



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

MEJORAMIENTO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA
DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO DE AGUA POTABLE DEL
MUNICIPIO DE SALCAJÁ, QUETZALTENANGO.

JORGE ERNESTO CALDERÓN ARANGO
Asesorado por: Inga. Anabella Alvarado Miranda

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



**MEJORAMIENTO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LOS
SISTEMAS DE BOMBEO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE
SALCAJÁ, QUETZALTENANGO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JORGE ERNESTO CALDERÓN ARANGO

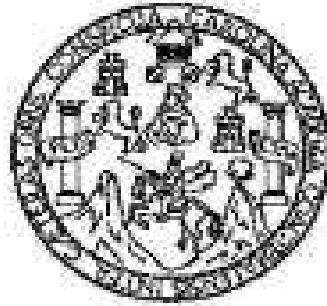
ASESORADO POR INGA. ANABELLA ALVARADO MIRANDA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Alvarez
VOCAL II	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Hernández
EXAMINADOR	Ing. Armando Galvéz
EXAMINADOR	Ing. Marvin Marino Hernandez
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**MEJORAMIENTO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LOS
SISTEMAS DE BOMBEO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE
SALCAJÁ, QUETZALTENANGO,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mécanica-Eléctrica con fecha 30 de marzo de 2005.

Jorge Ernesto Calderón Arango

AGRADECIMIENTOS:

FRANCISCO CALDERON OVALLE

LILY ARANGO SOTO

ING. CIVIL ERICK CALDERON

HUGO CALDERON

INGA. ELECTRICISTA ANABELLA ALVARADO MIRANDA

DEDICATORIA A:

- DIOS** Mi Señor, por darme siempre la fuerza espiritual para seguir hacia adelante, en todo momento, a pesar de las adversidades.
- MIS PADRES** Francisco Calderón y Lily Arango, por todo el apoyo que me han brindado, y sus sabios consejos que han formado mi vida.
- MIS HERMANOS** Hugo e Ing. Erick Calderón por su apoyo moral en todo momento.
- MI FAMILIA** Abuelitos, tíos, primos y sobrinos, con mucho aprecio.
- MIS AMIGOS** Y compañeros de la universidad, por su solidaridad en todo momento.
- LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA** Por brindar mi formación profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VI
RESUMEN.....	IX
OBJETIVOS.....	XI
INTRODUCCIÓN.....	XIII

1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE SALCAJÁ, QUETZALTENANGO...1

2. FUNDAMENTOS DE MATEMÁTICAS Y TEORÍA DE CIRCUITOS.

2.1 Números complejos.....	5
2.1.1 Forma trigonométrica.....	6
2.1.2 Forma Polar.....	6
2.1.3 Forma Exponencial.....	7
2.1.4 Conjugado de un número complejo.....	7
2.2 Operaciones más comunes con números complejos.....	7
2.3 Elementos de circuitos.....	8
2.3.1 Resistencia.....	8
2.3.2 Inductancia.....	9
2.3.3 Capacitancia.....	10
2.4 Concepto de impedancia compleja.....	10
2.5 Potencia compleja.....	11

3. FACTOR DE POTENCIA Y SU CORRECCIÓN.

3.1 Corrección del factor de potencia.....	13
3.2 Instalación de capacitores.....	15
3.2.1 Conexión del banco de capacitores en el lado de alta tensión.....	15
3.2.2 Conexión de capacitores a las terminales del motor.....	16
3.2.2.1 Localización A.....	16
3.2.2.2 Localización B.....	16

3.2.2.3 Localización C.....	17
3.3 Tarifas de consumo de Energía de DEOCSA.....	18
3.4 Medición del F.P. (factor de potencia).....	19
3.5 Sistemas automáticos de corrección del factor de potencia.....	19
4. DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN.	
4.1 Fusibles.....	21
4.2 Cortacircuitos de caja moldeada.....	24
4.3 Coordinación de la protección.....	28
4.4 Tomas de tierra.....	28
5. PROTECCIÓN DE MOTORES.	
5.1 Réles térmicos bimetalicos.....	33
5.2 Interruptor automático de motor.....	34
5.3 Protección con sondas térmicas.....	35
5.4 Protección electrónica de Motores.....	36
5.5 Criterios de elección de un sistema de protección.....	36
6. CÁLCULOS PARA LA CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO DEL MUNICIPIO DE SALCAJÁ, QUETZATENANGO.	
6.1 Pozo San Jacinto.....	39
6.2 Pozo Santa Rita.....	41
6.3 Pozo Rudolph Walter.....	42
6.4 Pozo El Sanjon.....	42
6.5 Pozo El Carmen.....	42
6.6 Pozo San Luís.....	42
6.7 Cálculo del FP actual de los motores.....	43
6.8 Exactitud de las mediciones.....	43

7. CAMBIOS A REALIZAR EN LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE SALCAJÁ, QUETZALTENANGO Y ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO.

7.1 Cambios a la instalación eléctrica en general.....	45
7.1.1 Pozo San Jacinto.....	45
7.1.1.1 Balance de corrientes.....	45
7.1.1.2 Corriente de cortocircuito.....	47
7.1.1.3 Conductores.....	47
7.1.1.4 Tablero.....	49
7.1.1.5 Banco de transformadores.....	50
7.1.1.6 Tierra física.....	52
7.1.2 Pozo El Carmen.....	53
7.1.3 Pozo Rudolph Walter.....	55
7.1.4 Pozo El Sanjon.....	57
7.1.5 Pozo Santa Rita.....	58
7.1.6 Pozo San Luís.....	60
7.2 Resultado del estudio técnico de Factor de Potencia.....	62
7.3 Utilización de arrancadores a tensión reducida.....	62
7.4 Análisis económico del proyecto.....	63
CONCLUSIONES.....	67
RECOMENDACIONES.....	69
REFERENCIAS.....	71
BIBLIOGRAFÍA.....	73
ANEXO A. FICHAS DE DATOS DE SITUACION ACTUAL, DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE SALCAJÁ, QUETZALTENANGO.....	75

ANEXO B. MEDICIONES DE VOLTAJE Y CORRIENTE DE LOS MOTORES QUE ACCIONAN LAS BOMBAS DE AGUA DEL MUNICIPIO DE SALCAJÁ, QUETZALTENANGO.....95

ANEXO C. TABLAS DE COSTOS DE ENERGIA.....103

- 1. Resumen de los recibos emitidos por DEOCSA**
- 2. Costo actual de energía estimado**
- 3. Costos por bajo factor de potencia**
- 4. Costos por potencia máxima (KWMAX)**

ANEXO D. DIAGRAMAS ELÉCTRICOS PROPUESTOS.....115

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

No.	Título	Pág.
1	Forma canónica de un número complejo	6
2	Ondas de voltaje y corriente en una resistencia	9
3	Ondas de voltaje y corriente en un inductor	9
4	Ondas de voltaje y corriente en un capacitor	10
5	Potencia Compleja	11
6	Triángulo de potencias con FP actual	14
7	Triángulo de potencias con FP deseado	14
8	Localización de los capacitores para mejorar el factor de potencia	17
9	Curvas típicas de fusibles de uso general y de acompañamiento de motor	23
10	Interruptor termo magnético	24
11	Curva de disparo magnético	25
12	Curva de disparo térmico	26
13	Curva de disparo termo magnético	27
14	Clases de aislamiento y regla de Montsinger	32

TABLAS

No.	Título	Pág.
I	Tarifas de DEOCSA	18
II	Clasificación UL para fusibles	24
III	Icc Ramal Salcajá-Cantel 13.8KV	47
IV	Icc Ramal Totonicapán 34.5 KV	47
V	Tabla de Ampacidad	48
VI	Capacidad del transformador requerido para bombas motores sumergibles trifásicos	51

VII	Calibre de conductor de tierra (NEC 250-96)	52
VIII	Valores máximos permitidos de resistencia de red de tierras de una subestación en función de su capacidad	52
IX	Especificaciones de los Bancos de capacitores a instalar en cada pozo	62
X	Especificaciones de los arrancadores	63
XI	Gastos en sistemas de bombeo en el año 2004	63
XII	Fase 1 Presupuesto de cambios	64
XIII	Fase 2 Presupuesto de para corrección del factor de potencia	64
XIV	Fase 3 Presupuesto de arrancadores	65
XV	Resumen del análisis económico	66

RESUMEN

La municipalidad de Salcajá cuenta actualmente con seis sistemas electromecánicos de bombeo de agua potable, cada uno posee contrato de usuario de energía eléctrica en forma independiente con la Distribuidora de Electricidad de Occidente S.A. (DEOCSA) los cuales se encuentran en diferentes zonas del municipio y son identificados por la empresa por el número de identificación de servicio (NIS).

La necesidad de mejorar las instalaciones eléctricas de dichos sistemas se ha agudizado por las múltiples y frecuentes fallas, por lo que se ha realizado este estudio para mejorarlas y además los altos costos de la energía eléctrica, han motivado que se realice un estudio de factor de potencia y uno de potencia máxima, para determinar cuanto se puede ahorrar de dinero evitando las penalizaciones de la distribuidora en mención.

Este tipo de estudios se enmarca dentro de lo que en Ingeniería Eléctrica se conoce como calidad de la energía, además del informe técnico, se hace necesario realizar al final un análisis económico y de rentabilidad, pues para todo proyecto de inversión es necesario hacerlo.

OBJETIVOS

General

Plantear una mejora a las instalaciones eléctricas de los sistemas de bombeo de agua potable en el municipio de Salcajá, departamento de Quetzaltenango.

Específicos

1. Mejorar el diseño de los sistemas de protección, y la instalación eléctrica en general.
2. Determinar la factibilidad de la corrección de factor de potencia.
3. Determinar las ventajas que ofrece el mejoramiento del factor de potencia y de la instalación eléctrica en general.

INTRODUCCIÓN

Desde hace mucho tiempo, se ha puesto mucho interés en la economía de la generación, transporte y distribución de la Energía eléctrica y esto se ha logrado haciendo más eficientes los equipos que conforman estos sistemas.

En las instalaciones eléctricas de motores se ha seguido un camino similar, se exige eficiencia, protección y operación continua del equipo, así como, también, se exige economía en la manutención del servicio que presta la maquinaria.

Como podemos notar el centro de efficientar nuestros sistemas eléctricos, es la calidad del servicio y la economía, y nuestro estudio no es la excepción.

Se presentan, en la primera parte, los conocimientos fundamentales de matemáticas y circuitos, para, luego, entrar ya en profundidad en los temas de estudio del factor de potencia y protecciones para equipo eléctrico. En los capítulos finales, es donde se analiza la situación actual y la propuesta de mejoramiento de la instalación eléctrica de los sistemas de bombeo de agua potable del municipio de Salcajá, Quetzaltenango, donde, también, se incluye un estudio de ingeniería económica para verificar que la inversión en el proyecto es rentable.

1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE SALCAJÁ

Departamento: Quetzaltenango.

Municipio: Salcajá. En el popol Vuh se le menciona como Saccahá y saca, etimología que puede provenir del Kiche Sac-blanco y cajá-agua amarga; “agua blanca amarga”. En este lugar se realizó uno de los primeros asentamientos españoles del país, además se celebró la primera misa de Guatemala en 1524, en el lugar donde se construyó la Ermita Concepción la Conquistadora, que data de las mismas fechas.

Categoría de la Cabecera Municipal: Villa. En 1776 se verificó la fundación del poblado poniéndolo bajo la advocación de San Luís Rey de Francia, por esa razón también fue conocido como San Luís Salcajá.

Extensión: 12 Kilómetros cuadrados.

Altura: 2,321 metros sobre el nivel del mar.

Clima: Frío.

Límites: Al norte con San Cristóbal Totonicapán y Totonicapán (Totonicapán); al este con San Cristóbal Totonicapán y Totonicapán (Totonicapán); al sur con Cantel y Quetzaltenango (Quetzaltenango); al oeste con Quetzaltenango (Quetzaltenango) y San Andrés Xecul (Totonicapán).

División Político-Administrativa: 1 villa, 2 aldeas y 3 caseríos.

Accidentes Geográficos: Lo riegan los ríos Cancojá, Curruchique, Samalá y el riachuelo El Rastro.

Sitios Arqueológicos: Ermita Concepción la Conquistadora, la más antigua de Centroamérica.

Número de Habitantes: 12,093.

Idioma predominante: español.

Producción Agropecuaria: Trigo, maíz, frijón, haba y chilacayote. También es famosa la manzana que es de muy buena calidad, la cual no sólo se vende dentro del territorio nacional sino se exporta a Centroamérica.

Producción Artesanal: Su principal producción son los tejidos típicos de algodón, especialmente los que su elaboración es a base de nudos que forman diseños antropomorfos, fitomorfos o geométricos y posteriormente teñidos. Este sistema es el que se conoce como “jaspe”, y es tejido en telar de pie europeo, y utilizado por las mujeres como “corte” o enagua. La producción del jaspe cubre toda el área indígena nacional, con algunas excepciones como San Pedro Sacatepequez en San Marcos, donde el jaspe o corte se teje en la localidad. También se produce un tipo de aguardiente que en la localidad se conoce como “caldo de frutas”, por dejar que las mismas se añejen con licor.

Servicios Públicos: Agua potable, energía eléctrica, rastro de ganado mayor, edificio para mercado, correos, telégrafos, teléfonos, Internet, escuelas, colegios, instituto de educación básica con orientación industrial, iglesia parroquial, servicio de buses urbanos y extra urbanos, Centro de salud.

Fiestas: la fiesta titular se celebra del 21 al 25 de agosto, siendo el 25 el día principal, en honor a San Luís Rey de Francia.¹

¹ Ver referencia 1.

2. FUNDAMENTOS DE MATEMÁTICAS Y TEORÍA DE CIRCUITOS

Los cálculos más comúnmente utilizados en instalaciones eléctricas domiciliarias, comerciales e industriales, no requieren conocimientos de matemáticas avanzadas algunos de ellos se pueden realizar con el uso de la aritmética y conceptos muy elementales de algebra.

Es necesario el uso, manejo y comprensión de los números complejos, para el análisis de determinados circuitos, es por ello que se dedica la primera parte de este capitulo a su estudio.

2.1 Números complejos

Son números complejos las parejas ordenadas de números reales (a,b) y (c,d) que cumplen con la operaciones binarias de adición y multiplicación definidas como sigue:

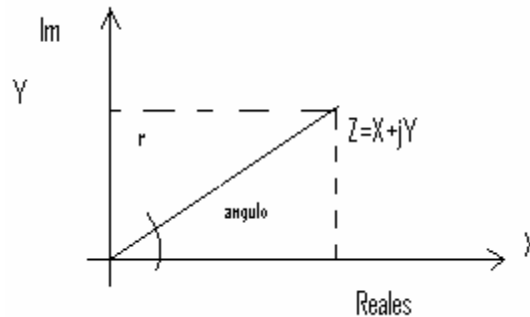
$$(a,b)+(c,d) = (a+b, b+d)$$

$$(a,b)*(c,d) = (ac-bd, ad+bc)$$

La unidad imaginaria se define como j y está dada por las raíces de $X^2+1=0$. La pareja de números (a,b) se expresa comúnmente como: $a+jb$. La forma $X+jY$ se conoce como forma canónica o cartesiana (rectangular) de los números complejos. Las otras formas de expresar un número complejo son: trigonométrica, polar y exponencial.

2.1.1 Forma trigonométrica

Figura 1. Forma canónica de un número complejo



Fuente: El autor.

De la figura anterior r se denomina magnitud del número complejo, su valor se obtiene del teorema de Pitágoras. $r = \sqrt{X^2 + Y^2}$, donde $X = r \cos(\phi)$, $Y = r \text{sen}(\phi)$. El ángulo ϕ se conoce como el argumento del número complejo Z y su valor se obtiene de la función trigonométrica tangente: $(\phi) = \text{ATAN}(Y/X)$.

De manera que el número complejo $Z = X + jY$ se puede expresar como:

$$Z = r(\cos(\text{ang}) + j\text{sen}(\text{ang}))$$

Siendo esta la forma trigonométrica.

2.1.2 Forma polar

Es una notación muy empleada en circuitos eléctricos, donde se representa el número complejo mediante una magnitud y un ángulo de la siguiente forma:

$$Z = r \angle \phi$$

Donde ϕ es generalmente en grados.

2.1.3 Forma exponencial

Según la fórmula de Euler:

$$e^{j\phi} = \cos(\phi) + j\sin(\phi)$$

De lo anterior un número complejo también puede adoptar la forma exponencial:

$$Z = r e^{j\phi}$$

2.1.4 Conjugado de un número complejo

Es el mismo número complejo con su parte imaginaria con signo cambiado es decir si tenemos que $Z = X + jY$ su conjugado sería $Z^* = X - jY$.

2.2 Operaciones más comunes con números complejos

Suma y diferencia. Se suman o restan sus partes reales e imaginarias por separado.

$$Z_1 = a + jb; Z_2 = c + jd$$

$$Z_1 \pm Z_2 = (a \pm c) + j(b \pm d)$$

Esta operación sólo se hace en la forma rectangular.

Multiplicación.

a) Forma rectangular.

$$\text{Sean: } Z_1 = a + jb; Z_2 = c + jd$$

$$\text{Entonces: } Z_1 * Z_2 = (ac - bd) + j(ad + bc)$$

b) Forma exponencial.

$$\text{Sean: } Z_1 = r_1 e^{j\phi_1}; Z_2 = r_2 e^{j\phi_2}$$

$$\text{Entonces: } Z_1 * Z_2 = r_1 * r_2 e^{j(\phi_1 + \phi_2)}$$

c) Forma trigonométrica.

$$\text{Sean: } Z_1 = r_1(\cos(\phi_1) + j\sin(\phi_1)); Z_2 = r_2(\cos(\phi_2) + j\sin(\phi_2))$$

Entonces: $Z1 * Z2 = r1 * r2 [\text{COS}(\phi1 + \phi2) + \text{SEN}(\phi1 + \phi2)]$

d) Forma polar.

Sean: $Z1 = r1 \angle \phi1$; $Z2 = r2 \angle \phi2$

Entonces: $Z1 * Z2 = r1 * r2 \angle (\phi1 + \phi2)$

División.

a) Forma exponencial.

Sean: $Z1 = r1 e^{j\phi1}$; $Z2 = r2 e^{j\phi2}$

Entonces: $Z1/Z2 = (r1/r2) * e^{j(\phi1 - \phi2)}$

b) Forma polar.

Sean: $Z1 = r1 \angle \phi1$; $Z2 = r2 \angle \phi2$

Entonces: $Z1 / Z2 = (r1/r2) \angle (\phi1 - \phi2)$

c) Forma rectangular:

Sean: $Z1 = a + jb$; $Z2 = c + jd$

Entonces: $Z1 / Z2 = (a + jb)/(c + jd)$

2.3 Elementos de circuitos.

Describiremos las relaciones de voltaje y corriente para los elementos pasivos: resistencia, inductancia y capacitancia.

2.3.1 Resistencia

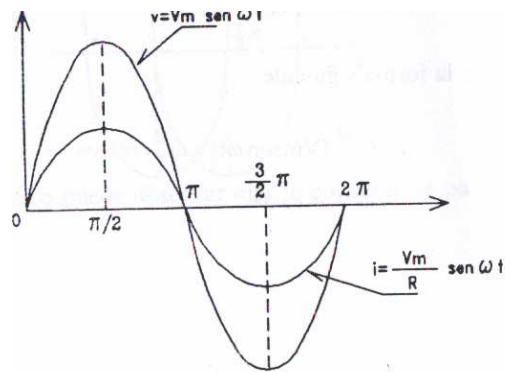
Según la ley de ohm: $V = R i$

Despejando $i = V/R$; si el voltaje es senoidal $V = Vm * \text{Sen}(\omega t)$

Entonces $i = \frac{Vm * \text{Sen}(\omega t)}{R}$;

Es decir que para cualquier tiempo t las dos ondas tienen la misma forma.

Figura 2. Ondas de voltaje y corriente en una resistencia



Fuente: Enríquez Harper. **Instalaciones eléctricas residenciales e industriales.** Pág. 14.

2.3.2 Inductancia

De la ley de Faraday, $V = -d\phi/dt$; como $\phi = Li$

Entonces: $V = -L di/dt$

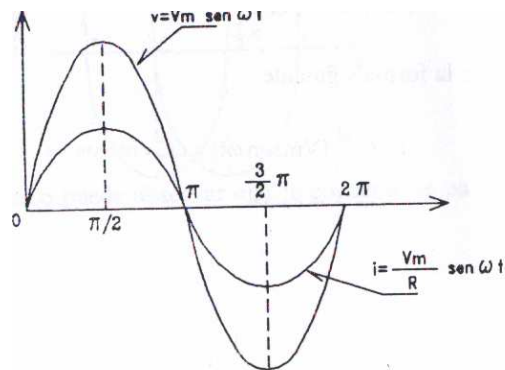
Si la corriente es senoidal: $i = I_m \cdot \cos(\omega t)$

El voltaje es: $V = -Ld(I_m \cdot \cos(\omega t))/dt = \omega L I_m \cdot \text{Sen}(\omega t)$

$V = V_m \cdot \text{Sen}(\omega t)$; donde $V_m = \omega L I_m$.

De lo anterior se puede ver que en un inductancia la corriente es atrasada 90 grados respecto del voltaje.

Figura 3. Ondas de voltaje y corriente en un inductor



Fuente: Enríquez Harper, **Instalaciones eléctricas residenciales e industriales.** Pág. 16.

