

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE INGENIERIA**



**DESCRIPCIÓN Y FALLAS DE EQUIPO ELÉCTRICO PARA  
POZO PROFUNDO**

**RAMIRO ACOSTA CALZADA**

**MONOGRAFÍA**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRONOMO EN IRRIGACIÓN**

**Buenavista, Saltillo, Coah.  
Enero de 2007**

**Monografía elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como requisito parcial, para obtener el título de**

## **INGENIERO AGRONOMO EN IRRIGACIÓN**

### **COMITÉ PARTICULAR**

**Asesor Principal:** \_\_\_\_\_  
**Dr. Javier de J. Cortés Bracho**

**Asesor:** \_\_\_\_\_  
**Ing. José Enrique Mandujano**

**Asesor:** \_\_\_\_\_  
**Mc. Tomas Reyna Cepeda**

**Asesor:** \_\_\_\_\_  
**Mc. Gregorio Briones Sánchez**

\_\_\_\_\_  
**Dr. Raúl Rodríguez García**  
**Coordinador de la División de Ingeniería**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México**  
**Enero de 2007**

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A DIOS:**

Por estar siempre a mi lado, escuchar mis oraciones y darme la oportunidad de vivir; por poner en mi camino al doctor Roberto Dávalos, que con sus conocimientos médicos me cerro la fistula de LCR.

### **A MIS PADRES:**

Que me cuidaron y estuvieron al pendiente de mis necesidades y me educaron con valores, por que de ellos naci para ser un hombre de bien, por haberse quitado el pan de laboca para darmelo a mi; su hijo.

### **A MI ESPOSA E HIJA:**

Por ser la familia que soñe y que son las más grandes bendiciones que Dios me dio, por su paciencia y todos los cuidados que medieron cuando no podía ni siquiera moverme, por todos sus desvelos, amor, ternura y paciencia.

### **A MIS HERMANOS Y HERMANAS:**

Por el apoyo moral y económico que me han dado en los momentos dificiles de mi existencia; a todos ellos mil gracias.

### **A MIS SOBRINOS Y SOBRINAS:**

Que también me han apoyado; moral y econòmicamente y que a pesar de la distancia no se olvidan de mi.

### **A MIS AMIGOS DEL TRABAJO:**

Por enseñarme que el trabajo en equipo es mas fuctífero que el individualismo enque vivía.

### **A MIS MAESTROS:**

Por todos los conocimientos que compartieron desinteresadamente, por paricipar en mi formación académica, por el sacrificio de enseñarme sin importar horarios.

**A LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO, MI  
UNIVERSIDAD:**

**Por todas las comodidades que me brido, para que yo cupiera sin  
preocupación con mis obligaciones académicas.**

## **DEDICATORIA**

**A DIOS: por su incondicional protección.**

**A MIS PADRES: José Acosta Rivera ( + ) y Margarita Calzada Bolaños; por darme la más grande de las herencias “el estudio”.**

**Con mucho cariño a mi esposa María Irma Gómez y a mi hija Asmindá Gómez Acosta, por todos los días tan felices que hemos pasado juntos.**

**A MIS HERMANOS Y HERMANAS: Alfredo, Salvador, Juan, J. Refugio, Alicia, Lucía, Francisca y Josefa; que siempre se han sentido orgullosos de mí.**

**A MIS SOBRINOS: Josefina Rico Acosta, Macario Rico Acosta, Joel Rico Acosta, Juan Rico Acosta, Giovanni Rico Acosta, Cesar Rico Acosta, Humberto Acosta García, Mariela Acosta García, Denis Paola Acosta García, Juan Acosta García, Claudia Acosta García, Antonio Acosta García, Guadalupe Acosta Martínez, Rubí Acosta Martínez, Fátima Acosta Martínez, Refugio Acosta Martínez, Javier Acosta Martínez, Ana Karla Acosta Espinoza, Gema Acosta Espinoza, José Acosta Espinoza, Jorge Caballero Acosta, Ana Yeli Caballero Acosta, José Guadalupe López Acosta, Esmeralda López Acosta, Eduardo López Acosta, María de los Ángeles López Acosta, Pablo Acosta Pineda, Pedro Acosta Pineda, Remigio Acosta Pineda, Melchor Acosta Pineda, Marcos Acosta Pineda, Rosaura Acosta Pineda, Yuri Acosta Pineda e Ines Acosta pineda. Para recordar a mi padre, que esta presente en cada uno de ellos, a todos ellos los conoció y en todos ellos vive en su sangre, para que en todas las siguientes generaciones se escriba su nombre y no se arranque de la faz de la tierra.**

**A MIS ALUMNOS: para que se motiven y tengan la decisión de seguir estudiando, sean grandes y engrandezcan a México**

## RESUMEN

Los sistemas de bombeo de pozo profundo presentan dos partes, una eléctrica y otra mecánica; ambas pueden presentar problemas. Cuando la parte mecánica presenta problemas, generalmente es inevitable una desinstalación, sin embargo estas fallas no son tan frecuentes como las que presenta la parte eléctrica.

Las fallas eléctricas son más frecuentes, a veces son sencillas y rápidas de reparar. Estas fallas pueden presentarse en la línea aérea de media tensión, en la subestación, arrancador o en el motor.

La falla mas frecuente en la línea de media tensión se presenta en los fusibles ya sea en una o más fases, cuando algún otro dispositivo falla, como algún aislador, no es fácil detectarlo por lo que lo que el problema es mejor dejarlo en manos del dueño de la línea que es CFE. En los entronque es necesario realizar la reposición de fusibles, por la importancia de los riegos, aunque se sabe que no está permitido.

La subestación también presenta problemas frecuentes en fusibles y ocasionalmente en otros dispositivos como: apartarrayos, aisladores y transformador, la falla mas costosa puede ser cuando el transformador se quema ya sea por alguna sobrecarga, un rayo o simplemente por el vencimiento de su vida útil.

El arrancador a tensión reducida proporciona la protección y control del motor; generalmente presenta problemas en el contactor de tensión plena debido aun mal contacto de los platinos por un bajo voltaje o también el relevador de sobrecarga por una mala calibración, accidental o por olvido; ya que debemos recordar que el relevador de sobrecarga debe calibrarse a la tensión nominal del motor, pero la perilla trae graduaciones amplias por lo que tal vez en el primer intento no quede bien calibrado.

El motor vertical flecha hueca con rotor jaula ardilla tiene parte eléctrica y parte mecánica, la parte que más problemas presenta es la mecánica y sobre todo el balero de carga, no por defecto de fabricación si por una mala lubricación, por lo que es muy importante tener especial atención en la lectura de la placa donde se indica el tipo de grasa o aceite que se debe usar. Como los motores son de fabricación extranjera a veces recomiendan productos no muy fáciles de conseguir por lo que siempre se debe consultar al especialista, para una mejor recomendación. La parte eléctrica es el embobinado, difícilmente da problemas, pero una falla en el equipo de protección puede traer graves consecuencias.

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLAS</b>	<b>Página</b>
<b>Tabla 1 Capacidad del fusible de acuerdo a la capacidad Del transformador</b>	<b>3</b>
<b>Tabla 2 Fusibles para diferentes tensiones</b>	<b>16</b>
<b>Tabla 3 Selección de equipo eléctrico</b>	<b>48</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>		<b>Página</b>
<b>Figura 1</b>	<b>Aislador tipo alfiler</b>	<b>5</b>
<b>Figura 2</b>	<b>Aislador tipo cadena</b>	<b>6</b>
<b>Figura 3</b>	<b>Apartarrayos</b>	<b>7</b>
<b>Figura 4</b>	<b>Entronque de línea</b>	<b>9</b>
<b>Figura 5</b>	<b>Entronque de línea</b>	<b>10</b>
<b>Figura 6</b>	<b>Subestación de 112.5 KVA</b>	<b>12</b>
<b>Figura 7</b>	<b>Transformador con boquillas de media tensión</b>	<b>13</b>
<b>Figura 8</b>	<b>Transformador con boquillas de baja tensión</b>	<b>13</b>
<b>Figura 9</b>	<b>Diagrama de subestación tipo poste</b>	<b>14</b>
<b>Figura 10</b>	<b>Gabinete del arrancador</b>	<b>18</b>
<b>Figura 11</b>	<b>Relevador de sobre carga</b>	<b>19</b>
<b>Figura 12</b>	<b>Contactador</b>	<b>20</b>
<b>Figura 13</b>	<b>Interruptor de navajas</b>	<b>22</b>
<b>Figura 14</b>	<b>Partes ensambladas de un arrancador</b>	<b>24</b>
<b>Figura 15</b>	<b>Aterrizaje del arrancador</b>	<b>25</b>
<b>Figura 16</b>	<b>Caseta tipo para el arrancador</b>	<b>27</b>
<b>Figura 17</b>	<b>Vista lateral de una caseta sin ventilación</b>	<b>28</b>
<b>Figura 18</b>	<b>Vista frontal de una caseta sin ventilación</b>	<b>28</b>
<b>Figura 19</b>	<b>Partes del motor eléctrico</b>	<b>34</b>
<b>Figura 20</b>	<b>Valeros del motor</b>	<b>36</b>
<b>Figura 21</b>	<b>terminal tipo zapata</b>	<b>38</b>
<b>Figura 22</b>	<b>Tornillos y rondanas para la terminal</b>	<b>39</b>
<b>Figura 23</b>	<b>Terminal atornillada</b>	<b>39</b>



<b>FIGURA</b>	<b>Página</b>
<b>Figura 24 Base de concreto</b>	<b>41</b>
<b>Figura 25 Motor sobre su base</b>	<b>43</b>
<b>Figura 26 Motor US</b>	<b>44</b>
<b>Figura 27 Motor siemens</b>	<b>45</b>
<b>Figura 28 Multímetro de 600 volts</b>	<b>46</b>
<b>Figura 29 Multímetro de 1000 volts</b>	<b>47</b>
<b>Figura 30 Tabla para seleccionar refacciones</b>	<b>49</b>

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	<b>Página</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>iii</b>
<b>Dedicatoria</b>	<b>iv</b>
<b>Resumen</b>	<b>v</b>
<b>Índice de tablas</b>	<b>vi</b>
<b>Índice de figuras</b>	<b>vii</b>
<b>Introducción</b>	<b>1</b>
<b>Objetivo</b>	<b>2</b>
<b>Líneas eléctricas</b>	<b>3</b>
<b>Componentes y correcciones en la línea de media tensión</b>	<b>4</b>
<b>Aisladores alfiler</b>	<b>5</b>
<b>Aisladores de cadena</b>	<b>6</b>
<b>Apartarrayos</b>	<b>7</b>
<b>Identificación de las líneas de media tensión</b>	<b>8</b>
<b>Entronque de la línea</b>	<b>9</b>
<b>Subestación tipo poste</b>	<b>11</b>
<b>Conexión del transformador</b>	<b>13</b>
<b>Partes y accesorios de la subestación</b>	<b>15</b>
<b>Arrancador a tensión reducida tipo auto transformador</b>	<b>18</b>
<b>Partes del arrancador</b>	<b>19</b>
<b>Fallas del arrancador</b>	<b>19</b>
<b>Auto transformador</b>	<b>21</b>
<b>Protección adicional</b>	<b>22</b>
<b>Caseta para el arrancador</b>	<b>27</b>

<b>Alumbrado de la caseta</b>	<b>29</b>
<b>Motor trifásico con rotor jaula de ardilla</b>	<b>30</b>
<b>Fallas del motor</b>	<b>31</b>
<b>Fallas eléctricas y desequilibrio de voltaje</b>	<b>32</b>
<b>Desperfectos mecánicos</b>	<b>33</b>
<b>Descripción general</b>	<b>33</b>
<b>Fallas en el balero de carga</b>	<b>35</b>
<b>Fallas en el balero guía</b>	<b>36</b>
<b>¿Cómo engrasar los valeros?</b>	<b>37</b>
<b>Fallas en las bobinas</b>	<b>37</b>
<b>Fallas en las terminales</b>	<b>38</b>
<b>Fallas en los conductores</b>	<b>40</b>
<b>Que hacer cuando en motor no arranca</b>	<b>40</b>
<b>Instalación del motor sobre su base</b>	<b>41</b>
<b>Motores comunes</b>	<b>44</b>
<b>Medición de la intensidad de corriente y el voltaje</b>	<b>46</b>
<b>Selección del equipo eléctrico</b>	<b>48</b>
<b>Conclusión</b>	<b>50</b>
<b>Conceptos básicos</b>	<b>51</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>53</b>

## INTRODUCCIÓN

Las fallas de un sistema de bombeo tipo pozo profundo se pueden presentar en el equipo mecánico o en el equipo eléctrico, incluyendo la línea de conducción eléctrica de media tensión. El equipo eléctrico está compuesto por: la subestación, el transformador, el arrancador y el motor eléctrico. El equipo mecánico iniciando desde arriba hacia abajo con: el tubo de descarga, el cabezal de descarga, la tubería de columna, la transmisión (fundas y flechas), el cuerpo de tazones, tubo de succión y el colador cónico o de canasta cuando el sistema de bombeo está instalado en un cárcamo.

En esta ocasión trataremos solamente las fallas del equipo eléctrico por que son más comunes y fáciles de reparar, son fallas muy molestas sobre todo cuando el riego es muy importante y está en juego la cosecha, además es un tema poco tratado en la literatura específicamente para el tipo de equipo aquí tratado, siendo el conocimiento adquirido por el ingeniero sobre este tema solamente en forma práctica e investigación para corroborar algunos aspectos.

Esta investigación contiene aspectos básicos-prácticos que el ingeniero debe conocer en sus inicios como seleccionador de sistemas de bombeo, en cuanto al equipo eléctrico utilizado en sistemas de bombeo tipo pozo profundo, no es un curso de electricidad de estos equipos, por lo que no se maneja terminología eléctrica en exceso, solo algunos términos que se definen al final del tratado.

