



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

Facultad de Ingeniería Eléctrica

**Aumento de la Carga Instalada en la
Planta “*Internacional de Reciclados*”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRICISTA

PRESENTA

Eduardo Berber Torres

ASESOR

M.C. José Alberto Avalos González

CONTENIDO

	Página
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABLAS	vii
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo de la tesis	1
Objetivo general	1
Objetivos específicos	2
Descripción de los capítulos	2
CAPÍTULO 1 Planeación de un Sistema de Energía Eléctrica	4
1.1 Introducción	4
1.2 Claves de la planeación	5
1.2.1 Participación de la gente adecuada	5
1.2.2 El plano e información de cargas	6
1.2.3 Fuentes de energía, comprar o generar	7
1.2.4 Planear para crecimiento de carga y cambios	7
1.2.5 Seguridad para la gente y los equipos	8
1.2.6 Mantenimiento de bajo costo	9
1.2.6.1 Regla No. 1	9
1.2.6.2 Regla No. 2	10
1.2.6.3 Regla No. 3	10
1.2.7 Reservar espacio para el equipo eléctrico	10
1.2.8 Examinar ampliamente todo el sistema	11

CAPÍTULO 2	Instalación Eléctrica de “Internacional de Reciclados”	12
2.1	Introducción	12
2.2	Estado del sistema eléctrico	13
2.2.1	La subestación eléctrica	13
2.3	La instalación eléctrica	16
2.3.1	Carga instalada	16
2.4	La corriente de cortocircuito	23
CAPÍTULO 3	Origen y Tratamiento del Problema	35
3.1	Introducción	35
3.2	Origen del problema	36
3.3	Tratamiento del problema	37
3.3.1	Modificación del contrato de suministro	37
3.3.2	Cálculo del depósito de garantía adicional	47
3.3.3	Cálculo de la aportación por ampliación	48
CAPÍTULO 4	Administración y Costo de la Energía Eléctrica	49
4.1	Introducción	49
4.2	Diagnóstico de uso de la energía	50
4.3	La facturación de la energía eléctrica	51
4.3.1	El recibo de la energía eléctrica	51
4.3.2	Análisis de costos	56
CAPÍTULO 5	Conclusiones y Recomendaciones	63
5.1	Conclusiones	63
5.2	Recomendaciones	66
ANEXO		69
A	Cuadros de cargas	70
B	Planos y diagramas unifilares	74
BIBLIOGRAFÍA		78

LISTA DE FIGURAS

	Página
2.1	Acometida y transformador de potencia 14
2.2	Interruptor principal en 440 volts 14
2.3	Transformador de potencia y derivación de alimentadores . 15
2.4	Centros de carga y tableros de control 15
2.5	Diagrama unifilar del sistema de la línea antigua de extrusión y compactado No. 1 19
2.6	Diagrama unifilar del sistema de la línea de extrusión y compactado No. 2 22
2.7	Diagrama de impedancias 29
2.8	(a) Reducción del diagrama de impedancias; (b) Segundo paso de reducción del diagrama de impedancias; (c) Tercer paso de reducción del diagrama de impedancias. 30
2.9	Impedancia equivalente en el punto de falla. 31
2.10	Diagrama de impedancias considerando los equipos actuales. 32
2.11	(a) Reducción del diagrama de impedancias; (b) Segundo paso de reducción del diagrama de impedancias; (c) Impedancia equivalente total del sistema eléctrico actual. 33
3.1	Notificación por parte de Comisión Federal de Electricidad . . 40
3.2	Autorización por parte de “ <i>Internacional de Reciclados</i> ” 42
3.3	Respuesta de Comisión Federal de Electricidad 43
3.4	Autorización por parte de Internacional de Reciclados 44
3.5	Respuesta de la Superintendencia de Zona San Juan del Río parte 1 45
3.6	Respuesta de la Superintendencia de Zona San Juan del Río parte 2 46
4.1	Factura de energía eléctrica 52
4.2	Factura de energía eléctrica para análisis 56
A1	Diagrama unifilar del sistema de la línea antigua de extrusión y compactado 1 74
A2	Plano de la distribución de la planta de fuerza. 75
A3	Plano de la distribución e instalación de alumbrado. 76
A4	Plano de la ubicación de subestación y disposición de ductos 77

LISTA DE TABLAS

	Página
2.1 Tabla de cargas inicialmente instaladas en “ <i>Internacional de Reciclados</i> ”	17
2.2 Motores que integran el Centro de Control de Motores 1 (C.C.M. 1).	17
2.3 Motores que integran el Centro de Control de Motores 2 (C.C.M. 2).	17
2.4 Tabla de cargas nuevas instaladas en “ <i>Internacional de Reciclados</i> ”.	20
2.5 Motores que integran el Centro de Control de Motores 3 (C.C.M. 3).	20
2.6 Valores aproximados de reactancias para motores de C.A. a la base de los kVA nominales, expresadas en por ciento	27
2.7 Impedancias en pu para los motores de la figura 2.5	31
2.8 Impedancias en pu para los motores de la figura 2.6	32
3.1 Historial de consumo de energía eléctrica	39

INTRODUCCIÓN

OBJETIVO DE LA TESIS

Objetivo General

El objetivo de este trabajo es presentar algunos de los puntos más importantes al llevar a cabo la planeación de una instalación eléctrica de tipo industrial, para así lograr tener un mejor control sobre el mantenimiento eléctrico y para evitar consecuencias como es el consumo excesivo de energía eléctrica, debido al crecimiento desmedido de la carga, por la instalación de nuevos equipos, señalando las posibles soluciones y recomendaciones con la finalidad de aumentar la selectividad de los mismos, así como la continuidad del servicio eléctrico en una planta industrial.

Todo esto es ilustrado tomando como ejemplo el caso de la empresa “*Internacional de Reciclados*”, ubicada en el estado de Querétaro, en el Km 20.5 de la carretera Bernal - Cadereyta, municipio de Colón, Querétaro; en la que se ha tenido un crecimiento desmedido de carga, que ha ocasionado una problemática importante con la capacidad de la subestación principal, problemas de factor de

potencia y con el contrato de suministro de energía celebrado con Comisión Federal de Electricidad.

Objetivos Específicos

a.- Actualizar los diagramas unifilares de *“Internacional de Reciclados”*, incluyendo información de los sistemas de protección instalados.

b.- Actualizar los cuadros de cargas con los equipos que integran una nueva línea de producción.

c.- Presentar el proceso de actualización del contrato de suministro de energía eléctrica celebrado con la Comisión Federal de Electricidad.

d.- Cálculo de los niveles de cortocircuitos en el circuito principal del sistema de distribución a fin de garantizar la operación segura de los interruptores de protección, para establecer el límite inferior de corriente de interrupción en caso de sustitución o instalación de nuevos equipos.

e.- Establecer conclusiones y posibles recomendaciones en base al análisis de la información obtenida en los distintos estudios.

Las razones expuestas, plantean por sí mismas la relevancia del trabajo realizado en el sistema eléctrico de *“Internacional de Reciclados”*.

DESCRIPCIÓN DE LOS CAPÍTULOS

El contenido del trabajo se divide en cinco capítulos, definidos de la siguiente manera:

CAPÍTULO 1: En este capítulo se presentan los puntos importantes, llamados claves de la planeación de un sistema eléctrico como son: tomar en cuenta la participación del personal más adecuado, distribución de los equipos,

planeación del crecimiento de la planta y sobre todo garantizar la seguridad para el personal y para los equipos.

CAPÍTULO 2: En este capítulo se analiza el estado del sistema eléctrico de la empresa *“Internacional de Reciclados”*. También se trata sobre las condiciones de la instalación de la subestación eléctrica y de la carga instalada, esto se ilustra gráficamente y con los diagramas unifilares correspondientes, además se incluye el cálculo de la corriente de cortocircuito antes y después de la instalación de nuevos equipos.

CAPÍTULO 3: Este capítulo presenta algunas consideraciones importantes para el sistema eléctrico estudiado en el capítulo 2, se trata del incremento en la carga instalada, sobrecarga en la capacidad de la subestación y la consecuente modificación del contrato de suministro de energía eléctrica, ya que al haberse registrado un considerable incremento de carga, se han llevado a cabo una serie de modificaciones necesarias, con el fin de tener un sistema eléctrico lo más confiable, bajo normas y seguro posible.

CAPÍTULO 4: Se estudia el diagnóstico del uso de la energía y la forma de facturar la energía eléctrica, con un ejemplo, para calcular la forma en que factura Comisión Federal de Electricidad a *“Internacional de Reciclados”*.

CAPÍTULO 5: En este capítulo se presentan las conclusiones resultantes del estudio realizado en *“Internacional de Reciclados”*, como son, cambios realizados en la instalación eléctrica y la importancia de llevar a cabo una verificación avalada por una Unidad Verificadora de Instalaciones Eléctricas.

Finalmente en el **ANEXO A** y **B** se muestran los cuadros de cargas y planos de la instalación.

CAPÍTULO 1

PLANEACIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

1.1 INTRODUCCIÓN

La confiabilidad en la energía eléctrica es algo que solo puede obtenerse a través de una cuidadosa planeación del sistema eléctrico, principalmente en la etapa de diseño.

Los sistemas industriales de energía eléctrica son creados únicamente para servir a las cargas. Frecuentemente se discute de partes individuales del sistema, características de los motores, de interruptores y consecuentemente todos los equipos por completo; pero siempre se debe tener en mente que el sistema deberá operar como un todo, incluyendo a la fuente de energía y todo el equipo específicamente alimentado o controlado por el sistema. Por consiguiente el sistema deberá ser cuidadosamente integrado por los requerimientos del proceso y también deberá ser adecuado para los requerimientos actuales y para los futuros.

1.2 CLAVES DE LA PLANEACIÓN

La inversión en un sistema de distribución de energía eléctrica, es generalmente una pequeña parte del costo total de la planta. La diferencia en costo entre un sistema bien planeado y un sistema con estrictamente lo necesario para cubrir los requerimientos iniciales, es generalmente de poca importancia.

Se presentan ahora unas cuantas de las ideas fundamentales que podrían ser de gran utilidad y que constituyen las claves para conseguir el mejor sistema por el dinero que se va a invertir.

1.2.1 PARTICIPACIÓN DE LA GENTE ADECUADA

Esta puede ser la clave más importante que podemos llevar a cabo, para asegurar que se tendrá un buen plan del sistema. Es imposible efectuar realmente un buen trabajo sin conocer precisamente lo que el sistema tiene que hacer y lo que tiene pensado el propietario para su planta en fechas posteriores.

En este caso el GERENTE DE PLANTA, es una de las primeras personas que deben consultarse. Sus responsabilidades consisten en mantener comunicación continua con el GERENTE DE PRODUCCIÓN y con el GERENTE DE MANTENIMIENTO, estar al tanto de las condiciones de operación de la planta, así como mantenerla operando dentro de los márgenes de seguridad y dirigir las actividades cuando se presenta una emergencia, tales como un incendio o daños en las áreas de trabajo.

Otra persona que debe ser consultada es el GERENTE DE PRODUCCIÓN de la planta, por que cae bajo su responsabilidad que la producción sea fabricada al más bajo costo posible, que los planes de producción se cumplan y que la calidad del producto sea la esperada. Esto significa que se debe suministrar

energía eléctrica en forma adecuada, cuando se necesite, en suficiente cantidad y de alta calidad para que la maquinaria y equipo funcionen eficientemente.

Otra persona importante es el GERENTE DE MANTENIMIENTO, su responsabilidad consiste en mantener el sistema funcionando y evitar paros no programados a causa de fallas mecánicas e interrupciones en la energía eléctrica; en caso ser necesario algún tipo de mantenimiento, coordina el paro de labores con el GERENTE DE PRODUCCIÓN.

El ingeniero Encargado del Proyecto Eléctrico, deberá participar en todas las juntas y discusiones donde se tomen decisiones que afecten el tipo, localización, etc., de equipos que serán instalados. A los diseñadores se debe dar oportunidad para definir los requerimientos de espacio y de dinero que se gastará en equipo eléctrico.

1.2.2 EL PLANO E INFORMACIÓN DE CARGAS

Es recomendable comenzar el diseño del sistema con un plano o mapa donde se muestren las cargas básicas y su localización aproximada. Estas cargas como bombas, compresores, elevadores etc., pueden ser sustituidas en el plano con sus potencias aproximadas. Este plano o mapa debe contener además toda la carga futura que pudiera ser agregada. Es decir, que la instalación deberá ser planeada para acomodar posteriormente ampliaciones.

Después de que el plano y cargas preliminares han sido desarrolladas, se procederá a preparar, lo más pronto posible, un *diagrama unifilar* tentativo que muestre los conceptos generales del sistema ideal, y que muestre como se distribuyen los componentes congruentemente y muchos otros conceptos útiles en la planeación del sistema. En cada etapa durante el desarrollo del sistema se deberá repasar el *diagrama unifilar* en busca de puntos débiles. Asumir una falla

en cada circuito o pieza del equipo, una a la vez y analizar que parte del sistema puede quedar fuera de servicio debido a esta falla.

1.2.3 FUENTES DE ENERGÍA, COMPRAR O GENERAR

Generalmente se requiere un estudio económico para determinar que es más conveniente, si comprar o generar. Probables prospectos para la generación propia, son las industrias del papel, acero, química, petroquímica y refinerías de petróleo, así como las plantas que tienen una fuente de abastecimiento de combustible disponible del proceso.

Si la energía se va comprar se tiene que conocer en que forma la empresa eléctrica proporcionará esa energía. Siempre es importante, cuando la carga es grande, consultar desde un principio con la empresa que suministrará la energía. Lo más oportuno para esta consulta es cuando se está considerando la localización de la planta.

Con respecto a la subestación principal, es muy importante aclarar y dejar establecido desde un principio, quién será el dueño de la subestación y por consiguiente responsable de darle servicio y mantenimiento. Si la subestación va a servir exclusivamente a una planta industrial, es ventaja que sea propiedad de la industria, por que así se tendrá máximo control sobre su capacidad, diseño y operación y quedará mejor integrada al sistema de distribución dentro de la propia planta.

1.2.4 PLANEAR PARA CRECIMIENTO DE CARGA Y CAMBIOS

En la etapa de planeación es fácil y generalmente cuesta poco arreglar un sistema, de tal manera que pueda ser fácil y económico aumentarlo cuando la carga crece o se hacen cambios.

En forma similar cuando se moderniza una planta se elabora un diagrama unifilar idealizado con lo que debe contener y se usa como una guía para futuras substituciones.

Además, agregando capacidad al banco de transformadores, se puede elevar el nivel de cortocircuito y los interruptores deberán ser seleccionados en la base de un eventual nivel de cortocircuito mayor, de tal manera, que no sea necesario cambiarlos posteriormente.

Considerando estas situaciones en las etapas iniciales de planeación se puede evitar contratiempos con las instalaciones con capacidades interruptivas inadecuadas.

1.2.5 SEGURIDAD PARA LA GENTE Y LOS EQUIPOS

Existen muchos conceptos que deben considerarse en el diseño de un sistema para mejorar los aspectos de seguridad.

Algunas de las preguntas que se deben hacer son las siguientes:

¿Está el sistema diseñado de tal manera que no sea necesario trabajar con el equipo energizado?

¿Están todas las partes vivas encerradas dentro de cubiertas metálicas aterrizadas?

¿Está el neutro del sistema correctamente conectado a tierra y los circuitos de tierra del equipo están diseñados apropiadamente?

¿Aterrizan apropiadamente el equipo y los diseños de esos circuitos a tierra son vitales para la seguridad?

¿Ha sido bien aplicada la protección contra descargas atmosféricas?

¿Han sido bien especificados los dispositivos de protección?

La mayoría de los dispositivos de protección dentro de un sistema, tales como la puesta a tierra del neutro del sistema, conexiones a tierra de los equipos, relevadores contra fallas, pararrayos, etc., son elementos pasivos o inactivos hasta que ocurre una falla o cae un rayo o sucede algún otro evento o disturbio.

Estas son las razones de que muchos sistemas que aparentemente están trabajando exitosamente, esconden debilidades que invariablemente afloran en los momentos de peligro o desgracia.

1.2.6 MANTENIMIENTO DE BAJO COSTO.

En la planeación del sistema, es bueno recordar que los costos de mantenimiento son costos de producción, estos costos terminan por aparecer como costos de manufactura en el presupuesto del Gerente de Planta, aunque el Superintendente de Mantenimiento, sea el responsable de la administración y control del presupuesto de los gastos de mantenimiento.

Para lograr un mantenimiento de bajo costo se presentan las tres reglas básicas siguientes:

1.2.6.1 REGLA No. 1

Los componentes del sistema deberán estar localizados en tal forma que sea fácil llegar a ellos con seguridad. Si están en exteriores, dentro de los límites de la planta, construir un cuarto cercano a estos componentes para que pueda trabajar el personal de mantenimiento. Si los componentes del sistema están en balcones, construir pasillos y escaleras que permitan el libre acceso a estos equipos.

1.2.6.2 REGLA No. 2

Diseñar el sistema para tener flexibilidad en los trabajos de mantenimiento. Se pretende que sea posible reparar o inspeccionar una parte del sistema, sin tener que poner fuera de servicio ninguna otra parte.

