



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

**“ANÁLISIS COMPARATIVO EN EL ESTUDIO DE AHORRO  
ENERGÉTICO Y SU APLICACIÓN EN LA PREVENCIÓN DE  
PELIGROS Y ACCIDENTES ELÉCTRICOS EN PLANTA DE  
PROCESO DE PASTA CORTA DE LA FÁBRICA SUMESA”**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD**  
**Especialización: ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**  
**INDUSTRIAL**

**Presentada por:**

**Manuel Oswaldo Flores Cordero**  
**Janina Juana Segura Espinoza**  
**Nelly Elizabeth Velasco Galarza**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**  
**2008**

## **AGRADECIMIENTO**

Gratitud infinita a DIOS y a nuestra Familia que en todo momento depositaron su confianza y apoyo al desarrollo de nuestras carreras.

Un agradecimiento especial para el Ingeniero Juan Gallo, quien nos brindo su apoyo de forma desinteresada con sus conocimientos.

## **DEDICATORIA**

A nuestros padres y hermanos por el apoyo  
brindado en el transcurso de todos los años  
de estudios, quienes han sido siempre  
nuestra fuerza moral.

# TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

---

**Ing. Gustavo Bermudez**  
**DECANO DE LA FIEC**

---

**Ing. Juan Gallo G.**  
**DIRECTOR DE TESIS**

---

**Ing. Jorge Flores.**  
**VOCAL**

---

**Ing. Holger Cevallos.**  
**VOCAL**

## DECLARACIÓN EXPRESA

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

(Reglamento de graduación de la ESPOL).

---

Manuel O. Flores Cordero

---

Janina J. Segura Espinoza

---

Nelly E. Velasco Galarza

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>XI</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>XIII</b>

### CAPÍTULO I

<b>1. GENERALIDADES.....</b>	<b>1</b>
1.1. Introducción y Antecedente.....	1
1.1.1. Consumo energético en industrias .....	1
1.1.2. Ahorro y eficiencia energética.....	3
1.2. Objetivos del Proyecto .....	4

### CAPÍTULO II

<b>2. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE PROCESO DE PASTA</b>	
<b>CORTA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Diagrama de flujo del proceso.....	8
2.1.1 Máquina prensa.....	9
2.1.2 Máquina troqueladora.....	12
2.1.3 Máquina corta pluma .....	15
2.2 Proceso de secado .....	17
2.2.1 Estación trabato.....	18

2.2.2	Estación presecado .....	20
2.2.3	Estación secado (5pisos).....	23
2.2.4	Almacenamiento en Silos.....	25

## **CAPÍTULO III**

<b>3. ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL SISTEMA ELÉCTRICO .....</b>	<b>26</b>
3.1 Inspección y reconocimiento.....	26
3.1.1 Descripción de la instalación .....	29
3.1.2 Diagrama eléctrico.....	30
3.1.3 Especificación técnica de los equipos de la planta.....	31
3.2 Medición y registro de consumo .....	34
3.2.1 Demanda de energía (planillas de consumo) .....	37
3.3 Reingeniería del sistema eléctrico .....	52
3.4 Diagnóstico energético.....	68
3.4.1 Objetivos .....	68
3.4.2 Actividades .....	69
3.4.3 Aspectos a diagnosticar .....	69
3.4.4 Tipos de diagnósticos energéticos .....	70
3.4.5 Aplicación del diagnóstico energético.....	75
3.4.6 Medidas de aplicación en el diagnóstico energético de segundo grado.....	78

## **CAPÍTULO IV**

<b>4. APLICACIÓN DE LAS NORMAS NFPA.....</b>	<b>81</b>
4.1 Norma de seguridad de equipos eléctricos.....	82
4.2 Norma de seguridad de alimentadores de energía.....	86
4.2.1 Transformadores de potencia.....	86
4.2.2 Paneles de control o distribución.....	92
4.2.3 Conductores de alimentación .....	96
4.3 Norma de seguridad de protecciones eléctricas .....	101
4.3.1 Protección contra sobrecargas.....	101
4.3.2 Protección contra cortocircuito .....	105
4.3.3 Protección contra electrocución.....	107
4.4 Aplicación del sistema de puesta a tierra.....	109

## **CAPÍTULO V**

<b>5. EVALUACIÓN Y VALORIZACIÓN DE RIESGOS ELÉCTRICOS .....</b>	<b>119</b>
5.1 Análisis de los riesgos eléctricos .....	119
5.1.1 Identificación de peligros eléctricos.....	120
5.1.2 Identificación de riesgos.....	122
5.2 Informes, formatos y reglamentos aplicados .....	126



5.2.1	Formatos a utilizar para la aplicación de reglamentos.....	127
5.2.2	Reglamentos a aplicar en un sistema eléctrico.....	134
5.3	Metodología de Hazop.....	137
5.4	Aplicación del método Hazop en la planta Sumesa.....	145

## **CAPÍTULO VI**

<b>6.</b>	<b>ANÁLISIS ENERGÉTICO Y MINIMIZACIÓN DE LOS RIESGOS.....</b>	<b>150</b>
6.1	Sistema de iluminación .....	151
6.1.1	Comparación entre las iluminancias existentes y recomendadas.....	151
6.2	Motores eléctricos.....	162
6.3	Transformadores.....	166
6.4	Instalaciones eléctricas.....	169
6.5	Compensación de energía reactiva.....	171
6.5.1	Caso de compensación reactiva .....	172
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>178</b>
	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>179</b>

ANEXOS

GLOSARIO DE TÉRMINOS

BIBLIOGRAFÍA

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página	
Figura 1	Energía facturada vs años	3
Figura 2.1	Prensa	9
Figura 2.2	Troqueladora	12
Figura 2.3	Corta pluma	15
Figura 2.4	Secado	17
Figura 2.5	Trabato	18
Figura 2.6	Pisos	23
Figura 3.1	Planta de pasta	28
Figura 3.2	Planilla eléctrica	40
Figura 3.3a	Acuse de recibo simple	48
Figura 3.3b	Potencia mensual consumida	49
Figura 3.3c	Promedio de consumo diario de Potencia	50
Figura 3.3d	Promedio de consumo diario de Corriente	51
Figura 3.4	Diagrama eléctrico del motor del tornillo (M111)	52
Figura 3.5	Diagrama de puntos de cálculo de cortocircuito	61
Figura 4.1	Motor dosificador	83
Figura 4.2	Motor de ventilación	85

Figura 4.3	Motor de banda transportadora	85
Figura 4.4	Transformador de 500KVA	91
Figura 4.5	Ingreso al cuarto de transformadores	91
Figura 4.6	TB1 Tablero de distribución	92
Figura 4.7	Bandeja de cables(transformadores)	100
Figura 4.8	Bandeja de cables(motores)	100
Figura 4.9	Dispositivos de protección	103
Figura 4.10	Protección contra electrocución	107
Figura 4.11	Puesta a tierra (transformadores)	118
Figura 6.1	Sectores de la pasta corta 1000	153

## ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 3.1 Menú energético	35
Tabla 3.2 Menú energético	36
Tabla 3.3a Especificación de diseño (panel prensa)	66
Tabla 3.3b Especificación de diseño (panel secaderos)	67
Tabla 3.4 Menú energético	76
Tabla 3.5 Lista de verificación para motores eléctricos	79
Tabla 4.1 Espacio de trabajo	109
Tabla 6.1 Iluminancias recomendadas	152
Tabla 6.2 Tipos de lámparas	155
Tabla 6.3 Carga eléctrica del motor	163
Tabla 6.4 Valor de potencia reactiva corregida	174
Tabla 6.5 Costo proporcional de la Energía Activa sin ahorro	175
Tabla 6.6 Costo proporcional de la Energía Reactiva sin ahorro	176

## **RESUMEN**

Hoy en día se hace imprescindible realizar estudios para ahorrar energía eléctrica a fin de obtener una reingeniería de los sistemas ya existentes y de esta manera no solamente estaríamos optimizando nuestro sistema sino que también estaríamos reduciendo los peligros eléctricos que pudieran suceder en la planta de pasta.

Nuestro trabajo esta enfocado en el proceso de la pasta corta 1000, analizaremos cada uno de los procesos de producción, a su vez realizaremos el análisis del sistema eléctrico actual.

Nuestro siguiente objetivo será la realización de una reingeniería del sistema eléctrico actual, basado en las normas NFPA.

También se aplicara un estudio de análisis de riesgo Eléctrico (Hazop), a fin de medir los índices de riegos, con el cual podemos aplicar políticas de seguridad donde reduciremos los índices de riesgos en las áreas de trabajo.

## **TITULO DE PROYECTO:**

**ANALISIS COMPARATIVO EN EL ESTUDIO DE AHORRO ENERGETICO Y SU APLICACIÓN EN LA PREVENCION DE PELIGROS Y ACCIDENTES ELECTRICOS EN PLANTA DE PROCESO DE PASTA CORTA DE LA FABRICA SUMESA.**

**Integrantes:** Manuel Flores Cordero  
Janina Segura Espinoza  
Nelly Velasco Galarza

## **Objetivo General.-**

El objetivo de este trabajo es la realización de un estudio comparativo entre las actuales instalaciones eléctricas de la planta de proceso de pasta corta y la reingeniería del sistema eléctrico basado en la aplicación de las normas NFPA.

## **RESUMEN:**

**Sumesa S.A**, empresa fundada en 1973, es una fábrica de productos de pastas, jugos y agua en [Guayaquil](#) y de sólidos como fresco solo, sazónador en [Perú](#).

Hoy en día se hace imprescindible realizar estudios para ahorrar energía eléctrica a fin de obtener una reingeniería de los sistemas ya existentes y de esta manera no solamente estaríamos optimizando nuestro sistema sino que también estaríamos reduciendo los peligros eléctricos que pudieran suceder en la planta de pasta.

Nuestro trabajo esta enfocado en el proceso de la pasta corta 1000, analizaremos cada uno de los procesos de producción, a su vez realizaremos el análisis del sistema eléctrico actual. Nuestro siguiente objetivo será la realización de una reingeniería del sistema eléctrico actual, basado en las normas NFPA.

También se aplicara un estudio de análisis de riesgo Eléctrico (Hazop), a fin de medir los índices de riegos, con el cual podemos aplicar políticas de seguridad donde reduciremos los índices de riesgos en las áreas de trabajo.

Guayaquil, 23 de noviembre del 2006

Señor Ing.  
Holger Cevallos U.  
Subdecano de la FIEC

En su despacho.-

De nuestras consideraciones:

Nosotros estudiantes de la facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación Especialización Electrónica y Automatización Industrial, Flores Cordero Manuel Oswaldo con matrícula # 199504143, Segura Espinoza Janina Juana con matrícula # 199907189 y Velasco Galarza Nelly Elizabeth con matrícula # 199816224, inscritos en el tópico de graduación "**Estudios para Valorización de Riesgos de Sistemas Eléctricos Industriales y Comerciales en Baja Tensión**", nos dirigimos a usted muy comedidamente para presentar nuestro temario de tesis con el título: "**ANALISIS COMPARATIVO EN EL ESTUDIO DE AHORRO ENERGETICO Y SU APLICACIÓN EN LA PREVENCION DE PELIGROS Y ACCIDENTES ELECTRICOS EN PLANTA DE PROCESO DE PASTA CORTA DE LA FABRICA SUMESA**".

Agradecemos de antemano por el trámite que se le sirva darle a la presente, esperando una respuesta favorable a nuestra petición.

Atentamente,

Flores Cordero Manuel  
Mat. # 199504143

Segura Espinoza Janina  
Mat. # 199907189

Velasco Galarza Nelly  
Mat.# 199816224

Ing. Juan Gallo  
DIRECTOR DE TOPICO

# CAPÍTULO 1

## **1. GENERALIDADES.**

### **1.1 Introducción y antecedentes.**

En el mundo moderno de hoy se hace imprescindible optimizar los recursos energéticos, esto solo lo podremos lograr si estamos a la vanguardia de las tecnologías existentes y con la aplicación de las normas internacionales modernas establecidas.

De esta manera no solo estaremos ahorrando recursos, sino también tendremos unas instalaciones eficientes y más seguras.

#### **1.1.1. Consumo energético en industrias.**

El sector industrial es una actividad de gran importancia para nuestro país que ha ido creciendo en una forma notable durante los últimos años.



El consumo energético en las industrias y en todos los sectores en general ha experimentado un alto crecimiento en nuestro país, así como también los consumos de energía son diversos, esto dependiendo del servicio que brindan.

Por otra parte debido al exagerado consumo energético se hace necesario que exista una concienciación del sector industrial para reducir el coste económico y el impacto del medio ambiente derivado de las actividades de este sector.

De acuerdo a datos proporcionados por la CATEG, podemos observar en los siguientes gráficos, las variaciones que ha existido en el sector eléctrico, tanto del número de usuarios como la demanda de energía Eléctrica anualmente.

Al observar la Figura 1 podemos ver que el consumo de energía se ha incrementado notablemente en el sector industrial, esto se debe a que la mayoría de industrias no aplican métodos para mejorar la eficiencia del consumo eléctrico.

De manera general la mayoría de las industrias presentan pérdidas de energía, las cuales son: Energía Eléctrica, Mecánica y Térmica.

**Grafica**  
**Energía Facturada [MWh] vs Años**

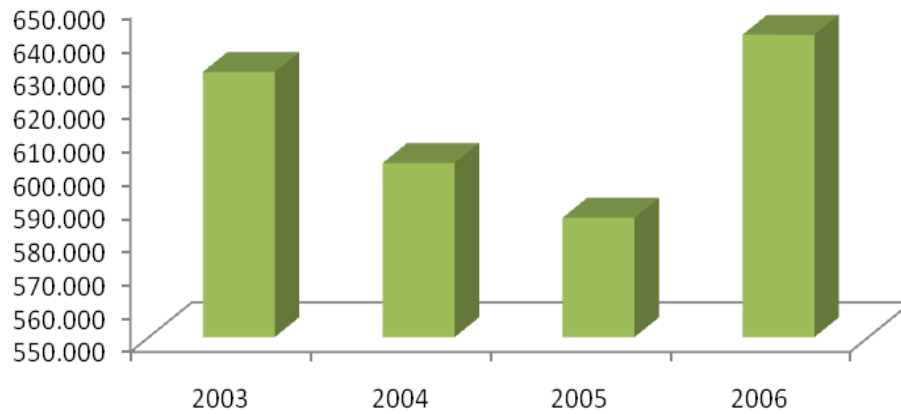


FIGURA 1. DATOS PROPORCIONADOS POR LA CATEG

### 1.1.2. Ahorro y eficiencia energética.

Debido a la preocupación por ahorrar energía se ha incentivado a reducir el consumo de energía mejorando la eficiencia energética. El bajo consumo en las industrias se logra en todos los casos si es que está bien diseñado y con la tecnología apropiada.

El consumo de energía depende de lo siguiente:

- El consumo de energía de los equipos que están instalados.
- Condiciones de Operación de cada equipo
- Tiempo de uso de cada equipo

Las mejoras en eficiencia energética, incluyen todos los cambios que conllevan una reducción de la cantidad de energía para un mismo nivel de actividad, teniendo en cuenta que la satisfacción de los requerimientos de la sociedad actual a de llevar asociado el menor costo económico, energético y ambiental posible.

## **1.2. Objetivos del proyecto.**

Este trabajo se encuentra enfocado en la realización de un análisis de las instalaciones eléctricas actuales de la fábrica Sumesa S.A. en la planta de proceso de la pasta corta 1000 con el fin de conocer a fondo de que manera y en qué situación se encuentra las instalaciones eléctricas.

Se realizará una reingeniería total del sistema eléctrico, es decir se volverá a realizar los análisis y cálculos necesarios para conocer como deberían estar las instalaciones eléctricas, basadas en la aplicación tanto de las normas NFPA 70 (NEC), como las normas NFPA 70E.

Además, realizaremos un análisis de riesgo de la planta a fin de conocer dónde y que grado de riesgo existe en esta, para poder tomar

las medidas necesarias para eliminarlas o mitigarlas. Para este análisis de riesgo aplicaremos el método de HAZOP.

De esta manera no solo estaremos obteniendo un beneficio de ahorro energético, sino que también obtendríamos unas instalaciones óptimas, es decir más seguras.

## **CAPÍTULO 2**

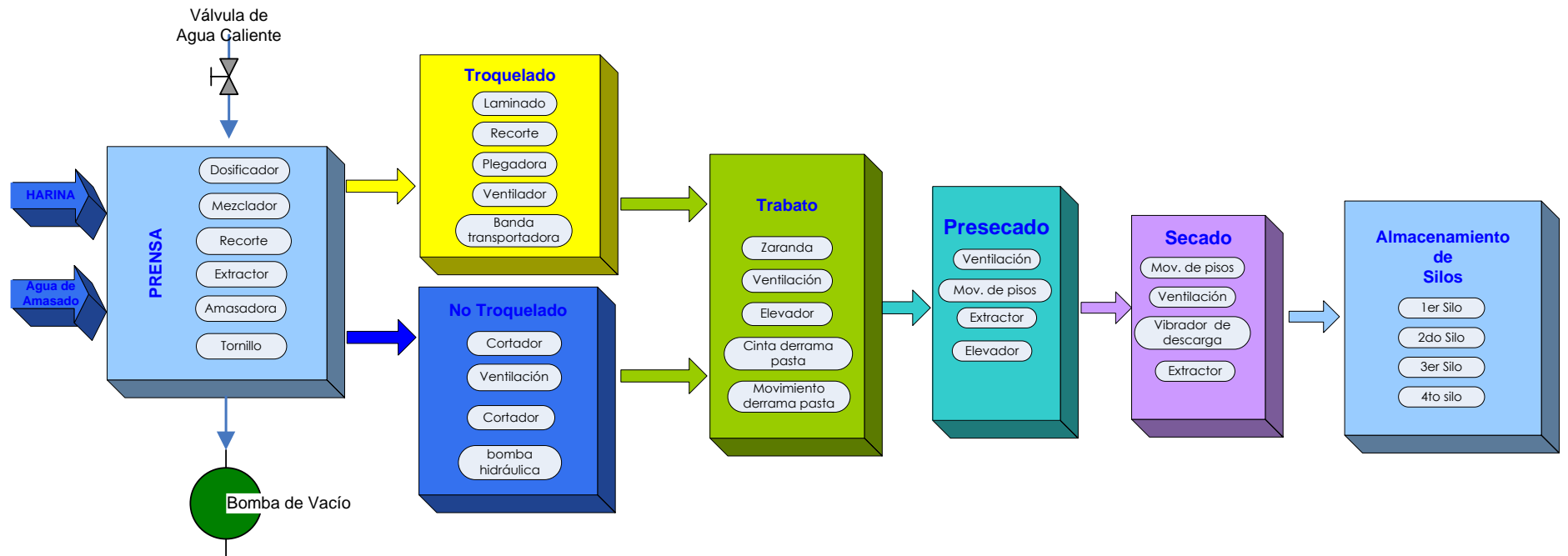
### **2. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE PROCESO DE PASTA CORTA.**

El proceso para la producción de la pasta corta 1000 (PC1000) comienza primeramente con el precalentamiento del Trabato, Presecado y Secaderos por medio del flujo de agua caliente hasta llegar a una determinada temperatura establecida.

Luego comienza el ingreso de la harina hacia la Prensa donde será mezclada con agua vitaminizada y huevos deshidratados por medio del dosificador, hasta obtener una mezcla homogénea, que pasara a la Troqueladora o hacia la no Troqueladora, en estas maquinas se encuentran los moldes a utilizar dependiendo del formato de fideo que se requiera producir, una vez obtenida la forma del fideo que deseamos, este ingresa al Trabato donde comienza el proceso de secado para luego proseguir con el presecado y que posteriormente será conducido hacia los pisos del secadero, con lo cual obtenemos el fideo completamente

seco para luego ser trasladado hacia los silos de almacenamiento y finalmente alcanzamos el producto terminado.

## 2.1. Diagrama de flujo del proceso



### 2.1.1. Máquina Prensa.

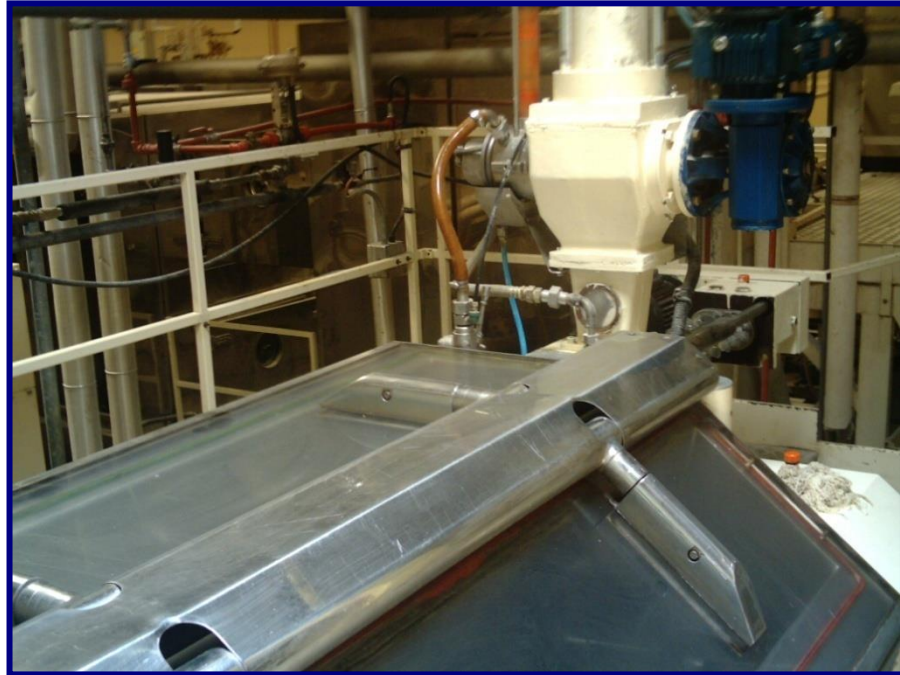


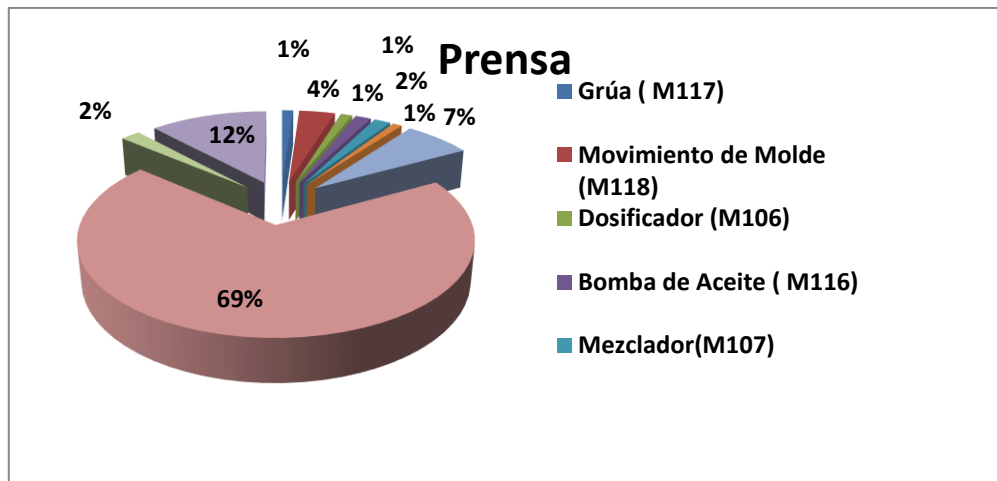
FIGURA 2.1 FUENTE: FABRICA SUMESA PRENSA

Esta máquina (FIGURA 2.1) es la que se encarga de realizar la mezcla homogénea para la producción de pasta (Fideos). La prensa se encuentra herméticamente sellada, que solamente se abre para mantenimiento, la cual está conformada por los siguientes motores eléctricos con su respectiva nomenclatura: dosificador (M106), mezclador (M107), recorte (M108), amasadora (M109), tornillo (M111) y extractor (M140).

Para el funcionamiento de la Prensa se necesita una potencia de 109.53KVA, donde el 69% del consumo corresponde al tornillo.



A continuación mostraremos en porcentaje el consumo de cada uno de los motores que constituye la máquina Prensa y su respectiva tabla con los datos de las potencias.



Prensa	KW	FP	KVA
Grúa ( M117)	0,87	0,79	1,24
Movimiento de Molde (M118)	2,72	0,82	3,99
Dosificador (M106)	0,94	0,75	1,28
Bomba de Aceite ( M116)	1,23	0,8	1,77
Mezclador(M107)	1,41	0,7	1,84
Recorte (M108)	0,79	0,7	1,03
Amasadora (M109)	5,18	0,8	7,43
Tornillo (M111)	48,29	0,88	75,79
Extractor(M140)	1,47	0,82	2,15
Bomba de Vacío(M101)	8,58	0,85	13,00
			<b>109,53</b>

Los pasos operativos a seguir en el proceso de prensado son los siguientes:

1. Se energiza el tablero de prensa y el tablero de secadero, pero previamente se deben verificar que los botones de emergencia no se encuentren activados puesto que no se podrían energizar los tableros.
2. Antes del encendido se debe tener preparado el agua que se va a utilizar para el amasado, y además saber si se usara la troqueladora o no troqueladora (máquina cabezal de cuchillo), ya que de esto depende el medidor de nivel de agua marcado por horas en la Olla.  
  
Troquelados: 8 horas.  
  
No troquelados: 4 horas.
3. Energizar tablero de la harinera y activar el selector llamada de harina.
4. Activación de vacío presionando su pulsador.
5. Encendido de bomba de Agua que se usara para el amasado.
6. Encender la aireación de motores y la amasadora.
7. Encendido del dosificador. En ese momento se inicia la alimentación de harina y agua en forma simultánea que pasa al mezclador (activado al momento que se activo el dosificador), donde se realiza el pre-amasado y que luego es descargado al recipiente de amasado.

8. Una vez que la mezcla esta homogeneizada en el recipiente de amasado, se descarga al tornillo de compresión para luego ser enviada a la máquina troqueladora o a la máquina cabezal de Cuchillo.

### 2.1.2 Máquina Troqueladora.

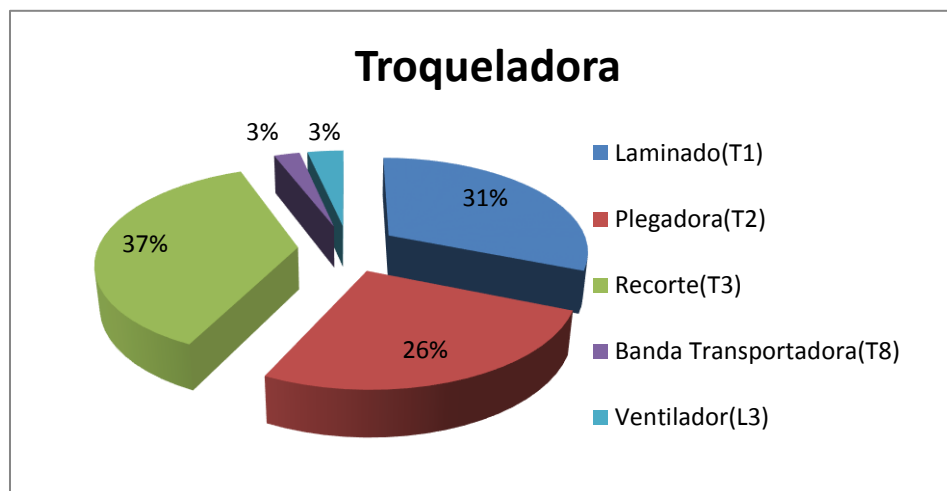


FIGURA 2.2 FUENTE: FABRICA SUMESA TROQUELADORA

La máquina Troqueladora (FIGURA 2.2) está conformada por los siguientes motores eléctricos con su respectiva nomenclatura: laminado (T1), plegadora (T2), ventilador (L3), recorte (T3), y banda transportadora (T8).

Para el funcionamiento de la Troqueladora se necesita una potencia de 17,94KVA, donde el equipo de mayor consumo, es del 37 % y que corresponde al Recorte de la pasta.

A continuación mostraremos en porcentaje el consumo de cada uno de los motores que constituye la máquina Troqueladora y su respectiva tabla con los datos de las potencias.



Troqueladora	KW	FP	KVA
Laminado(T1)	3,76	0,83	5,58
Plegadora(T2)	3,05	0,86	4,67
Recorte(T3)	4,12	0,9	6,63
Banda Transportadora(T8)	0,33	0,73	0,44
Ventilador(L3)	0,43	0,8	0,62
			17,94

Los pasos a seguir en la Troqueladora es como sigue a continuación:

1. Se energiza la máquina troqueladora desde el tablero de prensa:
2. Se activa el laminado que son dos rodillos que arrastran el paño procedente del cabezal de la prensa, para descargarlo a la plegadora.
3. Se activa la dosificadora de recortes, el recorte pasa por un triturador, luego descarga a la cinta recuperadora de recortes hasta el dosificador de recortes, siendo conducido por tuberías lo transporta al recipiente de amasado para nuevamente ser descargado al molde.
4. El producto se deposita a una banda transportadora y esta lo descarga al trabato.

### 2.1.3. Máquina Corta Pluma (fideo macarrón).

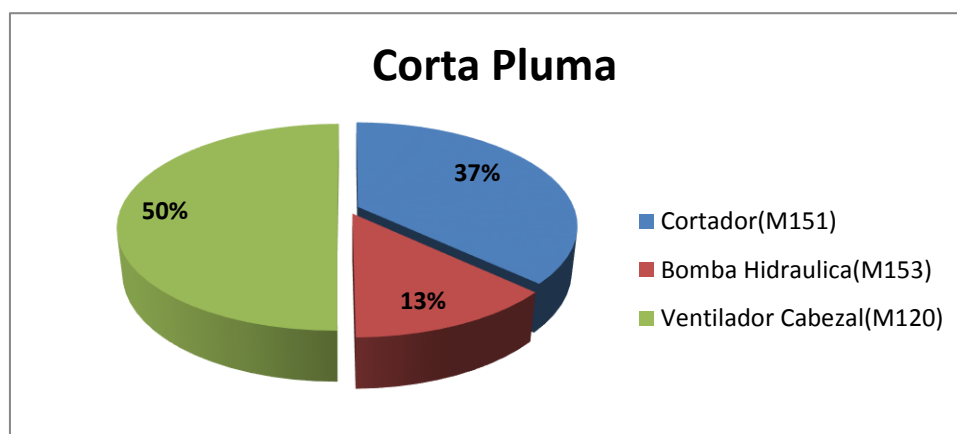


FIGURA 2.3 FUENTE: FABRICA SUMESA CORTA PLUMA

Esta máquina (FIGURA 2.3) es conocida también como **máquina cabezal de cuchillo**, la misma que está conformada por los siguientes motores eléctricos con su respectiva nomenclatura: un cortador (M151), una bomba hidráulica (M153) y un ventilador cabezal (M120).