2.3.3 Capacitancia

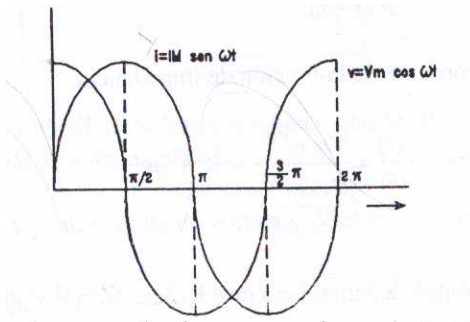
De la definición de corriente eléctrica: $I = -dq/dt$ (negativo porque la corriente convencional va en dirección contraria que la real); $q = Cv$ y derivando con respecto del tiempo $dq/dt = Cdv/dt$; sustituyendo la derivada de la carga en la ecuación de la corriente obtenemos: $I = -Cdv/dt$;

Si el voltaje es cosenoidal: $V = V_m \cdot \cos(\omega t)$

Entonces: $I = -Cd(V_m \cdot \cos(\omega t))/dt = \omega CV_m \text{Sen}(\omega t)$;

Como podemos notar en una capacitancia la onda de corriente esta adelanta 90 grados respecto del voltaje.

Figura 4. Ondas de voltaje y corriente en un capacitor



Fuente: Enríquez Harper, **Instalaciones eléctricas residenciales e industriales**. Pág. 18.

2.4 Concepto de Impedancia Compleja

Consideremos un circuito R-L con un voltaje complejo aplicado $v(t) = V_m e^{j\omega t}$.

Aplicando la ley de Kirchhoff de voltaje:

$$Ri(t) + L di(t)/dt = V_m e^{j\omega t} \quad (a)$$

La solución particular a esta ecuación es: $i(t) = Ke^{j\omega t}$ (b)

Sustituyendo (b) en (a):

$$RKe^{j\omega t} + j\omega LKe^{j\omega t} = V_m e^{j\omega t}$$

$$K(R+j\omega L) = V_m$$

Entonces $i(t)$ es: $i(t) = (V_m/(R+j\omega L))^*e^{j\omega t}$

La relación voltaje a corriente da la función de impedancia:

$$Z=v(t)/i(t)= (V_m e^{j\omega t})/ ((V_m/(R+j\omega L))^*e^{j\omega t})=R + j\omega L$$

Es decir que para un circuito R-L la impedancia compleja es $Z= R + j\omega L$

De un desarrollo similar, para un circuito R-C $Z = R - j(j/\omega C)$.

2.5 Potencia compleja

La potencia compleja o potencia aparente está dada por el producto VI y se denota por el símbolo S . Las unidades de S son Voltio-Amperios o sus múltiplos. En la forma trigonométrica la potencia compleja tiene la forma:

$$S = VI*\text{COS}(\phi) + jVI*\text{SEN}(\phi)$$

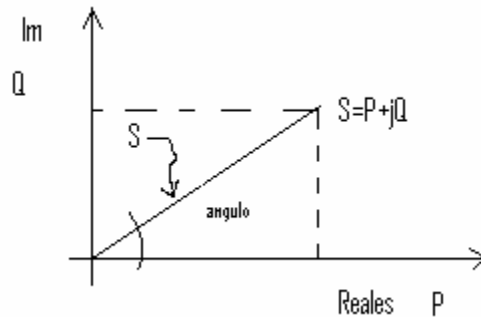
El producto $VI*\text{COS}(\phi)$ es la parte real y se le conoce como potencia real (p) y su unidad son Vatios (w) y sus múltiplos, ver figura 5.

Al producto $VI*\text{SEN}(\phi)$ que es la parte imaginaria, se le conoce como potencia reactiva (Q) y sus unidades son voltio-amperios reactivos (Var) y sus múltiplos.

De manera que la potencia compleja se puede expresar como:

$$S = P + jQ$$

Figura 5. Potencia compleja



Fuente: El autor.

3. FACTOR DE POTENCIA Y SU CORRECCIÓN

El factor de potencia es el coseno del ángulo de desfase entre la corriente y voltaje aplicados a una carga. Los motores eléctricos de inducción, que son los más utilizados en la mayoría de las aplicaciones industriales y comerciales, son cargas inductivas y en estas la corriente esta atrasada con respecto del voltaje; esto hace que los sistemas eléctricos presenten más perdidas de potencia en el cableado debido a que la corriente total es mayor que si se trabajara con un $FP=1$ (FP es la abreviación utilizada para referirse al factor de potencia) que es lo ideal, es por ello que la compañías de electricidad penalizan económicamente a los usuarios que tienen un FP por debajo de determinado valor . De allí surge la necesidad del usuario de corregir el valor del FP, en cuyo caso se debe de considerar la corrección no como un gasto sino como una inversión.

3.1 Corrección del factor de potencia

El efecto contrario a las cargas inductivas lo poseen las cargas capacitivas es por ello que se hace necesario la instalación de capacitores para poder mejorar el factor de potencia; nuestro problema consiste ahora en determinar el tamaño que deben tener estos para poder obtener los resultado deseados.

A continuación se describe un método para encontrar la potencia reactiva que deberá tener el banco de capacitores.

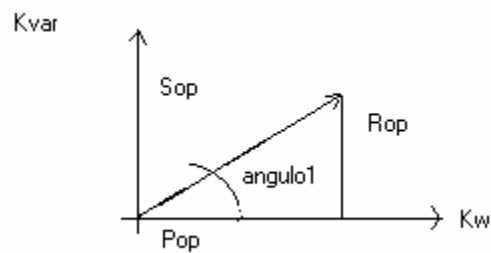
Consideraciones a tomar en cuenta:

- Se debe hacer el cálculo para un FP cercano a 1 con el motor a plena carga, pero no 1, se recomienda 0.95, no se aconseja el FP igual a 1 , ya que en algún momento la potencia reactiva capacitiva puede exceder a la inductiva

provocando elevación de la tensión y daños al aislamiento de los embobinados del motor.

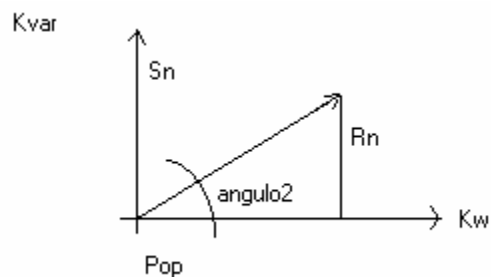
- La corriente de magnetización del motor se mantiene constante cualquiera que sea la carga mecánica que se le ponga este, pero la potencia activa si aumenta, es por ello que el factor de potencia se eleva si se carga más mecánicamente el motor.

Figura 6. Triangulo de potencias con FP actual



Fuente: el autor.

Figura 7. Triangulo de potencias con FP deseado



Fuente: El autor.

Para calcular la potencia del banco de capacitores consideramos las figuras 6 y 7, en donde:

S_{op} = Potencia aparente de operación a factor de potencia con ángulo1 (ϕ_1) en KVA

Pop = Potencia activa de operación en KW

Rop = Potencia reactiva de operación en KVAR

PBC = Potencia del banco de capacitores en KVAR

Rn = Potencia reactiva nueva con FP corregido al valor deseado en KVAR con ángulo2 (ϕ_2)

Sn = Potencia aparente nueva con FP corregido en KVA

Para un sistema trifásico* (véase figuras 6 y 7):

$$Sop = \sqrt{3} * VLrms * ILrms$$

Donde:

VLrms = Voltaje RMS de línea, tomado de las mediciones.

ILrms = Corriente RMS de línea, tomada de las mediciones.

Pop=Sop*COS(ϕ_1); Rop=Pop*TAN(ϕ_1); siendo (ϕ_1)=ACOS(FPactual)

FP=COS(ϕ_2)= 0.95 entonces (ϕ_2)=ACOS(0.95)

Rn= Pop*TAN(ϕ_2); Sn=Pop/ COS(ϕ_2)

Entonces la potencia trifásica del banco de capacitores será: PBC= (Rop-Rn) (KVAR).

3.2 Instalación de capacitores

3.2.1 Conexión del banco de capacitores en el lado de alta tensión.

Ventajas:

- Reduce el pago a la compañía suministradora por bajo factor de potencia.
- El costo del banco de capacitores es menor debido a que es más barato comprar capacitores para alta tensión.

* Recordar que para los cálculos se toma en cuenta la potencia de operación y no la de los datos de placa pues generalmente los motores no se hallan a plena carga, y el FP varía con la carga.

Desventajas:

- Requiere de mayor cuidado para su instalación, protección y operación.
- No se tiene un ahorro por reducción del calibre de los conductores en alimentadores y circuitos derivados de motores instalados en el secundario del transformador.

3.2.2 Conexión de capacitores a las terminales del motor.

3.2.2.1 Localización A.

El capacitor se instala en el lado de la fuente de alimentación del arrancador y la protección de sobrecarga, por lo que:

- a) El tamaño del capacitor no es dependiente de la corriente de magnetización en vacío.
- b) La corriente del arrancador permanece sin cambio.
- c) El ajuste de disparo por sobrecarga del motor permanece sin cambio.

3.2.2.2 Localización B

El capacitor está instalado sobre el lado del arrancador, pero sobre el lado de la línea de relevador de sobrecarga, por lo que:

- a) El tamaño del capacitor es dependiente de la corriente de magnetización del motor.
- b) Se reduce la corriente del arrancador
- c) La corriente de ajuste de disparo por sobrecarga es la misma que si el motor no tuviera capacitor.

3.2.2.3 Localización C

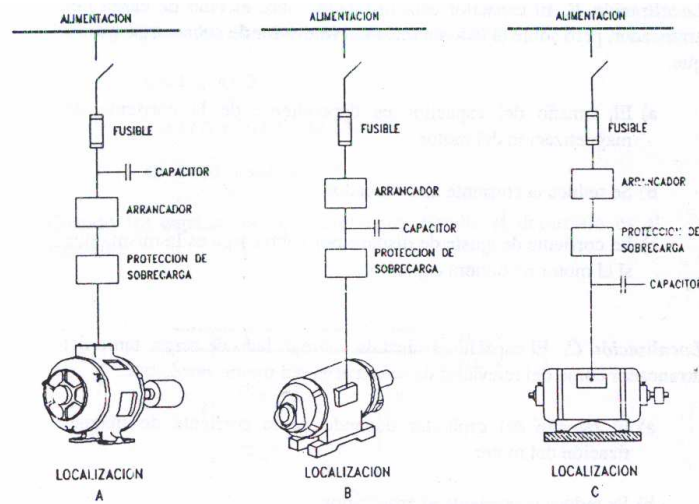
El capacitor se instala sobre el lado de la carga, tanto del arrancador como del relevador de sobrecarga del motor, por lo que:

- El tamaño del capacitor depende de la corriente de magnetización del motor.
- Se reduce la corriente del arrancador.
- El ajuste de la protección contra sobrecarga del motor se reduce de acuerdo con la expresión:

$$\text{DSCA Con capacitores} = \text{DSCA Sin Capacitores} * \frac{(\text{FP sin capacitores})}{(\text{FP con capacitores})}$$

DSCA=Dispositivo de sobre corriente ajustable.

Figura 8. Localización de los capacitores para mejorar el FP



Fuente: Enríquez Harper. **Instalaciones eléctricas residenciales e industriales.** Pág. 297.

3.3 Tarifas de consumo de DEOCSA

Se incluyen estas tarifas, ya que corresponden a los servicios de electricidad contratados en los sistemas de bombeo de agua potable de la municipalidad de Salcajá, Quetzaltenango, dichos servicios los presta la Distribuidora de electricidad de Occidente S.A. (DEOCSA), y cuya información será de utilidad en el análisis económico del proyecto.

Tabla I. Tarifas de Deocsa.

Tipo de servicio: BT Con Demanda FP DR			
		Precio (Q.)	
BTDfp	UNIDAD	Sin IVA	con IVA
Cargo Fijo	Q./Suminis-Mes	393.13608	440.31
Cargo por Energía	Q/Kwh	0.48572	0.544
Potencia Contratada	Q/Kwh-Mes	63.56718	71.195
Potencia Máxima en punta	Q/Kwh-Mes	47.64288	53.36
Potencia en Punta	Q/Kwh-Mes	-----	-----
Potencia Máxima fuera de punta	Q/Kwh-Mes	63.56718	71.195

Fuente: Oficina Comercial de DEOCSA, Quetzaltenango.

Según las NTSD (Normas técnicas del servicio de Distribución, emitidas por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica de Guatemala), Título V, Capítulo III artículo 49 usuarios con potencias hasta 11 Kw. deberán tener un FP mínimo de 0.85 y superiores a 11 Kw. deberán mantener un FP mínimo de 0.9.

Según su el artículo 51 de las NTSD la penalización depende de la distribuidora, en nuestro caso DEOCSA utiliza la siguiente formula:

$$\text{Recargo por bajo F.P.} = (0.9 - \text{FP})(\text{CCE} + \text{CPC} + \text{CPM})$$

Valida para $(0.9 - \text{FP}) \geq 0$; Donde:

FP=Factor de potencia

CCE=Costo por consumo de energía en (Q).

CPC=Costo por potencia contratada en (Q).

CPM=Costo por potencia máxima en (Q).

Fuente: Información proporcionada en la oficina comercial de DEOCSA, Quetzaltenango

3.4 Medición del F.P. (factor de potencia)

Debido a que necesitamos una medición precisa del FP, en nuestro estudio nos basaremos en las normas vigentes en el país.

La forma de determinar el F.P. se describe en el artículo 50 de las NTSD, que a continuación se describe:

Control para el Factor de Potencia. El control se realizará en el punto de medición o en la acometida del Usuario, en períodos mínimos de siete días, registrando datos de energía activa y reactiva. El factor de potencia se determinará, efectuando mediciones tanto en el período horario de punta como en el resto del día, de acuerdo a lo indicado a continuación:

$$Fpot_p = \text{EnergAct}_p / \sqrt{(\text{EnergAct}_p^2 + \text{EnergReact}_p^2)}$$

Donde:

Fpotp : Factor de Potencia para el período horario (p)

EnergActp : Energía activa registrada en el período de registro para el período horario (p)

EnergReactp : Energía reactiva registrada en el período de registro para el período horario (p)

Según las NTSD en su artículo 63 inciso c) la precisión de los medidores instalados debe ser de 2%; la precisión de las mediciones de voltaje y corriente que se realizaron cuya precisión es de 1% y 2% respectivamente están dentro de lo exigido por dichas normas.² (Ver anexo B).

3.5 Sistemas automáticos de corrección del factor de potencia

Hay dos formas de compensar el factor de potencia:

- Cada equipo en forma individual

² Ver referencia 2 (NTSD)

- La totalidad de la instalación

El primer caso ya fue descrito anteriormente; ahora para el segundo caso se hace necesario saber que tanto varía el FP a lo largo de un determinado periodo de tiempo, lo cual depende de la frecuencia de operación, pues así se eligen las potencias reactivas de cada paso del regulador automático del factor de potencia, el cual se encargara de mantener el FP al valor deseado, previa su programación.

Para los sistemas de bombeo del municipio de Salcajá, ya que cada instalación es independiente y la carga constante, la compensación será en forma individual, con un banco fijo de capacitores.

4. DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN

Los dispositivos de protección tienen por objeto prevenir daños debidos a sobretensiones, sobrecargas y cortocircuitos que pudieran causar incendios u otros problemas en las instalaciones eléctricas. Los dispositivos de protección que se detallaran son: fusibles, cortacircuitos de caja moldeada y pararrayos, los cuales son los utilizados para los propósitos aquí tratados.

Los fusibles y cortacircuitos se caracterizan principalmente por: Intensidad nominal, voltaje máximo del circuito, curva de operación y capacidad de interrupción.

4.1 Fusibles

Los elementos fusibles han sido utilizados desde que se empezaron a estudiar e implementar los sistemas eléctricos y consisten en hilos de materiales que presentan baja temperatura de fusión de tal manera que, al pasar por ellos una corriente eléctrica, por efecto joule se producirá un calentamiento en los mismos, y si esta corriente sobrepasa su valor nominal el fusible se fundirá e impedirá que siga fluyendo la corriente y se dañe el equipo al cual esta protegiendo.

Los fusibles son de bajo costo, por lo cual son comúnmente utilizados pero presentan algunos inconvenientes como por ejemplo que ha veces no se especifica su capacidad interruptiva; también que se corre el riesgo que a la hora de tener que reemplazar alguno y no conseguirlo inmediatamente se coloque un simple alambre en reemplazo, otro inconveniente es que son monofasicos y al fundirse uno pueden dejar el equipo trabajando con 2 fases en caso de ser trifásico.

Los fusibles se dividen en dos clases: limitadores y no limitadores de corriente. Los fusibles limitadores actúan en forma extremadamente rápida, en cortocircuitos.

Dentro de los limitadores fundamentalmente encontraremos dos tipos de fusibles en las instalaciones de baja tensión:

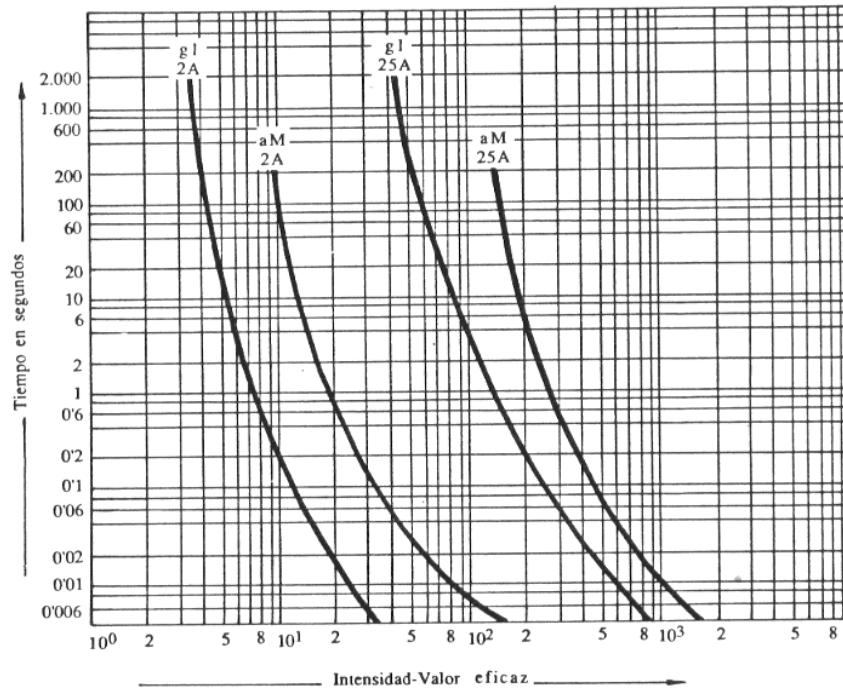
gI ó (fusible de empleo general)

aM ó (fusible de acompañamiento de Motor)

Los fusibles de tipo gI se utilizan en la protección de líneas, estando diseñada su curva de fusión "intensidad-tiempo" para una respuesta lenta en las sobrecargas, y rápida frente a los cortocircuitos.

Los fusibles de tipo aM, especialmente diseñados para la protección de motores, tienen una respuesta extremadamente lenta frente a las sobrecargas, y rápida frente a los cortocircuitos. Las intensidades de hasta diez veces la nominal ($10 I_n$) deben ser desconectadas por los aparatos de protección propios del motor, mientras que las intensidades superiores deberán ser interrumpidas por los fusibles aM. Comparación de curvas típicas de los fusibles gI y aM, para un mismo valor nominal de corriente. Como podemos ver en la figura 9 el comportamiento es distinto para un fusible gI con $I_n=25A$, a uno aM con $I_n=25A$, pues ante una corriente alta de poca duración actuara primero el gI, y esto no es deseado en el arranque de un motor es por ello que se usan para este propósito los aM,

Figura 9. Curvas típicas de fusibles de uso general y de acompañamiento de motor.



Fuente: www.Elprisma.com/ingenieríaelétricayelectronica

Para la selección de un fusible hay que tomar en cuenta las características principales: la clase, tensión, ampacidad, Capacidad interruptiva, y subclase, tal como lo indica la tabla II de UL (UnListed, institución dedicada a la certificación de calidad de equipo eléctrico). Para Uso general se pueden emplear fusibles tipo: H, K, R y T. Para Uso rudo (aM) se e pueden emplear fusibles tipo: H, K, R, J, L y T. En la última columna se indica la norma UL que aprobó el equipo.

Tabla II. Clasificación UL para fusibles.

Clasificación de fusibles según UL					
Clase	Tensión	Capacidad (AMP.)	Capacidad interruptiva (AMP.)	Subclase	Normas UL
G*	300	0-60	100,000		UL198 C
H*	250, 600	0-600	10,000	Renovable	UL 198 B
				No renovable	UL 248 B
J*	600	0-600	200,000		
K	250, 600	0-600	50,000 ó 100,000 ó 200,000	K1 y K5	UL 198 D
L*	600	601-6000	200,000	RK1 y RK5	UL 248 B
R*	250-600	0-600	200,000		UL 248 12
T*	300	0-1200	200,000		UL 248 15
T*	600	0-800	200,000		UL 248 15
CC*	600	0-30	200,000		UL 248 4
ENCHUFABLE	125	0-30	10,000	"BASE EDISON" Y TIPOS	UL 198 F

*Fusibles limitadores de corriente.

Fuente: Catalogo 2004 de Siemens, Sección interruptores de seguridad

4.2 Cortacircuitos de caja moldeada

Figura 10. Interruptor termo magnético.



