



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

**ESTUDIO DE CALIDAD, PROTECCIONES, MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y
AHORRO DE ENERGÍA EN POZOS DE LA MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA**

Calixto Erasmo Pérez Espinoza

Asesorado por el Ing. Mario Ramón Figueroa López

Guatemala, agosto de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO DE CALIDAD, PROTECCIONES, MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y
AHORRO DE ENERGÍA EN POZOS DE LA MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

CALIXTO ERASMO PÉREZ ESPINOZA

ASESORADO POR EL ING. MARIO RAMÓN FIGUEROA LÓPEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, AGOSTO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

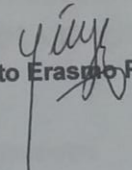
DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Natanael Jonathan Requena Gómez
EXAMINADOR	Ing. Gustavo Benigno Orozco Godínez
EXAMINADOR	Ing. Sergio Leonel Gómez Bravo
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

ESTUDIO DE CALIDAD, PROTECCIONES, MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y AHORRO DE ENERGÍA EN POZOS DE LA MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 01 de febrero de 2013.


Calixto Erasmo Pérez Espinoza

LMF010916

Guatemala Septiembre 20 de 2,016

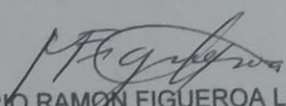
Ingeniera
Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimada Ingeniera Classon:

Por este medio tengo a bien saludarla y al mismo tiempo hacer de su conocimiento lo siguiente:

Que el Señor **CALIXTO ERASMO PEREZ ESPINOZA** estudiante de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la Universidad de San Carlos de Guatemala, quien se identifica con el carnet estudiantil Número **79-12722** realizo su EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO, cumpliendo con todas las actividades propuestas en su proyecto titulado **ESTUDIO DE CALIDAD, PROTECCIONES, MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y AHORRO DE ENERGIA EN POZOS DE LA MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA** dando como finalizado dicho proyecto.

Sin otro particular y agradeciendo la atención a la presente


MARIO RAMON FIGUEROA LOPEZ
INGENIERO ELECTRICISTA
COLEGIADO 3454
ASESOR EPS

INGENIERO ELÉCTRICISTA
Mario Ramon Figueroa Lopez
Colegiado 3454

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Ref. EIME 73.2016.
Guatemala, 30 de AGOSTO 2016.

Señor Director
Ing. Francisco Javier González López
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

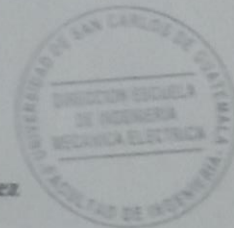
Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:
**ESTUDIO DE CALIDAD, PROTECCIONES, MANTENIMIENTO
PREVENTIVO Y AHORRO DE ENERGÍA EN POZOS DE LA
MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA,** del estudiante Calixto
Erasmó Pérez Espinoza, que cumple con los requisitos establecidos
para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,
ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Gustavo Benigno Orozco Godínez
Coordinador Área Potencia



SFO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 10 de noviembre de 2016.
Ref.EPS.DOC.781.11.16.

Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Classon de Pinto.

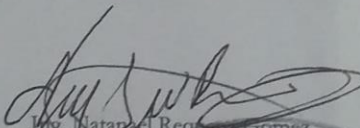
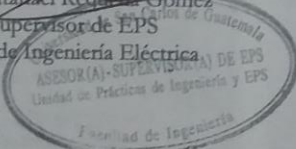
Por este medio atentamente le informo que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Calixto Erasmo Pérez Espinoza** de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, con carné No. **7912722**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"ESTUDIO DE CALIDAD, PROTECCIONES, MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y AHORRO DE ENERGÍA EN POZOS DE LA MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA"**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Nataliel Requena Gomez
Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Eléctrica


c.c. Archivo
NRG/ra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala 10 de noviembre de 2016.
Ref.EPS.D.487.11.16.

Ing. Francisco Javier González
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Presente

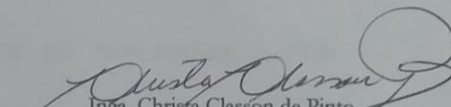
Estimado Ingeniero González.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado "ESTUDIO DE CALIDAD, PROTECCIONES, MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y AHORRO DE ENERGÍA EN POZOS DE LA MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA" que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Calixto Erasmo Pérez Espinoza**, quien fue debidamente asesorado por el Ing. Mario Ramon Figueroa López y supervisado por el Ing. Natanael Requena Gómez.

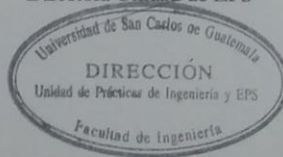
Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor y del Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Classón de Pinto
Directora Unidad de EPS

CCdP/ra



Edificio de EPS, Facultad de Ingeniería, Ciudad Universitaria, zona 12.
Teléfono directo: 2442-3509

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF. EIME 73. 2016.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; CALIXTO ERASMO PÉREZ ESPINOZA titulado: ESTUDIO DE CALIDAD, PROTECCIONES, MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y AHORRO DE ENERGÍA EN POZOS DE LA MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA, procede a la autorización del mismo.

Ing. Francisco Javier González López



GUATEMALA, 15 DE NOVIEMBRE 2016.