También se menciona la descripción de las partes que componen la subestación tipo poste, transformador, arrancador y motor, así como algunas recomendaciones para el buen funcionamiento y conservación del equipo eléctrico del sistema de bombeo para pozo profundo.

Considero relevante realizar una propuesta para la construcción de una caseta tipo que recomendamos al banco de crédito rural región Zamora que nos pedía como requisito para el otorgamiento de créditos al campesino, con dimensiones y ventilación adecuada. De la misma manera una base para el motor eléctrico, en forma de pirámide cuadrangular trunca, también de dimensiones requeridas por el banco.

## **OBJETIVO:**

La finalidad de este trabajo es describir los partes que componen el equipo eléctrico de un sistema de bombeo para pozo profundo, iniciando desde la subestación tipo poste hasta el motor. También mencionar algunas fallas comunes que se presentan en su funcionamiento y recomendaciones elementales para un correcto funcionamiento de la parte eléctrica.

## LINEAS ELÉCTRICAS

### MEDIA TENSIÓN

La línea de media tensión puede presentar fallas muy periódicas cuando se funden fusibles de entronques, esto se manifiesta por el porta fusibles caído o colgando, comúnmente conocidos como cuchillas; pudiendo estar la falla en una o en las tres fases. Esto puede ocurrir por la sobre carga de la línea debido al gran consumo de energía por número elevado de sistemas de bombeo funcionando simultáneamente o comunidades que se alimentan de la misma línea. En ocasiones también la falla se presenta por un rayo que cae sobre la línea de media tensión fundiendo algún fusible o destruyendo alguna porcelana aislante.

Todo tipo de reparación corresponde en este caso a la compañía de luz (comisión federal de electricidad ) sin embargo cuando el problema son sólo fusibles; generalmente el mismo productor es quien paga por la reposición a algún particular a sabiendas que puede ser multado por la compañía si es sorprendido interviniendo dichas líneas, esto lo hace por lo importante del riego ya que la compañía de luz por su alta ineficiencia en algunas regiones tarda hasta siete días en reinstalar la energía.

Cuando se presenta una falla en los entronques, es recomendable sustituir el fusible por uno de la misma capacidad o se instala uno de mayor capacidad. Ocasionalmente se presentan fallas en las líneas que alimentan a comunidades o en subestaciones particulares para lo cual recomendamos los calibres de fusibles de acuerdo a la potencia del transformador en el caso de subestaciones; por lo que presentamos la siguiente tabla.

Tabla 1 Capacidad del fusible de acuerdo a la capacidad del transformador

VOLTAJE PRIMARIO 13,200			
CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR KVA	CAPACIDAD DEL FUSIBLE		
	MONOFASICOS		TRI FASICOS
	UNA BOQUILLA	DOS BOQUILLAS	
0.5	0.5 Amperes	0.75 Amperes	
10	1 Amperes	0.75 Amperes	
15	2 Amperes	1 Amperes	0.75 Amperes
25	3 Amperes	2 Amperes	0.75 Amperes
30	3 amperes	2 Amperes	1 Amperes
37.5	5 Amperes	3 Amperes	2 Amperes
45	5 Amperes	3 Amperes	2Amperes
50	5 Amperes	3 Amperes	3 Amperes
75	10 Amperes	5 Amperes	3 Amperes
112.5	10 Amperes	5 Amperes	5 Amperes

Proporcionado por CFE.

## **COMPONENTES Y CORRECCIONES EN LA LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN**

Las líneas eléctricas se pueden clasificar de acuerdo al voltaje que conducen, así tenemos que para las líneas que conducen más de 69,000 volts. son llamadas de alta tensión, las de tensión media son aquellas de las cuales se puede entroncar para ser utilizadas en las comunidades, para uso doméstico, riego y comercial; estas líneas conducen voltajes de 13,200, 23,000 y 33,000 volts. Los voltajes de baja tensión son los de 440, 220 y 110, 440 es el más utilizado para los sistemas de bombeo aunque se pueden encontrar 220.

El 95 % de las fallas en la línea son debidas a rayos, el otro 5 % se deben a causas controlables tales como: rama de árboles, golpes a postes, alambres sobre la línea. Sobre todo los alambres y ramas hacen que se reduzca la distancia entre conductor y conductor produciéndose un arqueado y por lo tanto alguna falla.

Los rayos generalmente no caen sobre la línea o dispositivos eléctricos pero si cerca de ellos, el efecto que producen los rayos, es que inducen una corriente eléctrica sobre el conductor provocando una tensión adicional, esto disminuye la capacidad aislante de los distintos dispositivos de la línea.

Debemos mencionar que las reparaciones en la línea de media tensión no corresponde realizarlas a particulares, ya que se considera un delito federal el intervenirlas para su reparación o modificación; pero el agricultor se enfrenta a la ineficiencia de la paraestatal cuando se trata de reparaciones urgentes sobretodo en el área rural. Por lo anterior el agricultor esta obligado a pagar en forma particular su reestablecimiento cuando se trata de sólo un fusible fundido, esta falla se corrige cambiando el fusible por uno del mismo número o si la falla es recurrente es más recomendable usar el calibre inmediato superior. Si la reparación se realiza de esta manera no se corre peligro de que sobre voltajes pasen y dañen la línea ya que los mecanismos de protección son de más capacidad (aisladores y switches).

Esta falla generalmente se presenta por sobrecarga en una o en las tres fases; la sobrecarga es debida al alto consumo de energía, por el funcionamiento simultaneo de varios sistemas de bombeo o de las comunidades aledañas; también puede presentarse sobre voltajes por la caída de un rayo en seco (cuando no llueve) activándose este mecanismo de protección.

## AISLADORES TIPO ALFILER

Son dispositivos de paso para los conductores, están instalados sobre las crucetas, en casos raros los sobre voltajes pueden rebasar la capacidad dieléctrica del dispositivo presentan fuga de voltaje hacia la cruceta, cuando esto sucede los mecanismos de protección son activados en intervalos de tiempo establecidos y si la falla persiste se disparan en forma definitiva hasta que se soluciona el problema por CFE. Generalmente son de porcelana.



Figura 1

La flecha indica un aislador tipo alfiler, inmediatamente después esta un apartarrayos instalado en forma horizontal y al final la cuchilla.



## AISLADORES TIPO CADENA

Son dispositivos instalados en la línea en forma horizontal, en las crucetas, también difícilmente fallan y los mismos mecanismos de protección de los aisladores anteriores son para estos. Están fabricados de vidrio pirex, de porcelana o de resinas, son resistente a altas temperaturas.



Figura 2

Entronque con aisladores tipo cadena y todos sus dispositivos eléctricos, línea de 13,200 v.

## APARTARRAYOS

Son dispositivos colocados generalmente en forma vertical aunque también los hay que se instalan en forma horizontal y van sobre la cruceta, su función es proporcionar protección al equipo eléctrico, ya que con voltajes mas elevados de su capacidad dieléctrica, proporciona una disminución de resistencia que envía el exceso de voltaje a tierra física, pueden fallar por sobrecalentamiento, si un rayo golpea cerca o directamente sobre el dispositivo; La falla de un apartarrayos no es fácil detectarla a menos que se noten fisuras o fracturas que delaten su mal estado; sin embargo uno de los síntomas clásicos es que al momento de intentar echar a andar el sistema de bombeo, al presionar el botón inmediatamente se funden los fusibles del entronque o el correspondiente a la fase. Los apartarrayos están fabricados de óxidos metálicos.



Figura 3

En esta fotografía se puede observar la conexión del apartarrayos, viene de la cuchilla porta fusible hacia el transformador y a tierra; en esta subestación se instalo doble apartarrayos, uno ante de la cuchilla y otro después.

## IDENTIFICACIÓN DE LAS LÍNEAS DE MEDIA TENSIÓN

Es de interés para el ingeniero la identificación de la tensión de la línea sobre la cual desea entroncar para dar servicio al sistema de bombeo, una forma es con la cantidad de aisladores tipo cadena. Las líneas de 13,200 llevan 2 aisladores de este tipo, las de 22,000 tres y las de 33,000 cuatro, esto para los aisladores verdes de vidrio pirex de alta temperatura o de porcelana, en la actualidad se instalan grises o aisladores compositum y varia el número de aisladores, por lo que es recomendable corroborar en CFE para una mayor seguridad, las líneas de alta tensión son fácil de diferenciar ya que tienen muchos aisladores y generalmente de suspensión.

Cuando la falla es en dispositivos de la línea de media tensión su reparación la debe hacer CFE; ya que la línea pasa a ser de su propiedad al momento de proporcionar el servicio contratado y por lo tanto le corresponde su mantenimiento, el particular solo puede intervenir en la corrección de desperfectos desde la subestación en adelante, que si son de su propiedad, pero un simple cambio de fusibles en un entronque de CFE, aunque es ilegal el agricultor se ve obligado a pagarlo en forma particular ya en comunidades lejanas el servicio de reparación puede tardar un tiempo considerable.

## ENTRONQUE DE LA LÍNEA

Para entroncar la línea de media tensión, que llevará la energía hasta el sistema de bombeo se requiere un poste de 12 metros, cruceta, doble cruceta, retención, aisladores alfiler y de cadena así como cuchillas cortacircuitos y accesorios; como se puede ilustrar. Se utiliza un poste adicional ya que inicialmente la línea es particular por lo que el uso de postes de CFE es un delito federal, hasta que se cumple los requisitos establecidos pasa a ser propiedad federal y compete a CFE su mantenimiento, quedando sólo para el particular la subestación.



Figura 4



Figura 5

Aquí se puede observar otro entronque con poste adicional y todos los requisitos señalados por la comisión federal de electricidad. En el primer caso la línea ya tiene alguna otra subestación insertada ya que se presenta servicio publico por lo que la línea puede disminuye de potencia y puede modificarse el voltaje suministrado por el exceso de consumo doméstico

## **SUBESTACIÓN TIPO POSTE**

En términos generales la subestación cuenta con los siguientes elementos: poste de 12 metros, crucetas, aisladores tipo alfiler y cadena, cuchilla cortacircuitos, apartarrayos, base metálica para el transformador, varilla de cobre con resistencia de 10 Ohms en seco y de 5 Ohms en húmedo, mufa, cableado y tubo conduit, tornillería y accesorios.

## **TRANSFORMADOR**

El transformador es considerado como parte de la subestación, generalmente no se le da mantenimiento por lo que se una de sus fallas puede ser por cumplimiento de su vida útil. La vida útil de un transformador se termina porque en el transcurso del tiempo acumula vapor de agua, óxidos metálicos, los aislantes de las bobinas se deterioran (barniz, Papel pescado, maderas) todo esto produce una disminución de la capacidad dieléctrica general produciéndose en cualquier momento un arqueo entre las bobinas o entre una misma bobina.

Cuando un transformador esta por cumplir su vida útil no es recomendable moverlo ya que se remueven sedimentos y seguramente al instalarlo nuevamente se producirán los desperfectos.

Un transformador se puede abrir cuando se desea balancear las fases, este es el momento para determinar si requiere mantenimiento o no, por la coloración del aceite y sedimentos acumulados. El mantenimiento que se le puede dar es el cambio de aceite o mínimo su filtración, la función del aceite es dieléctrica y este penetra hasta los espacios más diminutos de las bobinas.

Los transformadores usados en sistemas de bombeo para riego tienen un sistema de enfriamiento aire aceite ( O - A ) es un sistema de convección ya que la diferencia de temperaturas hace que el aceite realmente circule hacia las zonas enfriadas por el aire que golpea las estructuras exteriores del transformador, incluso las de capacidades mayores tienen radiador lo que hace mas eficiente su refrigeración.

Como se menciona anteriormente los transformadores fallan por la disminución de la capacidad dieléctrica y cuando fallan los mecanismos de protección que son los fusibles y los apartarrayos, si esto ocurre lo más probable es que se quemen una o mas fases por lo que su reparación es mediante el reembobinado, desde luego un transformador reparado no tiene la misma eficiencia que uno de fabrica, para esto el numero de vueltas es fundamental por lo que es recomendable que sea el m{as próximo al original, en la practica esto se hace pesando el alambre quemado y substituyéndolo por nuevo del mismo calibre y calidad, esto nos dará una longitud muy próxima y por lo tanto un número de vueltas muy próximo al original.

Las fallas en las partes eléctricas de la subestación son las misma son las mismas que se describieron anteriormente, en cuanto a los aisladores y fisibles. La norma utilizada en Michoacán para la construcción de una subestación tipo poste, indica que todos las partes eléctricas deben estar en el poste de la

subestación y ninguna en el poste donde termina la línea. Significa que en el poste de la subestación deben estar instalados los aisladores cuchillas y apartarrayos, además cuando la subestación tiene un transformador de 112.5 KVA o de más capacidad, debe utilizarse doble poste; como se muestra en La fotografía.



Figura 6

Subestación de 112.5 KVA, con parrilla y doble poste.



## CONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR:

Tiene en la parte superior tres boquillas para conectar cada una de las fases  $H_1$ ,  $H_2$  y  $H_3$ ; que van al primario del transformador, como se muestra en la fotografía.



Figura 7

También tiene 4 boquillas que salen del secundario y que son de baja tensión (440/220) X0, X1, X2, y X3; X0 es para conectar a tierra, en el mismo transformador y para la varilla del tierra del poste, aunque a veces se aterriza a la varilla del aterrizaje del medidor, esto no es correcto.



Figura 8

Los transformadores pueden ser de derivación 440/220 o fijos, si son de doble derivación tienen las conexiones necesarias para el doble fin. Si son fijos no se pueden modificar.