Para el funcionamiento de la máquina se necesita una potencia de 9.59KVA, donde el equipo de mayor consumo, es del 50% que corresponde al motor del ventilador del Cabezal.

A continuación mostraremos en porcentaje el consumo de cada uno de los motores que constituye la máquina Corta Pluma y su respectiva tabla con los datos de las potencias.



Corta Pluma	KW	FP	KVA
Cortador(M151)	2,44	0,81	3,54
Bomba Hidráulica (M153)	0,90	0,76	1,24
Ventilador Cabezal(M120)	3,35	0,8	4,81
			9,59

Los pasos a seguir para su funcionamiento son los siguientes:

1. Desactivar el tornillo e instalar el cuchillo en el eje central del cortador, en forma manual.
2. Encender la bomba hidráulica (M153) y activar la palanca del hidráulico, con lo que sube el cabezal de corte y se fija al cabezal de descarga y a su vez el cuchillo al molde.
3. Apagar la bomba del hidráulico (M153).

4. Colocar la bandeja guía de pasta hacia el trabato.
5. Activar cuchillo cortador (M151), en el cabezal de corte se encuentra un variador mecánico de velocidad para ajustar el tamaño del formato deseado, mayor o menor velocidad al cuchillo cortador según se requiera.
6. Al mismo tiempo encender el ventilador (M120). Esta ventilación empuja la pasta de la descarga del cabezal hacia el trabato.
7. Activar nuevamente el tornillo de compresión.

## 2.2. Proceso de secado.



FIGURA 2.4 FUENTE: FABRICA SUMESA SECADO

El secado de la pasta corta 1000 se realiza en tres estaciones definidas:



- Trabato
- Presecado
- Secado: Cinco pisos.

### 2.2.1. Estación Trabato.

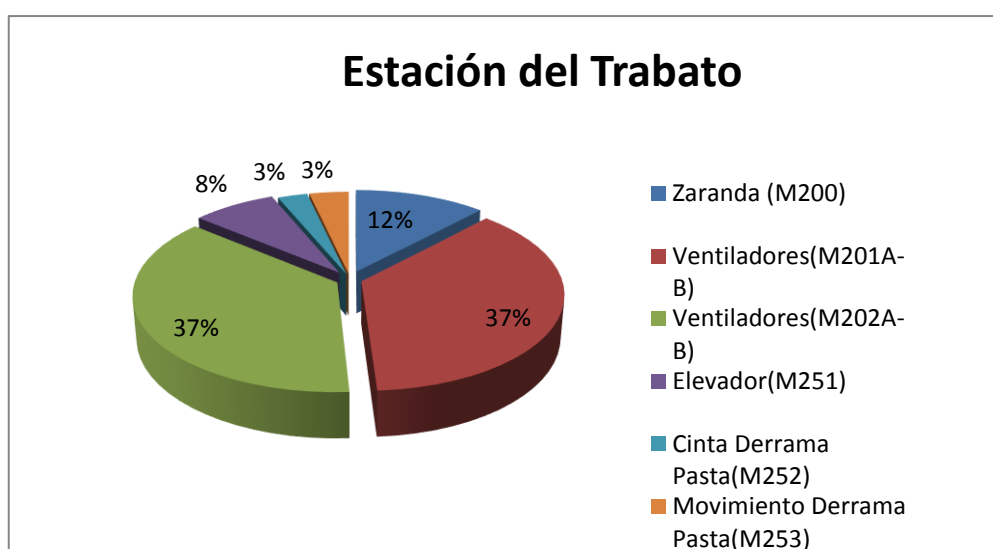


FIGURA 2.5 FUENTE: FABRICA SUMESA TRABATO

Con el trabato se inicia el proceso de secado, el cual está conformada por los siguientes motores eléctricos y su respectiva nomenclatura: una zaranda (M200), de ventiladores (M201 A-B y M202 A-B), un elevador (M251), cinta derrama pasta (M252) y movimiento derrama pasta (M253).

Para el funcionamiento del trabajo se necesita una potencia de 13,51KVA, donde el equipo de mayor consumo, es del 74 % y que corresponde a la de los ventiladores.

A continuación mostraremos en porcentaje el consumo de cada uno de los motores que constituye la estación de Trabajo y su respectiva tabla con los datos de las potencias.



Estación Trabajo	KW	FP	KVA
Zaranda (M200)	1,13	0,8	1,62
Ventiladores(M201A-B)	1,83	0,75	5,00
Ventiladores(M202A-B)	1,83	0,75	5,00
Elevador(M251)	0,79	0,7	1,03
Cinta Derrama Pasta(M252)	0,28	0,7	0,37
Movimiento Derrama Pasta(M253)	0,37	0,7	0,48
			<b>13,51</b>

Para su funcionamiento se procede de la siguiente manera:

1. Se activa el motor de la zaranda M200 desde el tablero de Secadero TB2.
2. Se pone en funcionamiento dos centrales de ventilación que son: dos ventilaciones en la carga (lado derecho e izquierdo) y dos ventilaciones en la descarga (lado derecho e izquierdo) de [1.83 KW c/u], (M201 A-B y M202 A-B).
3. Se activa un termorregulador que indica la temperatura, según si trabaja las maquinas troqueladora o Corta Pluma.
4. Activar elevadores de cangilones (M251) e inmediatamente activar la cinta derrama pasta (M252) y movimiento derrama pasta (M253).

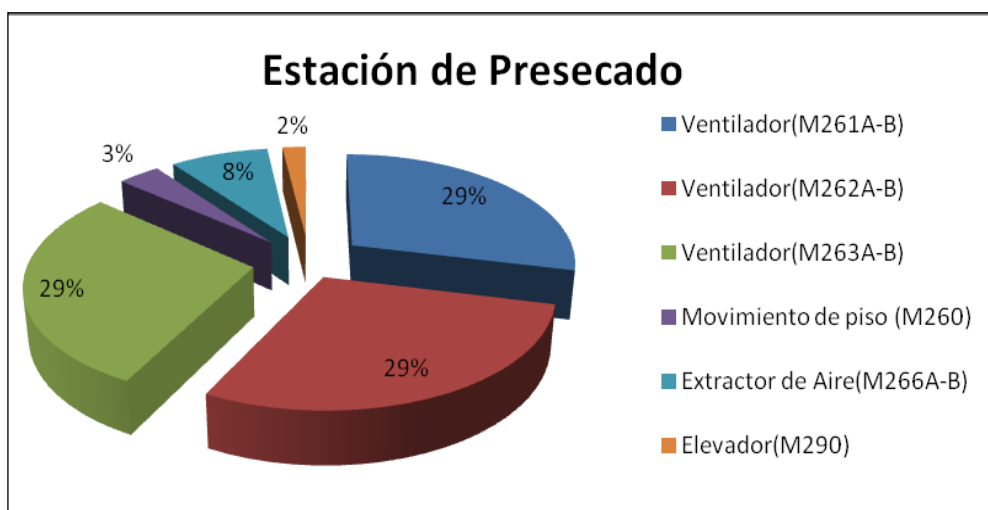
A través del elevador de cangilones se transporta la pasta del trabato a la cinta derrama pasta, de aquí se produce el movimiento derrama pasta que distribuye el producto al presecado.

### **2.2.2. Estación Presecado.**

El presecado consta de ventiladores identificados como (M261A-B, M262A-B y M263A-B), movimientos de piso (M260), extractor de aire (M266A-B) y elevador (M290).

Para el funcionamiento del presecado se necesita una potencia de 52,06KVA, donde el equipo de mayor consumo es del 87 % y que corresponde a los ventiladores.

A continuación mostraremos en porcentaje el consumo de cada uno de los motores que constituye la estación de Presecado y su respectiva tabla con los datos de las potencias.



Estación de Presecado	KW	FP	KVA
Ventilador(M261A-B)	4,88	0,86	14,96
Ventilador(M262A-B)	4,88	0,86	14,96
Ventilador(M263A-B)	4,88	0,86	14,96
Movimiento de piso (M260)	1,41	0,7	1,84
Extractor de Aire(M266A-B)	1,47	0,82	4,31
Elevador(M290)	0,79	0,7	1,03
			<b>52,06</b>

En esta estación se realizan los siguientes pasos:

1. Se activa el movimiento del presecado desde el tablero de secadero TB2.
2. Se pone en funcionamiento tres centrales de ventilación que son:
  - a) Dos ventilaciones en la parte superior (lado derecho e izquierdo).
  - b) Dos ventilaciones en la parte inferior, lado de carga del presecado (derecho e izquierdo).
  - c) Dos ventilaciones en la parte inferior, lado de descarga del presecado (derecho e izquierdo).
  - d) Dando a conocer que la potencia que utiliza cada motor de los ventiladores es de [4.88KW].
3. Se activa un termorregulador que indica la temperatura, según si trabaja las maquinas troqueladora o Corta Pluma.
4. Tener previamente activado el elevador de cangilones del presecado, que conduce el producto de la descarga del presecado a la carga del primer piso del secado.

### 2.2.3 Estación Secado (5pisos).

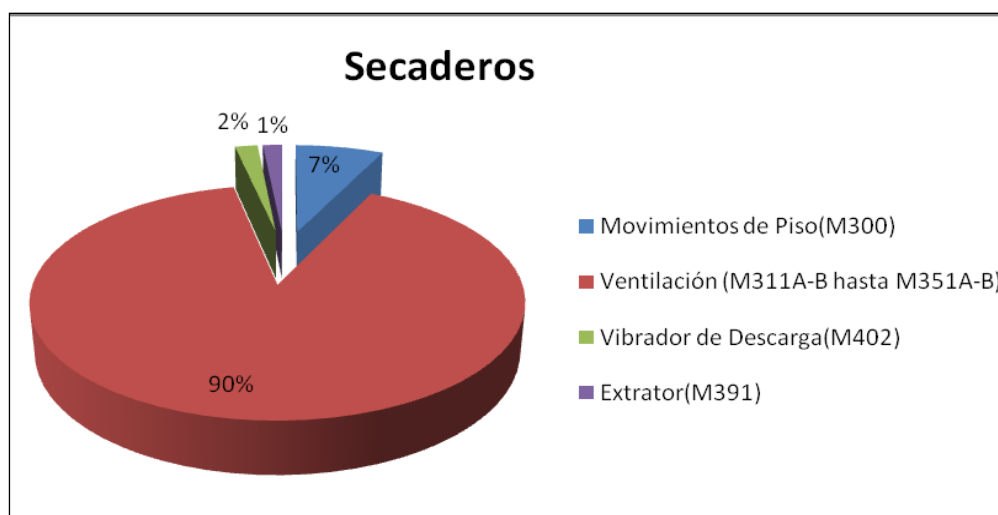
La estación de secado o también conocida como túnel (FIGURA 2.6) consta de movimientos de piso (M300), ventilación (desde M311A-B hasta M351A-B), vibrador de descarga (M402) [0.36KW] y extractor (M391-M392) [0.36KW].



FIGURA 2.6 FUENTE: FABRICA SUMESA PISOS

Para el funcionamiento del Secadero se necesita una potencia de 49.10KVA, donde el equipo de mayor consumo es del 90% y que corresponde a los ventiladores.

A continuación mostraremos en porcentaje el consumo de cada uno de los motores que constituye la estación de secado y su respectiva tabla con los datos de las potencias.



Secaderos	KW	FP	KVA
Movimientos de Piso(M300)	2,37	0,82	3,47394654
Ventilación (M311A-B hasta M351A-B)	0,5	0,82	43,9740068
Vibrador de Descarga(M402)	0,61	0,82	0,89413814
Extractor (M391)	0,53	0,8	0,76072183
			49,10

Se debe activar desde el tablero de secadero TB2:

1. Movimiento de pisos.
2. Central de Ventilación, seis por pisos con dos ventiladores por cada central, lado derecho e izquierdo con un total de ventilaciones en los cinco pisos de 60 [0.5KW c/u].
3. Selectores de temperaturas uno por cada piso.
4. Vibrador de descarga final, compuesta de mallas sujetas a laminas de suspensión que lo mantienen vibrando y descarga el producto a un elevador que lleva el producto hasta los cuatros silos de la pasta corta 1000.

#### **2.2.4. Almacenamiento en Silos.**

Para el almacenamiento del producto se tiene cuatros silos, los cuales son alimentados por un elevador que viene del túnel (estación de secado).

Funcionamiento:

1. Tener previamente energizado el panel de los silos
2. Activar el elevador de carga silos.
3. Paralelamente activar los silos 1, 2, 3, 4 (según el silo que se vaya a cargar pasando al envasado).



# CAPÍTULO 3

## 3. ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL SISTEMA ELÉCTRICO

En este capítulo se realizará un análisis completo del sistema eléctrico actualmente instalado, la potencia que consume y los valores que se cancela a la empresa eléctrica por consumo de energía eléctrica para la producción de la pasta corta 1000.

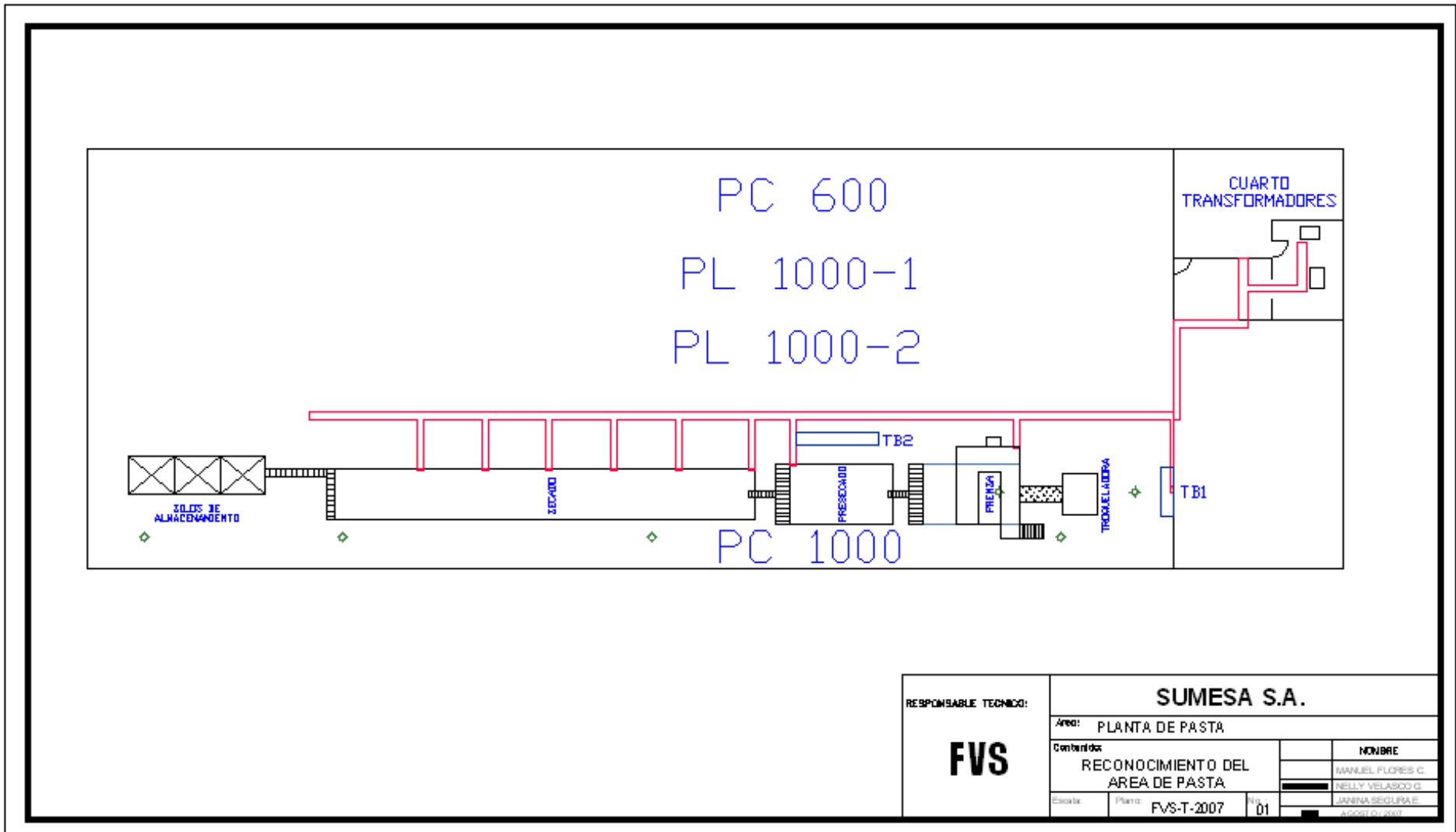
### 3.1. Inspección y reconocimiento

La instalación de la fábrica Sumesa S.A. se encuentra situada en el Km 11.5 Vía a Daule (Parque Industrial El Sauce). Esta fábrica consta de cuatro líneas de producción en el área de pasta, que son:

- Pasta corta 600
- Pasta larga 1000-1
- Pasta larga 1000-2

- Pasta corta 1000

Esta última es la que se ha escogido para nuestro estudio y análisis de sistema eléctrico, la cual está conformada por las máquinas: Troqueladora, Prensa, Presecado, Secaderos y Almacenamiento del productos o Silos como podemos apreciar a continuación en la FIGURA 3.1



<b>FVS</b>	<b>RESPONSABLE TECNICO:</b>			<b>SUMESA S.A.</b>	
	Area: PLANTA DE PASTA				
	Contenido: RECONOCIMIENTO DEL AREA DE PASTA				<b>NOMBRE</b>
					MANUEL FLORES C.
Escala: Plano: FVS-T-2007				Fig: 01	JANINA SEGURA E.
					Aprobado:

FIGURA 3.1

### 3.1.1. Descripción de la instalación

El área de pasta de la fábrica Sumesa se encuentra alimentada eléctricamente a través de una Subestación Transformadora que consta de dos transformadores de Potencia, uno de ellos es de 500KVA (13.2KV/227V) y otro es de 300KVA (13.2KV/227V), donde el transformador de potencia de 500KVA alimenta las máquinas procesadoras de la pasta corta -1000 cuya potencia instalada es de 150KVA, y a varios equipos que pertenecen a otras líneas de producción.

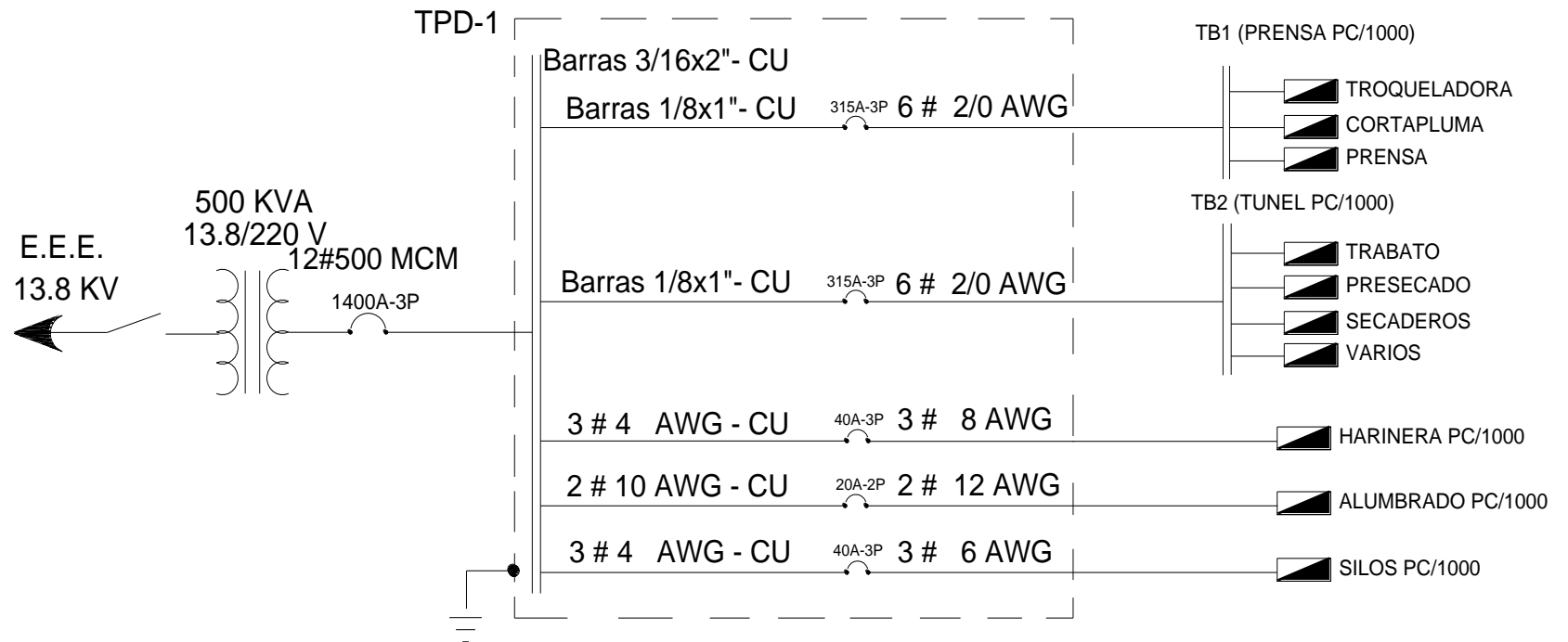
La línea de producción a tratar se encuentra controlada por dos paneles de distribución:

- TB1: Panel de distribución para el sector de la Prensa, Troqueladora, y no Troqueladora.
- TB2: Panel de distribución para el sector de Presecado y Secado.

El TB1 controla 18 motores eléctricos, este panel consume una corriente de 277 Amp con un voltaje de 220 V trifásico, mientras que el TB2 controla 82 motores eléctricos, el mismo que consume una corriente de 74 Amp con un voltaje de 220V trifásico.

### 3.1.2. Diagrama eléctrico

DIAGRAMA UNIFILAR DE LA LINEA DE PRODUCCION PASTA CORTA 1000



### 3.1.3. Especificación técnica de los equipos de la planta

La especificación técnica de los equipos de planta deberá ser ingresada en una ficha técnica, la cual mostramos a continuación:

#### DATOS TECNICOS DE LOS MOTORES

EMPRESA:		MATERIAL EVALUADO:	
PLANTA:		AREA:	
FECHA:		DESCRIPCIÓN:	

	UBICACIÓN	Datos Generales	Nombres		Observaciones	
		MAQUINA				
		MOTOR				
		CODIGO DEL MOTOR				
		MARCA				
		TIPO				
DATOS DE PLACA		Especificaciones Técnicas	Símbolo	Unidad principal		
				Valor	Unidad	
		POTENCIA	P		KW	
		VOLTAJE	v		Volt	
		CORRIENTE	I		Amp	
		REVOLUCIONES	r		Rpm	
		FACTOR DE POTENCIA	Fp		-	
		FRECUENCIA	f		Hz	
		FACTOR DE HUMEDAD	IP		-	
		CLASE	CL		-	
POTENCIA REAL	p		KW			

A continuación se muestra los datos técnicos tomados de los motores más importantes:

## DATOS TECNICOS DE LOS MOTORES

EMPRESA:	SUMESA S.A.	MATERIAL EVALUADO:	MOTORES
PLANTA:	EL SAUCE	AREA:	PASTA
FECHA:	03/10/2006	DESCRIPCIÓN:	PASTA CORTA 1000

UBICACIÓN	Datos Generales		Nombres		Observaciones
	MAQUINA		PRENSA		
	MOTOR		EXTRACTOR (prensa)		
	CODIGO DEL MOTOR		M140		
	MARCA		ISGEV		
	TIPO		A80-S2		
DATOS DE PLACA	Especificaciones Técnicas	Símbolo	Unidad principal		
			Valor	Unidad	
	POTENCIA	P	1,35 (1,88)	KW (CV)	
	VOLTAJE	v	220-380	Volt	
	CORRIENTE	I	4,7-2,7	Amp	
	REVOLUCIONES	r	3400,00	Rpm	
	FACTOR DE POTENCIA	Fp	0,82	-	
	FRECUENCIA	f	60,00	Hz	
	FACTOR DE HUMEDAD	IP	55,00	-	
	CLASE	CL	F	-	
POTENCIA REAL	p	1,47	KW		

UBICACIÓN	Datos Generales		Nombres		Observaciones
	MAQUINA		PRENSA		
	MOTOR		AMASADORA		
	CODIGO DEL MOTOR		M109		
	MARCA		ROSSI		
	TIPO				
DATOS DE PLACA	Especificaciones Técnicas	Símbolo	Unidad principal		
			Valor	Unidad	
	POTENCIA	P	4,8 (6,69)	KW (CV)	
	VOLTAJE	v	220-380	Volt	
	CORRIENTE	I	17,0-11,0	Amp	
	REVOLUCIONES	r	1710,00	Rpm	
	FACTOR DE POTENCIA	Fp	0,80	-	
	FRECUENCIA	f	60,00	Hz	
	FACTOR DE HUMEDAD	IP	55,00	-	
	CLASE	CL	F	-	
POTENCIA REAL	p	5,18	KW		

## DATOS TECNICOS DE LOS MOTORES

EMPRESA:	SUMESA S.A.	MATERIAL EVALUADO:	MOTORES
PLANTA:	EL SAUCE	AREA:	PASTA
FECHA:	03/10/2006	DESCRIPCIÓN:	PASTA CORTA 1000

UBICACIÓN	Datos Generales		Nombres		Observaciones
	MAQUINA		PRENSA		
	MOTOR		TORNILLO		
	CODIGO DEL MOTOR		M111		
	MARCA		ISGEV		
	TIPO		A225M4		
DATOS DE PLACA	Especificaciones Técnicas	Símbolo	Unidad principal		
			Valor	Unidad	
	POTENCIA	P	45 (62,73)	KW (CV)	
	VOLTAJE	v	220-380	Volt	
	CORRIENTE	I	144-83	Amp	
	REVOLUCIONES	r	1750,00	Rpm	
	FACTOR DE POTENCIA	Fp	0,88	-	
	FRECUENCIA	f	60,00	Hz	
	FACTOR DE HUMEDAD	IP	55,00	-	
	CLASE	CL	F	-	
POTENCIA REAL	p	48,29	KW		

UBICACIÓN	Datos Generales		Nombres		Observaciones
	MAQUINA		CABEZAL DE CUCHILLO		
	MOTOR		BOMBA DEL CORTADOR		
	CODIGO DEL MOTOR		M153		
	MARCA		ITALSIME		
	TIPO		H80A14		
DATOS DE PLACA	Especificaciones Técnicas	Símbolo	Unidad principal		
			Valor	Unidad	
	POTENCIA	P	0,62 (0,86)	KW (CV)	
	VOLTAJE	v	220-380	Volt	
	CORRIENTE	I	3,1-1,8	Amp	
	REVOLUCIONES	r	1656,00	Rpm	
	FACTOR DE POTENCIA	Fp	0,76	-	
	FRECUENCIA	f	60,00	Hz	
	FACTOR DE HUMEDAD	IP	54,00	-	
	CLASE	CL	B	-	
POTENCIA REAL	p	0,90	KW		



### **3.2. Medición y Registro de consumo**

Para obtener las mediciones y registros de consumo de energía generalmente se eligen los mayores consumos de los equipos por el tiempo de uso y por la potencia consumida.

El tiempo puede ser registrado por cada hora, cada día, cada semana, cada mes, cada semestre o anualmente. Por lo general los periodos de tiempos más idóneos son los registrados cada semana o cada mes.

Una vez que se tienen los equipos de mayor consumo se deberá estimar el tiempo de uso diario del equipo y los días de utilización como se muestra a continuación en la TABLA 3.1 y TABLA 3.2.

**TABLA 3.1**  
**MENÚ ENERGÉTICO**

	EQUIPOS	CANTIDAD	POTENCIA (Kw)	TIEMPO DIARIO ESTIMADO DE CONSUMO (H)	DIAS DE CONSUMO MENSUAL	CONSUMO MENSUAL ESTIMADO (KWH)
TROQUELADORA	LAMINADO (T1)	1	3,76	16,24	14,50	885,96
	RECORTE (T3)	1	4,12	16,24	14,50	968,76
	PLEGADORA (T2)	1	3,05	16,24	14,50	717,42
	VENTILADOR (L3)	1	0,43	16,24	14,50	100,46
	BANDA TRANSPORTADORA (T8)	1	0,33	16,24	14,50	78,58
CORTAPLUMA	CORTADOR (M151)	1	2,44	13,31	12,00	389,29
	VENTILACION CABEZAL (M120)	1	3,35	13,31	12,00	535,36
	BOMBA DE CORTADOR (M153)	1	0,90	13,31	12,00	143,33
PRENSA	GRUA (M117)	1	0,87	0,64	12,50	6,93
	MOVIMIENTO DE MOLDE (M118)	1	2,72	0,64	12,50	21,58
	DOSIFICADOR (M106)	1	0,94	18,40	21,50	372,98
	BOMBA DE ACEITE (M116)	1	1,23	18,40	21,50	486,62
	MESCLADOR (M107)	1	1,41	18,40	21,50	559,09
	RECORTE (M108)	1	0,79	18,40	21,50	311,19
	EXTRACTOR (M140)	1	1,47	18,40	21,50	580,79
	AMASADORA (M109)	1	5,18	18,40	21,50	2049,50
	TORNILLO (M111)	1	48,29	18,40	21,50	19096,51
	BOMBA DE VACIO (M101)	1	8,58	18,40	21,50	3394,48
TRABATO	ZARANDA (M200)	1	1,13	18,65	21,50	452,25
	VENTILACION (M201AB-M202AB)	4	1,83	18,65	21,50	2933,52
	ELEVADOR (M251)	1	0,79	18,65	21,50	315,51
	CINTA DERRAMA PASTA (M252)	1	0,28	18,65	21,50	112,30
	MOVIMIENTO DERRAMA PASTA (M253)	1	0,37	18,65	21,50	149,73

**TABLA 3.2**  
**MENÚ ENERGÉTICO**

	EQUIPOS	CANTIDAD	POTENCIA (Kw)	TIEMPO DIARIO ESTIMADO DE CONSUMO (H)	DIAS DE CONSUMO MENSUAL	CONSUMO MENSUAL ESTIMADO (KWH)
PRESECADO	VENTILACION (M261AB-M262AB)	6	4,88	18,77	21,50	11822,50
	EXTRACTOR (M266AB)	2	1,47	18,77	21,50	1185,26
	MOVIMIENTO DE PISOS (M260)	1	1,41	18,77	21,50	570,49
SECADEROS	MOVIMIENTO DE PISOS (M300)	1	2,37	18,09	24,00	1030,69
	VENTILACION (M311AB-351AB)	60	0,50	18,09	24,00	13019,23
	VIBRADOR DE DESCARGA (M402)	1	0,61	18,77	21,50	246,03
VARIOS	EXTRACTOR (M391)	1	0,53	18,09	24,00	231,54
	ELEVADOR	1	0,79	18,09	24,00	341,52
	BOMBA DE AGUA	1	1,01	18,40	21,50	400,49
	BANDA TRANSPORTADORA	1	1,01	16,53	24,00	400,89
	COMPRESOR (M42)	1	3,35	18,40	21,50	1326,15
	LUMINARIAS	7	0,25	12,00	24,00	504,00
	FLUORESCENTES	6	0,04	0,50	22,00	2,64
	SILOS	1	0,87	16,53	24,00	345,15
	COCLEA 1 Y 2 (M43-M44)	2	0,83	18,40	21,50	655,84
	VALVULA ESTRELLA (M41)	1	0,27	18,40	21,50	105,49
	ASPAS ROTANTES (M270)	1	0,53	0,00	0,00	0,00
	VIBRADOR (M45)	1	0,61	18,77	21,50	246,03
	ELEVADOR (presecado) (M290)	1	0,79	18,77	21,50	317,54

### 3.2.1. **Demanda de energía (planillas de consumo)**

Daremos a conocer en detalle las normas legales y los procedimientos de cálculos para la facturación de una planilla de consumo de energía eléctrica de acuerdo a las disposiciones del CONELEC (Consejo Nacional de Electricidad) que actualmente se encuentran en vigencia.