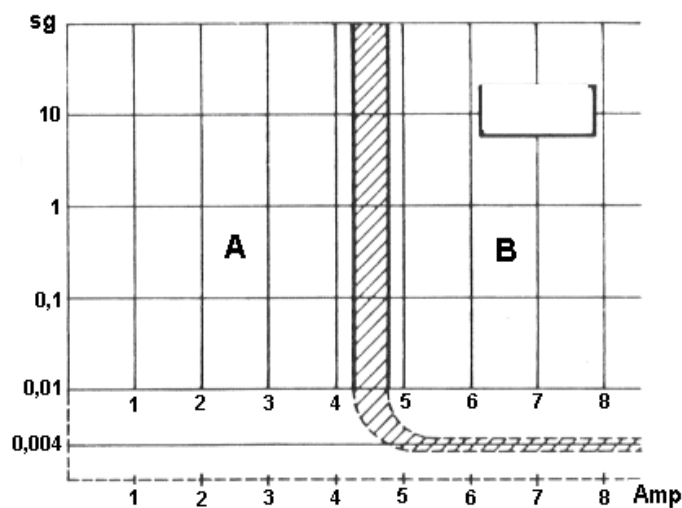
Fuente: Catalogo 2004 de Siemens, Sección interruptores termo magnéticos.

Estos dispositivos que son llamados comúnmente flipones, son de dimensiones pequeñas, generalmente utilizados en baja tensión y protegen los sistemas eléctricos en el caso de sobre corrientes y cortocircuitos. Los hay de accionamiento térmico, magnético y termo magnético.

Los de accionamiento térmico utilizan un bimetalico que al paso de la corriente aumenta su temperatura y al sobrepasar la corriente nominal, se refleja y dispara del dispositivo abriendo el circuito donde existe la falla.

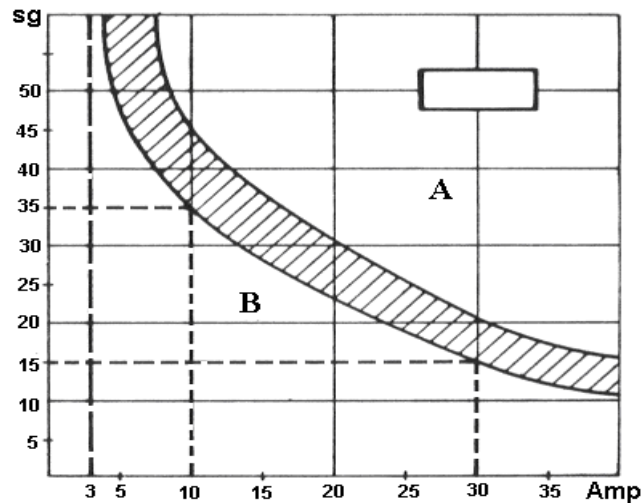
Los magnéticos poseen un pequeña bobina en serie con la corriente, son de accionamiento bastante rápido en caso de cortocircuito. La corriente de disparo magnético es a veces ajustable. También hay dispositivos que combinan las características anteriores y son denominados Interruptores Termo-magnéticos.

Figura 11. Curva de disparo magnético



Fuente: Ing. Rodolfo Koenigsberger, **Instalaciones eléctricas I.** Pág.84

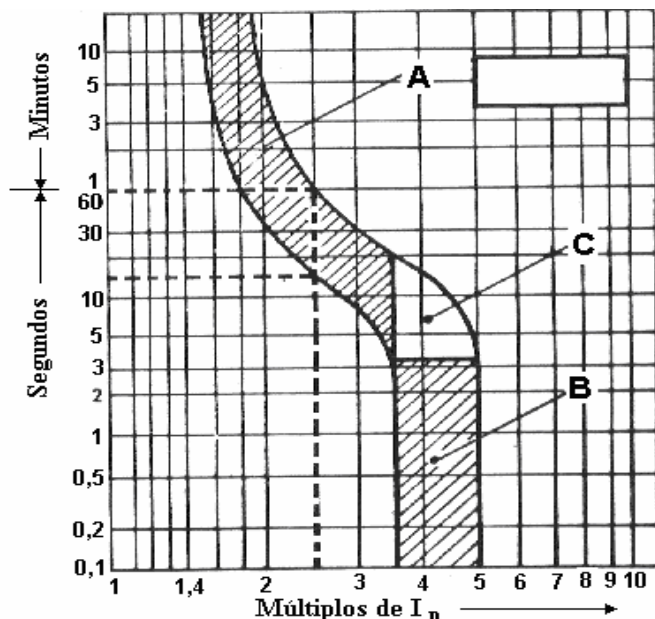
Figura 12. Curva de disparo térmico



Fuente: Ing. Rodolfo Koenigsberger, **Instalaciones eléctricas I.** Pág.84

De acuerdo a las curvas de las figuras 11 y 12; el dispositivo magnético permite trabajar en la zona A pero no en la B. La desconexión se efectúa cuando las condiciones del circuito llegan a la zona rayada de separación entre ambas. Así pues, para esta curva de disparo magnético, cualquier intensidad menor de 4,25 A (amperios), no provocaría desconexión, por más tiempo que estuviera circulando. Una intensidad mayor de 4,75 A, provocaría la desconexión inmediata. El límite inferior de la curva (unos 4 milisegundos), viene determinado por el tiempo que transcurre desde el instante de establecimiento de la intensidad, hasta la extinción del arco. Este tiempo marca la inercia mecánica y eléctrica propia de estos aparatos. El dispositivo térmico permite trabajar en la zona A pero no llegar a la zona B. La interrupción del circuito se efectúa siempre cuando las condiciones de trabajo llegan a la zona rayada que marca la separación entre ambas. Esta zona rayada marca las tolerancias lógicas que tendrá la fabricación de este tipo de aparatos. Así, pues, en la curva de disparo térmico, circulando una intensidad de 3A., el interruptor no desconectaría nunca. Con 10A iniciaría la desconexión a los 35 seg.

Figura 13. Curva de disparo termo magnético*



Fuente: Ing. Rodolfo Koenigsberger, Instalaciones eléctricas I. Pág.85

En la curva de desconexión de un magneto-térmico, en la que se aprecia una zona A, claramente térmica, una zona B que corresponde a la reacción magnética, y la zona de solape C, en donde el disparo puede ser provocado por el elemento magnético o térmico indistintamente. Normalmente, en los gráficos en que se ilustra la curva característica de los magneto-térmicos, se concede el eje vertical a la escala de tiempos, graduada logarítmicamente, y el eje horizontal a la escala de intensidades, graduada también a escala logarítmica, y en múltiplos de la intensidad nominal. Así, por ejemplo, un punto $3 I_n$ corresponderá a 30A, si el aparato es de 10A, o bien a 75A, si el aparato es de 25A, etc.

* Las curvas para elementos térmicos, magnéticos y magneto térmicos, no son curvas generales sino que obedecen a casos específicos, pero cuyas tendencias si son similares para todos los de su tipo.

Como en casos anteriores, la zona de tolerancia delimita las dos zonas características de "no desconexión" y de "segura desconexión". Así, para una intensidad $2,5 I_n$ podría suceder la desconexión entre los 15 y los 60 segundos, siendo correcto cualquier tiempo intermedio de disparo.

Mecánicamente, podemos decir que estos interruptores disponen de desconexión libre, es decir, que cuando se produce una desconexión, ya sea por sobrecarga o cortocircuito, el aparato desconecta aunque se sujete la manecilla de conexión. Para los magneto-térmicos bipolares o tripolares, podemos decir también que cuando una fase es afectada en la desconexión, ésta se efectúa simultáneamente en todos los polos mediante transmisión interna, independiente de la pieza de unión entre manecillas.

4.3 Coordinación de la protección

Significa elegir los dispositivos en forma adecuada, de tal manera que se accionen selectivamente, desconectando solamente el circuito donde existe la anomalía. Y si alguno fallara en su función protectora deberá accionarse el dispositivo siguiente en la cadena de protección. Si no se cuenta con un sistema de protección bien coordinado se corre el riesgo de dejar sin energía partes del sistema o causar daños en las instalaciones.

4.4 Tomas de tierra

Se define como "Toma de Tierra" a la unión eléctrica de un conductor con la masa terrestre. Esta unión se lleva a cabo mediante electrodos enterrados, obteniendo con ello una toma de tierra cuya resistencia de "empalme" depende de varios factores, tales como: superficie de los electrodos enterrados, profundidad de enterramiento, clase de terreno, humedad y temperatura del terreno, etc.

Por otra parte, llamaremos "Puesta a Tierra", a la unión directa de determinadas partes de una instalación eléctrica, con la toma de tierra, permitiendo el paso a tierra de las corrientes de falta o las descargas atmosféricas.

Se establece que los objetivos de las tomas de tierra son:

1º) Limitar la tensión que con respecto a tierra puedan presentar las masas metálicas en un momento dado.

2º) Asegurar la actuación de las protecciones.

3º) Eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en el material eléctrico utilizado.

La puesta a tierra como protección va siempre asociada a un dispositivo de corte automático, sensible a la intensidad de defecto, que origina la desconexión del circuito.

Así, la corriente a tierra producida por un defecto franco (resistencia de fuga nula, $R_f = 0$), debe hacer actuar el interruptor automático magneto térmico en un tiempo lo más reducido posible.

Si la resistencia de tierra (R_t) es pequeña, la intensidad de fuga resultará ser grande, provocando el disparo del magneto térmico.

Un ligero defecto de aislamiento provoca una resistencia de fuga relativamente grande, y en consecuencia una intensidad de fuga pequeña, por lo que el magneto térmico no podrá actuar.

Si en estos casos queremos tener protección, deberemos disponer de un interruptor automático diferencial, capaz de cortar el circuito con la intensidad de fuga que determinemos. Los valores de la resistencia a tierra los determinan las normas vigentes del sector eléctrico de nuestro país. Según las NTSD, para el caso de los sistemas de bombeo de Salcajá dado que la potencia es $< 1\text{MVA}$, la R_t deberá ser ≤ 3 ohmios. ^{π}

^{π} Ver pagina 52 de este informe.

5. PROTECCIÓN DE MOTORES

La explotación óptima de la capacidad de los motores se hace cada día más necesaria por su gran influencia en el concepto de rentabilidad de las instalaciones. Por otra parte, el mismo concepto exige que la instalación sólo se pare en aquellos casos absolutamente imprescindibles. Esto requiere necesariamente el empleo de un buen sistema de protección de motores.

Para que un motor funcione sin problemas tenemos que satisfacer los tres puntos siguientes:

- 1.- Elección del motor según su utilización.
- 2.- Montaje correcto, mantenimiento regular y funcionamiento cuidadoso.
- 3.- Una buena protección que detecte los peligros y, siempre que sea posible, desconecte el motor antes de la avería.

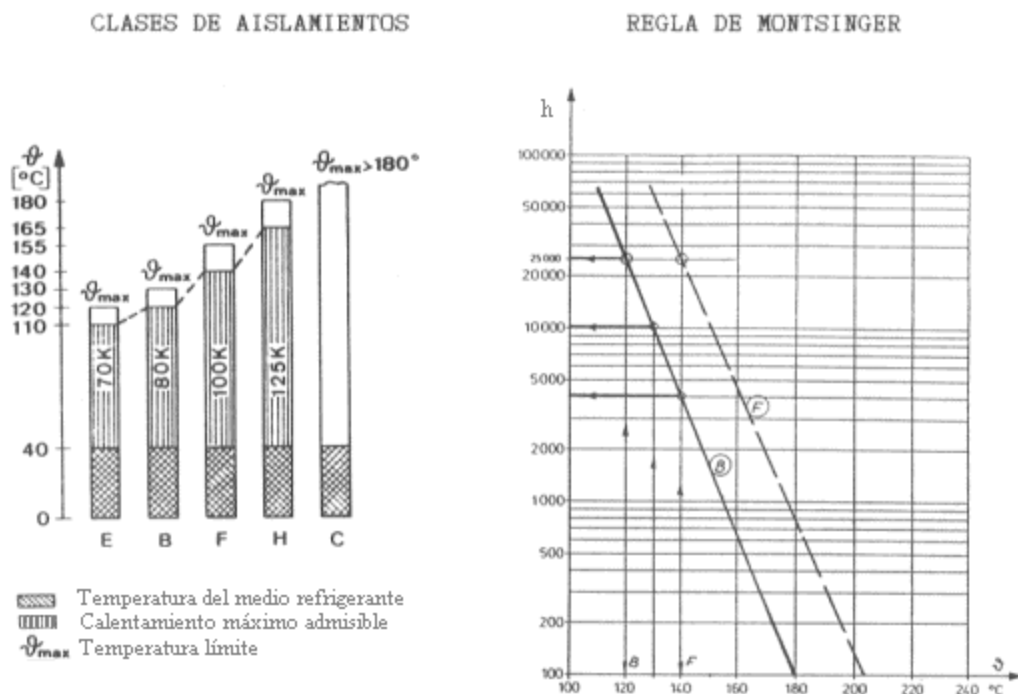
El resultado de un estudio hecho con más de 9.000 casos de defectos de motores en Inglaterra, Finlandia y Estados Unidos, indica que más de la mitad de los defectos producidos en los motores se deben a sobrecarga térmica, fallo de fase y humedad, aceite, polvo, etc.

Es importante destacar que estos defectos se han producido a pesar de la presencia de un sistema de protección normal, generalmente relés térmicos bimetalicos. Como demuestra la estadística de defectos, el arrollamiento del estator es la parte más vulnerable del motor desde el punto de vista térmico, siendo los materiales aislantes de los conductores que forman el bobinado los principales responsables.

Los aislantes utilizados están previstos para unas temperaturas de funcionamiento bien definidas según la clase de aislamiento; para motores se utilizan generalmente las clases B y F, que admiten en permanencia unas temperaturas máximas de 120°C y 140°C respectivamente.

Los motores se dimensionan normalmente para una vida teórica del orden de 25.000 horas de servicio (aproximadamente 10 años) con el aislamiento sometido a una temperatura máxima admisible en permanencia (p.e. 120°C para clase B). Cuando se sobrepasa esta temperatura, la vida del motor se reduce según una regla generalmente aceptada, llamada regla de Montsinger.

Figura 14. Clases de Aislamiento y regla de Montsinger



Fuente: www.Elprisma.com/ingenieríaeléctricayelectronica

Según esta regla, cuando a un motor se le hace trabajar en permanencia a 10°C por encima de su temperatura límite (p.e. 130°C para clase B), su vida se reduce aproximadamente a la mitad, de 25.000 horas a 10.000 horas, y si se le hace trabajar a 20°C más, su vida se reduce aproximadamente a la quinta parte, es decir, a unas 4.500 horas.

5.1 Réles térmicos bimetalicos

Los relés térmicos bimetalicos constituyen el sistema más simple y conocido de la protección térmica por control indirecto, es decir, por calentamiento del motor a través de su consumo.

Los bimetales están formados por la soldadura al vacío de dos láminas de materiales de muy diferente coeficiente de dilatación (generalmente ínvar y ferro níquel). Al pasar la corriente eléctrica, los bimetales se calientan y se curvan, con un grado de curvatura que depende del valor de la corriente y del tiempo. En caso de sobrecarga, al cabo de un determinado tiempo definido por su curva característica, los bimetales accionan un mecanismo de disparo y provocan la apertura de un contacto, a través del cual se alimenta la bobina del contactor de maniobra. Este abre y desconecta el motor.

Se trata, pues, de una protección contra fallos de fase muy relativa, ya que el tiempo de disparo depende de la intensidad que esté consumiendo el motor. Si en el momento del fallo de fase esta intensidad fuera inferior al valor ajustado en el relé, éste no dispararía o lo haría en un tiempo muy grande. En cualquier caso se trata de un disparo lento, ya que incluso con la intensidad nominal habría que esperar un tiempo de aproximadamente 100 segundos.

Por otra parte, los relés térmicos tienen una curva de disparo fija y está prevista para motores con arranque normal, es decir, con tiempos de arranque del orden de 5 a 10 segundos.

No por ello se deben dejar de considerar sus limitaciones, entre las cuales podemos destacar las siguientes:

- Curva de disparo fija, no apta para arranques difíciles.
- Ajuste impreciso de la intensidad del motor.
- Protección lenta o nula contra fallos de fase, dependiendo de la carga del motor.
- Ninguna señalización selectiva de la causa de disparo.
- Imposibilidad de auto controlar la curva de disparo.

5.2 Interruptor automático de motor

Los interruptores automáticos de motor utilizan el mismo principio de protección que los interruptores magneto térmicos. Son aparatos diseñados para ejercer hasta 4 funciones:

- 1.- Protección contra sobrecargas.
- 2.- Protección contra cortocircuitos.
- 3.- Maniobras normales manuales de cierre y apertura.
- 4.- Señalización.

Este tipo de interruptores, en combinación con un contactor, constituye una solución excelente para la maniobra de motores, sin necesidad de fusibles de protección.

5.3 Protección con sondas térmicas

La protección con sondas térmicas constituye un magnífico sistema de protección contra las sobrecargas térmicas suaves y prolongadas. La sonda es como un termómetro que mide de forma directa la temperatura del arrollamiento del motor, acusando también la influencia de otros factores externos, tales como una temperatura ambiente excesiva o una refrigeración insuficiente.

Aunque hay varios tipos de sondas, las más utilizadas son las de coeficiente de temperatura positivo (CTP) o termistancias, las cuales se caracterizan por provocar un aumento brusco de su resistencia cuando la temperatura llega a un valor determinado, llamado "temperatura nominal de funcionamiento" (TNF). Para este valor, la termistancia, conectada a un relé electrónico especial, provoca el disparo del contactor de maniobra.

Como las sondas miden exclusivamente la temperatura del punto en que hacen contacto, es necesario colocarlas en los puntos más críticos del arrollamiento del motor; generalmente en el fondo de las ranuras o en las cabezas de bobina del lado de salida del aire. Esto obliga a efectuar su montaje de forma cuidadosa durante la fase de bobinado del motor para asegurar un buen contacto térmico.

La sonda reacciona con un cierto retardo definido por su constante de tiempo térmica, que en la práctica suele ser del orden de 8 a 10 segundos.

Esta inercia térmica, normalmente olvidada, es un factor muy importante a tener en cuenta sobre todo en casos de sobrecargas bruscas o bloqueo del rotor.

Como las sondas térmicas sólo pueden detectar calentamientos con un cierto retardo, no suministran una protección rápida, como sería de desear, en los casos contra fallos de fase, bloqueo del motor, cortocircuito entre fases, y defectos o derivaciones con respecto a tierra. Tampoco las sondas térmicas protegen a los conductores de alimentación, por lo que su empleo sólo es aconsejable en combinación con otros sistemas de protección.

5.4 Protección electrónica de motores

El secreto de una buena protección está en simular lo más exactamente posible el comportamiento térmico del motor, lo que evidentemente no es nada fácil.

Son muchas las causas que afectan al buen funcionamiento de un motor y por lo tanto solamente un dispositivo electrónico es capaz de realizar los distintos reglajes y las distintas combinaciones necesarias para poder cubrir la casi totalidad de las posibles causas de avería que se pueden presentar en un motor.

Generalmente los dispositivos electrónicos protegen al motor de: Sobrecargas, Fallos de fase y asimetría, protección térmica mediante sonda, dependiendo del fabricante.

5.5 Criterio de elección de un sistema de protección

Establecer unos criterios generales para la elección del sistema de protección más adecuado en cada caso no resulta fácil, entre otras razones porque la elección depende de la responsabilidad del funcionamiento del motor en el conjunto de la instalación.

En primer lugar habrá que tener presente las características de los distintos sistemas de protección estudiados.

En segundo lugar es necesario considerar el precio de cada sistema de protección en comparación con el costo de un motor nuevo y con el coste de la reparación del mismo. Es decir, que con una sola vez que se evite el quemado de un motor queda amortizado el coste de la protección y todo ello, sin considerar la pérdida de producción originada por la sustitución del motor averiado.

6. CÁLCULOS PARA LA CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO DEL MUNICIPIO DE SALCAJÁ, QUETZALTENANGO

La realización de de los cálculos, para determinar la capacidad del banco de capacitores para cada sistema de bombeo, se realiza en función de los datos obtenidos de las mediciones de voltaje y corriente (ver anexo B), de los recibos emitidos por DEOCSA (ver anexo C, columnas de FP), y de las fichas de inspección de datos, (ver anexo A) todo esto con el fin de obtener resultados confiables, acordes con la realidad de las variables eléctricas que existen en dichos sistemas.

6.1 Pozo San Jacinto

Según las NTSD, Título V, Capítulo III artículo 49 usuarios con potencias Superiores a 11 Kw deberán mantener un f.p. mayor o igual a 0.9. Entonces se subirá el f.p. a un valor de 0.95 que es un valor aceptable.

De los datos de placa a plena carga:

$$V_L=220V$$

$$I_L=124.A$$

Entonces:

$$S=\sqrt{3}*V_L*I_L= \sqrt{3}*220V*124A= 47,250.35VA$$

$$S=47.25KVA$$

De las mediciones realizadas:

$$I_{prom}=109.33 \pm 2.19(A)$$

$$V_{prom}=229.33 \pm 2.29(V)$$

$$Sop = \sqrt{3} * V_{Iprom} * I_{Iprom} = \sqrt{3} * 229.33V * 109.33A = 43,427.10VA$$

$$Sop = 43.43KVA$$

Sop= Potencia aparente de operación.