# DIAGRAMA DE UNA SUBESTACIÓN TIPO POSTE

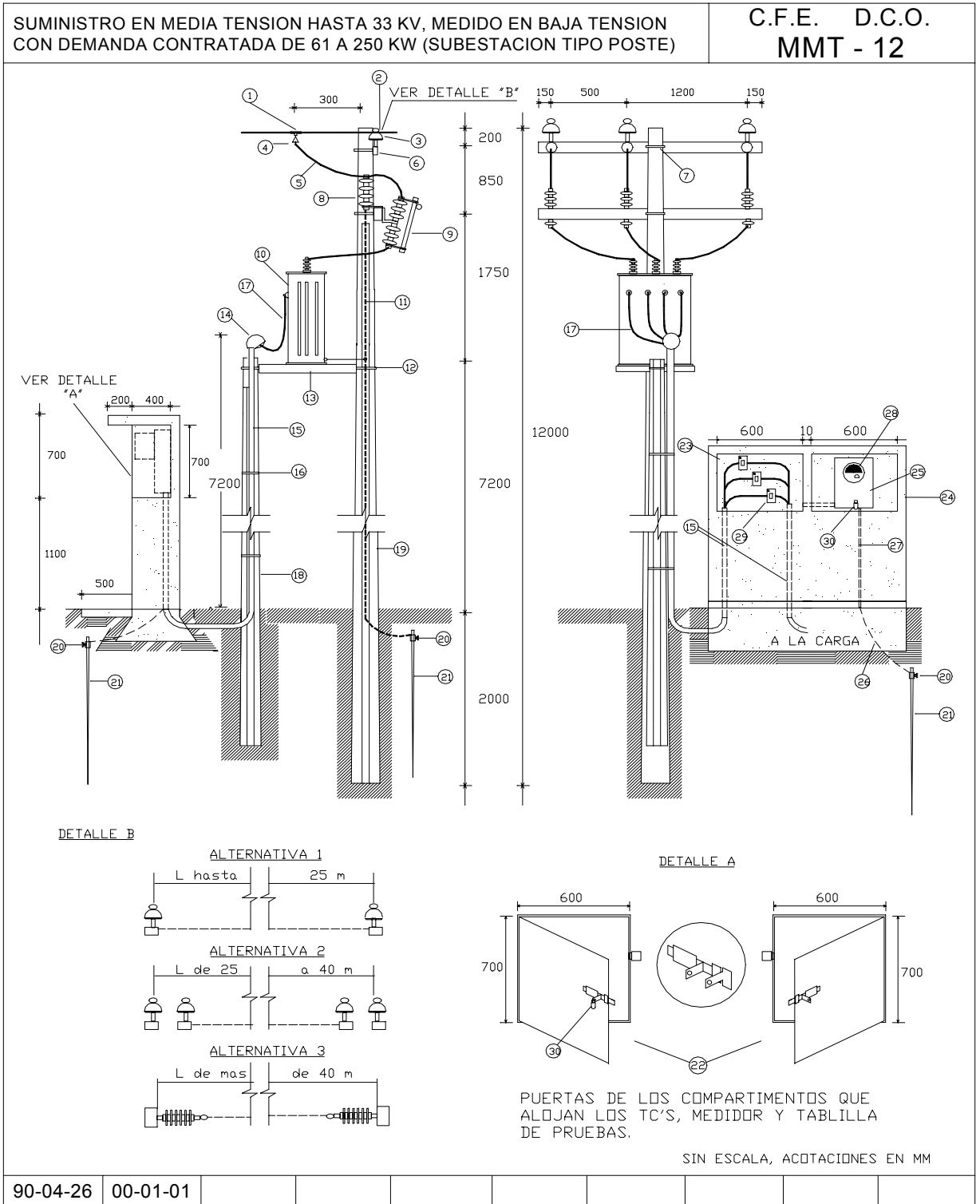


Figura 9

## **PARTES Y ACCESORIOS DE LA SUBESTACIÓN TIPO POSTE**

- 1.- Conector a compresión tipo L o T con estribo de cobre.
- 2.- Conector para línea energizada
- 3.- Aislador alfiler
- 4.- cruceta de acero galvanizado.
- 5.- poste de concreto de 12 mts.
- 6.- Alambre de cobre desnudo.
- 7.- Apartarrayos
- 8.- Cortacircuitos fusible.
- 9.- Transformador
- 10.- Cable de cobre forrado.
- 11.- Soporte con abrazadera.
- 12.- Mufa para tubo conduit.
- 13.- Tubo conduit galvanizado.
- 14.- Fleje de acero galvanizado.
- 15.- Conector para varilla a tierra.
- 16.- Varilla para tierra de 5/8 x 10 pies.
- 17.- Codo para tubo conduit.
- 18.- Base enchufe
- 19.- Tubo conduit galvanizado.
- 20.- Interruptor.
- 21.- Cable de cobre para bajante a tierra.
- 22.- Puerta para nicho de una sola hoja.
- 23.- Nicho de concreto de 600 x 700 x 400 mm. para base de medidor con pestaña de 200mm.
- 24.- Alambre de aluminio.
- 25.- medidor.
- 26.- Sello de plástico.

## **NOTAS IMPORTANTES**

el servicio.

- 1.- El medidor debe estar localizado en los límites de la propiedad y alojarse en un nicho de concreto, accesible las 24 horas al personal de CFE.
- 2.- El equipo y aislamiento deben ser acorde a la tensión suministrada.
- 3.- La configuración y diseño de la S. E. es responsabilidad del usuario y sujeto a aprobación.
- 4.- La resistencia a tierra no debe ser mayor a 10 Ohms.
- 5.- Se recomienda que el usuario tenga fusibles y pértiga en la subestación.
- 6.- La puerta del nicho debe ser de una sola hoja.
- 7.- El neutro del sistema no debe ser aterrizado a la base del medidor.
- 8.- La falta de cumplimiento de estas normas son causa de que CFE no proporcione

Para pozos de bombeo agrícola y de agua potable.

- 1.- La llegada de la línea debe ser lineal a la posición del motor (no debe quedar bajo la línea).
- 2.- Se rematará la línea una estructura antes del poste de la subestación.
- 3.- Se recomienda un voltaje secundario de 440 v en sistemas de 30HP en adelante.

Nota: es normatividad para el estado de Michoacán.

Tabla 2 Fusibles de la subestación para diferentes tensiones

TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS "VOLTAJES A TENSIÓN MEDIA			
KVA DEL TRANSFORMADOR	13,200 VOLTS.	22,000 VOLTS.	33,000 VOLTS
	AMPERAJE DEL FUSIBLE		
4.5	1	1	
7.5	1	1	
9	1	1	1
10	1	1	1
15	2	1	1
22.5	3	1	1
25	3	2	1
30	3	2	1
37.5	5	3	2
45	5	3	2
50	5	3	2
75	7	5	3
100	10	5	5
112.5	10	7	5
150	15	7	5
200	15	10	7
225	20	10	10
300	20	15	10
450	30	20	15
500	30	20	15

Fuente: ELECTRAMEX S.A DE C.V.

Si comparamos la tabla uno y dos, la recomendada por una empresa y la de CFE, para sus subestaciones, notamos que en las potencias de coincidencia el fusible recomendado es el mismo por lo que concluimos que estamos bajo normatividad.

## ARRANCADOR A TENSIÓN REDUCIDA TIPO AUTOTRANSFORMADOR

### ACCIONAMIENTO

Son accionados por pulsadores o botones, instalados en la puerta del arrancador, uno es para encendido y otro para apagado, pueden tener foco que se enciende cuando existe sobre carga, para encender el equipo se sube la palanca del termomagnético y se presiona el botón "ON" y para apagar el botón "OF" bajando posteriormente la palanca del interruptor, los botones pueden ser de colores "negro y rojo" generalmente. Si se desea abrir la puerta del arrancador debe estar abajo la palanca del interruptor y si se desean hacer mediciones se sube la palanca y se pone a funcionar el equipo ( en algunos arrancadores antiguo la puerta se asegura con tornillos).

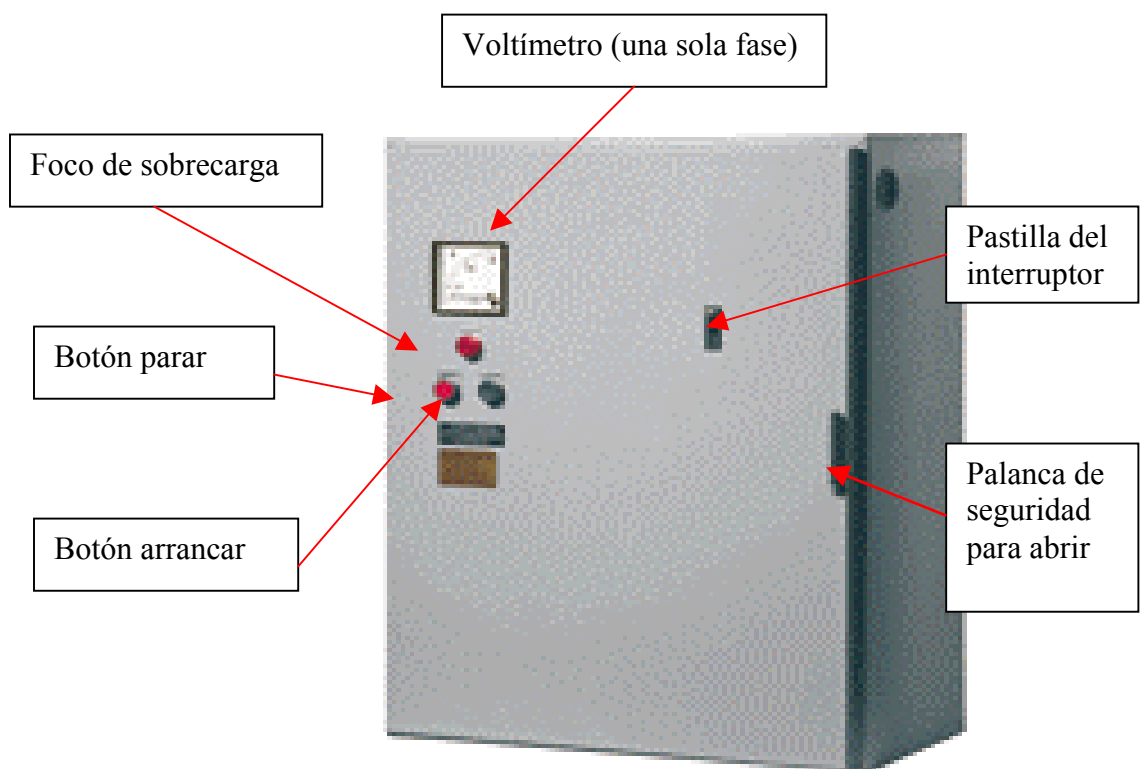


Figura 10

## PARTES DEL ARRANCADOR

El gabinete contiene: tres contactores, un relevador de tiempo, un relevador de sobrecarga tripolar, un interruptor termomagnético y un autotransformador de tres derivaciones.

### FALLAS EN EL ARRANCADOR AUTOMÁTICO CON INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO TIPO AUTOTRANSFORMADOR

Los arrancadores automáticos a tensión reducida tipo autotransformador se utilizan en motores con rotor jaula de ardilla, empleado en bombas de pozo profundo. El arrancador a tensión reducida con auto transformador se encuentra en el mercado nacional hasta de 10 - 150 HP en 220 v. y de 20 - 300 HP en 440; para potencias mayores, hasta 500HP su fabricación es especial. Este arrancador es la protección y control directo del motor; ya que cuenta con los dispositivos necesarios para ello, tales como:

**INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO:** Este dispositivo es el mecanismo de protección contra corto circuito del equipo, consta de un mecanismo de disparo interrumpiendo la corriente cuando el corto circuito eleva la temperatura de los sensores del interruptor. Puede fallar cuando por el sobrecalentamiento recurrente de las bobinas, debido al trabajo in interrumpido, falsos contactos o por vencimiento de su vida útil.

**RELEVADOR DE SOBRE CARGA TRIPOLAR:** protege al motor de sobrecarga en las tres fases cuando esta sobrepasa la nominal por excesiva demanda o baja de tensión, este relevador debe ajustarse a la corriente nominal del motor para su correcto funcionamiento y para ello trae una perilla de ajuste. También tiene un botón generalmente azul para reestablecer el funcionamiento del equipo cuando la corriente ha sido interrumpida por sobrecarga. Si el arrancador no es reestablecido y se presiona el botón de encendido el equipo no funcionara, puede tener fallas recurrentes si la perilla esta ajustada en un amperaje menor del nominal y pude dañarse el motor sin esta sobre calibrado.

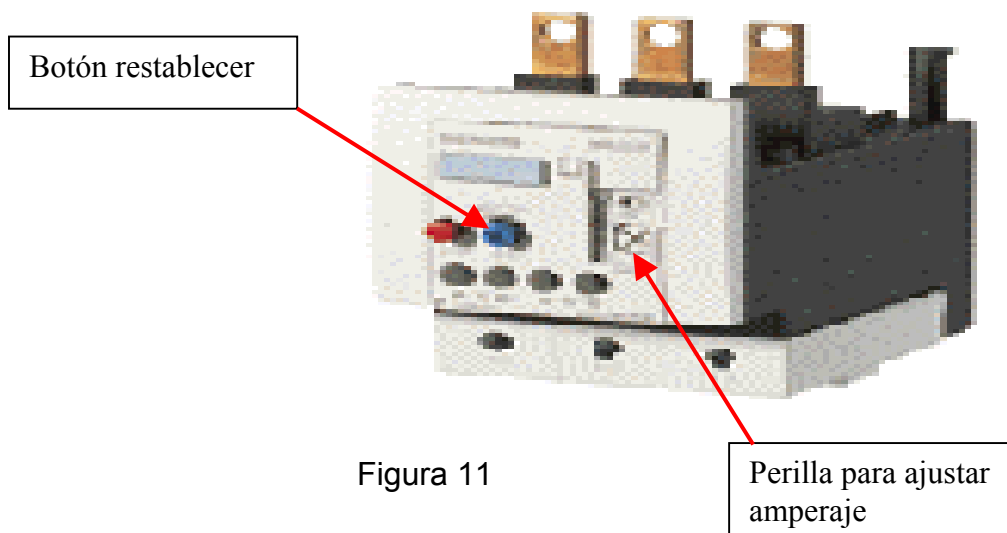


Figura 11

**CONTACTORES:** Son dispositivos cuya función es abrir y cerrar circuitos, en el caso de los arrancadores primero cierran el circuito hacia el auto transformador, para el arranque a tensión reducida, posteriormente cuando el motor ha alcanzado su velocidad nominal ,otro contactor abre el circuito y lo cierra a tensión plena. Los contactores tienen unos dispositivos normalmente llamados platinos donde la corriente pasa y comúnmente se flamean cuando la tensión es menor que la nominal ya que el contacto no es el adecuado por lo que el arrancador empieza a vibrar o emitir un sonido diferente al normal (sonidos magnéticos); por lo que se recomienda limpiarlos cuando esto ocurre; Cuando la corriente llega a sobre pasar la nominal cerca del doble los contactos pueden soldarse por lo que ya no cumplirán su Trabajo. Tienen bobinas que magnetizan y desmagnetizan núcleos metálicos para abrir y cerrar, esta puede fallar o quemarse por sobre corriente; cuenta con un resorte que puede vencerse y afectar el funcionamiento del contactor.