#### **PLIEGO TARIFARIO**

Es el reglamento el cual está sujeto a las disposiciones que emanan de la ley del régimen del sector eléctrico, el reglamento sustantivo del reglamento general a la ley de régimen del sector eléctrico y del reglamento de tarifa. Este pliego tarifario lo emite el CONELEC, es un ente autónomo Regulador que elabora las leyes y reglamentos, para que del CENACE las haga cumplir, siendo este un ente Operador.

El pliego tarifario contiene: tarifas al consumidor final, tarifas de transmisión, peajes de distribución, tarifas de alumbrado público.

#### **a) Categorías y Grupos de Tarifas**

Por las características de consumo se consideran tres categorías de tarifas:

- Categoría Residencial
- Categoría General
- Categoría Alumbrado público

Por las características de Nivel de tensión existen tres grupos:

- Grupo de Alta tensión
- Grupo de Media tensión
- Grupo de Baja tensión
  - Consumidores Comercial
  - Consumidores Industrial

Tarifas de Baja Tensión

- a) Tarifa Residencial (BTCR)
- b) Tarifa Residencial Temporal (BTCRT)
- c) Tarifa General (BTCG)

**b) Detalle de la Planilla.**

La planilla eléctrica se encuentra conformada por los siguientes elementos:

- a) Código de Cuenta: Numeración que se le asigna al cliente, es decir es su identificación.
- b) Días de consumo: Cantidad de días del consumo total en el mes en(kwh-Mes)
- c) Fecha de lectura: es la cual que se toma el día de la lectura del medidor
- d) Lectura Actual: Lectura que se toma el día de la fecha de lectura.
- e) Lectura anterior: Lectura tomada el mes anterior
- f) Numero de medidor: Número asignado al cual pertenece el medidor.
- g) Factor Multiplicador: Numero por el cual se debe multiplicar la lectura del medidor, y puede ser 1; 20; 40 etc.

En la figura 3.2 podemos observar cómo está compuesta una planilla de energía eléctrica

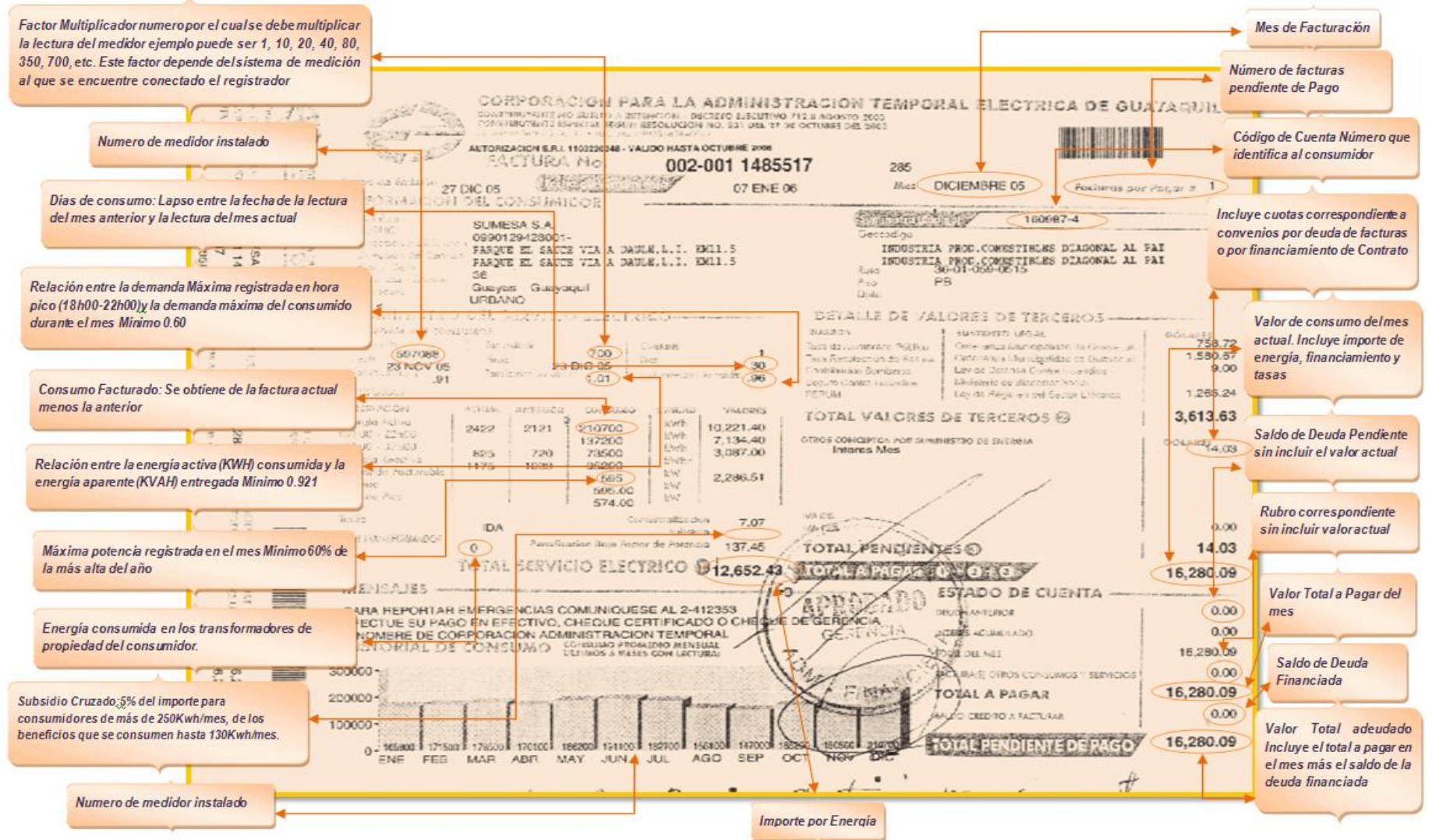


FIGURA 3.2. PLANILLA DE CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA

A continuación daremos a conocer como se realiza el cálculo de una planilla de energía eléctrica en el sector Industrial, donde pondremos como ejemplo el planillaje de la fábrica Sumesa que corresponde al mes de Noviembre del 2005.

a) Se procede con la lectura de la energía activa y reactiva del mes anterior (inicial), con la lectura del mes actual (final), luego la diferencia de estos valores se multiplica con un factor de multiplicación, cuya cantidad viene detallada en cada planilla y es individual. En el caso de la fábrica Sumesa el factor es de 700, con lo cual tendríamos:

Lectura Energía Activa.-

Mes Facturación	Energía Activa lectura		Consumo
	INICIAL	FINAL	Kwh
Nov-05	1906	2121	150500

$$\text{ConsumoTotal} = P = (2121 - 1906) * 700$$

$$\text{Energía _ ActivaTotal} = P = 150500 \text{ Kwh}$$



Lectura de energía activa por horas del día.

Lectura de 22h a 7h		Consumo
FINAL	INICIAL	KWH
742	668	74

$$P(22h - 7h) = (74) * 700 = 51800 \text{ Kwh}$$

$$P(22h - 7h) = P - P(22h - 7h)$$

$$P(22h - 7h) = 150500 - 51800 = 98700 \text{ Kwh}$$

De la misma manera se calcula la energía reactiva, con lo cual tenemos:

$$\text{Energía _Re activa} = Q = 75600 \text{ K var}$$

b) Calculamos la energía total consumida

$$\text{Energía _Total} = S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$S = \sqrt{150500^2 + 75600^2}$$

$$S = 168421 \text{ KVA}$$

c) Calculamos el Factor de potencia (fp)

$$fp = \cos \theta = (P / S)$$

$$fp = (150500 / 168421)$$

$$fp = 0,89$$

El factor de potencia dada por las empresas eléctricas sin factor de multa es 0,92 cualquier valor inferior a éste deberá ser corregido.

Como podemos observar  $0,89 < 0,92$ , por lo cual debe ser corregido hasta llegar al factor de potencia a un valor de 0,92, además la empresa será sancionada económicamente por tener un bajo factor de potencia.

Para un factor de potencia de 0,92 tenemos un valor máximo de Q, el cual será:

$$Q_{\max} = 64112,73 \text{ KVAR}$$

Entonces el valor excedido de la energía reactiva ( $Q_c$ ) será:

$$Q_c = Q - Q_{\max}$$

$$Q_c = 75600 - 64112,73$$

$$Q_c = 11487,26 \text{ KVAR}$$

- d) EL valor promedio de la energía eléctrica para el sector industrial, a la fecha del cálculo es :

Valor promedio por cada Kwh es \$ 0,0486; ya que de 7am -10pm el Valor es \$0,052 y de 10 pm - 7 am el valor es \$ 0,042.

Valor por comercialización es \$ 7,07

Valor Demanda Facturable es \$ 4,003

- e) Los valores a facturar por:

**Energía Activa (P):**

$$CostoP = [P(22h - 7h) * 0,042] + [P(7h - 22h) * 0,052]$$

$$CostoP = [51800 * 0,042] + [98700 * 0,052]$$

$$CostoP = \$7308$$

**Factor de demanda (Q):**

Demanda Facturada	Maxima	Max.Pico
546	546	511

Factor de corrección = FC

FC= Máxima demanda pico / máxima demanda

$$FC = 511 / 546$$

$$FC = 0,94$$

Costo Q = FC \* Demanda Facturada \* Valor Demanda facturable

$$\text{Costo Q} = 0,94 * 546 * 4,003$$

$$\text{Costo Q} = \$ 2054,50$$

**Penalización:**

$$\text{Penalización} = [(FP.\text{categ} / FP.\text{planilla}) - 1] * (\text{Costo P} + \text{Costo Q})$$

$$\text{Penalización} = [(0,92 / 0,89) - 1] * (7308 + 2054,5)$$

$$\text{Penalización} = \$ 315,59$$

Empresa Eléctrica = Total Categ

Total Categ = Costo P+Costo Q+Penalización+Comercialización

$$\text{Total Categ} = \$ 9685,16$$

f) Tasas o impuestos cobrados por consumo de energía eléctrica

RBMU = Remuneración básica mínima unificada

= \$ 150 (en noviembre 2005)

$$\begin{aligned}
 \text{BOMBEROS} &= 6\% \text{ RBMU} \\
 &= \mathbf{\$ 9} \\
 \text{FERUM} &= \text{Fondo de electrificación rural urbano y marginal} \\
 &= 10\% \text{ TOTAL CATEG} = 0,1 * \text{TOTAL CATEG} \\
 &= 0,1 * 9685,16 \\
 &= \mathbf{\$ 968,52} \\
 \text{ALUMBRADO} &= (\text{total Categ} - \text{comercialización}) * 6\% \\
 &= (9685,16 - 7,07) * 0,06 \\
 &= \mathbf{\$ 580,69} \\
 \text{RECOLECCIÓN} & \\
 \text{DE BASURA} &= (\text{total Categ} - \text{comercialización}) * 12.5\% \\
 &= (9685,16 - 7,07) * 0.125 \\
 &= \mathbf{\$ 1209,76}
 \end{aligned}$$

Entonces el valor total a pagar en la planilla de energía eléctrica será:

$$\text{VALOR TOTAL} = \text{Total Categ} + \text{Ferum} + \text{Bomberos} + \text{Alumbrado} + \text{Recolección}$$

$$\text{VALOR TOTAL} = \$ 9685,16 + \$ 9 + \$ 968,52 + \$ 580,69 + \$ 1209,76$$

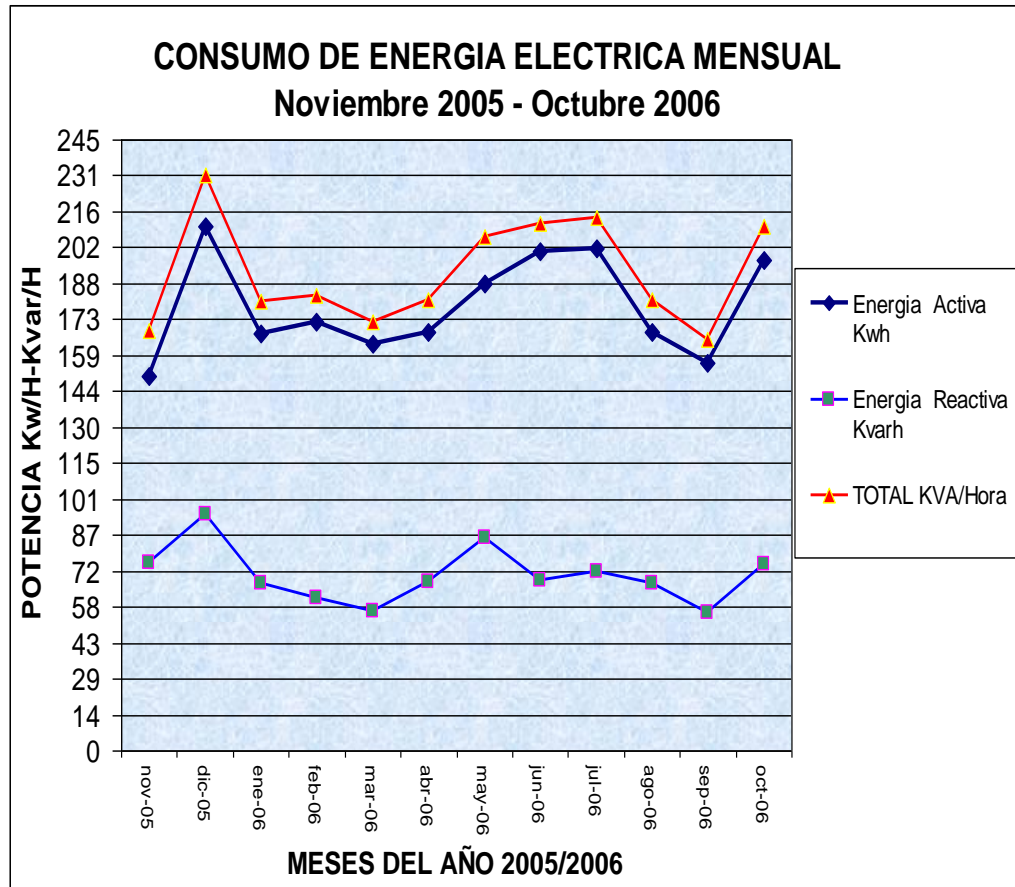
$$\text{VALOR TOTAL} = \mathbf{\$ 12453,12}$$

En la figura 3.3a; 3.3b; 3.3c, 3.3d, podemos observar el detalle de consumo de energía, los valores a pagar, así como también un promedio de consumo de energía mensual.

Mes Factuacion	Energia Activa lectura		Consumo	Consumo	Energia	Energia	Demanda Facturada	Maxima	Max.Pico	factor.	factor de Penalizacion	fp
	INICIAL	FINAL	KwH KwH	Transform. KwH	Activa KW/Hora	Reactiva Kvar/Hora				Correccion		
nov-05	1906	2121	150500	0	150500	75600	546	546	511	0,94	1,03	0,89
dic-05	2121	2422	210700	0	210700	95200	595	595	574	0,96	1,01	0,91
ene-06	2422	2661	167300	0	167300	66920						
feb-06	2661	2907	172200	0	172200	61585						
mar-06	2907	3140	163100	0	163100	55887						
abr-06	3140	3380	168000	0	168000	67900	553	553	532	0,96		
may-06	3380	3648	187600	0	187600	85400	630	630	630	1	1,01	0,91
jun-06	3648	3934	200200	0	200200	68600	581	581	567	0,98		
jul-06	3934	4222	201600	0	201600	72100	581	581	546	0,94		
ago-06	4222	4462	168000	0	168000	67200	581	581	546	0,94		
sep-06	4462	4684	155400	0	155400	55300	581	581	539	0,93		
oct-06	4684	4965	196700	0	196700	74900	581	581	560	0,96		

Mes FACT	Energia Activa	Energia Reactiva	COSTO		PENALIZACION	comerci	TOTAL CATEG	FERUM	BOMBEROS	ALUMBRADO	RECOL BASURA	Costo Total KWH
	KW/Hora	Kvar/Hora	KWH	KVAR								
nov-05	150500	75600	\$ 7.308,00	\$ 2.054,50	315,59	7,07	\$ 9.685,16	\$ 968,52	\$ 9,00	\$ 580,69	\$ 1.209,76	\$ 12.453,12
dic-05	210700	95200	\$ 10.221,40	\$ 2.286,51	137,45	7,07	\$ 12.652,43	\$ 1.265,24	\$ 9,00	\$ 758,72	\$ 1.580,67	\$ 16.266,06
ene-06	167300	66920	\$ 7.374,50	\$ 1.917,64	0	7,07	\$ 9.299,21	\$ 929,92	\$ 9,60	\$ 557,53	\$ 1.161,52	\$ 11.957,78
feb-06	172200	61585	\$ 10.324,30	\$ 2.868,68	0	7,07	\$ 13.200,05	\$ 1.320,01	\$ 9,60	\$ 791,58	\$ 1.649,12	\$ 16.970,36
mar-06	163100	55887	\$ 8.197,70	\$ 1.921,40	0	7,07	\$ 10.126,17	\$ 1.012,62	\$ 9,60	\$ 607,15	\$ 1.264,89	\$ 13.020,42
abr-06	168000	67900	\$ 8.175,00	\$ 2.125,80	0	7,07	\$ 10.307,87	\$ 1.030,79	\$ 9,60	\$ 618,05	\$ 1.287,60	\$ 13.253,91
may-06	187600	85400	\$ 9.076,20	\$ 2.521,89	127,45	7,07	\$ 11.732,61	\$ 1.173,26	\$ 9,60	\$ 703,53	\$ 1.465,69	\$ 15.084,70
jun-06	200200	68600	\$ 9.724,40	\$ 2.279,23	0	7,07	\$ 12.010,70	\$ 1.201,07	\$ 9,60	\$ 720,22	\$ 1.500,45	\$ 15.442,04
jul-06	201600	72100	\$ 9.783,20	\$ 2.186,20	0	7,07	\$ 11.976,47	\$ 1.197,65	\$ 9,60	\$ 718,16	\$ 1.496,18	\$ 15.398,06
ago-06	168000	67200	\$ 8.155,00	\$ 2.186,20	0	7,07	\$ 10.348,27	\$ 1.034,83	\$ 9,60	\$ 620,47	\$ 1.292,65	\$ 13.305,82
sep-06	155400	55300	\$ 7.548,80	\$ 2.162,94	0	7,07	\$ 9.718,81	\$ 971,88	\$ 9,60	\$ 582,70	\$ 1.213,97	\$ 12.496,96
oct-06	196700	74900	\$ 9.549,40	\$ 2.232,71	0	7,07	\$ 11.789,18	\$ 1.178,92	\$ 9,60	\$ 706,93	\$ 1.472,76	\$ 15.157,39

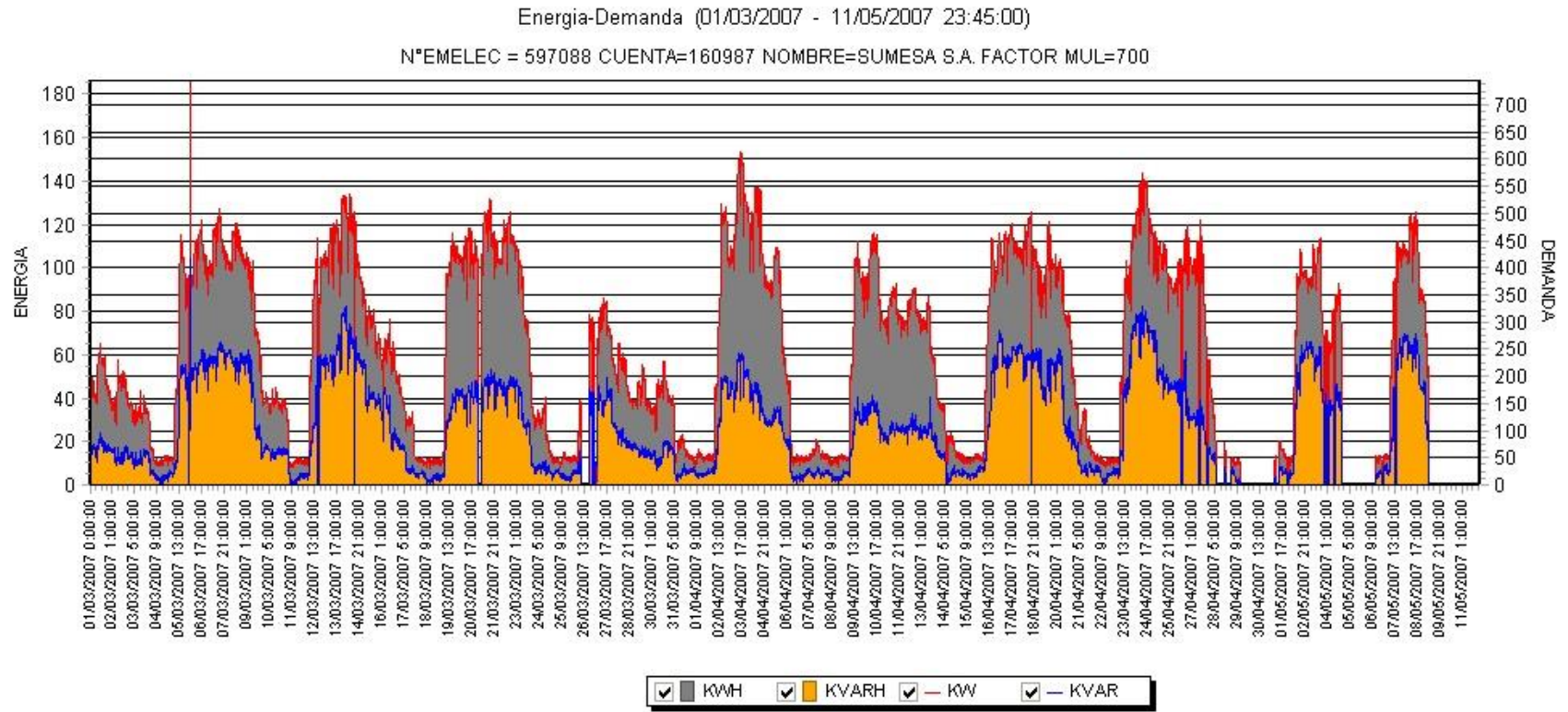
FIGURA 3.3a. DATOS DE CONSUMO DE SUMESA S.A., PLANILLAS DE LA EMPRESA ELECTRICA



Mes Consumo	Energia Activa Kwh	Energia Reactiva Kvarh	TOTAL KVA/Hora
nov-05	150500	75600	168421
dic-05	210700	95200	231209
ene-06	167300	66920	180188
feb-06	172200	61585	182881
mar-06	163100	55887	172409
abr-06	168000	67900	181203
may-06	187600	85400	206124
jun-06	200200	68600	211627
jul-06	201600	72100	214105
ago-06	168000	67200	180942
sep-06	155400	55300	164946
oct-06	196700	74900	210478

FIGURA 3.3b. REGISTRO DE CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA EN EL AÑO



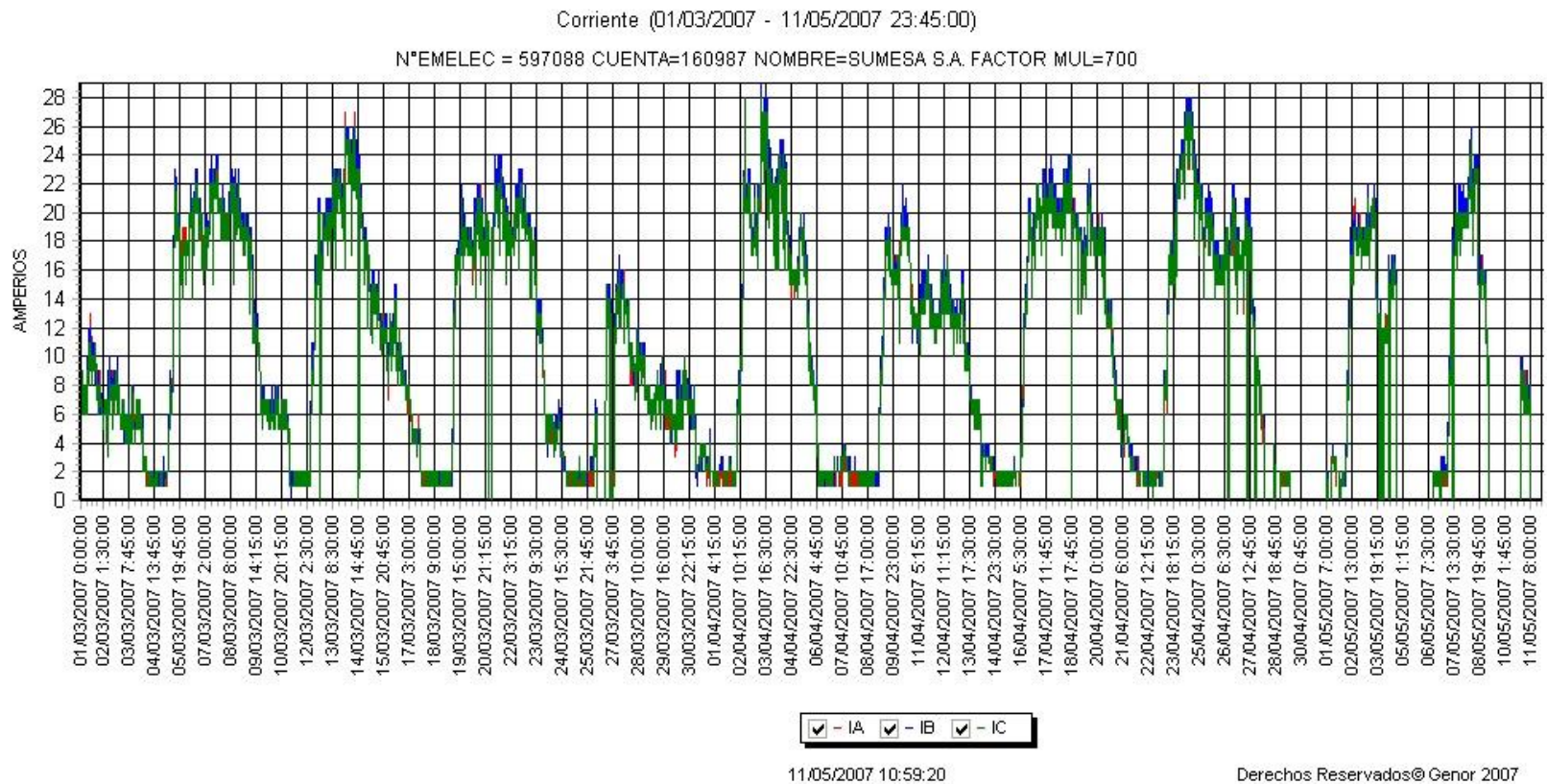


11/05/2007 11:01:21

Derechos Reservados© Genor 2007

EACTIVA = 425341 EREACTIVA=188962,20

**FIGURA 3.3c PROMEDIO DE CONSUMO DIARIO DE POTENCIA DE LA FABRICA SUMESA**  
(Datos proporcionados por la Categ)



**FIGURA 3.3d PROMEDIO DE CONSUMO DIARIO DE CORRIENTE DE LA FABRICA SUMESA**  
(Datos proporcionados por la Categ)

### 3.3. Reingeniería del Sistema Eléctrico

Con los datos técnicos antes obtenidos, procederemos a realizar los cálculos correspondientes a fin de determinar el calibre del conductor, tipo de protecciones, corriente de cortocircuito ( $I_{cc}$ ), malla puesta a tierra, bancos de capacitores, carga del transformador, etc.

Para llevar a cabo los cálculos, tomaremos como ejemplo el equipo de mayor potencia del panel de prensa, el cual corresponde al motor del tornillo (M111) de la FIGURA 3.4 perteneciente a la prensa, cuyos datos son los siguientes:

$$P = 45 \text{ Kw}$$

$$fp = 0.88$$

$$V = 220\text{volt}$$

$$I_n = 144\text{Amp}$$

$$L = 24.77\text{mts}$$

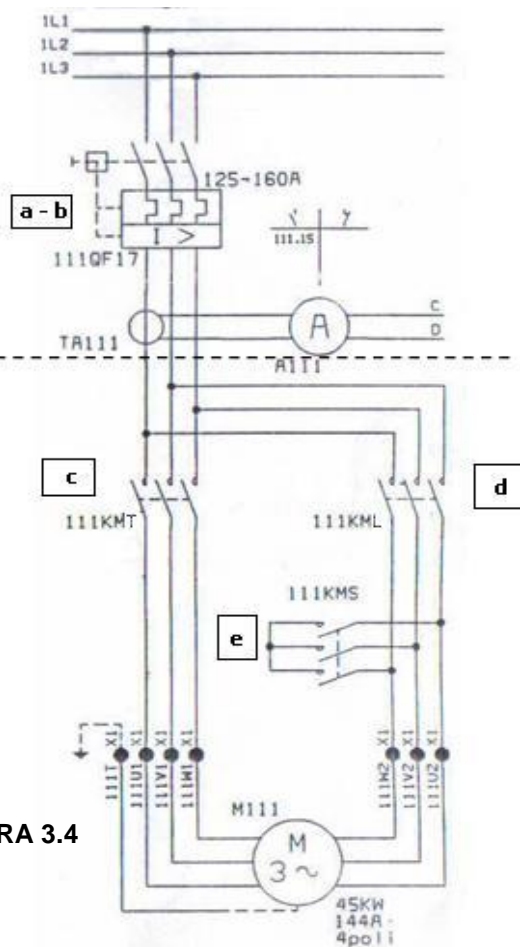
$$T = 37^\circ\text{C}$$

Arranque Estrella – Triangulo.

Sección A

Sección B

FIGURA 3.4



El análisis que realizaremos primeramente será desde el motor hasta el panel de control, para posteriormente analizar desde el panel de control hasta el cuarto de transformadores.

