde más del doble que al instalarlo (\$ 6.440 y \$ 7.865) pero siempre y cuando Plastidor califique como gran consumidor; lamentablemente el consumo anual es menor de lo que dispone el CONELEC (Consejo Nacional de Electricidad) para ser considerado gran consumidor.

<b>Periodo de presentación de la solicitud</b>	<b>Demanda Promedio Mensual (Kw)</b>	<b>Consumo Anual (MWh)</b>
Hasta Diciembre 2002	1000	7000
Enero- Junio 2003	930	6500
Julio-Diciembre2003	860	6000
Enero- Junio 2004	790	5500
Julio-Diciembre 2004	720	5000
Enero 2005 en adelante	650	4500

Tabla 8.6 Requisitos mínimos del CONELEC para ser gran consumidor

## CONCLUSIONES

- El primer procedimiento que se realizó fue la construcción de un diagrama unifilar eléctrico que no existía en Plastidor, y que resulta un paso básico para cualquier Auditoría Eléctrica, conjuntamente con la toma de mediciones en las tres áreas de más alta carga (Planta, Chiller, Mezclado) utilizando el equipo AR5 nos permitió tener un conocimiento más real del funcionamiento de la fábrica.
- Se logró un estudio completo de los siguientes puntos: cableado, protecciones, tuberías, etc.; con cálculos teóricos – prácticos y con la ayuda de un software, se determinó que en un 80% se debería realizar correcciones, pero de este porcentaje un 40% es realmente necesario. Dentro de este 40% se encuentra el breaker que se instaló a la salida de la barra de cobre en el área de Planta, éste es menor al calculado pero Plastidor no ha sufrido daños al poseer el mismo por lo que se

concluyó que Plastidor no trabaja con todas sus cargas al mismo tiempo.

- Al realizar las debidas mediciones en las diferentes áreas de la fábrica se determinó que la caída de voltaje está dentro del rango permitido por el NEC (5%), caso contrario conduciría a que las cargas trabajen con un voltaje insuficiente.

Como segundo punto se pudo establecer que existía en la fábrica un bajo factor de potencia, y posteriormente se seleccionó un adecuado banco de capacitores, no existente en la empresa.

- Con relación a Armónicos, y debido a que no existen muchos equipos electrónicos y principalmente con el análisis de la información obtenida con el equipo de medición AR5, se estableció que Plastidor a manera general se encuentra dentro de los límites normales de Armónicos, tanto de corriente como de voltaje dispuesto por el CONELEC que se basa en la IEEE; además las variaciones de los armónicos de corriente son muy esporádicas y duran muy poco tiempo como para ser consideradas trascendentes.

- Con un análisis de carga se pudo dimensionar un Generador de Emergencia, que actualmente no existe en la empresa.
- Se estableció las correcciones necesarias basándose en las “Normas de acometidas, cuartos de transformadores y sistemas de medición para el suministro de electricidad (NATSIM), de la Empresa Eléctrica del Ecuador. En referencia a los Cuartos de transformadores; en el **Área física**: se encuentra subdimensionada de acuerdo con la capacidad de los bancos de transformadores; **Ventilación**: no existe la suficiente, ya que las salidas son pequeñas; **Acometida**: debería ser de manera subterránea con la respectiva canalización, que en caso de Plastidor no cumple ya que todo es aéreo. En conclusión se encontraron muchas fallas, las cuales es necesario que sean corregidas.

Además, a través de los diferentes cálculos se determinó que el dimensionamiento de los transformadores en el área de: Planta y Oficina están subdimensionados; pero en las áreas de Chiller y de Mezclado están dimensionados de acuerdo a las necesidades de cada sector.

- Se pudo determinar que no existe un orden ni limpieza principalmente en los paneles de distribución, factor peligroso para las vidas humanas en el momento de cualquier maniobra.
- El análisis económico concluye que Plastidor debería de permanecer incorporado eléctricamente a Plásticos Ecuatorianos, debido a que posee la desventaja de no ser una fábrica que calificaría de gran consumidor.



## RECOMENDACIONES

- Se recomienda poner en consideración nuestro diagrama eléctrico, ya que no tener este tipo de información en manos del personal técnico, es bajo todo punto de vista muy peligroso.
- Realizar mediciones periódicas de: corriente, voltaje, factor de potencia, armónicos y potencia; ya que esto permite, tener un conocimiento real de cómo se encuentra la fábrica en ese momento.
- Poner en consideración nuestro estudio completo de cableado, protecciones canalización; ya que aunque no presente actualmente continuas fallas, a largo plazo esto va deteriorando el sistema eléctrico. Además que los motores trifásicos, que están solamente protegidos por fusibles, colocar breakers, porque al fallar una fase con el fusible

quedan sujetas dos fases para la operación, pero con una corriente incrementada y desbalanceada produciendo que se quemara el motor.

Se recomienda a Plastidor que si desea a futuro incrementar su carga, coloque un Breaker principal de Planta que satisfaga la carga actual y futura, sin necesidad de colocar dos breakers seguidos, e instalar paneles de distribución que conserven un orden y limpieza

- Corregir el factor de potencia en las tres áreas, considerando nuestro análisis, ya que es una manera de ayudar a la empresa con la cual se encuentran unida eléctricamente.

Se recomienda usar banco de capacitores ubicado lo más equidistante que se pueda de las cargas, debido a que los flujos de potencia cambian frecuentemente entre diversos sitios de la planta y cargas individuales. A la vez esto permite la desconexión de una parte de los capacitores de acuerdo a condiciones específicas de cargas variables.

- Recomendamos la instalación de un Generador de emergencia, establecido en nuestra tesis; ya que el paro del proceso de extrusión representa una pérdida económica de la empresa, por: tiempo hora/hombre, energía y nueva materia prima.

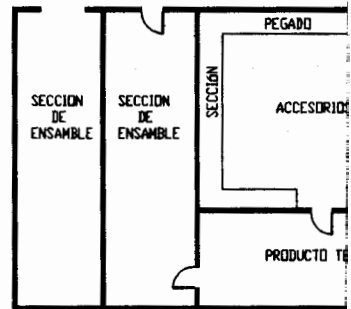
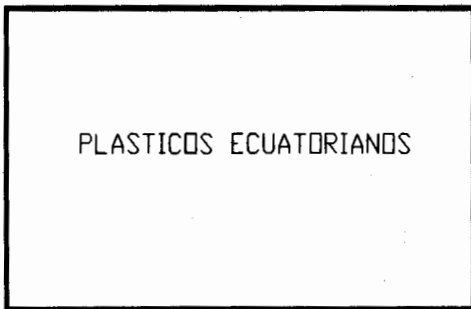
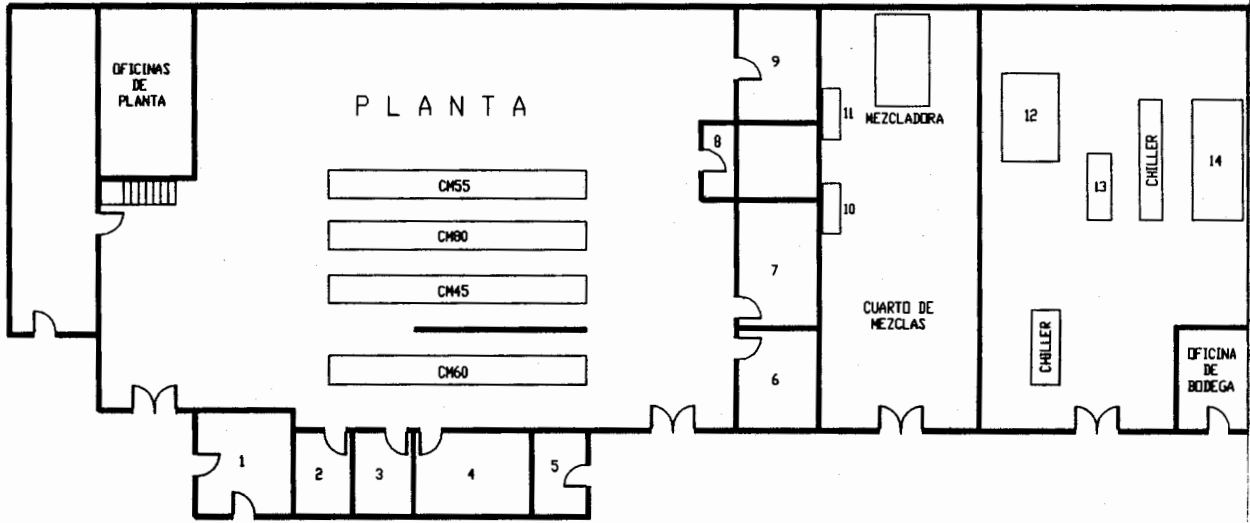
- Una sugerencia muy importante es cambiar aspectos importantes con relación a los cuartos de transformadores, establecer como prioridades: un buen dimensionamiento del área donde se encuentran los transformadores, la ventilación, la acometida, canalización y orden; que en el caso de Plastidor no cumple con la mayoría de la “Normas de acometidas, cuartos de transformadores y sistemas de medición para el suministro de electricidad (NATSIM); y que ha sido analizado y propuesto alternativas de cambio en nuestra tesis.

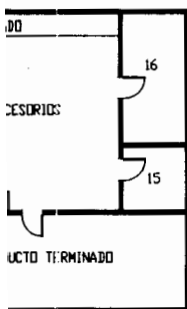
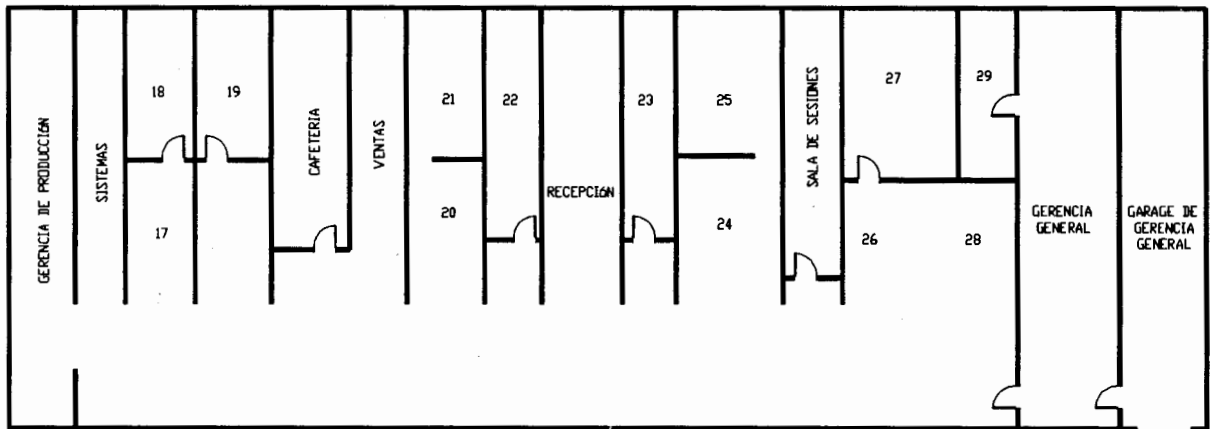
# APÉNDICES

## **APÉNDICE A**

### **ÁREAS PRINCIPALES DE PLASTIDOR**

KM. 8.1/2 VIA A DAULE





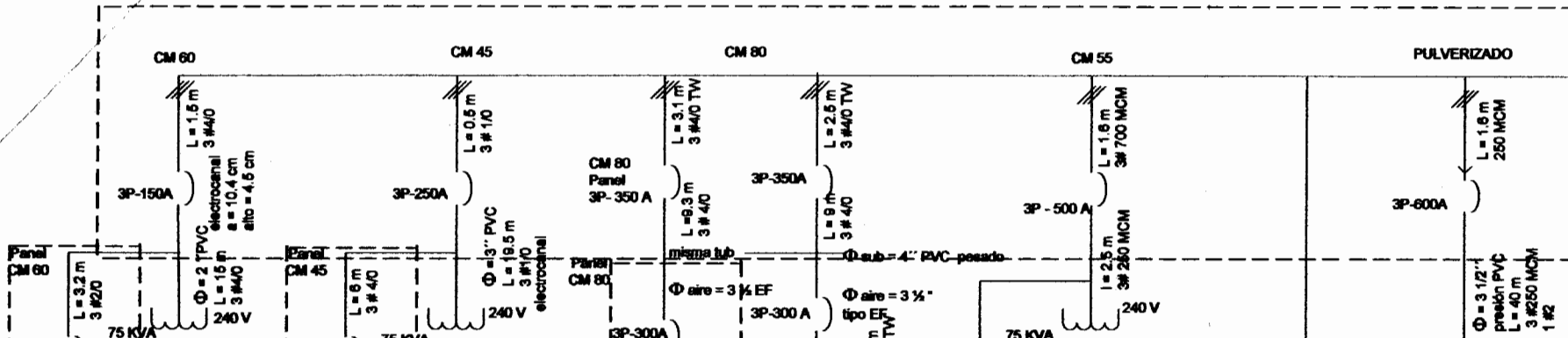
1. MOLINO
2. COMPRESOR
3. CUARTO DE MOLDE
4. LABORATORIO
5. CUARTO DE MOLDE
6. BANCO DE PERSONAL
7. BANCO DE TRANSFORMADORES DE MEZCLADO
8. PANEL PRINCIPAL
9. BANCO DE TRANSFORMADORES DE PLANTA
10. PANEL DE CONTROL
11. PANEL PRINCIPAL DE MEZCLADORA
12. MOTOR DE VACIO DE MEZCLADO
13. MOTORES DE BOMBAS
14. BANCO DE TRANSFORMADORES CHILLER
15. BODEGA DE INSUMO
16. CASILLERO
17. COMPRAS Y CONTABILIDAD
18. CREDITO Y COBRANZA
19. CONTRALORIA
20. ASISTENTE DE VENTAS
21. GERENCIA DE VENTAS
22. BANCO DE MUJERES
23. BANCO DE HOMBRES
24. ASISTENTE DE SERVICIO AL CLIENTE Y FACTURACION
25. COORDINADOR DE SERVICIO AL CLIENTE
26. SECCION DE FAX E IMPRESORAS
27. BODEGA DE SUMINISTRO DE OFICINAS
28. ASISTENTE DE GERENCIA GENERAL
29. BANCO DEL GERENTE
30. GARAGE DE GERENCIA GENERAL

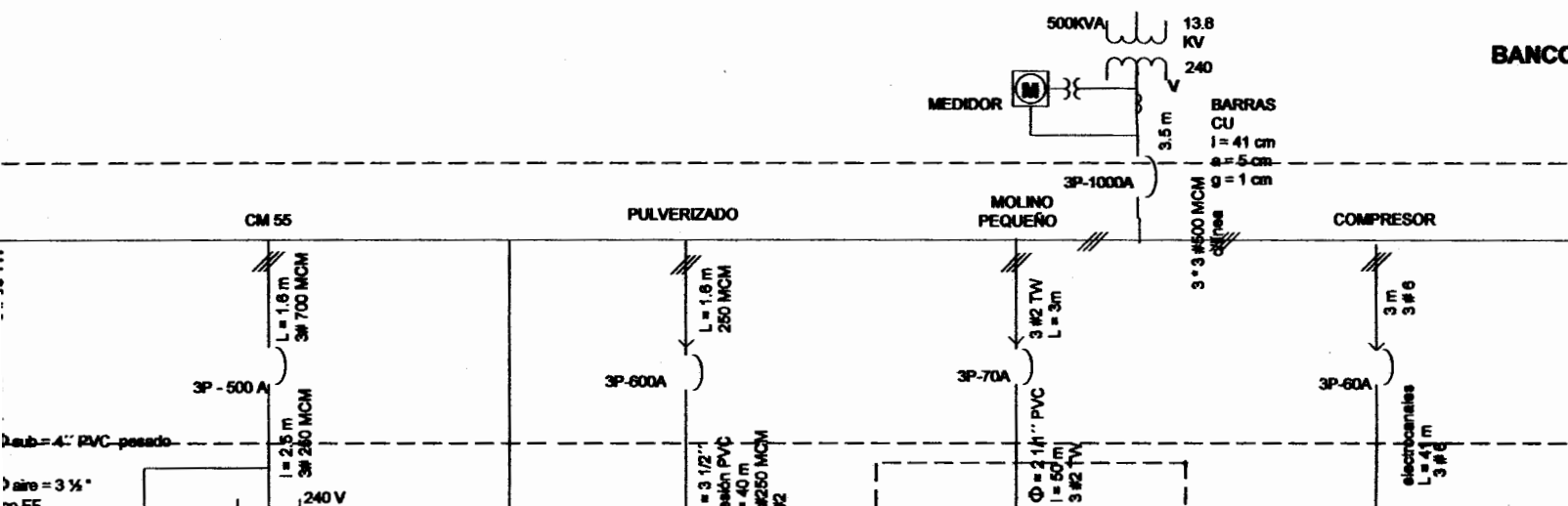
<b>PLASTIDOR S.A</b>	
<b>IMPLANTACION GENERAL</b>	
DIBUJADO POR : ELSA MAYORGA Q.	FECHA : 15 DE JULIO DE 2005