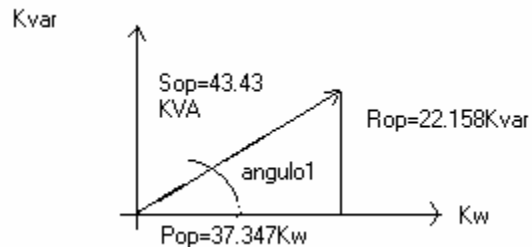
De lo anterior podemos notar que el motor no trabaja a plena carga, y determinaremos el % de plena carga al cual trabaja. Tomemos también en cuenta que el calculo de la potencia del banco capacitores a instalar debe ser en función de la potencia aparente de operación de dicho motor.

$$\%pc = (Sop/Spc) * 100\% = (43.43/47.25) * 100\% = 91.91\%$$

%pc=porcentaje de plena carga.

Spc=Potencia aparente de plena carga.

TRIANGULO DE POTENCIAS A FP=0.86



$$Pop = S * \cos(\Phi_1) = 43.427KVA * 0.86 = 37,347.3W$$

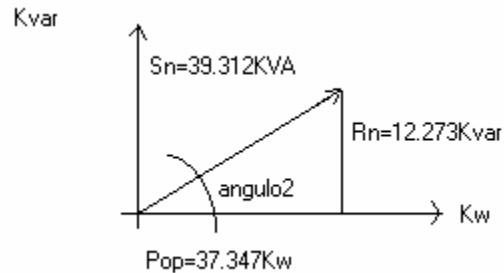
$$\cos(\Phi_1) = 0.86 ; \text{ entonces } (\Phi_1) = \arccos(0.86) = 30.68^\circ$$

$$\tan(\Phi_1) = Rop/Pop \quad \text{y} \quad \text{despejando} \quad Rop = Pop$$

$$\tan(\Phi_1) = 37.347Kw * \tan(30.68^\circ)$$

$$Rop = 22.158KVAR.$$

TRIANGULO DE POTENCIAS A FP=0.95



$$\text{COS}(\Phi_2)=0.95$$

$$(\Phi_2)=\text{ACOS}(0.95)=18.19^\circ$$

$$R_n=\text{Pop}*\text{TAN}(\Phi_2)=37.35\text{Kw}*\text{TAN}(18.19^\circ)=12.273\text{KVAR.}$$

$$S_n=\text{Pop}/\text{COS}(\Phi_2) \text{ sustituyendo los valores } S_n=39.12\text{KVA.}$$

La potencia trifásica del banco de capacitores será de:

$$\text{PBC}=\text{Rop}-\text{Rn}=22.158-12.273=9.88\text{KVAR.}$$

Si se compran 3 capacitores monofásicos serían de 3.3 KVAR c/u, Tensión nominal de 240 Voltios. La conexión recomendada es delta.

Con el procedimiento anterior, se hacen los cálculos para los demás pozos.

6.2 Pozo Santa Rita

Según las facturas emitidas por DEOCSA, no presenta recargo por factor de potencia, por lo que su estudio no será abordado por ahora.

6.3 Pozo Rudolph Walter

La potencia trifásica del banco de capacitores será de:

$$\mathbf{PBC=Rop-Rn=23.82-9.95=13.87KVAR.}$$

Si se compran 3 capacitores monofásicos serían de 4.62 KVAR c/u, Tensión nominal de 480 Voltios. La conexión recomendada es delta.

6.4 Pozo El Sanjon

La potencia trifásica del banco de capacitores será de:

$$\mathbf{PBC=Rop-Rn=20.09-11.14=8.95KVAR.}$$

Si se compran 3 capacitores monofásicos serían de 2.98KVAR c/u, Tensión nominal de 480 Voltios. La conexión recomendada es delta.

6.5 Pozo El Carmen

La potencia trifásica del banco de capacitores será de:

$$\mathbf{PBC=Rop-Rn=21.58-10.24=11.34KVAR.}$$

Si se compran 3 capacitores monofásicos serían de 3.78 KVAR c/u, Tensión nominal 240 Voltios. La conexión recomendada es delta.

6.6 Pozo San Luis

La potencia trifásica del banco de capacitores será de:

$$\mathbf{PBC=Rop-Rn=6.74-2.86=3.88KVAR}$$

Si se compran 3 capacitores monofásicos serian de 1.3 KVAR c/u, Tensión nominal de 480 Voltios. La conexión recomendada es delta.

6.7 Cálculo de FP actual de los motores

En lo referente a la medición del factor de potencia, se aplica el método indicado en las NTSD, según su artículo 50; la penalización depende de la distribuidora, en nuestro caso DEOCSA utiliza la siguiente formula:

$$\text{Recargo por bajo F.P. (Q.)} = (0.9 - \text{FP})(\text{CCE} + \text{CPC} + \text{CPM})$$

Valida para $(0.9 - \text{FP}) \geq 0$

Donde:

FP=Factor de potencia

CCE=Costo por consumo de energía (Q).

CPC=Costo por potencia contratada (Q).

CPM=Costo por potencia máxima (Q).

Fuente: Información proporcionada en la oficina comercial de DEOCSA, Quetzaltenango.

6.8 Exactitud de las mediciones

Según las NTSD en su Título VII, Capítulo II, artículo 64 inciso c) nos indican que para nuestro caso la precisión de los medidores instalados debe ser de 2%; la precisión de las mediciones de voltaje y corriente cuya precisión es de 1% y 2% respectivamente están dentro de lo exigido por dichas normas.

De lo anterior se deduce que el error introducido en los cálculos para determinar la potencia del banco de capacitores es muy pequeño; a pesar de ello se toma como respaldo calcular esta potencia para un FP de 0.95 de tal forma de asegurarnos que nuestro FP corregido en ningún momento es debajo de 0.9, lo cual es nuestro objetivo.

7. CAMBIOS A REALIZAR EN LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO DE AGUA POTABLE, DEL MUNICIPIO DE SALCAJÁ QUETZALTENANGO, Y ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO

7.1 Cambios a la instalación eléctrica en general

Con estos cambios se estaría disminuyendo los costos por mantenimiento en alrededor de un 20% debido a averías ocasionadas por no tener una instalación eléctrica en optimas condiciones para su operación. Lo que conduciría a un ahorro anual de aproximadamente Q. 40, 566.45.

Los cambios se proponen en función de la situación actual, que esta registrada en las fichas de datos del anexo A.

7.1.1 Pozo San Jacinto

7.1.1.1 Balance de corrientes.

Revisión para corriente desequilibrada.

La corriente desequilibrada causa reducción de momento de torsión al arranque del motor, desconexión por la sobrecarga, vibración excesiva y un rendimiento de trabajo inferior, que causa que el motor falle antes de tiempo. Es muy importante que se revise si hay corriente desequilibrada en cualquier sistema trifásico. Bajo condiciones de funcionamiento normal entre las líneas no deben exceder el 5% de desequilibrio.

El suministro de electricidad debe ser verificado para saber si el sistema es de dos o tres transformadores. Si hay dos transformadores el sistema es abierto delta o estrella. Si hay tres transformadores, el sistema es verdadero trifásico. Hay que asegurarse que el transformador tenga la capacidad nominal en

Kilovoltio-amperios (KVA) para la carga de motor. Ver tabla de capacidades mínimas de transformadores.

El porcentaje de la corriente desequilibrada puede ser calculada con la siguiente fórmula y procedimiento:

Promedio de Corriente = Suma de los promedios de corriente de cada enganche

3

% de Corriente desequilibrada = Máxima Diferencia en Amperios del Promedio
Promedio de Corriente

Pasos:

- A. Mida y anote la corriente en amperios para cada un de las fases (enganche #1). Desconecte la corriente.
- B. Traslade los alambres de la izquierda hacia la derecha para que el alambre del cable que estaba en la Terminal No. 1 esté en la 2 y el alambre que estaba en las 2 este en la 3 y el que estaba en la 3 este en la 1 (enganche #2). Traslado los alambres de esta manera no cambia la rotación de motor. Ponga la bomba en marcha, mida y anote las indicaciones de cada fase y desconecte la corriente.
- C. Otra vez traslade los alambres de la izquierda hacia la derecha para que el alambre en la Terminal 1 vaya al 2, el 2 al 3 y el 3 al 1 (enganche #3). Ponga la bomba en marcha, mida y anote las indicaciones de cada fase. Desconecte la corriente.
- D. Sume los valores promedio de cada enganche.
- E. Divida el total entre 3 para obtener el promedio.
- F. Compare las indicaciones de cada fase con el promedio para obtener la máxima diferencia de amperios del promedio.
- G. Divida esta diferencia entre el promedio para obtener el porcentaje de desequilibrio.
- H. Use el enganche del alambrado que provee el más bajo porcentaje de desequilibrio.

7.1.1.2 Corriente de cortocircuito

Tabla III. Icc Ramal Salcajá-Cantel 13.8 KV

Falla	Temporizada	Cortocircuito	Instantánea
fase-fase	320A	1200A	5000A
fase-neutro	60A	999A	1800A

Fuente: Oficina Comercial de DEOCSA, Quetzaltenango.

Tabla IV. Icc Ramal Totonicapán 34.5 KV

Falla	Temporizada	Cortocircuito	Instantánea
fase-fase	230A	1000A	1500A
fase-neutro	65A	700A	1000A.

Fuente: Oficina Comercial de DEOCSA, Quetzaltenango.

El pozo San Jacinto es alimentado por el Ramal Salcajá-Cantel, entonces:

Utilizaremos $I_{cc} = 1200(A)$ a 13.8KV:

$$P_{cc} = \sqrt{3} * V_L * I_{cc} = 1.73 * 13800V * 1200A = 28.68MVA$$

El voltaje en el secundario es 240 V entonces la I_{cc} en el sistema de Baja tensión es de:

$$I_{cc} = P_{cc} / (\sqrt{3} * V_L) = 28.68MVA / (1.73 * 240V) = 68.99KA \cong 70KA.$$

7.1.1.3 Conductores (ver tabla de ampacidad)

Según ficha de datos de inspección: I nominal del motor= 124 Amperios.

- Conductor entre contador y tablero principal:

Según ficha de datos(Ver apéndice A) existe un AWG # 2/0 THHN/THWN y según la tabla V tiene una ampacidad de: 195 Amperios. Este conductor es crítico por corriente ya que su longitud es pequeña.

Tomando en cuenta que es recomendable cargar un conductor sólo el 80% de su ampacidad entonces tenemos una capacidad de conducción de 156 Amperios, lo cual sobrepasa los 124 amperios nominales. Por lo que concluimos que es adecuado.

Tabla V. Ampacidad de Conductores en tubería.

Calibre	60°C	75°C	85°C	90°C
AWG/MCM	Tipos	Tipos	Tipos	Tipos
	RUW T TW UF	RHW RIL RHW RUH THW THWN XHHW USE ZW	V MI	TA,TBS SA,AVB SIS FEP FEPB RHH THHN XHHW
18				14
16			18	18
14	20	20	25	28
12	25	25	30	30
10	30	35	40	40
8	40	50	55	55
6	55	65	70	75
4	70	85	95	95
3	85	100	110	110
2	95	115	125	130
1	110	130	145	150
1/0	125	150	165	170
2/0	145	175	190	195
3/0	165	200	215	225
4/0	195	230	250	260
250	215	255	275	290
300	240	285	310	320
350	260	310	340	350
400	280	335	365	380
500	320	380	415	430

Fuente: Tabla NEC 310-16, Ampacidad de conductores en tubería. Pág. 1.

- Conductor entre tablero principal y tablero secundario:

Procediendo de igual forma que el caso anterior concluimos que el cable AWG

2/0 existente actualmente, según la ficha de datos es adecuado.

- Conductor entre tablero principal y Bomba:

Procediendo como en el caso de conductor entre contador y tablero principal concluimos que es adecuado.

7.1.1.4 Tablero

- Flipon del tablero primario:

No se poseen especificaciones, además sabiendo que existe un tablero secundario que posee otro flipon, según ficha de datos, se recomienda eliminarlo.

Tablero secundario:

- Flipon:

El flipon que posee es de una corriente nominal de 225 Amperios, que es muy superior a la nominal del motor, y que la corriente nominal del banco de transformadores, además la capacidad interruptiva es de 65KA, según calculo de la corriente de cortocircuito necesitamos una de 69KA. Entonces calculamos la corriente nominal del flipon nuevo:

$$I_{\text{protecc}} = 1.25 \cdot (I_n) = 1.25 \cdot 124A = 155A$$

De lo anterior se recomienda sustituir el acutal por un interruptor termo magnético de las siguientes características:

Voltaje: 240 Voltios, Frecuencia: 60 Hz, Intensidad nominal: (disparo térmico) 155Amperios, Capacidad Interruptiva: $\geq 69KA$, No. De polos: Trifásico.

- Contactores:

Se elimina los 2 contactores que están en paralelo, y se sustituye por uno solo de las siguientes características:

Potencia nominal: 55KW, voltaje: 240 Voltios, Frecuencia: 60Hz, Bobina: 240 Voltios, No. De polos: Trifásico, Contactos auxiliares: 1NO, 1NC.

- Rele de sobrecarga:

El rango de intensidades, voltaje y frecuencia es el correcto, por lo que se considera adecuado.

- Supervisor Electrónico:

Adecuado. Según las NTSD, Capítulo II, Regulación de tensión, artículo 24, para baja tensión en el área urbana la tolerancia en variación de voltaje es de 8%. Pero para motores es recomendable entre el 5% y 6% entonces hay que graduar el disparo de voltaje a:

$V_{\text{mín}} = 225\text{V}$ y $V_{\text{máx}} = 254\text{V}$.

- Guarda nivel:

Tensión, frecuencia y funcionamiento correcto, por lo que se considera adecuado.

- Pararrayos en Tablero secundario:

Un pararrayos debe ser usado para proteger el motor contra rayos e interrupciones de línea. Los rayos causan que el voltaje suba en las líneas de alimentación cuando caen en la zona. Interrupciones de líneas son causadas por el abrir y cerrar de interruptores en las líneas principales de distribución de energía. Por lo que según el manual Grundfos para Bombas, es necesario utilizar protección especial de desconexión extra rápida para sobrecargas, en las tres líneas. Según la ficha de datos (ver anexo A), el pararrayos instalado posee estas características, por lo que se le considera adecuado.

- Temporizadores:

Uno actúa para retardar unos minutos el arranque del motor, y el otro para que sistema funciones solo de 6:00 AM a 6:00 PM, para evitar que se enciendan en la hora pico de consumo de energía, ya que a esa hora el voltaje disminuye mucho, se verifico el buen funcionamiento de estos dispositivos en el lugar de su instalación, por lo que concluimos que son adecuados.

7.1.1.5 Banco de Transformadores

- Capacidad del Banco:

Actualmente 75KVA.

Según tabla VI, la capacidad del Banco es Adecuada.

• Conexión:

Actual: Estrella aterrizada/Delta aterrizada.

El secundario no sensa (si se quema un transformador, o se quema un fusible en alta tensión) si se esta trabajando con 2 transformadores como Estrella abierta/Delta abierta.

De lo anterior se sugiere: Cambio a conexión: Estrella flotante/Delta aterrizada.

Tabla VI. Capacidad de transformador requerido para bombas y motores sumergibles trifásicos

H.P. Motor Trifásico	Mínimo total KVA requerido*	Capacidad mín. en KVA para cada transformador	
		2 Transformadores delta o estrella abierta	3 Transformadores delta o estrella
1.5	3	2	1
2	4	2	1 1/2
3	5	3	2
5	7 1/2	5	3
7.5	10	7 1/2	5
10	15	10	5
15	20	15	7 1/2
20	25	15	10
25	30	20	10
30	40	25	15
40	50	30	20
50	60	35	20
60	75	40	25
75	90	50	30
100	120	65	40
125	150	85	50
150	175	100	60
200	230	130	75

*Solamente incluyen los requerimientos de KVA para el motor de la bomba, no incluyen tolerancias para otras cargas.

Fuente: Bombas Grundfos, **Instructivo de Operación e Instalación**. Pág. 16.

7.1.1.6 Tierra física

Tabla VII. Calibre de conductores de tierra (NEC 250-94)

Calibre cable de entrada	Calibre mínimo de tierra
hasta AWG 2	8
1 ó 1/0	6
2/0 ó 3/0	4
4/0 al 350 MCM	2
400 al 600 MCM	1/0

Fuente: Ing. Rodolfo Koenigsberger, **Instalaciones Eléctricas 1**. Pág. 95

- Conductor:

Según tabla VII Calibre de conductores de tierra(NEC 250-94), el calibre actual es el adecuado. Se recomienda hacer unión soldada entre cable de tierra y electrodo.

Tabla VIII. Valores máximos permitidos de resistencia de red de tierras de una subestación en función de su capacidad.

Capacidad de la subestación (MVA)	Resistencia de la Red de tierras (ohmios)
<1	3
1-10	2
10-50	1
50-100	0.5
>100	0.2

Fuente: CNEE, **Normas técnicas de diseño y operación de las instalaciones de distribución**.Pág. 39.

Según las NTDROID, la resistencia debe ser \leq a 3 ohmios. Por lo que se hay que hacer las mediciones respectivas y de superar ese valor, tomar las medidas necesarias para disminuir la resistencia de tierra al valor adecuado.³

³ Para ampliar información ver la referencia 3

7.1.2 Pozo El Carmen

7.1.2.1 Balance de corrientes

De las mediciones de las corrientes de línea, observamos que se necesita balancear las corrientes, con el procedimiento ya descrito.

7.1.2.2 Corriente de cortocircuito

A este pozo lo alimenta el ramal Salcajá-Cantel, entonces:

Icc a 240V = 69KA.

7.1.2.3 Conductores

- Entre contador y tablero principal:

Adecuado.

- Entre tablero Principal y secundario:

Adecuado.

- Entre tablero secundario y bomba:

Adecuado.

7.1.2.4 Tablero

- Flipon del tablero principal:

Sustituir por uno termo magnético de las siguientes características:

Voltaje: 240 Voltios, Frecuencia: 60 Hz, Corriente nominal: 150 Amperios,

Capacidad interruptiva: $\geq 69\text{KA}$, No. De polos: Trifásico.

- Flipon del tablero secundario:

Adecuado.

- Contactores:

Caso similar a pozo San Jacinto, sustituir los 2 contactores en paralelo por uno de las siguientes características:

Potencia nominal: 55KW, voltaje: 240 Voltios, Frecuencia: 60Hz, Bobina: 240 Voltios, No. De polos: Trifásico, Contactos auxiliares: 1NO, 1NC.

- Rele de sobrecarga:

Eliminar los 2 existentes y sustituir por uno con las características siguientes:

Voltaje:240 Voltios, Frecuencia: 60Hz, Rango de Intensidades: 110-135Amperios, No. De polos: Trifásico, 1NC, 1NO.

- Supervisor Electrónico:

Adecuado. Pero graduar a los siguientes valores:

$V_{\text{mín}} = 225\text{V}$, $V_{\text{máx}} = 254\text{V}$.

Tiempos:

Conexión: 120 segundos; Desconexión: 1.5 segundos.

- Guarda nivel:

Adecuado.

- Pararrayos en tablero secundario:

Adecuado.

- Temporizador de 24 horas:

Adecuado.

7.1.2.5 Banco de transformadores

- Capacidad:

Adecuada.

- Conexión.

Cambiar a Estrella flotante/Delta aterrizada.

7.1.2.6 Tierra física

- Conductor:

Adecuado.

Verificar que resistencia de tierra sea $\leq 3\Omega$.

7.1.3 Pozo Rudolph Walter

7.1.3.1 Balance de corrientes

Según ficha de datos, no necesita balance de corriente.

7.1.3.2 Corriente de cortocircuito

Esta bomba la alimenta el ramal Totonicapán, entonces:

Icc a 480V = 71.88KA \cong 72KA.

7.1.3.3 Conductores

- Conductor entre contador y tablero principal:

Cambiar a AWG # 4, THHN/THWN.

- Conductor entre tablero principal y secundario:

Adecuado.

- Conductor entre Tablero secundario y bomba:

Profundidad del motor \cong 350 pies.

Para una caída de voltaje de 2%, adecuado.

7.1.3.4 Tablero

Tablero principal.

Se sugiere eliminarlo, junto con su interruptor termo magnético.

Tablero secundario:

- Flipon:

Sustituir por uno de las siguientes características:

Voltaje: 480 Voltios, Frecuencia: 60Hz, Corriente nominal. 100 Amperios,

Capacidad interruptiva: \geq 72KA, No. De polos: Trifásico.

- Contactador principal:

Adecuado.

- Rele de sobrecarga:

Adecuado. Pero ajustar a 50 Amperios.

- Supervisor Electrónico:

Adecuado. Pero graduar voltajes a +/- 4% del voltaje nominal de motor, ya que habrá una caída de 2% debido a la profundidad a que se encuentra el motor, la suma de ambas da 6%, como en el primer caso (Ver Pozo San Jacinto). De lo anterior.

$V_{\min}=442\text{ V}$, $V_{\max}= 478\text{V}$.

Tiempos:

Conexión: 120 segundos; Desconexión: 1.5 segundos.

- Guarda nivel:

Adecuado.

- Pararrayos en Tablero secundario:

Adecuado.

- Temporizador de 24 horas:

Adecuado.

- Transformador:

Sustituirlo, por uno de 480V/240V, con capacidad de 2 Amperios en el secundario.

7.1.3.5 Banco de transformadores

- Capacidad:

Adecuada.

- Conexión:

Cambiar a Estrella flotante/Delta aterrizada.

7.1.3.6 Tierras físicas

- Conductor:

Cambiar a AWG #8.

Verificar que resistencia de tierra sea $\leq 3\Omega$. Aterrizar Bomba y su tubería.

7.1.4 Pozo El Sanjon

7.1.4.1 Balance de corriente

De las mediciones de las corrientes de línea, observamos que se necesita balancear las corrientes, con el procedimiento ya descrito.