**a. Cálculo de la potencia real que consume el motor.**

$$P_{real} = V * I * \sqrt{3} * Fp \text{ (Sistema Trifásico)}$$

$$P_{real} = 220 * 144 * \sqrt{3} * 0.88$$

$$P_{real} = 48.29Kw$$

**b. Determinación del calibre mínimo del conductor.**

Para determinar el calibre del conductor de la sección A, y de la sección B se debe de considerar el factor de corrección por temperatura, por agrupación y la corriente de operación del motor.

$$I_{conductor} = \frac{I_{operación}}{f_{cT} * f_{cA}}$$

$I_{conductor}$  = Corriente mínima que debe soportar el conductor.

$f_{cT}$  = factor de corrección por temperatura

Para una temperatura de 36°C a 40°C se tiene por tabla 310.16 del NEC.

$$f_cT = 0.88$$

$F_cA$  = Factor de corrección por agrupamiento.

Para cables tendidos sobre bandejas continuas en contacto con la pared

$$f_cA = 0.73$$

(Aproximadamente 9 conductores por fig.29 del cuaderno técnico nº 73 Líneas y Cables de Schneider Electric).

Para la sección A tenemos:

$$I_{conductor} = \frac{144A}{0.88 * 0.73}$$

$$I_{conductor} = 224Amp * 1.25$$

$$I_{conductor} = 280Amp$$

Una vez encontrada la corriente del conductor se busca en la tabla 310.16 del NEC el respectivo calibre.

Para la Sección A la acometida del motor deberá ser de un conductor # 300 AWG por fase ó 2 conductores # 2/0 AWG por fase.

Para la sección B por tener una configuración Estrella – Triangulo tenemos:

$$I_{conductor} = \frac{I_{operación}}{fcT * fcA * 2}$$

$$I_{conductor} = \frac{144A}{0.88 * 0.73 * 2}$$

$$I_{conductor} = 112Amp * 1.25$$

$$I_{conductor} = 140Amp$$

Para la sección B el calibre del conductor deberá ser de # 1/0 AWG por cada fase (delta-estrella) ó 2 conductores de # 4AWG por cada fase (delta-estrella).

**c. Sección mínima por caída de Voltaje**

Para obtener la sección mínima del conductor por caída de voltaje necesitamos saber algunos datos del conductor antes encontrado:

L= longitud en metros del conductor,

L= 24.77mts aproximadamente

$\gamma$ = resistividad del conductor por temperatura,

$\gamma=48$  para  $T \leq 70^{\circ}\text{C}$

V= voltaje de operación del motor,

V=220 Volt

P= potencia en vatios,

P=48290W

s = sección actual del conductor 2x # 4AWG,

s= 54,38mm<sup>2</sup>

Para encontrar la sección del conductor se utiliza la tabla 8 del Nec, que corresponde a: Propiedades de los Conductores.

Según normas se recomienda que la caída de voltaje en los conductores deben ser menor al 3% del voltaje aplicado, lo óptimo sería que esta pérdida de voltaje sea cero. Para nuestro ejemplo hemos escogido una caída de voltaje del 2% ( $\Delta V = 2\%V = 4.4V$ ), donde la sección mínima del conductor adecuado será:

$$S = \frac{P * L}{\gamma * \Delta V * V}$$

$$S = \frac{48290 * 24.77}{48 * 4.4 * 220}$$

$$S = 26\text{mm}^2$$

Se puede ver que el conductor seleccionado es mayor que el mínimo requerido ( $54,38\text{mm}^2 > 26\text{mm}^2$ ) para una caída de tensión de 4.4V en el borne del motor, dado que mientras menor es la sección del conductor mayor sería la caída de voltaje que se va a obtener.



**d. Determinación de protección de sobrecarga**

Se procederá a determinar la protección de sobrecarga debido al calentamiento excesivo del motor y a fallos de puesta en marcha, el cual no incluye los cortocircuitos ni las fallas a tierra.

Según referencia de Nec: 430-31; 430-32(a); 430-34, tenemos lo siguiente:

$$125\% * I_{flc}$$

$$1.25 * 144$$

$$180Amp$$

Valor que debe tener el dispositivo (relé) de protección de sobrecarga.

**e. Determinación de falla de protección a tierra**

Se procederá a calcular la intensidad máxima admisible o de disparo de los circuitos de protección contra cortocircuitos y fallas a tierra.

Según la tabla 430-152 del NEC, se escoge en porcentajes el tipo de interruptor automático de disparo, para nuestro caso en particular se selecciona 250% que corresponde para un motor de corriente alterna a tensión constante:

*Intensidad Maxima Admisible*

$$= 250\% * Iflc$$

$$= 2.5 * 144$$

$$= 360 \text{ Amp}$$

**f. Tamaño del conductor conectado con la tierra de equipo**

Todo equipo eléctrico siempre deberá tener un conductor de puesta a tierra. El tamaño del conductor a tierra no necesariamente será mayor al conductor de fase, según la tabla 250-95 del NEC.

Corresponde para un dispositivo de desconexión automático de 360Amp un conductor de cobre calibre # 3 AWG.

**g. Corriente de Cortocircuito ( $I_{ccM}$ ) ubicado en los terminales del Motor.**

Para determinar la  $I_{ccM}$  se procederá a calcular con la siguiente fórmula:

$$s = \text{Seccion actual del conductor en mm}^2$$

$$t_{cc} = \text{Tiempo de duracion del corto circuito en segundos}$$

$$t_{cc} = 0.5 \text{ Seg valor recomendable}$$

$$I_{ccM} = s * 143 * \sqrt{t_{cc}}$$

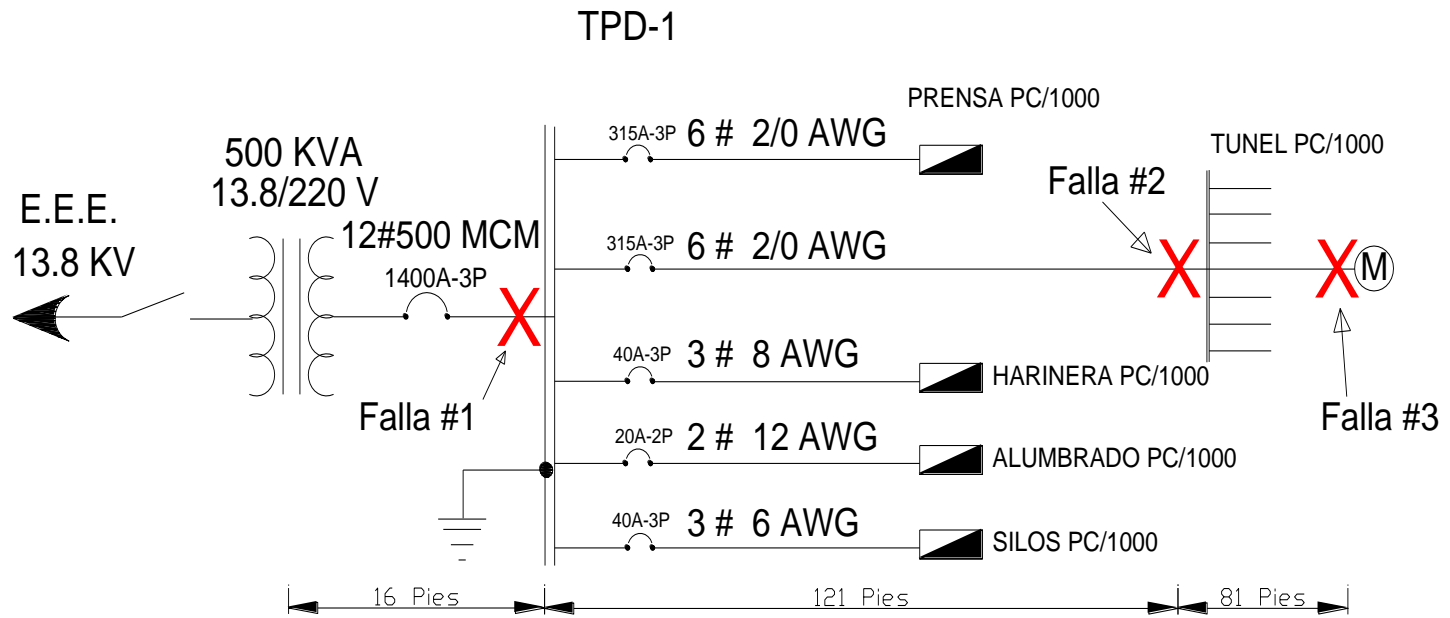
$$I_{ccM} = 54.38 * 143 * \sqrt{0.5}$$

$$I_{ccM} = 5499 \text{ Amp}$$

**h. Cálculo de corriente cortocircuito en las líneas de alimentación.**

Procederemos a calcular las intensidades de corriente de cortocircuitos en los puntos que señalamos en la FIGURA 3.5, lo que nos servirán posteriormente para diseñar el sistema de puesta a tierra que debería tener el sistema.

El método que vamos a emplear para calcular la corriente de cortocircuito, se conoce como Método de Punto a Punto.



**FIGURA 3.5**

## CÁLCULO DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO - FALLA N° 1

$$L = 16 \text{Pies}$$

$$\text{Cable} = \# 500 \text{ AWG}$$

$$C = 22185$$

$$\%Z_{\text{Trans}} = 0.38$$

$$I_{FLA} = \frac{KVA \times 1000}{V_{ll} \times 1.73} \quad \text{Multiplier} = \frac{100}{9 \times \%Z_{\text{Trans}}}$$

$$I_{FLA} = \frac{500 \times 1000}{220 \times 1.73} \quad \text{Multiplier} = \frac{100}{9 \times 0.38}$$

$$I_{FLA} = 1313.71 \text{A} \quad \text{Multiplier} = 29.23$$

$$+I_{sca} = I_{fla} \times \text{multiplier}$$

$$+I_{sca} = 1313,71 \times 29,23$$

$$+I_{sca} = 38399.74$$

$$f = \frac{1,73 * L * Isca}{C * V_{ll}} \quad M = \frac{1}{1 + f}$$

$$f = \frac{1,73 * 16 * 38399,74}{22185 * 220} \quad M = \frac{1}{1 + 0.2177}$$

$$f = 0,2177 \quad M = 0.8212$$

$$Isca = +I_{sca} \times M$$

$$Isca = 38399,74 \times 0,8212$$

$$Isca = 31,533 [KAmp]$$

Entonces tenemos que la corriente de cortocircuito en la falla N° 1 será de:

$$I_{sca} = 31,533 \text{ Kamp}$$

### CÁLCULO DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO - FALLA N° 2

$$L = 121 \text{ Pies}$$

$$\text{Cable} = \# 2/0 \text{ AWG}$$

$$C = 10755$$

$$f = \frac{1,73 * L * I_{sca}}{C * V_{ll}} \qquad M = \frac{1}{1 + f}$$

$$f = \frac{1,73 * 121 * 31533}{10755 * 220} \qquad M = \frac{1}{1 + 2,789}$$

$$f = 2,789 \qquad M = 0.2638$$

$$I_{sca} = +I_{sca} * M$$

$$I_{sca} = 31,53 * 0,2638$$

$$I_{sca} = 8,319 [KAmp]$$

Entonces tenemos que la corriente de cortocircuito en la falla # 2 será de:

$$I_{sca} = 8,319 \text{ Kamp}$$

### CÁLCULO DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO - FALLA N° 3

$$L = 81 \text{ Pies}$$

Cable = # 8 AWG

$$C = 1557$$

$$f = \frac{1,73 * L * I_{sca}}{C * Vll} \qquad M = \frac{1}{1 + f}$$

$$f = \frac{1,73 * 81 * 8,319}{1557 * 220} \qquad M = \frac{1}{1 + 3,403}$$

$$f = 3,403 \qquad M = 0,227$$

$$I_{sca} = +I_{sca} * M$$

$$= 8,319 * 0,227$$

$$= 1,889 [Kamp]$$

Entonces tenemos que la corriente de cortocircuito en la falla # 3 será de:

$$I_{sca} = 1,889 \text{ Kamp}$$

### **Especificación para el diseño de los elementos de los paneles**

En el cuadro de especificación de diseño para el panel de Prensa mostrados en la **TABLA 3.3A** .La corriente de carga que deberá suministrar el panel de distribución y control es igual a la sumatoria de todas las máximas corrientes de carga, y es:

$$I_t = 277 \text{ [Amp]}$$

En Cuadro de especificación de diseño para el panel de Secaderos mostrados en la **TABLA 3.3B** siguiente. La corriente de carga que deberá suministrar el panel de distribución y control es igual a la sumatoria de todas las máximas corrientes de carga, y es:

$$I_t = 56 \text{ [Amp]}$$



DATOS DE LA CARGA			DATOS DEL CONDUCTOR						SISTEMA DE CONTROL Y PROTECCION				
Código del Motor	Potencia Eléctrica	Factor Potencia	LONGITUD panel -motor	Máxima Corriente de Carga	Temperatura Ambiente	Conductor de Fase Recomendado	Sección del Conductor por Fase	Conductor de Puesta a Tierra	Corriente Máxima Disparo	Contactador de Control Tretapolar	Relé Térmico	Disyuntor Magnético	Icc en el Motor
	KW	FP	m	Amp	°C	THW # x fase	mm <sup>2</sup>	THW #	Amp	Código	Amp	Amp	Amp
T1	3,76	0,83	24,77	11,9	37	12	4,25	10	30	LC1-D18	12	30	430
T2	2,20	0,86	24,77	9,3	37	12	4,25	10	23	LC1-D12	10	23	430
T3	3,00	0,90	24,77	12	37	12	4,25	10	30	LC1-D18	12	30	430
L3	0,33	0,80	24,77	1,4	37	12	4,25	14	4	LC1-D9	2	4	430
T8	0,18	0,73	24,77	1,2	37	12	4,25	14	3	LC1-D9	2	3	430
M120	2,40	0,80	24,77	11	37	12	4,25	10	28	LC1-D12	11	28	430
M151	1,66	0,81	24,77	7,9	37	12	6,76	12	20	LC1-D9	8	20	684
M153	0,62	0,76	24,77	3,1	37	12	6,76	14	8	LC1-D9	4	8	684
M101	7,50	0,85	24,77	26,5	37	10	13,52	8	66	LC1-D32 x3	27	38	1368
M106	0,65	0,75	24,77	3,3	37	12	4,25	14	8	LC1-D9	4	8	430
M107	1,07	0,70	24,77	5,3	37	12	4,25	12	13	LC1-D9	5	13	430
M108	0,54	0,70	24,77	2,95	37	12	4,25	14	7	LC1-D9	6	7	430
M109	4,80	0,80	24,77	17	37	10	13,52	8	43	LC1-D25	17	43	1368
M111	45,02	0,88	24,77	144	37	4*2	54,38	3	360	LC1-D95x3	83	208	5501
M116	1,49	0,80	24,77	3,7	37	12	4,25	14	9	LC1-D9	4	9	430
M117	0,48	0,79	24,77	2,9	37	12	4,25	14	7	LC1-D9	3	7	430
M118	2,15	0,82	24,77	8,7	37	12	6,76	10	22	LC1-D12	9	22	684
M140	1,35	0,82	24,77	4,7	37	12	4,25	14	12	LC1-D9	5	12	430

TABLA 3.3A PANEL PRENSA

DATOS DE LA CARGA			DATOS DEL CONDUCTOR						SISTEMA DE CONTROL Y PROTECCION				
Código del Motor	Potencia Eléctrica	Factor Potencia	LONGITUD panel -motor	Máxima Corriente de Carga	Temperatura Ambiente	Conductor de Fase Recomendado	Sección del Conductor por Fase	Conductor de Puesta a Tierra	Corriente Máxima Disparo	Contactador de Control Tretapolar	Relé Térmico	Disyuntor Magnético	Icc en el Motor
	KW	FP	m	Amp	°C	THW # x fase	mm2	THW #	Amp	Código	Amp	Amp	Amp
M200	0,72	0,80	24,96	3,70	57,00	12,00	4,25	14	9	LC1-D18	4	9	430
M201A-B , M202A-B	1,43	0,75	24,96	6,4	57,00	12,00	4,25	12	16	LC1-D12	10	16	430
M251	0,54	0,70	24,96	2,95	57,00	12,00	4,25	14	7	LC1-D18	3	7	430
M252	0,18	0,70	24,96	1,05	57,00	12,00	4,25	14	3	LC1-D9	2	3	430
M253	0,24	0,70	24,96	1,4	57,00	12,00	4,25	14	4	LC1-D9	2	4	430
M260	1,08	0,70	24,96	5,30	57,00	12,00	4,25	12	13	LC1-D12	5	13	430
M261A-B , M262A-B , M263A-B	3,95	0,86	24,96	14,90	57,00	8,00	4,25	10	37	LC1-D9	15	37	430
M266A-B	1,08	0,82	24,96	4,7	57,00	12,00	4,25	14	12	LC1-D9	4	12	430
M290	0,54	0,70	24,96	2,95	57,00	12,00	4,25	14	7	LC1-D32 x3	3	4	430
M300	1,72	0,82	25,9	7,60	57,00	12,00	4,25	12	19	LC1-D9	4	19	430
desde 311A-B hasta 351A-B	0,32	0,82	25,90	1,6	57,00	12,00	4,25	14	4	LC1-D9	2	4	430
M402	0,36	0,82	25,9	2,00	57,00	12,00	4,25	14	5	LC1-D9	6	5	430
M391-M392	0,36	0,80	25,90	1,75	57,00	12,00	4,25	14	4	LC1-D25	2	4	430
M41	0,23	0,70	0	1	36,00	12,00	4,25	14	3	LC1-D95x3	1	1	430
M42	2,90	0,80	0,00	11,00	36,00	10,00	4,25	10	28	LC1-D9	11	28	430
M43 , M44	0,54	0,64	0	3,40	36,00	12,00	4,25	14	9	LC1-D9	3	9	430
M270	0,36	0,70	0,00	2	57,00	12,00	4,25	14	5	LC1-D12	2	5	430

TABLA 3.3B PANEL SECADEROS

### **3.4. Diagnóstico Energético**

Es imprescindible realizar un estudio de consumo de energía de los equipos, estos pueden ser mensuales, trimestrales o anuales, a fin de determinar el grado de eficiencia con la que es utilizada la energía, es decir si existen pérdidas y cuales serian sus costos, estas pérdidas pueden ser ocasionadas de muchas maneras, como por ejemplo: equipo eléctrico sub dimensionado para el trabajo que va a realizar, conductores sub dimensionados o en mal estado, entre otras cosas más.

Para realizar un diagnostico energético se debe conocer los siguientes puntos:

#### **3.4.1. Objetivos**

- Establecer metas de ahorro de energía.
- Disminuir el consumo de energía, sin afectar los niveles de producción.

### **3.4.2. Actividades**

Para determinar la eficiencia con la que es utilizada la energía, se requiere realizar diversas actividades, entre las que se pueden mencionar:

- Medir los distintos flujos energéticos.
- Calcular índices energéticos reales, y actualizar los de diseño.
- Determinar potenciales de ahorro.
- Darle seguimiento mediante la aplicación de listas de verificación de conservación y ahorro de energía.

### **3.4.3. Aspectos a Diagnosticar**

#### **a) Operativo**

- Inventario de equipo consumidor de energía.
- Detección y evaluación de fugas y desperdicios.
- Análisis del tipo y frecuencia del mantenimiento.
- Inventario de instrumentación.
- Posibilidades de sustitución de equipos

**b) Económico**

- Consumos específicos de la energía eléctrica.
- Relación beneficio-costos de medidas para eliminar desperdicios.
- Precio de energía eléctrica comprada (\$/kW.h).

**c) Energéticos**

- Formas y fuentes de energía utilizadas.
- Posibilidades de sustitución de energéticos.
- Cantidades consumidas.
- Diagramas unifilares.
- Posibilidad de autogeneración y cogeneración.

**3.4.4. Tipos de diagnósticos energéticos**

Los diagnósticos energéticos pueden dividirse en tres diferentes tipos de grados:

**1. Diagnósticos de Primer Grado**

En los diagnósticos energéticos de primer grado se detectan medidas de ahorro cuya aplicación es inmediata, consiste en

la inspección visual del estado de conservación de las instalaciones, en el análisis de los registros de operación y mantenimiento que rutinariamente se llevan en cada instalación; así como, el análisis de información estadística de consumos y pagos por concepto de energía eléctrica.

Al realizar este tipo de diagnóstico se deben considerar los detalles detectados visualmente y que se consideren como pérdidas de energía, tales como falta de aislamiento; asimismo se deben detectar y cuantificar los costos y posibles ahorros, producto de la administración de la demanda de energía eléctrica y corrección del factor de potencia.

En este tipo de estudio no se realiza un análisis exhaustivo del uso de la energía, sino que se utilizan medidas de aplicación inmediata.

## **2. Diagnósticos de Segundo Grado**

Comprende la evaluación de la eficiencia energética en áreas y equipos de mayor consumo, como son los motores eléctricos y los equipos que éstos accionan.

La aplicación de este tipo de diagnósticos requiere de un análisis detallado de los registros de las condiciones de operación de los equipos, lo que incluye la información sobre el tiempo de operación y consumos específicos de energía. La información obtenida directamente en campo se compara con la de diseño, con objeto de obtener las variaciones de eficiencia.

Primeramente, se detectan las variaciones entre las condiciones de operación actuales con las del diseño. Posteriormente, es conocer el flujo de energía perdido por el equipo en estudio.

Los planos unifilares complementan el diagnóstico, ya que permiten establecer claramente la distribución de la energía

en las instalaciones, las pérdidas y así determinar la eficiencia con la que es utilizada la energía.

Finalmente, las medidas que se recomienden en el diagnóstico energético, deberán tomar en consideración que se paguen con los ahorros que se obtengan y de esta manera no se afectará la liquidez de la empresa.

### **3. Diagnósticos de Tercer Grado**

Consiste en un análisis profundo de las condiciones de operación y las bases de diseño de una instalación, mediante el uso de equipo especializado de medición y control. Debe realizarse con la participación de especialistas de cada área, auxiliados por el personal de ingeniería.

En estos diagnósticos, es común el uso de técnicas de simulación de procesos, con la finalidad de estudiar diferentes esquemas de interrelación de equipos y procesos. Además de que facilitan la evaluación de los efectos de cambio de condiciones de operación y modificaciones del



consumo específico de energía, por lo que se requiere información completa de los flujos de materiales, combustibles, energía eléctrica, así como de las variables de presión, temperatura y las propiedades de las diferentes sustancias o corrientes.

Las recomendaciones derivadas de estos diagnósticos generalmente son de aplicación a mediano plazo e implican modificaciones a los equipos, procesos e incluso de las tecnologías utilizadas.

Además, debido a que las inversiones de estos diagnósticos son altas, la evaluación económica debe ser rigurosa, en cuanto al período de recuperación de la inversión.

### **3.4.5. Aplicación del Diagnostico Energético**

En este capítulo analizaremos y aplicaremos el diagnostico energético de Segundo grado.

Primeramente tomaremos las mediciones o muestreos realizados en el campo, es decir en la planta que se analiza, como la medición del consumo de los equipos, los tiempos de operación, las fichas técnicas de los equipos, donde se detallan los datos de operación de cada equipo. Con estos datos obtenidos se procederá a calcular la potencia real consumida de los equipos, el promedio del consumo mensual real, y además de determinar si se encuentran sobrecargados los equipos, tal como se lo muestra en la TABLA 3.4.

	Equipos Motores	Potencia Mecánica HP	Tiempo medio diario de consumo estimado H	Potencia Eléctrica Motor Kw	Subcarga (-) Sobrecarga (+) %	Potencia Eléctrica del Motor Utilizada Kw	Consumo diario estimado (KWH)	Consumo Mensual estimado (KWH)	Voltaje Real (V)	Corriente Real (Amp)	Tiempo de Consumo Mensual estimado Días
TROQUELADORA	LAMINADO	4,02	16,24	3,76	-65,77	1,29	20,92	303,31	226,33	3,87	14,50
	RECORTE	4,02	16,24	4,12	-44,59	2,28	37,02	536,81	226,67	6,83	14,50
	PLEGADORA	2,95	16,24	3,05	-68,97	0,95	15,35	222,58	226,67	2,83	14,50
	VENTILADOR	0,44	16,24	0,43	-9,04	0,39	6,30	91,38	226,00	1,17	14,50
	BANDA TRANSPORTADORA	0,24	16,24	0,33	-80,03	0,07	1,08	15,69	226,33	0,20	14,50
CORTAPLUMA	CORTADOR	2,23	13,31	2,44	-61,30	0,94	12,56	150,67	217,17	3,12	12,00
	VENTILACION CABEZAL	3,22	13,31	3,35	-44,32	1,87	24,84	298,08	216,83	5,85	12,00
	BOMBA DE CORTADOR	0,83	13,31	0,90	21,18	1,09	14,47	173,69	217,33	3,40	12,00
PRENSA	GRUA	0,64	0,64	0,87	-41,36	0,51	0,33	4,06	217,33	1,60	12,50
	MOVIMIENTO DE MOLDE	2,88	0,64	2,72	-59,60	1,10	0,70	8,72	218,67	3,41	12,50
	DOSIFICADOR	0,87	18,40	0,94	-30,20	0,66	12,11	260,32	216,33	2,07	21,50
	BOMBA DE ACEITE	2,00	18,40	1,23	-10,33	1,10	20,29	436,34	219,33	3,42	21,50
	MESCLADOR	1,43	18,40	1,41	-33,99	0,93	17,17	369,08	216,67	2,93	21,50
	RECORTE	0,72	18,40	0,79	-41,17	0,46	8,51	183,07	217,33	1,45	21,50
	EXTRACTOR	1,81	18,40	1,47	-25,21	1,10	20,20	434,38	218,67	3,41	21,50
	AMASADORA	6,44	18,40	5,18	-38,68	3,18	58,45	1256,66	216,67	9,96	21,50
	TORNILLO	60,35	18,40	48,29	-51,13	23,60	434,06	9332,20	217,67	73,63	21,50
	BOMBA DE VACIO	10,06	18,09	8,58	-5,35	8,12	146,92	3526,16	215,83	25,57	24,00
TRABATO	ZARANDA	0,97	18,65	1,13	-55,27	0,50	9,41	202,30	219,67	1,56	21,50
	VENTILACION	1,92	18,65	1,83	-6,96	1,70	31,74	682,36	219,33	5,27	21,50
	ELEVADOR	0,72	18,65	0,79	-27,39	0,57	10,66	229,09	219,67	1,77	21,50
	CINTA DERRAMA PASTA	0,24	18,65	0,28	-30,44	0,19	3,63	78,12	219,33	0,60	21,50
	MOVIMIENTO DERRAMA PASTA	0,32	18,65	0,37	-49,48	0,19	3,52	75,64	219,67	0,58	21,50
PRESECADO	VENTILACION	5,30	18,77	4,88	-18,44	3,98	74,75	1607,07	218,67	12,37	21,50
	MOVIMIENTO DE PISOS	1,45	18,77	1,41	-46,70	0,75	14,14	304,09	219,67	2,33	21,50
	ELEVADOR	0,72	18,77	0,79	-26,84	0,58	10,81	232,32	221,33	1,77	21,50
SECADEROS	MOVIMIENTO DE PISOS	2,31	18,09	2,37	-58,40	0,99	17,86	428,72	221,67	3,03	24,00
	VENTILACION	0,43	18,09	0,50	-25,60	0,37	6,73	161,45	220,33	1,15	24,00
VARIOS	COMPRESOR	3,89	18,40	3,35	-57,93	1,41	25,95	557,92	216,50	4,43	21,50
	COCLEA 1 Y 2	0,72	18,40	0,83	-81,16	0,16	2,87	61,77	216,50	0,49	21,50
	VALVULA ESTRELLA	0,31	18,40	0,27	-7,79	0,25	4,52	97,28	216,50	0,77	21,50
	VIBRADOR	0,48	18,77	0,61	-38,43	0,38	7,05	151,49	217,00	1,18	21,50

Tabla 3.4 MENU ENERGETICO

Como podemos apreciar en las tablas antes mencionadas no existe ningún tipo de sobrecarga en los equipos, además de obtener el promedio del consumo mensual de los equipos que nos ayudaran para calcular cuánto nos cuesta la operación de los equipos mensualmente, ya que su promedio mensual de consumo es de 22472,8 KWH, que nos representa la cantidad a pagar de \$1736 con una penalización de \$240 por tener un bajo factor de potencia, Total a pagar \$1976.

Además de los datos técnicos de los equipos se concluye que el promedio del factor es de 0,78, lo cual nos indica que se debe aplicar una compensación de energía reactiva a través de bancos de condensadores.

Se debe tomar en cuenta que existen otros tipos de pérdidas de energía que no han sido cuantificadas, como las generadas por autoinducción, armónicos, aumento de resistencia del conductor por desgaste, contactos flojos, etc.

### **3.4.6. Medidas de aplicación en el Diagnostico Energético de Segundo Grado**

#### **i. PROGRAMAS DE CORRECCIÓN**

- Corrección del factor de potencia
- Mantenimiento continuo a los equipo
- Cambio de conductores en mal estado o desgastados
- Cambio de motores por otros de mayor eficiencia

#### **ii. PROGRAMAS DE APOYO**

- Realizar periódicamente una lista de verificación de conservación de energía tal como se muestra en la Tabla 3.5
- Lograr cambios de actitud del personal hacia el uso eficiente de los energéticos.
- Lograr la participación de todo el personal.
- Modificar los hábitos operativos que provocan el derroche de energía.
- Lograr la actualización y otorgamiento de presupuestos para implementar el programa.

PLANTA : _____ COORDINADOR DEL PROGRAMA: _____ ELABORO: _____ FECHA: _____	¿Se realizó el trimestre pasado..? Si - No	¿Se lo esta realizando actualmente? Si - No
<b>MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y AJUSTES OPERACIONALES</b> 1. Balancear las fuentes de potencia trifásica a los motores. 2. Revisar el alineamiento del motor con el equipo accionado. 3. Revisar condiciones de alto o bajo voltaje con los motores, corregir en caso necesario. 4. Lubricar el motor y las chumaceras de transmisión regularmente. 5. Reemplazar las chumaceras gastadas. 6. Verificar el sobrecalentamiento, el cual, puede indicar un problema funcional y carencia de ventilación adecuada. 7. Revisar ruido y vibraciones excesivos. Determinar la causa y corregir de ser necesario. 8. Inspeccionar las chumaceras y bandas de transmisión. Ajustar o reemplazar si es necesario. 9. Mantener limpios los motores. Si tienen medidas adicionales de este tipo, anótelas a continuación y califíquelas de la misma forma.		

TABLA 3.5. LISTA DE VERIFICACION DE MEDIDAS DE AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA EN MOTORES

### **iii. PROGRAMA DE CAPACITACIÓN**

- Cursos orientados a la planeación, organización, desarrollo y aplicación de un programa energético.
- Cursos orientados a la planeación, organización y levantamiento de diagnósticos energéticos.
- Cursos para el análisis y revisión de nuevas tecnologías y/o fuentes alternas de energía.
- Cursos sobre administración de la energía y optimización del factor de potencia.
- Cursos para la optimización y ahorro de energía en motores eléctricos y en general de operación.
- Cursos a personal obrero.
- Cursos enfocados al análisis energético de áreas intensivas en consumo de energía.