## **APÉNDICE B**

### **DIAGRAMA UNIFILAR EXISTENTE EN PLASTIDOR**



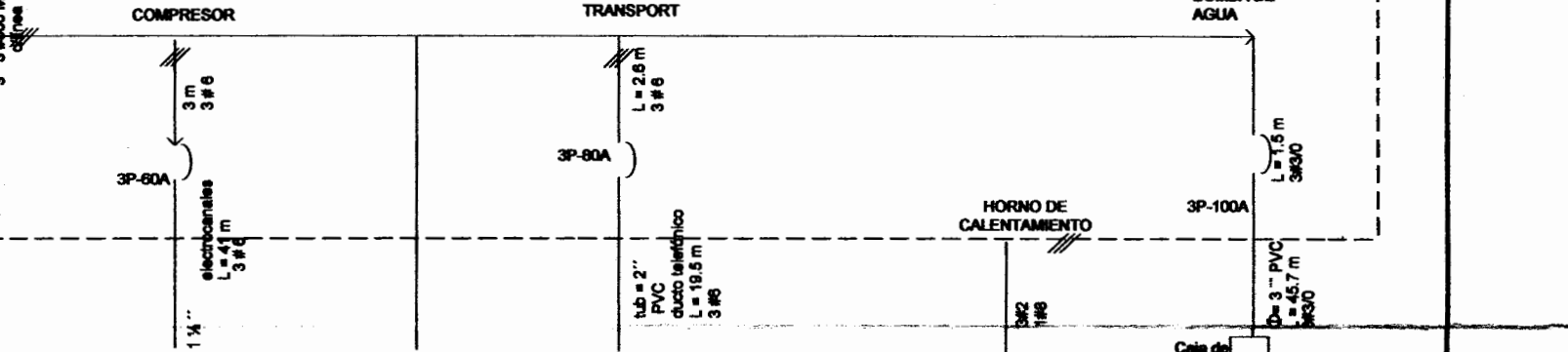


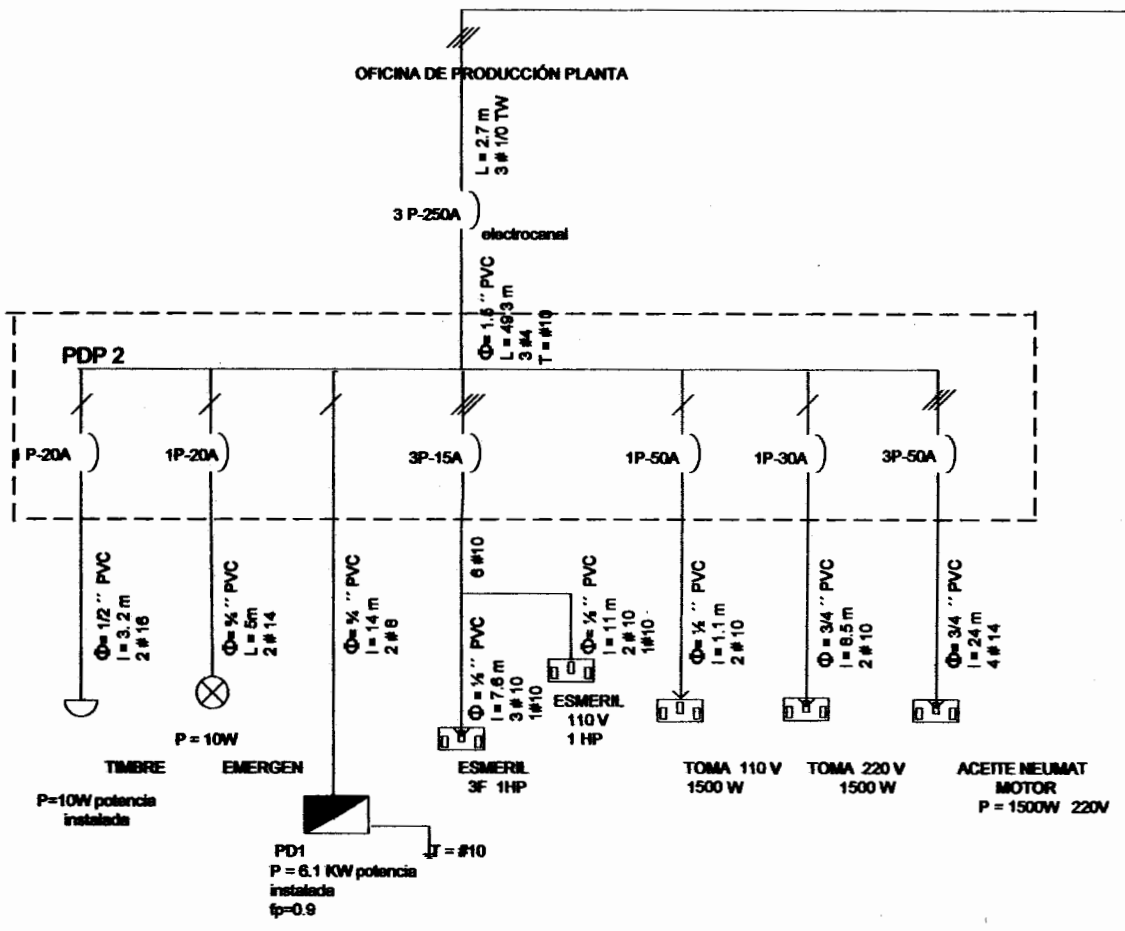
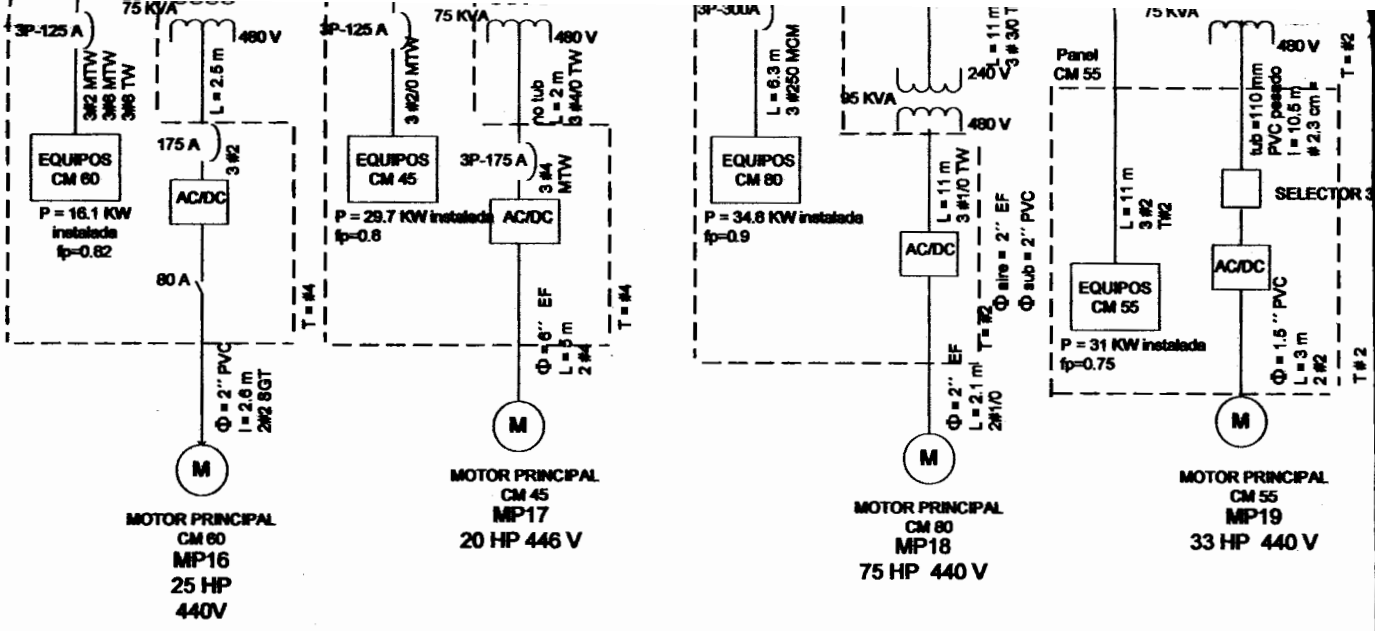


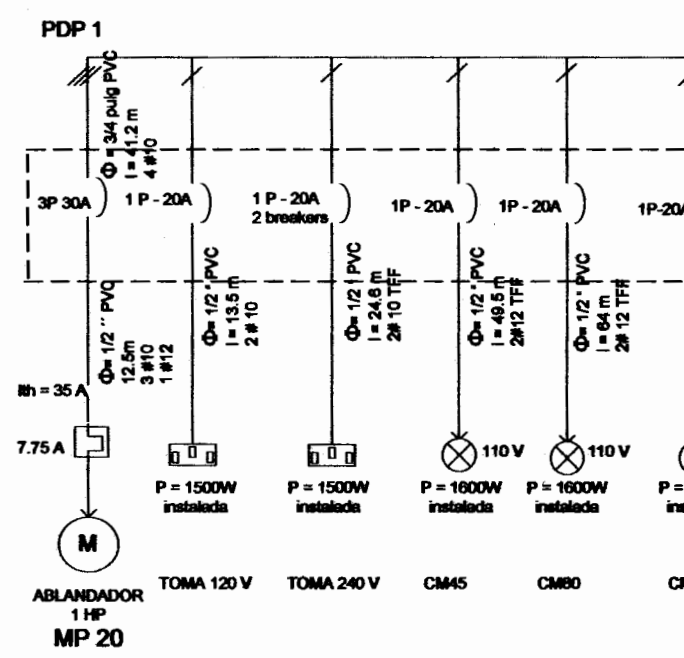
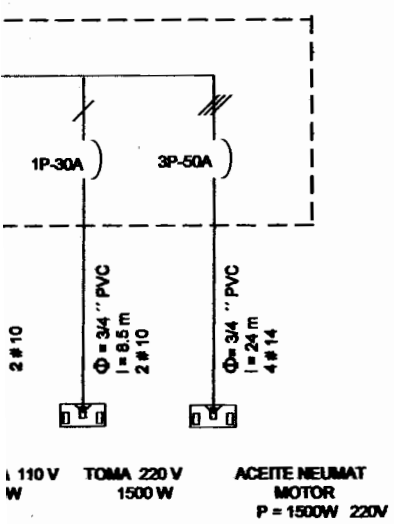
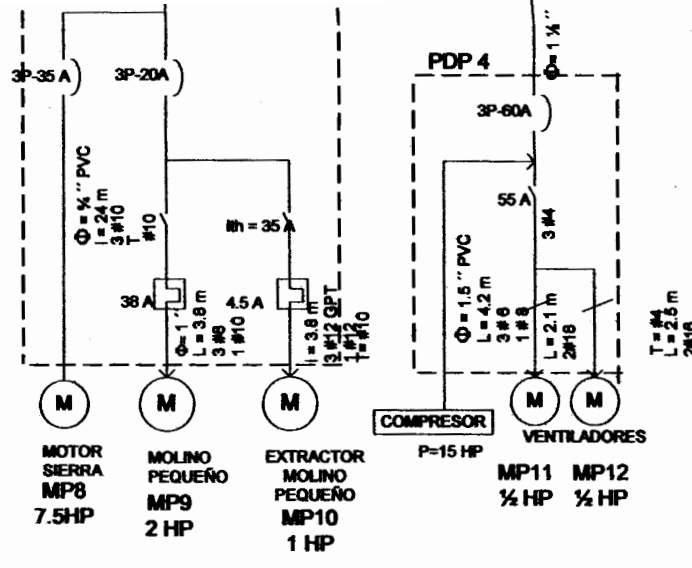
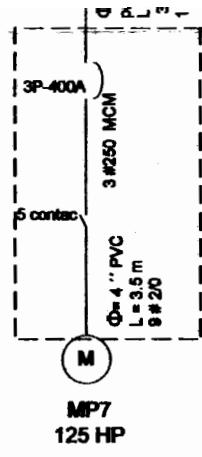
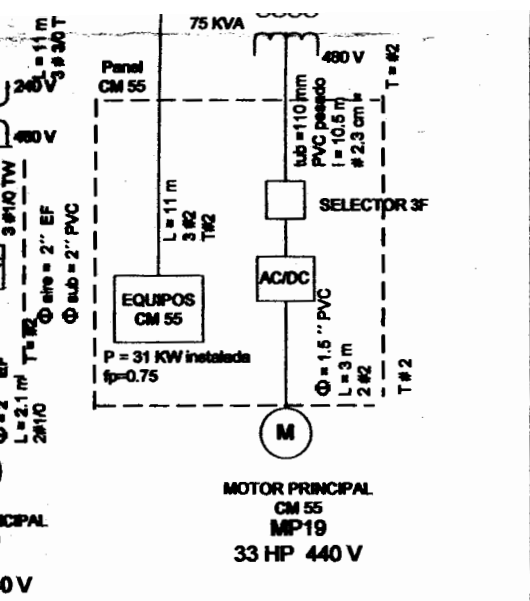
**BANCO DE TRANSFORMADORES  
PLANTA**

