



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLÁN.**

**“PROYECTO DE LA INSTALACIÓN DE  
ALUMBRADO Y FUERZA PARA  
MÁQUINAS RECICLADORAS DE  
PLÁSTICO ”.**

**TRABAJO PROFESIONAL QUE PARA OBTENER  
EL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO  
ELECTRICISTA PRESENTA:**

**CIRO MATEOS MENDOZA.**

**ASESOR:**

**ING. MA. DE LA LUZ GONZÁLEZ QUIJANO**

**CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO DE MÉXICO 2008.**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
 UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
 DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: EVALUACION DEL INFORME  
 DEL DESEMPEÑO PROFESIONAL  
 FACULTAD DE ESTUDIOS  
 SUPERIORES CUAUTITLAN



DRA. SUEMI RODRIGUEZ ROMO  
 DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
 PRESENTE

DEPARTAMENTO DE  
 EVALUACIONES PROFESIONALES  
 ATN: L. A. ARACELI HERRERA HERNANDEZ  
 Jefe del Departamento de Exámenes  
 Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 26 del Reglamento General de Exámenes y el art. 66 del Reglamento de Exámenes Profesionales de FESC, nos permitimos comunicar a usted que revisamos EL TRABAJO PROFESIONAL:

"Proyecto de la instalación de alumbrado y fuerza para máquinas recicladoras de plástico".

que presenta el pasante: Ciro Mateos Mendoza  
 con número de cuenta: 9757418-7 para obtener el título de:  
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios, otorgamos nuestra ACEPTACION

ATENTAMENTE  
 "POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
 Cuautitlán Izcalli, Méx. a 09 de noviembre de 2007.

PRESIDENTE	<u>M.I. Benjamín Contreras Santacruz</u>	
VOCAL	<u>Ing. María de la Luz González Q.</u>	
SECRETARIO	<u>Ing. Oscar Cervantes Torres</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. José Gustavo Orozco Hdez.</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Diana Fabiola Arce Zaragoza</u>	

## **AGRADECIMIENTOS:**

### **A Dios:**

Por haberme dado la maravillosa oportunidad de vivir y estar sano todo este tiempo para poder concluir mis estudios; por iluminar mi camino aún en los momentos más difíciles y por todas las bendiciones recibidas en toda una vida.

### **A mis padres :**

Ciro Mateos Castillo  
Y  
Felipa Mendoza Ibarra

Por todo el apoyo que me han brindado todos estos años, por tantos desvelos y sacrificios que incondicionalmente entregaron para formarme como un hombre de bien al indicarme el camino correcto y por haberme impulsado siempre y desde un principio con mi sueño de ser ingeniero. Gracias por todo se los dice sinceramente su hijo del cual espero se sientan siempre orgullosos.

### **A mis hermanas:**

Por toda una vida compartiendo todo juntos, incluso los tragos amargos por los que todos hemos pasado, y por su apoyo cuando más falta me ha hecho.

### **A Mariana y a mi pequeño Ramses.**

Por haberme mostrado tantas cosas antes para mí desconocidas, con ustedes aprendí a renunciar a mi propio egoísmo, a pensar en alguien antes que en mí. Por representar una motivación extra y todavía más fuerte para siempre seguir adelante, ser mejor cada día y luchar con más coraje por mis más anhelados sueños.

### **Gracias a la Universidad Nacional Autónoma de México:**

Por haberme dado la oportunidad, el honor y el privilegio de formarme como ingeniero en sus aulas, instalaciones e instituciones, logrando con esto uno de mis más grandes anhelos.

### **Gracias muy en especial a la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Campo 4:**

Por haberme formado en sus aulas día con día, afectuosamente a mis compañeros, a todos y cada uno de mis profesores sin los cuáles no habría sido posible este logro, especialmente a mi asesora Ing. Ma. De la Luz González Quijano, por todos sus consejos y aportaciones tanto en las horas de clase como en todo el proceso de titulación.

## **INDICE :**

### ***1.- ANTECEDENTES.***

1.1	Historia de la empresa .....	01
1.2	Construcción de la empresa .....	02
1.3	Capacidad instalada .....	02
1.4	Equipos .....	03
1.5	Distribución de equipos .....	03

### ***2.- DESEMPEÑO PROFESIONAL.***

2.1	Departamento .....	03
2.2	Descripción del puesto .....	03
2.3	Responsabilidad .....	05
2.4	Proyecto .....	05
2.5	Diseño .....	06

### ***3.- ANÁLISIS.***

3.1	Definición de la problemática de la empresa .....	07
3.2	Recopilación de datos .....	07
3.3	Definición de metas .....	07
3.4	Medición de las características eléctricas .....	08
3.5	Análisis de los parámetros determinantes .....	09
3.6	Desarrollo del proyecto .....	09
3.7	Cálculos .....	10

3.7.1	Cálculo de conductores .....	11
3.7.2	Cálculo de interruptores .....	18
3.7.3	Cálculo de sistema de tierras .....	26
3.7.4	Cálculo de potencias .....	31
3.7.5	Cálculo de alumbrado .....	43
3.8	Determinación de necesidades .....	50

#### ***4.- DIAGNÓSTICO***

4.1	Implementación y montaje .....	50
4.2	Funcionamiento .....	51
4.3	Pruebas .....	51
4.4	Capacitación .....	52
4.5	Control de los cambios si los hubo .....	52
4.6	Control y seguimiento .....	53

#### ***5.- RESULTADOS***

5.1	Resultados obtenidos .....	54
5.2	Cierre del proyecto .....	54
5.3	Planes implementados .....	54
5.4	Conclusiones .....	55

BIBLIOGRAFIA .....	56
--------------------	----

## **1.- ANTECEDENTES.**

La creciente cantidad en aplicaciones de materiales plásticos en diversos sectores, permitió un gradual desplazamiento en la utilización de metales, vidrio, cerámica, porcelana etc.

Dicho cambio ha sido posible gracias al estudio de las características que ofrecen los polímeros, algunos de forma individual y en otros casos con la combinación de dos o más; entre las características más importantes se pueden citar componentes de alta dureza, menor peso y bajo costo respecto a sus equivalentes fabricados en metal.

La industria alimenticia no fue la excepción, por lo que se empezaron a fabricar utensilios de plástico para diversos usos empleando en el caso de la empresa Plásticos W los polímeros: poliestireno y polipropileno principalmente en la elaboración de cucharas, cuchillos, tenedores, platos, palillos, popotes entre otros productos; teniendo la particularidad de ser producidos a gran volumen en tiempos relativamente cortos.

Con esto se logró ocupar un lugar importante en el mercado nacional en la fabricación, distribución e incluso en la maquila de productos para otras empresas logrando posteriormente exportar tales productos .

### **1.1 HISTORIA DE LA EMPRESA.**

La empresa Plásticos W S.A. de C.V. surge hace 30 años cuando su dueño inicia una pequeña maquiladora, la cuál contaba con tan sólo una máquina inyectora de plástico de fabricación brasileña.



Al día de hoy ésta empresa cuenta con cerca de noventa máquinas entre inyectoras, envolvedoras, extrusoras, peletizadoras y molinos. Algunas de estas máquinas han sido fabricadas en la misma empresa, pero la mayoría son de fabricación italiana.

La empresa se ubica en el municipio de Atizapán de Zaragoza, en la avenida Estado de México No. 3; está conformada por ocho naves industriales y tres construcciones adicionales para oficinas, además de tres bodegas.

## **1.2 CONSTRUCCIÓN DE LA EMPRESA (PET-ALL).**

Por expansión de instalaciones, aunado a una orden emitida por parte de la SEMARNAP la cuál dice que toda aquella empresa que produce artículos desechables, literalmente está vertiendo basura al medio ambiente, por lo que está obligada a reciclar el 15% del total de su producción.

Ante este decreto surge la necesidad de construir una planta recicladora , la cuál será otra empresa llamada PET-ALL donde su **proyecto eléctrico de fuerza y alumbrado son el tema del presente trabajo**, orientado a la descripción, instalación, cálculo y análisis de los sistemas eléctricos que conforman a esta nueva empresa.

El proyecto inicia desde la acometida de LYF y termina con el sistema de alumbrado, pasando por maquinaria y equipo que integra el proceso.

## **1.3 CAPACIDAD INSTALADA.**

La acometida de LYF es de 23 KV, el trasformador de

alimentación es de una capacidad de 1000 KVA 2300/440; se tiene una estimación inicial de uso de carga del 85% de la capacidad del transformador , es decir aproximadamente 850 KVA, esto con la finalidad de contar con cierto margen para un posible aumento en la demanda de carga.

#### **1.4 EQUIPOS.**

Se instaló una subestación tipo poste, un tablero de distribución con un relevador de 3000 A, un Centro de Control de Motores marca SIEMENS, lavadoras, secadoras, molinos, peletizadoras y un sistema de bombeo y recirculación.