Universidad de San Carlos
De Guatemala

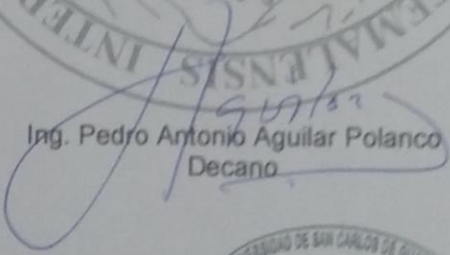


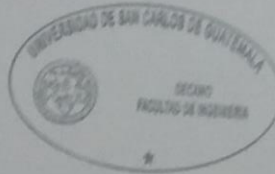
Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.D.352.2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica al trabajo de graduación titulado: **ESTUDIO DE CALIDAD, PROTECCIONES, MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y AHORRO DE ENERGÍA EN POZOS DE LA MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA**, presentado por el estudiante universitario: **Calixto Erasmo Pérez Espinoza**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, agosto, de 2017

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por su constante presencia y bendiciones durante toda mi vida.
Mis padres	Calixto Pérez Sazo (q. e. p. d.) y Mercedes Espinoza Franco, por la enseñanza de vida, valores y por alentarme siempre a la superación personal.
Mi esposa e hijos	Alba Rebeca Castellanos Dubón de Pérez, Mercedes Paola, Gabriela Alejandra y Luis Javier Pérez Castellanos por su apoyo incondicional
Mis hermanos	Maritza, Verónica, Alejandro, Fernando (q. e. p. d.), Mercedes, Francisco, Patricia, Lorena y Sofía Pérez Espinoza, gracias por compartir toda una vida de unidad, de aliento, y superación familiar.
Mi familia y amigos en general	Tios, sobrinos y amigos de la Universidad y trabajo
Mención especial a	Sindy Marroquín Castellanos

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San Carlos
de Guatemala**

Por ser mi casa de estudios.

Facultad de Ingeniería

Por darme el conocimiento de las ciencias de la Ingeniería Eléctrica

**Municipalidad de Villa
Nueva**

Por brindarme la oportunidad de realizar el proyecto de Ejercicio Profesional Supervisado en sus instalaciones. En especial a los integrantes de la Dirección de Agua y Saneamiento.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. GENERALIDADES.....	1
1.1. Descripción de la Municipalidad de Villa Nueva	1
1.2.1. Misión	1
1.2.2. Visión.....	1
1.2.3. Servicios que presta	1
1.2.4. Competencias propias	1
1.2.5. Competencias delegadas	2
1.2.6. Historia de Villa Nueva	3
2. FASE DE INVESTIGACIÓN	5
2.1. Definición del proyecto	5
2.1.1. Líneas generales	5
2.2. Información general de motores	6
2.2.1. Motores monofásicos.....	6
2.2.2. Motores de inducción trifásicos.....	11
2.3. Medición de parámetros	19
2.3.1. Definición de corriente eléctrica.....	19
2.3.2. Definición de voltaje.....	20

2.3.3.	Definición de potencia	24
2.3.4.	Tierras físicas	26
2.3.5.	Aislamiento en motores	28
2.3.6.	Factor de potencia.....	29
2.3.7.	Armónicos	36
2.4.	Potencia	41
2.4.1.	Capacidad del motor de la bomba de agua.....	41
2.4.2.	Capacidad de la acometida principal.....	41
2.4.3.	Capacidad de los cables	41
2.4.4.	Condición física del tablero principal	41
2.4.5.	Supresores de picos o transcientes	41
2.4.6.	Mantenimiento preventivo	41
2.5.	Diseño de las instalaciones eléctricas actuales	42
2.5.1.	Simbología eléctrica	42
2.5.2.	Identificación de tableros y sus protecciones	42
2.5.3.	Identificación de cables eléctricos	42
2.5.4.	Diseño de plano eléctrico actual.....	42
2.5.5.	Diagrama unifilar de la instalación eléctrica actual.....	43
2.5.6.	Identificación del motor de la bomba	45
2.5.7.	Diseño de tierras	45
2.6.	Situación actual de pozos	45
2.6.1.	Diagnóstico de los cables pozo La Paz.....	49
2.6.1.1.	Diagnóstico de tierras físicas.....	49
2.6.1.2.	Diagnóstico de aislamiento del bobinado del motor.....	50
2.6.1.3.	Diagnóstico de mantenimiento preventivo actual	50

2.6.1.4.	Diagnóstico de las instalaciones eléctricas en general.....	51
2.6.2.	Diagnóstico de los cables Pozo Colinas	57
2.6.2.1.	Diagnóstico de tierras físicas.....	58
2.6.2.2.	Diagnóstico de aislamiento de bobinado de motor.....	58
2.6.2.3.	Diagnóstico de mantenimiento preventivo actual.....	58
2.6.2.4.	Diagnóstico de las instalaciones eléctricas en general.....	59
2.6.3.	Diagnóstico de los cables pozo San Francisco 2....	65
2.6.3.1.	Diagnóstico de tierras físicas.....	65
2.6.3.2.	Diagnóstico de aislamiento del bobinado de motor.....	66
2.6.3.3.	Diagnóstico de mantenimiento preventivo actual.....	66
2.6.3.4.	Diagnóstico de las instalaciones eléctricas en general.....	66
2.6.4.	Diagnóstico de los cables pozo Eterna Primavera 1	73
2.6.4.1.	Diagnóstico de tierras físicas.....	74
2.6.4.2.	Diagnóstico de aislamiento del bobinado de motor.....	74
2.6.4.3.	Diagnóstico de mantenimiento preventivo actual.....	75
2.6.4.4.	Diagnóstico de las instalaciones eléctricas en general.....	75
2.6.5.	Diagnóstico de los cables pozo Eterna Primavera 2	81