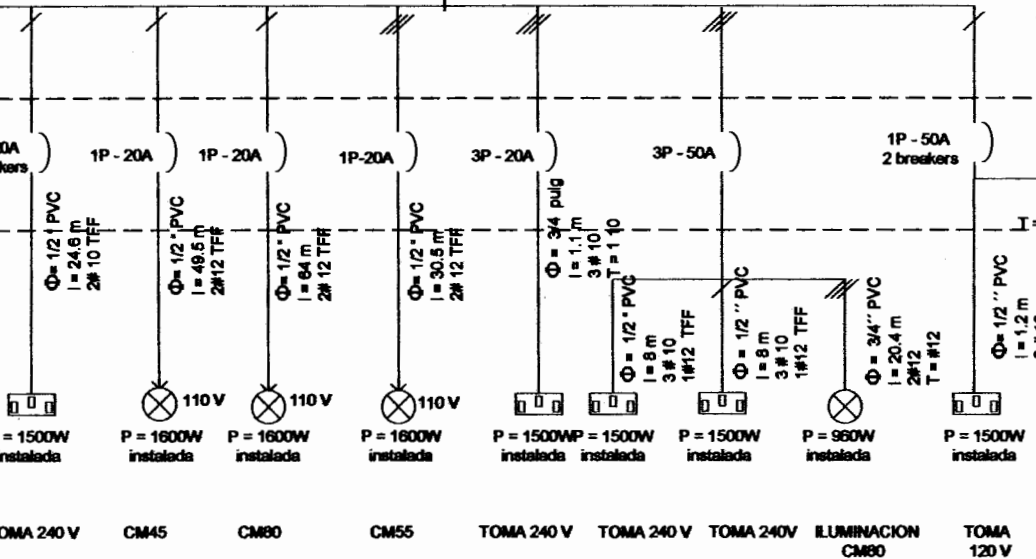
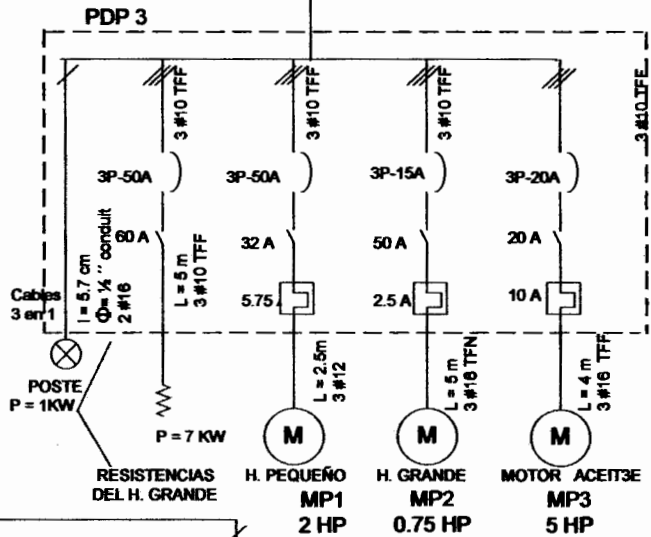
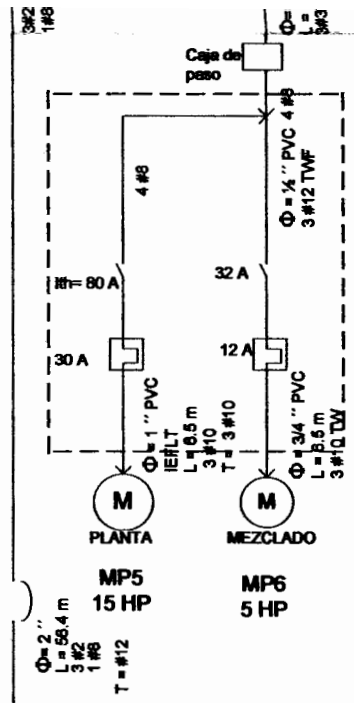
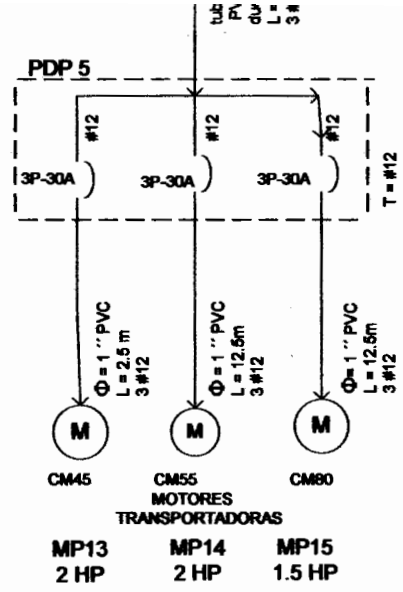
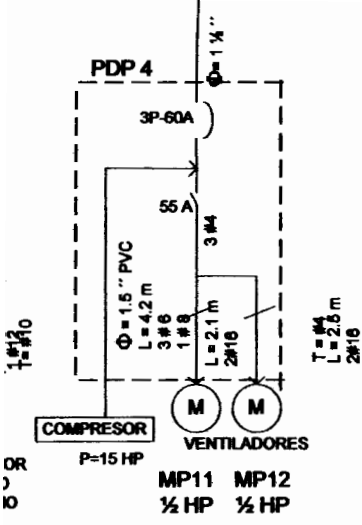
**500KVA**

BARRAS  
CU  
I = 41 cm  
a = 5 cm  
g = 1 cm







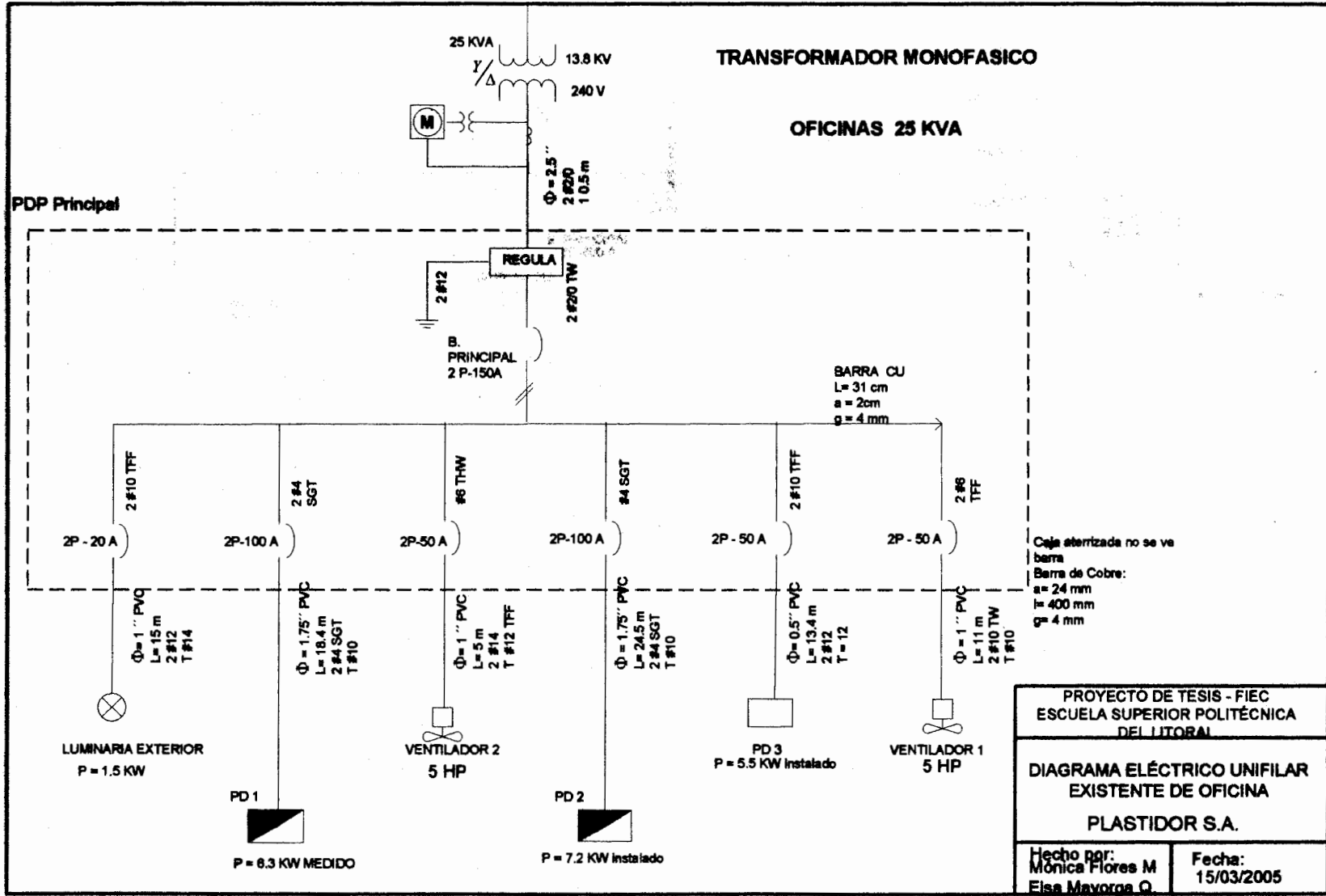


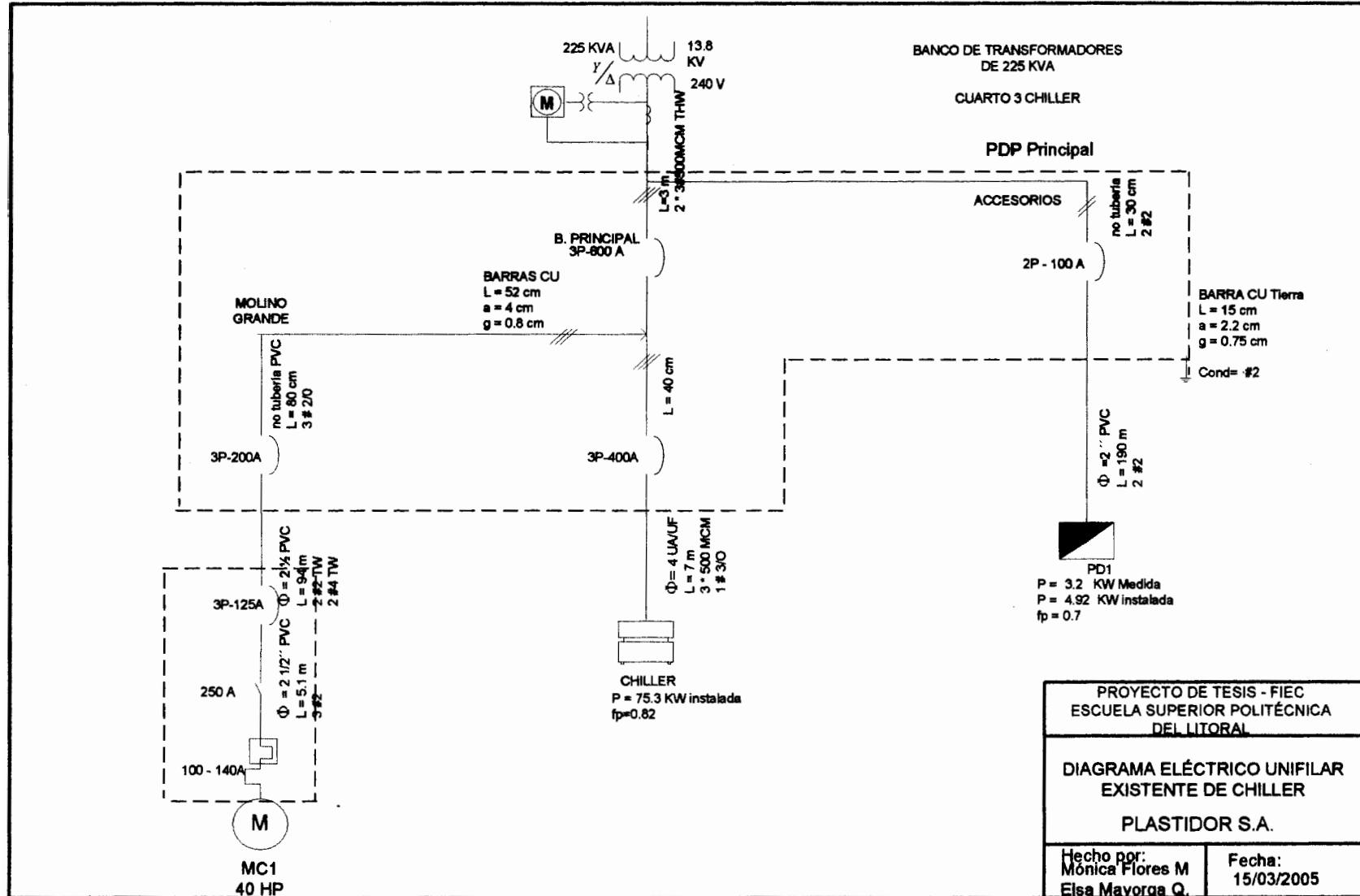
PROYECTO DE TESIS - FIEC  
 ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA  
 DEL LITORAL

DIAGRAMA ELÉCTRICO UNIFILAR  
 EXISTENTE DE PLANTA  
 PLASTIDOR S.A.

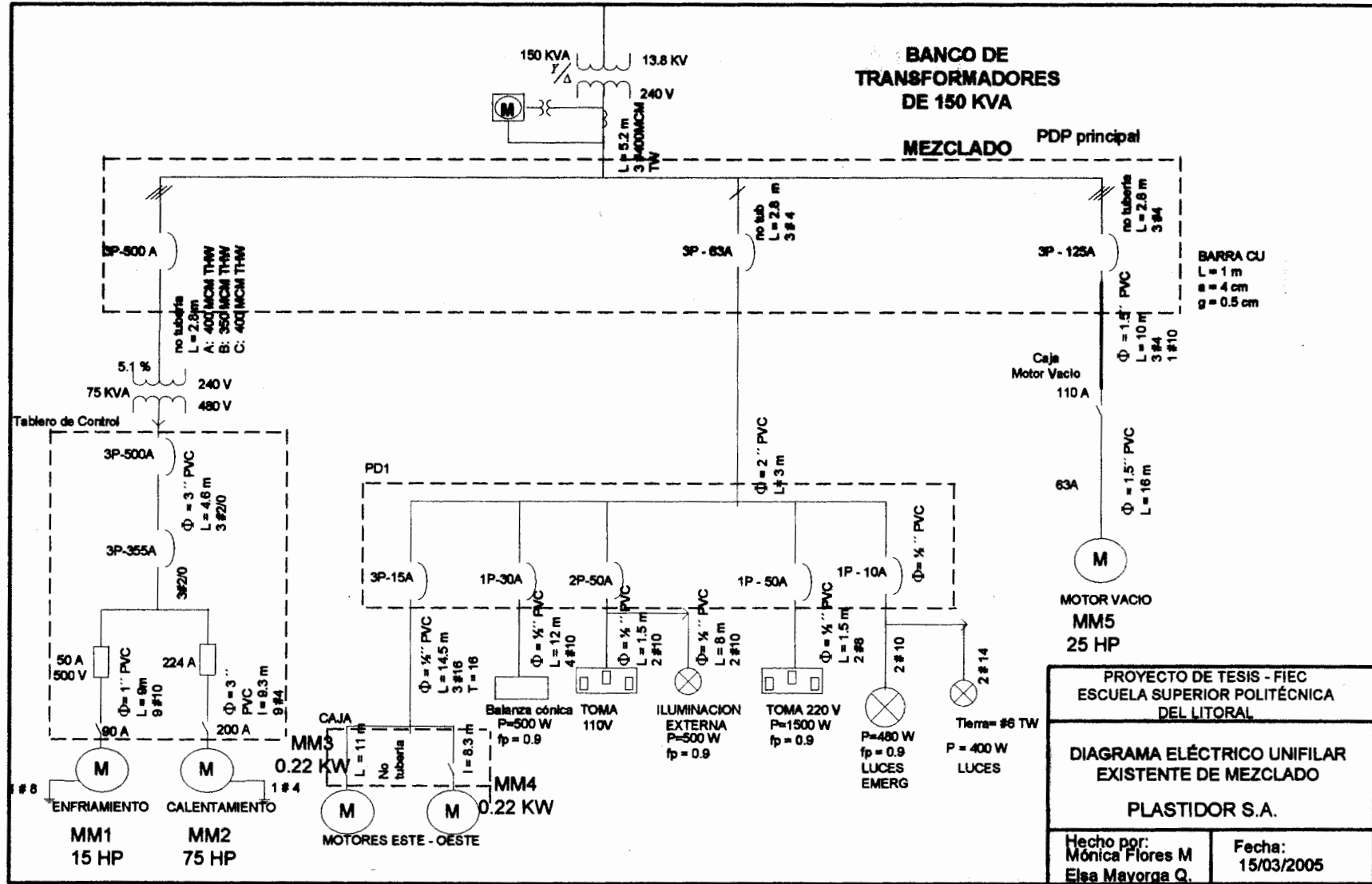
Hecho por:  
 Mónica Flores M  
 Elsa Mayorga Q.