#### **1.5 DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS.**

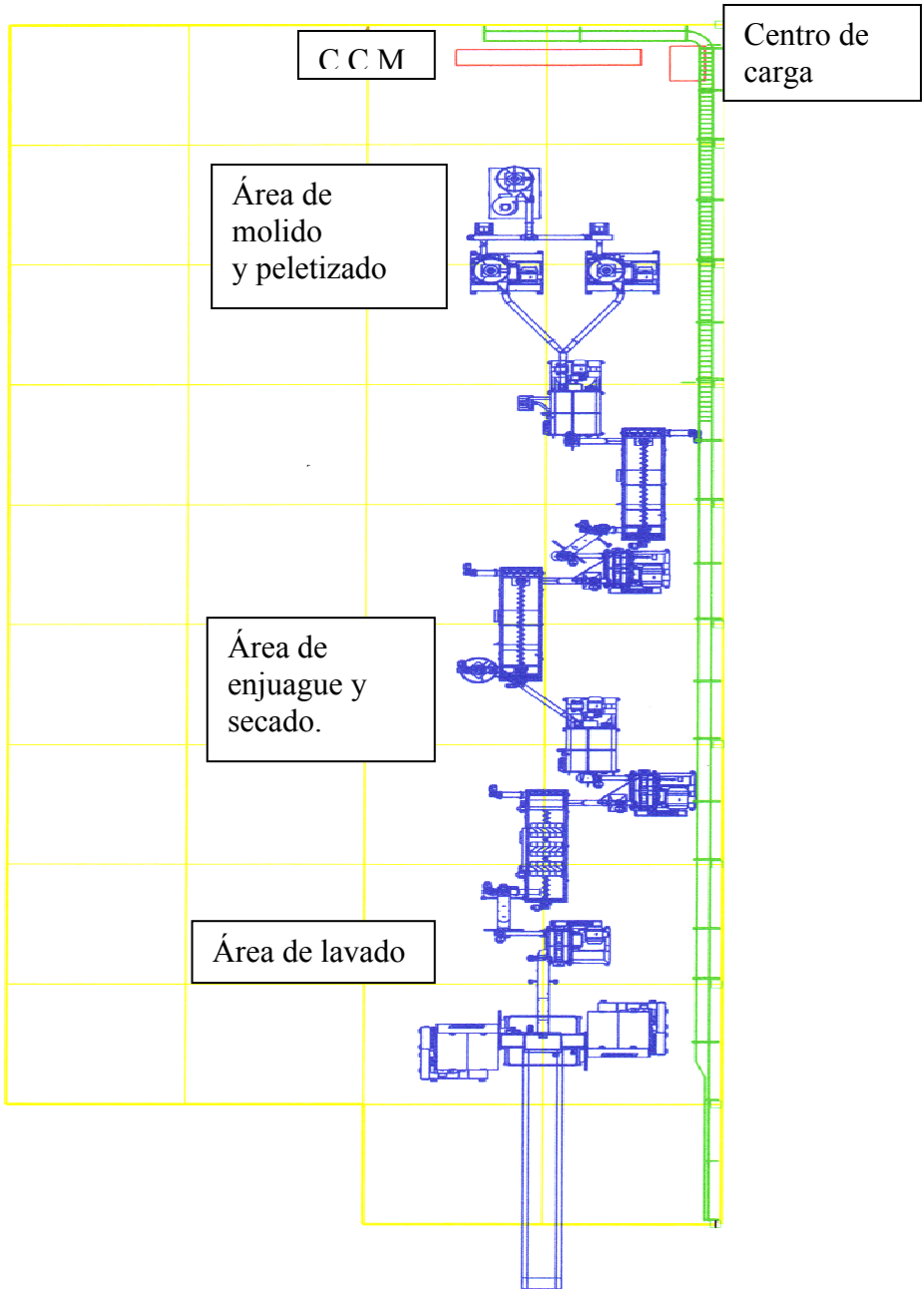
Los equipos se encuentran distribuidos en una nave de 20x25 metros como se muestra en la siguiente página: (lay-out)

### **2.- DESEMPEÑO PROFESIONAL.**

**2.1 DEPARTAMENTO:** *Mantenimiento eléctrico e instalaciones.*

#### **2.2 DESCRIPCIÓN DEL PUESTO.**

El ingeniero de mantenimiento eléctrico se encarga de instalar, en algunos casos reparar, monitorear, supervisar y capacitar todo lo relacionado a equipo eléctrico y sistemas que dependen de éste desde la subestación , cableado, maquinaria, alumbrado y equipo.



### **2.3 RESPONSABILIDAD.**

Es responsabilidad del ingeniero de mantenimiento eléctrico la correcta instalación y funcionamiento del equipo y maquinaria, la oportuna intervención en sucesos anómalos en la planta relacionados con los sistemas eléctricos, tales como apagones, corto-circuitos, averías en el equipo por el uso del mismo etc. Así como la capacitación en el uso de equipos nuevos en el proceso productivo.

La supervisión de que los equipos sean utilizados en forma correcta, segura y de acuerdo con las especificaciones del fabricante, esto con la finalidad de tener una vida útil mayor en los equipos y una considerable reducción de la posibilidad de un accidente

### **2.4 PROYECTO.**

El proyecto consta de tres etapas principales: la primera comprende la construcción e instalación de una subestación tipo poste con dos postes, cableado subterráneo de la subestación hasta el tablero de distribución, la conexión del mismo y la instalación del sistema de tierras físicas.

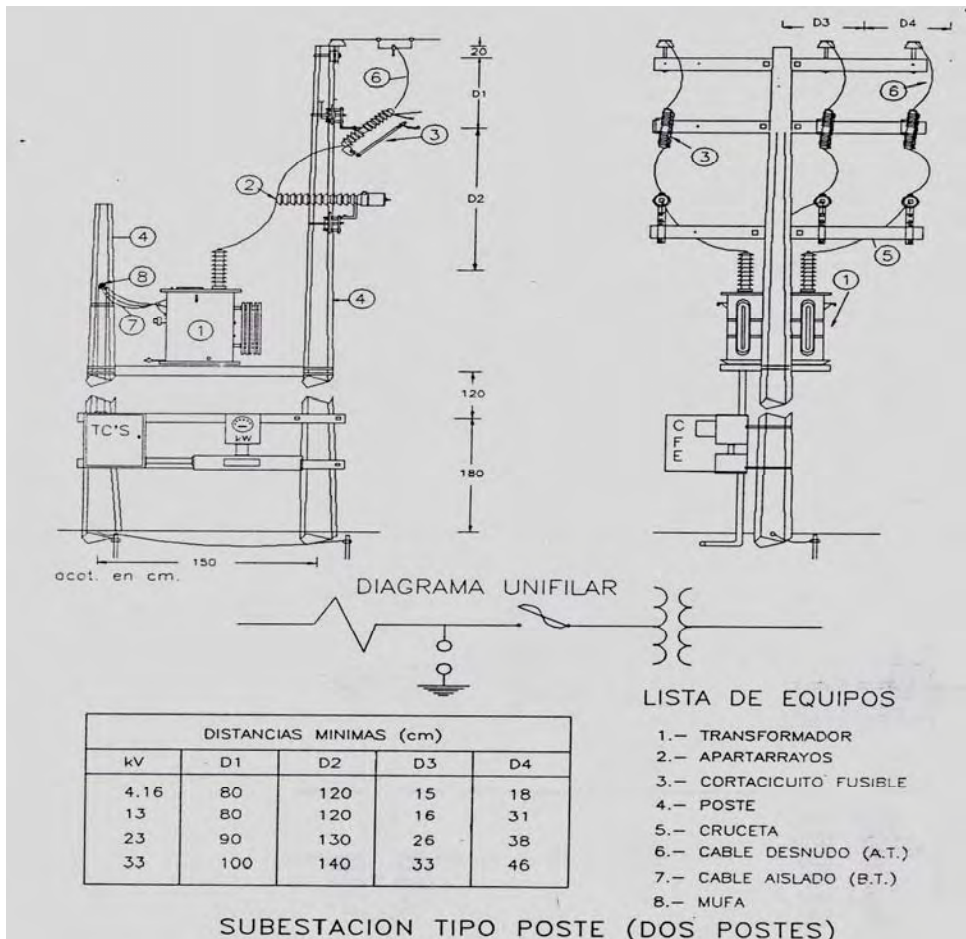
La segunda etapa abarca el cableado a partir del tablero de distribución a lo largo de toda la nave, previo montaje de las estructuras de soporte y canalizaciones adecuadas, así como el montaje de interruptores y conexión tanto de equipo de control como la alimentación a las máquinas, a través de bajadas independientes entre sí.

Finalmente la tercera etapa comprende la instalación del sistema de alumbrado, los últimos detalles de la conexión del

equipo y el arranque de todo el proceso, momento en el que inicia un programa de monitoreo, a manera de mantenimiento preventivo en todos los sectores de la planta.

## 2.5 DISEÑO.

Subestación tipo poste de 1000 KVA: (Tipo dos postes)



Esquema y diagrama unifilar:

### **3.- ANÁLISIS.**

#### **3.1 DEFINICIÓN DE LA PROBLEMÁTICA DE LA EMPRESA.**

El problema principal de este proyecto surge a partir de la adquisición de un sistema completo de reciclaje, por que es necesario calcular, acondicionar e instalar todos los aditamentos eléctricos requeridos tanto de fuerza como de alumbrado para poder arrancar el proceso completamente

#### **3.2 RECOPIACIÓN DE DATOS.**

Con respecto al sistema eléctrico, se procedió a recopilar los datos de placa del equipo que lo conforman tales como motores, luminarias, bombas , transformadores , tablas de datos de conductores, fusibles, relevadores, especificaciones técnicas de algunos componentes tales como la solución GEM empleada en el sistema de tierras

#### **3.3 DEFINICIÓN DE METAS.**

Una de las metas principales por lograr, con respecto al proyecto eléctrico es la de completar la instalación, implementación , pruebas y arranque de todos las sistemas en un lapso no mayor a tres meses.

Para esto se requiere preparar todos los elementos auxiliares, no sólo los equipos a instalar, tales como estructuras de soporte, preparación de ductos, canales, tuberías, registros etc. Dichos elementos debieron quedar listos previamente para iniciar los trabajos de cableado, conexión, instalación y configuración de las etapas que conforman el sistema eléctrico del proyecto.

En cuanto a las metas de la planta ya en funcionamiento, la

más importante es la de proporcionar materia prima sobre todo para el área de termo formado.

### **3.4 MEDICIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DEL PROYECTO.**

En algunos casos fue necesario realizar mediciones físicas con algunos aparatos, tal fue el caso de las *mediciones realizadas para implementar el sistema de tierras*, en donde se partió de un punto en común para realizar el arreglo (una varilla Coperweld de 3/8 pulgada de diámetro por tres metros de longitud clavada en el suelo casi en su totalidad, tomada como punto de referencia.

Posteriormente se clavaron otras varillas a distintas distancias y se fueron conectando, induciendo un voltaje de 24 volts de corriente directa, con ayuda de un amperímetro se midió la intensidad de la corriente y se llevó un registro de las mediciones efectuadas; en donde usando los datos obtenidos de voltaje e intensidad de corriente, por ley de ohm se determina el valor de las resistencias para realizar el arreglo y definir de cuántos electrodos va a constar dicho arreglo, de tal forma que se cumpla con las especificaciones de la norma que dice que para empresas de este giro de transformación de productos plásticos, el valor de la resistencia total del arreglo, debe estar por debajo de los 10 ohms.

Por lo que al realizar las mediciones, encontramos un valor casi constante de 60 ohm/metro con lo que se concluyó en implementar un anillo con diez electrodos, los cuales al estar interconectados entre sí (resistencias en paralelo) teóricamente se obtendría un valor de resistencia total del arreglo de aproximadamente seis ohm, pero como se combinó con una preparación salina, el valor medido al finalizar los trabajos con el sistema de tierras fue de menos de un ohm, por lo que se cumple de forma sobrada con lo requerimientos de la norma.

### **3.5 ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DETERMINANTES.**

Los primeros parámetros analizados fueron los que cada dispositivo traía en su placa de datos, tales como corriente de operación, voltaje de alimentación, tipo de conexión tanto para alto como para bajo voltaje, potencia de cada parte del proceso, etc. Todo esto con el fin de poder seleccionar otros datos tales como calibre de los conductores a conectar, selección de los sistemas de protección, en algunos casos y dependiendo de la capacidad de los motores, de los sistemas de arranque, el factor de potencia con el que operan según su placa de datos y la posterior corrección del mismo seleccionando el banco de capacitores adecuado, previo cálculo.