1.2.6.3 REGLA No. 3

Usar componentes que se presten para utilizar las técnicas modernas de mantenimiento. El mantenimiento es fácil si todos los equipos están dentro de cajas o gabinetes metálicos adecuados al tipo de servicio a que serán destinados.

Un funcionamiento de alta eficiencia, aún con equipo de alta calidad y un buen diseño del sistema, depende de un programa adecuado de pruebas y mantenimiento para lograr un funcionamiento bueno y continuo. Es muy conveniente llevar un record de todo el equipo eléctrico activo.

1.2.7 RESERVAR ESPACIO PARA EL EQUIPO ELÉCTRICO

Con frecuencia el proyecto civil y mecánico de la planta, se hace sin ninguna consideración apropiada del espacio requerido para instalar el equipo eléctrico. El resultado es que se tiene que acomodar el equipo con dificultades, en áreas muy reducidas o al contrario se quedan grandes espacios sin ocupar, que pueden ser muy costosos desde el punto de vista de costo por metro cuadrado de construcción de la planta.

Al respecto, la planeación eléctrica del sistema, debe hacerse desde el principio teniendo en mente el espacio que se requiere para instalar el equipo eléctrico en su fase inicial, así como el requerido para futuras ampliaciones.

1.2.8 EXAMINAR AMPLIAMENTE TODO EL SISTEMA

Un sistema de distribución de energía eléctrica debe ser planeado tomando en consideración todos los conceptos fundamentales que se han mencionado. Solamente en la base de la planeación de un sistema ampliamente comprensivo, se puede estar seguro que se ha seleccionado un sistema económico, con las características apropiadas óptimas y con los componentes del equipo adecuados para obtener el mejor funcionamiento.

CAPÍTULO 2

INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE “INTERNACIONAL DE RECICLADOS”

2.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se analiza el estado del sistema eléctrico de la empresa “*Internacional de Reciclados*”, la subestación eléctrica y condiciones de la instalación; se presenta la cuantificación de la carga inicialmente instalada y la carga de una segunda línea de producción.

También se presenta el diagrama unifilar inicial de la planta y el diagrama unifilar inicial de la línea 1 de producción, y finalmente se presenta el diagrama unifilar de la línea 2 de producción nueva, con el fin de tener un comparativo con el sistema eléctrico inicial de la instalación eléctrica de la planta.

2.2 ESTADO DEL SISTEMA ELÉCTRICO

2.2.1 La Subestación Eléctrica

En "*Internacional de Reciclados*" el suministro de energía eléctrica lo realiza Comisión Federal de Electricidad, para la recepción de la misma, se tiene instalada una subestación tipo exterior abierta, con una capacidad de transformación de 1500 kVA a un voltaje primario de 34.5 kV y con un voltaje secundario de 440 / 254 volts, que después es distribuido en forma radial a través de toda la planta por medio de tableros.

Los elementos que constituyen la subestación de "*Internacional de Reciclados*" son:

a) 1 transformador de 1500 kVA, 3 fases, con una tensión de 34,500 volts – 440 / 254 volts, con una impedancia de $Z = 5.87 \%$, 60 Hz, marca I.E.S.A., con un tipo de enfriamiento OA, conexión delta – estrella, diseñado para operar a una altura máxima de 2500 m.s.n.m., con sobre elevación de temperatura de 65 °C.

b) Aislador de soporte de 2 Amp., flameo en seco, marca I.U.S.A.

c) 1 poste de concreto octogonal C – 11 – 700, marca P.Y.S.A.

d) Alfiler de acero forjado galvanizado, marca P.E.P.S.A.

e) Apartarrayos de 34,500 volts, de oxido de zinc, marca I.U.S.A.

f) Cortacircuito fusible de 34,500 volts, 40 Amps, con una capacidad interruptiva de 8000 Amper asimétricos, de un N.B.I. de 125 kV, marca SELMEC.

g) Varillas para tierra tipo Cooper weld de 3 metros de longitud, y 16 mm. de diámetro.

h) Cable de aluminio tipo ACSR calibre No. 1/0.

i) Cable calibre No. 4 AWG desnudo.

Como puede verse en las siguientes exposiciones, la instalación de la subestación no es la más adecuada, ya que no se cuenta con los equipos de protección y control (restaurador, tablero de distribución primaria, interruptor principal de potencia, tablero de distribución secundaria, etc.), más adecuados para la subestación, personal de mantenimiento y operación.

Las siguientes figuras muestran parte de la instalación de la subestación:



Figura 2.1 Acometida y transformador de potencia.



Figura 2.2 Interruptor principal en 440 volts.



Figura 2.3 Transformador de potencia y derivación de alimentadores.



Figura 2.4 Centros de carga y tableros de control.

2.3 LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

La planeación de un sistema eléctrico puede hacer la diferencia entre un buen sistema y un sistema que no cubra los requerimientos necesarios y en las etapas iniciales significa tener una visión total en las necesidades inmediatas y futuras del proyecto que se está considerando.

Frecuentemente los sistemas son seleccionados únicamente en la base de un costo inicial mínimo o se presta muy poca atención a algunos de los principios fundamentales de la buena planeación de un sistema de energía eléctrica, que comprende: funcionamiento, calidad, confiabilidad, seguridad y facilidad de expansión; al no ser comprendidos estos conceptos completamente, no se llega a tener el mejor sistema para la planta en cuestión y con el paso del tiempo los costos resultan ser mayores.

En el diagrama unifilar básico debe mostrarse un sistema que admita un posible crecimiento a corto plazo y económico, y hacer otro diagrama unifilar considerando que la carga es de dos o tres veces mayor que la carga inicial prevista, después se vuelve al sistema original y si es necesario se re-plantea, de tal manera que sea fácil aumentarlo sin que se desperdicie o se pierda parte de la capacidad o del equipo considerado en el sistema original.

2.3.1 Carga Instalada

En el caso de "*Internacional de Reciclados*", ésta es una empresa dedicada al reciclado y maquila de plásticos, en la que inicialmente se ha estado trabajando con una sola línea de producción comprendida por los siguientes equipos de la tabla 2.1:

CARGA INICIAL	kW's	TOTAL
SISTEMA DE CALENTAMIENTO DEL EXTRUSOR LÍNEA 1	120,00	
COMPACTADORA LÍNEA 1	347,00	
MOTORES DE LA LÍNEA 1	22,00	
TRITURADOR	98,50	
SHILLER	8,20	
MOTOR DE EXTRUSIÓN LÍNEA 1	223,80	
OTROS MOTORES (Compresor y extractor de vapor)	35,50	
ALUMBRADO	10,00	
TOTAL DE CARGA INICIAL	865,00	865,00

Tabla 2.1 Tabla de cargas inicialmente instaladas en "Internacional de Reciclados".

Motores de la Línea 1 se compone del Centro de Control de Motores 1 (C.C.M. 1) como se muestra en la tabla 2.2:

Centro de Control de Motores 1	
MOTOR	kW
1.- BOMBA DE ACEITE	0.56
2.- VENTILADOR	0.56
3.- BOMBA HIDRÁULICA	2.23
4.- PELETIZADOR	11.19
5.- TRANSPORTADOR	1.49
6.- SECADOR	3.73
7.- BOMBA DE AGUA 2	2.23

Tabla 2.2 Motores que integran el Centro de Control de Motores 1 (C.C.M. 1)

El Centro de Control de Motores 2 (C.C.M. 2) está integrado por el grupo de motores que se muestra en la tabla 2.3:

Centro de Control de Motores 2	
MOTOR	kW
1.- COMPACTADORA	335.7
2.- BOMBA DE ACEITE	2.23
3.- ORUGA	1.11
4.- SOPLADOR	5.6
5.- BANDA TRANSPORTADORA	2.23

Tabla 2.3 Motores que integran el Centro de Control de Motores 2 (C.C.M. 2)

En la tabla 2.1, de los 865 kW instalados, 120 kW son debidos al sistema de calentamiento del Extrusor de la Línea 1.

$$865 \text{ kW} - 120.00 \text{ kW} = 745 \text{ kW} \quad (2.1)$$

Por lo tanto nos quedan 745.00 kW de carga de motores y alumbrado, que los podemos representar en kVA considerando un factor de potencia mínimo de 0.90 recomendado por Comisión Federal de Electricidad.

$$\frac{745 \text{ kW}}{0.9} = 827.77 \text{ kVA} \quad (2.2)$$

En total, la carga en kVA instalada es de:

$$120.00 \text{ kVA} + 827.77 \text{ kVA} = 947.77 \text{ kVA}. \quad (2.3)$$

Con estos datos se determina que la subestación actual se encuentra en una capacidad de carga del 63.20%, es decir, aún se tiene un margen de 552.23 kVA en el transformador de potencia principal.

A continuación, la figura 2.5, muestra el diagrama unifilar de la instalación eléctrica de la línea 1 de extrusión. En este diagrama se identifican el centro de control de motores 1 y el centro de control de motores 2 en recuadros de líneas punteadas, el motor de corriente directa para el extrusor y de corriente alterna para la compactadora. También el conjunto de resistencias eléctricas calefactoras para sistema de calentamiento del extrusor.

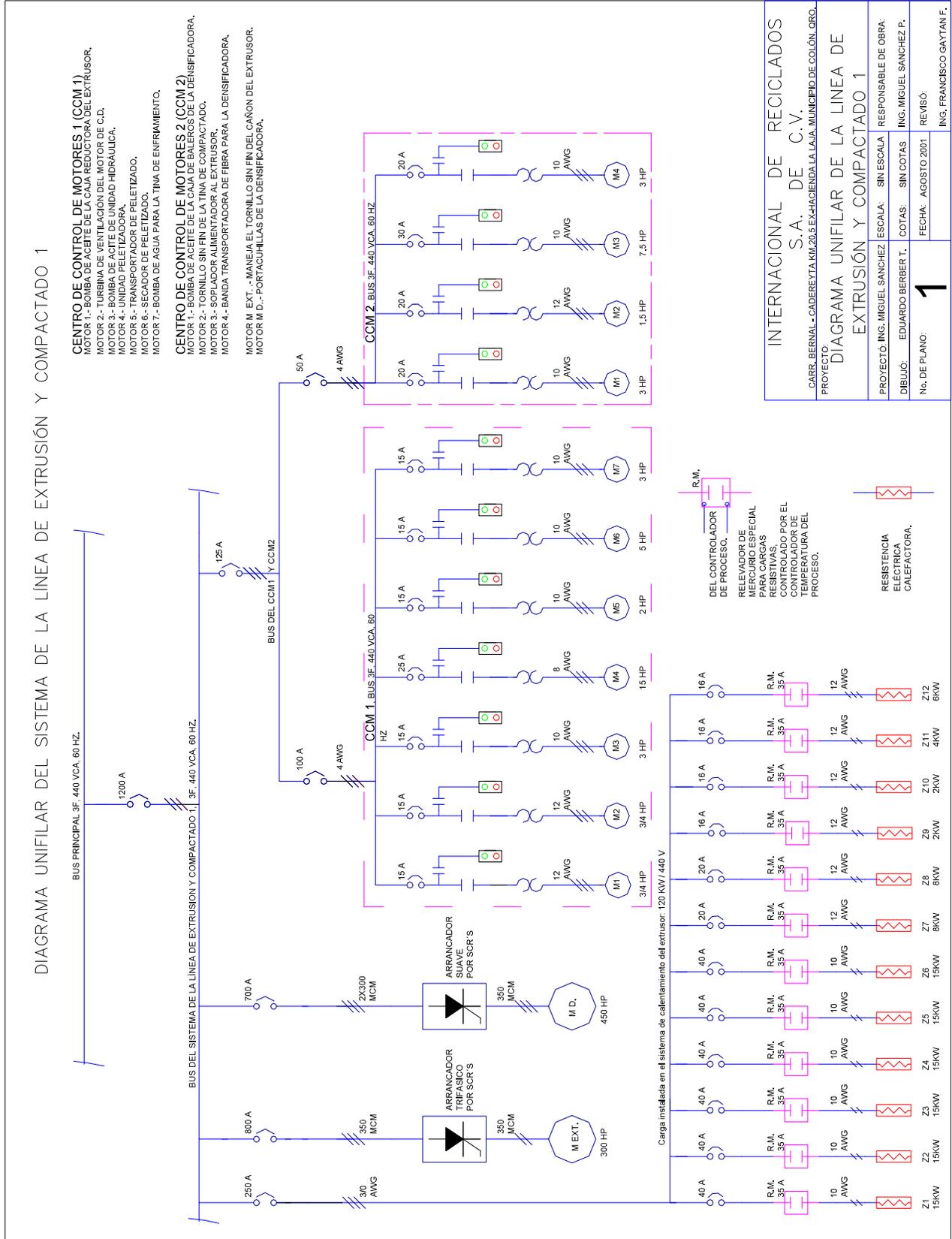


Figura 2.5 Diagrama unifilar del sistema de la línea de extrusión y compactado No. 1.

Con la instalación de una segunda línea de producción, el aumento de la carga conectada en "Internacional de Reciclados" ha sido como se muestra en la tabla 2.4:

CARGA NUEVA	kWATT's	TOTAL
SISTEMA DE CALENTAMIENTO DEL EXTRUSOR LÍNEA 2	156.00	
MOTORES DE LA LÍNEA 2	28,50	
COMPACTADORA LÍNEA 2	350.60	
MOTOR DE EXTRUSIÓN LÍNEA 2	298,40	
TOTAL DE CARGA NUEVA	833,50	833,50

Tabla 2.4 Tabla de cargas nuevas instaladas en "Internacional de Reciclados".

Motores de la Línea 2 se compone del Centro de Control de Motores 3 (C.C.M. 3) como se muestra en la tabla 2.5:

Centro de Control de Motores 3	kW
MOTOR	
1.- VENTILADOR	3.73
2.- BOMBA HIDRÁULICA	2.23
3.- PELETIZADOR	11.19
4.- TRANSPORTADOR	1.49
5.- SECADOR	3.73
6.- VENT. TRANS.	3.73
7.- BOMBA DE AGUA 1	2.23

Tabla 2.5 Motores que integran el Centro de Control de Motores 3 (C.C.M. 3)

En la tabla 2.4, 156 kW se deben al sistema de calentamiento del Extrusor de la Línea 2. Para los motores y alumbrado consideramos un factor de potencia mínimo de 0.90 recomendado por Comisión Federal de Electricidad.

Motor de extrusión línea 2	298.40 kW
Compactadora línea 2	350.60 kW
Motores de la línea 2	28.50 kW
Total	677.50 kW

Representado en kVA's, son 752.77 kVA.

En total, la carga en kVA instalada es de:

$$156.00 \text{ kVA} + 752.77 \text{ kVA} = 908.77 \text{ kVA} \quad (2.4)$$

La figura 2.6, muestra el diagrama unifilar de la instalación eléctrica de la línea 2 de extrusión, en él identifican el centro de control de motores 3 y el conjunto de resistencias eléctricas calefactoras para sistema de calentamiento del extrusor de la línea 2, como también el motor de corriente directa para el extrusor y de corriente alterna para la compactadora, como en el caso de la línea 1.