# CAPÍTULO 4

## 4. APLICACIÓN DE LAS NORMAS NFPA

En este capítulo trataremos las normas que debemos utilizar en el sector eléctrico, la cual tiene como objetivo precautelar la seguridad física de las personas y así como también los bienes materiales que pueden ser afectados por la no aplicación de normas básicas en las instalaciones eléctricas y de seguridad personal.

Las normas NFPA es una recopilación de todos los estudios realizados y de experiencias personales en la prevención de riesgos e incendios, que dan como pauta de cómo deberían estar diseñadas las instalaciones y qué tipo de seguridad se debería aplicar dependiendo del lugar de trabajo, cabe recalcar que estas normas no son una regla seguir, pero si una recomendación que se debe tomar en cuenta en los diseños y en sus aplicaciones diarias.



Las normas que nombraremos abajo son una de las recomendadas en cuanto se refiere a Instalaciones eléctricas y seguridad humana:

NFPA 70: Código Eléctrico Nacional

NFPA 70E: Norma para la Seguridad Eléctrica en Lugares de Trabajo

#### **4.1. Norma de Seguridad de Equipos Eléctricos**

Se aplicaran las normas de seguridad en los equipos e instalaciones eléctricas seleccionando los materiales que se emplearán teniendo en cuenta las tensiones a que estarán sometidos, así también el funcionamiento de los equipos deberá estar a cargo de personal con experiencia y conocimientos en el área, especialmente cuando se trate de instalaciones que se encuentran energizadas a fin de impedir que accidentalmente alguna persona o material tome contacto con los mismos.

Los Equipos e instalaciones eléctricas deben ser escogidos de acuerdo al tipo trabajo a realizar y al ambiente en donde se ubicaran.



FIGURA 4.1 FUENTE: FABRICA SUMESA MOTOR DOSIFICADOR

Para la correcta instalación de un motor se deberá basar de las siguientes normas o parámetros del NFPA 70:

- 1) Artículo 430-6.- determinación de la intensidad admisible y otros parámetros nominales de los motores, ya sean motores de baja velocidad o motores con tensión variable de c.a.
- 2) Artículo 430-7.- Se refiere a las marcas en los motores, los datos de placa del motor y la letra de códigos de los parámetros con rotor frenado.

- 3) Artículo 430-9.- Los terminales de los motores y controladores deben estar adecuadamente marcados o coloreados cuando sean necesario para identificar las conexiones.
- 4) Artículo 430-11.- Deben instalarse protectores o envolventes adecuados para proteger las partes expuestas en tensión de los motores y el aislante de los cables de los motores.
- 5) Artículo 430-12.- Las carcasas de los terminales de los motores deben estar hechas de metal y ser de construcción sólida.
- 6) Artículo 430-21.- Se especifican las secciones de los conductores capaces de alimentar los motores en las condiciones especificadas sin recalentarse.
- 7) Artículo 430-92.- Trata de los centros de mandos instalados para controlar circuitos de motores.
- 8) Artículo 430-95.- Los centros de control de motores deben contar con un medio de desconexión a la entrada de la acometida.
- 9) Artículo 110-16.- Espacio de trabajo alrededor de los equipos eléctricos, al instalarse los equipos eléctricos de 600 voltios nominales o menos, deberá dejarse lugar suficiente alrededor de los mismos para permitir no sólo el trabajo adecuado sino también el acceso a todas las partes del equipo para su reparación, regulación o limpieza.

10) Artículo 110-17.- Protección de partes activas de 600 voltios nominales o menos, las cuales deberán estar protegidas contra contacto accidental, en prevención de daños físicos, además se deberá marcar con signo de atención y delimitando el área de seguridad.

A continuación se muestra dos ejemplos dentro de la planta Sumesa donde no se cumple con el Artículo 430-11



FIGURA 4.2 FUENTE: FABRICA SUMESA MOTOR DE VENTILACIÓN



FIGURA 4.3 FUENTE: FABRICA SUMESA MOTOR DE BANDA TRANSPORTADORA

## **4.2. Norma de Seguridad de Alimentadores de Energía**

Todo tipo de alimentadores eléctricos representan un gran peligro en los lugares de trabajo, por lo que se hace necesario tener un estricto control al acceso de estos donde puedan ingresar personas altamente calificadas y autorizadas con sus respectivos equipos de protección personal (EPP), para así evitar de esta manera pérdida humanas y materiales.

Entre los principales alimentadores de energía tenemos:

- ✓ Transformadores de voltaje.
- ✓ Paneles de control o distribución.
- ✓ Conductores de alimentación.

### **4.2.1. Transformadores de Potencia**

Los transformadores de potencia se encuentran ubicados dentro de un cuarto, el cual debe ser diseñado tomando en consideración los siguientes artículos del NFPA 70E y NFPA 70

## NFPA 70E

- 1) Artículo 420.10 (F).- Este artículo cubre las instalaciones de los transformadores.
  - a. Las secciones del artículo 420.10(F) (2)-(8) cubren la instalación de todos los transformadores excepto;
    - i. Transformadores de Corriente
    - ii. Los transformadores de tipo seco que formen parte de otro aparato y cumplan los requisitos del equipo.
    - iii. Transformadores que formen parte integral de aparatos de rayos X, de alta frecuencia o de recubrimiento electrostático
    - iv. Transformadores clase 2 y clase 3.
    - v. Transformadores para anuncios luminosos y luces de contorno.
    - vi. Transformador de equipos de alumbrados de descarga
    - vii. Transformadores utilizados para circuitos de alarma contra incendios de potencia limitada.
    - viii. Transformadores utilizados para investigación, desarrollo o ensayos, cuando se hayan tomado las medidas

necesarias para proteger a las personas del contacto con sus partes energizadas.

- b. Advertencia de tensión se refiere a indicar la tensión de las partes energizadas de la instalación
- c. Transformadores aislados tipo seco en interiores y tensión superior a 35kV deben instalarse en una bóveda.
- d. Transformadores aislados con aceite, instalados en interiores se deberían instalar en bóvedas.
- e. Transformadores aislados con aceite instalados en exteriores. Los materiales combustibles, partes de edificios, escapes de incendio, puertas y aberturas de ventanas, se deberán resguardar de los incendios que se originen en transformadores aislados con aceite, instalados sobre tejados anexos o adyacentes a un edificio o materiales combustibles.
- f. Entradas de bóvedas de transformadores se deben proteger de acuerdo con 420.10(F)(a) Tipos de Puerta 420.10(F)(b)Umbrales 420.10(F)(c)Cerraduras.
- g. Tuberías de agua y accesorios. En las bóvedas para transformadores no deben entrar ni atravesar sistemas de

conductos o tuberías como esta referenciado en el artículo 450.47 del NFPA.

- h. Almacenamiento de bóvedas no se deberá almacenar ningún tipo de material igual como se especifica en el artículo NFPA 450.48

### NFPA 70

- 1) Artículo 450-21.- Los transformadores de voltaje deberán estar separados con una distancia no menor de 1.83m en horizontal y de 3.66m en vertical.
- 2) Artículo 450-41.- Se refiere a la ventilación adecuada del cuarto de transformadores, la misma que deberá ser de preferencia con aire exterior.
- 3) Artículo 450-42.- La construcción del cuarto deberá realizarse con Paredes, techos y suelos con resistencia estructural adecuada y una resistencia mínima al fuego de 3 horas.
- 4) Artículo 450-43.- Los accesos a los cuartos de transformadores, deberán estar adecuados con puertas bien cerradas y con un material resistente al fuego mínimo de tres horas, además de tener las respectivas cerraduras para su ingreso, solo a personas calificadas



- 5) Artículo 450-45.-Las aberturas de ventilación, no deberán ser inferior a  $1.936\text{mm}^2$  por cada KVA de cada transformador y en ningún caso deberá ser inferior a  $0.93\text{m}^2$ . Además estas deberán estar situadas lo más lejos posible de puertas, salidas de incendio y materiales combustibles.
- 6) Artículo 450-46.- Deberá estar dotado por un muro de contención o un medio de drenaje que permita eliminar cualquier derrame de aceite o agua que se produzca en el cuarto.
- 7) Artículo 450-47.- No deberán atravesar tuberías de agua ni sistemas de tubería ajena a la instalación eléctrica salvo el caso para sistema de refrigeración de los transformadores o para protección de los cuartos de transformadores contra incendio.
- 8) Artículo 450-48.- El cuarto de transformadores no deberá ser utilizado para almacenaje de ningún tipo de material.



FIGURA 4.4 TRANSFORMADOR DE 500KVA



FIGURA 4.5 INGRESO AL CUARTO DE TRANSFORMADORES

#### 4.2.2. Paneles de Control o Distribución

Los paneles de control o distribución necesitan llevar una adecuada seguridad y ubicación, por cuanto existen partes energizadas expuestas.

Para llevar a cabo la seguridad en los paneles daremos a conocer algunos artículos de la NFPA 70E y NFPA70 que nos ayudaran a evitar accidentes en los lugares de trabajo.



Figura 4.6 TB1 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN

#### NFPA 70E

- 1) Artículo 210-1.- Los encerramientos deben mantenerse libre de materiales que puedan crear peligros.

- 2) Artículo 210-2.- Se debe resguardar contra accesos no autorizados y contactos accidentales con partes energizadas, ya sea con cercas protección física, encerramientos u otros medios de protección.
- 3) Artículo 210-3.- los conductores y abrazaderas deben conducir la corriente nominal sin sobrecalentamiento y soportar la corriente de falla que pueda presentarse.
- 4) Artículo 420-4.- Los tableros de distribución que tengan partes energizadas expuestas deberán estar en lugares permanentemente secos y accesibles a personas calificadas, mientras que los paneles deben estar en gabinetes, cajas de corte o cerramientos, destinados para el propósito.
- 5) Artículo 420-5.- Tableros de distribución y paneles en lugares húmedos deberán ubicarse o equiparse de modo que se impida la entrada y la acumulación de humedad o agua dentro del mismo, dejando un espacio de aire entre el cerramiento y la pared u otro superficie de apoyo de 6mm.

### NFPA 70

- 1) Artículo 373-11.- El espacio dentro de los paneles debe permitir instalar holgadamente los cables y debe de existir una separación de 1.59mm como mínimo entre la base del dispositivo y la pared metálica. También entre cualquier parte metálica en tensión y la puerta debe de quedar un espacio libre mínimo de 25.4mm. Mientras que para las paredes, parte posterior, entradas de canaletas o la puerta metálica de cualquier panel y la parte expuesta en tensión más próxima a los aparatos montados en su interior, si su tensión no supera los 250, debe haber un espacio libre de 12.7mm como mínimo y para tensiones nominales de 251 a 600, el espacio libre debe de ser de 25.4mm.
  
- 2) Artículo 384-5.- Nos indica lo antes mencionado en el artículo 420-4 de la NFPA70E y que la instalación de los tableros y/o paneles de distribución deben estar de modo que la probabilidad de daños por equipos o procesos sea mínima.

- 3) Artículo 384-13.- Los tableros y/o paneles de distribución deben tener parámetros nominales no inferiores a los mínimos del circuito de suministro según la carga calculada.
- 4) Todos los circuitos de un tablero o panel y sus modificaciones se deben identificar de manera legible en cuanto a su finalidad o uso y situarse en la puerta o en su interior.
- 5) Artículo 384-30.- Los paneles de distribución deben ser de material no combustible y resistente a la humedad.
- 6) Artículo 384-31.- las barras colectoras aisladas o desnudas deben estar rígidamente montadas.
- 7) Artículo 384-32.- Los instrumentos, luces pilotos, transformadores y otros dispositivos de los paneles de distribución deben estar alimentados por un circuito que esté protegido por dispositivos estándares de sobreintensidad de 15 amperios nominales o menos.

### 4.2.3. Conductores de alimentación

Los conductores de alimentación son los encargados de transportar la corriente eléctrica, por lo que debemos de seguir algunos artículos de la NFPA 70 para evitar cualquier daño físico de personas y equipos que esta puede causar.

- 1) Artículo 110-5.- Los conductores normalmente utilizados en las instalaciones eléctricas deben ser de cobre y si es de otro material se debe revisar el Artículo 310-15.
- 2) Artículo 110-6.- Las secciones de los conductores se expresa en Unidades (AWG) American Wire Gage o mils de circunferencia.
- 3) Artículo 110-7.- Todos los cables deben instalarse de modo que cuando la instalación esté terminada, el sistema esté libre de cortocircuito y de otros contactos.
- 4) Artículo 110-14.- Conexiones Eléctricas
  - a. La conexión de los conductores a los terminales debe asegurar una buena y completa conexión sin dañar los conductores y debe hacerse por medio de

conectores a presión, lengüetas soldadas o tomas de corriente a cables flexibles.

b. Todos los empalmes y uniones y los extremos libres de los conductores se deben cubrir con un aislante equivalente al de los conductores.

c. La temperatura nominal asociada a la intensidad admisible de un conductor, se debe elegir y coordinar de modo que no supere la temperatura nominal mínima de cualquier terminación, conductor o dispositivo conectado.

5) Artículo 310-8.- Los conductores aislados que se utilizan en lugares mojados deben ser recubiertos de plomo y de los tipos RHW, TW, THW, THHW, THWN o XHHW. Los cables de uno o más conductores utilizado en lugares mojados deben ser de un tipo listado para su uso en lugares mojados.

6) Artículo 318-2.- Sistemas de bandejas de cables, unidad o conjunto de unidades o secciones con sus herrajes, que forman una estructura rígida utilizada para soportar cables y canalizaciones.



- 7) Artículo 318-3.- Usos Permitidos
- 8) En instalaciones Industriales, cuando las condiciones de supervisión y mantenimiento aseguren que el sistema de bandejas de cables es atendido únicamente por personas cualificadas, se permite instalar en escaleras o canalizaciones de cables ventilados los cables unipolares o multipolares.
- 9) Artículo 318-5 Las bandejas de cables deben tener resistencia y rigidez suficiente para que ofrezca un apoyo adecuado a todos los cables instalados en ellas, no deben tener bordes afilados salientes que puedan dañar los forros o aislamientos de los cables. Las bandejas de cable no metálicas deben de estar hechas de material retardantes de las llamas.
- 10) Artículo 318-8 Para la instalación de los Cables, se permite que haya en una bandeja de cables empalmes hechos y aislados con métodos aprobados. En los tramos distintos a los horizontales a los cables tienen que estar bien sujetos a las bandejas.

### NFPA70E

- 1) Artículo 100 Agrupación de cables encerrados es un conjunto de conductores aislados con accesorios terminales de conductores, todos ellos dentro de una caja metálica protectora totalmente cerrada y ventilada. Este conjunto está diseñado para soportar la corriente de falla y para soportar las fuerzas magnéticas.

A continuación mostraremos foto de canaleta que se encuentra en la sección de pasta en Sumesa donde no se aplica el artículo de agrupación de conductores

- 2) Artículo 420-2.- Cuando se usan cables, cada uno de ellos debe ir asegurado ya sea al gabinete, caja de corte o encerramiento.



FIGURA 4.7 BANDEJA DE CABLES SECTOR DE TRANSFORMADORES



FIGURA 4.8 BANDEJA DE CABLES SECTOR MOTORES

### **4.3. Norma de Seguridad de Protecciones Eléctricas**

Para tener una instalación eléctrica segura debemos de considerar algunos artículos de la NFPA 70 (NEC) y NFPA 70E para minimizar los daños físicos y materiales que puedan ser generadas por fallas en el sistema eléctrico.

Dentro de las protecciones eléctricas más importantes tenemos:

- Protección Contra Sobrecarga
- Protección Contra Corto circuito
- Protección Contra Electrocutación

#### **4.3.1. Protección Contra Sobrecarga**

La sobrecarga puede ser ocasionada debido al aumento de carga (instalación de nuevos equipos) en el sistema eléctrico, el cual no fue considerado en su diseñado original, también puede ser originada por falla en el funcionamiento de algún equipo eléctrico.

Algunos artículos a considerar para la protección contra sobrecarga son los siguientes:

- 1) Artículo 240-2 Se deben proteger los equipos contra sobrecarga:
  - Para Motores consideraremos el Artículo 430
  - Para Transformadores y Cuarto de transformadores Artículo 450
  
- 2) Artículo 430-31 Dispositivos de Protección contra sobrecarga para proteger los motores, sistemas de control de motores y los conductores contra calentamiento excesivo debido a las sobrecargas del motor y a fallos de puesta en marcha.
  
- 3) Artículo 430-32 Hace referencia al motor de servicio continuo de más de 1Hp que estarán protegidos con:
  - Dispositivo de protección independiente de sobrecarga.
  - Protector térmico integrado en el motor.
  
- 4) Artículo 430-34 Selección de los relés de sobrecarga con referencia al Artículo 430-32 que sea suficiente para poner en marcha al motor y soportar la carga.

- 5) Artículo 430-36 Para proteger a los motores contra sobrecarga se debe colocar un fusible en cada conductor no conectado a Tierra.
- 6) Artículo 430-40 Los relés y otros dispositivos para la protección de los motores contra sobrecargas que no sean capaces de abrir cortocircuitos, deben estar protegidos por fusibles o interruptores automáticos con intensidades nominales.

A continuación se muestra foto de la sección Banco de condensadores.

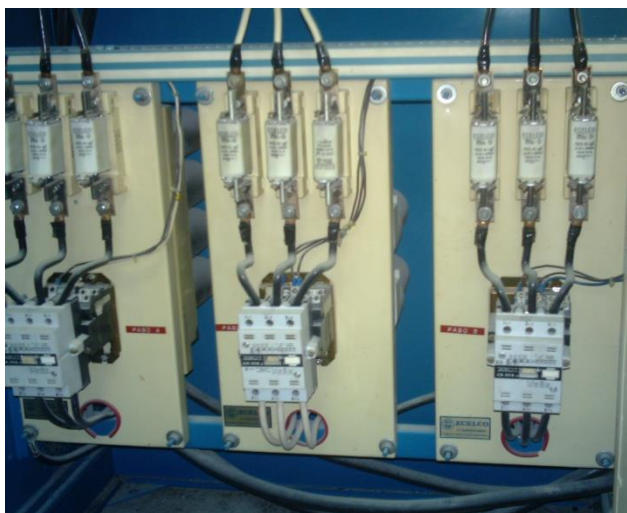


FIGURA 4.9 DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN

#### NFPA 70E

- 1) Artículo 410.9 Se refiere a la protección contra sobrecargas (600V nominales o menor) teniendo en consideración los siguientes ítems:

- Protección de conductores y equipos.
  - Conductores puestos a tierra.
  - Medio de desconexión para fusibles.
  - Interruptores automáticos.
  - Partes que forman arco eléctrico o que se mueven repentinamente.
- 2) Artículo 450-3 Protección de los transformadores contra sobreintensidad. Se permite que el dispositivo de protección contra sobreintensidad del secundario consista en no más de seis interruptores automáticos o seis juegos de fusibles situados en el mismo lugar. Cuando se utilice varios dispositivos de protección contra sobreintensidad, la intensidad máxima nominal de todos ellos no debe superar el valor permitido de un solo dispositivo de sobreintensidad.
- 3) Artículo 450-6 (b) Las conexiones secundarias de cada transformador deberán tener un dispositivo de sobreintensidad de disparo no superior a 250% de la Intensidad nominal del secundario.

### 4.3.2. Protección Contra Cortocircuito

Los Cortocircuitos son generalmente producidos por la unión de dos o más fases entre sí, ya sea de forma accidental o por el deterioro de los elementos aislantes del conductor, por lo que los equipos eléctricos deberán tener un sistema de desconexión automático al producirse un cortocircuito.

#### NFPA 70E

- 1) Artículo 450 (E)(3) Hace referencia a los dispositivos de interrupción de circuitos, los interruptores automáticos instalados se deberán montar en unidades encerradas metálicamente en celdas resistentes al fuego.
  
- 2) Artículos 400.21 Los equipos de protección en baja tensión con respecto a los de alta tensión deben estar separados mediante una división, cerca o enrejado, adecuados.



### NFPA 70 NEC

- 1) Artículo 430-52 (b) Indica que el dispositivo de protección del circuito derivado del motor contra cortocircuitos y fallas a tierra, debe ser capaz de transportar la corriente de puesta en marcha del motor.  
  
(c) El dispositivo de protección debe cumplir con la intensidad nominal o con un valor de disparo que no supere 250% de la intensidad a plena carga.
  
- 2) Artículo 430-54 La intensidad máxima admisible del dispositivo de protección del circuito derivado contra cortocircuitos y faltas a tierra en equipos consistentes en varios motores y cargas, no debe ser superior a la intensidad máxima marcada en el equipo.
  
- 3) Artículo 430-55 Se permite combinar en el mismo dispositivo la protección del circuito derivado de los motores contra cortocircuitos y faltas a tierra y la protección de motores contra sobrecarga.
  
- 4) Artículo 430-57 Cuando se utilizan fusibles para la protección del circuito derivado de motores contra cortocircuitos y faltas a tierra, los

porta fusibles deben ser de un tamaño no inferior al necesario para instalar.

### 4.3.3. Protección Contra Electrocuación

La electrocución se puede producir por el paso de corriente a través del cuerpo humano, para que esto suceda es necesario que se cierre un circuito como el de la siguiente figura 4.10:

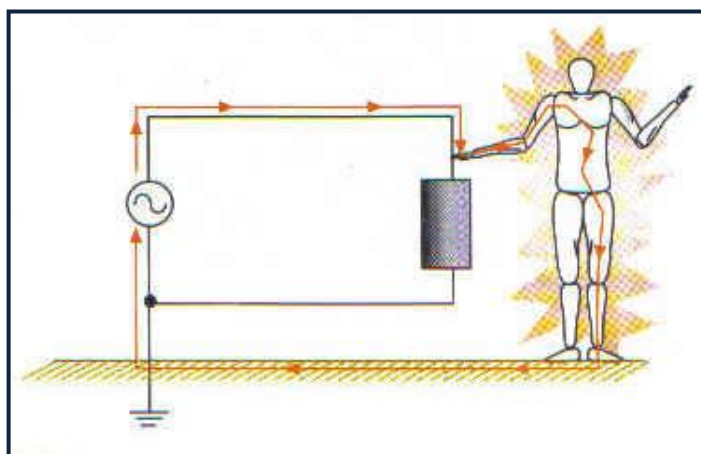


Figura 4.10

Ejemplo:

Una persona recibe una descarga eléctrica cuando se convierte accidentalmente en el eslabón que cierra un circuito eléctricamente vivo.

Para disminuir el riesgo de electrocución se deberán aplicar los artículos de la NFPA 70E

- 1) Artículo 110.8 Condición segura o insegura a los trabajos a realizarse en o cerca de conductores y partes de circuitos eléctricos energizadas, que operan a 50 voltios o más.
  
- 2) Artículo 130.3 Se deberá realizar un análisis para determinar la frontera de protección contra el arco eléctrico.

$$Dc = [2.65 * MVA * t]^{1/2}$$

Dc: Distancia en pies, entre la persona y una fuente de arco, para una quemadura curable.

MVA: MVA de falla sólida en el punto correspondiente

t: tiempo de exposición al arco en segundos.

- 3) Artículo 130.7(C) Equipos de protección personal que se deberán utilizar al momento de realizar un trabajo en los circuitos eléctricos energizados.
  
- 4) Artículo 250.1 Los requisitos de mantenimientos de los equipos de seguridad y protección personal.

- 5) Artículo 410.8 Señales de advertencia para acometida superior a 600V nominales.
- 6) Artículo 410.15 Se deberá mantener espacio suficiente de acceso y de trabajo alrededor de todo equipo eléctrico, para permitir el mantenimiento fácil y seguro.

Espacios de Trabajo		
Tension a Tierra Nominal	Minima Distancia Libre	
	Condicion1	Condicion 2
0-150	900 mm	900 mm
151-600	900 mm	1 m

Tabla 4.1 Fuente: Nec1996

#### 4.4. Aplicación del Sistema de Puesta a Tierra

Las fallas de aislamientos entre conductores de los equipos eléctricos, pueden causar que las cubiertas metálicas de estos queden energizadas, y al tener contacto directo con las personas puede producir alteraciones de ritmo cardiaco y podría llegar hasta la muerte, por lo que una buena conexión a tierra conduce la corriente indeseable hacia tierra, alejando el peligro en forma segura.

La finalidad del sistema puesta a tierra (SPT) es proporcionar un plano de referencia equipotencial para los equipos durante su normal operación y un medio para disipar la energía en el suelo durante la ocurrencia de una falla, así como evitar la presencia de voltajes peligrosos en las estructuras y por tanto necesario para que la operación de las protecciones (fusibles, interruptores automáticos u otras protecciones especiales) ocurra en el momento y con la rapidez apropiada, primeramente para evitar la muerte de operadores o usuarios de la instalación y luego para evitar la falla de los equipos que se alimentan del sistema eléctrico.

Algunos artículos importantes del NFPA 70 (NEC) a utilizar, para la correcta aplicación del SPT son:

- 1) Artículo 250-26 Una instalación de corriente alterna independiente, que se deba conectar a tierra deberá cumplir los siguientes apartados:
  - a. Instalar un puente de conexión equipotencial establecido por el artículo 250.79 (d) excepto si se permite las excepciones de la sección 250.23.

- b. La sección del conductor del electrodo conectado a tierra debe cumplir acorde lo establecido por el artículo 250-94.
  - c. El Electrodo de tierra debe estar instalado en un lugar accesible y estar cerca de la zona de conexión con el conductor de tierra del sistema.
- 2) Artículo 250-32 Se deberán conectar a tierra los armarios y canalizaciones metálicas de los conductores de la acometida.
- 3) Artículo 250-42 Las partes metálicas expuestas y no electrificadas de los equipos se deberán conectar a tierra si se cumple algunos de la circunstancia de los siguientes apartados.
- a. Distancias horizontales y verticales menores a 2,44m en vertical, u 1,52m en el horizontal de tierra u objetos metálicos puestos a tierra y en contacto con personas.
  - b. Cuando se encuentren instalados en Lugares mojados y húmedos.
  - c. Cuando estén en contacto eléctrico con metales.

- d. Locales peligrosos (clasificados) en los artículos 500 a 517
  - e. Cuando reciban corriente de una instalación con cables de forro metálico, recubiertos de metal en canalizaciones metálicas que pueda ser masa del equipo excepto lo que permita la sección.
  - f. Cuando el equipo funcione con un terminal de más de 150 voltios a tierra.
- 4) Artículo 250-43 Los Equipos fijos deben conectarse a tierra con independencia en su tensión nominal, las partes metálicas expuestas y no electrificadas de los equipos descritos de los siguientes apartados (c) Carcasas de Motores, (d) Envolvertes de controladores de motores, (g) rótulos eléctricos, (k) bombas de agua a motor.

#### **Métodos de puesta a Tierra**

- 1) Artículo 250-50 Las conexiones de los conductores a tierra de los equipos en los sistemas derivados independientes deben ser de acuerdo al artículo 250-26(a) y de los conductores del equipo de

acometida, se deben según los sistemas puestos conectar el conductor de tierra de los equipos de acometida puestos a tierra y al conductor del electrodo de tierra, según los sistemas no puestos a tierra se deberá conectar el conductor de tierra de los equipos al conductor del electrodo a tierra.

- 2) Artículo 250-53 Conducción a tierra hasta el electrodo de tierra de la acometida
  - a. El Conductor al electrodo a tierra se deberá conectar al electrodo los conductores de tierra de los equipos, las envolventes de los equipos de acometida y, si el sistema esta puesto a tierra, el conductor de tierra de la acometida.

### **Instalación del electrodo de tierra**

- 3) Artículo 250-81 Los puentes de unión se debe instalarse de acuerdo al artículo 250-92 (a) y (b), también debe tener una sección con lo establecido en el artículo 250-94 y conectados como se indica en la sección 250-115 Instalación del electrodo de tierra



- d) Un Anillo de tierra que rodee la estructura en contacto directo con la tierra.

### **Conductores de tierra**

- 4) Artículo 250-92 Los conductores de tierra se deben Instalar como se especifica en los siguientes apartados
- a. El Conductor del electrodo de tierra debe sujetarse bien a la superficie sobre la que será instalado no se deben usar conductores aislados y desnudos, al usarse a la intemperie los conductores de tierra de tierra o aluminio revestido de cobre debe hacerse a 18 pulgadas del suelo
  - b. El Conductor de tierra de los equipos en las bandejas de cables, canalizaciones, armadura. Todas las conexiones uniones y herrajes deben impermeabilizarse con los medios adecuados.
- 5) Artículo 250-94 La sección del conductor del electrodo de tierra en instalaciones de corriente alterna puesta o no puesta a tierra, no debe ser inferior a las especificadas en el cuadro 250.94.
- 6) Artículo 250-95 La sección de los conductores de tierra de los equipos no debe ser inferior a los mostrados en el cuadro 250.95.

### **Conexiones de los conductores de tierra**

- 7) Artículo 250-112 La conexión de un conductor del electrodo de tierra con electrodo de tierra deber ser accesible y estar hecha de tal manera que asegure una puesta tierra eficaz y permanente.
- 8) Artículos 250-113 Los conductores y equipos deben conectarse mediante soldadura exotérmica, conectores a presión listados, abrazaderas. Para conectar los conductores de tierra a los armarios no se deben usar tornillos de chapa.

### **Transformadores de instrumentos, relés, etc**

- 9) Artículo 250-125 El conductor de tierra de los circuitos derivados de transformadores de instrumentos y de las carcasas no debe ser menor al #12 o #10 de aluminio.

**Puesta a tierra de instalaciones y circuitos de alta tensión (1KV o más)**

- 10) Artículo 250-152 Sistema con neutro sólidos puestos a tierra.
  - a. Conductor Neutro el nivel mínimo de aislamiento de conductores neutros de sistemas sólidamente puestos a tierra, debe ser de 600V.
- 11) Artículo 250-153 Los Sistemas de impedancia con neutro a tierra deben cumplir la impedancia se debe intercalar el conductor de tierra entre el electrodo de tierra y el punto neutro del transformador, cuando se emplee el conductor neutro se debe identificar y aislar totalmente con el aislamiento de los conductores de fase, el neutro no se debe conectar a tierra si no es a través de la impedancia de tierra del neutro, y se permite que los conductores de tierra de los equipos sean cables desnudos y vayan conectados al cable de tierra y al conductor del electrodo de tierra del equipo de la acometida, prolongándose hasta la tierra de la instalación.

## NFPA 70E

### 1. Artículo 410.10

- (A) La trayectoria a tierra desde circuitos, equipos y encerramientos deberá ser permanente continua y efectiva.
- (B) La conexión equipotencial deberá proveerse cuando sea necesario para asegurar la continuidad eléctrica.
- (C) Sistemas que alimentan el alambrado de predio se deberán poner a tierra.

C.(3) Los Circuitos de corriente alterna menor a 50V deberán ponerse a tierra cuando estén alimentados por transformadores, cuando la alimentación del primario tiene una tensión superior a 150V a tierra, si el sistema de alimentación del transformador no está puesto a tierra y cuando estén instalados como conductores aéreos fuera de edificaciones.