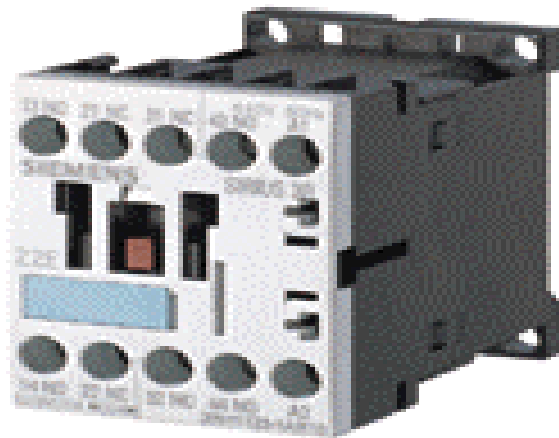


Figura 12

## **AUTOTRANSFORMADOR**

Son compensadores de arranque, su principal aplicación es en motores trifásicos con rotor jaula de ardilla. Los autotransformadores tienen derivaciones de 50, 65 y 80 por ciento de la tensión nominal, los que se utilizan para motores con rotor jaula de ardilla vienen de fábrica, con el 65 %. Su función es suministra una tensión menor a la nominal para reducir el par de arranque, esto significa que el motor tiene un arranque relativamente suave, evitando pares de arranque elevados que pueden dañar la transmisión del equipo de bombeo. Se tienen arranques suaves para evitar momentos de torsión elevados que puedan romper la transmisión; una vez que el motor está en funcionamiento y alcanzando una velocidad cercana a la nominal (1760 – 1800 RPM) entra en funcionamiento la tensión plena; el tiempo que tarda en alcanzar estas velocidades es de aproximadamente 8 segundos.

Podemos mencionar que el auto transformador es de la misma capacidad del motor, como se mencionó anteriormente, se reduce la tensión de arranque por lo tanto se incrementa la intensidad de corriente lo que permite que el equipo que está en reposo tenga una mayor fuerza al inicio de su movimiento, conviniendo con la ley de la inercia.

El auto transformador está protegido por el gabinete; aún así debe estar con la ventilación adecuada para evitar la absorción de humedad, por lo que se recomienda que la caseta esté bien ventilada. Una caseta bien ventilada debe tener orificios formados por los tabiques intercalados en las paredes de preferencia en tres de las cuatro o en su defecto ventanas enrejadas.

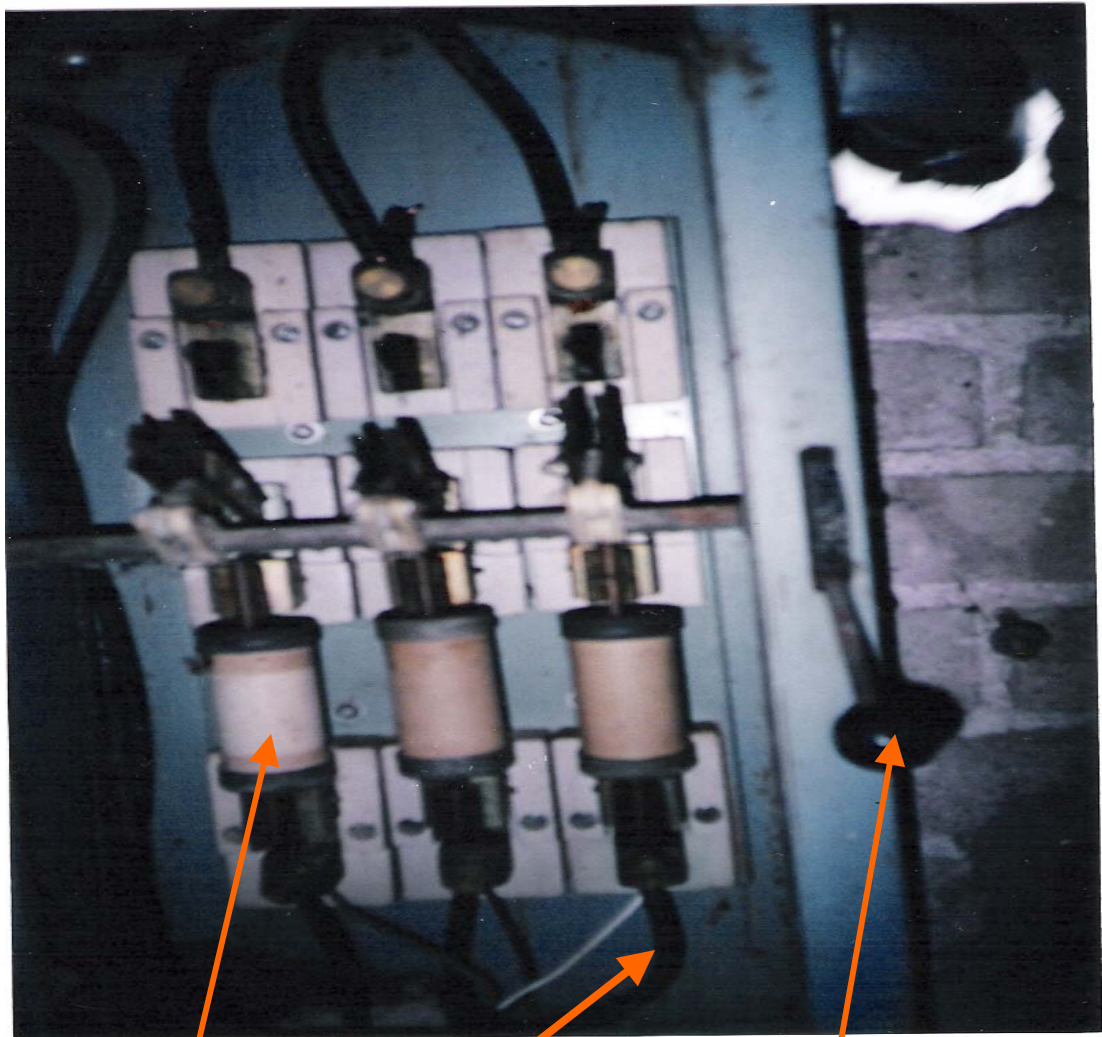
Una de las fallas que puede presentar un auto transformador son cortos circuitos o hasta quemarse si ha absorbido humedad en sus componentes aislantes; por lo que es recomendable revisarlo antes de iniciar la temporada de los riegos y si se observa humedad, gotas de agua producto de la condensación del vapor, es preferible una revisión técnica antes de arrancar el equipo, para prevenir daños más graves.

En la parte inferior del gabinete el arrancador tiene 2 terminales puenteadas con un conductor. Para los motores de 100HP en adelante se recomienda quitar el puente y aterrizarlos, la terminal X0 se aterriza con el X0 del transformador y la terminal X1 con el motor; esto como una medida más de protección.



## PROTECCIÓN ADICIONAL PARA EL EQUIPO

Si se desea una protección adicional para el motor se recomienda utilizar un interruptor de navajas o también llamado interruptor de seguridad, estos interruptores protegen contra corto circuito, tienen fusibles diseñados para mantener un flujo de corriente en un circuito a un nivel seguro y así evitar el sobrecalentamiento de los conductores que a la larga deteriora el aislante y disminuyen su vida útil.



Fusibles

Conductores  
hacia el  
arrancador

Palanca de conexión y  
desconexión

Figura 13

Es conveniente puntualizar que el interruptor de seguridad desconecta totalmente al equipo del suministro de corriente, por lo que se puede trabajar con confianza en motor y arrancador en alguna revisión o instalación de alguna de sus partes. Tiene dos desventajas: prácticamente realiza la misma función que el interruptor termomagnético que protege contra corto circuito y además incrementa el costo, si es por normatividad de alguna institución, se debe instalar, pero si el costo del equipo corre a cuenta del productor para reducir costos es mejor no considerarlo.

## PARTES ENSAMBLADAS DE UN ARRANCADOR

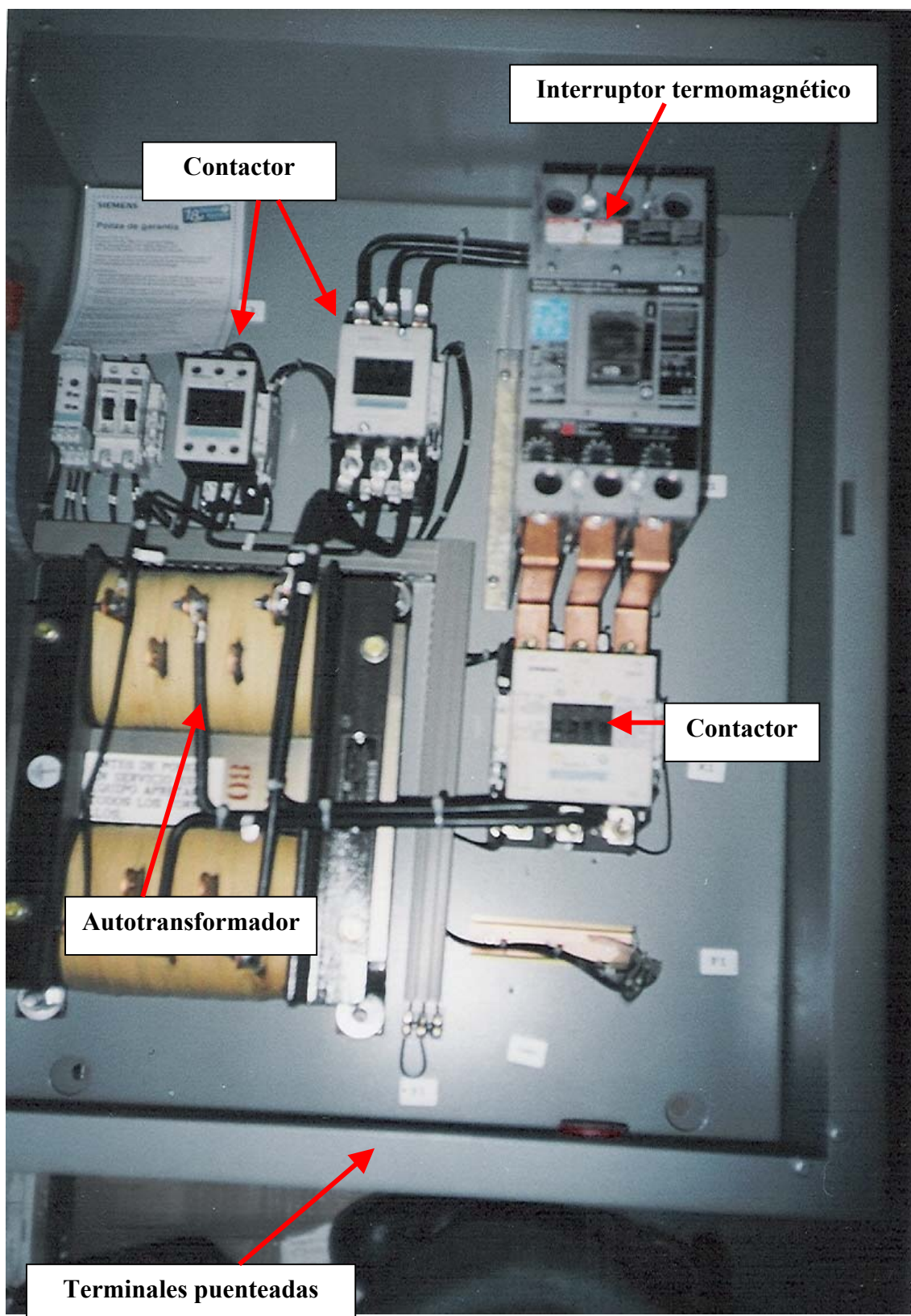


Figura 14

En la siguiente foto presentamos un arrancador con el aterrizaje desde X0 del transformador, también se menciona que el transformador no se puede aterrizar a la Varilla de tierra del medidor, pero sí a la varilla de la subestación, entonces el arrancador puede aterrizarse desde su gabinete hasta el transformador y este hasta la Varilla de tierra de la subestación tipo poste