2.6.5.1.	Diagnóstico de tierras físicas.....	81
2.6.5.2.	Diagnóstico de aislamiento del bobinado de motor	82
2.6.5.3.	Diagnóstico de mantenimiento preventivo actual	82
2.6.5.4.	Diagnóstico de las instalaciones eléctricas en general	83
2.6.6.	Diagnóstico de los cables pozo Eterna Primavera 3	89
2.6.6.1.	Diagnóstico de tierras físicas.....	90
2.6.6.2.	Diagnóstico de aislamiento del bobinado de motor	90
2.6.6.3.	Diagnóstico de mantenimiento preventivo actual	90
2.6.6.4.	Diagnóstico de las instalaciones eléctricas en general	91
2.6.7.	Diagnóstico de los cables pozo Paraíso del Frutal	97
2.6.7.1.	Diagnóstico de tierras físicas.....	97
2.6.7.2.	Diagnóstico de aislamiento del bobinado de motor	98
2.6.7.3.	Diagnóstico de mantenimiento preventivo actual	98
2.6.7.4.	Diagnóstico de las instalaciones eléctricas en general	99
2.6.8.	Diagnóstico de los cables pozo Panorámica del Frutal	105
2.6.8.1.	Diagnóstico de tierras físicas.....	105

2.6.8.2.	Diagnóstico de aislamiento del bobinado de motor.....	106
2.6.8.3.	Diagnóstico de mantenimiento preventivo actual.....	106
2.6.8.4.	Diagnóstico de las instalaciones eléctricas en general.....	107
2.6.9.	Diagnóstico de los cables pozo Planes I	113
2.6.9.1.	Diagnóstico de tierras físicas	113
2.6.9.2.	Diagnóstico de aislamiento del bobinado de motor.....	114
2.6.9.3.	Diagnóstico de mantenimiento preventivo actual.....	114
2.6.9.4.	Diagnóstico de las instalaciones eléctricas en general.....	115
2.6.10.	Diagnóstico de los cables pozo Planes 2	121
2.6.10.1.	Diagnóstico de tierras físicas	122
2.6.10.2.	Diagnóstico de aislamiento del bobinado de motor.....	122
2.6.10.3.	Diagnóstico de mantenimiento preventivo actual.....	123
2.6.10.4.	Diagnóstico de las instalaciones eléctricas en general.....	123
2.6.11.	Diagnóstico de los cables pozo Monte María	129
2.6.11.1.	Diagnóstico de tierras físicas	130
2.6.11.2.	Diagnóstico de aislamiento del bobinado de motor.....	130
2.6.11.3.	Diagnóstico de mantenimiento preventivo actual.....	131

2.6.11.4.	Diagnóstico de las instalaciones eléctricas en general	131
2.6.12.	Diagnóstico de los cables pozo Enriqueta 2.....	138
2.6.12.1.	Diagnóstico de tierras físicas.....	138
2.6.12.2.	Diagnóstico de aislamiento del bobinado de motor	139
2.6.12.3.	Diagnóstico de mantenimiento preventivo actual	139
2.6.12.4.	Diagnóstico de las instalaciones eléctricas en general	140
2.6.13.	Diagnóstico de los cables pozo San Miguelito 2 ...	146
2.6.13.1.	Diagnóstico de tierras físicas.....	146
2.6.13.2.	Diagnóstico de aislamiento del bobinado de motor	147
2.6.13.3.	Diagnóstico de mantenimiento preventivo actual	147
2.6.13.4.	Diagnóstico de las instalaciones eléctricas en general	148
2.6.14.	Diagnóstico de los cables pozo Santa Clara	155
2.6.14.1.	Diagnóstico de tierras físicas.....	155
2.6.14.2.	Diagnóstico de aislamiento del bobinado de motor	156
2.6.14.3.	Diagnóstico de mantenimiento preventivo actual	156
2.6.14.4.	Diagnóstico de las instalaciones eléctricas en general	157
2.6.15.	Diagnóstico de los cables pozo Orquideas.....	162
2.6.15.1.	Diagnóstico de tierras físicas.....	163