### **3.6 DESARROLLO DEL PROYECTO.**

Como se mencionó anteriormente, el proyecto consta de tres etapas; la primera de ellas abarca desde la acometida hasta el tablero de distribución (centro de carga) de la fuerza.

El desarrollo de dicha etapa fue de la siguiente manera: Primero se construyó la subestación tipo poste, comenzando por las excavaciones para colocar dos postes, posteriormente se fijó una plataforma metálica (rejilla Irving) con lo que una vez terminado se procedió a colocar el transformador, se fijaron los herrajes que van de la acometida a las boquillas del lado de alta tensión (aisladores, portafusibles, cortacircuitos, apartarrayos y crucetas).

Además de cable tipo XLP para la conexión del apartarrayos a las boquillas de alta.

Al mismo tiempo se construyeron los registros y se colocó el tubo para la acometida subterránea, se colocó la mufa con su correspondiente bajada para los módulos de medición (Tc's y Tp's de L. y F.), y se colocó la bajada de tubo para los conductores de las boquillas del lado de baja hacia el centro de carga de fuerza localizado ya en el interior de la nave.



Finalmente se procedió a cablear desde las boquillas de baja hasta el centro de carga por acometida de tipo subterránea y se hizo la conexión correspondiente tanto de las boquillas como del centro de carga de las tres fases y el neutro.

La segunda etapa abarca desde el centro de carga hasta el sistema de bombas, localizado en la parte posterior de la nave.

Primeramente se colocaron estructuras de soporte para las canalizaciones, se ranuró el piso para colocar tubería de tubo conduit de media pulgada, una pulgada, y 2 pulgadas de diámetro respectivamente. Después se procedió a colocar las canalizaciones, en este caso se trata de charola de aluminio de 18 pulgadas de ancho y tramos de tres metros de longitud, se colocó la charola, la tubería, los gabinetes para interruptores y arrancadores.

Por último se procedió a cablear: alimentación principal, bajadas individuales por máquina y sistemas de control; las especificaciones de los distintos tipos de conductores aparecen en el capítulo de cálculos y en el anexo de tablas de conductores.

La tercera y última etapa del proyecto comprende el alumbrado, iniciando por la colocación de tubería conduit de  $\frac{3}{4}$  de diámetro; posteriormente se colocaron los gabinetes, se fijaron, se instalaron los tubos fluorescentes y finalmente se cablearon los gabinetes hasta sus correspondientes interruptores termomagnéticos (pastillas).

Posterior a las tres etapas se instaló el sistema de tierras por las mediciones y pruebas que implicaba esta parte del sistema eléctrico con lo que se finalizó la instalación completa, previa a la conexión de la alimentación por parte de LYF.

### **3.7 CÁLCULOS.**

Los cálculos realizados de este proyecto son conductores,

interruptores, banco de capacitores para corrección de factor de potencia, consumo de potencia real, reactiva y aparente de la planta, cálculo de la corriente de corto-circuito, sistema de tierras y cálculo del sistema de alumbrado interior por el método de Lúmen.

Para iniciar se muestran a continuación en las tablas #1, #2 y #3 los principales datos de los motores que conforman el sistema eléctrico de la planta, todos recolectados de las correspondientes placas de datos, ***clasificados por sus respectivas potencias en motores pequeños, medianos y grandes, distribuidos de esta forma en los tres alimentadores principales que vienen del centro de carga.***

Esta misma distribución se toma en cuenta para los cálculos posteriores mostrados, y se tomaron los resultados obtenidos para completar los datos faltantes de los motores.

### **3.7.1 CÁLCULO DE CONDUCTORES.**

Nota: En el caso de los motores de 5 HP, 3 HP, 2HP, 1HP y 0.75 HP (motores pequeños de la tabla #1) al formar parte del funcionamiento interno de las máquinas, ya traían su conexión interna, por lo que no fue necesario calcular sus respectivos conductores, en esos casos, las máquinas traían solamente un tomacorriente de 220 V.

#### **A1 MOTORES PEQUEÑOS**

Numero de motor	Potencia [HP]	Potencia [KW]	Intensidad de corriente[Amperes]	Factor de potencia [f.p.]
1	1	0.746	1.36	0.72
2	10	7.46	10.87	0.9
3	10	7.46	10.87	0.9
4	10	7.46	10.87	0.9
5	60	44.76	66	0.89
6	60	44.76	66	0.89
7	1.5	1.12	1.79	0.82

8	50	37.3	56.91	0.86
9	0.75	0.56	0.93	0.79
10	1	0.746	1.36	0.72
11	2	1.492	2.36	0.83
12	2	1.492	2.36	0.83
13	2	1.492	2.36	0.83
14	1.5	1.12	1.79	0.82
15	2	1.492	2.36	0.83
16	2	1.492	2.36	0.83
17	1	0.746	1.36	0.72
18	2	1.492	2.36	0.83
19	1.5	1.12	1.79	0.82
20	1.5	1.12	1.79	0.82
21	1	0.746	1.36	0.72
22	3	2.238	3.54	0.81
23	1.5	1.12	1.79	0.82
24	0.75	0.56	0.93	0.79
25	50	37.3	56.91	0.86
26	1	0.746	1.36	0.72
27	2	1.492	2.36	0.83
28	2	1.492	2.36	0.83
29	2	1.492	2.36	0.83
30	1.5	1.12	1.79	0.82
31	1	0.746	1.36	0.72
32	1	0.746	1.36	0.72
33	0.75	0.56	0.93	0.79
34	2	1.492	2.36	0.83
35	60	44.76	66	0.89
36	1.5	1.12	1.79	0.82
37	1	0.746	1.36	0.72
38	1.5	1.12	1.79	0.82
39	1.5	1.12	1.79	0.82
40	1.5	1.12	1.79	0.82
41	1.5	1.12	1.79	0.82
42	2	1.492	2.36	0.83
43	1.5	1.12	1.79	0.82
44	40	29.84	46.6	0.85
45	7.37	5.5	9.0	0.80
46	3	2.238	3.54	0.81

47	3	2.238	3.54	0.81
48	3	2.238	3.54	0.81
49	2	1.492	2.36	0.83
50	1.5	1.12	1.79	0.82
51	2	1.492	2.36	0.83
52	2	1.492	2.36	0.83
53	2	1.492	2.36	0.83
64	5	3.73	5.83	0.84
55	15	11.2	16.89	0.87
56	16	11.936	18.0	0.87
TOTALES	635.12	294.786	449.03	
:				

**Tabla #1**

**ALIMENTADOR A2 (MOTORES GRANDES).**

Para el cálculo de los conductores, se tomó en cuenta una fórmula, a partir de datos determinados como la caída de voltaje (%e), y una longitud total de la línea considerando dicha caída de voltaje (L = 100m) y Vn= 440 Volt. Y el valor de corriente nominal de consumo, depende de sus respectivos valores nominales de placa.

**A2 MOTORES GRANDES**

Número de motor	Potencia [HP]	Potencia [KW]	Intensidad de corriente [Amperes]	Factor de potencia [f.p].
1	125	93.25	145.665	0.84
2	150	111.9	168.77	0.87
3	150	111.9	168.77	0.87
TOTALES	425	317.05	483.205	

**Tabla #2**

Con estos datos, calculamos la sección transversal del conductor en mm<sup>2</sup> y recurriendo a las tablas de conductores

(incluidas en el anexo), se toma el valor inmediato superior de las secciones transversales encontradas en las tablas, respecto a las calculadas y con esto se determina el calibre de conductor más adecuado para cada motor, en función de su potencia.

Se tiene que:

$$S_c = \frac{L * 2 * I}{V_n (\%e)}$$

Donde:

$S_c$  = Sección transversal [mm<sup>2</sup>]

$L$  = Longitud del cableado [ m]

$I$  = Corriente nominal de operación [A]

$V_n$  = Voltaje entre líneas [440 V]

$\%e$  = Caída de tensión (expresada en porcentaje por cada 100m)  
[2%]

Motor 10 HP,  $I = 10.87$  A;  $V = 440$  Volts ;  $\%e = 2$

$$S_c = \frac{(100 \text{ m}) (2) (10.87 \text{ A})}{(440 \text{ V}) (2)} = 2.47 \text{ mm}^2$$

De tablas:(Tablas de conductores en la sección de anexos pág. )

Calibre 14 → 2.08 mm<sup>2</sup>

Calibre 12 → 3.31 mm<sup>2</sup>

Por margen de seguridad elegimos el calibre 12.

Motor 50 HP,  $I = 56.19$  A;  $V = 440$  Volts ;  $\%e = 2$

$$S_c = \frac{(100 \text{ m}) (2) (56.19 \text{ A})}{(440 \text{ V}) (2)} = 12.77 \text{ mm}^2$$

De tablas:

Calibre 6 → 13.30 mm<sup>2</sup>

Calibre 4 → 21.15 mm<sup>2</sup>

Por margen de seguridad elegimos el calibre 4.

Motor 60 HP, I = 66 A; V= 440 Volts ; %e = 2

$$S_c = \frac{(100 \text{ m}) (2) (66 \text{ A})}{(440 \text{ V}) (2)} = 15 \text{ mm}^2$$

De tablas:

Calibre 4 → 21.15 mm<sup>2</sup>

Calibre 2 → 33.7 mm<sup>2</sup>

Por margen de seguridad elegimos el calibre 2.

Motor 125 HP, I = 145.66 5A; V= 440 Volts ; %e = 2

$$S_c = \frac{(100 \text{ m}) (2) (145.665 \text{ A})}{(440 \text{ V}) (2)} = 33.1 \text{ mm}^2$$

De tablas:

Calibre 3/0 → 85.4 mm<sup>2</sup>

Calibre 2/0 → 67.4 mm<sup>2</sup>

\*\* En este caso, el margen de seguridad pareciera muy sobrado en cuanto a la sección transversal (más del doble) pero en cuanto a la corriente, el calibre 2/0 soporta 175 A y el

3/0 soporta 200A por lo que elegimos el calibre 3/0

Motor 150 HP, I = 168.77 A; V= 440 Volts ; %e = 2

$$S_c = \frac{(100 \text{ m}) (2) (168.77 \text{ A})}{(440 \text{ V}) (2)} = 38.356 \text{ mm}^2$$

De tablas:

Calibre 3/0 → 85.4 mm<sup>2</sup>

Calibre 2/0 → 67.4 mm<sup>2</sup>

Como en el caso anterior el margen de seguridad pareciera muy sobrado en cuanto a la sección transversal (mas del doble) pero en cuanto a la corriente, el calibre 175 A y el 3/0 soporta 200A por lo que elegimos el calibre 3/0.