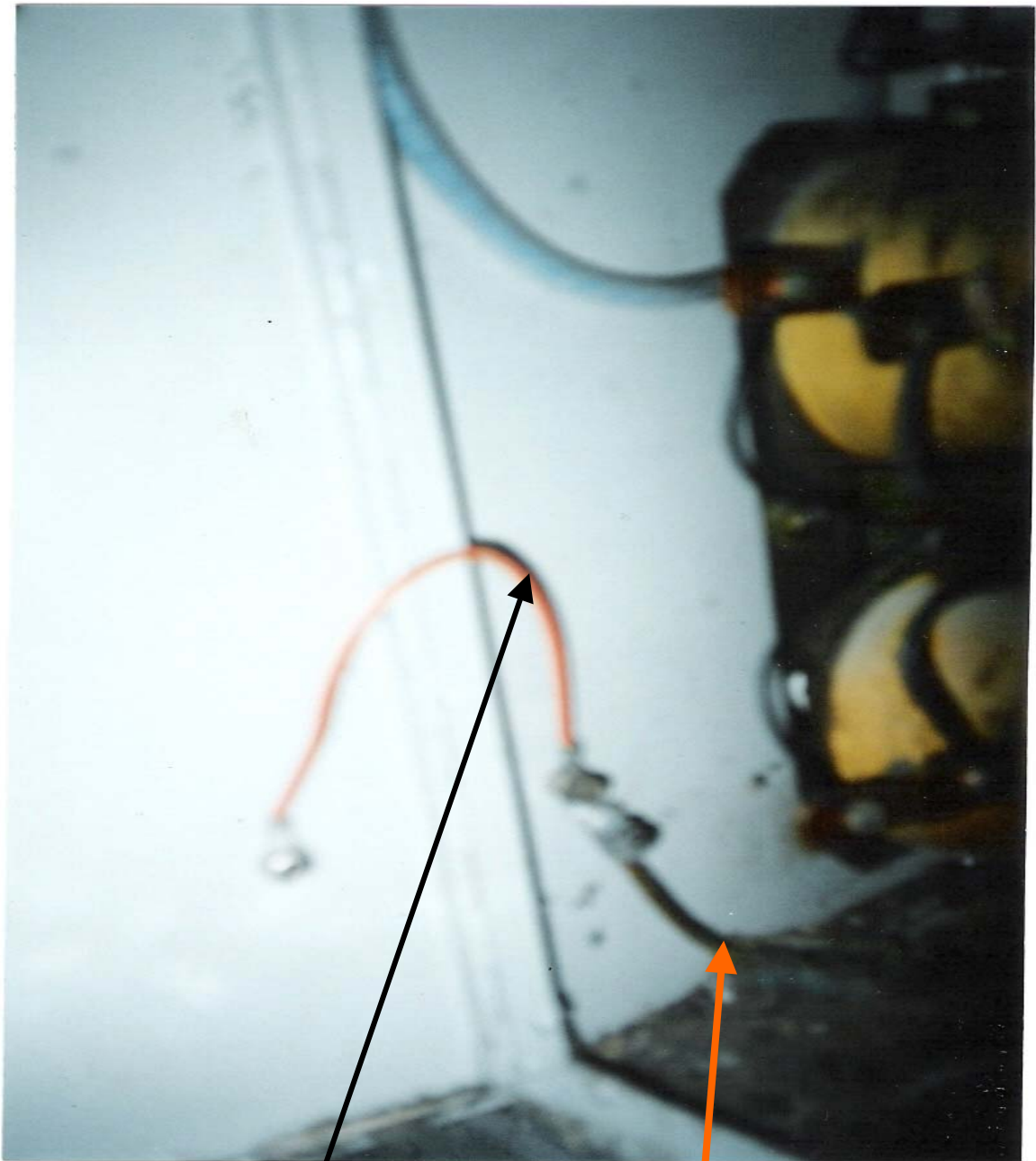


Figura 15

**Cable o alambre que puentea hacia la puerta del arrancador**

**Cable que viene desde X0 del transformador**

Una recomendación muy importante para la prueba y entrega del equipo al usuario; se deben revisar todas las terminales del arrancador para corroborar que todos los tornillos estén apretados lo suficiente para evitar falsos contactos y de esta manera prevenir sobrecalentamientos. Los sobrecalentamientos se producen al formarse los arcos eléctricos y flamear la terminal produciendo un incremento de la resistencia eléctrica.



## CASETA PARA EL ARRANCADOR:

La construcción de la caseta se recomienda, mínimo de las siguientes dimensiones: 2m. De ancho, 2.5m de largo y 2.5m de altura, con la puerta de frente hacia el motor y con la ventilación suficiente, pueden ser orificios en las paredes o ventanas, en las tres paredes excepto en la que se instaló el arrancador, la ventilación adecuada es muy importante ya que el acumulamiento de humedad, perjudica a los dispositivos eléctricos cuando esta se condensa. Esto ya se ha comentado en párrafos anteriores.

Una caseta tipo se puede ver en la siguiente figura:

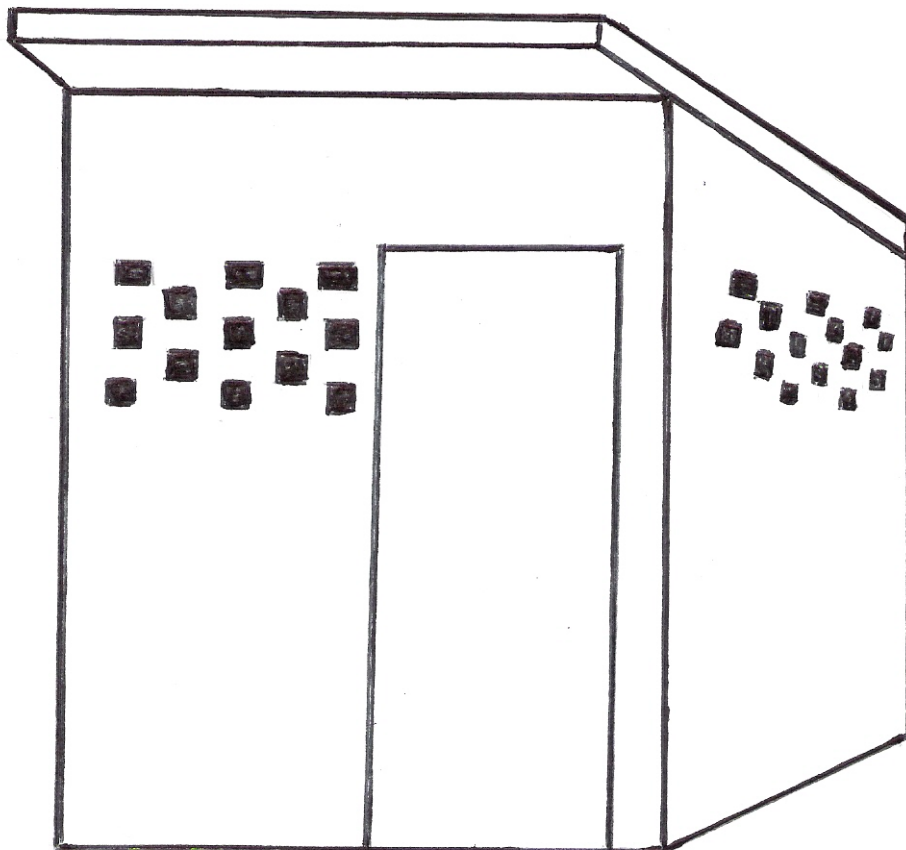


Figura 16

Se recomienda que la puerta esté de frente hacia el motor, para una mejor vigilancia; en caso que este presente algo extraño al arrancar, interrumpir inmediatamente la corriente.

Aquí podemos observar una caseta sin la ventilación adecuada y como consecuencia el acumulamiento de humedad en el arrancador de la foto donde se muestra el aterrizaje; observamos en la parte de abajo negro por la acumulación de polvo y humedad.



Figura 17



Figura 18

Es la misma caseta tomada desde dos ángulos, de tal forma que se nota la poca ventilación que tiene en el frente.

## **ALUMBRADO DE LA CASETA**

Es necesario que la caseta cuente con alumbrado, dentro y fuera ya que generalmente se trabaja día y noche; si se presenta algún problema en el funcionamiento del equipo y es de noche, tenemos la ventaja de contar con alumbrado para realizar sin contratiempos su corrección; algún fusible, reestablecer el relevador o simplemente apagar o poner en marcha el equipo. El material necesario para el alumbrado se enlista a continuación:

### **MATERIAL**

- 1.- Transformador de 0.5 o 1 KVA tipo seco 440/110 o 440/220/110
- 2.- Una lámpara tipo alumbrado público.
- 3.- Un soquet
- 4.- una chalupa.
- 5.- Apagador y contacto
- 6.- cable del 14 o del 12.

Si la lámpara del exterior requiere apagador hay que considerarlo, la cantidad de cable para la instalación eléctrica depende de las dimensiones de la caseta, distancia del poste de la subestación y altura de la lámpara.

Es de importancia mencionar que la lámpara se debe instalar en el poste de la subestación y no en el último poste de la línea eléctrica, recordando que pertenece a CFE y por lo tanto esta prohibido su uso.

### **INSTALACIÓN DEL TRANSFORMADOR TIPO SECO**

Lo más difícil de la instalación del alumbrado es el transformador, por lo que describiremos su instalación.

- 1.- Se fija a la pared con taquetes en el lugar más conveniente, considerando que las entradas apunten al arrancador.
- 2.- Tiene 2 entradas que se conectan a 2 fases del arrancador.
- 3.- Tiene 2 salida de 110 o 4 salidas 2 para la instalación de 220 y otras 2 para la salida de 110, dependiendo del transformador seco empleado.
- 4.- La salida de 110 es para el alumbrado y a partir de se procede como una instalación casera.
- 5.- Si se emplea la salida 220, se debe aclarar al usuario que es para algunos equipos o máquinas y que la de 110 para motores pequeños y aparatos electrónicos.



## **MOTOR TRIFÁSICO CON ROTOR JAULA DE ARDILLA**

### **CONECCIÓN DEL MOTOR**

Para conectar el motor se requiere abrir la caja de cables desatornillándola, al realizar esto quedan expuestos una serie de 9 cables numerados del uno al nueve. Si se desea una conexión 440 deben atornillarse los cables 4 -7, 5 – 8 y 6 – 9; quedando para conectar las tres fases los cables 1, 2, y 3.

Para conectar a 220 se unen los cables 7 – 1 para un línea de baja tensión; 8 – 2 para la segunda línea de baja tensión; 9 y 3 para la tercera línea, quedando los cables 4, 5 y 6 ;que se deben unir y encintar ( unirse con tornillo, tuerca, doble rondana plana y de presión como se muestra más adelante)

Se debe utilizar cinta de lona preferentemente para el aislamiento de las terminales con la cantidad suficiente, sin embargo por lo escaso de ésta, la cinta de hule es la única opción; también debe usarse una buena cantidad, ya que los cables en la caja van amontonados, por lo que el aislante debe ser suficiente y evitar de esta manera un corto circuito.

## **FALLAS EN EL MOTOR FLECHA HUECATIPO JAULA DE ARDILLA**

Un motor de estas características es el que se usa comúnmente en los pozos profundos y en algunas ocasiones en carcamos. Las marcas más comerciales que se manejan son: IEM, US, SIEMENS y menos común en la región Zamora, el FAIRBANKMORSE. Los motores eléctricos tienen parte eléctrica y parte mecánica, ambas pueden fallar.

¿Porque falla un motor?

Cuando un motor es reparado se examinan las causas; no es fácil precisar la causa de la avería, muchas veces decimos el motor se quemó, pero nunca nos detenemos a analizar las causas. Estas causas pueden tener varios orígenes.

- a) condiciones ambientales adversas.
- b) Selección incorrecta.
- c) Instalación inadecuada.
- d) Fallas eléctricas.
- e) Desperfectos mecánicos.
- f) Desequilibrio de voltaje.
- g) Mantenimiento deficiente.
- h) Combinación de varios.

Los incisos b y c quedan descartados desde mi punto de vista, por la siguiente razón, una empresa sería cuenta con ingenieros y un equipo de instaladores tanto en lo eléctrico como en lo mecánico de un sistema de bombeo de pozo profundo. Sin embargo si hay empresas donde el promotor no es un ingeniero en el ramo de la agronomía y puede abaratar costos utilizando equipos muy justos en las condiciones de funcionamiento y por lo tanto se pueden presentar fallas de todo tipo y en ocasiones hasta se requiere un cambio completo del sistema. Pero no es nuestro caso, aquí analizaremos fallas ocasionadas por aspectos no controlables del ingeniero.

### **CONDICIONES AMBIENTALES ADVERSAS.**

#### **TEMPERATURA:**

Aquí, considero la temperatura excesiva del medio ambiente y la ocasionada por el trabajo realizado por el motor. Los motores funcionan a un límite de temperatura establecido según el diseño, la teoría nos dice que una temperatura de +10 °C de la temperatura nominal de trabajo, reduce la mitad la duración de su aislamiento. Las causas de un excesivo incremento de la temperatura pueden ser:

- a) desalineación.
- b) Sobrecarga
- c) Voltaje incorrecto.

En desalineación me refiero en aquellos casos donde el pozo profundo no esta dentro de los límites de verticalidad permisibles, esto hace que la transmisión (flechas, cubiertas o fundas) funcionen forzada tendiendo a formar un arco, esto incrementa la fricción en las chumaceras de bronce incrementando el desgaste normal de éstas, junto con las flechas y por tanto un consumo adicional de corriente eléctrica.

Una sobre carga significa que el equipo esté funcionando en condiciones anormales, demandando más energía, lo anterior puede ser una causa, pero si le agregamos que el sistema esté bombeando agua con arena; la arena incrementa el peso de la masa bombeada; además recordemos que el sistema está diseñado para bombear agua con de  $9800 \text{ nt/m}^3$ . La arena además de incrementar el peso del agua incrementa las pérdidas de carga por fricción en la columna y conducción. Si se desea tener un calculo más acertado se puede determinar el peso del agua por unidad de volumen e incluir el valor en la fórmula correspondiente. El resultado de trabajar con sobre carga es un calentamiento mayor de lo normal en las bobinas del motor.