2.6.15.2.	Diagnóstico de aislamiento del bobinado de motor.....	163
2.6.15.3.	Diagnóstico de mantenimiento preventivo actual.....	164
2.6.15.4.	Diagnóstico de las instalaciones eléctricas en general.....	164
2.6.16.	Diagnóstico de los cables pozo Santa Isabel 1.....	170
2.6.16.1.	Diagnóstico de tierras físicas.....	170
2.6.16.2.	Diagnóstico de aislamiento del bobinado de motor.....	171
2.6.16.3.	Diagnóstico de mantenimiento preventivo actual.....	171
2.6.16.4.	Diagnóstico de las instalaciones eléctricas en general.....	172
2.7.	Diagnóstico de consumo actual de potencia y energía	174
2.7.1.	Verificar planos actuales si es que existen, con lo que está instalado actualmente	186
2.8.	Propuesta de mejoras a las instalaciones eléctrica	186
2.8.1.	Sistema de tierras.....	186
2.8.2.	Mejorar o proponer supresores de pico o transientes	190
2.8.3.	Elaborar un plan de mantenimiento preventivo adecuado	192
2.8.4.	Proponer ahorro de energía	197
2.8.5.	Análisis económico	198
3.	FASE DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE.....	203
3.1.	Capacitación al personal encargado de los pozos	203
3.1.1.	Resultados de la presentación	204

3.1.2. Mejoras propuestas por los encargados204

3.1.3. Implementación de mejoras204

CONCLUSIONES.....207

RECOMENDACIONES209

BIBLIOGRAFÍA.....213

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Par resultante de un motor monofásico.....	9
2.	Desbalance de voltaje en motores sumergibles	21
3.	Carga resistiva, inductiva y capacitiva.....	25
4.	Representación de potencia activa, reactiva, aparente	30
5.	Representación de potencias y ángulo para cálculo de factor de potencia.....	32
6.	Instalación de capacitores en motores para mejora de factor de potencia... ..	35
7.	Diagrama Unifilar.....	43
8.	Diagrama Unifilar 2.....	44
9.	Pozo La Paz, diagrama unifilar.....	48
10.	Pozo Colinas	56
11.	Pozo San Francisco 2	64
12.	Pozo Eterna Primavera 1	72
13.	Pozo Eterna Primavera 2	80
14.	Diagrama Unifilar pozo Eterna Primavera 3	88
15.	Diagrama Unifilar pozo Paraíso del Frutal.....	96
16.	Panoramica del Frutal	104
17.	Pozo Planes I diagrama Unifilar	112
18.	Pozo Planes 2 diagrama Unifilar	120
19.	Pozo Monte María diagrama Unifilar	128
20.	Pozo Enriqueta 2 diagrama Unifilar.....	137
21.	Pozo San Miguelito 2	145

22.	Pozo Santa Clara diagrama Unifilar	153
23.	Pozo Orquideas diagrama Unifilar	161
24.	Pozo Santa Isabel 1	169
25.	Ejemplificación de sistema de tierras	190

TABLAS

I.	Número de arranques de motores	14
II.	Aislamientos de motores	18
III.	Cable sumergible propiedades	23
IV.	Tolerancia para distorsión armónica	39
V.	Pozo La Paz.....	45
VI.	Pozo Colinas.....	53
VII.	Pozo San Francisco 2	61
VIII.	Pozo Eterna Primavera 1	69
IX.	Pozo Eterna Primavera 2	78
X.	Pozo Eterna Primavera 3.....	85
XI.	Pozo Paraíso del Frutal.....	93
XII.	Pozo Panorámica del Frutal.....	101
XIII.	Pozo Planes 1	109
XIV.	Pozo Planes 2.....	117
XV.	Pozo Monte María.....	125
XVI.	Pozo Enriqueta 2	133
XVII.	Pozo San Miguelito 2	142
XVIII.	Pozo Santa Clara.....	150
XIX.	Pozo Orquídeas	158
XX.	Pozo Santa Isabel 1	166
XXI.	Consumo Pozo La Paz	174
XXII.	Consumo Pozo Colinas.....	175

XXIII.	Consumo Pozo San Francisco 2	176
XXIV.	Consumo Pozo Eterna Primavera 1	176
XXV.	Consumo Pozo Eterna Primavera 2	177
XXVI.	Consumo Pozo Eterna Primavera 3	178
XXVII.	Consumo Pozo Paraiso del Frutal	179
XXVIII.	Consumo Pozo Panorámica del Frutal	179
XXIX.	Consumo Pozo Planes 1	180
XXX.	Consumo Pozo Planes 2	181
XXXI.	Consumo Pozo Monte María	182
XXXII.	Consumo Pozo Enriqueta 2	182
XXXIII.	Consumo Pozo San Miguelito 2	183
XXXIV.	Consumo Pozo Santa Clara	184
XXXV.	Consumo Pozo Orquídeas	185
XXXVI.	Consumo Pozo Santa Isabel 1	185
XXXVII.	Comparativo de sistema de tierras	189
XXXVIII.	Plan de mantenimiento	193
XXXIX.	Ahorro de energía	198
XL.	Análisis Económico	199
XLI.	Costos	201

LISTADO DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
MΩ	Aislamiento de un motor
HP	Caballos de potencia de un motor
E	Campo eléctrico
I	Corriente
B	Densidad de flujo magnéticoΩ
S	Deslizamiento del motor
fp	Factor de potencia
fs	Factor de servicio de un motor
f	Frecuencia
L	Longitud
M	Mega (1 x 10 ⁶)
P	Número de polos del motor
Ω	Ohmio
E%	Porcentaje de caída de voltaje
S	Potencia compleja o aparente
P	Potencia real o activa
Q	Potencia reactiva
KW	Unidad de potencia en kilovatios de un motor
VDF	Variador de frecuencia
N_s	Velocidad de sincronía del motor
N	Velocidad del rotor del motor
V	Voltaje