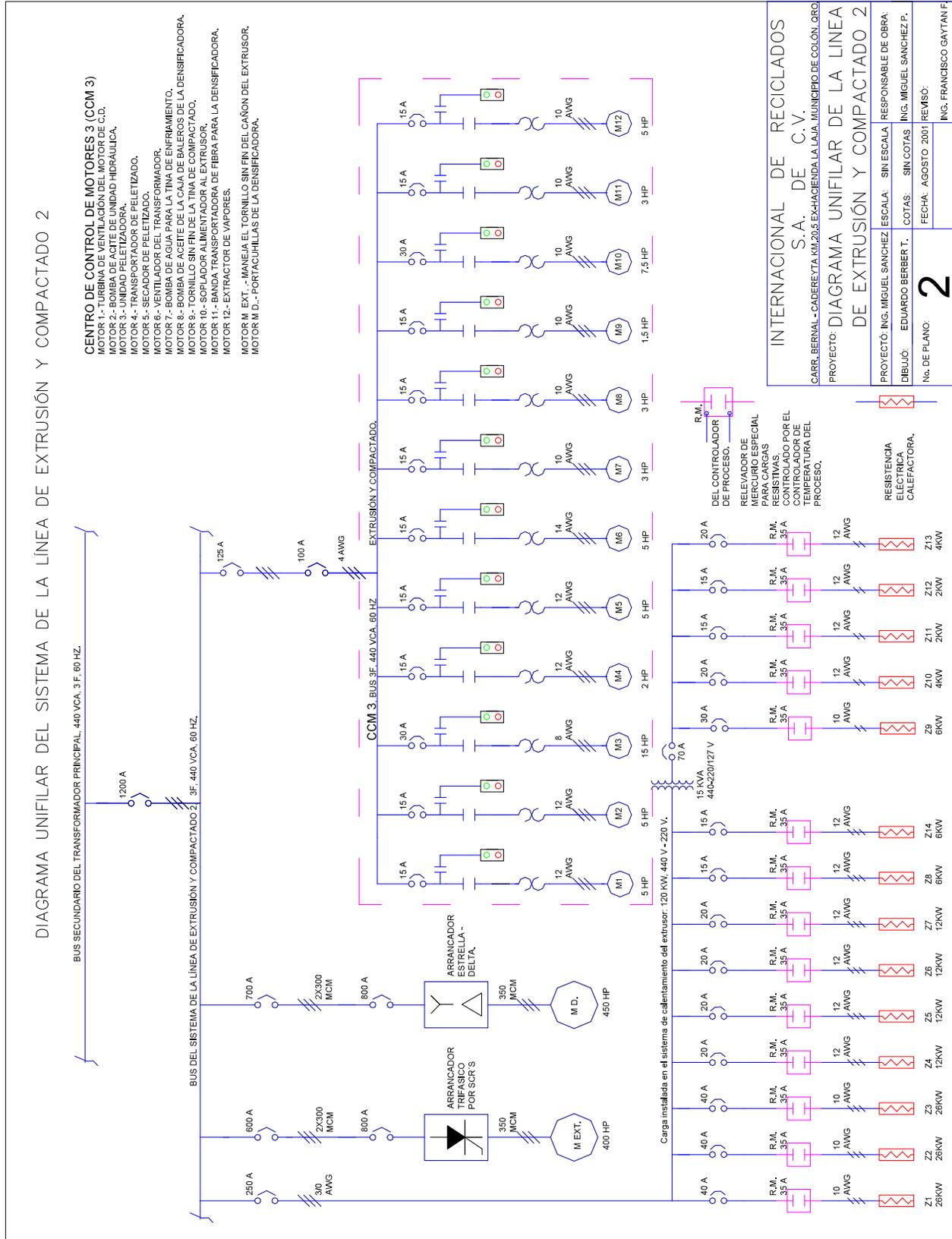
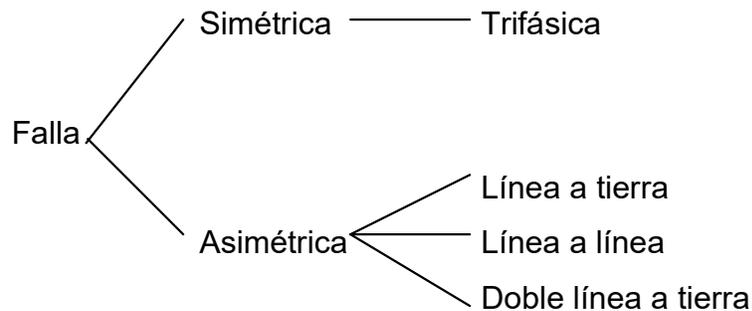


Figura 2.6 Diagrama unifilar del sistema de la línea de extrusión y compactado No. 2.

2.4 LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO

El estudio de cortocircuito consiste en obtener la impedancia total en un punto de un sistema eléctrico en donde se simula una pérdida de aislamiento en alguno de los alimentadores. Este valor de impedancia permite conocer la magnitud de la corriente de cortocircuito. En sistemas eléctricos trifásicos se pueden producir distintos tipos de fallas, las cuales son:



El estudio de cortocircuito tiene un impacto directo sobre la seguridad eléctrica y la producción continua en la planta. Una combinación de nivel de cortocircuito elevado y una mala selección de las capacidades interruptivas de los equipos, puede desatar una explosión y conato de incendio en caso de que se llegase a presentar una pérdida de aislamiento en el sistema eléctrico.

La duración del cortocircuito es el tiempo en segundos o ciclos durante el cual, la corriente de cortocircuito circula por el sistema.

Las principales fuentes que contribuyen a aumentar las corrientes de cortocircuito son la empresa de transmisión eléctrica, generadores síncronos, motores síncronos, motores de inducción.

Los estudios de cortocircuito con fines prácticos para instalaciones de tipo industrial, se pueden hacer por métodos aproximados que son bastante simples, pero dan una buena idea de la magnitud de la corriente de cortocircuito, que corresponden a valores conservadores, es decir mayores que los esperados, pero

suficientemente confiables para su uso. Por lo que a continuación este tipo de método es el que se usará para calcular las corrientes de cortocircuito de la planta "Internacional de Reciclados" basándonos en los diagramas anteriores.

En una instalación eléctrica, la máxima corriente de cortocircuito en la alimentación, es el valor que se puede tener para un cortocircuito en el punto principal de desconexión.

Debido a que normalmente las instalaciones tienen varios niveles de voltaje, resulta muy complicado trabajar con valores de reactancias en ohms, por esta razón se definen valores base para voltajes y potencias, y todos estos valores son anotados en el diagrama de reactancias expresados en *por unidad (pu)*. Las reactancias de generadores, transformadores y motores, generalmente están expresadas en porcentaje de su propio régimen de kVA, la impedancia en por unidad se puede obtener de la siguiente ecuación:

$$Z_{pu} = \frac{Z\%}{100} \quad (2.5)$$

Sin embargo debido a la relación de transformación, en uno y otro lado de un transformador cambian las bases de voltaje, de corriente y de impedancia pero no la base de potencia, y por tanto sus reactancias deben convertirse a una base común elegida para el estudio por medio de la ecuación (2.6):

$$Z_2 = Z_1 \left(\frac{kVA_{base_2}}{kVA_{base_1}} \right) \quad (2.6)$$

en donde: Z_2 = Impedancia en *pu* utilizando la base de kVA deseada.

Z_1 = Impedancia en *pu* utilizando como base la potencia nominal de placa.

kVA_{base_2} = Base de potencia escogida para el calculo a la cual se desea referir la cantidad Z_2 .

kVA_{base_1} = Base de potencia a la cual está referida la cantidad Z_1 .

En el caso de la red de alimentación, la misma compañía suministradora nos proporciona las características de la red como un valor de potencia de cortocircuito, en este caso, se puede obtener la reactancia equivalente en por unidad del sistema por medio de la ecuación (2.7).

$$X_{cc} = \frac{kV_{Abase}}{kV_{Acc}} \quad (2.7)$$

y la corriente de cortocircuito que la red de alimentación puede entregar en el lugar con la ecuación (2.8).

$$I_{cc} = \frac{kV_{Acc}}{kV_{base} \cdot \sqrt{3}} \quad (2.8)$$

también se puede calcular haciendo uso de la impedancia equivalente del total en por unidad (pu). De la ecuación (2.7) aplicada a un sistema eléctrico completo resulta:

$$kV_{Acc} = \frac{kV_{Abase}}{Z_{eqpu}} \quad (2.9)$$

y de la ecuación (2.8):

$$kV_{Acc} = I_{cc} \cdot kV_{base} \cdot \sqrt{3} \quad (2.10)$$

de las ecuaciones (2.9) y (2.10) podemos obtener la corriente cortocircuito total como sigue:

$$I_{cc} \cdot kV_{base} \cdot \sqrt{3} = \frac{kV_{Abase}}{Z_{eqpu}} \quad (2.11)$$

$$I_{cc} = \frac{kV_{Abase}}{Z_{eqpu} \cdot kV_{base} \cdot \sqrt{3}} \quad (2.12)$$

Para conocer el nivel de corriente de cortocircuito de la planta Internacional de Reciclados en el lado secundario de la subestación de potencia se toma como potencia base 10,000 kVA y de acuerdo con los datos proporcionados por Comisión Federal de Electricidad la capacidad de cortocircuito de la red es de 100 MVA.

De la aplicación de la ecuación (2.7) para el cálculo de la reactancia de cortocircuito de la red se obtiene $X_{cc} = 0.1 pu$.

$$X_{cc} = \frac{kVA_{base}}{kVA_{cc}} = \frac{10,000kVA}{100MVA} = 0.1pu$$

El transformador de 1500 kVA, especifica una impedancia en por ciento de 5.87% que en por unidad con la aplicación de la ecuación (2.5) resulta de $Z_{pu_{T1}} = 0.0587pu$,

$$Z_{pu} = \frac{Z\%}{100} = \frac{5.87\%}{100} = 0.0587 pu$$

y referida a la potencia base con la ecuación (2.6) se obtiene $Z_{pu_{T1}} = 0.3913pu$.

$$Z_2 = Z_1 \cdot \left(\frac{kVA_{base_2}}{kVA_{base_1}} \right) = 0.0587 pu \cdot \left(\frac{10000kVA}{1500kVA} \right) = 0.3913 pu$$

El transformador de 45 kVA especifica en sus datos de placa $Z = 4.8\%$, aplicando el procedimiento anterior en por unidad queda:

$$Z_{pu} = \frac{Z\%}{100} = \frac{4.8\%}{100} = 0.048 pu$$

y referido a la base de cálculo como $Z_{pu_{T2}} = 10.6666pu$.

$$Z_2 = Z_1 \cdot \left(\frac{kVA_{base_2}}{kVA_{base_1}} \right) = 0.048 pu \cdot \left(\frac{10000kVA}{45kVA} \right) = 10.66 pu$$

En el caso del transformador de 30 kVA especifica una $Z = 4.2\%$, con el mismo procedimiento se obtiene $Z_{pu_{T3}} = 14.0000pu$.

Para los motores de inducción se puede despreciar la resistencia de manera que la impedancia se puede tomar como la reactancia. La acción de los motores de inducción durante el cortocircuito se amortiza rápidamente, por lo que el valor de la corriente de cortocircuito permanente se puede considerar como cero.

En la tabla (2.6) se dan los valores de reactancia para motores de inducción expresados en por ciento a su base de potencia nominal.

Grandes motores síncronos individuales de 6 polos	$X''d = 10\%$	$X'd = 15\%$
Grandes motores síncronos individuales de 8 a 14 polos	$X''d = 15\%$	$X'd = 24\%$
Grupos de motores síncronos, 600 volts o menos	$X''d = 25\%$	$X'd = 33\%$
Mayores de 600 volts	$X''d = 15\%$	$X'd = 25\%$
Grandes motores de inducción individuales	$X''d = 25\%$	
Grupos de motores de inducción, 600 volts o menos	$X''d = 25\%$	
Mayores de 600 volts	$X''d = 20\%$	

Tabla 2.6 Valores aproximados de reactancias para motores de C.A. a la base de los kVA nominales, expresadas en por ciento.

Debido a que el campo magnético inducido en un motor de inducción no es mantenido en forma externa, (como en el caso del generador, motor y condensador síncrono), éste se hace nulo rápidamente, razón por la cual la corriente aportada a la falla solo dura algunos ciclos. La corriente de cortocircuito aportada por un motor de inducción en régimen estacionario es cero. Es por esto que la corriente de cortocircuito aportada por un motor de inducción, está limitada solamente por su reactancia subtransitoria, $X''d$.

Para el motor de 300 HP a 440 volts, si consideramos una eficiencia de 93% y 0.8 de factor de potencia, su capacidad en kVA es de aproximadamente:

$$kVA = \frac{H.P. \times 0.746}{\eta \times F.P.} \quad (2.13)$$

$$\frac{300 \times 0.746}{0.93 \times 0.8} = 300kVA$$

tomando el valor de 300 kVA y de la tabla 2.6 el valor de reactancia $X''d = 25\%$ para grandes motores de inducción; se obtiene la reactancia en pu con la ecuación (2.5), y referida a la potencia base con la ecuación (2.6), $X_{pu_{MEXT}} = 8.3333$;

$$Z_{pu} = \frac{Z\%}{100} = \frac{25\%}{100} = 0.25 pu$$

$$Z_2 = Z_1 \cdot \left(\frac{kVA_{base_2}}{kVA_{base_1}} \right) = 0.25 pu \cdot \left(\frac{10000kVA}{300kVA} \right) = 8.33 pu$$

siguiendo el mismo procedimiento para el motor de 450 HP, su reactancia referida a la potencia base es de $X_{pu_{M1}} = 5.5555$.

El grupo de motores M1 a M7 del Centro de Control de Motores 1 (C.C.M. 1), a 440 volts suman una capacidad en kVA de 29.5 kVA, de la tabla 2.6 se selecciona el valor de reactancia $X''d = 25\%$ para grupos de motores de inducción de 600 volts o menos; la reactancia equivalente para este grupo de motores es de $X_{pu_{CCM1}} = 84.7457$.

Y de igual manera para el grupo de motores M1 a M4 del Centro de Control de Motores 2 (C.C.M. 2), a 440 volts que suman una capacidad en kVA de 72.5 kVA; la reactancia equivalente para este grupo de motores es de $X_{pu_{CCM2}} = 34.4827$.

La capacidad del tablero integrado para el triturador es de 132 kVA a 440 volts y su reactancia equivalente es de $X_{pu_{TRI}} = 18.9393$.

La aportación por parte del motor de 10HP se considera incluida en la capacidad del transformador T3 de 30 kVA.

Con los valores de reactancia calculados para los elementos de la instalación se construye el diagrama de reactancias mostrado en la figura 2.7, para calcular el nivel de corriente ante una falla de cortocircuito en el bus de 440 volts.

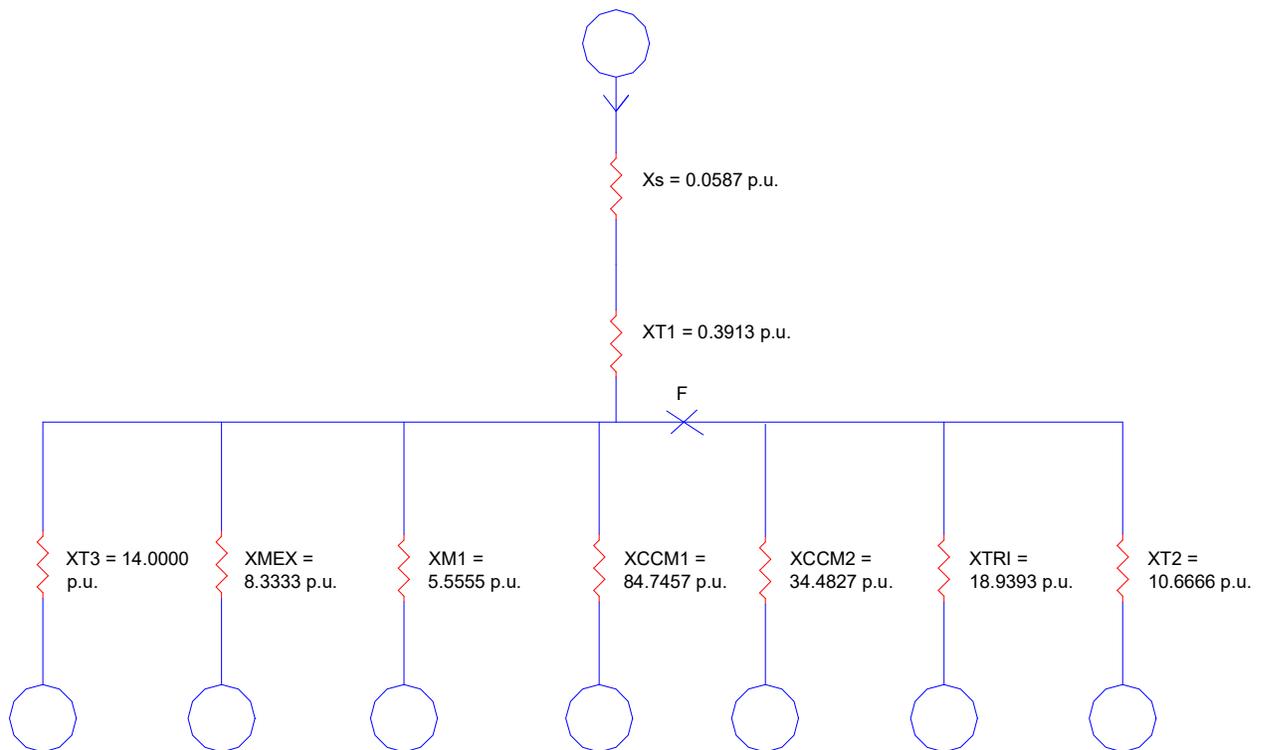


Figura 2.7 Diagrama de impedancias.