7.1.4.2 Corriente de cortocircuito

El ramal que alimenta esta bomba, es el Ramal Salcajá-Cantel de 13.8KV, por lo que la Icc a 480V= 34.5KA.

7.1.4.3 Conductores

- Conductor entre Contador y Tablero:

Adecuado.

- Conductor entre tablero y bomba:

Para una caída de voltaje del 2%, Adecuado.

7.1.4.4 Tablero

- Flipon:

Cambiarlo por uno de las siguientes características:

Voltaje: 480 Voltios, Frecuencia: 60Hz, Corriente nominal: 100A, Capacidad interruptiva: $\geq 34.5KA$, No. De polos: Trifásico.

- Contactor principal:

Adecuado.

- Rele de sobrecarga:

Sustituir por uno de las siguientes características:

Voltaje: 480 Voltios, Frecuencia: 60Hz, Rango de intensidades: 45-63A, Contactor auxiliares: 1NC; 1NO.

- Supervisor electrónico.

Adecuado.

- Guardanivel:

Adecuado.

- Pararrayos:

Un pararrayos en el tablero secundario debe ser usado para proteger el motor contra rayos e interrupciones de línea.

7.1.4.5 Banco de transformadores

- Capacidad:

Adecuada.

- Conexión:

Adecuada.

7.1.4.6 Tierra física

- Conductor:

Adecuado.

Verificar que resistencia de tierra sea $\leq 3\Omega$. Aterrizar Bomba y su tubería.

Aterrizar tablero.

7.1.5 Pozo Santa Rita

7.1.5.1 Balance de corrientes

Según medición, es necesario realizar balance de corrientes.

7.1.5.2 Corriente de cortocircuito

Ramal de alimentación: Salcajá-Cantel de 13.8KV

Entonces Icc a 480 V= 34.5KA:

7.1.5.3 Conductores

- Entre contador y tablero:

Adecuado.

- Entre tablero principal y tablero secundario:

Adecuado.

- Entre tablero secundario y bomba:

Para una caída de voltaje del 2%, Adecuado.

7.1.5.4 Tablero

Tablero principal:

- Flipon 1:

Cambiarlo por uno de las siguientes características:

Voltaje: 480 Voltios, Frecuencia: 60Hz, Corriente nominal: 100A, Capacidad interruptiva: $\geq 34.5\text{KA}$, No. De polos: Trifásico.

- Flipon 2:

Adecuado.

Tablero secundario:

- Contactor principal:

Adecuado.

- Rele de sobrecarga:

Adecuado.

- Supervisor electrónico:

Adecuado.

- Guarda nivel:

Adecuado.

- Pararrayos:

Adecuado.

7.1.5.5 Banco de transformadores

- Capacidad: Adecuada.

- Conexión: Adecuada.

7.1.5.6 Tierra física

- Conductor:

Adecuado. Pero cambiar el que va la tubería por uno # 8 AWG.

Verificar que resistencia de tierra sea $\leq 3\Omega$.

7.1.6 Pozo San Luis

7.1.6.1 Balance de corrientes

Según mediciones, es necesario realizar balance de corrientes.

7.1.6.2 Corriente de cortocircuito

Este pozo es alimentado por el ramal Totonicapán de 34.5KV, y según el procedimiento anterior: $I_{cc} \text{ a } 480 \text{ V} = 71.88\text{KA} \cong 72\text{KA}$.

7.1.6.3 Conductores

- Conductor entre contador y tablero principal:

Adecuado.

- Conductor entre tablero y bomba:

Para una caída de voltaje de 2%, Adecuado.

7.1.6.4 Tablero

Se eliminan todos los tableros actuales.

Se hará conexión según diagrama.

Especificaciones del equipo:

- Interruptor termo magnético (flipon):

Voltaje: 480 Voltios, Frecuencia: 60Hz, Corriente nominal: 25 Amperios, Capacidad interruptiva: $\geq 72\text{KA}$, No. De polos: Trifásico.

- Contactor:

Potencia: 15KW, Voltaje: 480 Voltios, Frecuencia: 60Hz, Bobina principal: 480 Voltios/60Hz, Contactos auxiliares: 1NC,1NO.

- Rele de sobrecarga:

Voltaje: 480 Voltios, Frecuencia: 60Hz, Rango de intensidades: 12-24A, Contactos auxiliares: 1NC, 1NO, No. De polos: Trifásico.

- Supervisor electrónico trifásico.

Debe poseer las siguientes protecciones:

Desbalance de voltaje, Pérdida de una fase, Secuencia invertida, Voltaje: 480V/60HZ.

- Guarda nivel:

El que esta en funcionamiento es adecuado.

- Flote:

Para tanque cerrado con contactos 1NC y 1NO, voltaje de 480n V/60Hz.

Corriente mínima que deben soportar los contactos 2 amperios.

- Interruptor de 3 posiciones, giratorio:

Voltaje: 480Voltios, Corriente nominal: $\geq 2A$.

- Gabinete:

Tamaño mínimo: Alto: .5mt, Ancho: .4mt, Profanidad: .20mt., para ambiente polvoriento.

7.1.6.5 Banco de transformadores

- Capacidad: Inadecuada.
- Conexión: Adecuada.

Se pueden utilizar 2 transformadores de 15 KVA en delta abierta ó estrella abierta. Y también 3 transformadores en estrella flotante/delta aterrizada de 7 ½ KVA cada uno. Se sugiere que al momento que fallen los transformadores, se realicen los cambios en el banco tomando en cuenta las dos sugerencias anteriores.

7.1.6.6 Tierra física

- Conductor: Adecuado.

Verificar que resistencia de tierra sea $\leq 3\Omega$.

7.2 Resultados del estudio de factor de potencia

Se recomienda instalar capacitores para su compensación, cuyas especificaciones se dan en la siguiente tabla. Se sugiere que la instalación de los mismos sea después de los reles térmicos de sobrecarga, en paralelo con el motor, pero antes de arrancador en caso de instalar uno. Si se utilizan arrancadores el banco de capacitores de poseer un controlador que le permita ser conectado al sistema hasta después de haber arrancado el motor. Con esto se evita totalmente la penalización por bajo FP y se disminuiría en un 6.55% el costo total anual de energía, que son alrededor de Q.35, 552.52. (ver anexo c, costos por bajo factor de potencia).

Tabla IX. Especificaciones de los bancos de capacitores a instalar en cada pozo.

POZO	Potencia reactiva según cálculos(3 ϕ)	Potencia reactiva que existe comercialmente(3 ϕ)	Voltaje(línea-línea)	Potencia reactiva máxima para evitar autoexcitación del motor, recomendada por Siemens
Sn. Jacinto	9.88KVAR	10KVAR	240V	12.5KVAR
RudolphWalter	13.87KVAR	10KVAR	480V	10KVAR
El Sanjón	8.95KVAR	10KVAR	480V	10KVAR
El Carmen	11.34KVAR	10KVAR	240V	12.5KVAR
San Luís	3.88KVAR	3KVAR	480V	3KVAR

Fuente: El autor.

Nota: El pozo Santa Rita no necesita corrección por FP.

7.3 Utilización de arrancadores a tensión reducida

Se recomienda el uso de arrancadores electrónicos, con tiempo de arranque graduable y con selección de la rampa de aceleración y desaceleración, los cuales deben ir después del contactor de puesta en marcha, y después del

controlador del banco de capacitores. Deben poseer su propio gabinete para alojarlos, del tamaño adecuado, en el cual sólo se colocaran estos.

Al utilizar estos equipos se estaría disminuyendo el voltaje y la potencia máxima hasta un 50%, ya que en el caso de bombas centrífugas el par de arranque necesario es aproximadamente 20% del nominal y el par de un motor es proporcional al cuadrado del voltaje aplicado, el par de arranque al disminuir el voltaje al 50% sería 25% del nominal que sobrepasa el mínimo para una bomba centrífuga⁴, lo cual conllevaría a un ahorro por costos de potencia máxima también de un 50% , que anualmente sería aproximadamente de Q. 55, 395.63. (ver anexo C, Costos por potencia máxima). La función del controlador es introducir el banco de capacitores después de haber arrancado totalmente el motor, para evitar los efectos de los transitorios al momento del arranque.

Tabla X. Especificaciones de los arrancadores.

POZO	Potencia del motor (HP)	Potencia de arrancador (KW)	Voltaje(línea-línea)
Sn. Jacinto	50	55	240V
RudolphWalter	40	45	480V
El Sanjón	40	45	480V
El Carmen	50	55	240V
Sta. Rita	40	45	480V

Fuente: El autor

Nota: Se considero que el pozo San Luís no requiere de arrancadores (véase facturas de dicho pozo).

7.4 Análisis económico del proyecto

Tabla XI. Gastos en sistemas de bombeo en el año 2004.

facturas de energia	Q. 557074.63
Mantenimiento	Q. 202832.25

Fuente: **Municipalidad de Salcajá**. Memoria de labores 2004. Pág. 10.

⁴ Ver la referencia 4.

Aplicaremos es método de valor presente para el análisis económico, entonces si $VP \geq 0$ la tasa de retorno solicitada es lograda o excedida y la alternativa es financieramente viable. El ahorro anual sería de Q. 35,522.52, según el Banco de Guatemala la tasa de interés es de 7.34%, el análisis se proyectara a 10 años.

Tabla XII. Fase 1 Presupuesto de Cambios

Descripción	Costo (Q)
Materiales	21526
Gabinetes	3500
Accesorios	2500
Total materiales	27526
Imprevistos 10%	2752.6
Mano de Obra	9000
Supervisión	12000
Total Inversión	Q. 48, 526.00

El ahorro anual estimado después de los cambios es de Q. 40, 566.45. Y por procedimiento similar al anterior:

$$VP1= Q.231, 971.16.$$

Esta inversión se paga en 15 meses y medio.

Tabla XIII. Fase 2 Presupuesto para Corrección del Factor de Potencia

Descripción	Costo (Q)
Capacitores	4560
Gabinetes	4500
Accesorios	1000
Total materiales	10060
Imprevistos 10%	1006
Mano de Obra	2500
Supervisión	10000
Total Inversión	Q. 22, 506.00

$$VP= -Q.22, 506 + Q.35, 522.52 (P/A, 7.34\%,10)$$

$$VP= -Q.22, 506 + Q.245, 620.86$$

$$VP2= Q.245, 114.86$$

Esta inversión se recupera en 8 meses.

Tabla XIV. Fase 3 Presupuesto de arrancadores

Descripción	Costo (Q)
5 Arrancadores	36600
Gabinetes	3500
Accesorios y controladores	32500
Total materiales	72600
Imprevistos 10%	7260
Mano de Obra	5000
Supervisión	10000
Total Inversión	Q. 94, 860.00

El ahorro anual es de Q. 55, 395.63. Y por procedimiento similar al anterior:

VP3= Q.290, 673.69.

Esta inversión se recupera en 22 meses.

Calculo de la tasa de retorno de todo el proyecto:

$$TR = \frac{VP1 + VP2 + VP3 - \text{Inversión original}}{\text{Inversión original}} * 100\%$$

Inversión original

$$TR = \frac{Q767, 759.71 - Q165, 892}{Q. 165, 892} * 100\%$$

Q. 165, 892

TR= 362.8%

La tasa de retorno TR comparada con TMAR (tasa mínima atractiva de retorno) que es del 150% (estimada para este proyecto en específico), es mayor, por lo tanto es rentable invertir en el proyecto.

Tabla XV. Resumen de análisis económico.

Total de Inversión	Q.165,892
TR(Tasa de retorno de la inversión)	362.8%
Tiempo de recuperación de la inversión	16 meses
Cuanto ganaríamos, si la inversión se pudiera realizar hoy, y obtuviéramos las rentas de 10 años de esa inversión también hoy	Q.767,759.71
Ahorro Anual, Después del tiempo de recuperación de la inversión	Q.131,484.6(17.3%de los gastos de operación y mantenimiento)
Ahorro anual por fases	
Fase 1 Cambios en General	Q.40,566.45(30.8%del ahorro total)
Fase 2 Corrección del factor de potencia	Q. 35,522.52(27% de ahorro total)
Fase 3 Uso de arrancadores	Q. 55,395.63(42.1% del ahorro total)

NOTA:

Lo recomendable es realizar las tres fases para obtener mayores beneficios; pero de no contar con los recursos necesarios se tendría la opción de realizar el proyecto por fases.

CONCLUSIONES

1. La inversión en el proyecto es rentable y después de pasar el tiempo en el cual la inversión se recupera, la municipalidad se quedara ahorrando anualmente el 17.3% (Q. 131,484.6) de los gastos de operación y mantenimiento.
2. Con la realización del proyecto se esta mejorando, notablemente, la calidad de las instalaciones eléctricas de los sistemas de bombeo de agua potable del municipio de Salcajá con lo que, también, se elevará la calidad del servicio que presta la municipalidad haciendo que este sea más continuo, debido a que se evitarán las fallas debidas a instalaciones eléctricas inadecuadas.
3. La calidad de las instalaciones eléctricas, es un tema de suma importancia para los grandes consumidores de energía eléctrica, pues, de ella dependen las penalizaciones que las distribuidoras les impongan, que a veces son grandes sumas de dinero.
4. Los recargos en las facturas de energía, están en función de la incidencia que el usuario tenga en la red de distribución, en variables como el factor de potencia y perturbaciones en el voltaje debido a grandes corrientes de arranque.
5. Con las penalizaciones, se motiva a los usuarios a mejorar sus instalaciones; pero, desde del punto de vista de usuario, es necesario ver

las mejoras como una inversión, pues si bien el costo inicial puede ser alto, generalmente para los grandes usuarios de energía eléctrica, resulta una inversión que vale la pena realizar.

RECOMENDACIONES

1. El proyecto debe de ser supervisado por una persona especializada, en este tipo trabajos.
2. El personal de operación debe ser capacitado, después de realizar los cambios, especialmente, en el tema de los capacitores, pues estos pueden tardar uno minutos en descargarse, aunque se haya desconectado la tensión, pudiendo estos poner su integridad física en peligro.
3. Las válvulas de cheque, se deben colocar unos 3 tubos por encima del motor, 10 Mts. Aprox., en el caso de los motores sumergibles, para que el arranque sea sin carga, y lo mas suave posible.
4. Al momento de realizar el proyecto se deben, actualizar los costos pues en nuestro país la variación de precios es alta, en cortos periodos de tiempo.

REFERENCIAS

1. Instituto de estudios y capacitación cívica. **Diccionario municipal de Guatemala**. 4ta. Edición; Guatemala: Editorial del IECC, 2002.
2. Comisión nacional de Energía Eléctrica. **Normas técnicas del servicio de distribución (NTSD)**. Guatemala: Editorial CNEE, Resolución CNEE No. 47-99. pp.36-39
3. Comisión nacional de Energía Eléctrica. **Normas técnicas de diseño y operación de las instalaciones de distribución (NTDOID)**. Guatemala: Editorial CNEE, Resolución CNEE No. 47-99.
4. Coyne Electrical School Inc. **Manual coyne de equipo eléctrico y electrónico**. México: Editorial LIMUSA. 1999. pp. 618-622

BIBLIOGRAFÍA

1. Morales Marsella, Cesar Alfonso. **Conservación de la energía eléctrica con procedimientos razonables de auditoria energética.** Tesis Ing. Electricista Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1998.
2. Carías Bonilla, Manuel Francisco. **Causas, efectos y posibles soluciones al alto consumo de potencia reactiva en la industria de Guatemala.** Tesis Ing. Electricista Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1999.
3. Blank, Leland y Anthony J. Tarquin. **Ingeniería económica.** 4ta. ed. Colombia: Quebecor World Bogotá S.A., 2001. 772pp
4. Enriquez Harper, Gilberto. **Manual de instalaciones eléctricas residenciales e industriales.** 2da. ed. México: LIMUSA, 2000. 437pp
5. Grainger, John y William D. Stevenson Jr. **Análisis de sistemas de potencia.** 1era. ed. México: McGRAW-HIL, 2003. 740pp
6. Koenigsberger, Rodolfo. **Instalaciones eléctricas I.** 1era. ed. Guatemala: Facultad de Ingeniería, 1982. 156pp
7. Dorf, Richard y James Svoboda. **Circuitos eléctricos introducción al análisis y diseño.** 3era. ed. México: ALFAOMEGA, 2000. 998pp
8. Bombas Grundfos. **“Instructivo de Operación e instalación”** (México) (8):1.2003
9. Siemens Aparatos y Sistemas. **“Catálogo 2004”** (Alemania): 2004
10. www.elprisma.com

ANEXOS.

**A. FICHAS DE DATOS DE SITUACIÓN ACTUAL DE LA
INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LOS SISTEMAS DE
BOMBEO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE
SALCAJÁ, QUETZALTENANGO.**

FICHA DE DATOS PARA INSPECCION DE LA INSTALACION ELECTRICA, DE LOS SISTEMAS BOMBEO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE SALCAJA, QUETZALTENANGO

Pozo: San Luis

Dirección: Colonia San Luis, Salcajá

Fecha: 29 de junio de 2005

Encargado: Jorge Ernesto Calderón Arango

MOTOR ELECTRICO

MARCA:	MODELO:
TIPO:	POTENCIA MECANICA:
POTENCIA ELECTRICA:	# DE FASES: 3
CONEXION:	VOLTAJE: 460V
FRECUENCIA ELECTRICA DEL SISTEMA: 60Hz	CORRIENTE NOMINAL:
CORRIENTE MAXIMA:	FREC. MECANICA EN EL EJE(RPM):
FACTOR DE POTENCIA:	FACTOR DE SERVICIO:
CODIGO DE ARRANQUE(KVA CODE):	PAR (N/LBS)
TEMP. AMBIENTE MAXIMA:	FLUJO MINIMO DE ENFRIAMIENTO:
CLASE SE AISLAMIENTO:	CLASE DE USO:
OTROS: No se poseen datos de placa, según el operador es de 15 HP.	

CARACTERISTICAS DE LA INSTALACION

CONDUCTOR ENTRE CONTADOR Y TABLERO PRINCIPAL:	
CALIBRE: #4 AWG	MCM/ AREA:
DITANCIA(m): 1mt.	TIPO: THW
CONDUCTOR ENTRE TAB. PRINC. Y TAB. SEC. Y TERCARIO:	
CALIBRE: #4 AWG	MCM/ AREA:
DITANCIA(m): 1mt.	TIPO: THW
CONDUCTOR ENTRE TABLERO TERCARIO. Y BOMBA:	
CALIBRE: #8AWG	TEMPERATURA MAXIMA:
TIPO: THW	LONGITUD:
RESISTENCIA EN OHMS/M:	MCM/AREA:

DATOS DEL TABLERO:

FUSIBLES: class rk5 fuse	
MARCA: Cutler Hammer	NO. SERIE: 30-1158R-2
CORRIENTE NOMINAL: 25 A	VOLTAJE: 600V
CAPACIDAD INTERRUPTIVA:	
FLIPON:	
MARCA: General Electric	NO. SERIE:
CAPACIDAD NOMINAL: 50 A	VOLTAJE NOMINAL: 480V
CAPACIDAD INTERRUPTIVA: 18KA RMS Sym.	Torque 5N-m

CONTACTOR PRINCIPAL:		
MARCA: Cutler Hammer	NO. SERIE:	
CAP. NOMINAL: 15HP	VOLTAJE: 480V	
VOLTAJE DE LA BOBINA PRINCIPAL:		
CONTACTOS AUXILIARES:		
RELE DE SOBRECARGA: no visible		
MARCA:	NO. SERIE:	
RANGO DE INTENSIDADES:	INTENSIDAD DE OPERACIÓN:	
TIEMPO DE OPERACIÓN:	VOLTAJE DE ALIMENTACION CIRCUITOS DE MANDO:	
PROTECTOR DE FASE: no hay.		
MARCA:	NO. SERIE:	
VOLTAJE DE OPERACIÓN:	V _{mín} :	
V _{máx} :		
TIEMPO DE OPERACIÓN:	CONEXIÓN:	DESCONEXION:
GUARDANIVEL:		
MARCA: b/w controls	MODELO:	
VOLTAJE DE OPERACIÓN: 480V	Calibre de cond. #12 TW	
OTROS: De bomba a tablero # 8 AWG. Sumergible pump cable 600V. Bomba no aterrizada.		

DATOS TOMADOS EN FUNCIONAMIENTO

DEL MEDIDOR DE LA EMPRESA DE DISTRIBUCION:			
FECHA:			
HORA:7:21AM	DIA:29	MES:junio	AÑO:2005
FACTOR DE POTENCIA: 0.789		KWH: 2831	
KW MÁXIMOS: 8.708		KVARH: 2228	
VOLTAJES:			
FASE A: Vab=464V		FASE B: Vbc=460V	
FASE C: Vac= 463V			
CORRIENTES:			
FASE A: 14.75 ^a		FASE B: 13.5A	
FASE C: 13.00V			
POSEE SIST. DE TIERRAS: Sí		TIPO: Electrodo	
CALIBRE DE CONDUCTOR A TIERRA: #8 AWG, THW			

DATOS DEL POZO

PROFUNDIDAD: 300pies	DIAMETRO DE LA TUBERIA: 3"
----------------------	----------------------------

DIAMETRO DEL ENCAMISADO: 8"	BOMBA POOSEE FUNDA DE ENFRIAMIENTO:
-----------------------------	-------------------------------------

DATOS DEL BANCO DE TRANSFORMADORES:

TIPO DE BANCO:Trifásico(2 trafos monofásicos)	CAPACIDAD: 20KVA (10KVA c/u)
VOLTAJE PRIMARIO: 34.5KV	VOLTAJE SECUNDARIO: 480V
CONEXIÓN DEL PRIMARIO:Estrella Abierta	COMEXIÓN DEL SECUNDARIO: Delta Abierta
PARARRAYOS:Sí	
OTROS: No hay instalación en la cabina donde esta el tablero, para iluminación y fuerza.	