GLOSARIO

Arrancador suave	Equipo electrónico que se utiliza para evitar arranques y paros bruscos mediante la regulación de la tensión.
Camisa de enfriamiento	Sirve para direccionar el flujo de agua para enfriar el motor.
Capacitor	Almacena energía eléctrica debido a un campo eléctrico; en nuestro caso es utilizado para mejorar el factor de potencia
Frecuencias de Arranques	Máximo número de arranques en un periodo de 24 horas.
Fusible	Dispositivo de protección eléctrica que se acciona por cortocircuitos y protege los equipos eléctricos.
Interruptor termomagnético	Dispositivo de protección eléctrica que se acciona por sobrecargas o corto circuito para proteger equipos eléctricos
Motor	Transforma energía eléctrica en energía mecánica por la interacción de los campos magnéticos de los embobinados del rotor y estator.

Posición de montaje

Posición vertical del conjunto motor- bomba.

Transformador

Convierte la energía ya sea para subir o bajar el voltaje; utiliza el principio de autoinducción o ley de Faraday.

Válvula de retención

Se utiliza para mantener la presión del sistema y que la bomba gire en sentido contrario.

Variador de frecuencia

Equipo electrónico que se utiliza para evitar arranques y paros bruscos mediante la regulación de la frecuencia

RESUMEN

La Municipalidad de Villa Nueva cuenta actualmente con 42 pozos de los que extraen agua para el suministro a la población. En el presente proyecto se hizo un estudio de 16 pozos únicamente. Se analizaron 16 pozos, a un promedio de 2 semanas por cada pozo; lo anterior para hacer un EPS de seis meses.

Se determinó que el costo por consumo de potencia y energía eléctrica es muy elevado; aunado a esto las constantes fallas provocadas por suministro eléctrico, las cuales se incrementan en época de lluvia, además, la falta de un mantenimiento preventivo adecuado o inexistente incrementan dichos costos.

Se analizó en cada uno de ellos el factor de potencia, tomando como base de datos la factura de Empresa Eléctrica de Guatemala que, a la vez, sirvió también como referencia para ver los costos de potencia contratada y costos por venta de energía durante un periodo de seis meses.

Se hizo un análisis del asilamiento de los motores, protecciones, tierras físicas, cables adecuados, entre otros, y se levantaron diagramas eléctricos de cada pozo ya que no existían; se hizo un estudio de calidad de energía a dos pozos que presentaron un índice de fallas continuas; también se analizó las penalizaciones que son cobradas en la factura de la Empresa Eléctrica (bajo factor de potencia, exceso de potencia contratada y pago por mora, al no cancelar las facturas en el tiempo estipulado).

Se propone un plan de mantenimiento preventivo anual, semestral y trimestral, así como el ahorro de energía, tomando como base la corrección del factor de potencia, la potencia contratada y el pago de facturas con mora.

Lo arriba enumerado es un estudio de calidad, protecciones, mantenimiento preventivo y ahorro de energía en dichos pozos. Se cuantifica cuánto es el ahorro y el gasto para que dichos equipos trabajen de la mejor

OBJETIVOS

General

Efectuar un estudio y proponer mejoras de las instalaciones eléctricas de los pozos asignados, propiedad de la Municipalidad de Villa Nueva.

Específicos

1. Mejorar el factor de potencia.
2. Verificar tierras físicas instaladas.
3. Mejorar las protecciones eléctricas.
4. Dejar un programa de mantenimiento preventivo acorde a sus necesidades.
5. Desarrollar un estudio de ahorro de energía.
6. Establecer un diagrama eléctrico actualizado.
7. Verificar que los diferentes componentes eléctricos, tales como cables eléctricos, arrancadores, transformadores, entre otros, sean los adecuados.

INTRODUCCIÓN

Como es de nuestro conocimiento, el agua juega un papel primordial en la existencia de la vida misma, para los seres humanos este líquido es vital para las actividades diarias tales como: cocinar, aseo personal, limpieza en baños y como agua potable.

Por lo tanto, su uso debe ser de una forma racional. Durante el desarrollo del estudio de los 16 pozos se pudo establecer que en la gran mayoría de comunidades de Villa Nueva, el clamor principal es el suministro de agua, no importa si no hay drenajes, si no hay calles asfaltadas, si no hay energía eléctrica, la población de cualquier estrato social quiere agua y que la misma le sea suministrada diariamente, aunque sea por algunas horas.

Para satisfacer esta demanda de agua, la cual crece con el correr del tiempo, es necesario extraer la misma de las profundidades del suelo, para ello se necesita el uso de motores eléctricos acoplados a bombas de agua con sus demás accesorios para distribuir el vital líquido, estos motores tienen sus respectivos controles, arrancadores, protecciones, acometidas, entre otros.

Este estudio se enfoca a que todos los componentes eléctricos de cada pozo sean los adecuados para el buen funcionamiento del mismo, haciendo énfasis en cómo podemos minimizar fallas eléctricas, ahorro de energía, y a la vez garantizar la continuidad de suministro de agua.