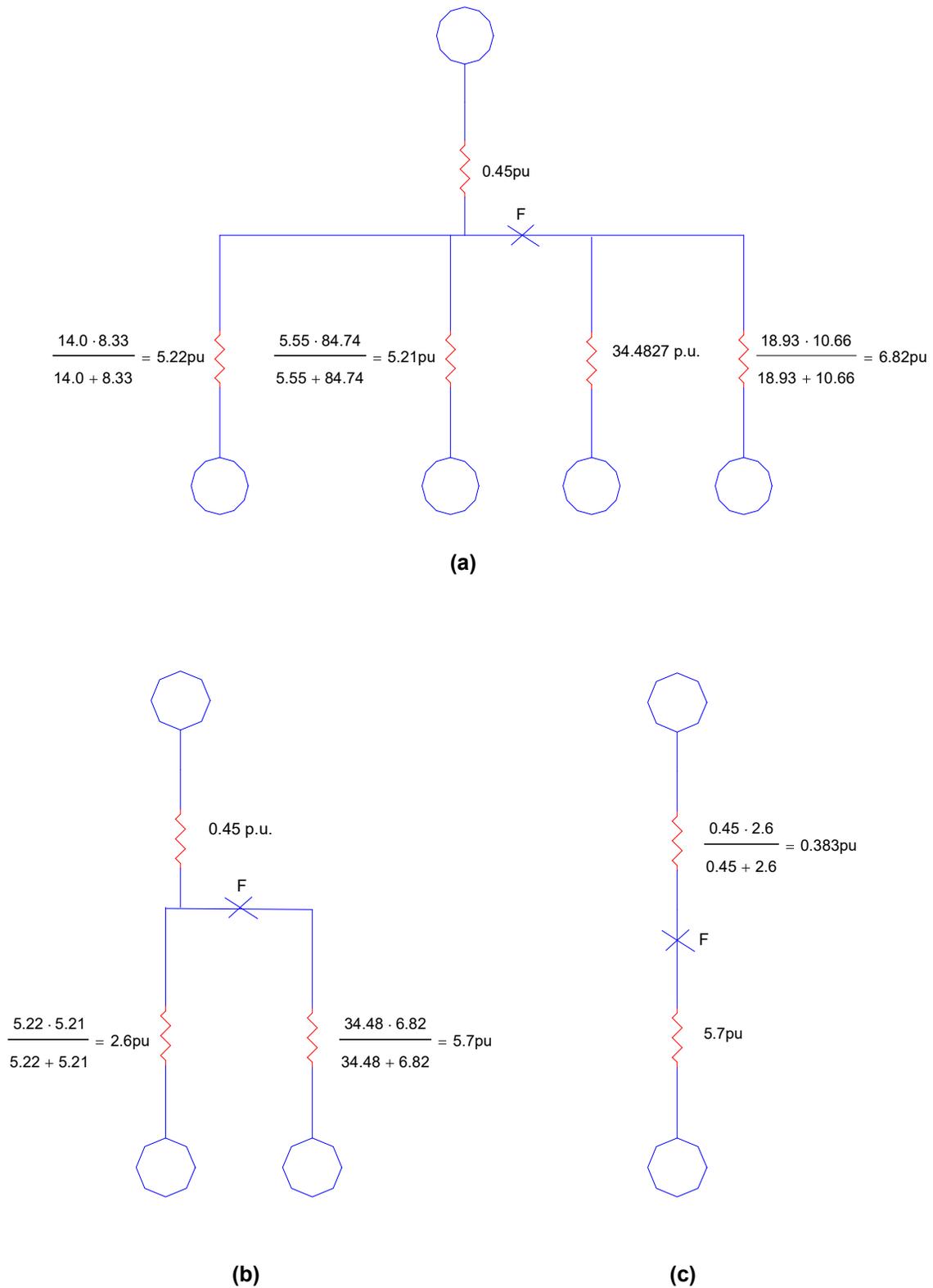
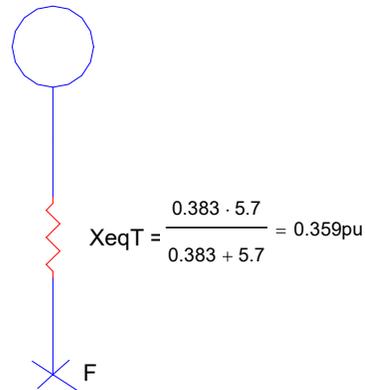


Figura 2.8. (a) Reducción del diagrama de impedancias; (b) Segundo paso de reducción del diagrama de impedancias; (c) Tercer paso de reducción del diagrama de impedancias.



Figuras 2.9 Impedancia equivalente en el punto de falla.

Una vez reducido el diagrama de impedancias como en la figura 2.9, la $X_{eqT} = 0.359 \text{ pu}$, y aplicando la ecuación (2.12) se obtiene una I_{cc} en el punto de falla:

$$I_{cc} = \frac{kV_{base}}{Z_{eqpu} \cdot kV_{base} \cdot \sqrt{3}} = \frac{10000 \text{ kVA}}{0.359 \text{ pu} \cdot 0.44 \text{ V} \cdot \sqrt{3}} = 34,170.82 \text{ A}$$

$$I_{cc} = 34,170.82 \text{ A.}$$

Con el mismo procedimiento anterior determinamos las impedancias de los nuevos elementos que forman parte de la instalación eléctrica, y se calcula la nueva impedancia equivalente, con este dato se realiza el cálculo de la corriente de cortocircuito en el mismo punto para hacer la comparación.

En las tablas 2.7 y 2.8 se muestran las impedancias de la figura 2.5, y de la figura 2.6.

Motores	Impedancia p.u.
Motor M _{EX} 300 HP	8.3333
Motor M ₁ 450 HP	5.5555
Motores CCM1	84.7457
Motores CCM2	166.6667

Tabla 2.7 Impedancias en pu para los motores de la figura 2.5

Motores	Impedancia p.u.
Motor M _{EX2} 400 HP	6.2500
Motor M ₂ 450 HP	5.5555
Motores CCM3	41.6668

Tabla 2.8 Impedancias en pu para los motores de la figura 2.6

También incluimos los valores de impedancia de los equipos que ya se calcularon antes: tablero integrado para el triturador de 132 kVA cuya reactancia equivalente es de $X_{pu_{TRI}} = 18.9393$, transformador T₂ de 45 kVA, $Z_{pu_{T2}} = 10.6666pu$ y transformador T₃ de 30 kVA, $Z_{pu_{T3}} = 14.0000pu$. En el caso del transformador de 1500 kVA, $Z_{pu_{T1}} = 0.3913pu$, y la impedancia de cortocircuito del sistema $X_{cc} = 0.1 p.u.$ Con estos datos se elabora el diagrama de impedancias del nuevo sistema en la figura 2.10 y se muestra la impedancia equivalente total en la figura 2.11.

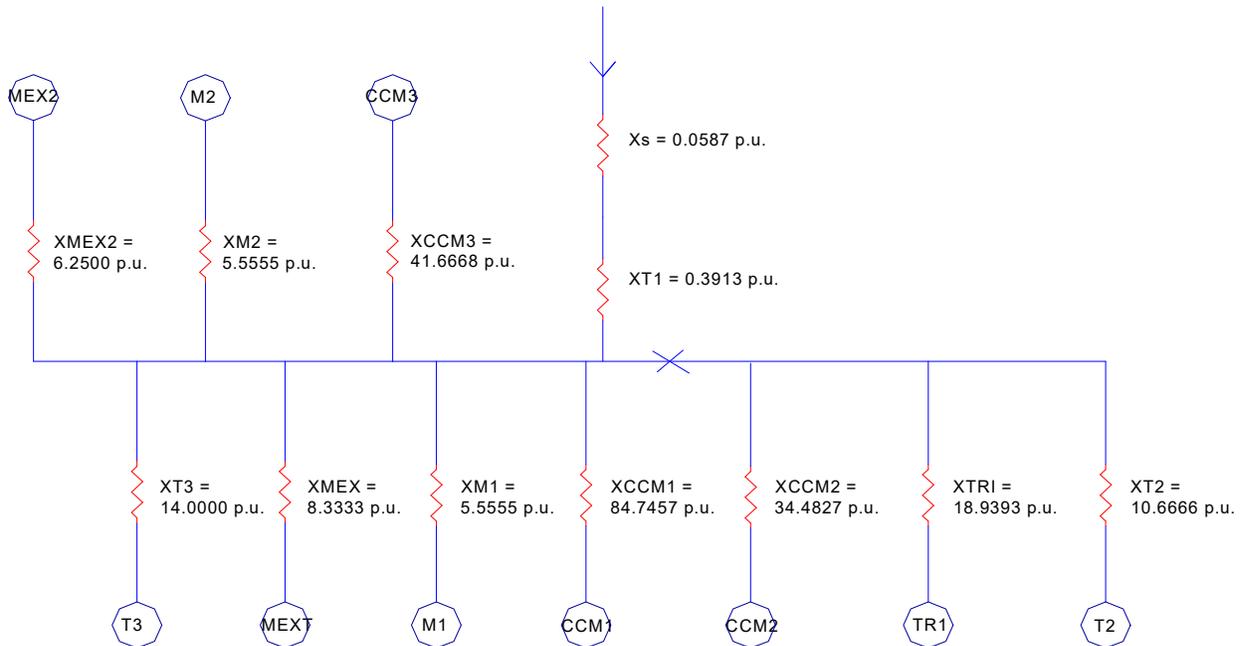


Figura 2.10 Diagrama de impedancias considerando los equipos actuales.

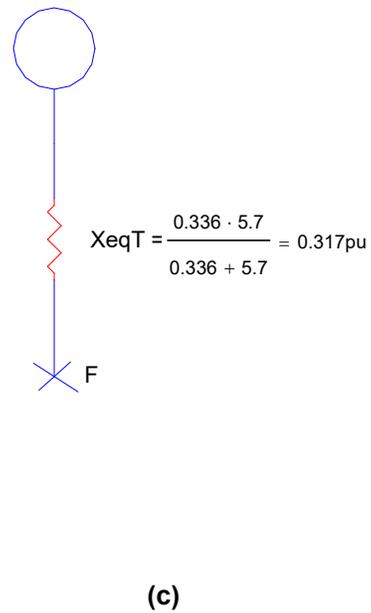
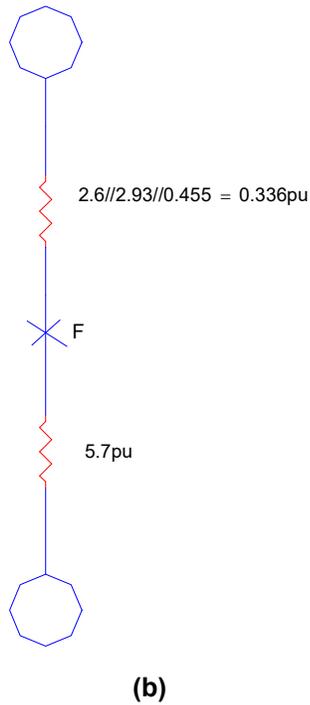
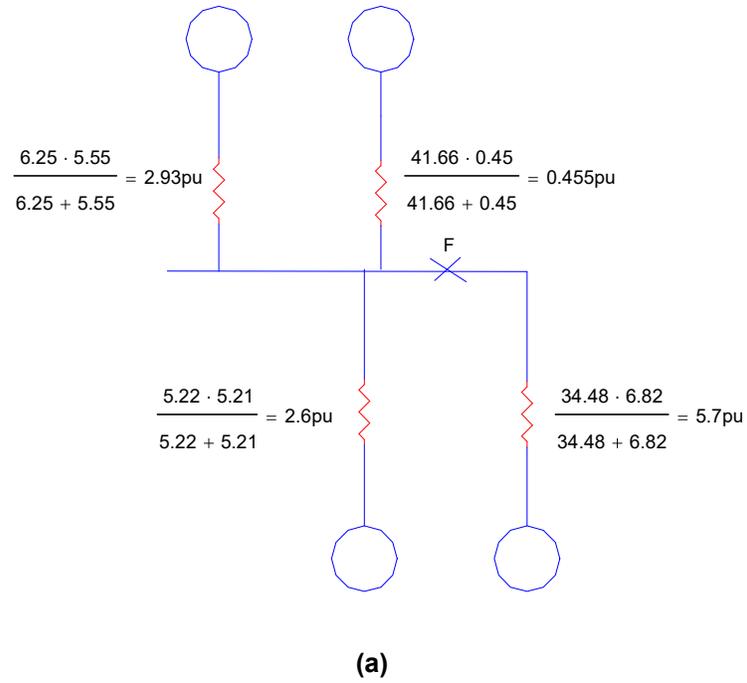


Figura 2.11 (a) Reducción del diagrama de impedancias; (b) Segundo paso de reducción del diagrama de impedancias; (c) Impedancia equivalente total del sistema eléctrico actual.

Una vez reducido el diagrama de impedancias como en la figura 2.11(c), $X_{eqT} = 0.317 pu$, y aplicando la ecuación (2.12) se obtiene una I_{cc} en el punto de falla:

$$I_{cc} = \frac{kVA_{base}}{Z_{eqpu} \cdot kV_{base} \cdot \sqrt{3}} = \frac{10000kVA}{0.317 pu \cdot 0.44V \cdot \sqrt{3}} = 41,313.89 A$$

$$I_{cc} = 41,313.89 A.$$

Mediante el reconocimiento de los niveles de cortocircuito de la red y del estado actual de los sistemas de protección contra cortocircuitos de "Internacional de Reciclados", será posible determinar cuales son las pautas a seguir para corregir los problemas que presenta actualmente, asegurando la eficiente selectividad de las protecciones y suspendiendo el suministro de energía eléctrica sólo a las partes realmente afectadas por la falla, aumentando la confiabilidad en la continuidad del proceso, denotado por la reducción de la frecuencia de interrupción en los tableros de distribución ya que la carga interrumpida para aislar fallas por cortocircuito se minimiza.

CAPÍTULO 3

ORIGEN Y TRATAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 INTRODUCCIÓN

En una planta industrial, con el aumento constante de equipos y maquinaria, crecimiento de las instalaciones o introducción de nuevos procesos, se tiene como consecuencia un incremento en el consumo de energía, que se reflejará económicamente en un aumento en cargo por concepto de energía ya sea gas, electricidad, etc.; para el caso de la energía eléctrica, si no se ha previsto desde la etapa de planeación, se puede llegar a tener una problemática con el contrato de suministro de energía eléctrica al ser rebasados los datos establecidos en dicho contrato energía eléctrica, como es la Carga conectada, Demanda contratada, modificación al Tipo de tarifa contratada, Depósito de garantía, entre otros.

3.2 ORIGEN DEL PROBLEMA

La capacidad de carga instalada en un sistema eléctrico industrial, está representada básicamente por la capacidad en kVA del transformador de potencia principal de la industria (para nuestro caso es de 1500 kVA) ya que es a este transformador al que serán conectados todos los equipos, CCM's, motores, alumbrado, etc., y debe ser capaz de soportar dicha carga en un momento dado.

Como se mencionó en el capítulo anterior, en la empresa en estudio, por necesidades de producción se ha tenido un incremento de carga, no previsto desde la etapa de planeación.

Realizando ahora un análisis del incremento total de cargas, y tomando los datos anteriores; de la carga debida a:

Carga instalada de la primera línea de producción:	947.77 kVA
Carga instalada de la segunda línea de producción:	908.77 kVA
Carga total instalada:	1856.54 kVA

Del resultado obtenido de carga total instalada de 1856.54 kVA, se observa que se ha rebasado la capacidad del transformador de potencia, que es de 1500 kVA, por tal motivo es importante instalar una nueva subestación para poder suministrar la potencia necesaria a los equipos para el caso de que llegue a requerirse la operación de todos los equipos al mismo tiempo, y para evitar sobrecargar el transformador actual, provocando así, caídas de tensión y calentamiento en los alimentadores, mala regulación de voltaje, daños en los aislamientos de los conductores, motores y transformador principal.

3.3 TRATAMIENTO DEL PROBLEMA

3.3.1 Modificación del Contrato de Suministro

En lo que se refiere a “*Internacional de Reciclados*” el incremento en la carga eléctrica ha provocado una descompensación en la capacidad de carga del transformador principal, ya que como se ha visto, con el estudio realizado, se tiene instalada una carga de 1856.54 kVA, a continuación se presenta el cuadro que muestra como ha aumentado la carga, el comportamiento de la demanda de energía, el factor de potencia y como esto ha afectado con relación al contrato de suministro de energía eléctrica con Comisión Federal de Electricidad y las medidas correctivas aplicables, como lo son las notificaciones acerca del registro de energía consumida y demanda facturable que mensualmente se tenía.

Debido a que los datos en el contrato de suministro de Internacional de Reciclados son: en cuanto a carga conectada 500 kW, y, demanda contratada 500 kW, y que estos ya han sido rebasados en varias ocasiones como puede verse en la tabla 3.1 de Historial de Consumo de Energía Eléctrica.

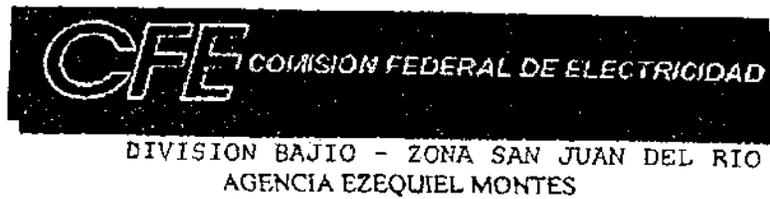
En el contrato de suministro de energía eléctrica celebrado con Comisión Federal de Electricidad, la Demanda contratada es el dato más importante, ya que en media tensión, bajo este dato se establece el tipo de tarifa ya sea Ordinaria OM u Horaria HM así como el importe en el depósito de garantía.

Una vez que Comisión Federal de Electricidad detecta un exceso en el consumo de energía, respecto a lo pactado en el Contrato de Suministro de Energía Eléctrica, emite un informe de la lectura de demanda medida - previamente informada al usuario a través de la facturación del mes correspondiente - donde se le solicita al usuario, la regularización del contrato de suministro y para establecer las nuevas condiciones del suministro como se presenta en la figura 3.1.

La Cláusula Décima Quinta del Contrato de Suministro de Energía Eléctrica establece para el usuario el requisito de comunicar por escrito al suministrador su nueva carga y demanda, 15 días después de que ésta se haya incrementado, a efecto de ajustar el depósito de garantía y, la aportación por capacidad de transformación correspondiente.