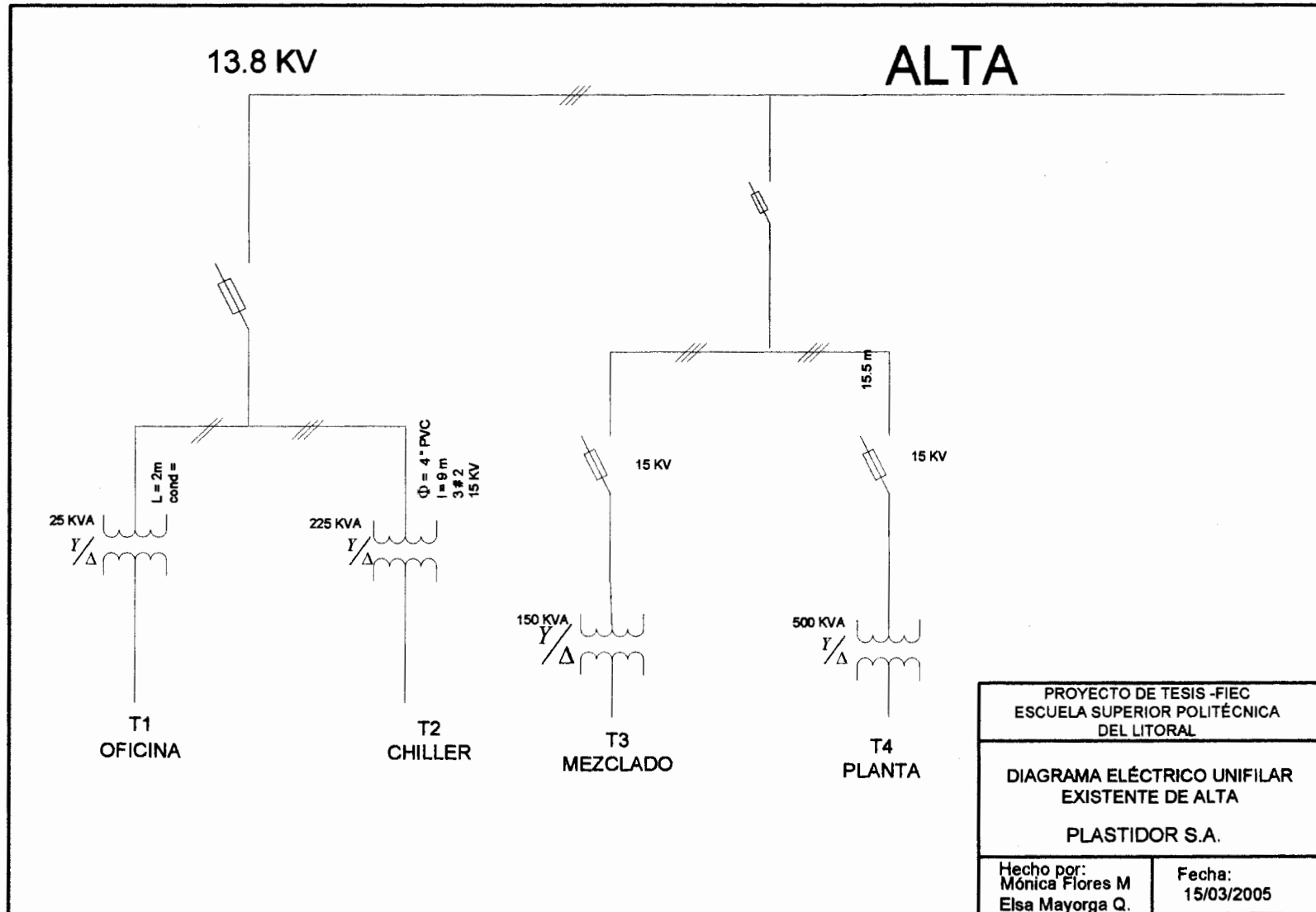
Fecha:  
 15/03/2005











## APÉNDICE C

### TABLAS DEL NEC TOMADAS COMO REFERENCIAS

Type of Occupancy	Portion of Lighting Load to Which Demand Factor Applies (Volt-Amperes)	Demand Factor (Percent)
Dwelling units	First 3000 or less at	100
	From 3001 to 120,000 at	35
	Remainder over 120,000 at	25
Hospitals*	First 50,000 or less at	40
	Remainder over 50,000 at	20
Hotels and motels, including apartment houses without provision for cooking by tenants*	First 20,000 or less at	50
	From 20,001 to 100,000 at	40
	Remainder over 100,000 at	30
Warehouses (storage)	First 12,500 or less at	100
	Remainder over 12,500 at	50
All others	Total volt-amperes	100

Tabla C.1 Factores de Demanda en función de la potencia instalada.

Tabla 220-11 NEC-2002

Type of Motor	Percentage of Full-Load Current			
	Nontime Delay Fuse <sup>1</sup>	Dual Element (Time- Delay) Fuse <sup>1</sup>	Instantan- eous Trip Breaker	Inverse Time Breaker <sup>2</sup>
Single-phase motors	300	175	800	250
AC polyphase motors other than wound-rotor				
Squirrel cage — other than Design E or Design B energy efficient	300	175	800	250
Design E or Design B energy efficient	300	175	1100	250
Synchronous <sup>3</sup>	300	175	800	250
Wound rotor	150	150	800	150
Direct current (constant voltage)	150	150	250	150

Tabla C.2 Capacidad máxima del dispositivo de protección contra c.c. y falla a tierra de motores. Tabla 430-52 NEC-2002

Size of Largest Ungrounded Service-Entrance Conductor or Equivalent Area for Parallel Conductors <sup>a</sup> (AWG/kcmil)		Size of Grounding Electrode Conductor (AWG/kcmil)	
Copper	Aluminum or Copper-Clad Aluminum	Copper	Aluminum or Copper-Clad Aluminum <sup>b</sup>
2 or smaller	1/0 or smaller	8	6
1 or 1/0	2/0 or 3/0	6	4
2/0 or 3/0	4/0 or 250	4	2
Over 3/0 through 350	Over 250 through 500	2	1/0
Over 350 through 600	Over 500 through 900	1/0	3/0
Over 600 through 1100	Over 900 through 1750	2/0	4/0
Over 1100	Over 1750	3/0	250

Tabla C.3 Tamaño del conductor del electrodo a tierra. Tabla 250-66 NEC-2002

Rating or Setting of Automatic Overcurrent Device in Circuit Ahead of Equipment, Conduit, etc., Not Exceeding (Amperes)	Size (AWG or kcmil)	
	Copper	Aluminum or Copper-Clad Aluminum*
15	14	12
20	12	10
30	10	8
40	10	8
60	10	8
100	8	6
200	6	4
300	4	2
400	3	1
500	2	1/0
600	1	2/0
800	1/0	3/0
1000	2/0	4/0
1200	3/0	250
1600	4/0	350
2000	250	400
2500	350	600
3000	400	600
4000	500	800
5000	700	1200
6000	800	1200

Tabla C.4 Tamaño del conductor a tierra del equipo. Tabla 250-122 NEC-2002

Horsepower	Induction-Type Squirrel Cage and Wound Rotor (Amperes)							Synchronous-Type Unity Power Factor* (Amperes)			
	115 Volts	200 Volts	208 Volts	230 Volts	460 Volts	575 Volts	2300 Volts	230 Volts	460 Volts	575 Volts	2300 Volts
½	4.4	2.5	2.4	2.2	1.1	0.9	—	—	—	—	—
¾	6.4	3.7	3.5	3.2	1.6	1.3	—	—	—	—	—
1	8.4	4.8	4.6	4.2	2.1	1.7	—	—	—	—	—
1½	12.0	6.9	6.6	6.0	3.0	2.4	—	—	—	—	—
2	13.6	7.8	7.5	6.8	3.4	2.7	—	—	—	—	—
3	—	11.0	10.6	9.6	4.8	3.9	—	—	—	—	—
5	—	17.5	16.7	15.2	7.6	6.1	—	—	—	—	—
7½	—	25.3	24.2	22	11	9	—	—	—	—	—
10	—	32.2	30.8	28	14	11	—	—	—	—	—
15	—	48.3	46.2	42	21	17	—	—	—	—	—
20	—	62.1	59.4	54	27	22	—	—	—	—	—
25	—	78.2	74.8	68	34	27	—	53	26	21	—
30	—	92	88	80	40	32	—	63	32	26	—
40	—	120	114	104	52	41	—	83	41	33	—
50	—	150	143	130	65	52	—	104	52	42	—
60	—	177	169	154	77	62	16	123	61	49	12
75	—	221	211	192	96	77	20	155	78	62	15
100	—	285	273	248	124	99	26	202	101	81	20
125	—	359	343	312	156	125	31	253	126	101	25
150	—	414	396	360	180	144	37	302	151	121	30
200	—	552	528	480	240	192	49	400	201	161	40
250	—	—	—	—	302	242	60	—	—	—	—
300	—	—	—	—	361	289	72	—	—	—	—
350	—	—	—	—	414	336	83	—	—	—	—
400	—	—	—	—	477	382	95	—	—	—	—
450	—	—	—	—	515	412	103	—	—	—	—
500	—	—	—	—	590	472	118	—	—	—	—

Tabla C.5 Valores de corriente para motores AC. Tabla 430-150 NEC-2002

Horse- power	Armature Voltage Rating <sup>a</sup>					
	90 Volts	120 Volts	180 Volts	240 Volts	500 Volts	550 Volts
¼	4.0	3.1	2.0	1.6	—	—
⅓	5.2	4.1	2.6	2.0	—	—
½	6.8	5.4	3.4	2.7	—	—
¾	9.6	7.6	4.8	3.8	—	—
1	12.2	9.5	6.1	4.7	—	—
1½	—	13.2	8.3	6.6	—	—
2	—	17	10.8	8.5	—	—
3	—	25	16	12.2	—	—
5	—	40	27	20	—	—
7½	—	58	—	29	13.6	12.2
10	—	76	—	38	18	16
15	—	—	—	55	27	24
20	—	—	—	72	34	31
25	—	—	—	89	43	38
30	—	—	—	106	51	46
40	—	—	—	140	67	61
50	—	—	—	173	83	75
60	—	—	—	206	99	90
75	—	—	—	255	123	111
100	—	—	—	341	164	148
125	—	—	—	425	205	185
150	—	—	—	506	246	222
200	—	—	—	675	330	294

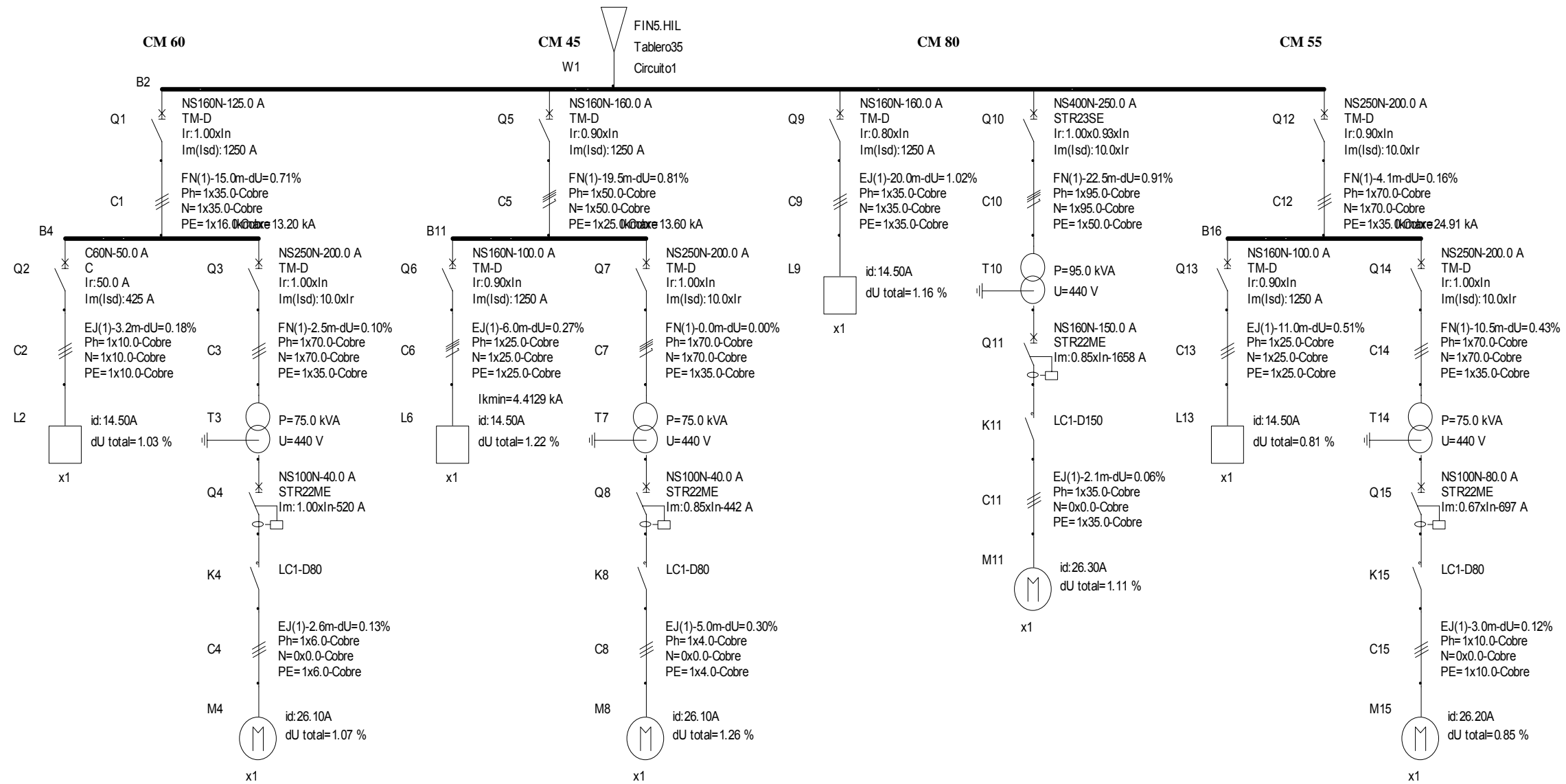
Tabla C.6 Valores de corriente para motores DC. Tabla 430-150 NEC-2002



**APÉNDICE D**

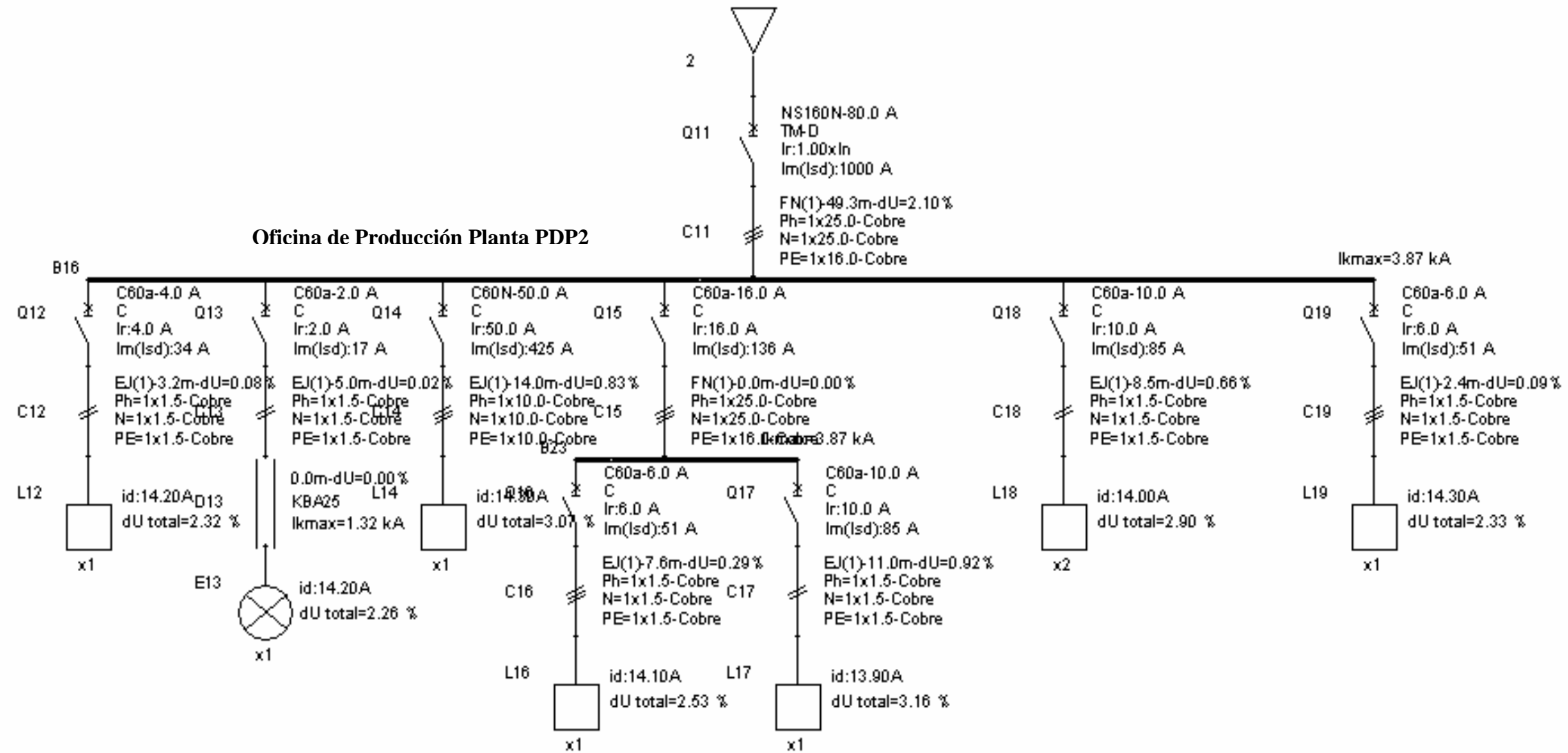
**DIAGRAMAS ELÉCTRICOS DE RESULTADOS DEL**