1. GENERALIDADES

1.1. Descripción de la Municipalidad de Villa Nueva

A continuación se realiza la descripción de la Municipalidad de Villa Nueva, así como los servicios que presta a la población Villanovana.

1.2.1. Misión

Proporcionar los servicios que reúnan las exigencias que requieren los vecinos, logrando reivindicar la confianza de los habitantes hacia sus autoridades.

1.2.2. Visión

Establecer el punto de equilibrio exacto entre el ingreso y la inversión a hacerse en Villa Nueva para llevar a los vecinos el máximo bienestar y así elevar su nivel y calidad de vida.

1.2.3. Servicios que presta

La prestación de servicios se divide en dos partes

1.2.4. Competencias propias

Son las tareas o servicios que corresponden en forma exclusiva al municipio y podemos enumerar las siguientes:

- Abastecimiento de agua potable
- Alcantarillado
- Alumbrado público
- Recolección, tratamiento y disposición final de desechos sólidos
- Mercados
- Caminos rurales y vías públicas urbanas
- Transporte de pasajeros, carga y sus terminales
- Licencias de construcción de obras públicas o privadas
- Parques, jardines y lugares de recreación

1.2.5. Competencias delegadas

Son las tareas que el gobierno central traslada al municipio para que se haga cargo de su prestación o regulación. El gobierno municipal debe expresar su aceptación y el traslado debe ir acompañado, obligadamente, de los recursos necesarios para cumplir con la actividad encomendada.

El área en que se desarrollará el proyecto es en la Dirección de Agua y Saneamiento, cuyo propósito es el siguiente:

Es la responsable de brindar a los vecinos del municipio el servicio de agua potable, que garantice pureza, continuidad y un costo razonable. Para ello realiza permanentemente, con apoyo del Ministerio de Salud, las pruebas correspondientes, a fin de proteger la salud de la población.

1.2.6. Historia de Villa Nueva

Villa Nueva está situada a 17 kilómetros al sur-occidente de la capital. Su extensión territorial es de 114 kilómetros cuadrados. Se estima que su población oscila entre 800 mil y 1 millón de personas.

Villa Nueva surge como un poblado en el período hispánico, por decreto de la Asamblea Constituyente del Estado de Guatemala del 8 de noviembre del año de 1839, cuando se formó el distrito de Amatitlán, en cuyo artículo 1º se mencionó a Villa Nueva.

El distrito cambió su nombre y categoría a Departamento, según el acuerdo del Organismo Ejecutivo del 8 de mayo del año 1866. El departamento de Amatitlán fue suprimido por el decreto legislativo 2081 del 29 de abril del año 1935 y Villa Nueva se incorporó al Departamento de Guatemala.

Conforme a documentos del siglo XVIII, el 9 de octubre de 1762, en la primitiva Petapa y debido a fuertes lluvias, se convino el traslado, la población se movió hacia el noroeste, sobre las lomas de la cordillera, donde se fundó con el nombre “Nuestra Señora de la Concepción de las Mesas”. En el transcurso de los años, el poblado cambió su nombre a Villa Nueva.

El municipio de Villa Nueva fue fundado el 17 de abril de 1763 y en la actualidad, además de la agricultura, que es el original patrimonio de los habitantes. En los últimos años se han instalado varias industrias, comercios, residenciales e instituciones educativas.

La fiesta titular se celebra en la segunda semana de diciembre, en honor de la Virgen de Concepción, patrona del pueblo; el día principal es el 8 de diciembre.

Los límites municipales son los siguientes: Norte limita con el Municipio de Guatemala; al Oriente limita con el Municipio de San Miguel Petapa; al Sur limita con el Municipio de Amatitlán y al Poniente con el Municipio de Santa Lucia Milpas Altas.

Cuenta con una extensión territorial de 114 kilómetros cuadrados de área en total, de la que una parte de su extensión se encuentra dentro de la cuenca del Lago de Amatitlán.

2. FASE DE INVESTIGACIÓN

2.1. Definición del proyecto

El problema a resolver es cómo hacer más eficiente, desde el punto de vista eléctrico, el suministro de agua a las diversas comunidades de Villa Nueva, llámese esto tener un buen factor de potencia, un adecuado mantenimiento preventivo, una potencia y energía contratada adecuada, diagramas eléctricos actualizados, manuales de equipos, entre otros.

Para lo anterior, se creó un plan que consistió en recabar información de los equipos eléctricos instalados, tanto en manuales, facturas eléctricas, recopilación de datos en el campo y otros.

Como resultado de lo anterior y teniendo la base de datos del plan arriba enumerado, se revisaron e interpretaron los cambios o mejoras a realizar en los equipos eléctricos de los pozos.

2.1.1. Líneas generales

Para el planteamiento de un proyecto debe haber un problema a resolver o bien una área de oportunidad de mejora, para lo cual se crea un plan y luego se ejecuta el plan, seguidamente se interpretan los resultados, esta fue la línea a seguir en el presente estudio.

2.2. Información general de motores

Los motores utilizados para extracción de agua pueden ser clasificados como motores de inducción monofásicos y trifásicos.

2.2.1. Motores monofásicos

Un gran número de motores de capacidades relativamente pequeñas se fabrican para operar con alimentación monofásica. Los motores de corriente alterna monofásicos se pueden dividir en tres categorías generales:

- Motores de inducción
- Motores con conmutador
- Motores síncronos

Para este caso en particular, se hablará de los motores de inducción, los cuales se pueden clasificar de fase partida, de polos sombreados, de inducción-repulsión.