HISTORIAL DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA									
AÑO	MES FAC.	KW FAC.	DEM. MAX. KW	CONSUMO KWH	KVARh	% F.P.	% F.C.		
2000	AGOSTO	520	552	226.200	183.900	77.59	55.08		
2000	SEPTIEMBRE	561	588	173.100	155.100	74.48	40.89		
2000	OCTUBRE	550	575	227.100	191.676	75.99	61.64		
2000	NOVIEMBRE	614	618	289.500	244.800	76.36	65.06		
2000	DICIEMBRE	613	672	243.600	201.600	77.04	48.72		
2001	ENERO	605	657	233.700	193.500	77.02	47.81		
2001	FEBRERO	655	684	170.100	146.700	75.73	37.01		
2001	MARZO	645	654	306.900	260.700	76.21	63.07		
2001	ABRIL	596	654	244.200	174.000	81.44	51.86		
2001	MAYO	612	645	201.900	162.000	78.00	42.13		
2001	JUNIO	627	657	200.100	156.600	78.75	42.30		
2001	JULIO	648	666	153.900	125.700	77.45	31.06		
2001	AGOSTO	685	702	253.200	204.600	77.78	48.48		
2001	SEPTIEMBRE	618	657	226.500	174.900	79.15	47.82		
2001	OCTUBRE	659	678	251.400	152.400	88.86	42.87		
2001	NOVIEMBRE	665	684	192.300	92.400	90.13	39.05		
2001	DICIEMBRE	657	669	232.500	127.200	87.73	46.71		
2002	ENERO	664	678	268.800	147.000	87.74	53.29		
2002	FEBRERO	695	711	221.400	150.600	82.68	46.34		
2002	MARZO	701	726	252.600	145.800	86.61	46.77		
2002	ABRIL	245	450	51.600	34.800	83.03	17.28		
2002	MAYO	528	591	66.600	38.400	86.63	15.15		

Tabla 3.1 Historial de consumo de energía eléctrica.



Ezequiel Montes Qro a 15 de agosto de 2001

NO. NOMBRE: GAYTAN FLORES FRANCISCO
 DIRECCION: CARR QRO KM 20.5 FTE URECHO
 LOCALIDAD:

Estimado usuario:

En su contrato de energía eléctrica en vigor, se fijaron **500 KW**, por concepto de carga contratada, sin embargo, durante el periodo de la **facturación mayo a la facturación julio** se han registrado demandas medidas por **596 KW, 612 KW y, 627 KW** respectivamente, mismas que rebasan el valor de su carga contratada, lo cual implica formular nuevo contrato para establecer las nuevas condiciones del suministro.

La Cláusula Décima Quinta del Contrato de Suministro de Energía Eléctrica establece para el usuario el requisito de comunicar por escrito al suministrador su nueva carga y demanda, 15 días después de que ésta se haya incrementado, a efecto de ajustar el depósito de garantía y, la aportación por capacidad de transformación correspondiente (en caso de requerirse).

Para cumplir con lo anterior, es necesario que acuda a la Sucursal citada en **Calle B. Juárez 108 en Ezequiel Montes, Qro**, en un plazo no mayor de **5 días** para hacer el pago de los ajustes correspondientes a su depósito de garantía.

Agradecemos de antemano su buena disposición para regularizar las condiciones de su contrato, lo cual evitará inconvenientes futuros.

ATENTAMENTE

ING. LEONARDO SUAREZ GARCIA
 Agente Comercial - Ag Ezequiel Montes

Ing. Lic. J. Alberto Longoria V - Jefe depto. Comercial ZSJR.
 Archivo

Figura 3.1 Notificación por parte de Comisión Federal de Electricidad

Por normas de Comisión Federal de Electricidad, para la tarifa HM, la demanda contratada la fijará inicialmente el usuario; su valor no será menor del 60% de la carga total conectada, ni menor de 100 kilowatts o la capacidad del mayor motor o aparato instalado.

En el caso de que el 60% de la carga total conectada exceda la capacidad de la subestación del usuario, solo se tomará como demanda contratada la capacidad de dicha subestación a un factor de 90%.

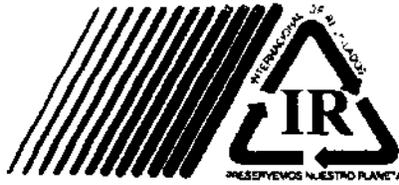
Sin embargo la modificación al contrato de suministro se realiza para tener solamente un incremento de 300 kW de Demanda contratada, y un incremento de 300 kW de Carga conectada, para establecer las nuevas condiciones de suministro como sigue:

800 kW de Demanda contratada

800 kW de Carga conectada

Se establecen estas condiciones ya que cubren ampliamente más del 60% de cualquiera de las dos líneas producción (92.5% para la línea 1 y 96.0% para la línea 2). Esto debido a que se considera que inicialmente no operarán las dos líneas de extrusión y compactado en forma simultánea y a plena carga.

Enseguida se presenta el trámite llevado a cabo para la actualización del contrato de suministro. Este trámite se lleva a cabo en las instalaciones de la Agencia Comercial de Comisión Federal de Electricidad.



INTERNACIONAL DE RECICLADOS

Urecho, Colón, Qro a 21 de agosto de 2001

ATENCIÓN: ING. LEONARDO QUEZADA GARCÍA
AGENTE COMERCIAL. - Ag. EZEQUIEL MONTES
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD.
ASUNTO: SOLICITUD DE INFORMACION SOBRE
REGULARIZACIÓN DE CONTRATO.

POR ESTE CONDUCTO SE LE SOLICITA HACERNOS LLEGAR UN INICOR PARA ATENDER SERVICIO EN EL Km. 20.5 DE LA CARRETERA BERNAL - CADEREYTA, EN URECHO MUNICIPIO DE COLÓN. LOS PUNTOS A TRATAR SON LOS SIGUIENTES:

1- TRAMITES A REALIZAR, PARA LLEVAR A CABO LA REGULARIZACION DE NUESTRO CONTRATO DE SUMINISTRO.

2- EL MONTO DEL PAGO DIFERENCIA DE DEPOSITO DE GARANTIA.

3- EL MONTO DE LA APORTACION CAPACIDAD DE TRANSFORMACION CORRESPONDIENTE.

NUESTRAS NUEVAS CONDICIONES DE SUMINISTRO SON LAS SIGUIENTES:

CARGA CONECTADA: 800KW
 DEMANDA CONTRATADA: 800KW

AGRADECEMOS DE ANTELAS LA ATENCION PRESTADA AL PRESENTE.

ATTE. ING. EDUARDO BERBER TORRES
 MITO ELECTRICO, PLANTA URECHO

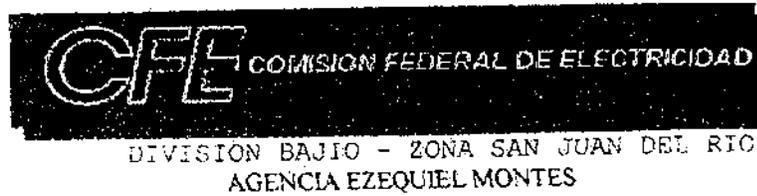
C. p. Sr. Francisco Gaytan Flores. Director General
 C. p. Ing. Alfredo Zendejas Franco. Gerente de Planta



OFICINAS: Blvd. Bernardo Quintana No. 524-5
 Santiago de Querétaro, Qro.

Tel: (41) 224 07 87 Fax: ...
 E-mail: ...

Figura 3.2 Autorización por parte de "Internacional de Reciclados"



Ezequiel Montes Qro. a 22 de agosto de 2001

NOMBRE: GAYTAN FLORES FRANCI
DIRECCION: CARR QRO KM 20.5 FTE URECHO
MUNICIPIO: COLON

Estimado usuario:

De acuerdo a la información que me solicita en su oficio del 21 de agosto del presente, en la cual solicita un incremento en su demanda contratada para **800 kw**, se deben de cumplir los siguientes requisitos para la regularización de su contrato.

- 1.- Hacer pago de diferencia para deposito de garantía que, en su caso sería de \$ 36. 280.00 (TREINTA Y OCHO MIL DOSCIENTOS OCHENTA PESOS 00/100 MN).
- 2.- Hacer pago poro aportación de kvas, que para el mes de agosto de 2001, sus valores son:
 $(300/09) * (\$ 639.00) = \$ 213. 000.00$ (DOSCIENTOS TRECE MIL PESOS 00/100 M.N), en oficinas de Zona San Juan del Río.
- 3.- Traer carta del pento de la SEMIP para actualizar la carga contratada.
- 4.- Mandar su petición por escrito de la demanda que, desean al Ing. José Ruíz Corona Superintendente de Zona San Juan del Río.

ATENTAMENTE.

ING. LEONARDO GUEZADA GARCIA
Agente Comercial - Ag Ezequiel Montes

C. c. p Archivo

Figura 3.3 Respuesta de Comisión Federal de Electricidad



**INTERNACIONAL DE
RECICLADOS**

Urrecho, Colón, Qro. a 21 de agosto de 2001

**ATENCIÓN: ING. JOSÉ RUIZ CORONA
SUPERINTENDENTE DE ZONA
DE SAN JUAN DEL RÍO.
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD.
ASUNTO: SOLICITUD DE DEMANDA A CONTRATAR**

POR ESTE CONDUCTO SE LE SOLICITA LA AUTORIZACIÓN PARA AJENDER
SERVICIO EN EL Km. 20.5 DE LA CARRETERA BERNAL - CADEREYTA, EN URRECHIO
MUNICIPIO DE COLÓN. LOS PUNTOS A TRATAR SON LOS SIGUIENTES.

- 1- TRÁMITES A REALIZAR, PARA LLEVAR A CABO LA REGULARIZACION DE
NUESTRO CONTRATO DE SUMINISTRO.
- 2- EL MONTO DEL PAGO POR DIFERENCIA DE DEPOSITO DE GARANTIA.
- 3- EL MONTO DE LA AFORTACIÓN POR CAPACIDAD DE TRANSFORMACIÓN
CORRESPONDIENTE.

NUESTRAS NUEVAS CONDICIONES DE SUMISTRO SON LAS SIGUIENTES:

CARGA CONECTADA: 800KW
DEMANDA CONTRATADA: 800KW

AGRADESCO DE ANTEMANO LA ATENCIÓN PRESTADA AL PRESENTE.

ATTE. ING. EDUARDO BURBER TORRES
MTTO. ELECTRICO, PLANTA URRECHIO

C.e.p. Sr. Francisco Gaytan Flores Director General
C.e.p. Ing. Alfredo Zendejas Franco Gerente de Planta
C.e.p. Atlixco

OFICINAS: Blvd. Bernardo Quintana No. 524-5
Santiago de Querétaro, Qro.

Figura 3.4 Autorización por parte de "Internacional de Reciclados"



COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
DIVISION BAJIO
ZONA SAN JUAN DEL RIO

31 de Agosto del 2001

OFICIO No. PLAN-075-2001

EXPEDIENTE 015/2001

Asunto: Presupuesto de Cargos por
Obras Específicas y de ampliación.

INTERNACIONAL DE RECICLADOS

PLANTA: KM. 20.5 CARR. BERNAL-CADEREYTA
URECHO, MPIO. DE COLON.
OFICINAS: BLVD. BERNARDO QUINTANA No. 524-5
SANTIAGO DE QUERETARO, QRO.
TEL. 01 (42) 24 07 81
FAX.01 (42) 24 12 15

ATN Ing. Eduardo Berber Torres
Mto. Eléctrico, Planta Urecho

Con relación a la solicitud de suministro de energía bajo el Régimen de Aportaciones de fecha 21 de Agosto del 2001, para dotar de Servicio de Energía Eléctrica a su **PLANTA INTERNACIONAL DE RECICLADOS**, que se localiza en **EL KM 20.5 DE LA CARRETERA BERNAL-CADEREYTA, EN URECHO**, Municipio de **COLON**, Estado de **QUERETARO**, y como un complemento a nuestro oficio de fecha 15 de Agosto del 2001, en el que se le comunica que debe regularizar su servicio, con el presente nos permitimos comunicarle el resultado de los estudios que hemos realizado

1. - Características

De acuerdo con las necesidades expresadas en su solicitud, las características del servicio que proporcionaremos serán las siguientes:

Demanda actual contratada	500 KW
No. de Cuenta (92DP03C010920035)	
Demanda Solicitada	300 KW
Demanda Final	800 KW
Tensión de suministro	34.5 KV
Tolerancia en la tensión	±10 %
Frecuencia	60 HERTZ
Tolerancia en la frecuencia	±0.8 %
Numero de fases e hilos	3F-4H
Tarifa	H - M
La medición de energía y potencia se Efectuará en el nivel de	Media Tensión

2. - Aportación a cargo del solicitante

La aportación por concepto de Ampliación, de acuerdo con el Reglamento de la Ley de Servicio Público de Energía Eléctrica, Materia de Aportaciones, será la siguiente:

2.1. - Cargo por Ampliación	\$ 212,787.00
I.V.A	\$ 31,918.00
APORTACION TOTAL	\$ 244,705.00

ELECTRICIDAD PARA EL PROGRESO DE MEXICO
Presupuesto No. PLAN-075-2001
Página 1 de 2

Figura 3.5 Respuesta de la Superintendencia de Zona San Juan del Río parte 1



COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
DIVISION BAJIO
ZONA SAN JUAN DEL RIO

3. - Forma y tiempo de pago

El solicitante pagará anticipadamente y en una sola exhibición el total de aportación, en cuyo caso recibiremos en calidad de aportación y sin reembolso la cantidad de **\$ 244, 705.00 (DOCIENTOS CUARENTA Y CUATRO MIL SETECIENTOS CINCO PESOS 00/100 .N.)**, la cual podrá pagarse en nuestra caja de Zona San Juan del Río, ubicada en Pablo Cabrera esquina Alvaro Obregón, en esta ciudad de San Juan del Río, Qro.

4. - Vigencia

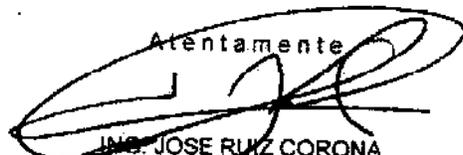
Este presupuesto tendrá una vigencia de dos meses, contada a partir de la fecha en que haya sido entregado al solicitante para su revisión y aceptación. Transcurrido dicho plazo sin que el solicitante haya efectuado el pago de la aportación o convenido la forma de cubrirlo, el presupuesto quedará sin efecto y, en su caso, sujeto a actualización.

El solicitante del servicio cubrirá el costo administrativo por la actualización del presupuesto en el momento de solicitarla, de acuerdo con el Reglamento de la Ley de Servicio Público de Energía Eléctrica, en materia de Aportaciones en su Artículo 37.

5 - Aspectos Complementarios

Estos presupuestos no incluyen pagos por derechos de servidumbre de paso, cruzamiento con vías de comunicaciones (ferrocarriles, carreteras, etc.), estudios y acciones relativos al impacto ambiental los cuales en caso de requerirse serán cubiertos por el propio solicitante y cedidos a C.F.E. gratuitamente de acuerdo al Artículo 36 del citado Reglamento.

Para cualquier aclaración o información adicional le solicitamos dirigirse a esta Superintendencia de Zona ubicada en { Alvaro Obregón # 63, esq. Blvd. Pablo Cabrera, tel. 01-(427)-2 04 30 y 2 11 52} en la ciudad de San Juan del Río, Qro.

Atentamente

ING. JOSE RUIZ CORONA,
Superintendente de Zona San Juan del Río.

C.c.p.
L.A.E J. Alberto Longoria Vacío.- Jefe Depto. Comercial Zona.
Ing. Alfredo Álvarez Alfaro.- Jefe Depto. Medición y Servs.
Ing. Luis Hernández Meza.- Superintendente Regional Ezequiel Montes
Ing. Leonardo Quezada García.- Agente Comercial Ezequiel Montes.
Consecutivo.
Expediente.

JRC/JCFA/aef

3.3.2 Cálculo del Depósito de Garantía Adicional.

Para la tarifa horaria, para servicio general en media tensión HM, con demanda de 100kW o más, Comisión Federal de Electricidad, establece que:

El depósito de garantía será de 2 veces el importe que resulte de aplicar el cargo por demanda facturable a la demanda contratada.

Para el mes de agosto de 2001, la tarifa para actualización del depósito de garantía es de \$127.60 (2 x \$63.80, \$63.80 es el cargo por kW de demanda facturable al mes de agosto), por cada kW de demanda contratada; por lo tanto la actualización del depósito de garantía es de:

$$300 \text{ kW} \times \$127.60 = \$38,280.00 \quad (3.1)$$

Donde: 300 kW es el incremento de carga en el contrato.

Y

$$\$127.60 = 2 \times \$63.80, \quad (3.2)$$

Donde \$63.80 es el cargo por kW de demanda facturable al mes de agosto.

El depósito de garantía permanece en custodia de la Comisión Federal de Electricidad, se utiliza para cubrir los adeudos del servicio de energía eléctrica cuando éste se da de baja por falta de pago, si el usuario da por terminado el contrato de suministro y no existen adeudos, el mismo usuario puede recuperar el importe del depósito de garantía.

3.3.3 Cálculo de la Aportación por Ampliación.

La aportación, por concepto de ampliación en kVA, en la capacidad de transformación adicional, de acuerdo con el Reglamento de la Ley del Servicio de Energía Eléctrica en Materia de Aportaciones es la siguiente:

$$333.33 \text{ kVA} \times \$639.00 = \$213,000.00 + \text{IVA} \quad (3.3)$$

Donde: 333.33 kVA = (300 kW / .9) es el incremento de carga en kVA.