### ALIMENTADOR A3 SISTEMA DE BOMBAS

Numero de motor	Potencia [HP]	Potencia [KW]	Intensidad de corriente[Amperes]	Factor de potencia [f.p.]
1	10	7.46	22	0.89
2	10	7.46	22	0.89
3	10	7.46	22	0.89
4	10	7.46	22	0.89
5	15	11.19	32.63	0.90
6	15	11.19	32.63	0.90
7	1	0.746	2.18	0.90
8	1	0.746	2.18	0.90
9	1	0.746	2.18	0.90
10	1	0.746	2.18	0.90
11	1	0.746	2.18	0.90
12	2	1.492	4.35	0.90
13	2	1.492	4.35	0.90
<b>TOTALES</b>	79	58.934	172.86	

**Tabla #3**

Motor 10 HP, I = 22 A; V = 220 Volts ; %e = 2

$$S_c = \frac{(100 \text{ m}) (2) (22 \text{ A})}{(220 \text{ V}) (2)} = 10 \text{ mm}^2$$

De tablas:

$$\begin{aligned} \text{Calibre 10} &\rightarrow 5.26 \text{ mm}^2 \\ \text{Calibre 8} &\rightarrow 8.37 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

En este caso, el calibre 10 soporta 30A, por lo que se eligió el calibre 8 por margen de seguridad, ya que soporta 45A (en tubo conduit).

Motor 15 HP,  $I = 32.63 \text{ A}$ ;  $V = 220 \text{ Volts}$ ;  $\%e = 2$

$$S_c = \frac{(100 \text{ m}) (2) (32.63 \text{ A})}{(220 \text{ V}) (2)} = 14.83 \text{ mm}^2$$

De tablas:

$$\begin{aligned} \text{Calibre 10} &\rightarrow 5.26 \text{ mm}^2 \\ \text{Calibre 8} &\rightarrow 8.37 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Como en el caso anterior, el calibre 10 soporta 30A, por lo que se eligió el calibre 8 por margen de seguridad, ya que soporta 45A (en tubo conduit).

Motor 2 HP,  $I = 4.35 \text{ A}$ ;  $V = 220 \text{ Volts}$ ;  $\%e = 2$

$$S_c = \frac{(100 \text{ m}) (2) (4.35 \text{ A})}{(220 \text{ V}) (2)} = 2 \text{ mm}^2$$

De tablas:

$$\begin{aligned} \text{Calibre 18} &\rightarrow \text{soporta } 5 \text{ Amp.} \\ \text{Calibre 16} &\rightarrow \text{soporta } 8 \text{ Amp.} \end{aligned}$$



En este caso, el calibre 18 soporta 5A, por lo que se eligió el calibre 16 por margen de seguridad, ya que soporta 8A (en tubo conduit).

Motor 1 HP,  $I = 2.17 \text{ A}$ ;  $V = 220 \text{ Volts}$ ;  $\%e = 2$

$$S_c = \frac{(100 \text{ m}) (2) (2.17 \text{ A})}{(220 \text{ V}) (2)} = 0.986 \text{ mm}^2$$

De tablas:

Calibre 18  $\rightarrow$  soporta 5 Amp.

En este caso, el calibre 18 soporta 5A, por lo que se eligió este calibre por margen de seguridad.

### **3.7.2 CÁLCULO DE INTERRUPTORES.**

#### **ALIMENTADOR A<sub>1</sub> (MOTORES GRANDES)**

De la tabla #2 (Página 14): Se tiene un valor de corriente total consumida de 483.205 Amperes.

Por norma un interruptor adecuado debe ser del 125% del valor de corriente total de la carga; por lo que se tiene:

$$(483.205)(1.25) = 604.006 \text{ Amperes.}$$

Por lo que se eligió un interruptor de 600 Amperes. (Alimentador A<sub>1</sub>).

Adicionalmente, se colocó un interruptor individual para estos motores, en función de su corriente nominal de trabajo.

De la tabla #2:

$$M_{(1)} : [125 \text{ HP}] = 93.25 \text{ KW, } 440\text{V; } f_p = 0.84$$

$$125 \text{ HP } \frac{(0.746 \text{ KW})}{1 \text{ HP}} = 95.25 \text{ KW}$$

De la fórmula de potencia trifásica:

$$P_{3\phi} = (\sqrt{3}) * V * I * \text{fp} \quad [\text{KW}]$$

Despejamos la corriente (I):

$$I = \frac{P_{3\phi} \quad [\text{KW}]}{(\sqrt{3}) * V * \text{fp}}$$

Sustituyendo:

$$I = \frac{93.25.19 \quad [\text{KW}]}{(\sqrt{3}) * 0.44 \text{ KV} * 0.84} = 145.665 \text{ Amperes.}$$

Por norma un interruptor adecuado debe ser del 125% del valor de corriente total de la carga; por lo que se tiene:

$$(145.665) (1.25) = 182.08 \text{ Amperes.}$$

Con este valor de corriente de operación se recomienda el uso de un interruptor termomagnético de 200 Amperes.

$$M_{(2,3)} : [150 \text{ HP}] = 111.9 \text{ KW, } 440\text{V; fp} = 0.87$$

$$150 \text{ HP } \frac{(0.746 \text{ KW})}{1 \text{ HP}} = 111.9 \text{ KW}$$

De la fórmula de potencia trifásica:

$$P_{3\phi} = (\sqrt{3}) * V * I * \text{fp} \quad [\text{KW}]$$

20

Despejamos la corriente (I):

$$I = \frac{P_{3\phi} \quad [\text{KW}]}{(\sqrt{3}) * V * \text{fp}}$$

19

Sustituyendo:

$$I = \frac{111.9 \text{ [KW]}}{(\sqrt{3}) * 0.44 \text{ KV} * 0.87} = 168.77 \text{ Amperes.}$$

Por norma un interruptor adecuado debe ser del 125% del valor de corriente total de la carga; por lo que se tiene:

$$(168.77)(1.25) = 210.962 \text{ Amperes.}$$

Con este valor de corriente de operación se recomienda el uso de un interruptor termomagnético de 225 Amperes.

### ALIMENTADOR A<sub>3</sub> (SISTEMA DE BOMBAS)

De la tabla #3 (Página 17): Se tiene un valor de corriente total consumida de 172.86 Amp.

Por norma, un interruptor adecuado debe ser del 125% del valor de corriente total de la carga; por lo que se tiene:

$$(172.86)(1.25) = 216.075 \text{ Amp.}$$

Por lo que se eligió un interruptor de 250 Amperes. (Alimentador A<sub>3</sub>) como interruptor principal del sistema de bombas, pero para la protección individual de cada motor, primeramente es necesario calcular su corriente, para determinar el interruptor más adecuado, y como una protección adicional, el sistema de control acciona una serie

de contactores calibrados para un determinado valor de sobre corriente y/o sobrevoltaje.

De la tabla #3 (Página 17).

$$M_{(5,6)} : [15 \text{ HP}] = 11.19 \text{ KW, } 220\text{V; } \text{fp} = 0.90$$

$$15 \text{ HP } \frac{(0.746 \text{ KW})}{1 \text{ HP}} = 11.19 \text{ KW}$$

De la fórmula de potencia trifásica:

$$P_{3\phi} = (\sqrt{3}) * V * I * \text{fp} \quad [\text{KW}]$$

Despejamos la corriente (I):

$$I = \frac{P_{3\phi} \text{ [KW]}}{(\sqrt{3}) * V * \text{fp}}$$

Sustituyendo:

$$I = \frac{11.19 \text{ [KW]}}{(\sqrt{3}) * 0.22 \text{ KV} * 0.90} = 32.63 \text{ Amperes.}$$

Por norma, un interruptor adecuado debe ser del 125% del valor de corriente total de la carga; por lo que se tiene:

$$(32.63)(1.25) = 40.787 = 41 \text{ Amperes.}$$

Con este valor de corriente de operación se recomienda el uso de un interruptor termomagnético (pastilla) de 50 Amperes.

$$M_{(1,2,3,4)} : [10 \text{ HP}] = 7.46 \text{ KW, } 220\text{V; fp} = 0.89$$

$$10 \text{ HP } \frac{(0.746 \text{ KW})}{1 \text{ HP}} = 7.46 \text{ KW}$$

De la fórmula de potencia trifásica:

$$P_{3\phi} = (\sqrt{3}) * V * I * \text{fp} \quad [\text{KW}]$$

Despejamos la corriente (I):

$$I = \frac{P_{3\phi} \text{ [KW]}}{(\sqrt{3}) * V * \text{fp}}$$

Sustituyendo:

$$I = \frac{7.46 \text{ [KW]}}{(\sqrt{3}) * 0.22 \text{ KV} * 0.89} = 21.997 = 22 \text{ Amperes.}$$

Por norma, un interruptor adecuado debe ser del 125% del valor de corriente total de la carga; por lo que se tiene:

$$(22)(1.25) = 27.5 \text{ Amperes.}$$

Con este valor de corriente de operación se recomienda el uso de un interruptor termomagnético (pastilla) de 30 Amperes.

$$M_{(12,13)} : [2 \text{ HP}] = 1.492 \text{ KW, } 220\text{V; fp} = 0.90$$

$$2 \text{ HP } \left( \frac{0.746 \text{ KW}}{1 \text{ HP}} \right) = 1.492 \text{ KW}$$

De la fórmula de potencia trifásica:

$$P_{3\phi} = (\sqrt{3}) * V * I * \text{fp} \quad \text{[KW]}$$

Despejamos la corriente (I):

$$I = \frac{P_{3\phi} \text{ [KW]}}{(\sqrt{3}) * V * \text{fp}}$$

Sustituyendo:

$$I = \frac{1.492 \text{ [KW]}}{(\sqrt{3}) * 0.22 \text{ KV} * 0.90} = 4.35 \text{ Amperes.}$$

Por norma, un interruptor adecuado debe ser del 125% del valor de corriente total de la carga; por lo que se tiene:

$$(4.35)(1.25) = 5.435 \text{ Amperes.}$$

Con este valor de corriente de operación se recomienda el uso de un interruptor termomagnético (pastilla) de 10 Amperes.

$$M_{(12,13)} : [1 \text{ HP}] = 0.746 \text{ KW, } 220\text{V}; \text{fp} = 0.90$$

De la fórmula de potencia trifásica:

$$P_{3\phi} = (\sqrt{3}) * V * I * \text{fp} \quad [\text{KW}]$$

Despejamos la corriente (I):

$$I = \frac{P_{3\phi} \text{ [KW]}}{(\sqrt{3}) * V * \text{fp}}$$

Sustituyendo:

$$I = \frac{0.746 \text{ [KW]}}{(\sqrt{3}) * 0.22 \text{ KV} * 0.90} = 2.35 \text{ Amperes.}$$

Por norma, un interruptor adecuado debe ser del 125% del valor de corriente total de la carga; por lo que se tiene:

$$(2.35)(1.25) = 2.93 = 3 \text{ Amperes.}$$

Con este valor de corriente de operación se recomienda el uso de un interruptor termomagnético (pastilla) de 5 Amperes.