**SOFTWARE ECODIAL**



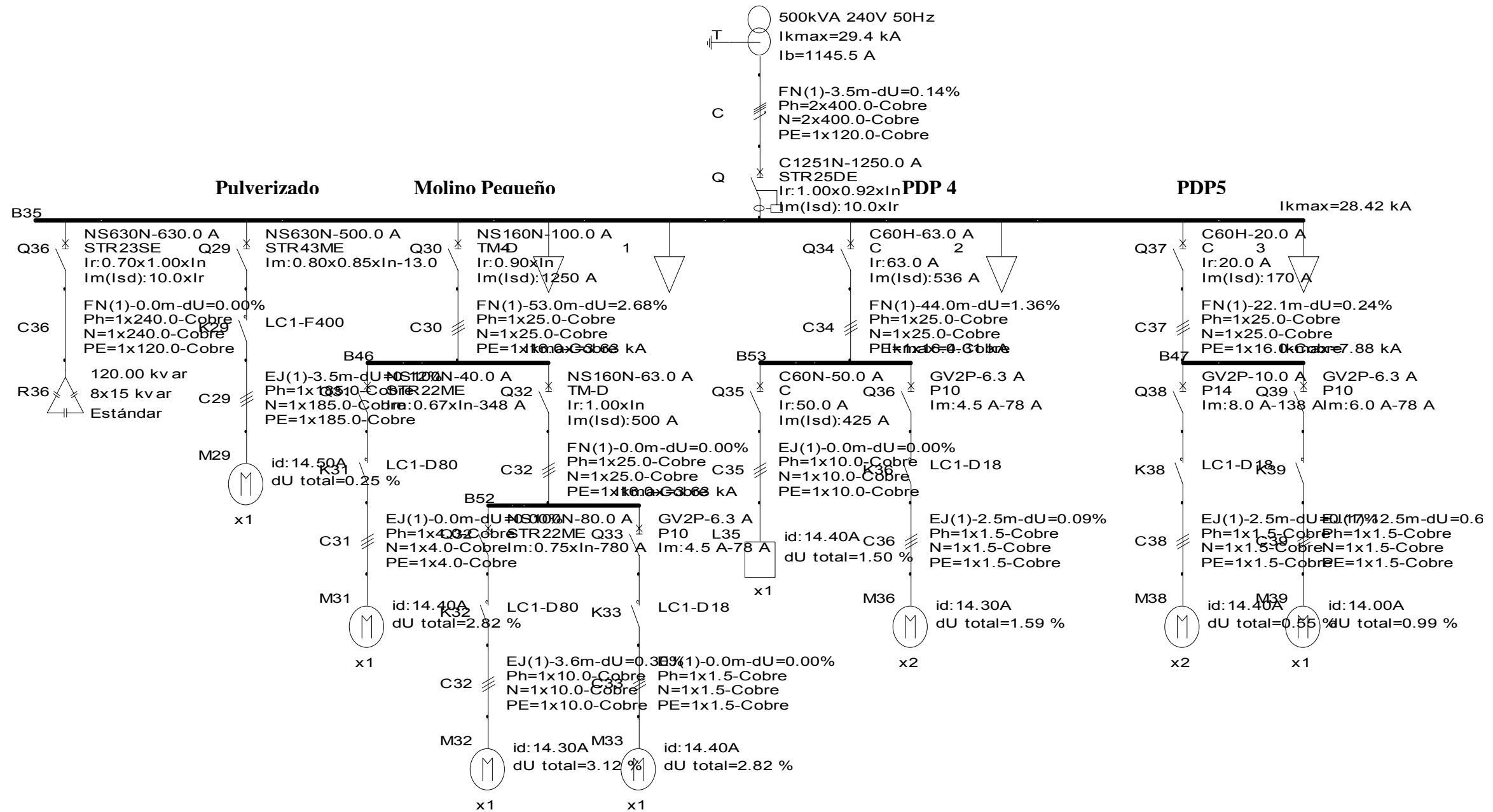
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

<p><b>Nombre: Diagrama Eléctrico de Planta</b></p>	<p><b>Cliente: Plastidor</b></p>	<p><b>PROYECTO DE TESIS</b></p>
<p><b>Figura D.1</b></p>	<p><b>Descripción: Extrusoras</b></p>	<p><b>Mónica Flores – Elsa Mayorga</b></p>



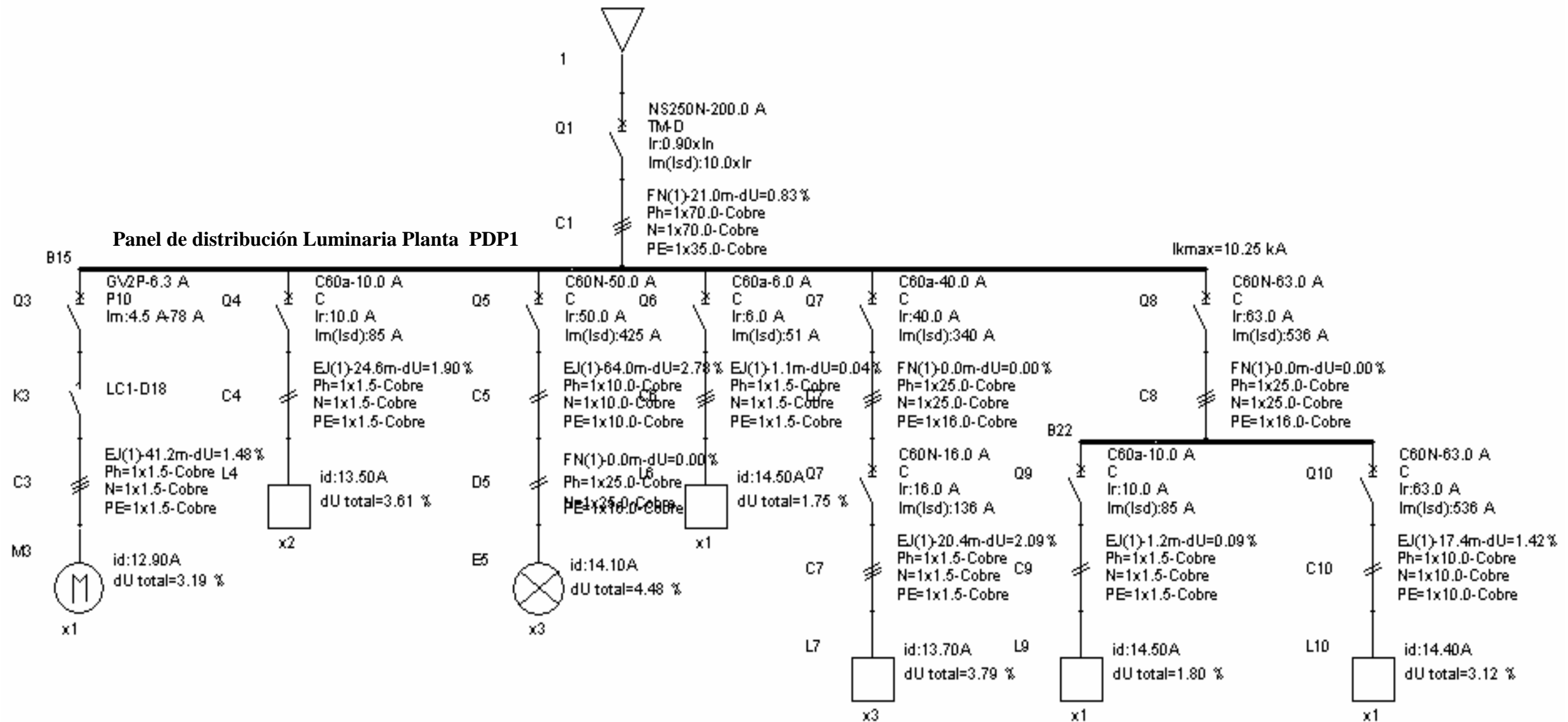
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA  
DEL LITORAL

Nombre: Diagrama Eléctrico de Planta	Cliente: Plastidor	PROYECTO DE TESIS
Figura: D.1	Descripción: Panel de distribución Oficina Planta PDP 2	Mónica Flores – Elsa Mayorga



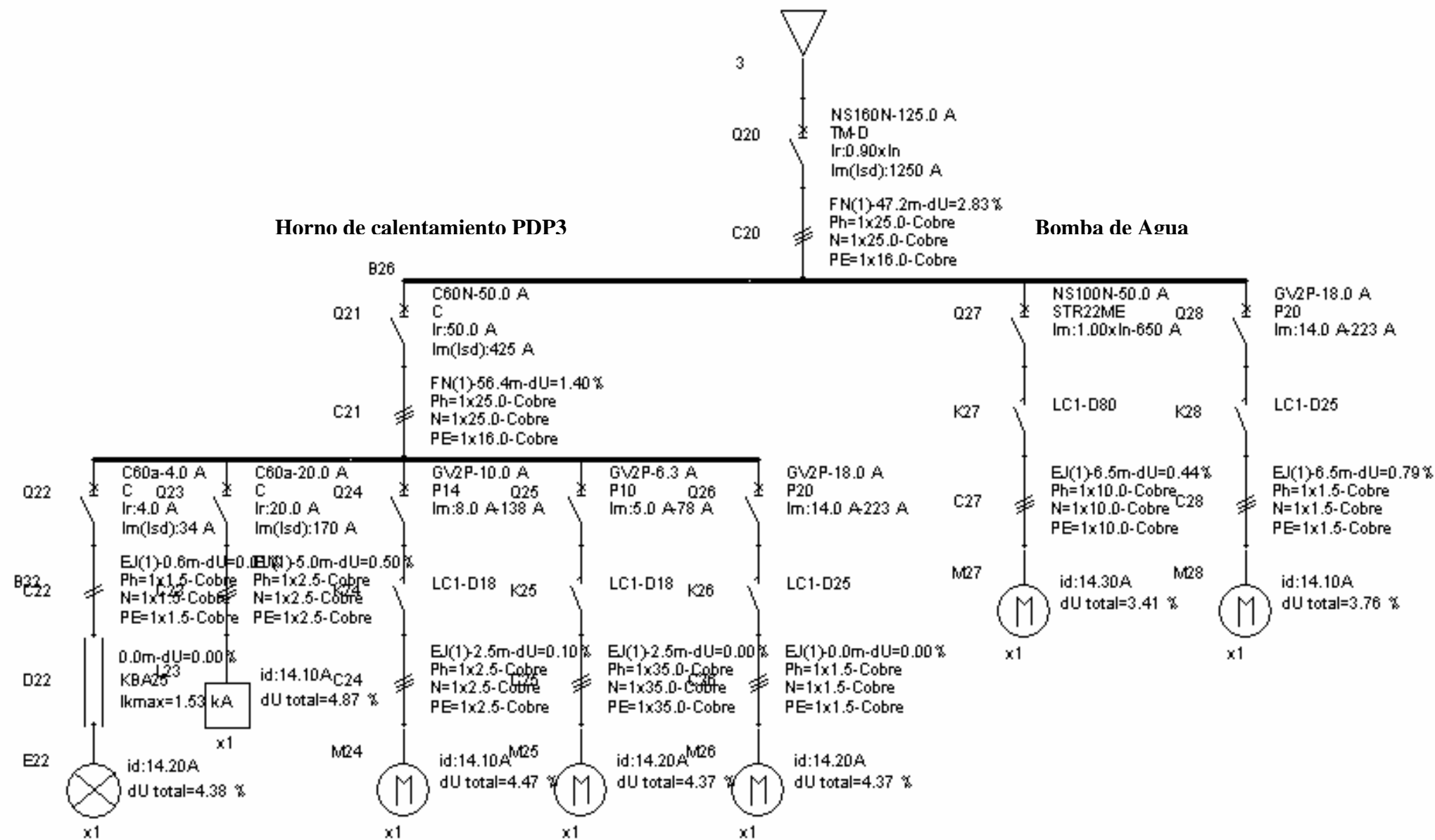
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA  
DEL LITORAL

Nombre: Diagrama Eléctrico de Planta	Cliente: Plastidor	PROYECTO DE TESIS
Figura: D.1	Descripción: Varias cargas	Mónica Flores – Elsa Mayorga



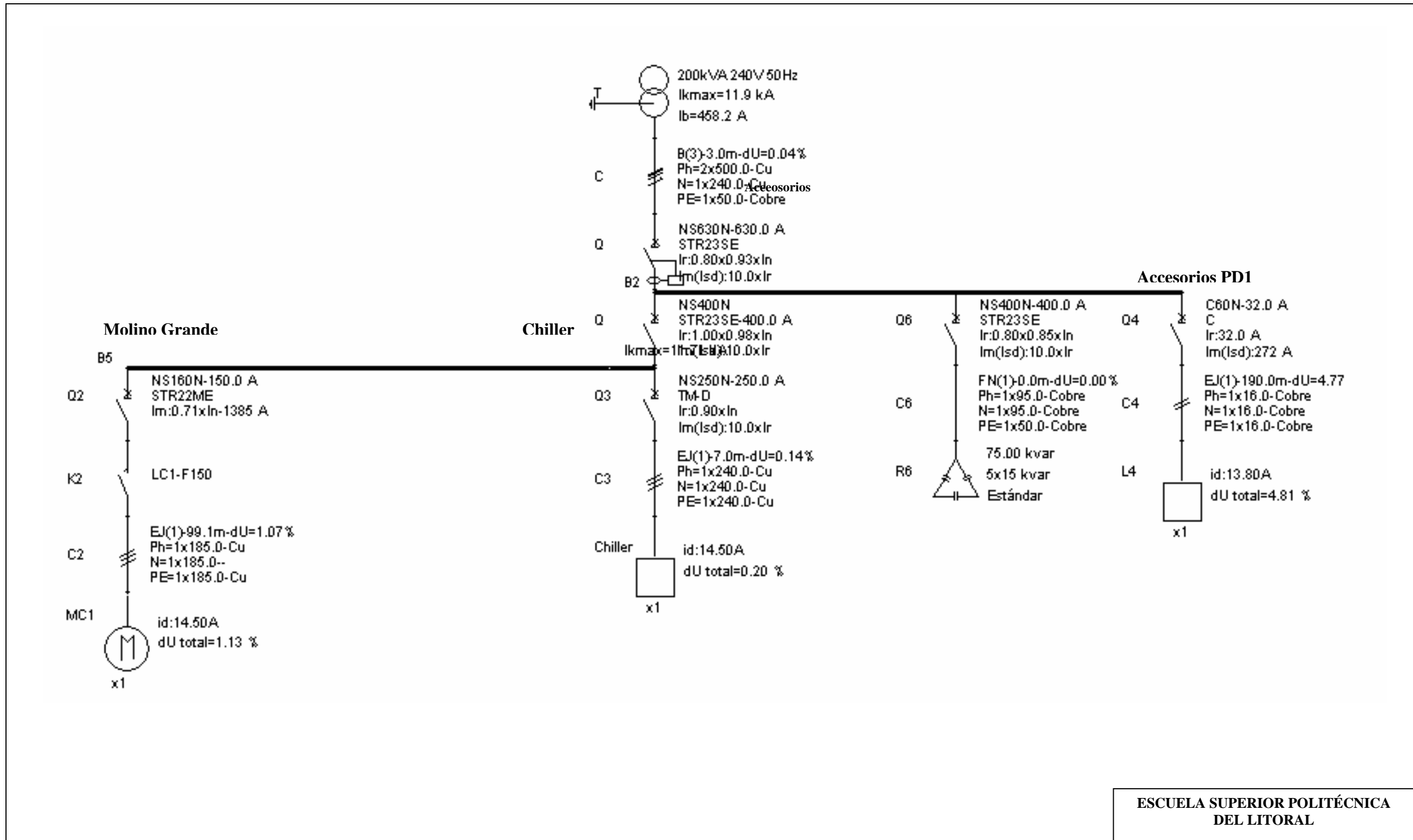
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Nombre: Diagrama Eléctrico de Planta	Cliente: Plastidor	PROYECTO DE TESIS
Figura: D.1	Descripción: Panel de distribución Luminaria Planta PDP1	Mónica Flores – Elsa Mayorga