\$639.00 es el cargo por kVA adicional al mes de agosto.

De esta manera se denota la importancia de mantener la instalación eléctrica de cualquier empresa dentro de los reglamentos y normas eléctricas, tener registros de consumo de energía eléctrica; ya que en muchos casos se interpreta como un “algo” que mantiene en funcionamiento una planta productiva, cuando es tan importante como cualquier materia prima dentro un proceso de producción, para así evitar trámites imprevistos como consecuencia de una mala administración y control de los consumos.

CAPÍTULO 4

ADMINISTRACIÓN Y COSTO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

4.1 INTRODUCCIÓN

El proceso de administración de los recursos energéticos, es indispensable en toda empresa, y consiste en la aplicación de diversas técnicas que permitan alcanzar la máxima eficiencia en el uso de los energéticos utilizados, su objetivo consiste en procurar una mejor utilización de la infraestructura existente y reducir los desperdicios de energía. Con una planeación cuidadosa y un control eficiente del uso de la energía eléctrica, se pueden tener ahorros económicos significativos. Controlar o reducir los costos de la energía eléctrica no significa no usarla o sacrificar la producción para lograrlo, sino usarla de manera eficiente y controlada.

4.2 DIAGNÓSTICO DE USO DE LA ENERGÍA

Mediante un diagnóstico energético se detectan medidas de ahorro cuya aplicación es inmediata, consiste en: la inspección del estado y conservación de las instalaciones, el análisis de los registros de operación y mantenimiento que rutinariamente se llevan a cabo en cada instalación, así como, el análisis de información estadística de consumos y pagos por concepto de energía eléctrica y combustibles. Al realizar este tipo de diagnósticos se deben considerar los detalles detectados visualmente y que se consideren como desperdicio de energía.

En este tipo de estudios no se pretende efectuar un análisis exhaustivo del uso de la energía, sino establecer medidas de aplicación inmediata.

El aspecto más importante de un programa de Administración de los Recursos Energéticos es, que resuelve problemas específicos.

Una Auditoría Energética es la parte esencial de un programa, y para ello deberá de contar con los siguientes puntos que engloban todo el desarrollo del programa.

- 1.- Entender la facturación de la energía.
- 2.- Analizar costos.
- 3.- Estimar Ahorros.
- 4.- Estudiar desperdicios de energía.
- 5.- Estudiar cargos de alta demanda.
- 6.- Estudiar equipos con bajo factor de potencia.
- 7.- Establecer planes de control de la energía para lo estudiado.
- 8.- Monitoreo continuo de los planes de control.

4.3 LA FACTURACIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

Entender como está integrado el cobro de Energía Eléctrica resulta esencial ya que los datos de la factura revelan algunos aspectos importantes del comportamiento del consumo, esto quiere decir, que no solo nos dice cuanto consumimos, sino también como lo consumimos. De esta forma podemos adentrarnos en el estudio de los elementos que en mayoría contribuyen al costo, analizando su comportamiento y estableciendo los planes necesarios para controlar y mejorar su utilización.

4.3.1 El Recibo de Energía Eléctrica.

Conocer los diferentes conceptos que tiene el recibo de energía eléctrica proporciona ayuda para consultarlo más fácilmente, para demostrarlo se presenta la identificación de cada uno de los conceptos contenidos en el recibo (figura 4.1).

Descripción de conceptos:

- 1.- Nombre o razón social, dirección, población y entidad federativa donde se proporciona el servicio.
- 2.- R.F.C.: Corresponde al Registro Federal de Contribuyente.
- 3.- Número de cuenta: Este número permite localizar al usuario dentro del sistema de Comisión Federal de Electricidad.
- 4.- Periodo de consumo: fechas en que fue leído el medidor, indicando el periodo en que se consumió la energía eléctrica.
- 5.- Lugar de expedición.
- 6.- Tipo de medidor: Identifica el tipo de medidor.

CONS	Consumo	(kWh)
------	---------	-------

DEM	Demanda	(kW)
-----	---------	------

F.P. reactivos (kVArh)

- 7.- Número de medidor: Número de identificación de los medidores.
- 8.- Lectura anterior y lectura actual: Son las lecturas del medidor correspondientes al periodo de consumo.
- 9.- Diferencia: Entre lectura actual y lectura anterior.
- 10.- Multiplicador: Constante que resulta de los transformadores de potencial y corriente instalados.*

* (Los transformadores de instrumento tienen una relación de transformación que es el número resultante de dividir el valor de entrada en el primario entre el valor de salida en el secundario. El producto de la relación de transformación del transformador de tensión por la relación de transformación del transformador de corriente da como resultado el multiplicador de lecturas. El multiplicador de lecturas normalmente se utiliza cuando el equipo de medición incluye transformadores de instrumento, los transformadores de instrumento sirven para tener una referencia a escala de grandes valores de corriente y tensión eléctrica a un valor pequeño manejable por los medidores).

- 11.- Fecha de expedición.

12.- Tarifa: indica la tarifa que se aplica por el consumo de energía eléctrica que se proporciona.

13.- Demanda máxima en kWh: es la demanda medida en kW, e indica la demanda máxima medida en cualquier intervalo de 15 minutos, en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en el periodo de facturación del consumo.

14.- Consumo en kWh: energía activa utilizada durante el periodo de consumo; se obtiene de multiplicar la diferencia de lecturas por el multiplicador.

15.- kVArh: Energía reactiva registrada durante el periodo de consumo; se obtiene de multiplicar la diferencia de lecturas por el multiplicador.

16.- % F.P.: Es el coseno del arco cuya tangente es la relación de los kVArh y los kWh multiplicados por 100 para expresarlo en porcentaje (%).

17.- % F.C.: Es la resultante de dividir el consumo de kWh entre la demanda máxima medida (kW) por el número de horas del periodo multiplicado por 100 para expresarlo en porcentaje (%).

18.- Cargos: Aquí se detallan los diferentes conceptos que integran el importe total de la factura, dependiendo de las condiciones del servicio pueden ser los siguientes:

- Energía: es el resultado de aplicar las cuotas de energía de la tarifa correspondiente a los kWh consumidos (punto 14).
- Demanda: es el resultado de aplicar la tarifa correspondiente a cada kW de demanda máxima medida (punto 13).
- Medición BT o Medición AT: Bonificación o cargo del 2% por medición en el lado secundario o primario del transformador. **

** En los servicios que se proporcionan en alta o media tensión, el suministrador podrá efectuar la medición de la energía eléctrica consumida y de la demanda máxima, en el lado secundario o primario de los transformadores del usuario.

Existe un cargo cuando: En los servicios que se proporcionan en alta tensión, el suministrador podrá efectuar la medición de la energía eléctrica consumida y de la demanda máxima, en el lado del secundario o en el del primario de los

transformadores del usuario. Si se hiciera en el lado del secundario, las facturaciones se aumentan en un 2% (dos por ciento).

Existe una bonificación: En los servicios con tarifa de baja tensión, si la medición se hiciera en el lado primario de los transformadores, las facturaciones se disminuirán en un 2% (dos por ciento).

- FP: Bonificación por factor de potencia superior al 90% o cargo por factor de potencia menor a 90%.
- DAP: Derecho de alumbrado público.
- IVA: Impuesto al valor agregado.

19.- Total a pagar: Suma de los conceptos anteriores.

20.- Clave del envío: Indica si existen condiciones especiales de entrega del recibo.

21.- Fecha límite de pago: Último día para liquidar la factura.

22.- Datos históricos: Se muestran los kWh, kW de demanda máxima, porcentaje de factor de potencia y porcentaje de factor de carga de los últimos tres meses, así como el correspondiente al mismo mes del año anterior, información que le sirve para conocer y controlar el consumo de energía eléctrica.

23.- Código que identifica esta factura.

Se tratarán por separado los conceptos que intervienen en el cálculo de los diferentes cargos mencionados en punto 18 del apartado anterior:

Cargos: Aquí se detallan los diferentes conceptos que integran el importe total de la factura, dependiendo de las condiciones del servicio pueden ser los siguientes:

- Cargo por Consumo de Energía: es el resultado de aplicar las cuotas de energía de la tarifa correspondiente a los kWh consumidos.

Por lo tanto la energía consumida en el mes de Agosto fue:

Periodo	Consumo	Costo	Cargo
Punta:	15,300 kWh	\$ 1.1801	\$ 18,055.53
Intermedio:	144,300 kWh	\$ 0.3687	\$ 53,203.41
Base:	93,600 kWh	\$ 0.3062	\$ 28,660.32

El cargo por consumo de energía en el mes de Agosto es de:

Energía = \$ 99,919.26

Energía de punta es la energía consumida durante el periodo de punta

Energía intermedia es la energía consumida durante el periodo intermedio.

Energía de base es la energía consumida durante el periodo de base.

Estos periodos se definen en cada una de las regiones tarifarias para distintas temporadas del año, como se describe a continuación. Se indicará solo la Región Sur, ya que es la de nuestro interés.

Regiones Central, Noreste, Norte y Sur

Del primer domingo de abril al sábado anterior al último domingo de octubre

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
Lunes a viernes	0:00-6:00	6:00-20:00, 22:00-24:00	20:00-22:00
Sábado	0:00-7:00	7:00-24:00	
Domingo y festivo	0:00-19:00	19:00-24:00	

Del último domingo de octubre al sábado anterior al primer domingo de abril

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
Lunes a viernes	0:00-6:00	6:00-18:00, 22:00-24:00	18:00-22:00
Sábado	0:00-8:00	8:00-19:00, 21:00-24:00	19:00-21:00
Domingo y festivo	0:00-18:00	18:00-24:00	

- Cargo por Demanda: es el resultado de aplicar la tarifa correspondiente a cada kW de demanda máxima medida (punto 13).

La demanda facturable se define como lo establece la ecuación (4.1):

$$DF = DP + FRI \times \max(DI - DP, 0) + FRB \times \max(DB - DPI, 0) \quad (4.1)$$

Donde:

DP es la demanda máxima medida en el periodo de punta.

DI es la demanda máxima medida en el periodo intermedio.

DB es la demanda máxima medida en el periodo de base.

DPI es la demanda máxima medida en los periodos de punta e intermedio.

FRI y FRB son factores de reducción que tendrán los siguientes valores, dependiendo de la región tarifaria:

REGIÓN	FRI	FRB
Baja California	0.141	0.070
Baja California Sur	0.195	0.097
Central	0.300	0.150
Noreste	0.300	0.150
Noroeste	0.162	0.081
Norte	0.300	0.150
Peninsular	0.300	0.150
Sur	0.300	0.150

En las fórmulas que definen las demandas facturables, el símbolo “max” significa máximo, es decir, que cuando la diferencia de demandas entre paréntesis sea negativa, ésta tomará el valor cero.

Cualquier fracción de kilowatt de demanda facturable se tomará como kilowatt completo.

Por tanto, la demanda en kW a facturar en el mes, se calcula con la ecuación 4.1:

$$DF = DP + FRI \times \max(DI - DP, 0) + FRB \times \max(DB - DPI, 0)$$

$$DF = 681 + .3 \times (672 - 681) + .15 (702 - 681)$$

$$DF = 681 + (-2.7) + 3.15$$

$$DF = 681 + 0 + 3.15 = 684.15$$

$$\mathbf{DF = 685 KW}$$

Tomando el valor del cargo por kW de demanda facturable para la región Sur correspondiente al estado de Querétaro, el cargo del mes es de:

$$\text{Demanda} = 685 \text{ kW} \times \$63.80$$

$$\mathbf{\text{Demanda} = \$ 43,703.00}$$

Cuotas aplicables en el mes de agosto:

Se aplicarán los siguientes cargos por la demanda facturable, por la energía de punta, por la energía intermedia y por la energía de base:

Región	Cargo por kW de demanda facturable	Cargo por kW-h de energía de punta	Cargo por kW-h de energía intermedia	Cargo por kW-h de energía base
Baja California	\$92.01	\$1.2574	\$0.3480	\$0.2737
Baja C. Sur	\$88.40	\$1.0090	\$0.4829	\$0.3418
Central	\$63.80	\$1.2050	\$0.3856	\$0.3220
Noreste	\$58.63	\$1.1134	\$0.3580	\$0.2931
Noroeste	\$110.76	\$1.0669	\$0.3822	\$0.3074
Norte	\$58.91	\$1.1214	\$0.3614	\$0.2941
Peninsular	\$65.88	\$1.2607	\$0.4041	\$0.3099
Sur	\$63.80	\$1.1801	\$0.3687	\$0.3062

- Cargo por FP: Bonificación por factor de potencia superior al 90% o cargo por factor de potencia menor a 90%.

El cargo por bajo factor de potencia (menor de 90%), se efectúa de acuerdo a la ecuación (4.2) siguiente:

$$\% \text{ de Cargo} = 3 / 5 \times ((90 / \text{F.P.}) - 1) \times 100 \quad (4.2)$$

El porcentaje no será superior a 120%

La bonificación por alto factor de potencia (igual o mayor de 90%), se efectúa de acuerdo a la ecuación (4.3):

$$\% \text{ de Bonificación} = 1 / 4 \times (1 - (90 / \text{F.P.})) \times 100 \quad (4.3)$$

El porcentaje no excederá el 2.5%

Los valores resultantes de la aplicación de estas fórmulas se redondearán a un solo decimal por defecto o por exceso - según sea o no menor que 5 (cinco) el segundo decimal, en ningún caso se aplicarán porcentajes de recargo superiores a 120%, ni porcentajes de bonificación superiores a 2.5%. Así, en nuestro caso se tiene un factor de potencia de 77.78 % < 90 %, por lo que se aplica la fórmula (4.4) para el cargo por bajo factor de potencia:

$$\% \text{ de Cargo} = 3 / 5 \times ((90 / \text{F.P.}) - 1) \times 100 \quad (4.4)$$

$$\% \text{ de Cargo} = 3 / 5 \times ((90 / 77.8) - 1) \times 100$$

$$\% \text{ de Cargo} = 9.4 \%$$

Este porcentaje de cargo por bajo factor de potencia se aplica a la suma del cargo por energía y el cargo por demanda:

El Cargo por bajo factor de potencia es de **\$ 13,500.49**

- Cargo del 8% por Derecho de alumbrado público. Este porcentaje se aplica a la suma del cargo por energía, el cargo por demanda y el cargo por factor de potencia:

El Cargo por Derecho de alumbrado público es de **\$ 12,569.82**

- Impuesto al valor agregado (IVA) de 13.889 %. Este porcentaje se aplica a la suma del cargo por energía, el cargo por demanda, el cargo por factor de potencia y alumbrado público:

El Impuesto al Valor Agregado es de **\$ 23,568.60**

Así el importe total a facturar para el mes de Agosto es la suma de todos los cargos anteriores: **\$ 193,261.17**

Con la estimación de costos de energía eléctrica, es posible llevar a cabo un control de la demanda de la energía eléctrica, y con esto la planeación de un programa de ahorro de energía para tener un uso más racional y eficiente al tener un mayor control en los sistemas de alumbrado, uso de aire acondicionado y de manera importante la planeación de la producción al aplicar el uso de tarifas horarias como en este caso

El análisis económico debe incluir el costo de inversión por las modificaciones, contra el valor presente de los ahorros de energía, de posibles mejoras en la productividad y en la confiabilidad de la operación de la instalación.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.

En general, con el desarrollo de este trabajo y la mejora de la instalación eléctrica de *“Internacional de Reciclados”* se cumple con los objetivos planteados que son:

- Actualización del contrato de suministro de energía eléctrica celebrado con la Comisión Federal de Electricidad, a las necesidades actuales de la planta.

Como se expuso en los Capítulos 2 y 3 la causa principal de la modificación del contrato de suministro de energía eléctrica es el exceso de carga instalada, debido a la adquisición e instalación de la segunda línea de producción en el sistema de la planta. Comisión Federal de Electricidad, con los registros que

realiza mensualmente de consumo de energía eléctrica es como identifica este incremento.

Por lo que se procedió a realizar las correspondientes observaciones a la instalación eléctrica y correcciones pertinentes.

Dentro de las principales anomalías, destacan las siguientes:

- Falta de un tablero de distribución general con equipo de medición.
- Distribución subterránea inadecuada del transformador a los CCM.
- Instalación inadecuada del sistema eléctrico de la línea 1 de producción.
- Falta de aterrizado de los equipos.
- Bajo factor de potencia.
- Alumbrado inadecuado en el área de producción y alumbrado exterior.

Ante estos aspectos se tomaron las siguientes medidas correspondientes:

- Se instaló tablero de distribución general con interruptor de 1200 Amp, 600 VCA con equipo para medición de energía.
- Se hizo cambio de distribución subterránea, por alimentación aérea por medio de charola, hacia el tablero principal.
- Se hizo la redistribución de cargas por medio de circuitos derivados para hacer el sistema más selectivo y seguro.
- Se realizó el aterrizado de maquinaria, transformadores, equipos y charolas para asegurar su continuidad con varillas existentes y nuevas.
- Instalación capacitores en forma directa en los CCM.
- Diseño del sistema de alumbrado interior con lámparas adecuadas y alumbrado exterior con autocontrol por medio de foto celdas.

Para prevenir estas situaciones, lo recomendable es realizar un estudio y una buena planeación como se ha indicado en el Capítulo 1, Tema 1.2.4, para que al tramitar el contrato con la compañía suministradora no dejar este, tan corto con respecto a la carga realmente instalada, más aún cuando la capacidad en KVA de la subestación está sobrada con respecto a la carga realmente instalada.