En el caso del alimentador  $A_2$ , de la tabla #2 se tiene un valor de corriente total de 449.03 Amperes.

Por norma, un interruptor adecuado debe ser del 125% del valor de corriente total de la carga; por lo que se tiene:

$$(449.03)(1.25) = 561.287 \text{ Amperes.}$$

Por lo que se eligió un interruptor de 600 Amperes.

(Alimentador A<sub>2</sub>) como interruptor principal de alimentación para los motores pequeños, y colocó adicionalmente un interruptor termomagnético individual sólo para los motores de mayor potencia, es decir, para los motores de 40 HP, 50 HP y 60 HP.

$$M_{(51)} : [40 \text{ HP}] = 29.84 \text{ KW}, 440\text{V}; \text{fp} = 0.85$$

$$40 \text{ HP} \frac{(0.746 \text{ KW})}{1 \text{ HP}} = 29.84 \text{ KW}$$

De la fórmula de potencia trifásica:

$$P_{3\phi} = (\sqrt{3}) * V * I * \text{fp} \quad [\text{KW}]$$

Despejamos la corriente (I):

$$I = \frac{P_{3\phi} \quad [\text{KW}]}{(\sqrt{3}) * V * \text{fp}}$$

Sustituyendo:

$$I = \frac{29.84 \text{ [KW]}}{(\sqrt{3}) * 0.44 \text{ KV} * 0.85} = 46.06 \text{ Amperes.}$$

Por norma, un interruptor adecuado debe ser del 125% del valor de corriente total de la carga; por lo que se tiene:

$$(46.06)(1.25) = 57.575 \text{ Amperes.}$$

Con este valor de corriente de operación se recomienda el uso de un interruptor termomagnético (pastilla) de 75 Amperes.

$$M_{(8, 25)} : [50 \text{ HP}] = 37.3 \text{ KW}, 440\text{V}; \text{fp} = 0.86$$

$$50 \text{ HP} \frac{(0.746 \text{ KW})}{1 \text{ HP}} = 37.3 \text{ KW}$$

De la fórmula de potencia trifásica:

$$P_{3\phi} = (\sqrt{3}) * V * I * \text{fp} \quad [\text{KW}]$$

Despejamos la corriente (I):

$$I = \frac{P_{3\phi} \quad [\text{KW}]}{(\sqrt{3}) * V * \text{fp}}$$

Sustituyendo:

$$I = \frac{37.3 \text{ [KW]}}{(\sqrt{3}) * 0.44 \text{ KV} * 0.86} = 56.91 = 57 \text{ Amperes.}$$

Por norma, un interruptor adecuado debe ser del 125% del valor de corriente total de la carga; por lo que se tiene:

$$(57)(1.25) = 71.25 \text{ Amperes.}$$

Con este valor de corriente de operación se recomienda el uso de un interruptor termomagnético (pastilla) de 100 Amperes.

$$M_{(5-6,35)} : [60 \text{ HP}] = 44.76 \text{ KW, } 440\text{V; fp} = 0.89$$

$$60 \text{ HP} \frac{(0.746 \text{ KW})}{1 \text{ HP}} = 44.76 \text{ KW}$$

De la fórmula de potencia trifásica:

$$P_{3\phi} = (\sqrt{3}) * V * I * \text{fp} \quad [\text{KW}]$$

Despejamos la corriente (I):

$$I = \frac{P_{3\phi} \quad [\text{KW}]}{(\sqrt{3}) * V * \text{fp}}$$



Sustituyendo:

$$I = \frac{44.76 \text{ [KW]}}{(\sqrt{3}) * 0.44 \text{ KV} * 0.89} = 65.99 = 66 \text{ Amperes.}$$

Por norma, un interruptor adecuado debe ser del 125% del valor de corriente total de la carga; por lo que se tiene:

$$(66)(1.25) = 82.5 \text{ Amperes.}$$

Con este valor de corriente de operación se recomienda el uso de un interruptor termomagnético (pastilla) de 100 Amperes.

### **3.7.3 SISTEMA DE TIERRAS.**

Factores que intervienen en el sistema de tierras:

Se requiere considerar los factores básicos de diseño de sistema de tierras, que están determinados fundamentalmente por la capacidad de cortocircuito por falla a tierra y las características del terreno, estos y otros factores son:

- Corriente de falla.
- Resistividad del terreno.
- Tiempo de duración de la falla.
- Potencial de toque.
- Potencial de paso.

#### **Corriente de falla**

La corriente de falla a tierra del sistema es el punto de partida para establecer la magnitud de la corriente máxima que se conduce en caso de falla, a través de electrodos y la red de tierra .

## **Resistividad del terreno**

Se define como la resistencia al paso de la corriente que presenta un centímetro cúbico de suelo, medido entre dos caras opuestas. Es recomendable conocer su valor con mediciones directas de campo.

## **Resistencia total**

La dimensión y forma de las áreas de resistencia dependen de las dimensiones y profundidad a que estén enterrados los electros de tierra: En teoría es necesario una distancia infinita para obtener la verdadera resistencia total, en la práctica la distancia que se toma estará gobernada por la precisión que se pretenda.

<b>CAPACIDAD</b>	<b>RESISTENCIA A TIERRA</b>
<b>HASTA 1 500 kVA</b>	<b>15 OHMS</b>
<b>1 501 – 10 000 kVA</b>	<b>10 OHMS</b>
<b>10 001 kVA Y MAYORES</b>	<b>2 OHMS</b>

TABLA #4

Otros valores de referencia de la resistividad medida para distintos tipos de suelo se indican en la tabla #5.

TABLA #5 RESISTIVIDAD PROMEDIO DEL TERRENO.

<b>TIPO DE SUELO</b>	<b>RESISTIVIDAD EN OHMS-METRO</b>
Terreno húmedo o suelo orgánico	10 – 15
Terreno de cultivo arcilloso	50 - 100
Tierra arenosa húmeda	200
Tierra arenosa seca	1000
Tierra con guijarros y cemento	1000
Suelo rocoso	3000
Roca compacta	10 000

De requerirse valores más precisos, deberán obtenerse las mediciones en la áreas de interés, además de realizarlas en épocas de sequía, para obtener el más alto valor.

### **Tiempo de duración de la falla**

En la actualidad el uso de dispositivos rápidos de protección para la liberación de la falla, reduce la magnitud de las elevaciones de potencial a niveles seguros; se sugiere un tiempo de 0.5 segundos para la apertura de los interruptores.

### **Potencial de toque**

Se define como “el potencial máximo que experimenta una persona que se encuentre de pie dentro del área de la instalación y que, durante la ocurrencia de una falla a tierra, esté tocando con cualquier parte del cuerpo un elemento conductor directamente unido al sistema de tierras”.

El potencial de toque queda establecido por la diferencia de potencial máximo que existe en condiciones de falla, entre la red de tierra y un punto cualquiera sobre la superficie del suelo.

Esta diferencia de potencial se obtiene al comparar el potencial de la red con el potencial de la varilla.

$$E_{PR} = I_F R_F$$

Donde:

$E_{PR}$  = Elevación de potencial de la red.

$I_F$  = Corriente de falla a través de la red.

$R_F$  = Resistencia de la red.

***La implementación del sistema de tierras, se desarrolló en una forma teórico-práctica, es decir, algunos cálculos aunados a mediciones que se realizaron en el suelo a utilizar.***

Por principio de cuentas se pretendió hacer un arreglo en anillo, pero para determinar el número de electrodos a interconectar en dicho arreglo se partió por encontrar una distancia patrón, con las características propias del suelo.

Esto se hizo tomando un electrodo de referencia y a partir de éste se realizaron distintas mediciones variando la distancia 1 metro para observar el comportamiento de la resistencia en función de una variación de la distancia; se aplicó un voltaje de 24 volts de c.d. entre electrodos y se procedió a medir la corriente en cada caso, por ley de ohm teniendo voltaje y corriente, despejamos la resistencia obteniéndose los siguientes datos:

Distancia entre electrodos [m]	Voltaje de c.d. [volts]	Corriente [mA]	Resistencia entre electrodos [ohms]
7	24	399	60.15
6	24	465	51.61
5	24	57	42.1
4	24	760	31.57
3	24	854	28.1
2	24	945	25.39
1	24	1030	23.3

Por norma, para industrias de transformación el valor de resistencia total del sistemas de tierras debe ser menor o igual a 10 ohm, en industrias con atmósfera muy volátil ( por ejemplo las refinerías) menor o igual a 3 ohms y para las industrias de telecomunicaciones de 1 ohm.

Si se toma el valor más alto de resistencia entre los que se midieron (60 ohms), entonces se requieren 10 electrodos para tener una resistencia total del arreglo por debajo de los 10 ohms que indica la norma.

Esta conclusión aunque teórica fue el punto de partida para la implementación del sistema de tierras.

Se hizo una zanja de 30 cm. de ancho por 50 cm. de profundidad, en el fondo de la zanja se hizo un colado, pero no de cemento sino de solución GEM (Ground Enhancement Material) que es una solución salina, utilizada para favorecer la disipación radial de una descarga y no sólo lineal a lo largo del electrodo.

Una vez que secó se clavaron 10 varillas copperweld de 3 metros de largo y con dos metros de separación entre sí, se interconectaron los electrodos con cable desnudo calibre 3/0 (sin hacer cortes del conductor a lo largo de todo el arreglo), se utilizaron conectores de bronce tipo Burndy para la sujeción del conductor.

Posterior a la sujeción del conductor, se procedió a cubrir todo el conductor a lo largo del arreglo con la mezcla de solución GEM mojada, una vez que secó, se tapó con tierra toda la zanja.

Una vez que se terminó de cubrir la zanja, nuevamente se realizaron mediciones; cabe mencionar que todo el equipo de medición fue rentado a una empresa telefónica para procurar una calibración y lecturas óptimas.

Finalmente, se obtuvieron lecturas de 1.3 ohm, por lo que el procedimiento para la implementación, aunado a la aplicación de solución GEM nos dio un resultado más que satisfactorio, ya que se obtuvo un valor muy por debajo del que indica la norma para una empresa de este tipo.

A manera de comprobación, se determinó por fórmula el número de electrodos (varillas) necesarios para el sistema de tierras, tomando en cuenta los datos obtenidos de las mediciones realizadas.

Para calcular dicho número se tiene la siguiente fórmula:

$$n = \frac{\rho}{2\pi R_t L} \log \frac{2L}{a}$$

Donde:

$R_t$  = Resistencia de tierra.

$\rho$  = Resistividad promedio del terreno.