### **HUMEDAD:**

En algunas regiones el ambiente está cargado de alta humedad relativa, si el vapor de agua se condensa en la superficie del aislamiento, por cambios de temperatura (vapor de agua + cambio de Temp. = agua líquida) dicha superficie se vuelve menos resistente y más conductora, al disminuir la resistencia eléctrica se puede producir el arqueo entre bobinas, produciéndose la falla

### **FALLAS ELÉCTRICAS Y DESEQUILIBRIO DE VOLTAJE**

Si el suministro de voltaje no es el correcto o si sus variaciones son grandes el motor corre riesgo de fallar. Un bajo voltaje hace que la corriente eléctrica se incremente por encima de la especificada en la placa del motor, si este incremento de corriente es mucha viene un sobre calentamiento del motor, por otro lado un voltaje excesivo reduce la resistencia que aparentemente es bueno porque menos resistencia produce menos fricción entre los electrones y el conductor pero ocurre algo que puede ser contra producente, se incrementa el flujo magnético. Ocasionando perdida de energía en los materiales magnetizables del motor (rotor) produciendo también calentamiento y por lo tanto el riesgo de falla.

Pequeños voltajes favorecen una reducción positiva en la intensidad de corriente, pero un 10 % arriba del diseño trae consigo un incremento excesivo de la temperatura, por ejemplo si hablamos de un motor de 440 v. Un 10 % serian 484 v, quiere decir que a nuestro motor le llegan 484 v y lo mas seguro es que se quemara, por ende la línea de media tensión en lugar de andar en los 13,200 v. anda cerca de los 14,000, esto sucede cuando hay una subestación de CFE cerca y de allí se alimenta la línea comercial.

Es mejor un equilibrio entre las fases lo más que se pueda, recordando que el transformador enfriado por aceite puede ser manipulado para subir o bajar

los taps (mecanismo para incrementar o disminuir el número de vueltas de las bobinas del transformador). esto nos da unos 4 o 5 volts. por arriba, que nos pueden ayudar a ajustar el consumo de la intensidad de corriente eléctrica.

## **DESPERFECTOS MECÁNICOS:**

Una carga excesiva daña con rapidez la parte mecánica del motor, la fricción adicional daña los valeros, dando por resultado un incremento de la temperatura, transmitiendo el calor a todas las partes del motor, por conducción, convección y radiación, ante este caso el embobinado del motor incrementa la resistencia eléctrica, consumiendo más corriente incrementando todavía más la temperatura, según la literatura un 50% de fallas por quemadura se originan por que se inicia una falla en los cojinetes.

Las partes generales, mecánicas y eléctricas más sobresalientes son:

- 1.- Capázote o gorro
- 2.- Plato
- 3.- Trinquete
- 4.- Valero superior o de carga
- 5.- Rotor y flecha hueca o eje hueco
- 6.- Carcasa
- 7.- Estator y embobinado
- 8.- Valero guía o inferior
- 9.- Caja de conexiones.

## **DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MOTOR**

El capazote o gorro tapa al plato y al trinquete, sobre el plato se coloca la tueda de ajuste, colocada en la flecha superior que a su vez pasa por la flecha hueca del motor, el plato contiene unos pernos o balas que evitan que el motor gire al contrario o de retroceso ya que se atorán con el trinquete. El plato sobre el balero de carga cuyo eje es la flecha hueca, el balero de carga descansa sobre el depósito del aceite y debajo de este se localiza el rotor. En la parte inferior de la flecha hueca esta el balero inferior o guía. Sujeto a la carcasa esta el estator que contiene las bobinas y en un costado por el exterior esta una caja con las terminales que se conectan a los cables que vienen del arrancador, todo esto se muestra con más detalle en la siguiente figura cortesía de motores US.



MOTOR VERTICAL  
TIPOS HU Y HV-4

EL EJE, LA TUERCA DE AJUSTE Y SUS TORNILLOS DE SUJECION, DE LA BOMBA,  
SON SUMINISTRADOS POR EL CLIENTE.

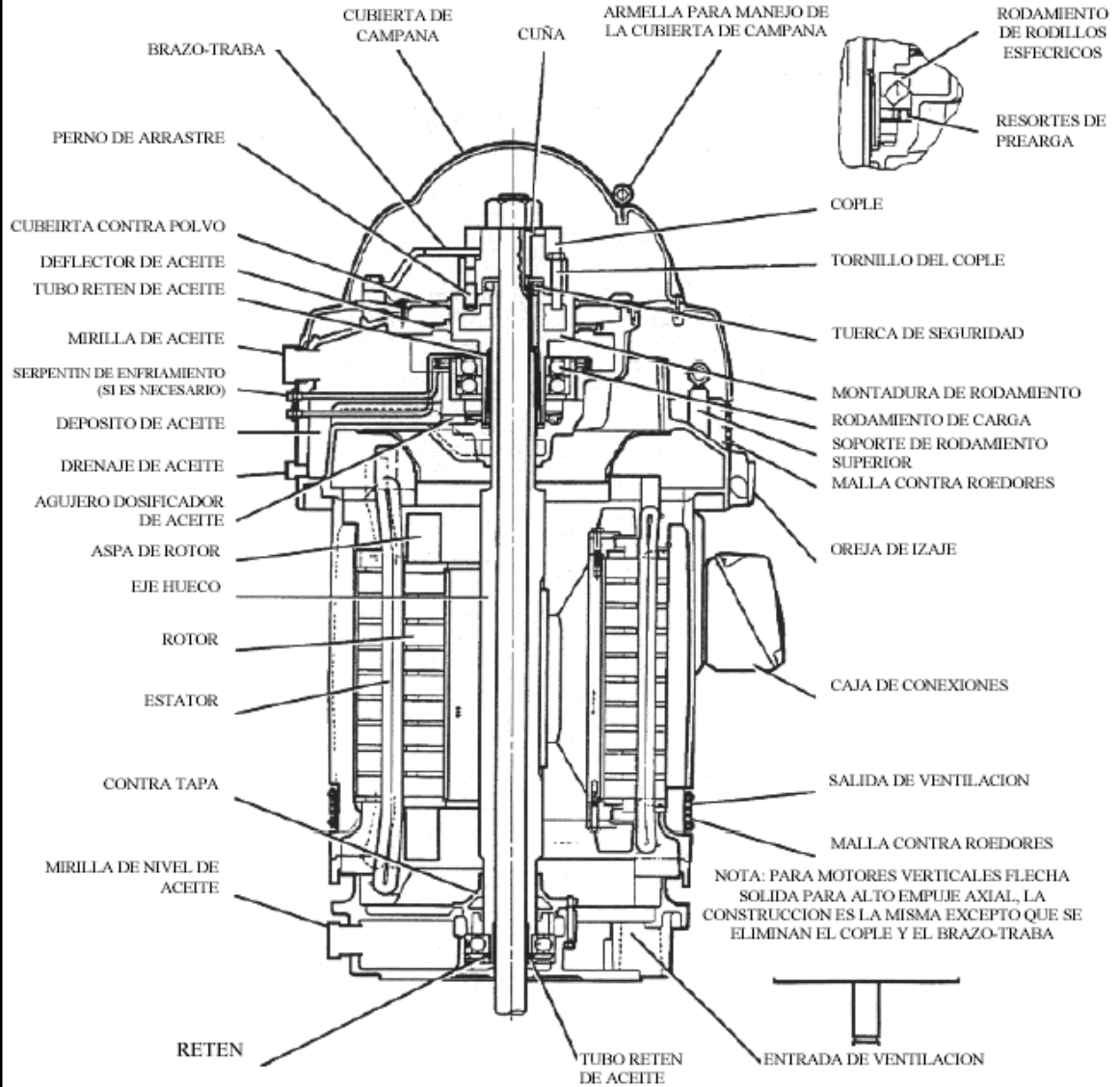


Figura 19

## **FALLA EN EL BALERO DE CARGA**

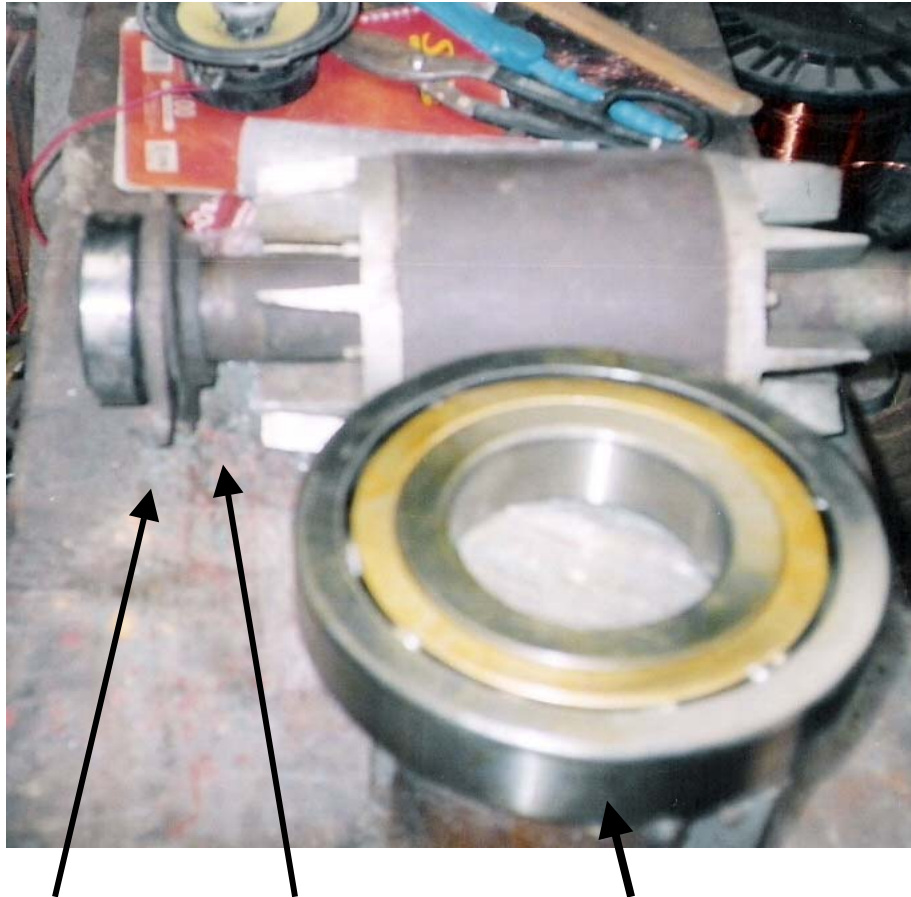
El Balero de carga en motores IEM y US es lubricado por aceite; SAE 10 para el caso del IEM o en su defecto el que indica la placa; algunos motores US recomiendan en la placa aceite SAE 90, por lo que es muy importante siempre su lectura, en cambio en el motor SIEMENS el balero es lubricado por grasa de alta temperatura. Si estas indicaciones se siguen el balero falla hasta que termina su vida útil. Este balero es de rodillos y esta totalmente bañado en aceite hasta el nivel que indica la mirilla.

Las fallas se presentan cuando no se utiliza el lubricante adecuado por ejemplo en ocasiones el agricultor utiliza aceite de transmisión automática o de motor a gasolina y en casos raros hasta aceite quemado por lo que el balero empieza a desgastarse escuchándose que raspa y ronronea y como consecuencia del aumento de fricción una elevación anormal de la temperatura.

El cambio de aceite del motor se recomienda realizarlo en el momento que aparezcan impurezas, gotas de agua o a las 1000 horas de trabajo; lo que ocurra primero. Para efectos prácticos, un motor que esta en trabajo continuo durante la temporada de riego, es conveniente realizar el cambio al inicio de cada temporada, lo mismo para los motores cuyo balero es engrasable; si el trabajo es ligero puede ampliarse el periodo a un año o 2 si es extremadamente ligero.

El tipo de balero de carga puede ser de bolas o de rodillos oblicuos según el tipo y modelo del motor y como se mencionó anteriormente puede ser lubricado por aceite (US, IEM y FM), el siemens es lubricado por grasa.

En la siguiente fotografía se puede ver un rotor con el balero guía y su reten de grasa, así como un balero de carga tipo de bolas.



**Balero guía**

**Reten de grasa**

**Balero de carga**

**Figura 20**

### **FALLA EN EL BALERO GUÍA O INFERIOR**

El balero guía es lubricado por grasa de alta temperatura y También ronronea y raspa pero más fino cuando esta desgastado, si se escucha un golpeteo posiblemente se ha roto, pero se debe tener cuidado porque puede ser el buje del estopero que esta desgastado o se ha salido de su lugar, este esta localizado en el cabezal de descarga y su falla se puede confundir con la del balero guía ya que están muy cerca.

Quando los baleros fallan se deben cambiar de lo contrario el consumo de energía es más de lo normal por el incremento en la fricción y por lo tanto se

puede sobrecargar el motor. El balero guía es de bolas y en las marcas antes mencionadas es lubricado por grasa.

## **¿CÓMO ENGRASAR LOS BALEROS?**

Los baleros se deben engrasar quitando primero los drenes que son tapones roscados que se quitan con desarmador; posteriormente se aplica la grasa con la grasería y se deja de aplicar hasta que la grasa limpia salga por el dren. Una recomendación muy importante, nunca se deben engrasar con el motor funcionando y se debe aplicar la suficiente para asegurar que las cavidades queden completamente llenas. El tipo de grasa recomendada es dura y difícil de aplicar con el inyector, por lo que se recomienda engrasar después de una sesión de trabajo; al parar el equipo la grasa está caliente, en este momento se puede engrasar, por supuesto el inyector de grasa se debe dejar al sol para que la grasa nueva también esté tibia y más blanda; entonces si la grasa quemada está caliente y la nueva tibia; el engrasado es más fácil, el tipo de grasa recomendada es la SKF-3/1 o equivalente en otras marcas

## **FALLAS EN LAS BOBINAS**

Las bobinas son en grupos para las tres fases y funcionan un grupo para cada fase de manera que si un grupo de ellas está sin corriente los otros dos no pueden con el trabajo de carga o si los tres tienen corriente pero no es la nominal por que reciben menos tensión, el sistema está sobrecargado, se calienta y si no se activa el interruptor del equipo de control (arrancador) las bobinas del motor se queman, esto requiere una reparación o un cambio si el motor ya cumplió con su vida útil, la reparación se realiza con alambre nuevo del mismo calibre y las bobinas deben tener el mismo número de vueltas de las originales por lo que el acomodo de las espiras es muy importante, Si es así la potencia se verá disminuida y también puede traer problemas. Este es trabajo para un experto eléctrico que se llevará el motor a su taller. Desde mi punto de vista el mejor alambre para las reparaciones es el de marca condumex, ya que se rumora que el otro puede tener cobre reciclado de allí su economía.