- (D) Conexiones de puesta a tierra para sistemas puestos a tierra, esta conexión se deberá hacer conectando equipotencialmente el conductor de puesta a tierra de equipos al conductor puesto a tierra de la acometida y al conductor del electrodo de puesta a tierra.



FIGURA 4.11 PUESTA A TIERRA DE TRANSFORMADORES

# CAPÍTULO 5

## 5. EVALUACION Y VALORIZACION DE RIESGOS ELECTRICOS.

En las instalaciones industriales se deben tener los cuidados necesarios debido a que se realizan algunas operaciones que pueden llegar a ser peligrosas para las personas que se encuentran a su alrededor.

En este capítulo se hará hincapié en los riesgos eléctricos para las personas, analizaremos los riesgos que existen en la Planta Sumesa y plantearemos uno de los métodos para mitigar o reducir los índices de riesgos existentes en la Planta.

### 5.1. Análisis de los riesgos eléctricos.

Hay que tener en cuenta todos los posibles peligros y riesgos que pueden existir en un lugar de trabajo, en este caso en la planta Sumesa, para poder ayudar a reducir al mínimo lo que posteriormente podría

causar daño en la integridad física de las personas o producir pérdidas de vidas humanas, así también como el daño o pérdida total de los equipos.

Es fundamental para la eliminación y reducción de riesgos que se contemple desde un primer momento, antes de comenzar el diseño de una instalación eléctrica, el destino y uso de la misma, solo de esta forma se logrará el objetivo previsto.

#### **5.1.1. Identificación de Peligros Eléctricos.**

En la Planta de Sumesa existen áreas de peligros como son las siguientes:

- **Sector eléctrico.-** En este sector se puede producir electrocución por conductores energizados, también puede haber riesgos por el mal uso de las herramientas, por cables caídos al realizar trabajos en lugares muy secos o húmedos, al no tener un sistema de puesta a tierra o por fallas de puesta a tierra del sistema actual. Dentro de Sumesa puede darse este caso en los siguientes lugares:
  - Cuarto de transformadores
  - Paneles de control

- Sistema de iluminación
  - Área de Producción
- a) **Materias tóxicas.**- Estas sustancias son causantes de peligros en la fábrica de Sumesa debido a que se encuentran almacenadas en un cuarto pequeño donde la temperatura existente es mayor a la temperatura ambiente y está ubicado a lado del taller de mantenimiento general, donde se realizan trabajos de soldadura, de mantenimiento de motores, etc. Entre las sustancias almacenadas tenemos: Ácidos, Fungicidas y Aceite mineral.
- b) **Materias inflamables y combustibles.**- Es un peligro existente en la fábrica debido a que existe almacenamiento de diesel en cisterna y tanques, encontrándose la cisterna cerca, al cuarto de generadores, y en la parte de atrás se encuentran las calderas. Así como también los tanques de almacenamiento de diesel se encuentran contiguos al cuarto de transformadores.



### 5.1.2. Identificación de Riesgos.

Los riesgos se perciben en forma diferente, dependiendo de quiénes son los afectados, las características de los daños y qué tan probable es que los daños se produzcan.

En Sumesa hemos identificado los siguientes tipos de riesgos:

- a) **Riesgos Eléctricos.-** Los riesgos eléctricos en la fábrica de Sumesa que pueden darse debido a que existen algunos peligros tenemos:

En el cuarto de transformadores, ya que no está construido con paredes y estructuras resistentes al fuego por un lapso mínimo de 3 horas, en caso de que exista un incendio o explosión, este se podría expandir a las bandejas de conductores y a los lugares contiguos como a los tanques de almacenamiento de diesel.

Otro peligro que puede darse en el cuarto de transformadores al no tener las puertas de acceso con cerraduras adecuadas, es que no existe la debida restricción a la entrada, de personas altamente calificadas y debidamente autorizadas, el cual por

negligencia o impericia podrían sufrir electrocución por contacto directo e indirecto, además de provocar daños en los equipos.

En los Paneles de control, al no estar los terminales de los conductores correctamente ajustados, se tiene el riesgo de que pueda provocarse un arco eléctrico, lo que podría generar quemaduras a las personas con graves daños térmicos en distintas partes del cuerpo.

Al no existir una ventilación adecuada con sus respectivos filtros de aire, esto provocaría el calentamiento de los conductores y de los elementos de control, así como también el ingreso de polvo hacia el interior del panel.

En Sumesa el panel de secado no se encuentra bien ubicado, al abrir sus puertas estas topan con la máquina de secado, y en caso de que exista algún accidente eléctrico la persona que se encuentre realizando algún tipo de mantenimiento o medición, puede quedar atrapada.

En los Sistemas de iluminación: Se puede cometer errores en el mantenimiento, o ya sea en las conexiones dentro de los paneles de control, como por ejemplo en la máquina de prensa

que cuenta con motores ubicados en lugares de difícil acceso y sin la adecuada iluminación.

Una iluminación inadecuada en los paneles puede ocasionar que el operador realice un mal procedimiento en el control de los procesos de producción.

**b) Riesgo por material combustible, inflamable y explosión.-**

Estos materiales son los causantes de incendios, al calentarse los materiales combustibles, estos hacen que se emitan vapores combustibles para que luego se inflamen, luego de lo cual pueden provocar quemaduras, asfixia e intoxicamiento, muertes de trabajadores, daños materiales. Mientras que el riesgo de explosión, se caracteriza por una liberación repentina de energía que produce una onda expansiva capaz de causar un daño remoto.

En la planta de pasta de Sumesa existe como riesgo de explosión:

- Sector de la harinera
- Cuarto de combustibles
- Cuarto de transformadores
- Paneles de control.

El tipo más común de explosión es el debido a la ignición de una mezcla de gas/aire inflamable confinada en algún equipo eléctrico, en algún tipo de instalación Eléctrica o en cualquier estructura cerrada. Cuando se forma una mezcla inflamable dentro de una fábrica o edificio, la explosión puede llegar a ocasionar daños estructurales importantes o incluso su destrucción total, si la explosión no se dirige hacia el exterior a través de aberturas como por ejemplo: rotura de los ventanales.

Explosiones de este tipo se asocian también a la ignición de suspensiones de polvo en el aire, como las producidas cuando se levanta una nube de polvo “explosivo” procedente de materia prima, movimientos de maquinarias, vigas de una fábrica o edificio y dicha nube queda expuesta a una fuente de ignición (p. ej., en molinos de harina, elevadores de grano, etc.).

### **c) Riesgos provocados por ruidos**

La exposición al ruido en las áreas de trabajos no afecta únicamente al oído, sino también puede producir otros daños, en Sumesa debido al alto ruido de las máquinas puede proovocar en lo trabajadores:

- Aumento de la frecuencia respiratoria

- Hipertensión arterial
- Disminución visual
- Trastornos nerviosos
- Dificultades de la atención, etc.

## **5.2. Informes, formatos y reglamentos aplicados.**

Es muy importante tener en cuenta que los códigos, reglamentos y normas, en especial en lo referente a la seguridad, no son sino el resumen de las experiencias de muchos miles de personas, que con su vida han pagado la falta de conocimiento sobre las mejores normas de seguridad en los diferentes aspectos del uso de la electricidad.

Luego de conocer los posibles peligros y riesgos que pueden existir en la fábrica de fideos, aplicaremos algunos formatos que nos ayudaran a evitar dichos peligros.

Cabe recalcar que existe una diferencia entre riesgo y peligro:

“Se dice que riesgo es la posibilidad de sufrir un daño por la exposición a un peligro y peligro es la fuente del riesgo y se refiere a una substancia o a una acción que puede causar daño”.

### **5.2.1 Formatos a utilizar para la aplicación de reglamentos.**

Antes de dar a conocer los diferentes reglamentos a utilizar para mejorar y tratar de eliminar los peligros y riesgos existentes en la planta de pasta sumesa, hemos elaborados unos formatos o Check List que presentamos a continuación:

### CHEQUEO PARA CUARTO DE TRANSFORMADORES

<b>EMPRESA:</b>	SUMESA S.A.	<b>AREA:</b>	Cuarto de transformador
<b>PLANTA:</b>	Pasta	<b>UBICACION:</b>	Área de Producción
<b>FECHA:</b>	MAYO/07	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Carlos Quinteros
<b>REALIZADO POR:</b>	Manuel Flores - Janina Segura - Nelly Velasco		

**Si No**

- |  |  |
|--|--|
| 1.- Cumple con las distancias mínimas necesarias el cuarto de transformadores.                 | <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> |
| 2.- Se cuenta con aviso de advertencia de peligro  | <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> |
| 3.- Poseen la adecuada ventilación.  | <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> |
| 4.- Las paredes y los techos tienen la resistencia estructural adecuada.                       | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>            |
| 5.- Las paredes pueden soportar mínimo 3 horas de fuego.                                       | <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> |
| 6.- Se cuenta con dique de contención para derrame de aceite refrigerador.                     | <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> |
| 7.- Las puertas de accesos al cuarto de transformador tienen cerraduras y permanecen cerradas. | <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| 8.- Las aperturas de las puertas se abren hacia afuera.  | <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> |
| 9.- Las puertas de ingreso son lo necesariamente amplias para su ingreso.                      | <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> |
| 10.- Se cuenta con la iluminación adecuada.  | <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> |
| 11.- Las luminarias se encuentran ubicada para un fácil mantenimiento.                         | <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> |

- 12.- Se cuenta con sistema automático de detección de fuego.
- 13.- Se cuenta con sistema automático de rociadores de agua pulverizada o CO2.
- 14.- Se da mantenimiento regularmente al transformador.
- 15.- El ingreso al cuarto de transformador es restringido solo al personal calificado.
- 16.- El aceite del transformador mantiene su capacidad dieléctrica
- 17.- Se cuenta con sistema puesta a tierra.
- 18.- Se cuenta con sistema automático de desconexión.
- 19.- Los conductores son del calibre adecuado.
- 20.- Los conductores se encuentran ordenados en canaletas.
- 21.- Las canaletas cumplen con las distancias mínimas.
- 22.- Las salidas de los conductores del cuarto de transformador poseen espuma de expansión anti-fuego.
- 23.- Se cuenta con sensores de advertencia de sobrecalentamiento.
- 24.- Los interruptores de iluminación se encuentran en fácil ubicación.
- 25.- Los transformadores presentan deterioro o corrosión.
- 26.- Se encuentra bien dimensionado el sistema puesta a tierra.
- 27.- La capacidad de potencia del transformador se encuentran bien dimensionada.



### CHEQUEO PARA LOS MOTORES

<b>EMPRESA:</b>	SUMESA S.A.	<b>AREA:</b>	MOTORES
<b>PLANTA:</b>	Pasta	<b>UBICACION:</b>	Prensa – Motor M111
<b>FECHA:</b>	MAYO/07	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Carlos Quinteros
<b>REALIZADO POR:</b>	Manuel Flores - Janina Segura - Nelly Velasco		

**Si No**

- |  |                                     |                                     |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1.- Se encuentra bien dimensionado los cables de alimentación.                     | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| 2.- Su clase es la mínima requerida por su ubicación y trabajo.                    | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| 3.- Cuenta con sistema automático de desconexión.                                  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| 4.- Tiene sistema de protección puesta a tierra.                                   | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 5.- Se encuentran correctamente identificados los cables de alimentación.          | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| 6.- Se da mantenimiento adecuado a sus rodamientos.                                | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| 7.- Se encuentran en fácil ubicación para su mantenimiento.                        | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 8.- Tiene la ventilación adecuada.   | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| 9.- Cuentan con dispositivos de protección de sobrecarga.                          | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| 10.- La potencia es la mínima requerida para la operación normal con carga.        | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| 11.- Se encuentra bien identificado su potencia, voltaje y corriente de operación. | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| 12.- Se encuentran trabajando con sobrecarga.                                      | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 13.- Existe un plan de mantenimiento programado.                                   | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 14.- Los niveles de voltajes y corrientes de operación son los adecuados.          | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |

### CHEQUEO PARA LOS MOTORES

<b>EMPRESA:</b>	SUMESA S.A.	<b>AREA:</b>	MOTORES
<b>PLANTA:</b>	Pasta	<b>UBICACION:</b>	Secadero – Motor M311A
<b>FECHA:</b>	MAYO/07	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Carlos Quinteros
<b>REALIZADO POR:</b>	Manuel Flores - Janina Segura - Nelly Velasco		

**Si No**

- |  |                                     |                                     |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1.- Se encuentra bien dimensionado los cables de alimentación.                     | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |
| 2.- Su clase es la mínima requerida por su ubicación y trabajo.                    | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |
| 3.- Cuenta con sistema automático de desconexión.                                  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| 4.- Tiene sistema de protección puesta a tierra.                                   | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 5.- Se encuentran correctamente identificados los cables de alimentación.          | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| 6.- Se da mantenimiento adecuado a sus rodamientos.                                | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 7.- Se encuentran en fácil ubicación para su mantenimiento.                        | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 8.- Tiene la ventilación adecuada.   | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 9.- Cuentan con dispositivos de protección de sobrecarga.                          | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| 10.- La potencia es la mínima requerida para la operación normal con carga.        | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| 11.- Se encuentra bien identificado su potencia, voltaje y corriente de operación. | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| 12.- Se encuentran trabajando con sobrecarga.                                      | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 13.- Existe un plan de mantenimiento programado.                                   | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 14.- Los niveles de voltajes y corrientes de operación son los adecuados.          | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |

### CHEQUEO DE PANELES

<b>EMPRESA:</b>	SUMESA S.A.	<b>AREA:</b>	Producción
<b>PLANTA:</b>	Pasta	<b>UBICACION:</b>	PC-1000 Prensa
<b>FECHA:</b>	MAYO/07	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Carlos Quinteros
<b>REALIZADO POR:</b>	Manuel Flores - Janina Segura - Nelly Velasco		

**Si No**

- |   |                                     |                                     |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1.- Cuenta con la ventilación adecuada.                             | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 2.- El sistema de ventilación tiene filtros para el polvo.          | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| 3.- El panel es a prueba de explosión.                              | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 4.- Cuenta con las señalizaciones de advertencias de peligros.      | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 5.- Tiene iluminación adecuada.                                     | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 6.- Posee indicador en caso de emergencia (sirenas).                | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| 7.- Seguridad de acceso apropiada.                                  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| 8.- Se encuentra debidamente etiquetado.                            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| 9.- Manual de Operación.  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| 10.- Protección a tierra del panel.                                 | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 11.- Limpieza Periódica.  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| 12.- Barras de Alimentación con adecuada protección de aislamiento. | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| 13.- Ubicación apropiada.   | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| 14.- Conductores agrupados y ordenados (en canaletas).              | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| 15.- Espacio de trabajo adecuado.                                   | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| 16.- Presenta deterioro u oxidación.                                | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |

### CHEQUEO DE PANELES

<b>EMPRESA:</b>	SUMESA S.A.	<b>AREA:</b>	Producción
<b>PLANTA:</b>	Pasta	<b>UBICACION:</b>	PC-1000 Tunel
<b>FECHA:</b>	MAYO/07	<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Carlos Quinteros
<b>REALIZADO POR:</b>	Manuel Flores - Janina Segura - Nelly Velasco		

**Si No**

- |   |                                     |                                     |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1.- Cuenta con la ventilación adecuada.                             | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| 2.- El sistema de ventilación tiene filtros para el polvo.          | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| 3.- El panel es a prueba de explosión.                              | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 4.- Cuenta con las señalizaciones de advertencias de peligros.      | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 5.- Tiene iluminación adecuada.                                     | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 6.- Posee indicador en caso de emergencia (sirenas).                | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| 7.- Seguridad de acceso apropiada.                                  | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 8.- Se encuentra debidamente etiquetado.                            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| 9.- Manual de Operación.  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| 10.- Protección a tierra del panel.                                 | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 11.- Limpieza Periódica.  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| 12.- Barras de Alimentación con adecuada protección de aislamiento. | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| 13.- Ubicación apropiada.   | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 14.- Conductores agrupados y ordenados (en canaletas).              | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| 15.- Espacio de trabajo adecuado.                                   | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 16.- Presenta deterioro u oxidación.                                | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |

### **5.2.2. Reglamentos a aplicar en un Sistema eléctrico.**

Para realizar trabajos eléctricos en un determinado lugar se debe tener la precaución adecuada para evitar cualquier accidente, los cuales indicaremos a continuación:

- Antes de iniciar trabajos electricos se procederá a identificar el conductor o instalación donde se tiene que trabajar.
- No se deben emplear escaleras metálicas para trabajos con tensión.
- No se deben realizar trabajos con tensión en locales donde existan materiales explosivos o inflamables.
- En locales húmedos, mojados o de atmósfera explosivas los dispositivos de maniobra de baja tensión deben accionarse colocándose el operario sobre una plataforma de material aislado, la cuál no debe guardarse en locales de las características antes mencionadas.
- Para reponer fusibles en una instalación de baja tensión siempre que sea posible se dejará la misma tensión.
- Se evitará el empleo de conductores desnudos.
- Se prohíbe el uso de interruptores de cuchillas que no estén debidamente protegidos.

- Las tomas de tierra se dejarán más de 3m de los pozos y cursos de agua.
- Se debe tener el adecuado espacio de trabajo alrededor de los equipos eléctricos, donde el artículo 110-16 del NEC nos indica que alrededor de todos los equipos eléctricos debe existir y se debe mantener un espacio de acceso y de trabajo suficiente que permita el funcionamiento y el mantenimiento rápido y seguro de dichos equipos.
- Las distancias se deben medir desde las partes activas, si están expuestas, o desde el frente o abertura de la envolvente si están cerradas.
- Se debe contar con el equipo de protección personal adecuado.
- El tipo de equipo de protección personal (EPP) necesario dependerá del riesgo, de cómo puede afectar al organismo la exposición y de durante cuánto tiempo se estará expuesto al riesgo. Así, por ejemplo, si el riesgo es un polvo, se deberá llevar una máscara respiratoria con un filtro adecuado al tipo de polvo, o bien un aparato respirador conectado a una fuente de oxígeno. Lamentablemente, a menudo se proporciona a los trabajadores un EPP no adecuado, por ejemplo un respirador para polvos cuando el riesgo es un humo o un vapor.

- El equipo de protección debe estar siempre limpio y en buen estado y nunca se debe utilizar fuera de la zona de trabajo.

Los siguientes son ejemplos de EPP:

- lentes de seguridad
  - protectores de los oídos
  - máscaras respiratorias con filtros
  - máscaras antipolvo
  - guantes
  - ropas de protección
  - calzado de seguridad
- En cuanto al area de trabajo con ruido, se debera saber que el valor mínimo de la sensibilidad auditiva humana corresponde a un nivel de presión sonora de 0 dB y el umbral de dolor resulta ser de 140 dB, donde el oído humano es capaz de percibir frecuencias comprendidas entre 20 y 20.000 hertzios, se tiene como objetivo proteger la salud auditiva de los trabajadores.
  - Como prevención, una de las medidas para disminuir el nivel de ruido se puede conseguir:
    - Disminuyendo la generación de ruido en el origen (mantenimiento preventivo, modificación de procesos,

cerramientos totales o parciales de una máquina, recubrimiento de superficies metálicas con pinturas especiales, fijación de la máquina ruidosa).

- Disminuyendo el nivel de presión acústica en el trabajador (cerramiento insonorizado, utilización por parte del trabajador de cascos auriculares o tapones).
- También se puede disminuir el nivel de ruido diario reduciendo los tiempos de exposición al ruido, mediante rotación de los puestos de trabajo.

### **5.3. Metodología de Hazop.**

**EI HAZOP** (del inglés Hazard and Operability o estudio de peligros y operabilidad) es un método de análisis que consiste en un examen sistemático del diseño de una instalación industrial, realizado por expertos de diversas especialidades, con el objeto de identificar peligros potenciales y problemas operacionales, así como sus consecuencias.

El método está orientado de tal forma que estimula la imaginación de los participantes en el análisis y permite razonar sobre todas las posibles formas en que pueden originarse los problemas. Este estudio puede ser aplicado a instalaciones existentes, modificaciones o nuevos proyectos. En la mayoría de los proyectos, la etapa final de la ingeniería



básica es la más adecuada para iniciar la aplicación de este tipo de estudio. El método requiere de un trabajo previo que consiste en:

- Recopilar la información completa y adecuada al análisis a realizar.
- Escoger al grupo que participarán en el análisis.

**El método consta de los siguientes pasos:**

1. Seleccionar el circuito o equipo a ser analizado.
2. Aplicar las palabras claves.
3. Aplicar las desviaciones significativas.
4. Examinar las posibles causas.
5. Examinar las posibles consecuencias.
6. Definir las acciones requeridas en cada caso (recomendaciones).
7. Verificar que las recomendaciones sean implantadas.

A continuación definiremos los términos específicos de **HAZOP**.

**a) Circuito o equipo:**

Es la parte del sistema o instalación en los cuales se revisan los parámetros bajo estudio para encontrar desviaciones.

**b) Funcionamiento:**

Se refiere a cómo se espera que operará la instalación según el diseño.

**c) Desviación:**

Se refiere a cualquier situación o condición diferente al funcionamiento. Se encuentran aplicando las palabras claves a las variables físicas de la instalación eléctrica.

**d) Causa:**

Es la razón por la cual puede ocurrir una desviación.

**e) Consecuencias:**

Es el resultado de una desviación.

**f) Palabras claves:**

Son palabras simples que se usan para calificar la intención del proceso a fin de guiar el análisis. A continuación se listan las palabras claves.

NO - MAS - MENOS - INVERSO - ADEMÁS - PARTE DE - OTRO  
- QUE

**g) Variables del Proceso:**

Son las magnitudes físicas que están presentes en el proceso. En el método original de **HAZOP**, las variables consideradas son presión, temperatura, nivel, caudal o flujo, velocidad y tiempo.

Para la aplicación de **HAZOP** a sistemas eléctricos, hemos añadido a éstas las variables eléctricas tensión, corriente, frecuencia y potencia.

La lista de variables para el **HAZOP** “eléctrico” queda así:

TENSIÓN - CORRIENTE - TIEMPO – FRECUENCIA - POTENCIA  
- NIVEL - CAUDAL - VELOCIDAD - TEMPERATURA – PRESIÓN.

Para el registro de todo el proceso, se sugiere:

- Llevar un resumen de todas las reuniones por escrito o por medios magnéticos.
- Preparar un resumen de cada nodo estudiado, utilizando para ello un formato como el que se muestra más adelante.

En cuanto al tiempo requerido para realizar un **HAZOP**, se debe estimar un promedio de tres horas por cada equipo mayor y aproximadamente 15 minutos, por palabra clave aplicada a una variable.

### **Documentación Necesaria**

Ante de iniciar una sesión de **HAZOP** se debe recopilar la siguiente documentación:

- Criterios de diseño y filosofía de operación.
- Diagramas unifilares.
- Informes de eventos /accidentes, si existen.

### **Ventajas**

- Estimula la creatividad para la identificación de peligros.
- Integra grupos multidisciplinarios y aumenta por tanto la experiencia utilizada en el análisis.
- Es un método sistemático que reduce la posibilidad de omisiones o aspectos no considerados.

### **Desventajas**

Los resultados son cualitativos, ya que no cuantifica la frecuencia de ocurrencia del evento ni el impacto económico de las consecuencias.

### **Guía de Aplicación de HAZOP (Posibles Causas)**

Para ejecutar el estudio de peligros y operabilidad (**HAZOP**) es necesario disponer, del diagrama unifilar completo de lo que será

analizado, incluyendo todos los dispositivos de control, medición y protección.

Para ilustrar el método **Hazop** y el uso de la guía. Por **ejemplo**, cuando aplicamos la palabra clave NO a la variable TENSION , la guía nos sugiere que una de las causas pudiera ser la apertura del interruptor del circuito secundario de los transformadores de potencial, al cual están conectados varios dispositivos, tales como: voltímetro local, señal de tensión hacia una sala de control central, relé de verificación de sincronismo, relé de baja tensión para inicio de transferencia automática, relé operado por tensión (distancia, potencia inversa o direccional de sobrecorriente), etc.

En este caso, se analiza las consecuencias de la pérdida de la tensión secundaria, sin que haya ocurrido ningún evento en el lado primario, y concluiría lo siguiente:

1. Disparo del circuito de entrada a la subestación debido a la operación incorrecta de las protecciones que son polarizadas por tensión (baja tensión, distancia, potencia inversa o direccional), cuando en realidad el circuito de entrada no tiene falla.

2. Señalización incorrecta de ausencia de tensión, tanto a nivel local como remoto, lo que puede inducir al operador a hacer operaciones incorrectas o efectuar una intervención sobre partes energizadas por desconocimiento.
3. Indicación incorrecta de ausencia de tensión, que puede afectar la lógica del esquema de verificación de sincronismo, permitiendo una operación riesgosa fuera de sincronismo.

A continuación, se puede proponer las siguientes medidas correctivas:

- a. Colocar alarma de apertura de interruptor del circuito secundario, a través de un contacto auxiliar.
- b. Colocar un contacto de bloqueo de operación de los relés de protección para evitar una desconexión innecesaria o, por el contrario, permitir el disparo inmediato del circuito de potencia a través de la transferencia automática, según se considere más conveniente para el caso particular en estudio, pero siempre dejando señalización de que la falla se originó en el secundario

del circuito de medición de tensión y no por falla en el circuito de potencia.

Dada la limitación de tiempo y de información disponible, debe tenerse muy en cuenta que no se espera que el grupo de trabajo tenga respuestas o soluciones técnicas a todos los problemas detectados durante la jornada. Lo importante es que se registre la desviación y se recomiende que personal experto estudie el problema posteriormente y aporte una solución adecuada.

#### **5.4. Aplicación del método de hazop.**

A continuación realizaremos la evaluación (causas y consecuencias) del método de Hazop en el cuarto de transformadores y en el motor de mayor consumo de la planta SUMESA para lo cual hemos elaborado plantillas que veremos más adelante:

- a) Cuarto de transformadores: El cual está conformado por dos bancos de transformadores de 13.8KV/220V, donde realizaremos por medio del método de hazop las causas y consecuencias que se podrían dar en el transformador que alimenta a las máquinas de la Pasta Corta 1000.
  
- b) Motor Tornillo (M111), el cual es el motor de mayor potencia (48.29KW) ubicado en la prensa.



TRANSFORMADOR - POSIBLES CAUSAS					
PALABRA CLAVE VARIABLE	NO	MAS	MENOS	PARTE DE	INVERSO
TENSION	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Desconexion manual</li> <li>* Cortocircuito</li> <li>* Falla del circuito de alimentacion principal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Sobretension transitoria</li> <li>* Desconexion subita de la carga</li> <li>* Desbalance de fases</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Arranque de motores</li> <li>* Cortocircuito</li> <li>* Conexion subita de carga</li> <li>* Desbalance en las fases</li> <li>* Fuga de corriente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Desbalance de fases</li> <li>* Apertura de fases</li> </ul>	
CORRIENTE	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Cortocircuito</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Sobre carga</li> <li>* Arranque de equipos</li> <li>* Desbalance de fases</li> <li>* Perdida de fases</li> <li>* Falla del sistema puesta a tierra con neutro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Tension baja</li> <li>* Conexion floja</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>* Retorno de corriente del secundario del transformador</li> <li>* Contribucion de motores durante falla</li> </ul>
TEMPERATURA		<ul style="list-style-type: none"> <li>* Sobre carga</li> <li>* Deficiencia en el sistema de enfriamiento</li> </ul>			
NIVEL	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Tanque de aceite de refrigeracion vacio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Nivel de aceite de refrigeracion alto por alta temperatura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Fuga en tanque o radiadores</li> </ul>		

CONSECUENCIAS EN EL TRANSFORMADOR				
VARIABLE PALABRA CLAVE	TENSION	CORRIENTE	TEMPERATURA	NIVEL
NO	* Paro de produccion * Perdida de Produccion	* Paro de produccion * Perdida de Produccion		*Aumento de temperatura en el transformador * Explosion por sobrecalentamiento
MAS	* Perdida parcial o total de los equipos	* Daños de los equipos * Perdida de Producción * Paro de produccion	* Disminución del tiempo de vida útil * Incendio * Destrucción del equipo	* Derrame de aceite * Incendio
MENOS	* Mal funcionamiento de los equipos * No funcionamiento de los equipos	* Mal funcionamiento de los equipos		* Incendio
PARTE DE	* Mal funcionamiento de los equipos * No funcionamiento de los equipos * Daños de los equipos			
INVERSO				

MOTOR TORNILLO (M111) - POSIBLES CAUSAS						
PALABRA CLAVE VARIABLE	NO	MAS	MENOS	PARTE DE	INVERSO	ADEMAS DE
TENSION	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Desconexion manual</li> <li>* Cortocircuito</li> <li>* Falla del circuito de alimentacion principal</li> <li>* Falla del circuito de control</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Sobretension transitoria</li> <li>* Sobrecarga</li> <li>* Desbalance de fases</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Falla en sistema de arranque</li> <li>* Circuito muy largo</li> <li>* Conexion subita de carga</li> <li>* Desbalance en las fases</li> <li>* Apertura de fases</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Desbalance de fases</li> <li>* Apertura de fases</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Circuito de entrada fuera de sincronismo</li> </ul>	
CORRIENTE	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Circuito de alimentacion cortocircuitado</li> <li>* Operacion incorrecta de los rele de arranque</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Arranque de motores</li> <li>* Desbalance de fases</li> <li>* Perdida de fases</li> <li>* Falla del resistor entre el sistema puesta tierra con el neutro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Tension baja</li> <li>* Alta resistencia en los contactos</li> <li>* Conexiones floja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Apertura de una fase</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Contribucion de motores durante falla</li> <li>* Perdida de sincronismo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Ausencia de rele de bloqueo para prevenir nuevas operaciones con falla</li> </ul>
TEMPERATURA		<ul style="list-style-type: none"> <li>* Sobrecarga</li> <li>* Deficiencia en el sistema de enfriamiento</li> </ul>				
VELOCIDAD		<ul style="list-style-type: none"> <li>* Desconexion subita de carga</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Conexion subita de carga</li> <li>* Desperfecto mecanico</li> <li>* Alto deslizamiento</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>* Sentido de giro invertido</li> </ul>	
TIEMPO	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Operacion incorrecta de rele de tiempo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Desajuste de reles de proteccion</li> <li>* Problemas en arranque de motores</li> <li>* Retardo en la transferencia automatica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Desajuste de reles de proteccion</li> </ul>			
POTENCIA	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Cortocircuito</li> <li>* Circuito Abierto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Desconexion subita de carga</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Conexion subita de carga</li> <li>* Falla en la red</li> </ul>			

CONSECUENCIAS EN EL MOTOR TORNILLO (M111)					
VARIABLE PALABRA CLAVE	TENSION	CORRIENTE	TEMPERATURA	VELOCIDAD	
NO	* No operación del equipo	* No operación del equipo			
MAS	* Destrucción del equipo * Aumento de velocidad * Menor tiempo de vida útil	* Destrucción del equipo * Menor tiempo de vida útil * Explosión * Conato de Incendio * Sobre calentamiento de los conductores	* Rodamientos en mal estado * Menor tiempo de vida útil * Explosión * Conato de Incendio	* Daño de los rodamientos	
MENOS	* Disminución de la velocidad * Aumento de corriente * No arranque del equipo	* No arranque del equipo		* No arranque del equipo * Menor producción	
PARTE DE	* Aumento de temperatura * Disminución de vida útil	* Paro del equipo			
INVERSO	* Destrucción del equipo	* Aumento de Armónicos en el sistema		* Destrucción del equipo	

## **CAPÍTULO 6**

### **6. ANALISIS ENERGÉTICO Y MINIMIZACIÓN DE LOS RIESGOS.**

En este capítulo se darán a conocer las diferentes observaciones que encontramos al analizar el sistema eléctrico y detallaremos algunas sugerencias que ayudaran a la minimización de los riesgos eléctricos, en el sistema de Iluminación se expondrá como sería recomendable la instalación ya que depende del nivel de actuación visual para cada lugar de trabajo. En motores eléctricos, analizaremos la clase de motores que actualmente se tiene en la Planta Sumesa y cuáles son los motores adecuados para obtener una mejor eficiencia. Los transformadores, serán analizados si cumple o no, con las normas de diseño e instalación. En la Instalación eléctricas, se expresará las adecuaciones que se debe tener, evidenciando las causas a riesgos indebidos en los lugares de trabajo.