$n$  = número de electrodos de tierra.

$L$  = Longitud del electrodo.

$a$  = radio del electrodo.

Sustituyendo los datos:

$$n = \frac{100}{(2 \pi) (1.3) (3)} \log \frac{3}{0.016}.$$

$n = 9.27$  por lo tanto se confirma que para nuestro sistema de tierras, se requieren 10 varillas.

### **3.7.4 CÁLCULO DE POTENCIAS.**

El cálculo de potencias se hizo en base a las siguientes fórmulas, tomadas a partir del triángulo de potencias; con el propósito de calcular la potencia reactiva total, y en base a esta determinar el arreglo de capacitores necesario para corregir el factor de potencia y dejándolo con un valor de 0.9:

$$fp = \frac{KW}{KVA} \quad KVAR = \sqrt{(KVA)^2 - (KW)^2}$$

Donde:

$F_p = \cos \theta =$  factor de potencia

KW = Potencia real consumida [KW]

KVA = Potencia aparente [KVA]

KVAR = Potencia reactiva total consumida.

En el caso de los tres motores de 0.75 HP se tiene:

Potencia real:

$$0.75 \text{ HP} = 0.56 \text{ KW}$$

Potencia aparente:

$$\text{KVA} = \frac{0.56 \text{ KW}}{0.9}$$

$$\text{KVA} = 0.622 \text{ [KVA]}$$

Potencia reactiva

$$\text{KVAR} = \sqrt{(0.622)^2 - (0.56)^2}$$

$$\text{KVAR} = 0.270 \text{ [KVAR]}$$

$$\text{KVAR}_{\text{TOTALES}} = (0.270 \text{ [KVAR.]} \times 3 \text{ motores})$$

$$\text{KVAR}_{\text{TOTALES}} = 0.810 \text{ KVAR}$$

$KVAR_{\text{TOTALES}} = (\text{KVARS calculados, multiplicados por el número de motores de esa potencia instalados en el sistema}).$

En el caso de los ocho motores de 1 HP se tiene:

Potencia real:

$$1 \text{ HP} = 0.746 \text{ KW}$$

Potencia aparente:

$$KVA = \frac{0.746 \text{ KW}}{0.9}$$

$$KVA = 0.828 \text{ [KVA]}$$

Potencia reactiva

$$KVAR = \sqrt{(0.828)^2 - (0.746)^2}$$

$$KVAR = 0.359 \text{ [KVAR]}$$

$$KVAR_{\text{TOTALES}} = (0.359 \text{ [KVAR.]} \times 8 \text{ motores})$$

$$KVAR_{\text{TOTALES}} = 2.872 \text{ KVAR}$$

$KVAR_{\text{TOTALES}} = (\text{KVARS calculados, multiplicados por el número de motores de esa potencia instalados en el sistema}).$

En el caso de los trece motores de 1.5 HP se tiene:

Potencia real:

$$1.5 \text{ HP} = 1.12 \text{ KW}$$

Potencia aparente:



$$KVA = \frac{1.12 \text{ KW}}{0.9}$$

$$KVA = 1.244 \text{ [KVA]}$$

Potencia reactiva

$$KVAR = \sqrt{(1.244)^2 - (1.12)^2}$$

$$KVAR = 0.541 \text{ [KVAR]}$$

$$KVAR_{\text{TOTALES}} = (0.541 \text{ [KVAR.]}) \times 13 \text{ motores}$$

$$KVAR_{\text{TOTALES}} = 7.033 \text{ KVAR}$$

$KVAR_{\text{TOTALES}} =$  (KVARS calculados, multiplicados por el número de motores de esa potencia instalados en el sistema).

En el caso de los quince motores de 2 HP se tiene:

Potencia real:

$$2 \text{ HP} = 1.492 \text{ KW}$$

Potencia aparente:

$$KVA = \frac{1.492 \text{ KW}}{0.9}$$

$$KVA = 1.657 \text{ [KVA]}$$

Potencia reactiva

$$KVAR = \sqrt{(1.657)^2 - (1.492)^2}$$

$$\text{KVAR}_{\text{TOTALES}} = 0.720 \text{ [KVAR]}$$

$$\text{KVAR}_{\text{TOTALES}} = (0.720 \text{ [KVAR]} \times 15 \text{ motores})$$

$$\text{KVAR}_{\text{TOTALES}} = 10.800 \text{ [KVAR.]}$$

$\text{KVAR}_{\text{TOTALES}} = (\text{KVARS calculados, multiplicados por el número de motores de esa potencia instalados en el sistema}).$

En el caso de los cuatro motores de 3 HP se tiene:

Potencia real:

$$3 \text{ HP} = 2.238 \text{ KW}$$

Potencia aparente:

$$\text{KVA} = \frac{2.238 \text{ KW}}{0.9}$$

$$\text{KVA} = 2.486 \text{ [KVA]}$$

Potencia reactiva

$$\text{KVAR} = \sqrt{(2.486)^2 - (2.238)^2}$$

$$\text{KVAR} = 1.082 \text{ [KVAR]}$$

$$\text{KVAR}_{\text{TOTALES}} = (1.082 \text{ [KVAR.]} \times 4 \text{ motores})$$

$$\text{KVAR}_{\text{TOTALES}} = 4.328 \text{ KVAR}$$

$KVAR_{\text{TOTALES}} = (\text{KVARS calculados, multiplicados por el número de motores de esa potencia instalados en el sistema}).$

En el caso de un motor de 5 HP se tiene:

Potencia real:

$$5 \text{ HP} = 3.73 \text{ KW}$$

Potencia aparente:

$$KVA = \frac{3.73 \text{ KW}}{0.9}$$

$$KVA = 4.144 \text{ [KVA]}$$

Potencia reactiva

$$KVAR = \sqrt{(4.144)^2 - (3.73)^2}$$

$$KVAR = 1.805 \text{ [KVAR]}$$

$$KVAR_{\text{TOTALES}} = 1.805 \text{ KVAR}$$

$KVAR_{\text{TOTALES}} = (\text{KVARS calculados, multiplicados por el número de motores de esa potencia instalados en el sistema}).$

En el caso de un motor de 7.37 HP se tiene:

Potencia real:

$$7.37 \text{ HP} = 5.5 \text{ KW}$$

Potencia aparente:

$$KVA = \frac{5.5 \text{ KW}}{0.9}$$

$$KVA = 6.11 \text{ [KVA]}$$

Potencia reactiva

$$KVAR = \sqrt{(6.11)^2 - (5.5)^2}$$

$$KVAR = 2.661 \text{ [KVAR]}$$

$$KVAR_{\text{TOTALES}} = 2.661 \text{ KVAR}$$

$KVAR_{\text{TOTALES}} = (\text{KVARs calculados, multiplicados por el número de motores de esa potencia instalados en el sistema}).$

En el caso de los tres motores de 10 HP se tiene:

Potencia real:

$$10 \text{ HP} = 7.46 \text{ KW}$$

Potencia aparente:

$$KVA = \frac{7.46 \text{ KW}}{0.9}$$

$$KVA = 8.288 \text{ [KVA]}$$

Potencia reactiva

$$KVAR = \sqrt{(8.288)^2 - (7.46)^2}$$

$$\text{KVAR} = 3.611 \text{ [KVAR]}$$

$$\text{KVAR}_{\text{TOTALES}} = (3.611 \text{ [KVAR.] } \times 3 \text{ motores})$$

$$\text{KVAR}_{\text{TOTALES}} = 10.833 \text{ KVAR}$$

$\text{KVAR}_{\text{TOTALES}} = (\text{KVARS calculados, multiplicados por el número de motores de esa potencia instalados en el sistema}).$

En el caso de un motor de 15 HP se tiene:

Potencia real:

$$15 \text{ HP} = 11.2 \text{ KW}$$

Potencia aparente:

$$\text{KVA} = \frac{11.2 \text{ KW}}{0.9}$$

$$\text{KVA} = 12.44 \text{ [KVA]}$$

Potencia reactiva

$$\text{KVAR} = \sqrt{(12.44)^2 - (11.2)^2}$$

$$\text{KVAR} = 5.41 \text{ [KVAR]}$$

$$\text{KVAR}_{\text{TOTALES}} = 5.41 \text{ KVAR}$$

$\text{KVAR}_{\text{TOTALES}} = (\text{KVARS calculados, multiplicados por el número de motores de esa potencia instalados en el sistema}).$

En el caso de un motor de 16 HP se tiene:

Potencia real:

$$16 \text{ HP} = 11.936 \text{ KW}$$

Potencia aparente:

$$\text{KVA} = \frac{11.936 \text{ KW}}{0.9}$$

$$\text{KVA} = 13.262 \text{ [KVA]}$$

Potencia reactiva

$$\text{KVAR} = \sqrt{(13.262)^2 - (11.936)^2}$$

$$\text{KVAR} = 5.780 \text{ [KVAR]}$$

$$\text{KVAR}_{\text{TOTALES}} = 5.780 \text{ KVAR}$$

$\text{KVAR}_{\text{TOTALES}} = (\text{KVARS calculados, multiplicados por el número de motores de esa potencia instalados en el sistema}).$

En el caso de un motor de 40 HP se tiene:

Potencia real:

$$40 \text{ HP} = 29.84 \text{ KW}$$

Potencia aparente:

$$\text{KVA} = \frac{29.84 \text{ KW}}{0.9}$$

$$KVA = 33.155 \text{ [KVA]}$$

Potencia reactiva

$$KVAR = \sqrt{(33.155)^2 - (29.84)^2}$$

$$KVAR = 14.45 \text{ [KVAR]}$$

$$KVAR_{\text{TOTALES}} = 14.45 \text{ KVAR}$$

$KVAR_{\text{TOTALES}}$  = (KVARs calculados, multiplicados por el número de motores de esa potencia instalados en el sistema).