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Nombre: Diagrama Eléctrico de Planta	Cliente: Plastidor	PROYECTO DE TESIS
Figura: D.1	Descripción: Horno y Bomba	Mónica Flores – Elsa Mayorga

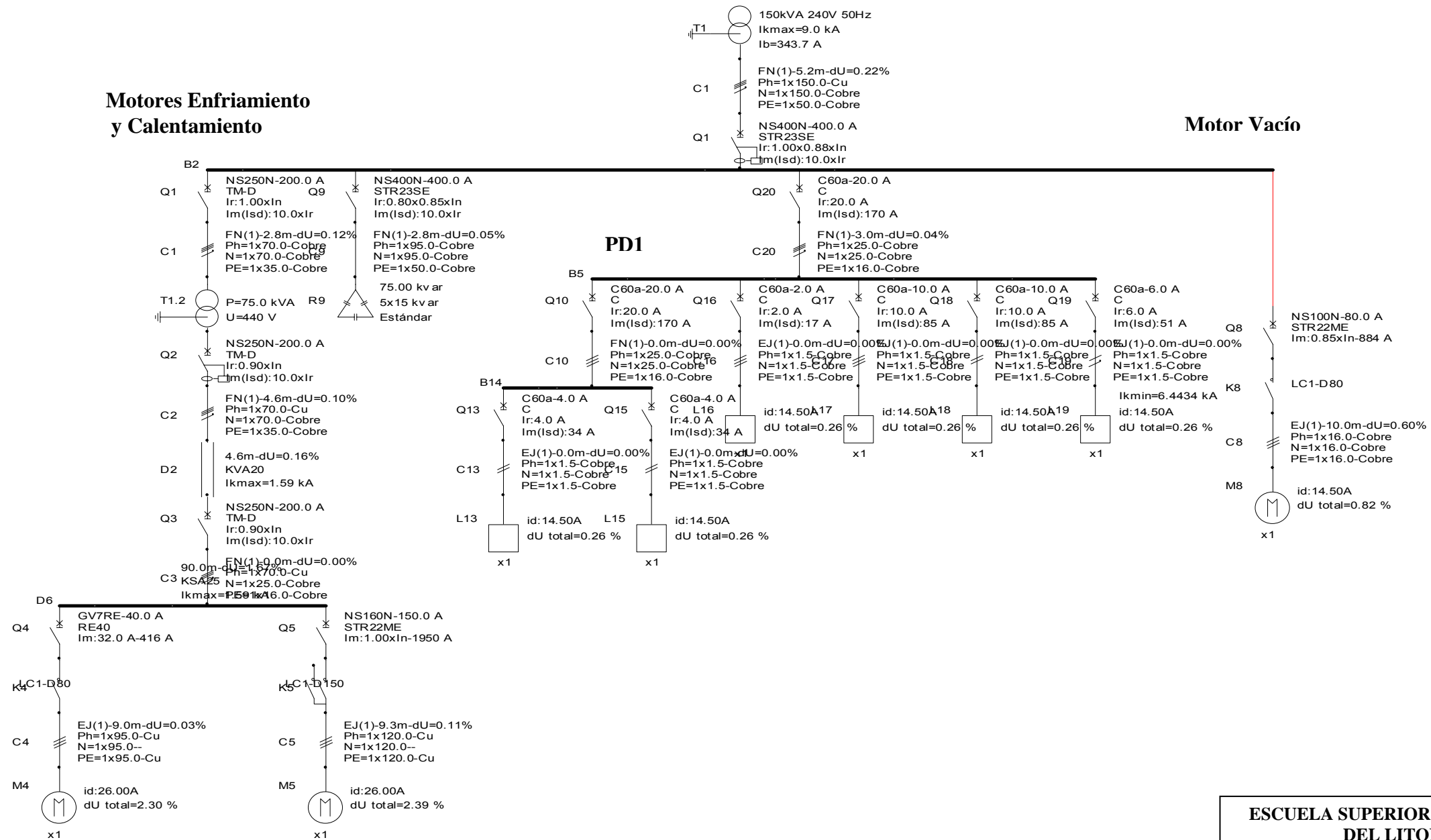


ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Nombre: Diagrama Eléctrico de Chiller	Cliente: Plastidor	PROYECTO DE TESIS
Figura: D.2	Descripción: Chiller y otras cargas	Mónica Flores – Elsa Mayorga

**Motores Enfriamiento y Calentamiento**

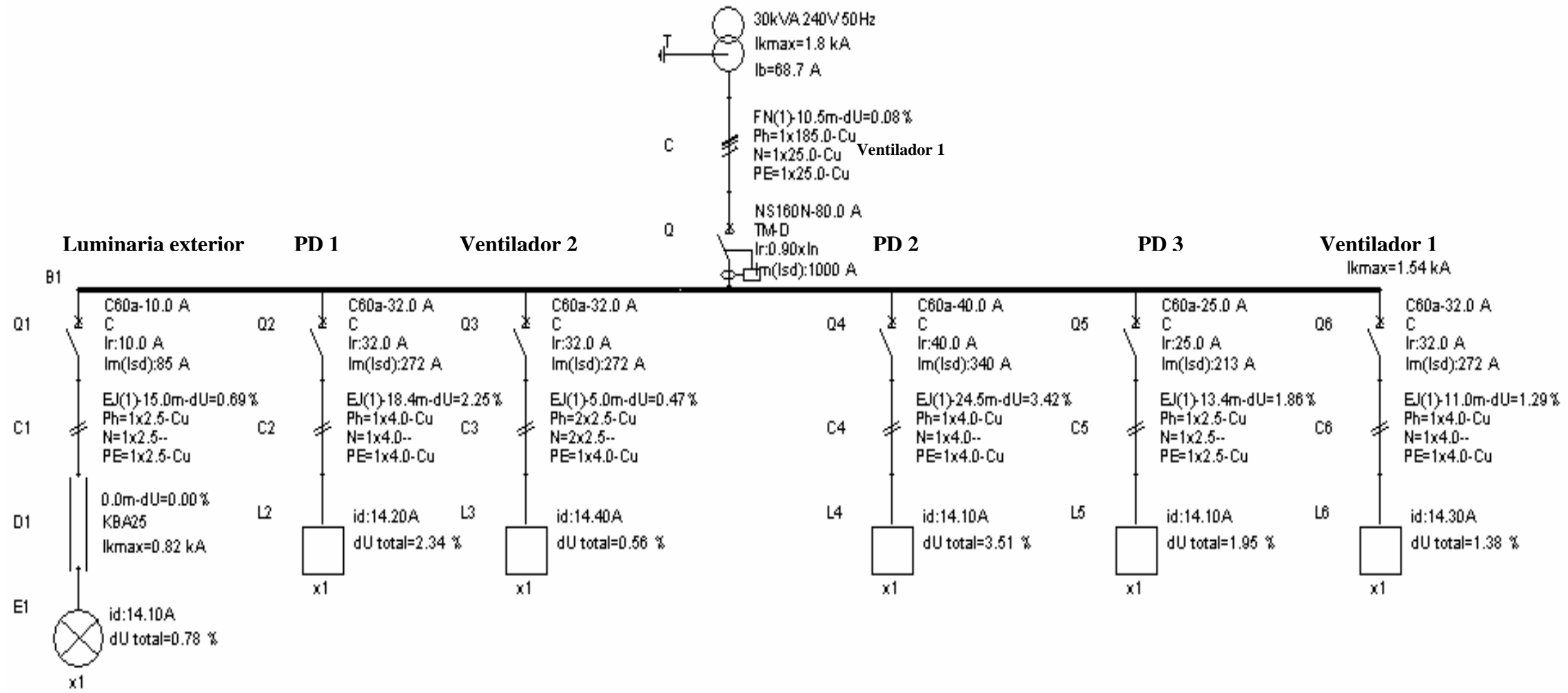
**Motor Vacío**



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

<p><b>Nombre: Diagrama Eléctrico de Mezclado</b></p>	<p><b>Cliente: Plastidor</b></p>	<p><b>PROYECTO DE TESIS</b></p>
<p><b>Figura: D.3</b></p>	<p><b>Descripción: Varias Cargas</b></p>	<p><b>Mónica Flores – Elsa Mayorga</b></p>



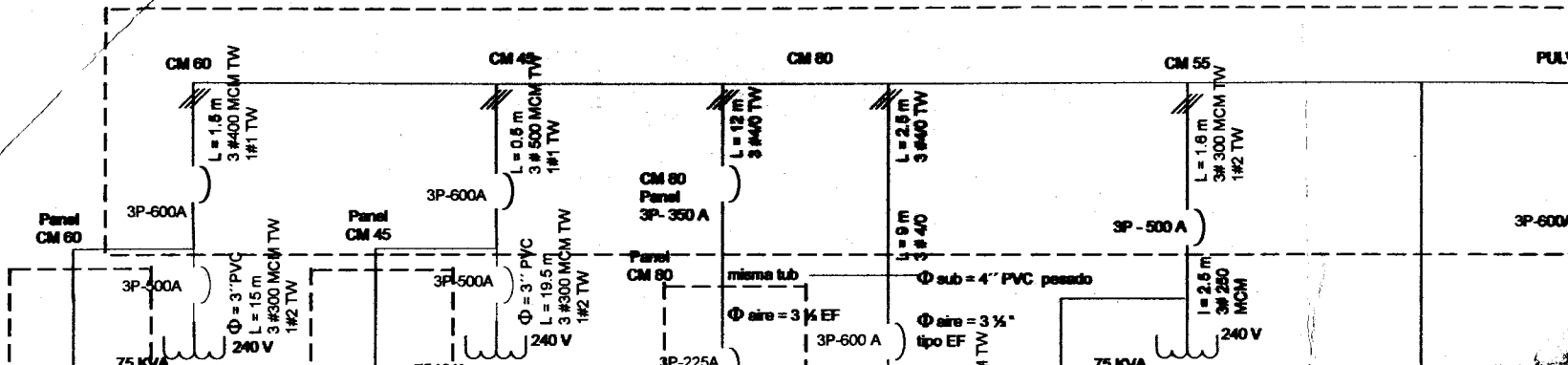


ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

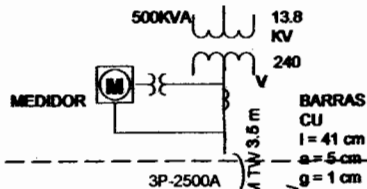
<b>Nombre:</b> Diagrama Eléctrico de Oficina	<b>Cliente:</b> Plastidor	<b>PROYECTO DE TESIS</b>
<b>Figura:</b> D.5	<b>Descripción:</b> Varias Cargas	<b>Mónica Flores – Elsa Mayorga</b>

## **APÉNDICE E**

### **DIAGRAMA UNIFILIAR IDEAL DE PLASTIDOR**



## BANCO DE TRANSFORMADORES PLANTA 500KVA



PULVERIZADO

MOLINO PEQUEÑO

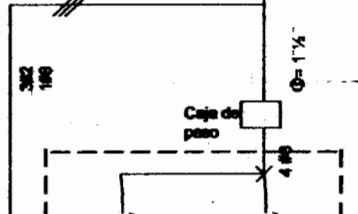
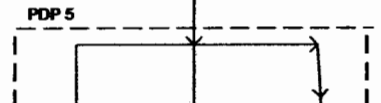
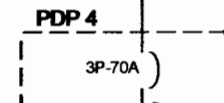
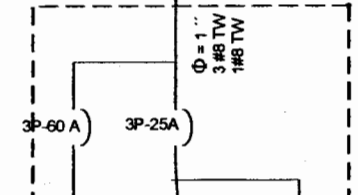
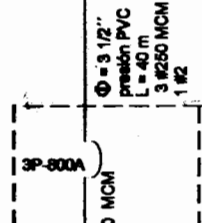
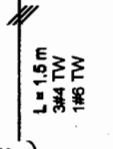
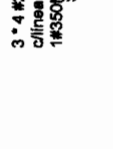
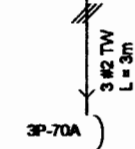
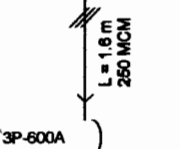
COMPRESOR