Una bobina se quema por un exagerado calentamiento ya que el barniz aislante se funde junto con la cubierta de hule y se presentan brincos de corriente de una espira a otra o de una bobina a otra. También las bobinas se queman por sucesivos calentamientos ya que por esta causa la resistencia del cobre se incrementa dificultando el paso de la corriente incrementándose la temperatura, produciendo el efecto antes mencionado de brincos o arcos de corriente.



## FALLAS EN LAS TERMINALES TIPO ZAPATAS

Las zapatas son las conexiones que une las terminales del motor con los cables que vienen del arrancador y si no son del número adecuado se calientan por el efecto de la resistencia eléctrica, quemándose la cinta de aislar que las protege y el hule de los cables tanto de las terminales del motor como de los cables que vienen del arrancador. Para evitar esto se debe tener cuidado que las zapatas o terminales sean del calibre del cable utilizado. Las terminales tipo zapata las podemos encontrar en el mercado para calibres de conductor del 8 hasta calibres del 350 y siempre aparecen en rango de utilización; por ejemplo del 8 al 2 THW, AWG, 1/0 al 4/0 THW - AWG, 4/0 al 250 THW - AWG: algunas terminales tipo zapata tienen el grosor y el amperaje máximos a utilizar

El material de fabricación es cobre bañado de aluminio, esta característica le da resistencia a la corrosión y mejor conductividad eléctrica.



Figura 21

En la fotografía anterior podemos observar una terminal tipo zapata; la recomendada para conectar los motores utilizados en bombeo de pozo profundo.

Se deben utilizar tornillos con tuerca, doble rondana plana y rondana de presión, acordes al diámetro del ojillo y de una longitud adecuada, en la

siguiente fotografía tenemos un ejemplo de terminales y tornillo de una pulgada para conectar cable del dos.

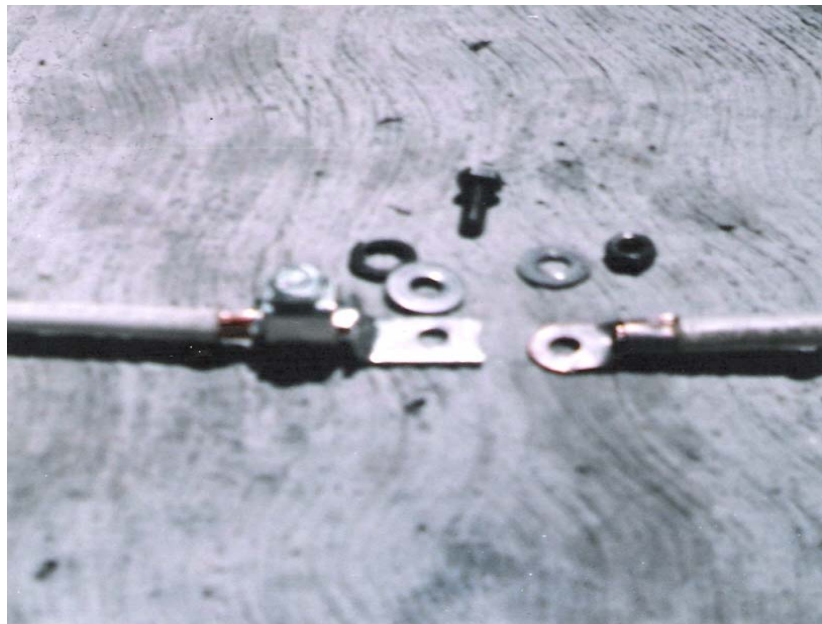


Figura 22

En la siguiente foto observamos como se realiza la conexión; debe apretarse el tornillo hasta que la rondana de presión quede perfectamente aplanada.

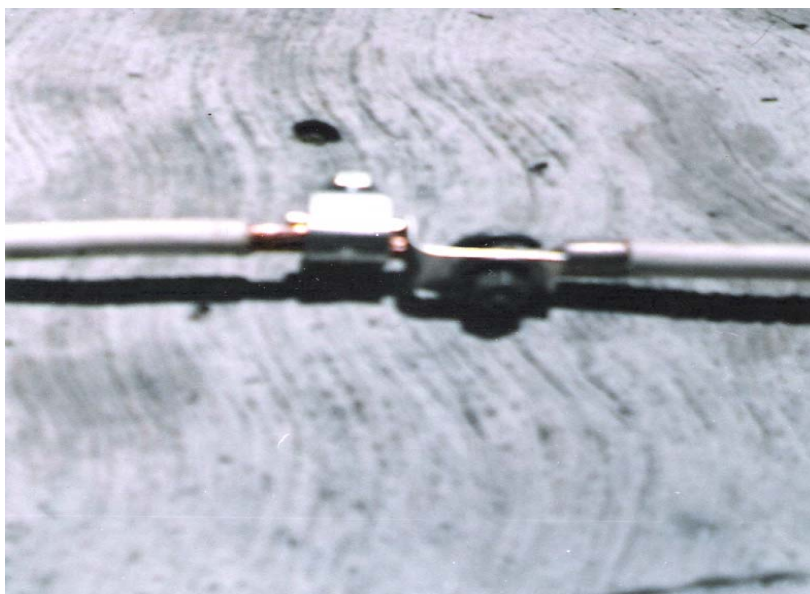


Figura 23

### **FALLAS EN LOS CONDUCTORES DEL ARRANCADOR AL MOTOR**

El tipo de conductor recomendado es de cobre con una pureza del 99.99%, aislamiento suave de pvc, resistente al calor y la humedad, aceites y algunos productos químicos, es deslizante y resistente a incendios, su temperatura de operación de 75 a 90 °C y tensión máxima de 600 v. Los conductores recomendados son los de la norma THW Y AWG.

Sí el cable seleccionado para conectar el motor del arrancador no es del calibre correcto; generalmente más delgado del recomendado también produce un calentamiento superior al normal por lo que se puede deteriorar el aislante y así disminuir su vida útil o hasta quemar, en este caso se recomendamos un calibre adecuado, no debe seleccionarse uno que sea muy justo a la corriente nominal; siempre es mejor utilizar marcas de prestigio y no las marcas económicas.

### **QUE HACER CUANDO EL MOTOR NO ARRANCA:**

Cuando se presionado el botón de encendido y el motor no arranca; es conveniente seguir una serie de revisiones para detectar la causa:

1.- Revisar que el termomagnético del arrancador esté arriba, si no subirlo e intentar arrancar.

2.- Bajar la pastilla del termomagnético, abrir el gabinete y presionar el botón restablecer (reset), cerrar el gabinete, subir la pastilla e intentar de nuevo el arranque.

3.- Revisar los fusibles de la subestación (cuchillas cortacircuitos), si están caídas una o más fases, sustituir los fusibles fundidos e intentar el arranque.

4.- Revisar los fusibles del interruptor de seguridad y del arrancador si los tiene, si alguno está fundido hay que cambiarlo e intentar el arranque de nueva cuenta.

5.- Revisar el entronque, si tiene el porta fusibles caído, sustituir el o los fusibles.

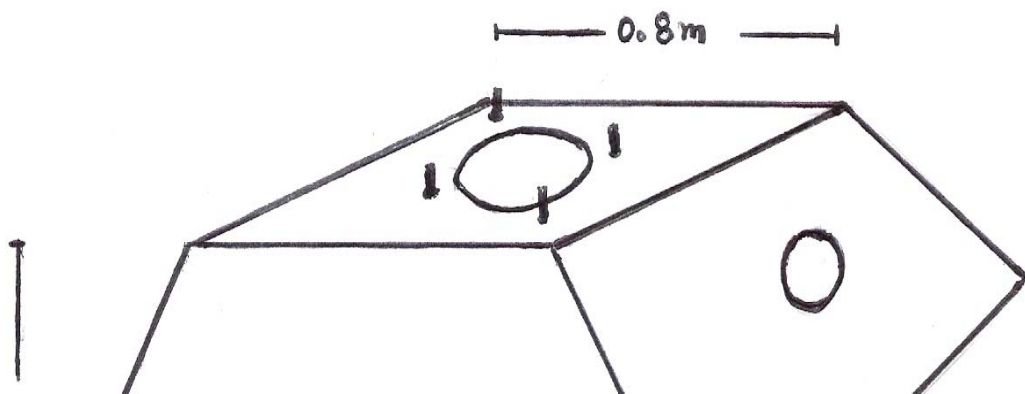
Nota: Si los fusibles de la subestación o del entronque están fundidos, para cambiarlos se recomienda llamar a CFE o un electricista particular.

Si después que se sigan los pasos anteriores, no logra arrancar el motor, posiblemente sea algo más grave, para esto es necesario llamar al técnico para que revise el equipo y la instalación eléctrica.

## INSTALACIÓN DE UN MOTOR SOBRE LA BASE DE CONCRETO

El motor se instala sobre el cabezal de descarga y este a su vez, sobre una base de concreto previamente diseñada en forma de tetraedro cortado a una altura de 60 cm. La base tiene esta forma para distribuir en la mayor área posible la presión producida por el peso del equipo de bombeo más el motor. Cabe mencionar que si la altura que sale del ademe no es la suficiente se debe excavar, hasta conseguir la altura deseada. Este tipo de base es muy útil para terrenos blandos. La base lleva una doble parrilla de armazón de varilla de 3/8, una en la parte inferior y una en la parte superior como se ilustra en la figura.

La simbra debe diseñarse de tal forma que en la base quede un cuadrado de 1.5 metros por 1.5 metros y un talud de 60 grados aproximadamente y la altura de 0.6 m. de tal forma que la cara superior de la base medirá 0.8 m. por 0.8 m. Como se ilustra en la siguiente figura.



## Figura 24

Se debe tomar un molde de cartón o de plástico rígido de la base del cabezal de descarga para tomar la huella de los orificios donde van los tornillos que sujetan al cabezal. Los tornillos deben tener un trozo de varilla de unos 15 centímetros soldado a la cabeza en forma perpendicular, además deber ser del grosor que quepan en el orificio de la base del cabezal, deben colocarse cuando el concreto esta fresco y utilizando el molde con el fin de que los orificios de la base coincidan con los tornillos, así como la orientación para el tubo de descarga.

Cuando la base de concreto ya esta bien seca de (10 a 15 días) se puede instalar el motor sobre el cabezal de descarga; este no debe descansar directamente sobre la base de concreto sino que se deben colocar unos trozos de madera para reducir la vibración y que no pase directamente a la base de concreto para evitar fracturas. Una vez instalado el cabezal de descarga, sobre este se coloca el motor eléctrico, levantado con una grúa o con una pluma y un tractor, cabe mencionar que los cabezales son seleccionados de tal forma que la base del motor coincida con la parte superior del cabezal de descarga.

Aquí tenemos un motor con su base similar a la recomendada, con sus taquetes de madera entre la base y el cabezal de descarga, para amortiguar la vibración.



Figura 25

El motor debe ser instalado en el momento en que se instala el equipo de bombeo, aprovechando la grúa para levantarlo y orientarlo correctamente, es más fácil de esa manera; que utilizando una pluma con tractor.

#### **MOTORES COMUNES:**

#### **MOTOR "U S"**





Figura 26

El motor está bien instalado sobre su base, con su caja de conexiones cerrada y los conductores protegidos con su tubo conduit.

**MOTOR “SIEMENS “**





Figura 27

Motor siemens atornillado sobre su empaque de madera, se observa n sus graseras, caja de cables y su placa de datos técnicas y su carcasa característica.

### **MEDICIÓN DE LA INTENSIDAD DE CORRIENTE Y VOLTAJE**

Para medir voltaje e intensidad de corriente, generalmente se realiza en los cables que están conectados al motor y que salen del contactor de tensión plena o sea en el arrancador; en su defecto se puede medir en los cables que

llagan o salen del equipo adicional de protección (interruptor de navajas). Se debe utilizar un multímetro de gancho, con el fin de no tener contacto directo con cables. Este tipo de multímetro funciona con el campo magnético generado por la corriente y solamente abraza el cable con su aislador por lo que es muy seguro contra accidentes, la forma de medir y de utilizarse se ilustra en la siguiente fotografía.