FICHA DE DATOS PARA INSPECCION DE LA INSTALACION ELECTRICA, DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE SALCAJA, QUETZALTENANGO

Pozo: Sector las flores aldea santa rita(rudolph walter)

Dirección: cuesta de los picados zona 3, salcajá

Fecha: 19 de abril de 2005

Encargado: Jorge Ernesto Calderón Arango.

MOTOR ELECTRICO

MARCA: Franklin Electric	MODELO: 2366176025
TIPO: Sumergible	POTENCIA MECANICA: 40HP
POTENCIA ELECTRICA: 30KW	# DE FASES: 3 fases
CONEXION:	VOLTAJE: 460 Voltios
FRECUENCIA ELECTRICA DEL SISTEMA: 60 Hz	CORRIENTE NOMINAL: 54.9 Amperios
CORRIENTE MAXIMA: 61.6 Amperios	FREC. MECANICA EN EL EJE(RPM):3450rpm
FACTOR DE POTENCIA: 0.86	FACTOR DE SERVICIO: 1.15
CODIGO DE ARRANQUE(KVA CODE): J	PAR (N/LBS): 27,500/6000
TEMP. AMBIENTE MAXIMA: 30 Grados Celsius	FLUJO MINIMO DE ENFRIAMIENTO:16cm/s
CLASE DE AISLAMIENTO: F	CLASE DE USO: Continuo
OTROS: Norma IEC 34-1, Cabina posee foco 220 V, con flipon de 15 Amperios.	

CARACTERISTICAS DE LA INSTALACION

CONDUCTOR ENTRE CONTADOR Y TABLERO PRINCIPAL:	
CALIBRE: #5 AWG	MCM/ AREA: /13.30mm ²
DITANCIA(m): 1 metro	TIPO: THHN ó THWN 600V
TEMPERATURA MAXIMA: 90 grados Celsius	
CONDUCTOR ENTRE TABLERO PRINCIPAL Y TAB. SECUNDARIO:	
CALIBRE: #4 AWG	TEMPERATURA MAXIMA: 90grados Celsius
TIPO: THHN ó THWN 600V	LONGITUD: 1 metro
RESISTENCIA EN OHMS/M:	MCM/AREA: 21.15 mm ²
CONDUCTOR ENTRE TAB. SECUNDARIO Y BOMBA:	
CALIBRE:#4 AWG	TEMPERATURA MAXIMA: 90 grados Celsius
TIPO: THHN/THWN	LONGITUD:
RESISTENCIA EN OHMS/M:	MCM/AREA: 21.15mm ²

DATOS DEL TABLERO:

TABLERO PRINCIPAL:	
FLIPON:	
MARCA:General Electric	NO. SERIE: RV-2937(type)
CORRIENTE NOMINAL: 70A	VOLTAJE: 240 VAC
CAPACIDAD INTERRUPTIVA: 10 KA(40/75gr.Celsius	Para onda simétrica.
TABLERO SECUNDARIO:	

FLIPON: Trifásico (40-75 gr. Celsius)			
MARCA: Siemens (IEC 157-PI)		NO. SERIE: type ED-43B100	
CAPACIDAD NOMINAL: 100 Amperios		VOLTAJE NOMINAL: 480V	
CAPACIDAD INTERRUPTIVA: 18KA (onda simétrica)			
CONTACTOR PRINCIPAL:			
MARCA: Siemens		NO. SERIE: M6040705(3RT1046-1A..0)	
CAP. NOMINAL:		VOLTAJE:	
VOLTAJE DE LA BOBINA PRINCIPAL: 440V, 60Hz			
CONTACTOS AUXILIARES: NC y NO sin uso.			
RELE DE SOBRECARGA:			
MARCA: Siemens		NO. SERIE: 3RU1146-4jB0	
RANGO DE INTENSIDADES: 45-63A		INTENSIDAD DE OPERACIÓN: 55Amperios	
TIEMPO DE OPERACIÓN:		VOLTAJE DE ALIMENTACION CIRCUITOS DE MANDO: 440V y 220V	
PROTECTOR DE FASE:			
MARCA: Genius		NO. SERIE:	
VOLTAJE DE OPERACIÓN:220V/480V		V _{mín} : 440V	
V _{máx} : 480V			
TIEMPO DE OPERACIÓN:	CONEXIÓN: 300s	CONEXIÓN: 300s	DESCONEXION: 1.5s
GUARDANIVEL:			
MARCA:B/W controls Ametek		MODELO: 1500-G-23-38	
VOLTAJE DE OPERACIÓN: 480V.		calibre: 14AWG	
OTROS:			
Tiene un timer de 24 horas que permite que la bomba sólo funcione de 6:00 AM a 6:00PM. aterrizado en tab. Pincipal y secundario.			

DATOS TOMADOS EN FUNCIONAMIENTO

DEL MEDIDOR DE LA EMPRESA DE DISTRIBUCION:			
FECHA:			
HORA: 8:36AM	DIA: 19	MES: abril	AÑO: 2005
FACTOR DE POTENCIA: 0.788		KWH: 102313	
KW MÁXIMOS: 30.79		KVARH: 78962	
VOLTAJES:			
FASE A:Vab=470V		FASE B: Vbc=470V	
FASE C: Vac= 470V			
CORRIENTES:			
FASE A: 47.7(A)		FASE B:49.3(A)	
FASE C: 47.7(A)			
POSEE SIST. DE TIERRAS: SI		TIPO:Electrodo	

CALIBRE DE CONDUCTOR A TIERRA:#10 AWG

DATOS DEL POZO

PROFUNDIDAD: 300pies	DIAMETRO DE LA TUBERIA: 3 pulgadas
DIAMETRO DEL ENCAMISADO: 8 pulgadas	BOMBA POSEE FUNDA DE ENFRIAMIENTO: si

DATOS DEL BANCO DE TRANSFORMADORES:

TIPO DE BANCO:Trifasico(3 trafos monofasicos)	CAPACIDAD: 75KVA (25KVAc/u)
VOLTAJE PRIMARIO: 34.5KV	VOLTAJE SECUNDARIO: 460V
CONEXIÓN DEL PRIMARIO:Estrella aterrizada	CONEXIÓN DEL SECUNDARIO: Delta aterrizada
PARARRAYOS:Si	
OTROS:	

FICHA DE DATOS PARA INSPECCION DE LA INSTALACION ELECTRICA, DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE SALCAJA, QUETZALTENANGO.

Pozo: El Carmen

Dirección: 2da. Calle entre 5ta. Y 6ta. Avenida de la zona 4, Salcajá.

Fecha: 21 de abril de 2005

Encargado: Jorge Ernesto Calderón Arango

MOTOR ELECTRICO

MARCA:General Electric	MODELO: 5K6248XH10A
TIPO:Eje vertical, en superficie	POTENCIA MECANICA: 50HP
POTENCIA ELECTRICA:	# DE FASES: 3 fases
CONEXION: delta	VOLTAJE: 230/460V
FRECUENCIA ELECTRICA DEL SISTEMA: 60Hz	CORRIENTE NOMINAL:120/60A(F.L. Full Load)
CORRIENTE MAXIMA:	FRECUENCIA MECANICA EN EL EJE(RPM): 1760
FACTOR DE POTENCIA:	FACTOR DE SERVICIO: 1.15
CODIGO DE ARRANQUE(KVA CODE):	PAR (N/LBS)
TEMP. AMBIENTE MAXIMA:	FLUJO MINIMO DE ENFRIAMIENTO:
CLASE SE AISLAMIENTO:	CLASE DE USO: Continuo
OTROS: datos del motor: Type K, Code:G, NEMA CLASS DESIGN: B.	

CARACTERISTICAS DE LA INSTALACION

CONDUCTOR ENTRE CONTADOR Y TABLERO PRINCIPAL:	
CALIBRE: 1/0	MCM/ AREA:
DITANCIA(m): 0.80 mts.	TIPO: THW
CONDUCTOR ENTRE TAB. PRINC. Y TAB. SEC.	
CALIBRE: 1/0	MCM/ AREA:
DITANCIA(m): 1.5 mts.	TIPO: THW
CONDUCTOR ENTRE TABLERO SEC. Y BOMBA:	
CALIBRE: 2x1/0	TEMPERATURA MAXIMA:
TIPO:	LONGITUD:2mts.
RESISTENCIA EN OHMS/M:	MCM/AREA:

DATOS DEL TABLERO:

TABLERO PRINCIPAL:	
FLIPON:	
MARCA: Siemens	NO. SERIE: TQD 32200
CORRIENTE NOMINAL: 200A	VOLTAJE: 240 VAC
CAPACIDAD INTERRUPTIVA: 10KA	
TABLERO SECUNDARIO:	
FLIPON:	
MARCA: Siemens	NO. SERIE: Cat. No. OJ23B150
CAPACIDAD NOMINAL: 150 A	VOLTAJE NOMINAL: 240VAC

CAPACIDAD INTERRUPTIVA: 10KA		
CONTACTOR PRINCIPAL 1:		
MARCA: Cutler Hammer	NO. SERIE: T5202 (nema size3)	
CAP. NOMINAL: 50 A	VOLTAJE: 220 V	
VOLTAJE DE LA BOBINA PRINCIPAL: 220V/60Hz		
CONTACTOS AUXILIARES: 240-440V-2A		
CONTACTOR PRINCIPAL 2:		
MARCA: Siemens	NO. SERIE: M600515*E01*	
CAP. NOMINAL:	VOLTAJE: 220V	
VOLTAJE DE LA BOBINA PRINCIPAL: 220V/60Hz		
CONTACTOS AUXILIARES: 1NC,1NO		
RELE DE SOBRECARGA 1:		
MARCA: Cutler Hammer	NO. SERIE: H2022	
RANGO DE INTENSIDADES: 62.2-84.6A	INTENSIDAD DE OPERACIÓN: 62.2A	
TIEMPO DE OPERACIÓN:	VOLTAJE DE ALIMENTACION CIRCUITOS DE MANDO: 220V	
RELE DE SOBRECARGA 2:		
MARCA: Siemens	NO. SERIE:	
RANGO DE INTENSIDADES:57-75A	INTENSIDAD DE OPERACIÓN: 70 A	
TIEMPO DE OPERACIÓN:	VOLTAJE DE ALIMENTACION CIRCUITOS DE MANDO: 220V	
PROTECTOR DE FASE:		
MARCA: Genius	NO. SERIE:	
VOLTAJE DE OPERACIÓN: 208-220V	V _{mín} : 210V	
V _{máx} : 250V		
TIEMPO DE OPERACIÓN:	CONEXIÓN: 300s	DESCONEXION: 1.5s
GUARDANIVEL:		
MARCA: B/W controls(AMETEK)	MODELO:	
VOLTAJE DE OPERACIÓN: 240V		
OTROS: Tierra no aterrizada en tablero principal. Se utilizan 2 contactores en paralelo para poner a funcionar el motor. Tiene pararrayos en Tab. Sec.(Tanque a 500mts.del pozo, cable al flote desprotegido) Tiene un timer de 24 horas que permite que la bomba sólo funcione de 6:00 AM a 6:00PM. Tierra aterrizada en tab. Secundario. El motor esta aterrizado.		

DATOS TOMADOS EN FUNCIONAMIENTO

DEL MEDIDOR DE LA EMPRESA DE DISTRIBUCIÓN:			
FECHA:			
HORA: 8:29AM	DIA: 21	MES:abril	AÑO:2005
FACTOR DE POTENCIA: No disponible en medidor.	KWH: 36639		
KW MÁXIMOS: 32.482	KVARH: 62296		

VOLTAJES:	
FASE A: $V_{ab}=218V$	FASE B: $V_{bc}=220V$
FASE C: $V_{ac}= 225V$	
CORRIENTES:	
FASE A: 114.5A	FASE B: 92.5A
FASE C: 99.5A	
POSEE SIST. DE TIERRAS: Sí	TIPO: Electrodo
CALIBRE DE CONDUCTOR A TIERRA: #4 desnudo	

DATOS DEL POZO

PROFUNDIDAD:300pies	DIAMETRO DE LA TUBERIA:
DIAMETRO DEL ENCAMISADO:	BOMBA POOSEE FUNDA DE ENFRIAMIENTO:

DATOS DEL BANCO DE TRANSFORMADORES:

TIPO DE BANCO: Trifásico(3 trafos monofasicos)	CAPACIDAD: 75KVA
VOLTAJE PRIMARIO: 13.8KV	VOLTAJE SECUNDARIO: 240V
CONEXIÓN DEL PRIMARIO: Estrella aterrizada	COMEXIÓN DEL SECUNDARIO: Delta aterrizada
PARARRAYOS: Sí.	
OTROS:	

FICHA DE DATOS PARA INSPECCION DE LA INSTALACION ELECTRICA, DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE SALCAJA, QUETZALTENANGO.

Pozo: EL Sanjón

Dirección: Barrio San Jacinto, Zona 1 Salcajá

Fecha: 20 de abril de 2005

Encargado: Jorge Ernesto Calderón Arango

MOTOR ELECTRICO

MARCA: Franklin Electric	MODELO: 2366178125
TIPO: Sumergible	POTENCIA MECANICA: 40HP
POTENCIA ELECTRICA: 30Kw	# DE FASES: 3 fases
CONEXION:Estrella (Y)	VOLTAJE: 460 V
FRECUENCIA ELECTRICA DEL SISTEMA: 60Hz	CORRIENTE NOMINAL: 54.9 A
CORRIENTE MAXIMA: 61.6 A	FRECUENCIA MECANICA EN EL EJE(RPM):3450
FACTOR DE POTENCIA: 0.86	FACTOR DE SERVICIO: 1.15
CODIGO DE ARRANQUE(KVA CODE): J	PAR (N/LBS): 27500/6000
TEMP. AMBIENTE MAXIMA: 30 grad. Celsius	FLUJO MINIMO DE ENFRIAMIENTO:
CLASE DE AISLAMIENTO: F	CLASE DE USO: Continuo
OTROS:	

CARACTERISTICAS DE LA INSTALACION

CONDUCTOR ENTRE CONTADOR Y TABLERO:	
CALIBRE: # 2 AWG	MCM/ AREA: 133.62mm ²
DITANCIA(m): 4mts.	TIPO: THHN/THWN
CONDUCTOR ENTRE TABLERO Y BOMBA:	
CALIBRE: #4 AWG	TEMPERATURA MAXIMA:
TIPO: Cable p/Bomba PE-PVC 1000V	LONGITUD:
RESISTENCIA EN OHMS/M:	MCM/AREA:

DATOS DEL TABLERO:

FUSIBLES: no contiene.	
MARCA:	NO. SERIE:
CORRIENTE NOMINAL:	VOLTAJE:
CAPACIDAD INTERRUPTIVA:	
FLIPON:	
MARCA: Cutler Hammer	NO. SERIE:
CAPACIDAD NOMINAL: 100A	VOLTAJE NOMINAL: 480V
CAPACIDAD INTERRUPTIVA:440V-20KA	
CONTACTOR PRINCIPAL:	
MARCA: Cutler Hammer	NO. SERIE:
CAP. NOMINAL: 50A (90Amps. Max)	VOLTAJE:460V (600V Vmáx)
VOLTAJE DE LA BOBINA PRINCIPAL:480V/60Hz	

CONTACTOS AUXILIARES: 1NO, sin uso.		
RELE DE SOBRECARGA:		
MARCA: Cutler Hammer	NO. SERIE: H2022	
RANGO DE INTENSIDADES: 62.2-84.6	INTENSIDAD DE OPERACIÓN: 66A	
TIEMPO DE OPERACIÓN:	VOLTAJE DE ALIMENTACION CIRCUITOS DE MANDO: 480V	
PROTECTOR DE FASE:		
MARCA:Wagner Manufacturing	NO. SERIE: DTP-3	
VOLTAJE DE OPERACIÓN: 90-600VCA 50/60Hz	Vmín:	
Vmáx:		
TIEMPO DE OPERACIÓN:	CONEXIÓN:	DESCONEXION:
GUARDANIVEL:		
MARCA: Ametek B/W controls	MODELO:	
VOLTAJE DE OPERACIÓN: 480V	calibre #14 AWG	
OTROS:		
Tierra que viene del contador con al. #2 AWG, no esta conectada al tablero, ni a la carcasa de la bomba.		
Flote del tanque directo a botoneras de encendido. Cable aereo TSJ # 12, hasta el tanque con una distancia aproximada de 300 metros, con una corriente aprox. De .2Amperios.		

DATOS TOMADOS EN FUNCIONAMIENTO

DEL MEDIDOR DE LA EMPRESA DE DISTRIBUCION:			
FECHA:			
HORA: 11:16AM	DIA: 20	MES: abril	AÑO: 2005
FACTOR DE POTENCIA: 0.86		KWH: 339594	
KW MÁXIMOS: 34.855		KVARH: 216194	
VOLTAJES:			
FASE A: Vab= 421V		FASE B: Vbc= 435V	
FASE C: Vca: 430V			
CORRIENTES:			
FASE A: 55.2A		FASE B: 48.3A	
FASE C: 57.5A			
POSEE SIST. DE TIERRAS: Si		TIPO: Electrodo	
CALIBRE DE CONDUCTOR A TIERRA: No visible, hecho por DEOCSA.			

DATOS DEL POZO

PROFUNDIDAD: 300A	DIAMETRO DE LA TUBERIA: 3"
DIAMETRO DEL ENCAMISADO: 8"	BOMBA POSEE FUNDA DE ENFRIAMIENTO: No

DATOS DEL BANCO DE TRANSFORMADORES:

TIPO DE BANCO: Trifásico (3 trafos monofásicos)	CAPACIDAD: 75KVA
VOLTAJE PRIMARIO: 13.8KV	VOLTAJE SECUNDARIO: 480V
CONEXIÓN DEL PRIMARIO:Y flotante	CONEXIÓN DEL SECUNDARIO: Delta aterrizada
PARARRAYOS: Sí	
OTROS: Conexiones en mal estado, necesitan mantenimiento, principalmente los bushings del primario.	

FICHA DE DATOS PARA INSPECCION DE LA INSTALACION ELECTRICA, DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE SALCAJA, QUETZALTENANGO.

Pozo: SAN JACINTO

Dirección: Barrio San Jacinto, zona 1 a la par de la ermita Concepción la Conquistadora.

Fecha: 20 de abril del 2005

Encargado: Jorge Ernesto Calderón Arango

MOTOR ELECTRICO

MARCA:High Thrust	MODELO:
TIPO: Eje vertical, en superficie	POTENCIA MECANICA: 50HP
POTENCIA ELECTRICA:	# DE FASES:3 fases
CONEXION:	VOLTAJE: 2307460V
FRECUENCIA ELECTRICA DEL SISTEMA: 60Hz	CORRIENTE NOMINAL: 124/62A
CORRIENTE MAXIMA:	FRECUENICA MECANICA EN EL EJE(RPM): 1765
FACTOR DE POTENCIA:	FACTOR DE SERVICIO:1.15
CODIGO DE ARRANQUE(KVA CODE):	PAR (N/LBS)
TEMP. AMBIENTE MAXIMA:	FLUJO MINIMO DE ENFRIAMIENTO:
CLASE SE AISLAMIENTO: B	CLASE DE USO:
OTROS: Diseño B, 88.5 Nema Nom. Ef. U.S. Electrical Motors, Div. Of Emerson electric, milford corp.	

CARACTERISTICAS DE LA INSTALACION

CONDUCTOR ENTRE CONTADOR Y TABLERO PRINCIPAL:	
CALIBRE:2/0	MCM/ AREA: 44mm2
DITANCIA(m): 2mts.	TIPO:THWN/THNN 600V
CONDUCTOR ENTRE TAB. PRINCIPAL Y TAB. SEC.:	
CALIBRE: 2/0	MCM/ AREA:
DITANCIA(m): 1m	TIPO: THHN
CONDUCTOR ENTRE TABLERO Y BOMBA:	
CALIBRE: 2x#2 AWG	TEMPERATURA MAXIMA:
TIPO:THHN	LONGITUD: 3mts.
RESISTENCIA EN OHMS/M:	MCM/AREA:

DATOS DEL TABLERO:

TABLERO PRINCIPAL:	
FLIPON:	
MARCA: Siemens	NO. SERIE:3VE7
CORRIENTE NOMINAL:	VOLTAJE:220V
CAPACIDAD INTERRUPTIVA:	
TABLERO SECUNDARIO:	
FLIPON:	

MARCA: Cutler Hammer	NO. SERIE: JS360225A	
CAPACIDAD NOMINAL:	VOLTAJE NOMINAL: 600VAC/60Hz	
CAPACIDAD INTERRUPTIVA: 65KA Max.RMS Sym.		
CONTACTOR PRINCIPAL 1:		
MARCA: Cutler Hammer	NO. SERIE:	
CAP. NOMINAL: 50 A 890A Máx.)	VOLTAJE: 600V	
VOLTAJE DE LA BOBINA PRINCIPAL: 220V		
CONTACTOS AUXILIARES:		
CONTACTOR PRINCIPAL 2:		
MARCA: Siemens	NO. SERIE:3RT1045-1H..0	
CAP. NOMINAL:	VOLTAJE: 220V	
VOLTAJE DE LA BOBINA PRINCIPAL: 220V		
CONTACTOS AUXILIARES:		
RELE DE SOBRECARGA :		
MARCA:Siemens	NO. SERIE: 3UA6201-3H	
RANGO DE INTENSIDADES: 90-120A	INTENSIDAD DE OPERACIÓN: 120A	
TIEMPO DE OPERACIÓN:	VOLTAJE DE ALIMENTACION CIRCUITOS DE MANDO:	
PROTECTOR DE FASE:		
MARCA: Siemens	NO. SERIE:	
VOLTAJE DE OPERACIÓN:	V _{mín} : 225V	
V _{máx} : 250V		
TIEMPO DE OPERACIÓN:	CONEXIÓN:	DESCONEXION:
GUARDANIVEL:		
MARCA: Ametek	MODELO:	
VOLTAJE DE OPERACIÓN: 220V		
OTROS:		
Alambre de tierra de flipon principal a sec. Calibre #8		
Tierra aterrizada en tab. principal. Se utilizan 2 contactores en paralelo para poner a funcionar el motor.		
Tiene pararrayos en Tab. Sec.(JoslynMFGz-630,MCOV650VAC,surge arrester indica cambio)		
Tiene un timer de 24 horas que permite que la bomba sólo funcione de 6:00 AM a 6:00PM.		
Tierra aterrizada en tab. Secundario. El motor esta aterrizado.		