- Principios de motores monofásicos

Todos los motores monofásicos tienen un problema en común que es arrancar, ya que normalmente para producir el par de arranque se requiere de algún medio auxiliar que produzca la reacción con la onda de corriente alterna de la alimentación para producir el par. De aquí que, en los motores de corriente alterna monofásicos, se hable de un devanado de trabajo y otro devanado de arranque o algún medio auxiliar como el capacitor.

Los motores monofásicos de corriente alterna tienen una gran limitación ya que sólo poseen una fase en el devanado del estator y por lo tanto el campo magnético en estos motores monofásicos no gira, sino únicamente oscila, haciéndose primero más grande y luego más pequeño, pero manteniéndose siempre en la misma dirección.

Esta limitante hace que el motor monofásico de inducción no tenga par de arranque propio, y si se hace girar el rotor en cualquier dirección, mientras el devanado monofásico este excitado, el motor desarrollará un par en esa dirección.

Existen dos teorías para explicar el funcionamiento del motor de inducción monofásico: la teoría del doble campo rotatorio y la teoría del campo cruzado.

De acuerdo con la teoría del doble campo rotatorio, un campo magnético que varía en el tiempo pero que se encuentra estacionario en el espacio, se puede descomponer en dos campos magnéticos rotatorios de igual magnitud, pero con direcciones de giro opuestas.

Si se considera, la condición del rotor en reposo, se sabe que el campo magnético que produce el motor pulsa hacia arriba y abajo con el tiempo, y en cualquier momento su magnitud está dada por:

$$B = B_m \cos \Theta,$$

Donde

B_m = es la densidad de flujo máximo en el motor

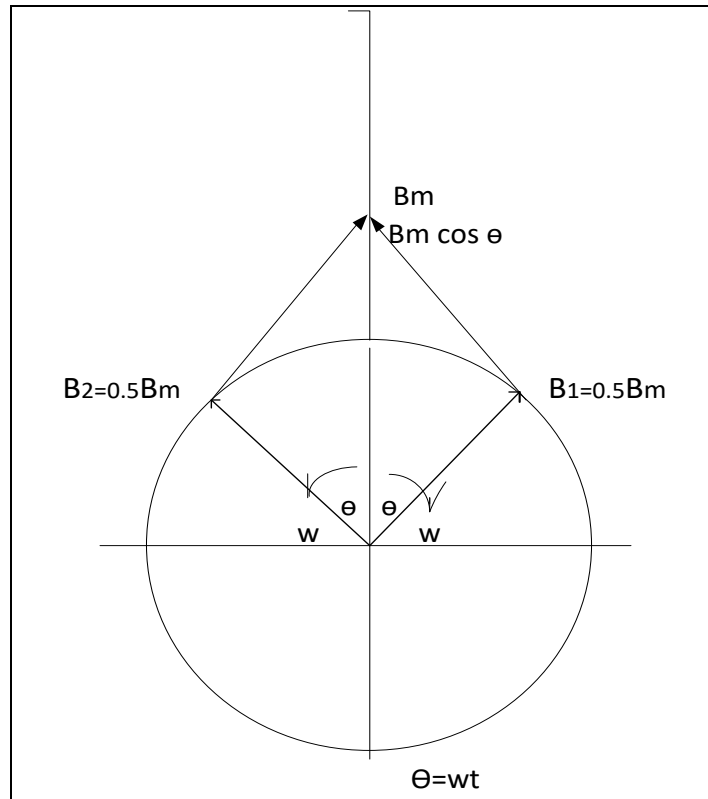
Esencialmente, el flujo puede descomponerse en dos componentes llamados B_1 y B_2 , de tal forma que la magnitud de B_1 es igual a la magnitud de B_2 . Luego $B_1 = B_2 = 0,5B$.

Suponiendo que B_1 gira en el sentido de las agujas del reloj, el sentido de giro de B_2 será opuesto tal como se observa en la figura 1.

Por lo tanto se tienen dos campos rotatorios de igual magnitud y constantes que girarán de manera sincrónica pero en sentidos opuestos. Se induce así una fem en el circuito del rotor debido a cada campo rotatorio. La polaridad de esta fem inducida en el rotor se encontrará en oposición a la del otro. Por lo tanto, las corrientes del rotor inducidas por estos campos rotatorios circularán en direcciones opuestas, es decir el par de arranque desarrollado en cada campo rotatorio es de igual magnitud.

Como las direcciones de par son opuestas el par neto resultante, es igual a cero.

Figura 1. **Par resultante de un motor monofásico**



Fuente: elaboración propia, empleando programa Autocad 2014.

- **Construcción**

No existe conexión física entre el rotor y el estator, y hay un entrehierro uniforme entre ellos. Debido a que los motores monofásicos de inducción no generan por si solos par de arranque, se tienen dos devanados: el de marcha o principal; y el auxiliar o de arranque, cuya finalidad es producir el giro del rotor.

Tanto el devanado principal como el auxiliar, están distribuidos en ranuras espaciadas uniformemente alrededor del estator; sin embargo, el último se

encuentra alojado en ranuras con orientación desplazada 90° en el espacio eléctrico con respecto a las del devanado principal.