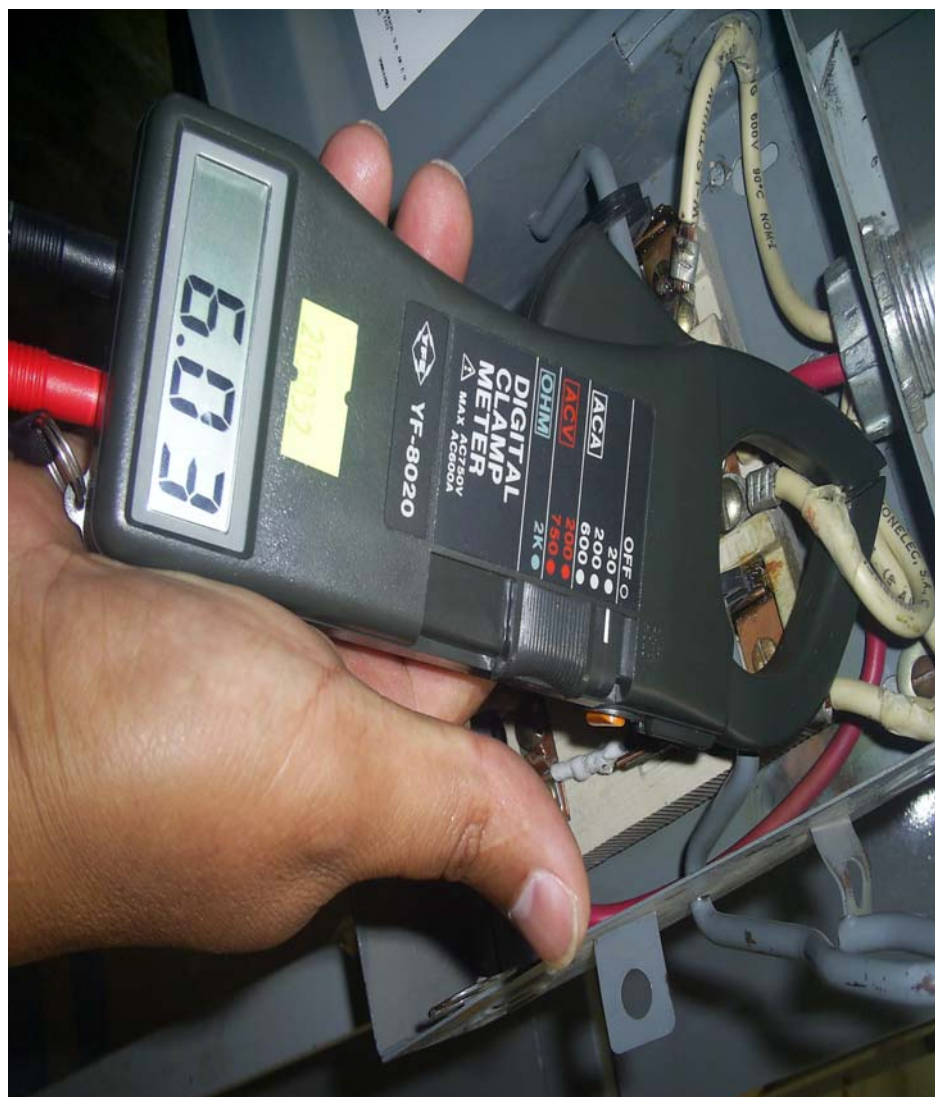


Figura 28

(Midiendo la corriente eléctrica y el voltaje en un interruptor de seguridad)

El multímetro mide la intensidad de la corriente con el gancho, pero para medir el voltaje si se requiere tener contacto con los cables de baja tensión, para esto se conectan las terminales correspondientes (de agujas) en la parte inferior del multímetro, una de ellas, la roja se contacta en el cable al que se le medirá el voltaje y la otra (negra) a tierra. Es conveniente verificar que la escala de

medición sea la adecuada, el multímetro de la fotografía tiene para medir hasta 1000 volts, para seleccionar la escala correcta tiene una perilla en la parte inferior y en cambio el mutímetro anterior tiene botones para el mismo fin.



Figura 29

Multímetro de gancho con escala de 1000 volts; que muestra como se mide el voltaje, rojo a línea viva y negro a tierra.

## SELECCIÓN DEL EQUIPO ELÉCTRICO

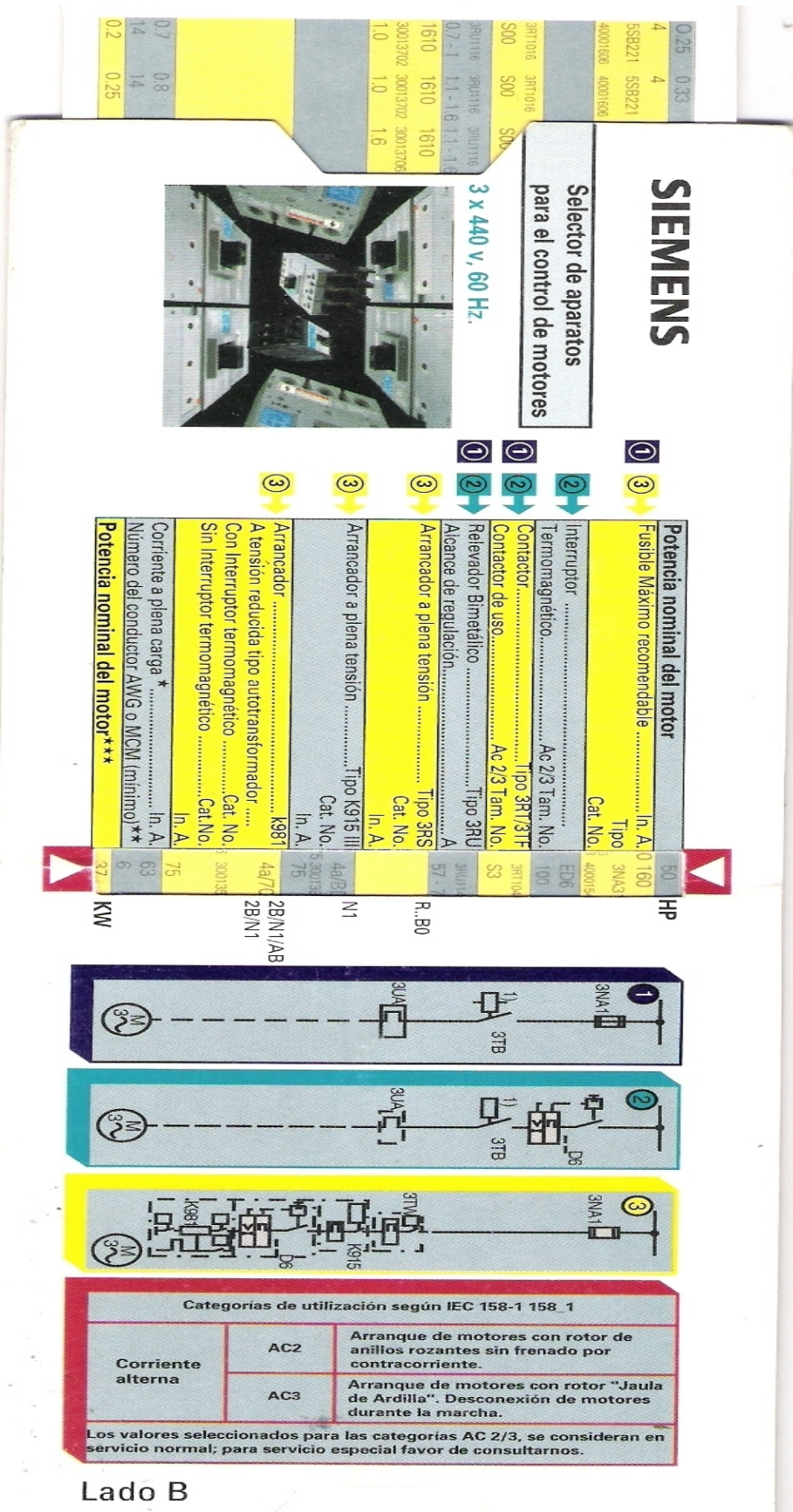
La siguiente tabla muestra la relación entre potencia del motor arrancador, transformador, calibre de cables y voltajes recomendados.

Tabla 3 Selección del equipo eléctrico.

MOTOR HP	ARRANCADOR HP	CORRIENTE A PLENA CARGA	VOLTAJE	CALIBRE DEL CONDUCTOR THW- AWG	TRANSFORMADOR KVA
10	10	14	440	12 – 14	9
15	15	21	440	10 – 12	15
20	20	27	440	8 – 10	15
25	25	34	440	8 – 8	30
30	30	40	440	8 – 8	30
40	40	52	440	6 – 6	30
50	50	65	440	4 – 6	45
60	60	77	440	4	75
75	75	96	440	1/ 0	75
100	100	124	440	2 / 0	112.5
125	125	156	440	3 / 0 – 1/ 0	112.5
150	150	180	440	4 / 0 – 3 / 0	150
200	200	240	440	350 - 250	225

NOTA: para la selección de refacciones, debe utilizarse la tabla correspondiente, como la de la fotografía, sobre todo para refacciones del arrancador; proporcionada y elaborada por el fabricante del equipo eléctrico.





Lado B

Figura 30

## CONCLUSIÓN

Como se planteo en el objetivo este trabajo muestra algunas recomendaciones que el ingeniero puede transmitir al productor sobre el mantenimiento del equipo eléctrico, pero también se mencionan aspectos técnicos básicos para la correcta selección de la parte eléctrica del sistema de bombeo, así como aspectos de seguridad que le darán mas vida útil al equipo, además se presentan imágenes de los componentes que dan una idea más clara de su instalación y funcionamiento, se describen también algunas fallas comunes y su manera de evitarlas con el mantenimiento correcto. Por lo anteriormente descrito concluyo que el objetivo inicialmente propuesto en este trabajo esta cumplido.

Es muy importante que el ingeniero agrónomo en sus inicios como profesionista conozca aspectos teórico prácticos del equipo eléctrico del sistema de bombeo para pozo profundo por lo frecuentes y molesto de sus fallas para el productor cuando el riego es urgente, las fallas rápidas de reparar son los fusibles del entronque y de la subestación, reponiéndolos con unos de la capacidad indicada para la subestación. También en el arrancador se presentan fallas comunes, en este caso nos referimos al relevador de sobrecarga por calibración y al contactor de tensión plena, por los platinos que se flamean debido a los arcos eléctricos que se forman, en mi caso los arrancadores que más presentan este tipo de fallas son los IEM, a veces es tan fuerte la vibración que el ruido preocupa al productor por lo que de inmediato suspende el funcionamiento del equipo para su revisión, desde mi punto de vista el siemens es mejor que el IEM, son los dos tipos de arrancadores que usamos en la practica profesional.

En cuanto a los motores eléctricos desde mi particular punto de vista, recomiendo mejor los lubricados por aceite en el Balero de carga, no es que los motores de baleros lubricados por grasa sean de defectuosa fabricación, sino por la razón que el productor al no encontrar la grasa recomendada puede aplicar una de baja temperatura, que son muy suaves y manejables o simplemente por que las tiene a la mano al engrasar su equipo de labranza. La grasa que personalmente usamos en la SKF grat tm 3, siemens recomienda la cheshll Albania c-3, para baleros bañados en aceite IEM recomienda texaco SAE 10 y en algunos motores US, SAE 90; son los motores eléctricos que más se usan en la región Zamora.

Aquí pongo a disposición del lector algunas recomendaciones y posibles soluciones a la problemática de la parte eléctrica de los sistemas de bombeo para pozo profundo, no debemos olvidar la parte mecánica igual de importante, los acero utilizados en flechas, del cuerpo de tazonos y de línea, el bronce empleado en bujes y chumaceras, lo importante del estudio de verticalidad para garantizar que el sistema funcionara en condiciones normales, aquí esta otro campo de estudio también muy importante.

## **CONCEPTOS BÁSICOS**

**ARRANCADOR A TENSIÓN REDUCIDA:** Se le llama así ya que baja el voltaje a un 65% del nominal.

**ALAMBRE:** Tiene un solo hilo.

**ALTA TENSIÓN:** Voltajes de 69,000 V. en adelante

**BAJA TENSIÓN:** Se considera a voltajes de 120, 220 y 440

**BOBINA:** Enredados de alambre de cobre, con un determinado número de vueltas.

**CABLE:** A diferencia del alambre, el cable tiene varios hilos lo que lo hace manejable.

**C/s:** Coulombs sobre segundo; el coulomb son las unidades para la carga eléctrica.

**INTENSIDAD DE CORRIENTE ELÉCTRICA:** Es la cantidad de cargas eléctricas que circulan por el conductor eléctrico en la unidad de tiempo; sus unidades son: Amper o C/s

**KVA:** Es la potencia eléctrica medida en kilovoltamper

**MEDIA TENSIÓN:** Se considera a voltajes de 13,200, 23,000 y 33,000.

**MOTOR DE FLECHA HUECA:** Este tipo de motor efectivamente tiene la flecha hueca donde se mete la flecha superior del equipo de bombeo.

**MOTOR JAULA DE ARDILLA:** En realidad los motores actuales no tiene este tipo de rotor, los antiguos tenían el rotor en la forma del la rueda que las ardillas hacen girar en la jaula, sin embargo se les sigue llamando así, ya que los actuales la parte magnetizable del rotor está oculta sobre material permeable.

**MULTÍMETRO:** Aparato para medir voltajes, amperaje y resistencia eléctrica

**POTENCIA ELÉCTRICA:** Matemáticamente es el producto del voltaje por la intensidad de la corriente; al igual que la potencia mecánica sus unidades son: Nm/s o J/s.

**RESISTENCIA ELECRICA:** Es la oposición del conductor a que por el circulen cargas eléctricas; sus unidades son Ohms.

**TERMO MAGNÉTICO:** funciona con el principio de calor y magnetismo.

VOLTAJE, TENSIÓN O DIFERENCIA DE POTENCIAL: Es la diferencia de potencial que existe en los extremos de un conductor, quiere decir que para que se presente un flujo de electrones en uno de los extremos del conductor no debe o debe haber menos cargas eléctricas, las unidades del voltaje son Nm/C.

ZAPATA: Se le llama así aun tipo de terminal que tiene forma de “Z”



## **BIBLIOGRAFÍA**

Condumex; Memorias de los ciclos de conferencias sobre instalaciones eléctricas de baja tensión, Guadalajara Jalisco.

Donald G. Flink L; H Waine Beaty, 1996, Manual de ingeniería eléctrica, Mc. Gras-Hill, México.

Gutiérrez Aranzeta Carlos, 2002, Electromagnetismo y óptica, Editorial Limusa, México.

Gutiérrez Aranzeta Carlos, 2002, Mecánica y calor, editorial Limusa, México.

[http//www. Siemens.com.mx.](http://www.Siemens.com.mx)

[http//www Motores us de México.com.mx](http://www.Motores.us.de.México.com.mx)

Lara Gómez David, 1996, Apartarrayos de óxidos metálicos, Trabajo para obtener el título de ingeniero electricista, UMNSH. Morelia Michoacán.

R. J. Lawrie, 1990, Motores eléctricos, Mc. Graw-Hill, México

Siemens; Catálogo 2005, Control, instalación y automatización