DATOS TOMADOS EN FUNCIONAMIENTO

DEL MEDIDOR DE LA EMPRESA DE DISTRIBUCION:			
FECHA:			
HORA: 8:30AM	DIA:20	MES:abril	AÑO:2005
FACTOR DE POTENCIA: 0.86		KWH: 976430	
KW MÁXIMOS: 35.08		KVARH: 434102	
VOLTAJES:			
FASE A: V _{ab} =221V		FASE B: V _{bc} =224V	
FASE C: V _{ac} =233V			

CORRIENTES:	
FASE A: 95A	FASE B: 91A
FASE C:118A	
POSEE SIST. DE TIERRAS: Sí	TIPO: Electrodo
CALIBRE DE CONDUCTOR A TIERRA: 1/0	

DATOS DEL POZO

PROFUNDIDAD: 300pies	DIAMETRO DE LA TUBERIA:
DIAMETRO DEL ENCAMISADO:	BOMBA POOSEE FUNDA DE ENFRIAMIENTO:

DATOS DEL BANCO DE TRANSFORMADORES:

TIPO DE BANCO: Trifásico (3 Unid. Monofásicas)	CAPACIDAD: 75KVA
VOLTAJE PRIMARIO: 13.8KV	VOLTAJE SECUNDARIO: 240V
CONEXIÓN DEL PRIMARIO: Estrella aterrizada	CONEXIÓN DEL SECUNDARIO: Delta aterrizada
PARARRAYOS: Sí.	
<p>OTROS:</p> <p>Kvamáx=41.443, KvarMáx=22.13.</p> <p>Empalmes de tierra con conectores de compresión. Tanque a 500mts. De pozo</p>	

FICHA DE DATOS PARA INSPECCION DE LA INSTALACION ELECTRICA, DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE SALCAJA, QUETZALTENANGO.

Pozo: Santa Rita

Dirección: Aldea Anta Rita, Salcajá

Fecha: 29 de abril de 2005

Encargado: Jorge Ernesto Calderón Arango

MOTOR ELECTRICO

MARCA: Franklin Electric	MODELO: 2366176025
TIPO: Sumergible	POTENCIA MECANICA: 40HP
POTENCIA ELECTRICA: 30KW	# DE FASES: 3 fases
CONEXION:	VOLTAJE: 460 Voltios
FRECUENCIA ELECTRICA DEL SISTEMA: 60 Hz	CORRIENTE NOMINAL: 54.9 Amperios
CORRIENTE MAXIMA: 61.6 Amperios	FREC. MECANICA EN EL EJE(RPM):3450rpm
FACTOR DE POTENCIA: 0.86	FACTOR DE SERVICIO: 1.15
CODIGO DE ARRANQUE(KVA CODE): J	PAR (N/LBS): 27,500/6000
TEMP. AMBIENTE MAXIMA: 30 Grados Celsius	FLUJO MINIMO DE ENFRIAMIENTO:16cm/s
CLASE DE AISLAMIENTO: F	CLASE DE USO: Continuo
OTROS:	

CARACTERISTICAS DE LA INSTALACION

CONDUCTOR ENTRE CONTADOR Y TABLERO PRINCIPAL:	
CALIBRE:#2 AWG	MCM/ AREA:
DITANCIA(m): 2 mts.	TIPO: TW 600V
CONDUCTOR ENTRE TABLERO PRINC.Y TAB. SEC.:	
CALIBRE: #4 AWG	TEMPERATURA MAXIMA:
TIPO: THHN/THWN (600V)	LONGITUD: 1 mt.
RESISTENCIA EN OHMS/M:	MCM/AREA: 21.15MM2
CONDUCTOR ENTRE TABLERO SEC. Y BOMBA:	
CALIBRE: #4 AWG	TEMPERATURA MAXIMA:
TIPO: THHN/THWN (600V)	LONGITUD: 1 mt.
RESISTENCIA EN OHMS/M:	MCM/AREA: 21.15mm2

DATOS DEL TABLERO:

TAB. PRINCIPAL:	
FLIPON 1:	
MARCA: square D	NO. SERIE: FAL34100
CORRIENTE NOMINAL: 100A	VOLTAJE: 480 VAC
CAPACIDAD INTERRUPTIVA: 18KA	
FLIPON 2:	
MARCA: Siemens	NO. SERIE: 3VE4
CAPACIDAD NOMINAL: 56A (45-56A graduable)	VOLTAJE NOMINAL: 480V (40HP)

CAPACIDAD INTERRUPTIVA:		Torque 27Lbs-in	
TAB. SECUNDARIO:			
CONTACTOR PRINCIPAL:			
MARCA: Siemens		NO. SERIE: 3TF50	
CAP. NOMINAL:		VOLTAJE: 440V (40HP)	
VOLTAJE DE LA BOBINA PRINCIPAL: 220V			
CONTACTOS AUXILIARES: 1NC, 1NO			
RELE DE SOBRECARGA:			
MARCA: Siemens		NO. SERIE:3UA6/201-2w	
RANGO DE INTENSIDADES: 63-90A		INTENSIDAD DE OPERACIÓN:63A	
TIEMPO DE OPERACIÓN:		VOLTAJE DE ALIMENTACION CIRCUITOS DE MANDO: 220V y 480V	
PROTECTOR DE FASE:			
MARCA: Wagner		NO. SERIE:Model DDTP-3 50/60Hz	
VOLTAJE DE OPERACIÓN: 90-600VAC		Vmín:	
Vmáx:		*Solo conectadas L1,L2,L3	
TIEMPO DE OPERACIÓN:	CONEXIÓN:	DESCONEXION:	
GUARDANIVEL:			
MARCA: B/W controls (AMETEK)		MODELO: 1500-G-13-S7	
VOLTAJE DE OPERACIÓN: 480 V			
OTROS:			
Tierra aterrizada en TAB. Principal y en TAB. Secundario, ademas conectada a la tuberia con alambre #12.			
Tierra fisica en contador, alambre con conector mecánico a varilla, CORROIDO.			
Tablero sec. Posee pararrayos Cutler Hammer CHSA03, MCOV 600VAC.			
Tiene un timer de 24 horas que permite que la bomba sólo funcione de 6:00 AM a 6:00PM.			

DATOS TOMADOS EN FUNCIONAMIENTO

DEL MEDIDOR DE LA EMPRESA DE DISTRIBUCION:			
FECHA:			
HORA: 9:15AM	DIA:29	MES: abril	AÑO:2005
FACTOR DE POTENCIA: No disponible en medidor.		KWH: 992097	
KW MÁXIMOS: 37.74		KVARH:No disponible en medidor.	
VOLTAJES:			
FASE A: Vab= 463V		FASE B: Vbc= 451V	
FASE C: Vac=450V			
CORRIENTES:			
FASE A: 58.5 A		FASE B 59.7A:	
FASE C: 49.5A			
POSEE SIST. DE TIERRAS: Sí		TIPO: Electrodo	
CALIBRE DE CONDUCTOR A TIERRA: #4AWG			

DATOS DEL POZO

PROFUNDIDAD:300pies	DIAMETRO DE LA TUBERIA:3"
DIAMETRO DEL ENCAMISADO:8"	BOMBA POSEE FUNDA DE ENFR.: Sí

DATOS DEL BANCO DE TRANSFORMADORES:

TIPO DE BANCO: Trifasico(3 trafos monofasicos)	CAPACIDAD: 75KVA
VOLTAJE PRIMARIO: 13.8KV	VOLTAJE SECUNDARIO: 440V
CONEXIÓN DEL PRIMARIO: Estrella flotante	CONEXIÓN DEL SEC.: delta aterrizada
PARARRAYOS: Sí	
OTROS: Estado muy deteriorado de conexiones en el primario.	

NOTA: La profundidad a que se encuentra el motor, en todas las bombas de motor sumergible es aproximadamente 300 pies, y la profundidad total de todos los pozos es de aproximadamente 500 pies.

En nuestro caso la información más importante es la profundidad a que se encuentra el motor eléctrico para el cálculo del conductor adecuado.

**B. MEDICIONES DE VOLTAJE Y CORRIENTE DE LOS MOTORES
QUE ACCIONAN LAS BOMBAS DE AGUA, DEL MUNICIPIO DE
SALCAJA, QUETZALTENANGO.**

Ficha de datos, corrientes y voltajes medidos.

Pozo: San Luís, Salcajá
Fecha: 29 de junio de 2005.
Encargado: JORGE ERNESTO CALDERON ARANGO

Corrientes de Línea(Amperios RMS)

No.	I1	I2	I3		
1	14.33	13.4	12.87	promedio I1	14.47
2	14.3	13.59	12.94		
3	14.64	13.67	13.03	promedio I2	promedio IL
4	14.66	13.61	12.94		
5	14.85	13.62	12.93	promedio I3	13.01
6	14.78	13.6	12.91		
7	14.15	13.67	13.01		
8	14.39	13.65	13.17		
9	14.27	13.52	13.07		
10	14.36	13.48	13.19		

Voltajes de Línea(Voltios RMS)

No.	Vab	Vac	Vbc		
1	464	463	460	promedio Vab	465.3
2	464	466	463		
3	465	463	463	promedio Vac	promedio VL
4	466	464	463		
5	468	463	460	promedio Vbc	461.8
6	466	466	461		
7	468	466	463		
8	464	466	461		
9	464	463	460		
10	464	467	464		

NOTA:

Mediciones hechas en funcionamiento normal del equipo de bombeo. Para las mediciones se utilizo Amperímetro digital plug-in electronics modelo PI-453. En las mediciones de corriente se utilizo rango 20A c.a. con resolución de 10mA y una exactitud (50Hz-60Hz) de +/- 2% de lectura. En las mediciones de voltaje se utilizo el rango 750 V c.a. con resolución de 1V y una exactitud de +/- 1% de lectura.

Ficha de datos, corrientes y voltajes medidos.

Pozo: EL SANJON, SALCAJA
Fecha:20 DE JUNIO DE 2005
Encargado: JORGE ERNESTO CALDERON ARANGO

Corrientes de Línea (Amperios RMS)

No.	I1	I2	I3		
1	54	48.5	58.1	promedio I1	
2	53.7	48.1	56.3		53.62
3	52.8	48.4	56.7	promedio I2	promedio IL
4	53.1	48.8	56.5		48.32
5	52.8	48.3	56.9		52.87
6	53.9	47.6	56.8	promedio I3	
7	54.1	48.1	56.8		56.67
8	54.1	48.1	56		
9	53.9	48.5	56.3		
10	53.8	48.8	56.3		

Voltajes de Línea (Voltios RMS)

No.	Vab	Vac	Vbc		
1	425	437	430	promedio Vab	
2	424	436	429		422.8
3	421	439	432	Promedio Vac	promedio VL
4	422	439	429		437.3
5	424	437	430		430.17
6	422	436	431	promedio Vbc	
7	425	438	429		430.4
8	420	438	431		
9	423	437	431		
10	422	436	432		

NOTA:

Mediciones hechas en funcionamiento normal del equipo de bombeo. Para las mediciones se utilizo Amperímetro digital plug-in electronics modelo PI-453. En las mediciones de corriente se utilizo rango 200A c.a. con resolución de 100mA y una exactitud (50Hz-60Hz) de +/- 2% de lectura. En las mediciones de voltaje se utilizo el rango 750 V c.a. con resolución de 1V y una exactitud de +/- 1% de lectura. (valido para todas las mediciones de corriente y voltaje y sus valores promedio, excepto el pozo SAN LUIS, donde se uso RANGO 20A).

Ficha de datos, corrientes y voltajes medidos.

Pozo: ALDEA RUDOLPH WALTER(SECTOR LAS FLORES)
Fecha: 22 DE JUNIO DE 2005
Encargado: JORGE ERNESTO CALDERON ARANGO

Corrientes de Línea(Amperios RMS)

No.	I1	I2	I3			
1	46.8	48.1	47.1	promedio I1		
2	47.2	47.9	46.9		47.29	
3	47.3	47.8	46.9	promedio I2		promedio IL
4	47.4	48	47		47.93	47.43
5	47.4	48	47			
6	47.2	48	46.9	promedio I3		
7	47.4	47.8	46.8		47.06	
8	47.5	47.9	47.3			
9	47.3	47.8	47.3			
10	47.4	48	47.4			

Voltajes de Línea(Voltios RMS)

No.	Vab	Vac	Vbc			
1	468	469	467	promedio Vab		
2	466	468	470		468.6	
3	470	470	467	promedio Vac		promedio VL
4	467	471	471		469.5	469
5	470	469	470			
6	468	468	468	promedio Vbc		
7	468	471	468		468.9	
8	470	467	470			
9	472	471	470			
10	467	471	468			

Ficha de datos, corrientes y voltajes medidos.

Pozo: SAN JACINTO, SALCAJA
Fecha: 22 DE JUNIO DE 2005
Encargado: JORGE ERNESTO CALDERON ARANGO

Corrientes de Línea (Amperios RMS)

No.	I1	I2	I3		
1	109.7	101.1	113.9	promedio I1	
2	109.3	102.1	116		109.77
3	109.8	101.2	117.1	promedio I2	promedio IL
4	109.6	101.3	118		101.18
5	109.8	101.3	118.2		109.33
6	110.1	100.9	117.9	promedio I3	
7	108.7	100.7	116.6		117.04
8	110.1	100.9	117.5		
9	110.1	101	117.7		
10	110.5	101.3	117.5		

Voltajes de Línea (Voltios RMS)

No.	Vab	Vac	Vbc		
1	227	234	228	promedio Vab	
2	226	233	227		226.6
3	226	234	226	promedio Vac	promedio VL
4	226	233	227		233.7
5	227	233	227		229.33
6	227	233	228	promedio Vbc	
7	226	234	228		227.7
8	227	234	229		
9	227	234	228		
10	227	235	229		

Ficha de datos, corrientes y voltajes medidos.

Pozo: SANTA RITA, SALCAJA
Fecha: 22 DE JUNIO DE 2005
Encargado: JORGE ERNESTO CALDERON ARANGO

Corrientes de Línea (Amperios RMS)

No.	I1	I2	I3		
1	60.2	57.2	50.3	promedio I1	
2	60.2	57.3	50.5	60.31	
3	60.3	57.4	50.9	promedio I2	promedio IL
4	60.3	57.2	50.4	57.25	55.98
5	60.3	57.1	50.3	promedio I3	
6	60.5	57.4	50.5	50.39	
7	60	57.3	50.5		
8	60.4	57.2	50.2		
9	60.4	57.1	50		
10	60.5	57.3	50.3		

Voltajes de Línea (Voltios RMS)

No.	Vab	Vac	Vbc		
1	459	444	451	promedio Vab	
2	457	446	448	457.4	
3	455	446	447	promedio Vac	promedio VL
4	458	447	450	445.7	450.6
5	455	445	448	promedio Vbc	
6	457	445	448	448.7	
7	460	443	448		
8	458	449	448		
9	459	445	449		
10	456	447	450		

Ficha de datos, corrientes y voltajes medidos.

Pozo: EL CARMEN, SALCAJA
Fecha: 22 DE JUNIO DE 2005
Encargado: JORGE ERNESTO CALDERON ARANGO

Corrientes de Línea (Amperios RMS)

No.	I1	I2	I3			
1	123.1	90.9	92.7	promedio I1		
2	122.5	91.1	92.4		122.96	
3	122.6	91.4	92.3	promedio I2		promedio IL
4	123	90.6	92.6		91.13	102.63
5	122.8	90.6	92.7			
6	122.8	91	95.2	promedio I3		
7	122.8	91.5	94.7		93.8	
8	123.1	92	95.4			
9	123.2	91.4	94.7			
10	123.7	90.8	95.3			

Voltajes de Línea (Voltios RMS)

No.	Vab	Vac	Vbc			
1	212	221	209	promedio Vab		
2	212	220	209		212	
3	211	221	209	promedio Vac		promedio VL
4	213	221	207		220.9	213.67
5	212	220	208			
6	213	220	207	promedio Vbc		
7	211	222	208		208.1	
8	212	222	207			
9	212	221	209			
10	212	221	208			

C. TABLAS DE COSTOS DE ENERGÍA.

- 1. Resumen de los recibos emitidos por DEOCSA.**
- 2. Costo Total de Energía estimado.**
- 3. Costos por bajo factor de potencia.**
- 4. Costos por potencia máxima (KWMAX).**

Resumen de datos de factura de pozo San Jacinto
Nis.: 2000101

Mes	Potencia Activa Kwh	Potencia Reactiva Kvarh	Potencia Máxima Kw	F.P. según método NTSD	F.P. Aprox. 2 decimales	Cargo Fijo mensual	Costo por consumo de Energía Q.	Costo por potencia contratada Q.	Costo por potencia máxima Q.	Recargo por fp Q.	Servicio de alumbrado publico Q.	Ajuste por redondeo Q.	Ajuste mes anterior Q.	Total Deuda Q.
Sep-04	15,757	11,108	34.74	0.817	0.82	427.39	8,113.77	2,845.19	1,854.05	1,025.04	15.95	-0.48	0.09	14281
Oct-04	14,559	10,321	34.80	0.816	0.82	427.39	7,496.88	2,845.19	1,857.25	975.95	15.88	-0.02	0.48	13619
Nov-04	15,352	10,996	34.80	0.816	0.82	427.39	8,364.14	2,845.19	1,857.25	1,175.99	16.27	-0.25	0.02	14686
Dic-04	14,069	9,891	34.90	0.82	0.82	427.39	7,665.13	2,845.19	1,862.59	989.83	16.36	-0.74	0.25	13806
Ene-05	14,509	9,433	37.81	0.838	0.84	427.39	7,904.85	2,845.19	2,017.89	766.08	16.6	-0.74	0.74	13978
Feb-05	14,827	8,746	35.41	0.861	0.86	440.28	8,065.98	2,847.81	1,889.48	512.13	16.51	-0.93	0.74	13772

Resumen de datos de factura de pozo Rudolph Walter
Nis.: 5444033

Mes	Potencia Activa Kwh	Potencia Reactiva Kvarh	Potencia Máxima Kw	F.P. según método NTSD	F.P. Aprox. 2 decimales	Cargo Fijo mensual	Costo por consumo de Energía Q.	Costo por potencia contratada Q.	Costo por potencia máxima Q.	Recargo por fp Q.	Servicio de alumbrado publico Q.	Ajuste por redondeo Q.	Ajuste mes anterior Q.	Total Deuda Q.
Sep-04	9,106	6,736	31.349	0.804	0.8	427.4	4,688.96	2,489.54	1,673.07	885.16	15.95	-0.83	0.60	10180
Oct-04	8,899	6,531	30.850	0.806	0.81	427.4	4,582.37	2,489.54	1,646.44	784.65	15.88	-0.1	0.83	9947
Nov-04	7,821	6,559	31.330	0.766	0.77	427.4	4,261.07	2,489.54	1,672.27	1,094.97	16.27	-0.61	0.1	9961
Dic-04	8,360	6,545	31.000	0.787	0.79	427.4	4,554.73	2,489.54	1,654.66	956.88	16.36	-0.17	0.61	10100
Ene-05	8,000	1,089	31.600	0.991	0.99	427.4	4,358.59	2,489.54	1,686.47		16.6	-0.76	0.17	8978
Feb-05	10,572	13,645	31.054	0.612	0.61	440.3	5,751.24	2,491.83	1,657.04	2871.03	16.51	-0.69	0.76	13228

NOTA: En sep-04, hay que sumarle a la deuda total Q.219.16 por mora haciendo un total ese mes de 10,399; además en el mes de Enero de 2005, no hay recargo de FP se recarga todo en febrero, posiblemente error en la lectura. Para determinar el FP promedio se utilizo la diferencia de lecturas del mes de febrero y las tomadas del 19 de abril en la ficha de datos dando un Fp=0.786. La variación en FP entre Sep-Dic/04 se debe a que en septiembre se cambio motor.