- Se actualizan los diagramas unifilares del sistema de acuerdo con las condiciones reales, mostrando cual es la forma más selectiva de la instalación para una mejor coordinación de las protecciones, incluyendo información de los sistemas de protección instalados, los cuadros de cargas con los equipos que integran una nueva línea de producción y sus dispositivos de protección, ya que la mayor parte de esta información no se mantenía actualizada.

- Se presentó el proceso de actualización del contrato de suministro de energía eléctrica celebrado con la Comisión Federal de Electricidad, como también la forma de facturar la energía eléctrica según el tipo de tarifa. En general, las tarifas tratan de eliminar el consumo en las horas de mayor demanda que normalmente son entre las 18:00 y las 22:00 hrs., de lunes a sábado o desplazar el mayor consumo a las horas de baja demanda y menor costo; dentro del marco de ahorro de energía están también la instalación de bancos capacitores para la corrección del factor de potencia, monitoreo de circuitos, eliminación de armónicos, arranque secuencial de motores.

- El cálculo de los niveles de cortocircuito en el circuito principal del sistema de distribución de la Planta con la finalidad garantizar la operación segura de los interruptores de protección, para establecer el límite inferior de corriente de interrupción en caso de sustitución o instalación de nuevos equipos y para la selección de las protecciones principales en alta y baja tensión.

Con los cambios hechos en la instalación, la reducción en la frecuencia de interrupciones es factible, técnica y económicamente viable, ya que permite la

recuperación de la inversión a corto plazo y proporciona una óptima protección a los equipos del sistema eléctrico.

Con el método expuesto para el cálculo de corrientes de cortocircuito y la metodología seguida en este trabajo, se brinda las herramientas necesarias para realizar un estudio de cortocircuito en el sistema eléctrico de cualquier edificio o sistema industrial en general.

5.2 RECOMENDACIONES.

Cuando se tiene planeado el crecimiento de la carga, es recomendable contratar una carga mayor al necesario con la compañía suministradora desde inicio, esto puede generar un desembolso económico mayor, sin embargo puede prevenir muchos trámites posteriores que implican nuevos gastos por actualización de la contratación, depósitos de garantía, contratación de terceros para que se avale el cumplimiento de normas etc.

El factor que influyó adversamente, fuera del alcance de este trabajo y que es muy recomendable que se llave a cabo, es la verificación de la instalación eléctrica por parte de una Unidad Verificadora de Instalaciones Eléctricas, como se establece en los requisitos de Comisión Federal de Electricidad, sin embargo se hizo una revisión detallada de la instalación eléctrica tomando en cuenta los siguientes puntos:

Seguridad: Observando que las instalaciones cumplan con las normas de seguridad, además de que no representen peligro para los operarios o usuarios, ni para los equipos mismos o inmuebles.

Funcionalidad: Observando que las instalaciones sean adecuadas para el uso que se les destina, tanto en capacidad, calidad de materiales y equipo, ubicación, etc.

Para que la Unidad Verificadora de Instalaciones Eléctricas avale el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas aplicables a la memoria de cálculo, cálculo de los alimentadores, protecciones de alimentadores, la red de tierras de la subestación, incluyendo el equipo de alta tensión, los tableros principales y derivados; las canalizaciones, la distribución de alumbrado, de contactos, de fuerza, etc, para la regularización del contrato de suministro de energía.

Se sugiere llevar a cabo cuanto antes la sustitución de interruptores y el reajuste de los dispositivos de protección para reducir así la frecuencia media de interrupción. Y verificar la capacidad de interrupción de todos los interruptores de salida a cada circuito ramal de cada tablero de distribución a nivel de 460V.

Hacer uso del Cálculo de Corrientes de Cortocircuito para elegir las características adecuadas de los equipos eléctricos al momento de realizar nuevas instalaciones y/o de hacerse modificaciones al sistema.

Cuando la capacidad de interrupción de los interruptores sea menor a la corriente de cortocircuito, éstos deben ser sustituidos por otros con mayor capacidad para disminuir las de interrupciones de energía y minimizar el riesgo de daño a equipos y/o personas.

El reemplazo de cualquier interruptor o fusible deberá ser idéntico o equivalente, en cuanto a capacidad de interrupción y características de tiempo - corriente, a los equipos a ser reemplazados. Para nuevas instalaciones los niveles de cortocircuito máximos calculados deben servir como base para elegir la capacidad de interrupción de los equipos de protección.

Ante cualquier ocurrencia de fallas deberán ser revisados los circuitos afectados, así como los equipos de protección involucrados para proceder al reemplazo efectivo de los componentes perjudicados.

Continuar con los planes de mantenimiento existentes para así disminuir la probabilidad de ocurrencia de fallas o condiciones anormales de funcionamiento, reduciendo así la frecuencia de interrupciones en los procesos de producción.

Continuar con la actualización de los planos de la instalación y el inventario de nuevos equipos que se adquieren, para llevar un control más preciso de las cargas que se conectan y del consumo de energía eléctrica que se tiene.

Se sugiere además que posteriormente, se realice un estudio profundo de armónicos donde se ubiquen con exactitud sus fuentes y las posibles soluciones para reducirlos a valores aceptables evitando así posibles pérdidas de la selectividad causada por mala operación de los equipos de protección, además del sobrecalentamiento de conductores, transformadores y motores, así como el bloqueo de controladores programables y de procesos. Esto se puede lograr con la instalación de filtros de armónicos que confinen éstos en la cercanía de sus fuentes y se limiten así sus efectos nocivos, en particular su posible influencia sobre las protecciones eléctricas.

ANEXO

A	CUADROS DE CARGAS	70
B	PLANOS Y DIAGRAMAS UNIFILARES	74

A CUADROS DE CARGAS

CCM No. 1, 440 VOLTS, 3 FASES, 60HZ							
EXTRUSOR LÍNEA 1							
No Y NOMBRE DE CADA MOTOR	MOTOR				ARRANCADOR		
	HP	KW	AMPS	MARCA	RELÉ DE SOBRECARGA	CONTACTOR	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO
1.- BOMBA DE ACEITE	¾	0.56	1.4	FRANKLIN ELEC.	2.5 AMP	5 HP	40 AMP
2.- VENTILADOR	¾	0.56	1.4	FRANKLIN ELEC.	2.5 AMP	5 HP	40 AMP
3.- BOMBA HIDRÁULICA	3	2.23	4.2	US MOTORS	6.25 AMP	5 HP	40 AMP
4.- PELETIZADOR	15	11.19	19	SIEMENS	21 AMP	15 HP	25 AMP
5.- TRANSPORTADOR	2	1.49	3.1	BALDOR	2.5 AMP	5 HP	40 AMP
6.- SECADOR	5	3.73	6.5	RELIANCE ELEC.	5.5 AMP	5 HP	40 AMP
7.- BOMBA DE AGUA 2	3	2.23	4.2	SIEMENS	5.5 AMP	5 HP	40 AMP
POTENCIA TOTAL = 21.99 KWATTS							

CCM No. 3, 440 VOLTS, 3 FASES, 60HZ							
EXTRUSOR LÍNEA 2							
No Y NOMBRE DE CADA MOTOR	MOTOR				ARRANCADOR		
	HP	KW	AMPS	MARCA	RELÉ DE SOBRECARGA	CONTACTOR	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO
1.- VENTILADOR	5	3.73	6.5	WESTINGHOUSE	8.5 AMP	5 HP	15 AMP
2.- BOMBA HIDRÁULICA	5	2.23	6.5	US MOTORS	6 AMP	5 HP	15 AMP
3.- PELETIZADOR	15	11.19	19	SIEMENS	25 AMP	15 HP	30 AMP
4.- TRANSPORTADOR	2	1.49	3.2	BALDOR	2 AMP	5 HP	15 AMP
5.- SECADOR	5	3.73	6.5	RELIANCE ELEC.	8 AMP	5 HP	15 AMP
6.- VENT. TRANS.	5	3.73	6.5	RELIANCE ELEC.	6 AMP	5 HP	15 AMP
7.- BOMBA DE AGUA 1	3	2.23	4.2	SIEMENS	7 AMP	5 HP	15 AMP
POTENCIA TOTAL = 28.33 KWATTS							

CCM No. 2, 440 VOLTS, 3 FASES, 60HZ							
COMPACTADORA LÍNEA 1							
No Y NOMBRE DE CADA MOTOR	MOTOR				ARRANCADOR		
	HP	KW	AMPS	MARCA	RELÉ DE SOBRECARGA	CONTACTOR	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO
1.- COMPACTADORA	450	335.7	491	TECO	ARRANCADOR DE ESTADO SÓLIDO		1000 AMP
2.- BOMBA DE ACEITE	3	2.23	4.2	BALDOR	7 AMP	7.5 HP	20 AMP
3.- ORUGA	1.5	1.11	2.25	US MOTORS	2.5 AMP	7.5 HP	20 AMP
4.- SOPLADOR	7.5	5.6	9.5	WESTINGHOUSE	8.5 AMP	15 HP	30 AMP
5.- BANDA TRANSPORT	3	2.23	4.2	WESTINGHOUSE	4 AMP	7.5 HP	20 AMP
POTENCIA TOTAL = 346.9 KWATTS							

CCM No. 4, 440 VOLTS, 3 FASES, 60HZ							
COMPACTADORA LÍNEA 2							
No Y NOMBRE DE CADA MOTOR	MOTOR				ARRANCADOR		
	HP	KW	AMPS	MARCA	RELÉ DE SOBRECARGA	CONTACTOR	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO
1.- COMPACTADORA	450	335.7	491	TECO	ARR. ESTRELLA - DELTA		1000 AMP
2.- BOMBA DE ACEITE	3	2.23	4.2	BALDOR	7 AMP	5 HP	15 AMP
3.- ORUGA	1.5	1.11	2.25	US MOTORS	2.5 AMP	5 HP	15 AMP
4.- SOPLADOR	7.5	5.6	9.5	WESTINGHOUSE	8.5 AMP	15 HP	30 AMP
5.- BANDA TRANSPORT	3	2.23	4.2	WESTINGHOUSE	4 AMP	5 HP	15 AMP
6.- EXTRACTOR VAPOR	5	3.73	6.5	BALDOR	6 AMP	5 HP	15 AMP
POTENCIA TOTAL = 350.6 KWATTS							

CCM No. 5, 440 VOLTS, 3 FASES, 60HZ							
TRITURADOR							
No Y NOMBRE DE CADA MOTOR	MOTOR				ARRANCADOR		
	HP	KW	AMPS	MARCA	RELÉ DE SOBRECARGA	CONTACTOR	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO
1.- TRITURADOR	125	93.25	138	GENERAL ELEC.	190 AMP	150 HP	250
2.- BOMBA DE ACEITE	5	3.73	6.5	GENERAL ELEC.	9.5 AMP	5 HP	10
5.- BANDA TRANSPORT	2	1.49	3.2	RELIANCE ELEC.	3.4 AMP	5 HP	10
POTENCIA TOTAL = 98.47 KWATTS							

TABLERO INTEGRADO A 220 VOLTS, 3 FASES, 60HZ							
SHILLER							
No Y NOMBRE DE CADA MOTOR	MOTOR				ARRANCADOR		
	HP	KW	AMPS	MARCA	RELÉ DE SOBRECARGA	CONTACTOR	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO
1.- COMPRESOR	7.5	5.6	23		28 AMP	10 HP	30 AMP
2.- BOMBA DE AGUA	2	1.49	5.7	CALPEDA	2,5 AMP	5 HP	4.5 AMP
3.- VENTILADOR 1	0.75	0.56	2.1	ZIEHL- ABEG	2,5 AMP	5 HP	4.5 AMP
4.- VENTILADOR 2	0.75	0.56	2.1	ZIEHL- ABEG	11 AMP	5 HP	15 AMP
POTENCIA TOTAL = 8.21 KWATTS							

OTROS MOTORES, 440 VOLTS, 3 FASES, 60 HZ							
No Y NOMBRE DE CADA MOTOR	MOTOR				ARRANCADOR		
	HP	KW	AMPS	MARCA	RELÉ DE SOBRECARGA	CONTACTOR	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO
1.- COMPRESOR AIRE	7.5	5.6	9.5	BALDOR	28 AMP	10 HP	30 AMP
2.- EXTRACTOR DE VAPOR	40	29.84	54	US MOTORS	60 AMP	50 HP	70 AMP
POTENCIA TOTAL = 35,44 KWATTS							

DRIVE DE CD LÍNEA 1, 440 VOLTS, 3 FASES, 60 HZ							
No Y NOMBRE DE CADA MOTOR	MOTOR				ARRANCADOR		
	HP	KW	AMPS	MARCA	RELÉ DE SOBRECARGA	CONTACTOR	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO
1.- MOTOR EXTRUDER LÍNEA 1	300	223.8	269	WER Electrostat			800 AMP
POTENCIA TOTAL = 223,8 KWATTS							

DRIVE DE CD LÍNEA 2, 440 VOLTS, 3 FASES, 60 HZ							
No Y NOMBRE DE CADA MOTOR	MOTOR				ARRANCADOR		
	HP	KW	AMPS	MARCA	RELÉ DE SOBRECARGA	CONTACTOR	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO
2.- MOTOR EXTRUDER LÍNEA 2	400	298.4	358	WESTINGHOUSE			700 AMP
POTENCIA TOTAL = 298,4 KWATTS							

CCT No.1, 440 VOLTS, 3 FASES, 60 HZ								
SISTEMA DE CALENTAMIENTO EXTRUDER LÍNEA 1								
NÚMERO DE CADA ZONA	RESISTENCIA			CIRCUITO DERIVADO			ARRANCADOR	ITM
	KW	AMPS	MARCA	LONG m	V %	CAL. COND.	RELÉ DE MERCURIO	AMPS
ZONA 1 (2F)	15	34.0	TEMPCO	14	0.7	10 AWG	2 X 35 AMP	3 X 40
ZONA 2 (2F)	15	34.0	TEMPCO	13	0.651	10 AWG	2 X 35 AMP	3 X 40
ZONA 3 (2F)	15	34.0	TEMPCO	13	0.651	10 AWG	2 X 35 AMP	3 X 40
ZONA 4 (2F)	15	34.0	TEMPCO	14	0.7	10 AWG	2 X 35 AMP	3 X 40
ZONA 5 (2F)	15	34.0	TEMPCO	15	0.752	10 AWG	2 X 35 AMP	3 X 40
ZONA 6 (2F)	15	34.0	TEMPCO	15	0.752	10 AWG	2 X 35 AMP	3 X 40
ZONA 7 (2F)	8	18.2	TEMPCO	16	0.427	12 AWG	2 X 35 AMP	3 X 20
ZONA 8 (2F)	8	18.2	TEMPCO	16	0.427	12 AWG	2 X 35 AMP	3 X 20
ZONA 9 (2F)	2	4.54	TEMPCO	17	0.113	12 AWG	2 X 35 AMP	3 X 16
ZONA 10 (2F)	2	4.54	TEMPCO	17	0.113	12 AWG	2 X 35 AMP	3 X 16
ZONA 11 (2F)	4	9.10	TEMPCO	19	0.285	12 AWG	2 X 35 AMP	3 X 16
ZONA 12 (3F)	6	7.87	TEMPCO	19	0.229	12 AWG	3 X 35 AMP	3 X 16
POTENCIA TOTAL = 120 KWATTS								

(2F, dos fases; 3F, tres fases)

CCT No. 2, 440 VOLTS, 3 FASES, 60 HZ								
SISTEMA DE CALENTAMIENTO EXTRUDER LÍNEA 2								
NÚMERO DE CADA ZONA	RESISTENCIAS 440VOLTS			CIRCUITO DERIVADO			ARRANCADOR	ITM
	KW	AMPS	MARCA	LONG m	V %	CAL. COND.	RELÉ DE MERCURIO	AMPS
ZONA 1 (3F)	26	34.12	TEMPCO	13	0.427	10 AWG	3 X 60 AMP	3 X 40
ZONA 2 (3F)	26	34.12	TEMPCO	13	0.427	10 AWG	3 X 60 AMP	3 X 40
ZONA 3 (3F)	26	34.12	TEMPCO	12	0.394	10 AWG	3 X 60 AMP	3 X 40
ZONA 4 (3F)	12	15.74	TEMPCO	11	0.265	12 AWG	3 X 35 AMP	3 X 20
ZONA 5 (3F)	12	15.74	TEMPCO	10	0.241	12 AWG	3 X 35 AMP	3 X 20
ZONA 6 (3F)	12	15.74	TEMPCO	9	0.217	12 AWG	3 X 35 AMP	3 X 20
ZONA 7 (3F)	12	15.74	TEMPCO	9	0.217	12 AWG	3 X 35 AMP	3 X 20
ZONA 8 (3F)	6	7.87	TEMPCO	8	0.096	12 AWG	3 X 35 AMP	3 X 15
ZONA 14 (3F)	6	7.87	TEMPCO	13	0.157	12 AWG	3 X 35 AMP	3 X 15
RESISTENCIAS 230 VOLTS								
ZONA 9 (2F)	6	26.1	TEMPCO	10	0.4	10 AWG	3 X 35 AMP	3 X 30
ZONA 10 (2F)	4	17.4	TEMPCO	11	0.294	12 AWG	2 X 35 AMP	3 X 20
ZONA 11 (2F)	2	8.7	TEMPCO	11	0.147	12 AWG	2 X 35 AMP	3 X 15
ZONA 12 (2F)	2	8.7	TEMPCO	11	0.147	12 AWG	2 X 35 AMP	3 X 15
ZONA 13 (2F)	4	17.4	TEMPCO	12	0.32	12 AWG	2 X 35 AMP	3 X 20
POTENCIA TOTAL = 156 KWATTS								

B PLANOS Y DIAGRAMAS UNIFILARES.