En el caso de los dos motores de 50 HP se tiene:

Potencia real:

$$50 \text{ HP} = 37.3 \text{ KW}$$

Potencia aparente:

$$KVA = \frac{37.3 \text{ KW}}{0.9}$$

$$KVA = 41.444 \text{ [KVA]}$$

Potencia reactiva

$$KVAR = \sqrt{(41.444)^2 - (37.3)^2}$$

$$KVAR = 18.064 \text{ [KVAR]}$$

$$KVAR_{\text{TOTALES}} = (18.064 \text{ [KVAR.]} \times 2 \text{ motores})$$

$$\text{KVAR}_{\text{TOTALES}} = 36.128 \text{ KVAR}$$

$\text{KVAR}_{\text{TOTALES}} = (\text{KVARS calculados, multiplicados por el número de motores de esa potencia instalados en el sistema}).$

En el caso de los tres motores de 60 HP se tiene:

Potencia real:

$$60 \text{ HP} = 44.76 \text{ KW}$$

Potencia aparente:

$$\text{KVA} = \frac{44.76 \text{ KW}}{0.9}$$

$$\text{KVA} = 49.733 \text{ [KVA]}$$

Potencia reactiva

$$\text{KVAR} = \sqrt{(49.733)^2 - (44.76)^2}$$

$$\text{KVAR} = 21.677 \text{ [KVAR]}$$

$$\text{KVAR}_{\text{TOTALES}} = (21.677 \text{ [KVAR.] x 3 motores)}$$

$$\text{KVAR}_{\text{TOTALES}} = 65.031 \text{ KVAR}$$

$\text{KVAR}_{\text{TOTALES}} = (\text{KVARS calculados, multiplicados por el número de motores de esa potencia instalados en el sistema}).$

En el caso de un motor de 125 HP se tiene:



*Potencia real:*

$$125 \text{ HP} = 93.25 \text{ KW}$$

Potencia aparente:

$$\text{KVA} = \frac{93.25 \text{ KW}}{0.9}$$

$$\text{KVA} = 103.611 \text{ [KVA]}$$

Potencia reactiva

$$\text{KVAR} = \sqrt{(103.611)^2 - (93.25)^2}$$

$$\text{KVAR} = 45.162 \text{ [KVAR]}$$

$$\text{KVAR}_{\text{TOTALES}} = 45.162 \text{ KVAR}$$

$\text{KVAR}_{\text{TOTALES}} = (\text{KVARS calculados, multiplicados por el número de motores de esa potencia instalados en el sistema}).$

En el caso de los dos motores de 150 HP se tiene:

Potencia real:

$$150 \text{ HP} = 111.9 \text{ KW}$$

Potencia aparente:

$$\text{KVA} = \frac{111.9 \text{ KW}}{0.9}$$

$$\text{KVA} = 124.333 \text{ [KVA]}$$

Potencia reactiva

$$\text{KVAR} = \sqrt{(124.333)^2 - (111.9)^2}$$

$$\text{KVAR} = 54.194 \text{ [KVAR]}$$

$$\text{KVAR}_{\text{TOTALES}} = (54.194 \text{ [KVAR.]} \times 2 \text{ motores})$$

$$\text{KVAR}_{\text{TOTALES}} = 108.389 \text{ KVAR}$$

$\text{KVAR}_{\text{TOTALES}} = (\text{KVARS calculados, multiplicados por el número de motores de esa potencia instalados en el sistema}).$

La potencia reactiva total consumida por el sistema es de 327.285 KVAR, razón por la cuál se sugiere un arreglo de capacitores de alrededor de 328 KVARS para tener un factor de potencia de 0.9

### **3.75 CÁLCULO DE ALUMBRADO.**

Luz e iluminación son dos conceptos muy diferentes que frecuentemente se confunden y son mal interpretados. La luz puede definirse como la causa y la iluminación el efecto de la luz en las superficies sobre las cuales incide; ya que la luz tiene un comportamiento de onda electromagnética, capaz de afectar o estimular la visión.

### **FACTORES QUE INTERVIENEN PARA UNA BUENA VISIBILIDAD.**

- 1) Tamaño: Cuando más grande sea un objeto en términos de ángulo visual, más rápidamente podrá verse. Al no poder aumentar el tamaño de los detalles de una tarea visual, será necesario aumentar el nivel de iluminación.

- 2) **Tiempo:** La visión no es un proceso instantáneo sino que requiere de tiempo. Al aumentarse los niveles de iluminación aumenta la capacidad visual y aumenta al mismo tiempo, la velocidad de percepción.
- 3) **Brillantez:** La brillantez de un objeto depende de la cantidad de luz que incide sobre él y la proporción en la cual la luz es reflejada hacia el órgano visual. Aumentando el nivel de iluminación en una superficie oscura es posible aumentar su brillantez.
- 4) **Contraste:** Es la relación que existe entre la luminancia de un objeto y su inmediato alrededor. Los niveles altos de iluminación compensan en parte los bajos contrastes en brillantez y son de gran asistencia donde no se pueden tener condiciones de alto contraste.

## MÉTODO DE LUMEN.

Este método es muy utilizado para calcular el nivel de iluminación y/o cantidad de luminarias para un nivel deseado. A continuación se enlistan los diferentes tipos de cavidades para realizar dicho cálculo:

**Cavidad de cuarto (Hcc):** Es la cavidad formada por el plano de luminarias y el plano de trabajo.

**Cavidad de piso (Hcp):** Es la cavidad formada por el plano de trabajo y el piso.

**Cavidad de techo:** Es la cavidad formada por el plano de luminarias y el techo.

**Coefficiente de utilización (CU) :** Relación entre el flujo luminoso (lúmenes) emitidos por un luminario que incide sobre el plano de trabajo y el flujo luminoso emitido por las lámparas solas del luminaria.

**Depreciación de lúmenes de la lámpara (L.L.D.):** Es la pérdida de la emisión luminosa emitidos por la lámpara debido al uso normal de operación.

El significado de las siglas es Lamp Lúmen Depreciation

**Depreciación por suciedad del luminaria (L.D.D.):** La acumulación de suciedad en los luminarias trae como consecuencia una pérdida sustancial en la emisión luminosa, y por lo tanto pérdidas de iluminación en el plano de trabajo. A esta pérdida se le conoce como factor LDD (Light Dirt Depreciation).

**Factor de mantenimiento (FM):** Factor utilizado en el cálculo de la iluminación bajo las condiciones dadas de tiempo y uso.

FOOTCANDLE: Unidad de nivel luminoso en sistema inglés dado por lúmenes por pie cuadrado (Lm./ft<sup>2</sup>).

Flujo luminoso( $\Phi$ ): Es la energía radiante en forma de luz emitida por una fuente luminosa en unidad de tiempo, su unidad es el lúmen (Lm).

Iluminancia (E): Es la unidad de flujo luminoso sobre una superficie  $E = \Phi / m^2$  y es directamente proporcional a la densidad luminosa e inversamente proporcional al cuadrado de su distancia.

Su unidad es el lux. El factor de conversión de footcandle a luxes es:

$$1 \text{ footcandle} = 10.76 \text{ luxes}$$

Habiendo identificado los elementos que intervienen en la determinación de los niveles de iluminación, cabe mencionar las fórmulas para dicho cálculo:

PARA INTERIORES:

$$E = \frac{(LM/Lum) (No. de lum.) (C.U.) (F.M.)}{\text{ÁREA DEL LUGAR}} \dots\dots(1)$$

Donde:

LM/Lum : son los lúmenes que proporciona cada luminaria.

No. de lum.: es el número de luminarias requeridos para esa área.

C.U. : es el coeficiente de utilización.

F.M. : es el llamado factor de mantenimiento

### DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN.

MÉTODO DE INDICE DE CUARTO (Ic):

$$Ic = \frac{\text{ÁREA}}{Hcc (\text{largo} + \text{ancho})} \dots\dots\dots (2)$$

MÉTODO DE CAVIDAD ZONAL:

Áreas regulares:

$$R.C.R = \frac{5 * Hcc * (\text{largo} + \text{ancho})}{\text{Área total}} \dots\dots (3)$$

Áreas irregulares:

$$R.C.R. = \frac{2.5 * Hcc * (\text{Perímetro})}{\text{Área total}} \dots\dots\dots (4)$$

## DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE MANTENIMIENTO O PÉRDIDA DE LUZ (L.L.F. Light Loss Factor).

Es el producto de los siguientes ocho factores:

### NO RECUPERABLES

- 1.- Variación de tensión.
- 2.- Temperatura ambiente.
- 3.- Depreciación por deterioro en las superficies del luminario.
- 4.-Factor de balastro

### RECUPERABLES

- 5.- Depreciación por suciedad en la superficie del local.
- 6.- Lámparas quemadas.
- 7.- Depreciación por lúmenes de la lámpara (L.L.D).
- 8.- Depreciación por suciedad acumulada en el luminaria (L.D.D.)

Para poder determinar el factor de depreciación de la lámpara es necesario consultar unas tablas, en las cuales se hace mención no sólo de dicho factor, sino que también se mencionan otras propiedades de las diferentes lámparas que existen en el mercado especificadas por la potencia que consumen y por el color de luz que emiten.

Por otro lado, para determinar el factor de depreciación por suciedad, requerimos de la consulta de unas gráficas denominadas **curvas de degradación por suciedad**, en las cuales debemos tener en cuenta la categoría del luminaria para poder elegir la curva adecuada y por medio del tiempo para dar mantenimiento a los luminarias y determinar el L.D.D.

Con ésta introducción procedemos a efectuar el cálculo del alumbrado interior por el método de Lúmen, a continuación se enlistan los datos requeridos para este fin.

Altura (H) = 6 m.

Largo (L) = 445 m.

Ancho(a) = 20 m.

Nivel de iluminación requerido (por norma): **100 luxes.**

Luminario a utilizar: Lámpara fluorescente de 2x75 W de 6000 lúmenes iniciales por lámpara; Holophane serie HIL-274.

Cavidad de cuarto (Hcc) = 4.8 m.

Cavidad de piso (Hcp) = 1.2 m.

Cavidad de techo (Hct) = 0 m.

Área total (A) = 45 m. \* 20m. = 900 m<sup>2</sup>

Índices de reflexión:

Techo : 80 %

Pared : 30 %

De la fórmula (3) determinamos el valor de la cavidad zonal (R.C.R.).

Sustituyendo datos tenemos:

Áreas regulares:

$$\text{R.C.R.} = \frac{5 * 4.8 \text{ m.} * (45 \text{ m.} + 20 \text{ m.})}{900 \text{ m}^2} = 1.73$$

De tablas:

1 → 0.60

2 → 0.52

Interpolando para 1.73:

$$0.60 - 0.52 = 0.08$$

$$0.08/10 = 0.008$$

$$0.008/10 = 0.0008$$

$$0.008(7) = 0.056$$

$$0.0008(3) = 0.0024$$

$$0.056 + 0.0024 = 0.0584$$

$$\text{Comprobación : } 0.52 + 0.0584 = 0.578$$

$$\text{Para R.C.R} = 1.73 \rightarrow \text{C.U.} = 0.578$$

Ambiente del local: Medio

De tablas se concluye que se trata de un luminaria categoría V, a 12 meses:

$$(\text{LDD}) = 0.82 \quad (\text{De curvas})$$

$$(\text{LLD}) = 0.89 \quad (\text{De tablas})$$

Calculando el factor de mantenimiento:

$$\text{F.M.} = \text{L.L.F.} = \text{L.L.D.} * \text{L.D.D.}$$

$$\text{F.M.} = 0.82 * 0.89 = 0.73$$

Por último de la fórmula (1) despejamos el número de luminarias y sustituyendo los datos encontrados se tiene:

$$E = \frac{(\text{LM/Lum}) (\text{No. de lum.}) (\text{C.U.}) (\text{F.M.})}{\text{ÁREA DEL LUGAR}}$$

$$\text{No. de lum.} = \frac{E (\text{Área total})}{(\text{LM/Lum}) (\text{C.U.}) (\text{F.M.})}$$

$$\text{Para int.}$$



$$\begin{aligned} \text{No. de lum.} &= \frac{100 \text{ luxes } (900\text{m}^2)}{(6000) (0.578) (0.73)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{No. de lum.} &= \frac{90\ 000}{2531.64} = 35.55 = 36 \text{ Luminarios.} \\ \text{Para int.} & \end{aligned}$$

### **3.2.2 DETERMINACIÓN DE NECESIDADES**

Una vez hechos los cálculos necesarios y habiéndose implementado la instalación y conexión del sistema eléctrico, el equipo, la maquinaria, el sistema de alumbrado y el sistema de tierras, se procedió a determinar en adelante cuales serán las necesidades que se derivan del mismo, tales como suministros, refacciones, personal calificado (tanto interno como asesores y técnicos externos).