En cuanto a la Compensación de Energía Reactiva, esta es muy importante para mejorar el factor de potencia y si se encuentra en el rango permitido evitaremos penalización y a su vez se podrán minimizar costos.

### **6.1. Sistema de Iluminación.**

Existen parámetros que condicionan el desempeño visual de las personas, la cual tiene mucha incidencia en la seguridad y producción, por lo cual determinaremos un valor específico de iluminación a fin de obtener óptimos resultados, ya que se debe recurrir al alumbrado artificial, debido a que la luz diurna no es suficiente durante toda la actividad laboral.

#### **6.1.1. Comparación entre las iluminancias existentes y recomendadas.**

Para realizar la comparación primeramente empezaremos por asignar al área en que se realizan los distintos trabajos, la iluminancia recomendada, guiándonos en la siguiente **TABLA 6.1.**

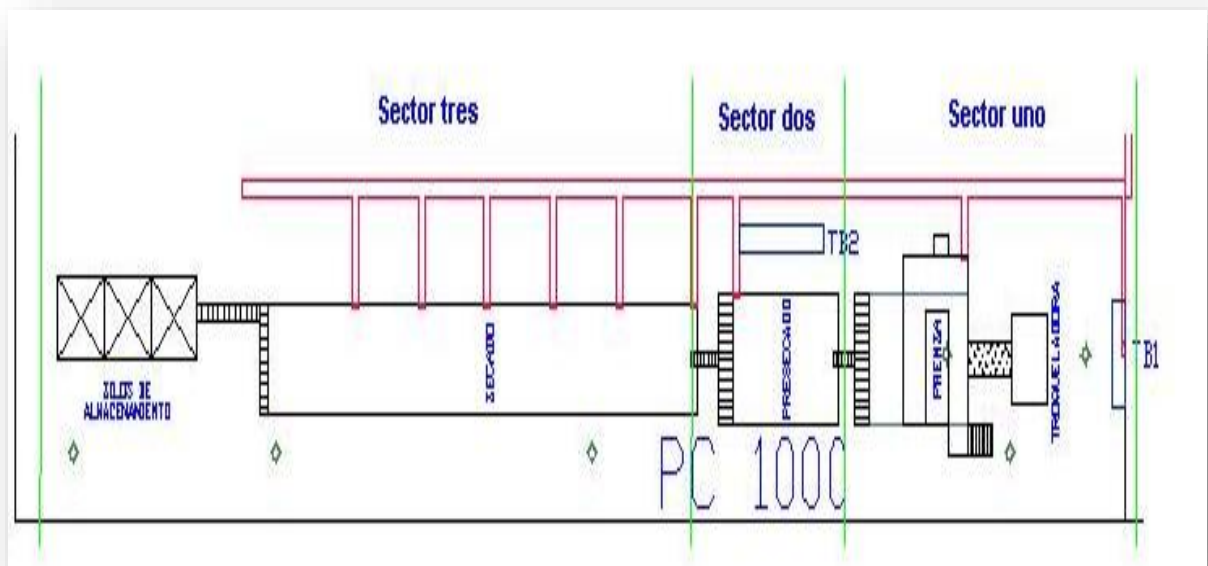
TABLA 6.1. Iluminancias recomendadas

<b>Intervalo</b>	<b>Iluminancia Recomendada (lx)</b>	<b>Clase de Actividad</b>
Iluminación general en zonas pocas frecuentadas o que tienen necesidades visuales sencillas	20	Zonas publicas con alrededores oscuros.
	30	Únicamente como simple orientación en vistas de corta duración.
	50	
	75	
	100	Lugares no destinados para trabajo continuo
	150	
200		
Iluminación general para trabajos en interiores.	300	Tareas con necesidad visual limitadas (maquinarias pesadas, salas de conferencias).
	500	Tareas con necesidad visual normal (maquinarias pesadas, oficinas).
	750	
	1000	
	1500	Tareas con necesidad visual especial (grabado, inspección textil).
	2000	Tareas prolongadas que requieren precisión (electrónica, relojería).
3000		
Iluminación adicional en tareas visuales exactas.	5000	Tareas visuales excepcionalmente exactas (montajes micro electrónico). Tareas visuales muy especiales (operaciones quirúrgicas).
	7500	
	10000	
	15000	
	20000	

Analizaremos a continuación, si el alumbrado actual contribuye a crear un ambiente luminoso en la Planta, que proporcione sensaciones de agrado y bienestar a los trabajadores, ya que ello es una exigencia e influye además, en las motivaciones laborales y en la productividad.

Como el área de Pasta Corta cuenta con diferentes máquinas en el interior de la Planta SUMESA, nosotros la hemos dividido en tres sectores como podemos ver en la **FIGURA 6.1**, para poder definir en cada una de ellas la iluminación existente y la iluminación adecuada.

- Sector uno comprendido por la Troqueladora, Prensa y Trabato.
- Sector dos conformado por el Presecado.
- Sector tres conformado por los Pisos de secados y silos.



**FIGURA 6.1**



## **SECTOR UNO**

### **Troqueladora, Prensa y Trabato**

Este sector cuenta actualmente con tres lámparas de mercurio de 250W/220V y el área de este sector está conformada por 12.8mts de largo y 7mts de ancho.

La altura promedio de la planta es de 6.6mts, y considerando una altura del plano útil del orden de 1mt, la altura a utilizar será de 5.6mts.

Datos:

$$L = 12.8\text{mts}$$

$$b = 7\text{mts}$$

$$H = 6,60\text{mts}$$

$$h' = 6.60 - 1 = 5.60\text{mts}$$

$$S = L * b = 89.6$$

Según **TABLA 6.2** para lámparas de vapor de mercurio, corresponde a 250W= 10000 lúmenes

$$\varnothing \text{lampara} = 10000\text{lm}$$

TABLA 6.2.- Tipos de Lámparas

Tipo	Potencias	Flujo Luminoso/Eficacia Luminosa	Observación	Vida Media de un Lote
Lámparas Incandescentes	20, 50, 100, 150, 200, 500 y 1000W	220, 600, 1250, 2000, 2900, 8300 y 18000 Lúmenes	Se pueden conectar directamente a la red, sin necesidad de ningún accesorio eléctrico	Aprox. 1000 h.
Lámparas Fluorescentes	20, 32, 40, 80W	1000, 2000, 5600 Lúmenes	Forma tubular y circular. Existen de color blanco cálido, blanco frío, luz día. El número y el tipo de encendidos influye decisivamente en la vida de los fluorescentes	Entre 4000 y 20000 h.
Lámparas de Vapor de Mercurio	50, 80, 125, 250, 400, 700, 1000 y 2000W	Eficacia luminosa Entre 40 y 60 lm/W, según el orden creciente de las potencias.	Para que emita todo el flujo hace falta que transcurran unos 6 seg a partir de la conexión	Entre las 9000 y 14000 h.
Lámparas de halógenos Metálicos	175, 250, 360, 400W	Rendimiento Luminoso: Entre 68 y mas de 100lm/W	Son lámparas de mercurio a las que se añaden ciertos halogenuros metálicos	Entre 15000 y 20000 h.
Lámparas de Sodio de Baja Presión	18, 35, 55, 90, 135, y 180W	Eficacia luminosa 125 y 185 lm/W, según el orden creciente de las potencias; incluyendo equipos auxiliares se considera entre 100 y 150 lm/W	Permiten la regulación de la emisión luminosa conservando un alto rendimiento.	Aprox. 9000 h
Lámparas de Sodio de Alta Presión	70, 150, 250, 400, 1000W	Rendimiento Luminoso: Entre 90 y 130lm/W	Son las que proporcionan mejores expectativas para el alumbrado industrial. Solamente cuando el color sea una exigencia básica, deberá recurrirse a las lámparas de halogenuros metálicos.	Duración de 10000 h para bajas potencias y mas de 20000 h, para potencias elevadas.
Lámparas Compactas	7, 11, 20, 23 y 40W	800, 1000, 1250 lúmenes	Son Lámparas sustitutivas de las incandescentes. Constan de un tubo fluorescente que se enrolla para reducir el tamaño incorporado y un casquillo normal (E 27).	Aprox. 8000 h

Cálculo del índice del local (k):

$$k = \frac{Lxb}{h'(L+b)}$$

$$k = \frac{12.8 \times 7}{5.60(12.8 + 7)}$$

$$k = 0.8$$

Según Tabla #18 abajo mencionada (Libro luminotecnia: Principios y aplicaciones - Fábrica Electrotécnica JOSA S.A, página 65), el índice del local corresponde a la letra I, con un coeficiente de conservación medio  $Cd = 0.70$ , y un coeficiente de utilización ( $Cu$ ) de paredes y techo al 30% en ambos casos, entonces tenemos que será  $Cu = 0.56$  (tabla de coeficiente de utilización página 104 - Libro luminotecnia) para una luminaria de distribución simétrica para lámparas de vapor de mercurio, haz ancho. Alumbrado directo., con esto se calcula el flujo lumínico.

**TABLA 18 RELACION DEL LOCAL**

<b>Índice del Local</b>	<b>Valor</b>	<b>Punto Central</b>
J	Menos de 0,7	0,60
I	0,7 a 0,9	0,80
H	0,9 a 1,12	1,00
G	1,12 a 1,38	1,25
F	1,38 a 1,75	1,50
E	1,75 a 2,25	2,00
D	2,25 a 2,75	2,50
C	2,75 a 3,50	3,00
B	3,50 a 4,50	4,00
A	Mas de 4,50	5,00

$$Em = \frac{\Phi t * Cu * Cd}{S}$$

$$Em = \frac{3 * 10000 * 0.56 * 0.7}{89.6}$$

$$Em = 131.25 \text{ lux}$$

La iluminación adecuada para este sector según la tabla 6.1 donde Em es la cantidad de lux que deberá tener un valor recomendado de 300lux.

$$\Phi t = \frac{Em * S}{Cu * Cd}$$

$$\Phi t = \frac{300 * 89.6}{0.56 * 0.7}$$

$$\Phi t = 68571 \text{ lm}$$

Número de luminarias necesarias:

$$\#luminarias = \frac{\Phi t}{\Phi \text{ lampara}}$$

$$\#luminarias = \frac{68571}{10000}$$

$$\#luminarias = 6.8 \approx 7$$

Se necesitaran de **6 a 7 lámparas** en este sector para obtener una óptima iluminación.

## **SECTOR DOS**

### **Presecado**

En este sector se cuenta con una lámpara de mercurio de 250W/220V, donde el área del sector está conformada por 7.45mts de largo y 7mts de ancho.

La altura promedio de la plata es de 6.6mts, y considerando una altura del plano útil del orden de 1mt la altura a utilizar será de 5.6mts.

Datos:

$$L = 7.45\text{mts}$$

$$b = 7\text{mts}$$

$$H = 6,60\text{mts}$$

$$h' = 6.60 - 1 = 5.60\text{mts}$$

$$S = L \cdot b = 52.15$$

Según tabla 6.2 para lámparas de vapor de mercurio corresponde 250W= 10000 lúmenes

$$\varnothing \text{lampara} = 10000\text{lm}$$

Cálculo del índice del local (k):

$$k = \frac{Lxb}{h'(L + b)}$$

$$k = \frac{7.45 \times 7}{5.60(7.45 + 7)}$$

$$k = 0.64$$

Según tabla #18(Libro luminotecnia: Principios y aplicaciones - Fábrica Electrotécnica JOSA S.A, página 65), el índice del local corresponde a la letra J, con un coeficiente de conservación medio  $Cd = 0.7$ , y un coeficiente de utilización ( $Cu$ ) de paredes y techo al 30% en ambos casos, entonces tenemos que será  $Cu = 0.49$  (tabla de coeficiente de utilización página 104 - Libro luminotecnia) para una luminaria de distribución simétrica para lámparas de vapor de mercurio, haz ancho. Alumbrado directo., con esto se calcula el flujo lumínico.

$$Em = \frac{\Phi t * Cu * Cd}{S}$$

$$Em = \frac{10000 * 0.49 * 0.7}{52.15}$$

$$Em = 65.77lux$$

La iluminación adecuada para este sector según la tabla 6.1 donde  $Em$  es la cantidad de lux que deberá tener un valor recomendado de 200lux.

$$\Phi t = \frac{Em * S}{Cu * Cd}$$

$$\Phi t = \frac{200 * 52.15}{0.49 * 0.7}$$

$$\Phi t = 30408.163lm$$

Número de luminarias necesarias:

$$\#luminarias = \frac{\Phi t}{\Phi lampara}$$

$$\#luminarias = \frac{30408.16}{10000}$$

$$\#luminarias = 3.04 \approx 3$$

Para una óptima iluminación en esta área de trabajo se necesitan de **3 lámparas** de vapor de mercurio.

### **SECTOR TRES**

#### **Pisos de secados y silos**

Actualmente existen tres lámparas de mercurio de 250W/220V.

El área del sector está conformada por 32mts de largo y 7mts de ancho.

La altura promedio de la plata es de 6.6mts, y considerando una altura del plano útil del orden de 1mt la altura a utilizar será de 5.6mts.

Datos:

$$L = 32\text{mts}$$

$$b = 7\text{mts}$$

$$H = 6,60\text{mts}$$

$$h' = 6.60 - 1 = 5.60\text{mts}$$

$$S = L * b = 52.15$$

Según tabla 2 para lámparas de vapor de mercurio, corresponde 250W= 10000 lúmenes.

$$\phi_{lampara} = 10000\text{lm}$$

Cálculo del índice del local (k):

$$k = \frac{Lxb}{h'(L + b)}$$

$$k = \frac{32 \times 7}{5.60(32 + 7)}$$

$$k = 1.025$$

Según tabla #18 de (Libro luminotecnia: Principios y aplicaciones - Fábrica Electrotécnica JOSA S.A, página 65), el índice del local corresponde a la letra H, con un coeficiente de conservación medio  $Cd = 0.7$ , y un coeficiente de utilización ( $Cu$ ) de paredes y techo al 30% en ambos casos, entonces tenemos que será  $Cu = 0.6$  (tabla de coeficiente de utilización página 104 - Libro luminotecnia) para una luminaria de distribución simétrica para lámparas de vapor de mercurio, haz ancho. Alumbrado directo., con esto se calcula el flujo lumínico.

$$Em = \frac{\phi t * Cu * Cd}{S}$$

$$Em = \frac{3 * 10000 * 0.6 * 0.7}{224}$$

$$Em = 56.25lux$$

La iluminación adecuada para este sector según la tabla 6.1 donde  $Em$  es la cantidad de lux que deberá tener un valor recomendado de 100lux.

$$\phi t = \frac{Em * S}{Cu * Cd}$$



$$\phi t = \frac{100 \times 224}{0.6 \times 0.7}$$

$$\phi t = 65306.122 \text{lm}$$

Para obtener el número de luminarias necesarias tenemos:

$$\#luminarias = \frac{\phi t}{\phi lampara}$$

$$\#luminarias = \frac{65306.122}{10000}$$

$$\#luminarias = 6.53 \approx 6$$

Para una buena iluminación en el sector de los pisos de secados y silos se necesitaran de **6 lámparas** de vapor de mercurio.

## 6.2. Motores Eléctricos.

La línea de producción de pasta corta 1000 de la fábrica Sumesa, cuenta con máquinas eléctricas de procedencia italianas, las cuales están conformadas por motores de inducción trifásicos asincrónicos, los mismos que tienen mayor aplicación en las industrias.

A continuación hemos elaborado la TABLA 6.3, donde se encuentra especificadas las principales máquinas que existen en la línea de producción de la pasta corta 1000 así como también cada uno de sus motores eléctricos y sus respectivos análisis para verificar si estos se encuentran sobrecargados o no.

	Equipos Motores	Potencia Mecánica HP	Potencia Eléctrica Motor Kw	Subcarga (-) Sobrecarga (+) %	Potencia Eléctrica del Motor Utilizada Kw	Voltaje Real (V)	Corriente Real (Amp)
TROQUELADORA	LAMINADO	4,02	3,76	-65,77	1,29	226,33	3,87
	RECORTE	4,02	4,12	-44,59	2,28	226,67	6,83
	PLEGADORA	2,95	3,05	-68,97	0,95	226,67	2,83
	VENTILADOR	0,44	0,43	-9,04	0,39	226,00	1,17
	BANDA TRANSPORTADORA	0,24	0,33	-80,03	0,07	226,33	0,20
CORTAPLUMA	CORTADOR	2,23	2,44	-61,30	0,94	217,17	3,12
	VENTILACION CABEZAL	3,22	3,35	-44,32	1,87	216,83	5,85
	BOMBA DE CORTADOR	0,83	0,90	21,18	1,09	217,33	3,40
PRENSA	GRUA	0,64	0,87	-41,36	0,51	217,33	1,60
	MOVIMIENTO DE MOLDE	2,88	2,72	-59,60	1,10	218,67	3,41
	DOSIFICADOR	0,87	0,94	-30,20	0,66	216,33	2,07
	BOMBA DE ACEITE	2,00	1,23	-10,33	1,10	219,33	3,42
	MESCLADOR	1,43	1,41	-33,99	0,93	216,67	2,93
	RECORTE	0,72	0,79	-41,17	0,46	217,33	1,45
	EXTRACTOR	1,81	1,47	-25,21	1,10	218,67	3,41
	AMASADORA	6,44	5,18	-38,68	3,18	216,67	9,96
	TORNILLO	60,35	48,29	-51,13	23,60	217,67	73,63
	BOMBA DE VACIO	10,06	8,58	-5,35	8,12	215,83	25,57
TRABATO	ZARANDA	0,97	1,13	-55,27	0,50	219,67	1,56
	VENTILACION	1,92	1,83	-6,96	1,70	219,33	5,27
	ELEVADOR	0,72	0,79	-27,39	0,57	219,67	1,77
	CINTA DERRAMA PASTA	0,24	0,28	-30,44	0,19	219,33	0,60
	MOVIMIENTO DERRAMA PASTA	0,32	0,37	-49,48	0,19	219,67	0,58
PRESECADO	VENTILACION	5,30	4,88	-18,44	3,98	218,67	12,37
	MOVIMIENTO DE PISOS	1,45	1,41	-46,70	0,75	219,67	2,33
	ELEVADOR	0,72	0,79	-26,84	0,58	221,33	1,77
SECADEROS	MOVIMIENTO DE PISOS	2,31	2,37	-58,40	0,99	221,67	3,03
	VENTILACION	0,43	0,50	-25,60	0,37	220,33	1,15
VARIOS	COMPRESOR	3,89	3,35	-57,93	1,41	216,50	4,43
	COCLEA 1 Y 2	0,72	0,83	-81,16	0,16	216,50	0,49
	VALVULA ESTRELLA	0,31	0,27	-7,79	0,25	216,50	0,77
	VIBRADOR	0,48	0,61	-38,43	0,38	217,00	1,18

TABLA 6.3 CARGA ELECTRICA DEL MOTOR

Como se observa en la TABLA 6.3 la mayoría de los motores se encuentran con una subcarga, es decir que no están ocupando su máxima potencia. También podemos darnos cuenta que la bomba del cortador (M153), cuya potencia es de 0.62KW se encuentra sobrecargado con un porcentaje del 21.28%, esto representa un mayor costo de consumo energético por la reducción de la eficiencia del motor y el sistema eléctrico (factor de potencia) que en muchas ocasiones resulta económicamente interesante sustituir un motor poco cargado por un motor de alta eficiencia o incluso por un motor de eficiencia normal.

Actualmente en la planta Sumesa en el área de pasta corta los motores eléctricos que se encuentran instalados cuentan con un promedio de eficiencia de fabricación del 78%, sin contar con todas las pérdidas existente al momento debido al desgaste de los motores.

Dado que el promedio general de eficiencia es del 78% se recomendaría cambiar todos los motores actuales por unos que tengan una mayor eficiencia, ya que el hecho de que se tenga un motor de mayor eficiencia significa que se disminuye los costos de operación del motor y que se puede recuperar la inversión adicional en

un tiempo razonable, sobre todo si se opera a una carga cercana a la potencia nominal.

Hay que tener en cuenta que los motores de alta eficiencia poseen generalmente un menor deslizamiento, es decir tienen una mayor velocidad de operación que los motores de eficiencia estándar.

Los motores de alta eficiencia son normalmente más robustos y mejor construidos que los motores estándar, lo que traduce en menores gastos en mantenimiento y mayor tiempo de vida.

A pesar de tener grandes ventajas un motor de mayor eficiencia, tiene también sus limitaciones, como por ejemplo:

- Los motores de alta eficiencia operan a una velocidad mayor, lo que puede ocasionar un incremento en la carga, sobre todo cuando se accionan ventiladores, este hecho debe valorarse en cada situación.
- La corriente de arranque del motor suele ser mayor, lo cual puede provocar que se sobrepasen los límites máximos de caída de voltaje en la red.

### **6.3. Transformadores.**

Los transformadores están constituidos por dos o más bobinas de alambre, aisladas entre sí eléctricamente y enrolladas alrededor de un mismo núcleo ferromagnético destinado a transmitir la energía eléctrica de un circuito eléctrico a otro, usando como enlace un campo magnético variable. Los transformadores usualmente utilizan como elemento refrigerante el aire y el aceite, ya sea en forma natural o forzada.

La planta de Pasta consta de dos transformadores, uno de 500KVA marca SIEMENS, y otro de 300KVA marca INATRA, donde el transformador de potencia de 500KVA es quien alimenta las máquinas procesadoras de la pasta corta -1000 el cual tiene una potencia instalada de 150KVA en configuración triangulo - estrella con dato de placa: tensión en el primario de 13,2 KV y en el secundario con tensión de 227V/131V, Clase AO, los transformadores están ubicados en un cuarto cuya área es de 16.8 m<sup>2</sup> (3,5x4,8 mts) y separados entre sí a una distancia de 1,37mts, además cuenta con dos vías de acceso, donde un ingreso es por el lado de los panales principales de distribución de la planta cuyo acceso es de 1mts de ancho, el cual no cuenta con una puerta de ingreso o bloqueo, el segundo ingreso está ubicado en la parte lateral del cuarto de

transformadores, cuyo acceso es de 0,8mts de ancho cuya puerta se abre hacia el interior del cuarto, donde una vez abierta tiene una separación lineal de 0,6mts con respecto a uno de los transformadores.

El nivel de iluminación del cuarto de transformadores es bajo, ya que cuenta de dos luminarias, que están ubicadas en la parte superior del techo, del cual una de ellas está por encima de uno de los transformadores, además cuyo interruptor manual se encuentra mal ubicado en la pared de la parte posterior de la puerta de ingreso.

En cuanto al sistema de aireación en el cuarto de transformadores, éste lo realizan a través de un ducto de ventilación de aire forzado.

En el cuarto de transformadores de la planta Sumesa se debería de realizar adecuaciones que cumplan con ciertas normas para un mejor funcionamiento y seguridad, tanto para las personas como para los equipos eléctricos, como puede ser que:

- Los transformadores de voltaje deberán estar separados con una distancia no menor de 1.83m en horizontal y de 3.66m en vertical.

- La ventilación adecuada en el cuarto de transformadores, debe ser de preferencia con aire exterior, donde se tenga una abertura de ventilación de 1.55m<sup>2</sup> o superior, estas deberán estar situadas lo más lejos posible de puertas.
- Las paredes, techos y suelos deben estar construidas con resistencia estructural adecuada y una resistencia mínima al fuego de 3 horas.
- Las puertas de accesos a los cuartos de transformadores, deberán estar bien cerradas, con el sentido de apertura adecuada y diseñadas con un material resistente al fuego, además de tener las respectivas cerraduras para su ingreso, y señalizaciones de advertencias para el ingreso de personas calificadas y debidamente autorizadas.
- El cuarto de transformadores debería de contar con un muro de contención o un medio de drenaje que permita eliminar cualquier derrame de aceite o agua que se produzca en el cuarto.
- Se deberá instalar un sistema de detección de incendio, con un sistema automático de rociadores de CO<sub>2</sub> o de agua micro pulverizado.
- El sistema de iluminación deberá ser cambiado, el cual deberá tener un nivel de iluminación recomendable de 150 lux, además

el interruptor deberá colocarse en un lugar seguro y de fácil acceso, así como también las luminarias deberán ser reubicadas de tal manera que faciliten su mantenimiento.

- Se deberá realizar un mantenimiento periódico a los transformadores, así como también de un análisis químico de la rigidez dieléctrica del aceite de refrigeración del transformador.
- Los transformadores deberán estar debidamente aterrizados, previamente al estudio de análisis de resistividad del suelo donde se instalara la malla o electrodo de puesta a tierra.

#### **6.4. Instalaciones eléctricas.**

Todo tipo de instalaciones eléctricas merecen una especial atención, debido a que estas siempre representan un potencial peligro en caso de no estar en óptimas condiciones, tanto para la integridad humana como para los propios equipos eléctricos.

Después de las mediciones, análisis y cálculos eléctricos realizados en el capítulo 3, llegamos a darnos cuenta de que las instalaciones eléctricas de Sumesa, en lo que respecta al dimensionamiento de los conductores se encuentran bien diseñados, aunque en la inspección realizada en los diferentes paneles y recorridos de los conductores se



pudo observar claramente que estos conductores presentan un desgaste dado al tiempo de utilización de los mismos.

Otras de las anomalías son los terminales de conexión de los conductores que no se encontraban debidamente ajustados, lo que producía un calentamiento en los terminales y por ende pérdida de energía, además de que representan un peligro, ya que se podría generar un arco eléctrico con nefastas consecuencias.

Las bandejas de los cables actualmente se encuentran totalmente saturadas, además de que muchos de los cables conductores que pasan por estas bandejas se encuentran agrupados en forma desordenada, lo que genera pérdidas de energía eléctrica primeramente, debido a la autoinducción de los conductores, lo que provoca el calentamiento de los mismos, así como también por no tener la separación adecuada para su ventilación.

Por otra parte, el sistema de tuberías de los cables conductores de Sumesa actualmente presenta ciertas anomalías como la exposición de los conductores debido al mal acoplamiento de las tuberías, las cuales deberán corregirse, además es imprescindible colocar las tapas de seguridad en las cajas de paso, además se debe colocar sellantes

en el interior de las tuberías para evitar el ingreso de gases o polvos que podrían causar algún tipo de explosión.

En cuanto a los paneles de control o distribución de la planta Sumesa, estos necesitan llevar una adecuada seguridad y ubicación ya que existen partes energizadas expuestas. Así mismo se deberán conectar a un sistema integral de puesta a tierra o a su vez deberá colocarse en forma individual un sistema puesta a tierra.

En los paneles de prensa y secaderos se deberá mejorar la iluminación tanto interna como externa, ya que al momento estos tienen muy poca iluminación.

En el sistema de ventilación interna de los paneles deberá colocarse filtros de aire, además de mejorar el sistema de ventilación interna ya que presentan defecto en su funcionamiento.

Todos los circuitos del panel y sus modificaciones se deben identificar de manera legible en cuanto a su finalidad o uso y situarse en la puerta o en su interior.

#### **6.5. Compensación de energía Reactiva.**

El Factor de Potencia se define como la relación entre la potencia activa (kW) usada en un sistema y la potencia aparente (kVA) que se obtiene de las líneas de alimentación.

Todos los equipos electromecánicos que están constituidos por devanados o bobinas, tales como motores y transformadores necesitan la denominada corriente reactiva para establecer campos magnéticos necesarios para su operación. La corriente reactiva produce un desfase entre la onda de tensión y la onda de corriente, si no existiera la corriente reactiva la tensión y la corriente estarían en fase y el factor de potencia sería la unidad.

El desfase entre las ondas de tensión y corriente, producido por la corriente reactiva se anula con el uso de condensadores de potencia, lo que hace que el funcionamiento del sistema sea más eficaz y, por lo tanto, requiera menos corriente lo que técnicamente se denomina compensación.

#### **6.5.1. Caso de compensación reactiva**

La fábrica Sumesa, en el área de pasta corta 1000 tiene un factor de potencia promedio de 0,78 en sus instalaciones originales, lo cual hace que de manera necesaria se tenga que instalar un banco de capacitores para corregir su factor de potencia de 0,78 a 0,92 que es el valor mínimo que las empresas generadoras de energía eléctrica

otorgan sin factor de multa. Lo ideal sería llevar el factor de potencia a un valor cercano a uno.

Actualmente ya se cuenta con un banco de capacitores instalados en la línea de alimentación principal, pero que operan en forma manual y no en forma automática que sería lo recomendable.

Las potencias reactivas calculadas mensualmente superan las potencias establecidas para un factor de potencia que está establecido a 0.92.

En las TABLAS 6.4 - 6.5 y 6.6 mostradas a continuación establecemos las potencias reactivas corregidas para cada mes en particular, así como el costo de la energía activa y energía reactiva respectivamente.