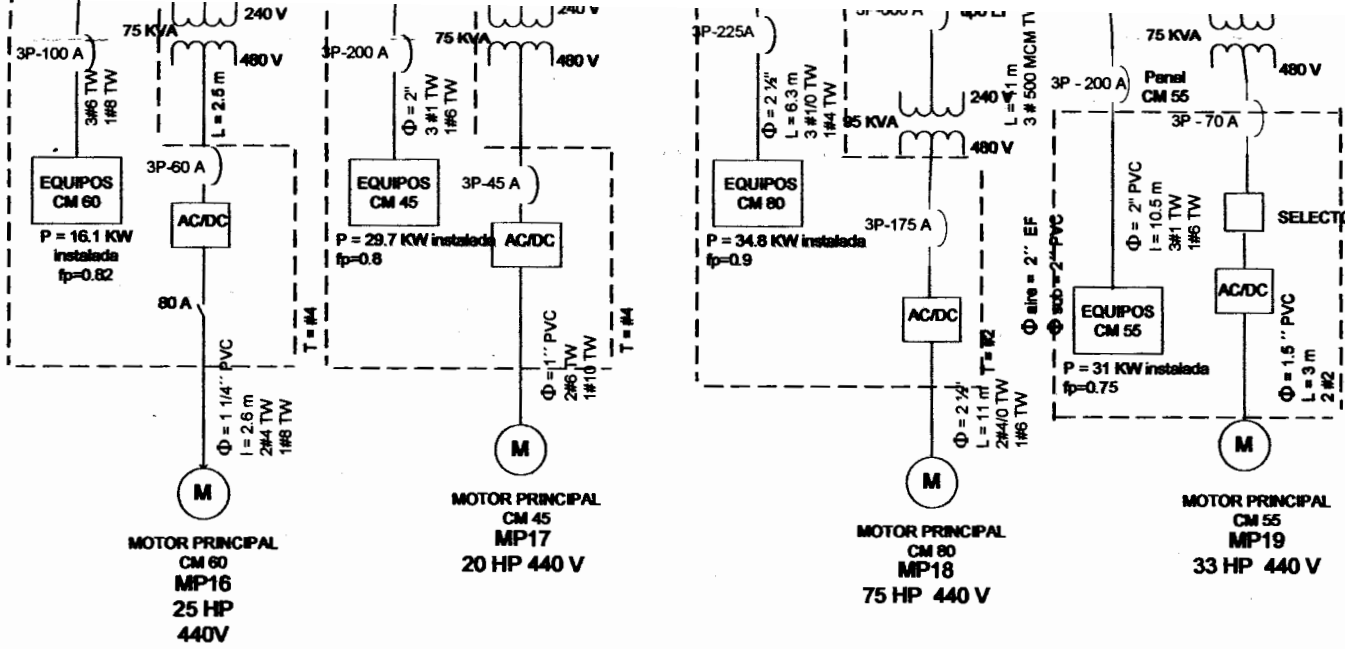
TRANSPORT

BOMBA DE AGUA

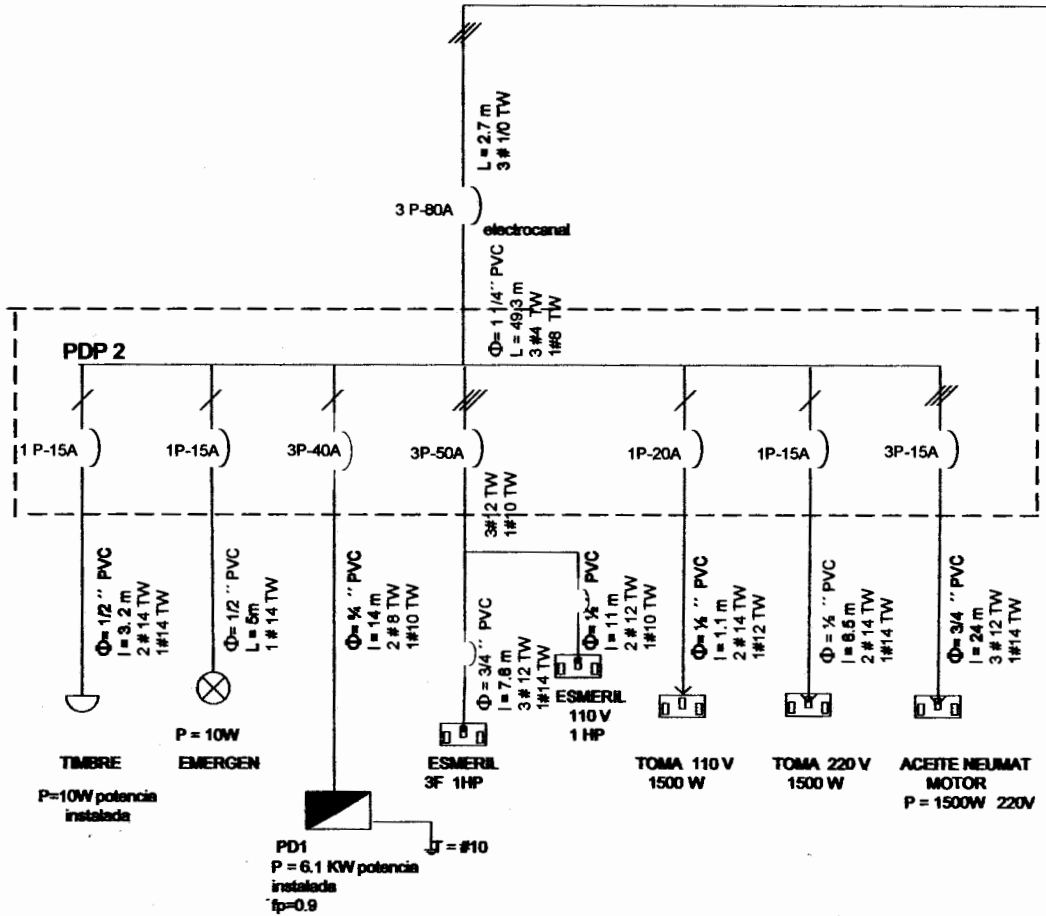
HORMO DE CALENTAMIENTO

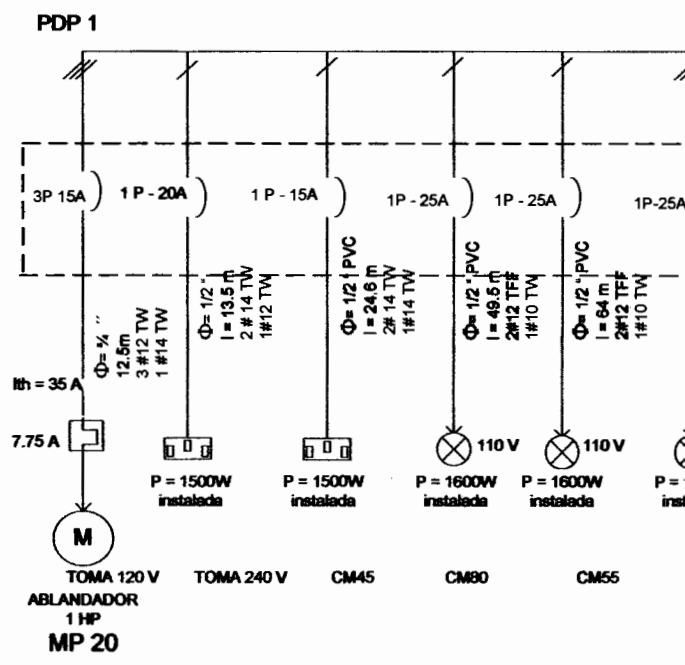
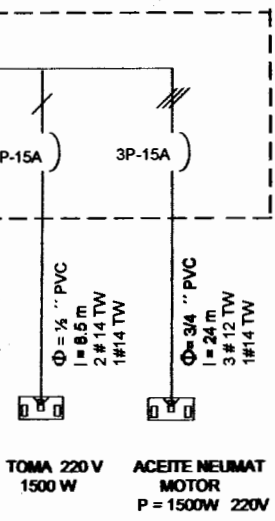
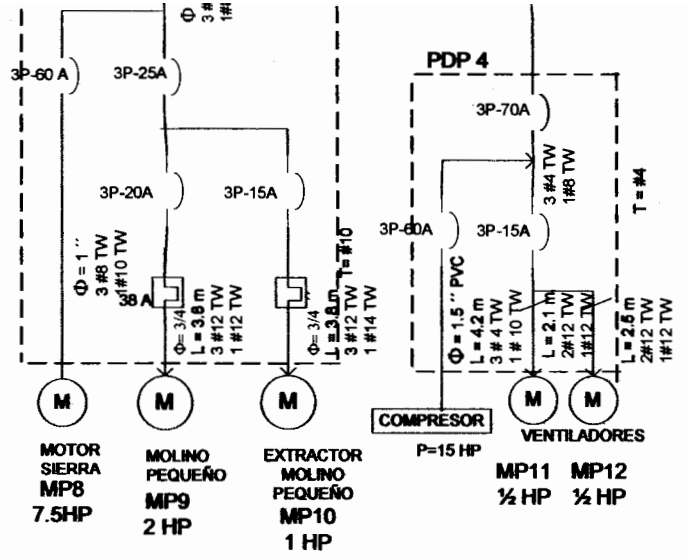
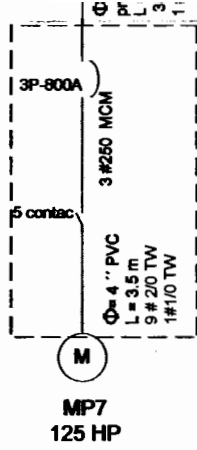
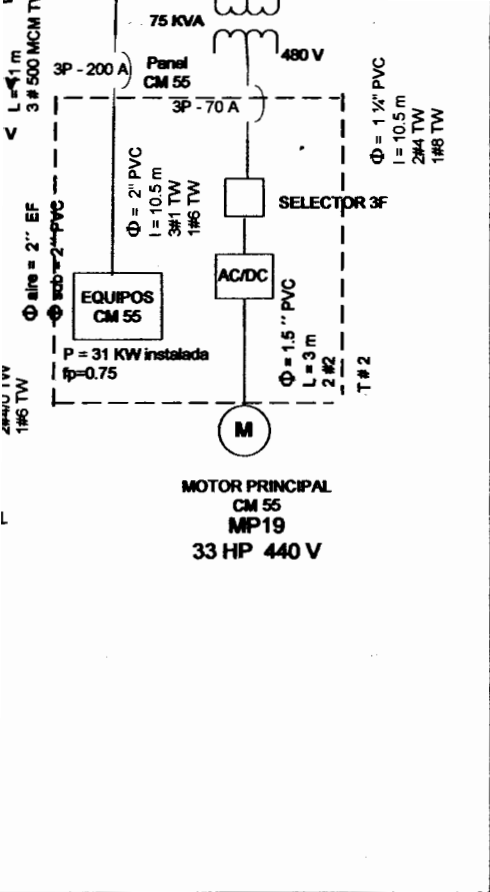
Caja de peso

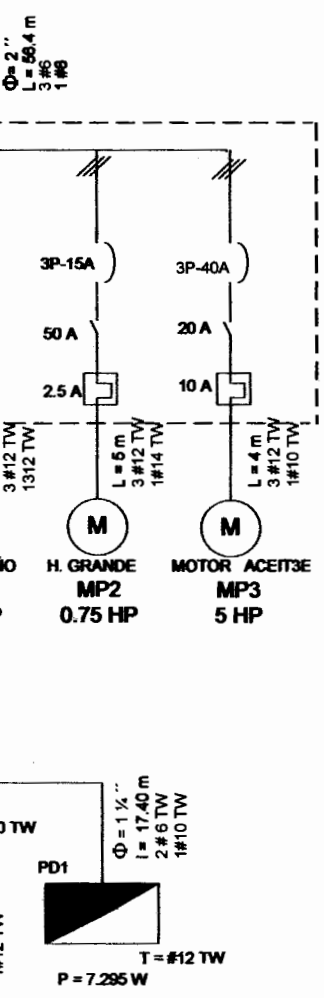
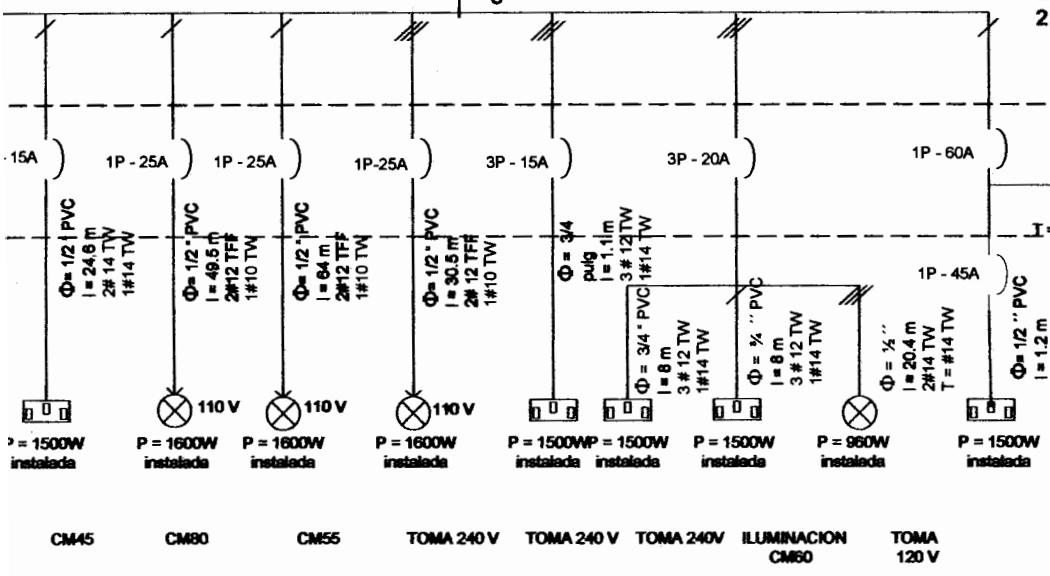
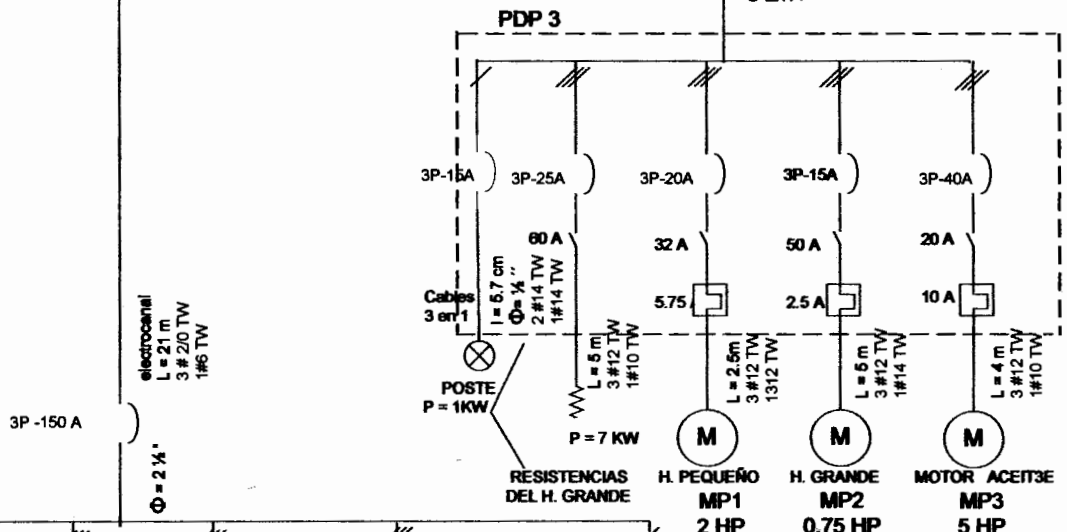
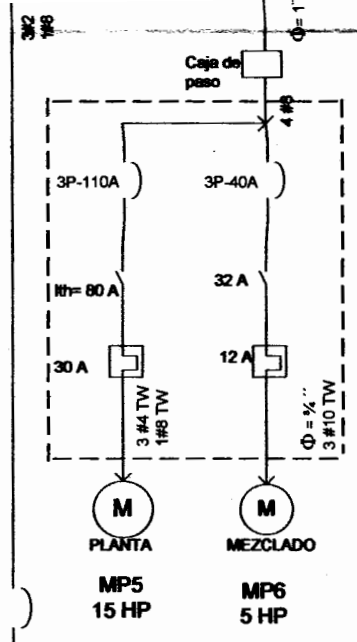
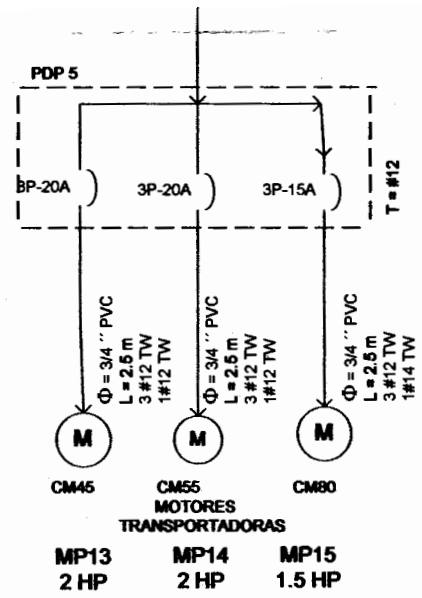
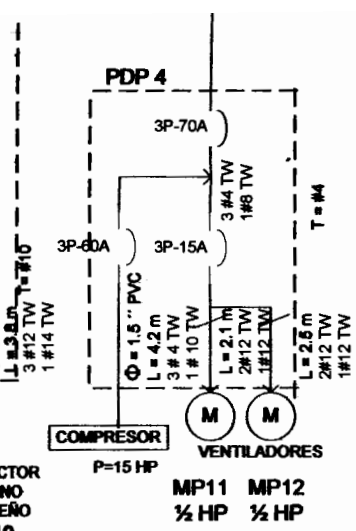




OFICINA DE PRODUCCIÓN PLANTA





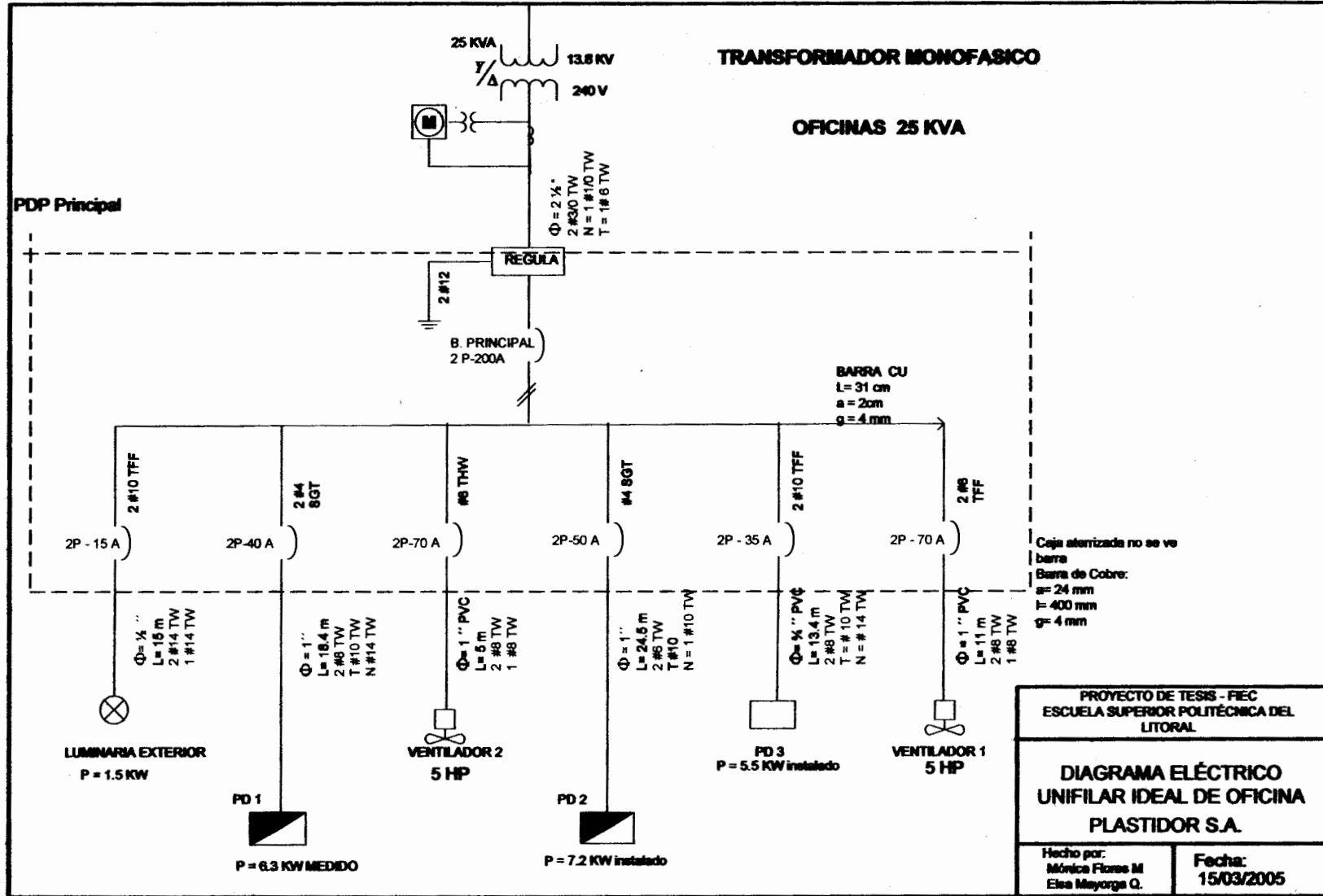


PROYECTO DE TESIS - FIEC  
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA  
DEL LITORAL