## **4.- DIAGNOSTICO**

### **4.1 IMPLEMENTACIÓN Y MONTAJE.**

La secuencia de la instalación y montaje de todo el sistema ya fue descrita anteriormente; como información adicional diremos que las últimas conexiones realizadas fueron las del sistema de control, de cada uno de los motores a sus sistemas de arranque y de este a un CCM de marca SIEMENS, donde todo el sistema de control está regulado por un PLC de la serie 5000 (step 5) de la misma marca.

Las estructuras de soporte constan de ménsulas de ángulo de 1 ½ pulgada taqueteadas a muro con tornillos de ½ pulgada; además de charola de aluminio de 12 pulgadas de ancho por tres metros de largo unidas entre sí por empalmes de seis tornillos tipo automotriz por lado.

Sosteniendo la charola en sus puntos intermedios, se fabricaron soportes con tensores que tienen las puntas roscadas, esto con el fin de nivelar la charola posteriormente.

Las bajadas individuales de las máquinas se hicieron con tubo conduit de  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$ , 1 y 2 pulgadas de diámetro con el cable previamente calculado.

En cuanto al cableado del sistema de control, se utilizó cable multifilar de 12x18, y 24x 18 (12 cables calibre 18 y 24 cables calibre 18 respectivamente).

## **4.2 FUNCIONAMIENTO.**

El sistema se fue energizando por partes, comenzando por la acometida principal de 23KV de LYF, lo que dejó energizado el centro de carga; se verificaron los voltajes de 440 entre líneas, y de 220 a la salida del transformador del cuarto de bombas.

Una vez energizado se probó el sistema de alumbrado (se comprobó que las fases estuvieran balanceadas)

En cuanto a los voltajes, el funcionamiento fue satisfactorio desde la conexión de acometida; por lo que respecta al equipo se inició una serie de pruebas previas al arranque del proceso completo.

## **4.3 PRUEBAS.**

Las pruebas realizadas a los motores, fueron primeramente medir los voltajes a la alimentación de sus interruptores, y puesta en marcha en vacío, (en esta etapa se revisó que el sentido de giro fuera el adecuado).

Se arrancó el sistema de bombas para iniciar el recirculamiento de agua para las máquinas y finalmente se arrancó el proceso completo trabajándolo en vacío para comprobar el correcto funcionamiento voltajes y corrientes dentro de los parámetros normales de funcionamiento.

La prueba final fue el arranque a plena carga de proceso con resultados satisfactorios.

#### **4.4 CAPACITACIÓN.**

La capacitación obedeció a la necesidad de que los primeros en verificar el buen funcionamiento de el equipo en planta son los mismos operadores ya que ellos están en contacto directo con la maquinaria todos los días y deben ser ellos parte importante del monitoreo .

Se les indicó como arrancar el equipo, como operarlo correctamente, asimismo las contraindicaciones para evitar un accidente, o un daño a la maquinaria, que partes pueden ser limpiadas, desarmadas y cuales sólo pueden ser intervenidas por personal calificado.

Por otra parte, en caso de contingencia (incendio, sismo, incidente eléctrico grave) se capacitó al personal con las medidas tanto preventivas como posteriores a tales acontecimientos para una mejor reacción del personal en caso de que algo así ocurriese, para ese efecto se organizaron brigadas de prevención.

No podía faltar la comisión de seguridad e higiene, la cuál regula el uso de todo el equipo de prevención para los trabajadores (tapones auditivos, lentes de seguridad, guantes, zapatos industriales, faja etc).

Todo este programa de capacitación también está orientado hacia una política de cero accidentes, calidad total y personal cada

vez mejor informado en todos los ámbitos que abarca el proceso industrial al que pertenecen.

#### **4.5 CONTROL DE LOS CAMBIOS .**

Durante la instalación del equipo se dieron lugar algunas modificaciones, encaminadas a una mejor distribución de los sistemas de arranque y protección de algunas máquinas.

Estos cambios fueron : la desconexión de algunos dispositivos del gabinete del Centro de Control de Motores y su reconexión a

un lado de la máquina correspondiente principalmente.

Otro cambio importante fue la implementación de sistemas de arranque a tensión reducida de los motores de mayor potencia, esto se llevó a cabo conectando un autotransformador a dichos motores, haciéndose las pruebas necesarias para determinar a que porcentaje de la corriente nominal se daba un óptimo arranque, hasta que poco a poco se normalizan las revoluciones de operación y la corriente nominal de consumo, y una vez alcanzados estos valores se normaliza la tensión de alimentación.

Una modificación que se dio antes de toda la instalación, aún en etapa de planeación, fue el del transformador de acometida, se pensó originalmente en uno de 800 KVA, pero al observar que su capacidad fue fácilmente superada por la carga que se instalaría, se concluyó que la mejor opción sería uno de 1000 KVA.

#### **4.6 CONTROL Y SEGUIMIENTO.**

Se implementó un programa de control y seguimiento, el cuál consta de tres recorridos por turno a todas y cada una de las máquinas, tableros de distribución, cuarto de bombas etc.

En estos recorridos se tomarán valores de voltaje de alimentación, picos de corriente de consumo, y temperatura de trabajo de los motores, esto a manera de prevención, ya que voltajes de alimentación bajos, consumos de corriente por encima de los valores nominales de consumo y temperaturas elevadas en motores y conductores son síntomas de anomalías que pueden dar como resultados cortos circuitos, incendios y en general daños a las instalaciones e incluso al personal.

Los resultados de estas mediciones se registrarán en formatos elaborados para llevar un control y un archivo por turno, por día etc. Todo a manera de prevención (plan de mejora continua).

Se elaborarán posteriormente programas de mantenimiento preventivo a la maquinaria propiamente, sobre todo para los días

en que no haya actividad en planta, para hacer las reparaciones y ajustes necesarios que en otras circunstancias no sería posible de efectuar.

## **5.- RESULTADOS.**

### **5.1 RESULTADOS OBTENIDOS**

En términos generales, los resultados obtenidos fueron satisfactorios, en el caso del sistema de tierras, estos resultados

superaron por mucho nuestras expectativas, al momento de realizar las pruebas finales se tuvieron que corregir algunos detalles como sentidos de giro de los motores, balanceo de fases, apriete de terminales, pero nada tan significativo que involucrara la total modificación de alguna de las partes del sistema.

### **5.2 CIERRE DEL PROYECTO.**

El cierre del proyecto se lleva a efecto cuando se entrega funcionando el proceso completo a plena carga y se obtienen los primeros sacos de producto terminado (pellet) listo para ser utilizado como materia prima por otras máquinas como ya se mencionó con anterioridad.

Ahora se inicia con el acopio de pet, es decir, de recolectar la mayor cantidad posible de botella desechable para alimentar el proceso de desetiquetado, prelavado, lavado, enjuague, secado, molido y/o peletizado de acuerdo a los requerimientos de tal o cuál tipo de materia prima.

### **5.3 PLANES IMPLEMENTADOS.**

Como se describió en el tema 4.4 (página 56) se implementaron planes que abarcan los aspectos más importantes en las diversas áreas que conforman la planta, estos planes tienen la finalidad de prevenir fallas, accidentes o siniestros tanto del personal como de la maquinaria y equipo.

Los más importantes son: *plan de mantenimiento preventivo, plan de recorridos y monitoreo en planta por turno*, plan de capacitación para operación y manejo del equipo, plan de prevención de accidentes, plan de prevención y contingencia en caso de incendio, sismo etc.

Con la implementación de estos planes se busca crear una conciencia de prevención entre todo el personal que integra la empresa, invitándolos a que tomen una participación activa en cada una de las brigadas encargadas en cada área.

#### **5.4 CONCLUSIONES.**

La implementación de un nuevo proceso industrial, conlleva una amplia gama de aplicaciones de la ingeniería, tales como mecánica, eléctrica, electrónica, industrial etc.

El desarrollo de un proyecto desde su planeación hasta su realización implica el compromiso de la integración de todo un equipo interdisciplinario, por que el éxito de un equipo es el resultado de la unión y cooperación de todos los elementos que lo integran.

En lo que se refiere a este proyecto, específicamente en el área eléctrica, me percaté de manera muy personal la amplia variedad de aplicaciones de los conocimientos adquiridos durante la carrera, de manera práctica; por que como estudiantes, muchas veces no nos percatamos de los verdaderos alcances que tienen los conceptos vistos en clase y que cada aplicación es diferente, ya que depende de las necesidades, habilidades y capacidad para trabajar en equipo por parte de el ingeniero mecánico-electricista.

Con el desarrollo de este proyecto aprendí la implementación física de muchos de los resultados obtenidos en los cálculos, esto me permitió tener una visión más amplia; además observé que en muchos casos no es posible implementar un sistema apegándose a un 100% respecto a cálculos teóricos, y es precisamente donde se requiere además de conocimientos, la capacidad y el criterio para la toma de decisiones encaminadas a un mejor desarrollo del

proyecto, todo esto se adquiere sobre la marcha y con la experiencia que te va dejando enfrentar todos los días una gama de diferentes problemas.

Ciro Mateos Mendoza

## **BIBLIOGRAFÍA.**

1) Mota Mendez Jorge R, 2004, Manual de instalaciones eléctricas, Ed. IPESA, México, 460 págs.

2) Ávila Espinoza Jesús A., 1995, Mantenimiento a instalaciones básicas, Ed. SOMMAC, México, 200 págs.

3) NOM Norma Oficial Mexicana (NOM-001-SEMP-1994) relativa a las instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica, 1994, México.

4) Norma LYF

5) Catálogo de equipo eléctrico SIEMENS 2006, México