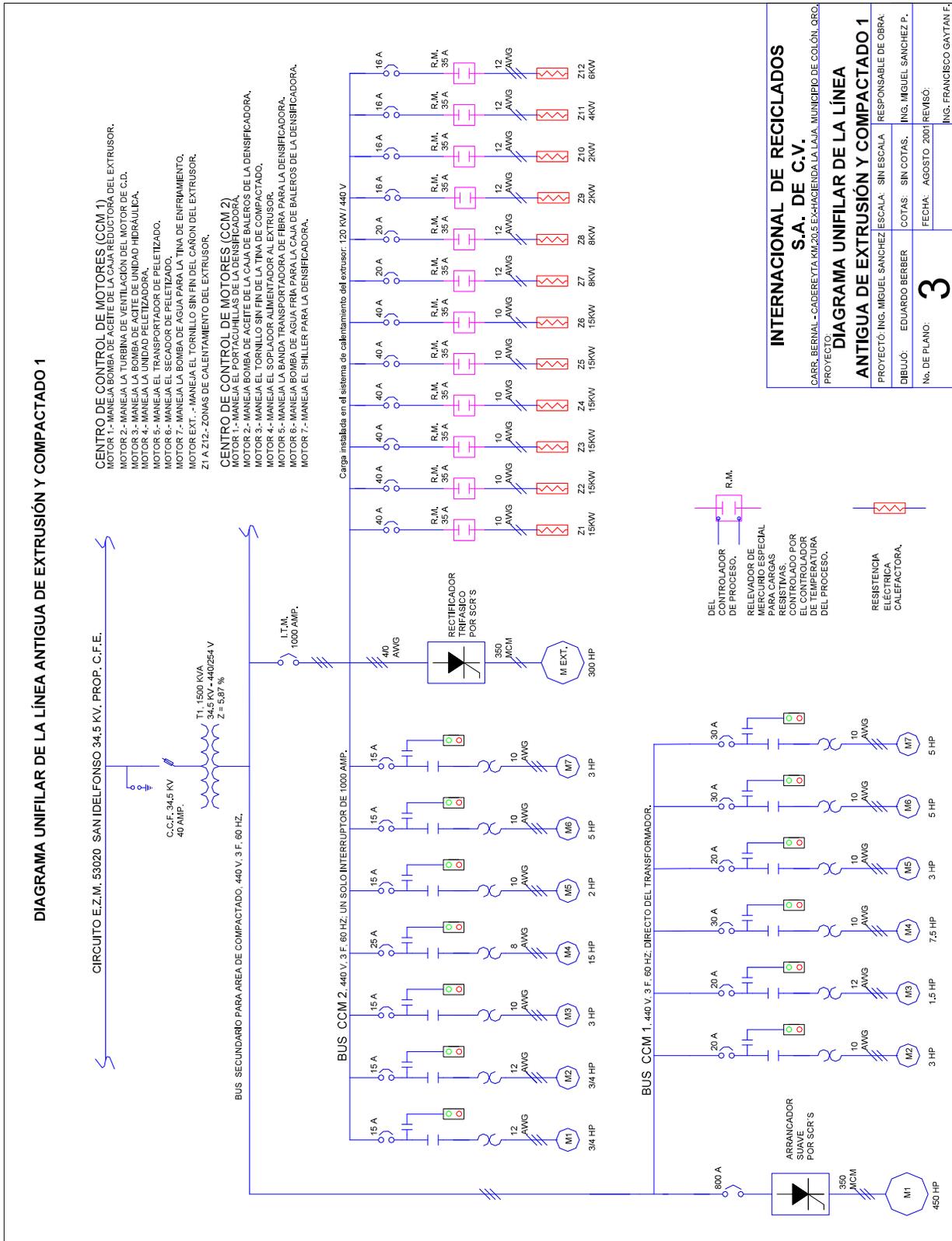


Figura A1 Diagrama unifilar del sistema de la línea antigua de extrusión y compactado 1

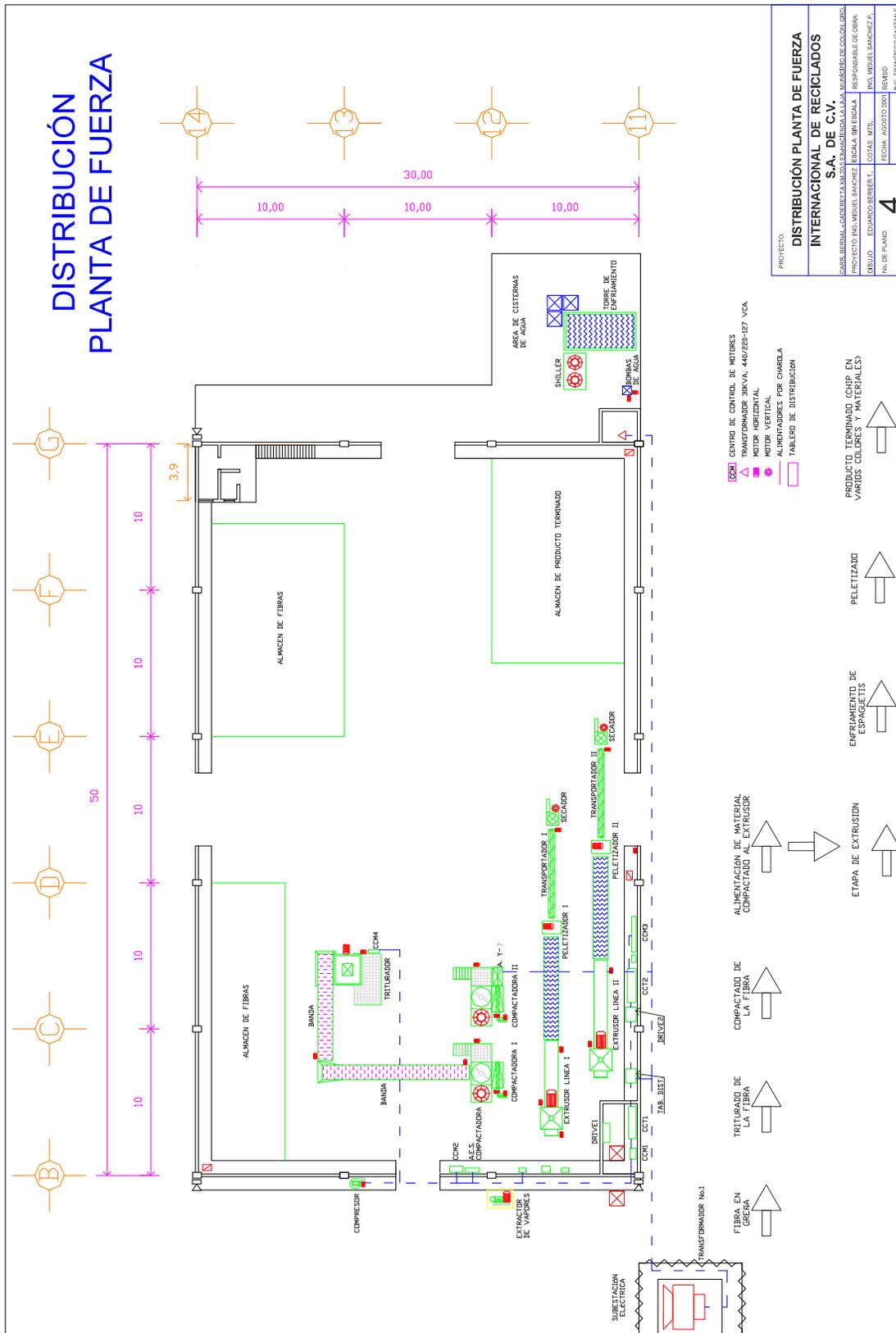


Figura A2 Plano de la distribución de la planta de fuerza

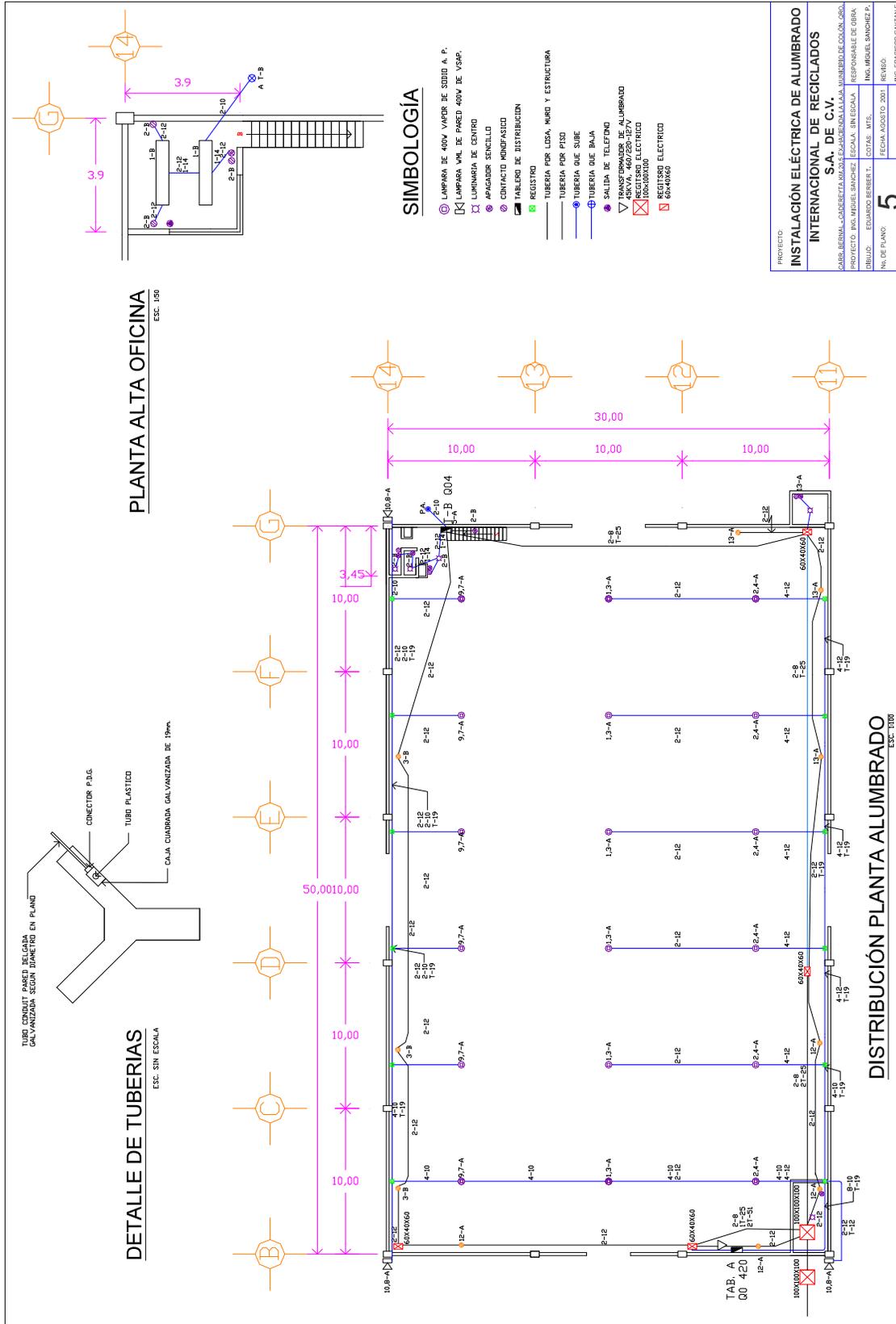


Figura A3 Plano de la distribución e instalación de alumbrado

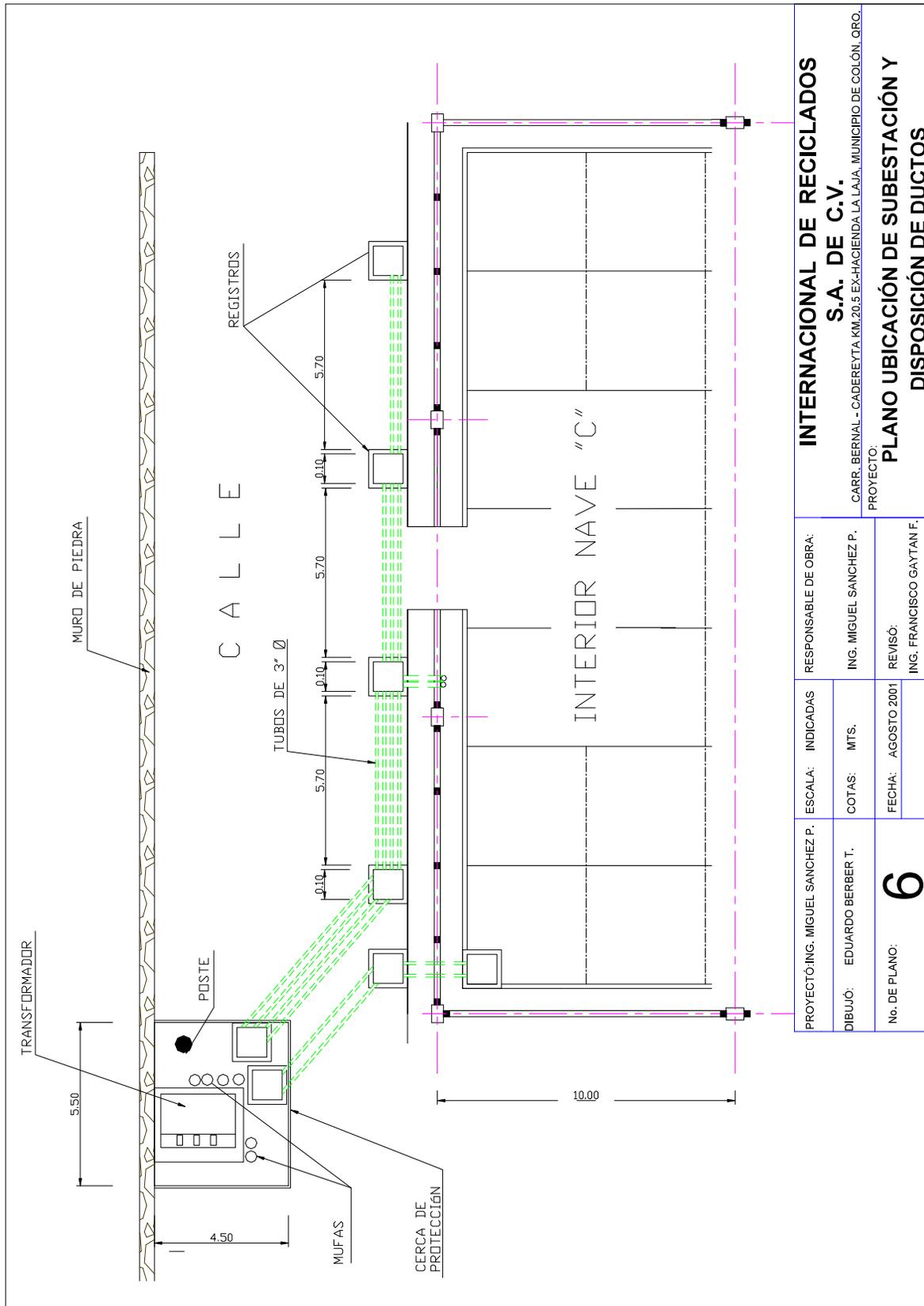


Figura A4 Plano de la ubicación de subestación y disposición de ductos

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Pedro Camarena. *Manual de Mantenimiento Eléctrico Industrial*, Editorial CECSA.
- [2] Irwin Lazar. *Análisis y Diseño de Sistemas Eléctricos para Plantas Industriales*, Editorial LIMUSA.
- [3] Pedro Camarena M. *Instalaciones Eléctricas Industriales*, Editorial CECSA.
- [4] Antonio López, J. Guerrero – Strachan. *Instalaciones Eléctricas para Proyectos y Obras*, Editorial Paraninfo.
- [5] Gilberto Enríquez Harper. *Fundamentos de Instalaciones Eléctricas de Mediana y Alta Tensión*, Editorial LIMUSA.
- [6] Ing. Rafael Romo de Vivar Pavón. *Seminario: Estrategias y Técnicas Administrativas para Ahorro de Energía Eléctrica en la Industria*.
- [7] *Manual del Electricista*, Grupo Condumex.
- [8] Gilberto Enríquez Harper. *Elementos de la Instalaciones Eléctricas Industriales*, Editorial LIMUSA.
- [9] John J. Grainger/William D. Stevenson Jr. *Análisis de Sistemas de Potencia*, Mc Graw Hill Interamericana.
- [10] Gilberto Enríquez Harper. *El ABC de las Instalaciones Eléctricas Industriales*, Editorial LIMUSA.