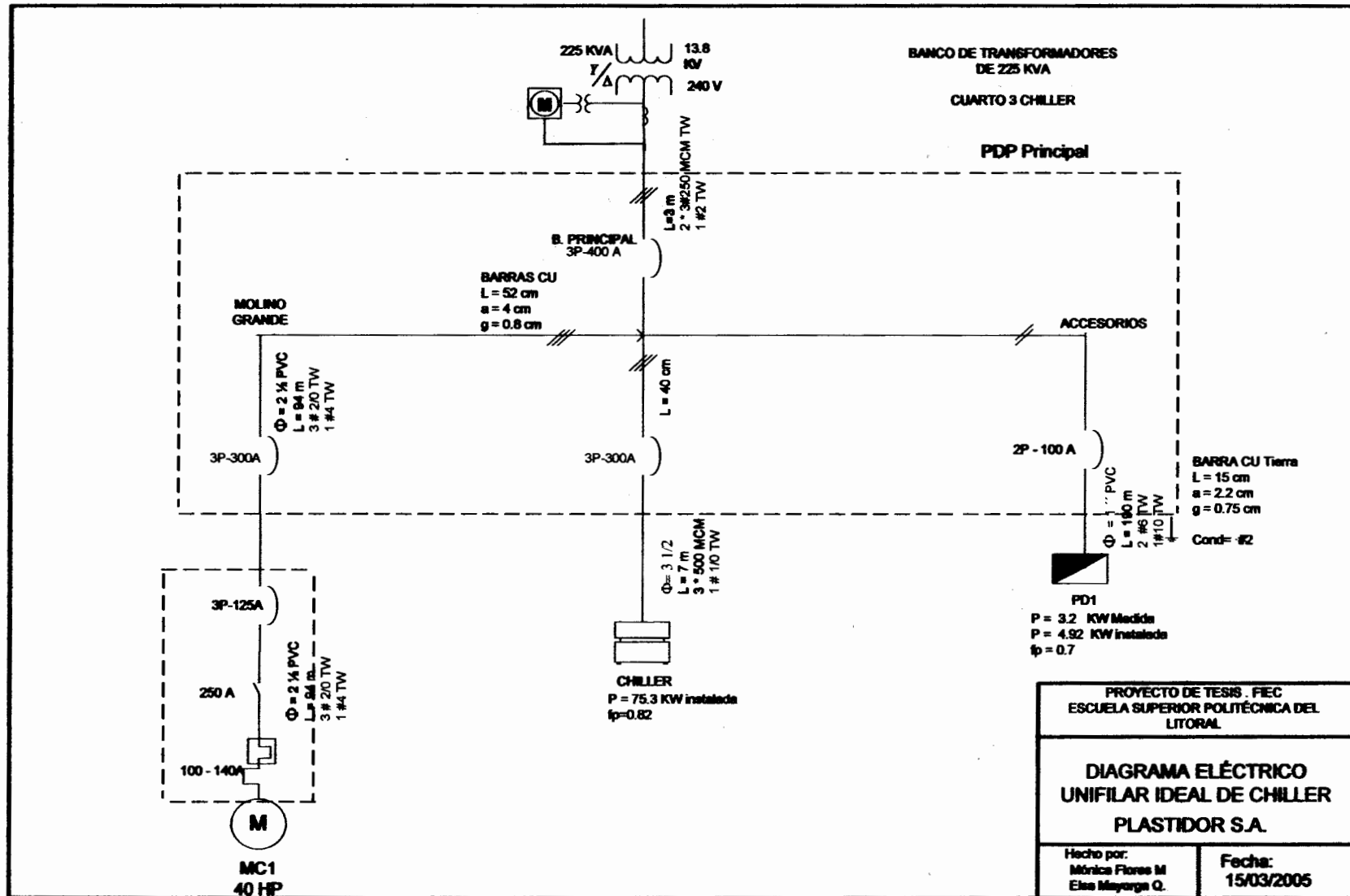
DIAGRAMA ELÉCTRICO  
UNIFILAR IDEAL DE PLANTA  
PLASTIDOR S.A.

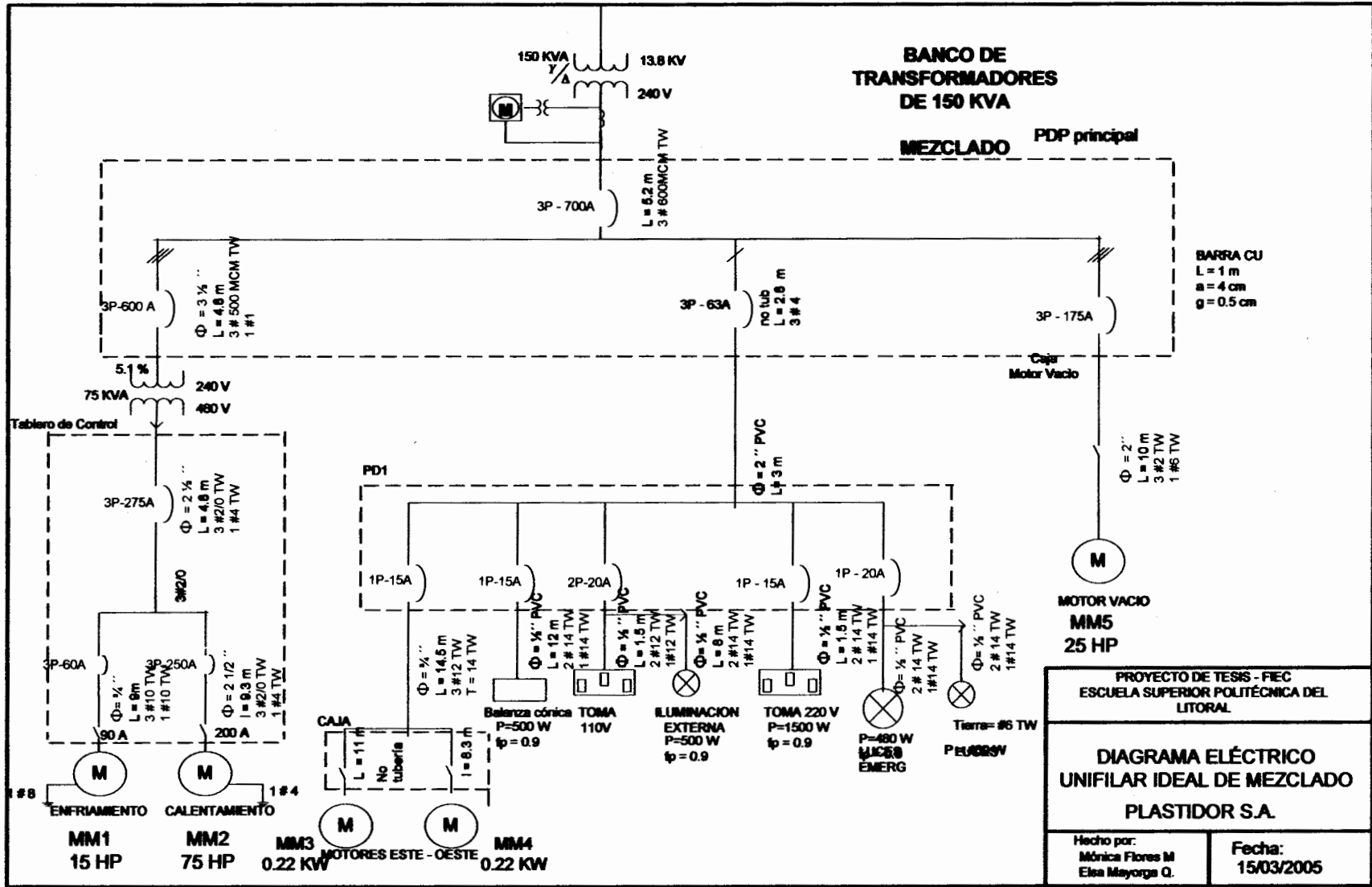
Hecho por:  
Mónica Flores M  
Elsa Mayorga Q.

Fecha:  
15/03/2005









# APÉNDICE F

## TABLA DE REFERENCIAS PARA CÁLCULO DE CORTO CIRCUITO

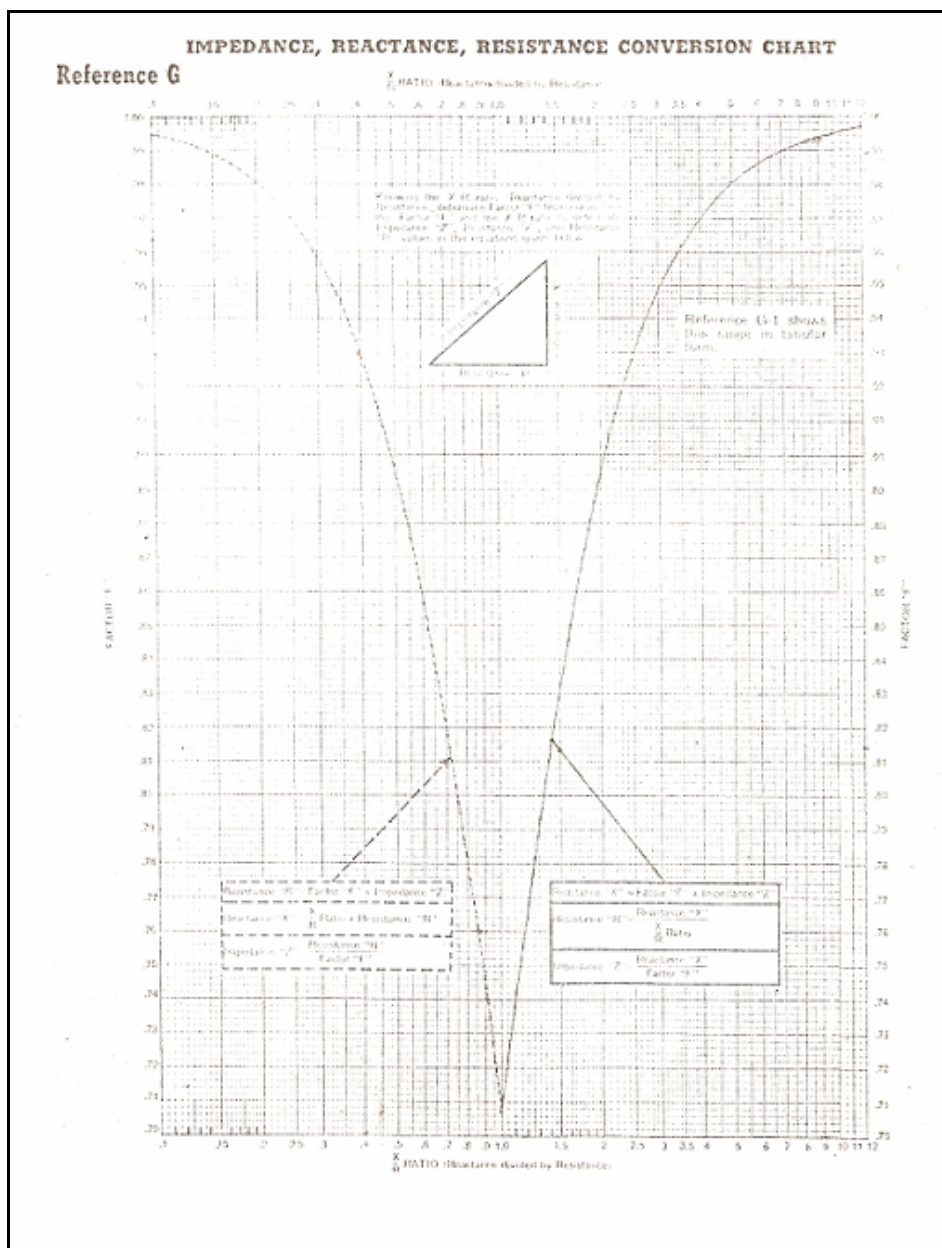


Figura F.1 Referencia G: Relación de Impedancia, Reactancia y Resistencia

KVA 3 $\Phi$	NEMA STD % Imp Values	Suggested X/R Ratio for S.C Calc.	Square D Load Center Substation		
			% Impedance	Using % Impedance Sug.X/R	
				% Reactance	% Resistance
112,5	2 Min	5	3 Min	2,94	0,5
150	2 MIn	5	3,5 Min	3,43	0,69
225	2 MIn	5,5	4,5 Min	4,43	0,8
300	4,5 Min	6	4,5 Min	4,44	0,74
400	Not listed	6	4,5 Min	4,44	0,74
500	4,5 MIn	6	5 Min	4,93	0,82
750	5,75	7	5,75	5,69	0,81
1000	5,75	8	5,75	5,71	0,71
1500	5,75	9	5,75	5,72	0,63
2000	5,75	12	5,75	5,73	0,48
2500	5,75	12	5,75	5,73	0,48

Tabla F.2 Referencia A: Porcentaje de Impedancia de transformadores

**APÉNDICE G**

**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LA EMPRESA**

**PLASTIDOR**

Guayaquil, 16 de Febrero del 2006




Ing. Carlos Monsalve  
Decano de la FIEC

En su despacho.-

Por medio de la presente certifico que las Srtas. Mónica Flores Marín y Elsa Mayorga Quinteros se les concedió el permiso para utilizar el nombre de la empresa Plastidor en su tesis titulada: "Auditoria del Sistema Eléctrico de la Empresa Plastidor"

Sin otro particular me suscribo

Atentamente,



Ing. Antonio Santelli  
Gerente General de Plastidor

## BIBLIOGRAFÍA

[1]. National Electrical Code 2002

[2]. Practical electric Calculations

Autor: J.F. McPartland

[3]. Sistemas Eléctricos

Autor: Joseph F. McPartland

[4]. El ABC de las instalaciones eléctricas industriales.

Autor: Enríquez Harper

[5]. Normas de acometidas, cuartos de transformadores y sistemas de medición para el suministro de electricidad (NATSIM), Empresa Eléctrica del Ecuador.

[6]. Transformadores y autotransformadores Manual de Conexiones

Autor: (ESPOL – FIEC)

[7]. Regulación No. CONELEC- 004/01

[8]. Technical Notes: Three-phase transformers, 50 to 1600 K

Autor: Trafo Union

[9]. Technical Notes: Short circuit calculation.

Autor: Square D Company

[10]. Procesos de extrusion:

[www.proceso%20extru/02-%20Procesos%20de%20Fabricaci%F3n.htm](http://www.proceso%20extru/02-%20Procesos%20de%20Fabricaci%F3n.htm)

[11]. Normas IEEE

[www.ieee.org](http://www.ieee.org)