Resumen de datos de factura de pozo San Luís
Nis.: 5414687

Mes	Potencia Activa Kwh	Potencia Reactiva Kvarh	Potencia Máxima Kw	F.P. según método NTSD	F.P. Aprox. 2 decimales	Cargo Fijo mensual	Costo por consumo de Energía Q.	Costo por potencia contratada Q.	Costo por potencia máxima Q.	Recargo por fp Q.	Servicio de alumbrado publico Q.	Ajuste por redondeo Q.	Ajuste mes anterior Q.	Total Deuda Q.
Sep-04	170	132	8.831	0.7898	0.79	427.39	87.54	782.43	471.30	147.54	15.95	-0.32	0.17	1932
Oct-04	172	133	8.796	0.7911	0.79	427.39	88.57	782.43	469.44	147.45	15.88	-0.48	0.32	1931
Nov-04	200	156	8.817	0.7885	0.79	427.39	108.96	782.43	470.56	149.81	16.27	-0.9	0.48	1955
Dic-04	167	128	8.809	0.7937	0.79	427.39	90.99	782.43	470.13	147.79	16.36	-0.99	0.9	1935
Ene-05	149	116	8.970	0.7891	0.79	427.39	81.18	782.43	478.72	147.66	16.6	-0.97	0.99	1934
Feb-05	272	210	8.883	0.7915	0.79	440.28	147.97	783.15	474.00	154.56	16.51	-0.44	0.97	2017
Mar-05	198	153	8.975	0.7913	0.79	440.28	107.71	783.15	478.91	150.67	16.42	-0.58	0.44	1977

Resumen de datos de factura de pozo Santa Rita
Nis.: 2000135

Mes	Potencia Activa Kwh.	Potencia Reactiva Kvarh	Potencia Máxima Kw	F.P. según método NTSD	F.P. Aprox. 2 decimales	Cargo Fijo mensual	Costo por consumo de Energía Q.	Costo por potencia contratada Q.	Costo por potencia máxima Q.	Recargo por fp Q.	Servicio de alumbrado publico Q.	Ajuste por redondeo Q.	Ajuste mes anterior Q.	Total Deuda Q.
Sep-04	10,257		17.10			427.39	5,281.65	1,422.60	912.61		15.95	-0.29	0.09	8060
Oct-04	9,917		17.10			427.39	5,106.57	1,422.60	912.61		15.88	-0.34	0.29	7885
Nov-04	9,114		17.10			427.39	4,965.53	1,422.60	912.61		16.27	-0.74	0.34	7744
Dic-04	9,467		16.60			427.39	5,157.85	1,422.60	885.93		16.36	-0.87	0.74	7910
Ene-05	9,480		17.10			427.39	5,164.93	1,422.60	912.61		16.6		0.87	7945
Feb-05	10,689		16.67			440.28	5,814.88	1,423.90	889.51		16.51	-0.08		8585
Mar-05	9,101		16.28			440.28	4,951	1,423.90	868.7		16.42	-0.38	0.08	7700

Resumen de datos de factura de pozo el Sanjón
Nis.: 2000104

Mes	Potencia Activa Kwh	Potencia Reactiva Kvarh	Potencia Máxima Kw	F.P. según método NTSD	F.P. Aprox. 2 decimales	Cargo Fijo mensual	Costo por consumo de Energía Q.	Costo por potencia contratada Q.	Costo por potencia máxima Q.	Recargo por fp Q.	Servicio de alumbrado publico Q.	Ajuste por redondeo Q.	Ajuste mes anterior Q.	Total Deuda Q.
Sep-04	9,137	5,401	34.974	0.8608	0.86	427.39	4,704.93	2,639.20	1,866.54	368.43	15.95	-0.07	0.63	10023
Oct-04	8,554	5,028	34.945	0.8621	0.86	427.39	4,353.23	2,639.20	1,864.99	354.3	15.88	-0.06	0.07	9655
Nov-04	9,533	5,713	35.024	0.8578	0.86	427.39	5,193.81	2,639.20	1,869.21	388.09	16.27	-0.03	0.06	10534
Dic-04	8,723	5,057	34.838	0.8651	0.86	427.39	4,752.50	2,639.20	1,859.28	277.5	16.36	-0.29	0.03	9972
Ene-05	8,656	5,108	34.996	0.8612	0.86	427.39	4,716.00	2,639.20	1,867.71	368.9	16.6	-0.11	0.29	10036
Feb-05	10,286	6,020	35.021	0.863	0.86	440.28	5,595.65	2,641.63	1,868.72	404.2	16.51	-0.14	0.11	10967
Mar-05	8,154	4824	35.013	0.86007	0.86	440.28	4,435.83	2,641.63	1,868.29	357.8	16.42	-0.42	0.14	9760

Resumen de datos de factura de pozo El Carmen
Nis.: 2000102

Mes	Potencia Activa Kwh	Potencia Reactiva Kvarh	Potencia Máxima Kw	F.P. según método NTSD	F.P. Aprox. 2 decimales	Cargo Fijo mensual	Costo por consumo de Energía Q.	Costo por potencia contratada Q.	Costo por potencia máxima Q.	Recargo por fp Q.	Servicio de alumbrado publico Q.	Ajuste por redondeo Q.	Ajuste mes anterior Q.	Total Deuda Q.
Sep-04	5,204	3,625	32.300	0.8205	0.82	427.39	2,679.70	2,631.80	1,723.83	562.83	15.95	-0.29	0.79	8042
Oct-04	4,664	3,276	32.131	0.8183	0.82	427.39	2,401.64	2,631.80	1,714.81	539.86	15.88	-0.67	0.29	7731
Nov-04	4,993	3,516	32.312	0.8176	0.82	427.39	2,720.31	2,631.80	1,724.47	566.13	16.27	-0.04	0.67	8087
Dic-04	4,605	3,178	35.850	0.823	0.82	427.39	2,508.91	2,631.80	1,913.29	564.32	16.36	-0.11	0.04	8062
Ene-05	2,673	1,903	32.530	0.8146	0.81	427.39	1,456.31	2,631.80	1,736.10	524.18	16.6	-0.49	0.11	6792
*Feb-05	15,270	3,773	31.717	0.9708	0.97	440.28	8,306.98	2,634.22	1,692.42		16.51	-0.9	0.49	13090
Mar-05	4,476	3,168	31.749	0.8162	0.82	440.28	2,434.97	2,634.22	1,694.13	541.07	16.42	-0.99	0.9	7761

La lectura correspondiente al mes de Febrero de 2005, esta errada es por ello que FP=0.97 no es tomado en cuenta.

Costos Totales de Energía
Nota: todas las cantidades en Quetzales.

Pozo	El Carmen	El Sanjon	Sn. Luis	Sn. Jacinto	R. Walter	Total mensual	Total semestral	Total anual
mes								
Sep-04	8042	10023	1932	14281	10180	44458	271231	542462
Oct-04	7731	9655	1931	13619	9947	42883		
Nov-04	8087	10534	1955	14686	9961	45223		
Dic-04	8062	9972	1935	13806	10100	43875		
Ene-05	6792	10036	1934	13978	8978	41718		
Feb-05	13090	10967	2017	13772	13228	53074		
Total semestral por pozo	51804	51164	11704	84142	62394			
Total anual por pozo	103608	102328	23408	168284	124788			
Promedio mensual por pozo	8634	8527.33333	1950.66667	14023.6667	10399			

Fuente: Facturas emitidas por deocsa.

Este total no coincide con el obtenido en la memoria de labores de la municipalidad de Salcajá, puesto que es un estimado.

Costos de penalización por bajo factor de potencia
 Nota: todas las cantidades en Quetzales.

Pozo	El Carmen	El Sanjon	Sn. Luis	Sn. Jacinto	R. Walter	Total mensual	Total semestral	Total anual
mes								
Sep-04	562.83	368.43	147.54	1025.04	885.16	2989	17761.26	35522.52
Oct-04	539.86	354.3	147.45	975.95	784.65	2802.21		
Nov-04	566.13	388.09	149.81	1175.99	1094.97	3374.99		
Dic-04	564.32	277.5	147.79	989.83	956.88	2936.32		
Ene-05	524.18	368.9	147.66	766.08		1806.82		
Feb-05		404.2	154.56	512.13	2781.03	3851.92		
Total semestral por pozo	2757.32	2161.42	894.81	5445.02	6502.69			
Total anual por pozo	5514.64	4322.84	1789.62	10890.04	13005.38			
Promedio mensual por pozo	459.553333	360.236667	149.135	907.503333	1083.78167			

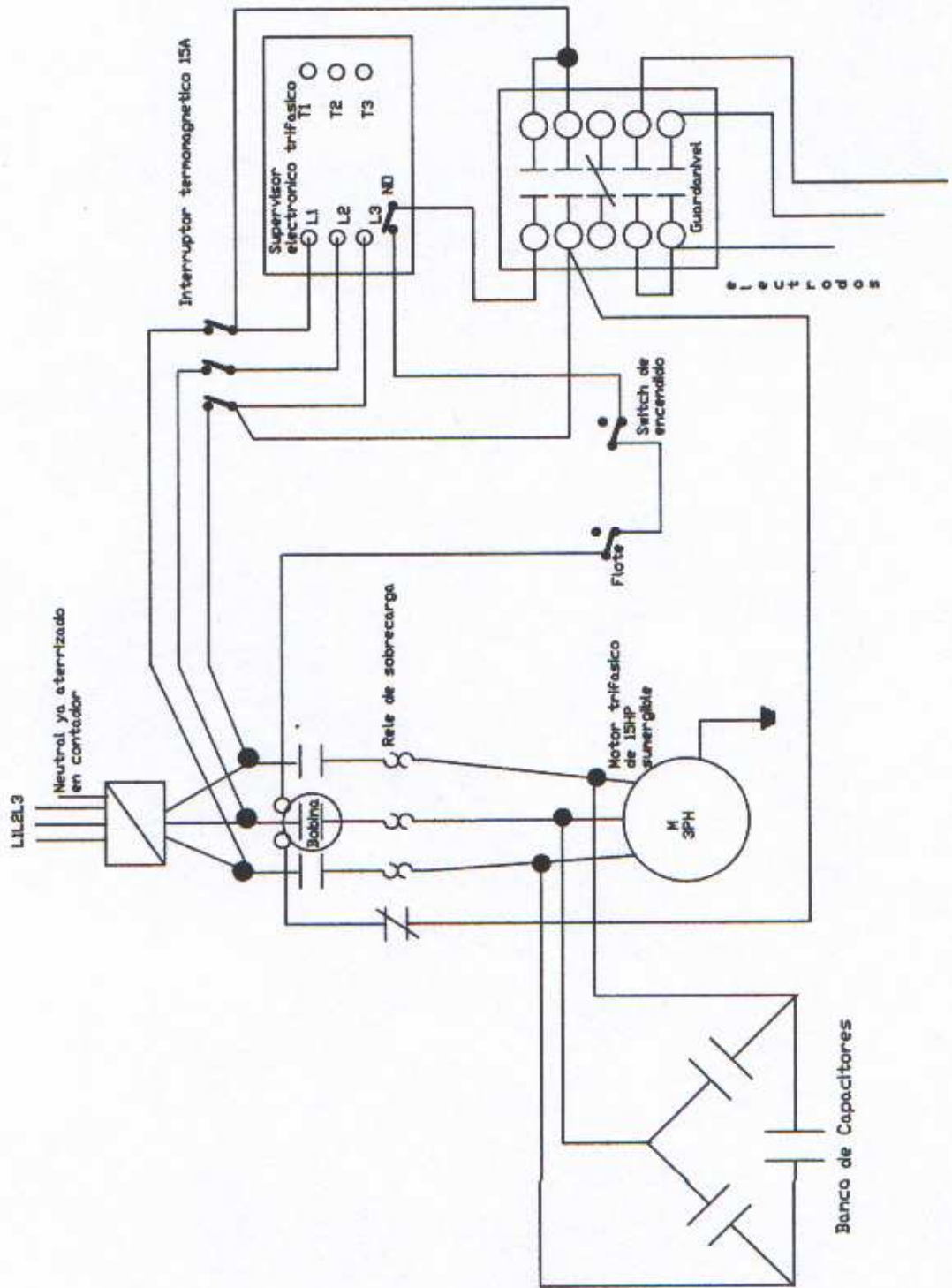
Fuente: Facturas emitidas por deocsa.

Costos por potencia máxima
 Nota: todas las cantidades en Quetzales.

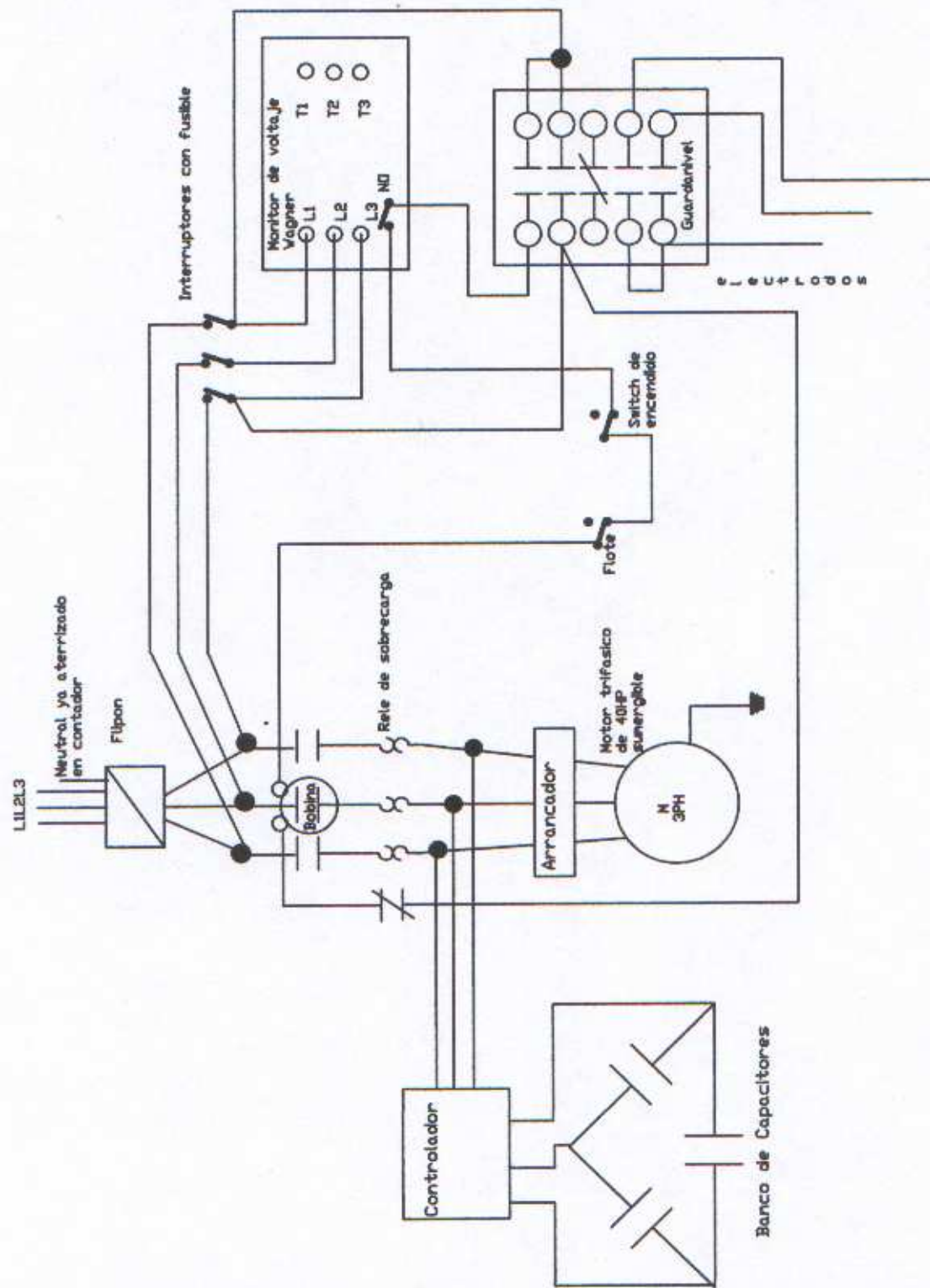
Pozo	El Carmen	El Sanjon	Sta. Rita	Sn. Jacinto	R. Walter	Total mensual	Total semestral	Total anual
mes								
Sep-04	1723.83	1866.54	2069.3	1854.05	1673.07	9186.79	55395.63	110791.26
Oct-04	1714.81	1864.99	2069.3	1857.25	1646.44	9152.79		
Nov-04	1724.47	1869.21	2069.3	1857.25	1672.27	9192.5		
Dic-04	1913.29	1859.28	2069.3	1862.59	1654.66	9359.12		
Ene-05	1736.1	1867.71	2069.3	2017.89	1686.47	9377.47		
Feb-05	1642.42	1868.72	2069.3	1889.48	1657.04	9126.96		
Total semestral por pozo	10454.92	11196.45	12415.8	11338.51	9989.95			
Total anual por pozo	20909.84	22392.9	24831.6	22677.02	19979.9			
Promedio mensual por pozo	1742.48667	1866.075	2069.3	1889.75167	1664.99167			

Fuente: Recibos emitidos por DEOCSA. Datos de pozo Sta. Rita se tomaron del recibo de abril de 2005, pues se cambio motor y bomba.

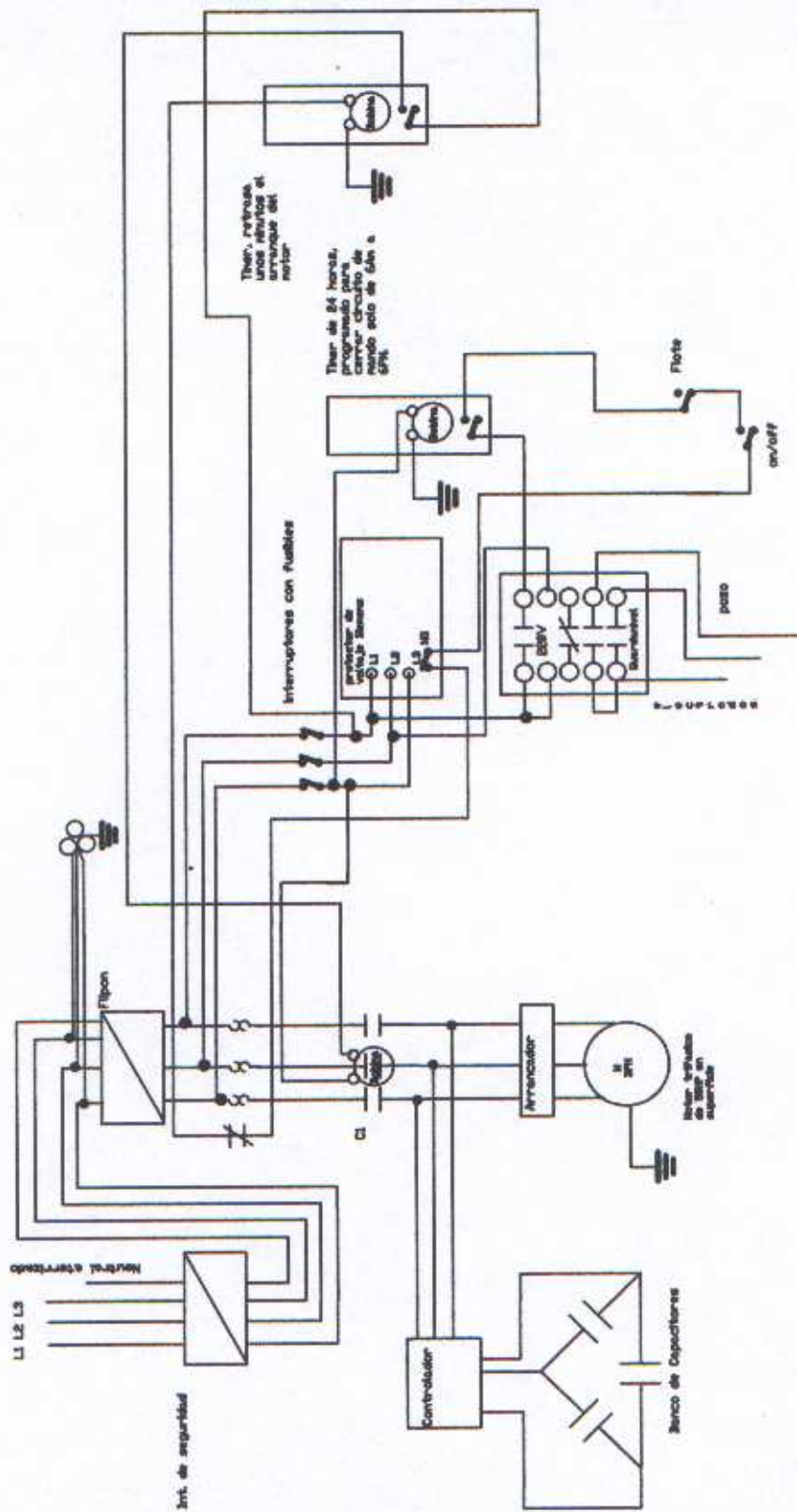
D. DIAGRAMAS ELÉCTRICOS PROPUESTOS.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA, FACULTAD DE INGENIERIA	
DIAGRAMA ELECTRICO DE POZO SAN LUIS	FECHA: 7 DE SEPTIEMBRE DE 2005	1 6
DIBUJO: JORGE E. CALDERON ARANGO	REVISO: INGA. ANABELLA ALVARADO	



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA, FACULTAD DE INGENIERIA	
DIAGRAMA ELECTRICO DE POZO EL SANJON	FECHA: 7 DE SEPTIEMBRE DE 2005	4
DIBUJO: JORGE E. CALDERON ARANGO	REVISO: INGA. ANABELLA ALVARADO	6



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA, FACULTAD DE INGENIERIA	
DIAGRAMA ELECTRICO DE POZO SAN JACINTO	FECHA: 7 DE SEPTIEMBRE DE 2005	5
DIBUJO: JORGE E. CALDERON ARANGO	REVISO: INGA. ANABELLA ALVARADO	6