TABLA 6.4 VALOR DE POTENCIA REACTIVA CORREGIDA

Mes	Energía Activa	Energía Reactiva	TOTAL	Factor	Factor	Corregida	Valor del Capacitor	Valor capacitor
Facturación	KW/Hora	Kvar/Hora	KVA/Hora	potencia	corrección	Kvar/Hora	KVAR	KVAR/H
Nov-05	150500	75600	168420,93	0,89	0,92	64112,73	11487,27	15,95
Dic-05	210700	95200	231208,84	0,91	0,92	89757,82	5442,18	7,56
Ene-06	167300	66920	180187,61	0,93	0,92	66920,00	0,00	0,00
Feb-06	172200	61585	182881,39	0,94	0,92	61585,42	0,00	0,00
Mar-06	163100	55887	172409,43	0,95	0,92	55887,41	0,00	0,00
Abr-06	168000	67900	181202,68	0,93	0,92	67900,00	0,00	0,00
May-06	187600	85400	206123,56	0,91	0,92	79917,27	5482,73	7,61
Jun-06	200200	68600	211627,03	0,95	0,92	68600,00	0,00	0,00
Jul-06	201600	72100	214105,04	0,94	0,92	72100,00	0,00	0,00
Ago-06	168000	67200	180941,54	0,93	0,92	67200,00	0,00	0,00
Sep-06	155400	55300	164946,20	0,94	0,92	55300,00	0,00	0,00
Oct-06	196700	74900	210477,79	0,93	0,92	74900,00	0,00	0,00

TABLA 6.5 COSTO PROPORCIONAL DE LA ENERGÍA ACTIVA SIN AHORRO

Mes FACT	Energía Activa KW/Hora	Costo Total Energía	Comercialización	TOTAL EMELEC	FERUM	BOMBEROS	ALUMBRADO	RECOL BASURA	Costo Total KWH
Nov-05	150500	\$ 7.308,00	3,535	\$ 7.311,54	\$ 731,15	\$ 4,50	\$ 438,48	\$ 913,50	\$ 9.399,17
Dic-05	210700	\$ 10.221,40	3,535	\$ 10.224,94	\$ 1.022,49	\$ 4,50	\$ 613,28	\$ 1.277,68	\$ 13.142,89
Ene-06	167300	\$ 7.374,50	3,535	\$ 7.378,04	\$ 737,80	\$ 4,80	\$ 442,47	\$ 921,81	\$ 9.484,92
Feb-06	172200	\$ 10.324,30	3,535	\$ 10.327,84	\$ 1.032,78	\$ 4,80	\$ 619,46	\$ 1.290,54	\$ 13.275,41
Mar-06	163100	\$ 8.197,70	3,535	\$ 8.201,24	\$ 820,12	\$ 4,80	\$ 491,86	\$ 1.024,71	\$ 10.542,73
Abr-06	168000	\$ 8.175,00	3,535	\$ 8.178,54	\$ 817,85	\$ 4,80	\$ 490,50	\$ 1.021,88	\$ 10.513,56
May-06	187600	\$ 9.076,20	3,535	\$ 9.079,74	\$ 907,97	\$ 4,80	\$ 544,57	\$ 1.134,53	\$ 11.671,61
Jun-06	200200	\$ 9.724,40	3,535	\$ 9.727,94	\$ 972,79	\$ 4,80	\$ 583,46	\$ 1.215,55	\$ 12.504,54
Jul-06	201600	\$ 9.783,20	3,535	\$ 9.786,74	\$ 978,67	\$ 4,80	\$ 586,99	\$ 1.222,90	\$ 12.580,10
Ago-06	168000	\$ 8.155,00	3,535	\$ 8.158,54	\$ 815,85	\$ 4,80	\$ 489,30	\$ 1.019,38	\$ 10.487,86
Sep-06	155400	\$ 7.548,80	3,535	\$ 7.552,34	\$ 755,23	\$ 4,80	\$ 452,93	\$ 943,60	\$ 9.708,90
Oct-06	196700	\$ 9.549,40	3,535	\$ 9.552,94	\$ 955,29	\$ 4,80	\$ 572,96	\$ 1.193,68	\$ 12.279,67

TABLA 6.6 COSTO PROPORCIONAL DE LA ENERGÍA REACTIVA SIN AHORRO

Mes FACT	Energía Reactiva Kvar/Hora	Costo Total Energía	PENALIZACION	Comercialización	TOTAL CATEG	FERUM	BOMBEROS	ALUMBRADO	RECOL BASURA	Costo Total KVAR
Nov-05	75600	\$ 2.054,50	315,59	3,535	\$ 2.373,63	\$ 237,36	\$ 4,50	\$ 142,21	\$ 296,26	\$ 3.053,95
Dic-05	95200	\$ 2.286,51	137,45	3,535	\$ 2.427,50	\$ 242,75	\$ 4,50	\$ 145,65	\$ 303,00	\$ 3.123,39
Ene-06	66920	\$ 1.917,64	0	3,535	\$ 1.921,18	\$ 192,12	\$ 4,80	\$ 115,27	\$ 239,71	\$ 2.473,07
Feb-06	61585	\$ 2.868,68	0	3,535	\$ 2.872,22	\$ 287,22	\$ 4,80	\$ 172,33	\$ 358,59	\$ 3.695,16
Mar-06	55887	\$ 1.921,40	0	3,535	\$ 1.924,93	\$ 192,49	\$ 4,80	\$ 115,50	\$ 240,17	\$ 2.477,90
Abr-06	67900	\$ 2.125,80	0	3,535	\$ 2.129,34	\$ 212,93	\$ 4,80	\$ 127,76	\$ 265,73	\$ 2.740,55
May-06	85400	\$ 2.521,89	127,45	3,535	\$ 2.652,88	\$ 265,29	\$ 4,80	\$ 159,17	\$ 331,17	\$ 3.413,30
Jun-06	68600	\$ 2.279,23	0	3,535	\$ 2.282,77	\$ 228,28	\$ 4,80	\$ 136,97	\$ 284,90	\$ 2.937,71
Jul-06	72100	\$ 2.186,20	0	3,535	\$ 2.189,74	\$ 218,97	\$ 4,80	\$ 131,38	\$ 273,28	\$ 2.818,17
Ago-06	67200	\$ 2.186,20	0	3,535	\$ 2.189,74	\$ 218,97	\$ 4,80	\$ 131,38	\$ 273,28	\$ 2.818,17
Sep-06	55300	\$ 2.162,94	0	3,535	\$ 2.166,48	\$ 216,65	\$ 4,80	\$ 129,99	\$ 270,37	\$ 2.788,28
Oct-06	74900	\$ 2.232,71	0	3,535	\$ 2.236,25	\$ 223,62	\$ 4,80	\$ 134,17	\$ 279,09	\$ 2.877,93

A continuación un ejemplo para obtener un ahorro de energía reactiva:

Datos:

Instalación con demanda promedio 115 kW,  $\cos \theta_1 = 0.78$  y 3711 horas de operación anuales. Costo de Energía Reactiva US\$ = 0.042.

Determinación de la capacidad del condensador, Se Calcula mediante:

$$kVARc = P(KW) \times (\tan \phi_1 - \tan \phi_2)$$

El factor de potencia requerido será de 0.92

Según la ecuación anterior el banco de condensadores será de 43.2745 kVAR.

Normalizando se seleccionará un condensador de 50 kVAR

Ahorro de Energía Reactiva:

$$50 \text{ kVAR} \times 3711 \text{ h} = 185550 \text{ kVARh}$$

Ahorro Económico:

$185550 \text{ kVARh} \times \text{US\$}/\text{kVARh} \ 0.042 = \text{US\$}7793$ , valor de ahorro anual que podría obtener Sumesa en la Planta de producción de la pasta corta 1000.



## CONCLUSIONES

De manera general se puede decir que en las instalaciones de la planta de pasta corta 1000 de Sumesa, se necesita realizar correcciones y mejoras, no solo para que de esta manera se pueda obtener un mejor nivel de producción y ahorro de energía, sino que también para aumentar el nivel de seguridad física de las personas, como el de los equipos.

En el sistema de iluminación del área de la pasta corta mil se concluye que existe un sistema ineficiente de iluminación, en cuanto a los motores Eléctricos estos tienen un bajo nivel de eficiencia, que en promedio es del 78%.

El cuarto de transformadores no ofrece las debidas protecciones necesarias, que garanticen un nivel de seguridad tanto como para las personas como para los equipos que se encuentran en funcionamiento, así como también el banco de compensación de energía reactiva no se encuentra operando en forma adecuada.

Las canalizaciones o bandejas de los cables eléctricos se encuentran saturadas y no están en forma agrupada u ordenada. El panel principal del sector de secaderos no se encuentra correctamente ubicado, además que en su interior, algunos de sus terminales se encuentran flojos.

## RECOMENDACIONES

Se deberá tener en cuenta para mejorar el sistema eléctrico del proceso de la pasta corta mil las recomendaciones dadas en los anteriores capítulos así como también las que se darán a continuación:

Para mejorar el sistema de iluminación por motivos de seguridad se deberá contar con la luz suficiente para así lograr que la probabilidad de cometer errores sea menor, por lo que la iluminación en general deberá tener un nivel mínimo de 200 lux en cualquier punto de trabajo, para así crear una sensación de confort y además de obtener menor costo de energía.

En cuanto a los motores eléctricos para lograr el uso eficiente de la energía eléctrica y una reducción de los costos del consumo de energía, podemos obtenerlo mediante la selección correcta de la potencia del motor, con el uso de motores de alta eficiencia y realizando un mantenimiento efectivo para que se mantenga la eficiencia del motor.

EL cuarto de transformadores deberá ser readecuado en forma general, como por ejemplo cambiar las ubicaciones de las puertas de ingreso y sus seguridades, colocación de un sistema de protección de incendio, colocar un

sistema de puesta a tierra, colocar iluminación adecuada y ubicarla en un lugar adecuado para su fácil mantenimiento.

Se recomienda cambiar el actual sistema de banco de capacitores que se encuentra en forma manual por un sistema automática, para así mantener el nivel de factor de potencia en un estado óptimo y obtener un ahorro de energía eléctrica y aumentar la vida útil de las instalaciones.

EL panel ubicado en el sector de los secaderos deberá ser cambiado en otro lugar, ya que el mismo no ofrece las medidas de seguridades necesarias para las personas que realizan mantenimiento, además de realizar los ajuste necesarios en sus terminales ya que algunos de ellos se encuentran flojos, colocar filtros de aire así como también arreglar el sistema de ventilación del panel.

Los conductores ubicados en las canaletas deberán ser reagrupados y ordenados, además de separarlos en otra canaleta paralela a la existente.

En forma general se recomienda instalar a todas las instalaciones un sistema de protección a tierra.

# ANEXO B

## CHECK LIST

### CHEQUEO PARA CUARTO DE TRANSFORMADORES

EMPRESA:	SUMESA S.A.	AREA:	Cuarto de transformador
PLANTA:		UBICACION:	
FECHA:		REVISADO POR:	
REALIZADO POR:			

Si No

- 1.- Cumple con las distancias mínimas necesarias  
el cuarto de transformadores.
- 2.- Se cuenta con aviso de advertencia de peligro
- 3.- Poseen la adecuada ventilación
- 4.- Las paredes y los techos tienen la resistencia  
estructural adecuada
- 5.- Las paredes pueden soportar mínimo 3 horas de fuego
- 6.- Se cuenta con dique de contención para derrame de  
aceite refrigerador
- 7.- Las puertas de accesos al cuarto de transformador  
tienen cerraduras y permanecen cerradas
- 8.- Las aperturas de las puertas se abren hacia afuera
- 9.- Las puertas de ingreso son lo necesariamente amplias  
para su ingreso

- |      |   |                          |                          |
|------|---|--------------------------|--------------------------|
| 10.- | Se cuenta con la iluminación adecuada   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 11.- | Las luminarias se encuentran ubicada para un fácil<br>Mantenimiento                                 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 12.- | Se cuenta con sistema automático de detección de fuego  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 13.- | Se cuenta con sistema automático de rociadores de agua<br>pulverizada o CO2.                        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 14.- | Se da mantenimiento regularmente al transformador   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 15.- | El ingreso al cuarto de transformador es restringido solo<br>al personal calificado                 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 16.- | El aceite del transformador mantiene su capacidad dieléctrica                                       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 17.- | Se cuenta con sistema puesta a tierra   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 18.- | Se cuenta con sistema automático de desconexión   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 19.- | Los conductores son del calibre adecuado  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 20.- | Los conductores se encuentran ordenados en canaletas  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 21.- | Las canaletas cumplen con las distancias mínimas  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 22.- | Las salidas de los conductores del cuarto de transformador<br>poseen espuma de expansión anti-fuego | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 23.- | Se cuenta con sensores de advertencia de sobrecalentamiento   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 24.- | Los interruptores de iluminación se encuentran en fácil<br>ubicación                                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 25.- | Los transformadores presentan deterioro o corrosión   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 26.- | Se encuentra bien dimensionado el sistema puesta a tierra   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 27.- | La capacidad de potencia del transformador se encuentran<br>bien dimensionada                       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

## CHEQUEO PARA LOS MOTORES

<b>EMPRESA:</b>	SUMESA S.A.	<b>AREA:</b>	MOTORES
<b>PLANTA:</b>		<b>UBICACION:</b>	
<b>FECHA:</b>		<b>REVISADO POR:</b>	
<b>REALIZADO POR:</b>			

	<b>Si</b>	<b>No</b>
1.- Se encuentra bien dimensionado los cables de alimentación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.- Su clase es la mínima requerida por su ubicación y trabajo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.- Cuenta con sistema automático de desconexión	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.- Tiene sistema de protección puesta a tierra	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.- Se encuentran correctamente identificados los cables de alimentación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.- Se da mantenimiento adecuado a sus rodamientos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.- Se encuentran en fácil ubicación para su mantenimiento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.- Tiene la ventilación adecuada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.- Cuentan con dispositivos de protección de sobrecarga	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10.- La potencia es la mínima requerida para la operación normal con carga	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11.- Se encuentra bien identificado su potencia, voltaje y corriente de operación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12.- Se encuentran trabajando con sobrecarga	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13.- Existe un plan de mantenimiento programado	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14.- Los niveles de voltajes y corrientes de operación son los adecuados	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## CHEQUEO DE PANELES

<b>EMPRESA:</b>	SUMESA S.A.	<b>AREA:</b>	
<b>PLANTA:</b>		<b>UBICACION:</b>	
<b>FECHA:</b>		<b>REVISADO POR:</b>	
<b>REALIZADO POR:</b>			

**Si No**

- |  |                          |                          |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 1.- Cuenta con la ventilación adecuada                             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2.- El sistema de ventilación tiene filtros para el polvo          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3.- El panel es a prueba de explosión                              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4.- Cuenta con las señalizaciones de advertencias de peligros      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5.- Tiene iluminación adecuada                                     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6.- Posee indicador en caso de emergencia (sirenas)                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7.- Seguridad de acceso apropiada                                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 8.- Se encuentra debidamente etiquetado                            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 9.- Manual de Operación  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 10.- Protección a tierra del panel                                 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 11.- Limpieza Periódica  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 12.- Barras de Alimentación con adecuada protección de aislamiento | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 13.- Ubicación apropiada   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 14.- Conductores agrupados y ordenados (en canaletas)              | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 15.- Espacio de trabajo adecuado                                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 16.- Presenta deterioro u oxidación                                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

# ANEXO A

## CLASIFICACION DE RIESGOS ELECTRICOS

### 1. Riesgo de Electrocutión

Para que se produzca el paso de corriente a través del cuerpo humano es necesario que se cierre un circuito como el de la siguiente figura 5a:

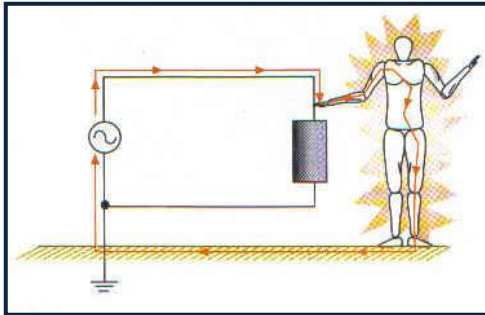


FIGURA 5a

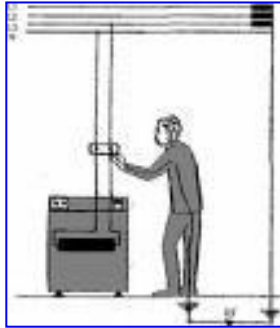
Una persona recibe una descarga eléctrica cuando se convierte accidentalmente en el eslabón que cierra un circuito eléctricamente vivo.

Existen dos tipos de riesgos de electrocución:

#### a) **Por contacto directo**

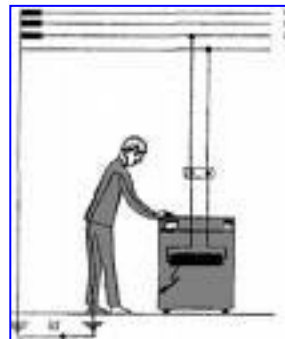
Se considera contacto directo cuando una persona toca las partes activas de los materiales y equipos eléctricos.





**b) Por contacto indirecto**

Se considera contacto indirecto cuando una persona toca un conjunto de partes conductoras ya sea de una instalación o equipo eléctrico, puestas accidentalmente bajo tensión, que en condiciones normales están aisladas de las partes activas.



Partes activas.- Conductores y piezas conductoras bajo tensión en servicio normal.

Por lo tanto el empleo de tensiones altas presenta mayor riesgo por varios motivos:

Cuanto mayor sea la tensión mayor será la intensidad.

Cuanto mayor es la tensión mayor será la probabilidad de que se produzca un circuito como el de la figura 5a, por superar la rigidez dieléctrica de los aislantes. Por este motivo es necesario mantener unas distancias mínimas (en función de la tensión) a los elementos no aislados.

## **2. Riesgo de Arcos Eléctricos**

Un arco eléctrico es una corriente eléctrica entre dos conductores a través del aire.

El aire en condiciones normales es aislante siempre que no se supere su rigidez dieléctrica ( $3 \times 10^6$  V/m) a temperatura normal.

Un arco puede producirse por modificar las condiciones de manera que se supere la rigidez dieléctrica del aire, o como consecuencia de la maniobra de apertura o cierre de un elemento de interrupción de la corriente eléctrica.

Cuando se establece un arco en el aire suele convertirse en un cortocircuito y trata de propagarse en dirección a la fuente de alimentación, ya que como consecuencia de la energía del mismo el aire se ioniza y se vuelve conductor.

Si un interruptor se abre cuando circula a través de él una intensidad superior a la asignada como poder de corte, puede deteriorarse y ser incapaz de extinguir el arco y por lo tanto de interrumpir el paso de corriente.

Existe riesgo de arcos eléctricos tanto en instalaciones de alta tensión como de baja tensión, los arcos eléctricos peligrosos se deben habitualmente a circunstancias fortuitas motivadas por fallos de las instalaciones o fallos en actuaciones humanas.

Los efectos de los arcos eléctricos dependen de la intensidad de la corriente del arco, y de la tensión. Las intensidades de cortocircuito son especialmente altas en las proximidades de los centros de transformación en instalaciones de baja tensión y en todos los puntos de las instalaciones de alta tensión.

Las causas que provocan arcos eléctricos pueden ser:

- ❖ Fallos en dispositivos de maniobra o protección.

❖ Cortocircuitos fortuitos provocados por:

- Desprendimiento de elementos conductores.
- Deterioro de aislantes.
- Aproximación excesiva a elementos conductores con herramientas o elementos de medida.
- Actuaciones de animales.
- Humedad.
- Etc.

### **3. Riesgo de Campos Electromagnéticos**

Todos los elementos de una instalación que se encuentren a una cierta tensión producen campos eléctricos y todas las instalaciones por las que circule intensidad producen campos magnéticos.

El mayor riesgo de presencia de campo eléctrico se produce como es lógico en las instalaciones de media tensión ya que es proporcional a la misma.

El mayor riesgo de presencia de campo magnético se produce alrededor de conductores por los que circulen intensidades elevadas ya sean de alta o de baja tensión y el riesgo será mayor

cuanto mas cerca y mayor grado de desequilibrio tengan las intensidades respecto al punto considerado.

Los casos citados anteriormente se refieren a objetos que producen campos eléctricos y magnéticos a frecuencia industrial (50Hz en Europa y 60Hz en América).

Existen instalaciones y equipos industriales que utilizan frecuencias más elevadas como hornos de inducción, hornos de microondas, etc.

Ciertos campos electromagnéticos producen ruidos de alto nivel de intensidad (decibeles), que es perjudicial al oído humano al estar en contacto por espacios prolongados de tiempo.

De donde tenemos que:

- De 55 a 60 dB A: El ruido causa molestia.
- De 60 a 65 dB A: La molestia aumenta considerablemente.
- Por encima de 65 dB A: Surgen perturbaciones del modelo de comportamiento sintomáticas del daño grave originado por el ruido.

#### **4. Riesgo de Incendio**

Las deficientes instalaciones eléctricas son las principales causantes de los incendios.

Todo esto se genera debido a que no se realiza un estudio eléctrico adecuado, y también no ejecutan las normas eléctricas internacionales establecidas.

Una de las causas principales para que exista un conato de incendio, es provocada por cables que se encuentran en mal estado, que pueden llegar a producir cortocircuito, o instalaciones eléctricas sub-dimensionadas que generan el sobrecalentamiento de las mismas.

Otra causa es la sobrecarga en motores, en máquinas o en el funcionamiento de las mismas, donde se calienta y con el tiempo van generando la suficiente cantidad de energía para poder levantar la temperatura del ambiente en cual están y poder originar incendio.

#### **5. Riesgo intrínseco de incendio**

Las instalaciones industriales y de almacenamiento se clasificarán de acuerdo al nivel de riesgo intrínseco de dichas

instalaciones, estableciendo estos niveles en función de la carga de fuego ponderada del local ( $Q_p$ ).

### **Niveles de riesgo.-**

Los valores de niveles de riesgo se determinarán por el valor de la carga de fuego Ponderada ( $Q_p$ ) que esta dada en Mcal/m<sup>2</sup>:

Los valores son los siguientes:

#### **RIESGO BAJO:**

<u>(<math>Q_p</math>)</u>	<u>Nivel</u>	<u>Carga de fuego ponderada</u>
	1	$0 < Q_p < 100$
	2	$100 < Q_p \leq 200$

#### **RIESGO MEDIO:**

<u>(<math>Q_p</math>)</u>	<u>Nivel</u>	<u>Carga de fuego ponderada</u>
	3	$200 < Q_p \leq 300$
	4	$300 < Q_p \leq 400$
	5	$400 < Q_p \leq 800$

## RIESGO ALTO:

<u>(Qp)</u>	<u>Nivel</u>	<u>Carga de fuego ponderada</u>
	6	800 < Qp ≤ 1600
	7	1600 < Qp ≤ 3200
	8	Qp > 3200

Se procede a calcular la carga de fuego ponderada, considerando todos los materiales que se encuentren y formen parte de las construcciones a evaluar.

El cálculo de la carga de fuego ponderada  $Q_p$  se realiza mediante la siguiente expresión:

$$Q_p = \frac{\sum_1^i H_i * p_i * C_i}{A} * R_a \quad \text{Mcal/m}^2$$

Siendo:

**pi:** Masa de los combustibles.

**Hi:** Poder calorífico

**Ci:** Peligrosidad de los productos

**A:** Superficie

**Ra:** Riesgo de activación



## VALOR DEL COEFICIENTE Ra

### RIESGO DE ACTIVACIÓN

<b>Alto</b>	<b>Valor de Ra</b>
Industrias químicas peligrosas, fabricación de pinturas, talleres de pintura, fabricación de pirotecnia, etc.	3
<b>Medio</b>	<b>Valor de Ra</b>
Fabricación de aceites y grasas, destilerías, laboratorios químicos, carpinterías y ebanisterías, fabricación de cajas de cartón, objetos de caucho, tapicerías, etc.	1.5
<b>Bajo</b>	<b>Valor de Ra</b>
Almacenes en general, fabricación de bebidas sin alcohol, fabricación de cervezas, talleres de confección, fabricación de conservas, talleres de mecanización, tintorerías, etc.	1.0

## NIVELES DEL COEFICIENTE Ci

### GRADO DE PELIGROSIDAD

<b>Alto</b>	<b>Valor de Ci</b>
Materiales criogénicos. Materiales que puedan formar mezclas explosivas. Líquidos o gases licuados cuyo punto de inflamación sea inferior a 23°C. Materiales de combustión espontánea. Todos los sólidos capaces de inflamarse por debajo de 100°C.	1.6
<b>Medio</b>	<b>Valor de Ci</b>
Líquidos cuyo punto de inflamación está comprendido entre los 23°C y 61 °C. Sólidos que comienzan su ignición entre los 100 y los 200° C. Sólidos y semisólidos que emitan gases inflamables.	1.2
<b>Bajo</b>	<b>Valor de Ci</b>
Productos sólidos que exigieran para comenzar su ignición estar sometidos a una temperatura superior a 200°C. Líquidos con punto de inflamación superior a 61°C	1.0

## ANEXO C

### POTENCIA APARENTE, EFECTIVA Y REACTIVA

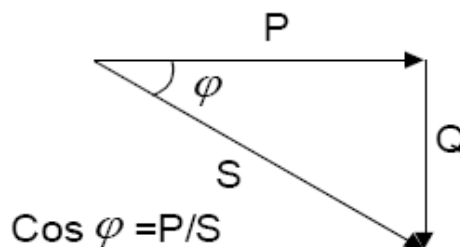
La potencia eléctrica es el producto de la tensión por la corriente correspondiente. Podemos diferenciar los tres tipos:

- Potencia aparente (kVA),  $S = VI$
- Potencia efectiva (kW),  $P = V.I.\cos\theta$
- Potencia reactiva (kVAR),  $Q = V.I.\sin\theta$

La potencia efectiva P se obtiene de multiplicar la potencia aparente S por el " $\cos\theta$ ", el cual se le denomina como "factor de potencia".

El ángulo formado en el triángulo de potencias por P y S equivale al desfase entre la corriente y la tensión y es el mismo ángulo de la impedancia; por lo tanto el Factor de Potencia.

$$\text{Factor de Potencia} = \cos\theta = \frac{P}{S}$$



## **EFFECTOS DE UN BAJO FACTOR DE POTENCIA**

Un bajo factor de potencia implica un aumento de la corriente aparente y por lo tanto un aumento de las pérdidas eléctricas en el sistema, es decir indica una eficiencia eléctrica baja, lo cual siempre es costoso, ya que el consumo de potencia activa es menor que el producto V.I. (potencia aparente).

Veamos algunos efectos de un bajo factor de potencia:

- Un bajo factor de potencia aumenta el costo de suministrar la potencia activa a la compañía de energía eléctrica, porque tiene que ser transmitida más corriente, y este costo más alto se le cobra directamente al consumidor industrial por medio de cláusulas del factor de potencia incluidas en las tarifas.
- Un bajo factor de potencia también causa sobrecarga en los generadores, transformadores y líneas de distribución dentro de la misma planta industrial, así como también las caídas de voltaje y pérdidas de potencia se tornan mayores de las que deberían ser. Todo esto representa pérdidas y desgaste en equipo industrial.

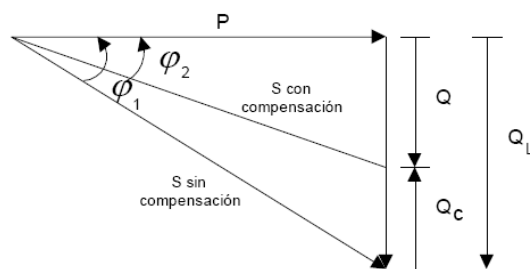
## COMPENSACIÓN EN REDES DE ALIMENTACIÓN

La demanda de potencia reactiva se puede reducir sencillamente colocando condensadores en paralelo a los consumidores de potencia inductiva  $Q_L$ .

Dependiendo de la potencia reactiva capacitiva  $Q_c$  de los condensadores se anula total o parcialmente la potencia reactiva inductiva tomada de la red. A este proceso se le denomina compensación.

La corriente en los conductores se reduce, por lo que se reducen las pérdidas en éstos. Así se ahorran los costos por consumo de potencia reactiva facturada por las centrales eléctricas.

Con la compensación se reducen la potencia reactiva y la intensidad de la corriente, quedando la potencia real constante, es decir, se mejora el factor de potencia.



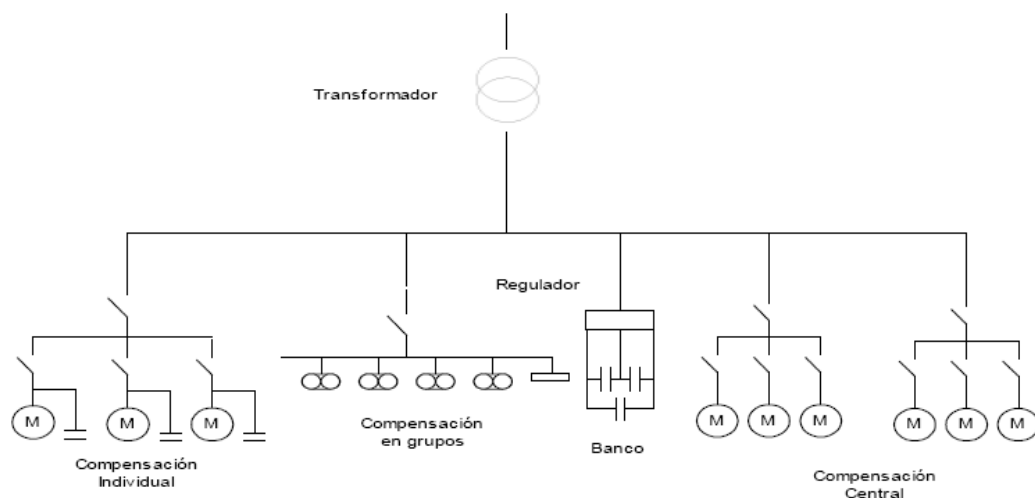
## TIPOS DE COMPENSACIÓN

Las inductancias se compensan con la conexión en paralelo de capacitancias, conocida como compensación en paralelo. Esta forma

de compensación es la más usual, especialmente en sistemas trifásicos.

Los tres tipos de compensación en paralelo más usados son:

- **Compensación Individual:** A cada consumidor inductivo se le asigna el condensador necesario. Este tipo es empleado ante todo para compensar consumidores grandes de trabajo continuo.
- **Compensación en Grupos:** Los grupos se conforman de varios consumidores de igual potencia e igual tiempo de trabajo y se compensan por medio un condensador común.
- **Compensación Central:** La potencia reactiva inductiva de varios consumidores de diferentes potencias y diferentes tiempos de trabajo es compensada por medio de un banco de condensadores. Una regulación automática compensa según las exigencias del momento.



## **BIBLIOGRAFÍA**

- Código Eléctrico Nacional (NEC) Edición 1996 (NFPA 70).
- Norma para la Seguridad Eléctrica en Lugares de Trabajo Edición 2004 (NFPA 70E).
- McGRAW - HILL, 2001, Soluciones Prácticas para la Puesta a Tierra de Sistemas Eléctricos de Distribución
- Luminotecnia Principios y Aplicaciones por: Equipo técnico de Flector y Fabrica Electrotecnia Losa.

## **OTRAS REFERENCIAS**

- Schneider Electric, Cuaderno Técnico 158, Calculo de Corrientes de Cortocircuito.
- Schneider Electric, Manual Electrotécnico, Telesquemario 1999.
- Schneider Electric, Cuaderno Técnico 073, Líneas y Cables.

- Instructivos para Pasta corta 1000. Línea de Pastas Fabrica Sumesa
- Normativa sobre ruido en áreas de trabajos.  
<http://www.mtas.es/insht/erga-pt/16-020retrata.htm>.
- Cálculo de instalaciones de alumbrado,  
<http://edison.upc.edu/curs/llum/exterior/ejvias.html>.