- Tipos de motores monofásicos
Los motores de corriente alterna con rotor tipo jaula de rodilla se clasifican de la siguiente manera, ordenados de mejor a peor, en función de sus características de arranque:
 - Motor de capacitor de arranque y capacitor de marcha
 - Motor de fase dividida permanente
 - Motor por capacitor de arranque
 - Motor de fase partida
 - Motor de polos sombreados
-
- Motor con capacitores de arranque y marcha: es el que mejores características presenta entre los motores de tipo fraccionario. El capacitor de arranque le permite desarrollar mejor par de arranque en el motor, mientras que el capacitor de marcha permite mejorar su funcionamiento.

El capacitor de arranque es de tipo electrolítico, mientras que el capacitor de marcha es del tipo en aceite para corriente alterna y operación continua. En un motor sumergible, las capacidades van generalmente desde $\frac{1}{2}$ HP hasta 15 HP en 230 V, y aparte de los condensadores vienen con un relevador de potencial (voltaje). Los mismos normalmente tienen contactos cerrados.

Su forma de operación es la siguiente: se aplica energía a los devanados de marcha y arranque, el motor se enciende. En este momento, el voltaje que

pasa por el devanado de arranque es relativamente bajo y no es suficiente para abrir los contactos del relevador.

A medida que el motor acelera, el incremento de voltaje que pasa por el devanado de arranque (y la bobina del relevador) abre los contactos del relevador. Esto abre el circuito de arranque y el motor continúa funcionando sólo en el devanado principal y/o en el devanado principal más el circuito condensador. Después de que arranca el motor, los contactos del relevador permanecen abiertos.

2.2.2. Motores de inducción trifásicos

Los motores de inducción de corriente alterna están formados por un rotor, que puede ser de dos tipos: a) de jaula de ardilla; b) de rotor devanado y un estator, en el que se encuentran las bobinas inductoras. Estas bobinas son trifásicas y están desfasadas entre sí 120° . Cuando por estas bobinas circula un sistema de corrientes trifásicas equilibradas, cuyo desfase en el tiempo es también de 120° , se induce un campo magnético giratorio que envuelve al rotor. Este campo magnético variable va a inducir una tensión en el rotor según la Ley de Faraday; en el motor de inducción el devanado del rotor no está conectado al circuito de excitación del motor sino que está eléctricamente aislado, $E = -N \frac{d\Phi}{dt}$, pero las corrientes se inducen en el circuito del rotor y se produce la reacción entre los campos de la armadura y el rotor, al conducir corriente los conductores del rotor dentro del campo magnético, produciéndose una fuerza en los conductores que tiende a moverlos en ángulo recto con respecto al campo.

Cuando el estator o devanado primario de un motor trifásico de inducción se conecta a una alimentación de corriente alterna trifásica, se establece un

campo magnético rotatorio que gira a la velocidad de sincronismo. La dirección de las revoluciones de este campo dependerá de la secuencia de fases de las corrientes del primario y, por lo tanto, del orden o secuencia en cómo se conecten las terminales del primario a la alimentación.

La dirección de rotación del campo se puede invertir intercambiando dos de los tres conductores en la alimentación. El campo magnético rotatorio producido por la corriente del primario atraviesa los conductores del rotor e induce una f.e.m. en los mismos. Debido a que el devanado del rotor está, o en corto directamente (jaula de ardilla) o bien cerrado a través de alguna resistencia externa (rotor devanado), la fuerza electromotriz (f.e.m.) inducida en el secundario por el campo rotatorio, ocasiona que circule una corriente en los conductores del rotor; en este se produce un par que lo hace girar, esto ocurre porque la dirección de la f.e.m. podría estar en tal trayectoria que se trataría de oponer a la causa que la origina.

Debido a que la causa que produce las corrientes inducidas es la velocidad relativa entre el campo magnético rotatorio y los conductores estacionarios del rotor, estos circulan de tal forma que se crea un par en el rotor que tiende a seguir el campo magnético rotatorio a reducir la velocidad relativa.

Un motor de inducción no puede operar a su velocidad síncrona. Si fuera posible por algún medio llevar al rotor a la velocidad de sincronismo, entonces el rotor no tendría movimiento relativo con respecto al campo giratorio y, por lo tanto, no se induciría una f.e.m. en el rotor que produciría un flujo de corriente y, en consecuencia, no se desarrollaría un par.

Un motor de inducción operando en vacío puede tener una velocidad muy cercana a la velocidad de sincronismo y, por lo tanto, la f.e.m. en el rotor

es muy pequeña. Esta f.e.m. da una pequeña corriente que produce un par suficiente para superar las pérdidas como las debidas a la fricción y ventilación y, mantener el rotor en movimiento, en la medida que se aplica una carga mecánica sobre el eje del motor, tiende a girar más lentamente. Debido a que el par desarrollado en vacío no es suficiente para mantener el rotor girando a su velocidad de vacío, debido al par adicional de oposición de la carga.

Como se describe arriba, la velocidad de un motor trifásico de inducción debe ser siempre menor que la velocidad síncrona, pues en la medida que la carga se incrementa, la velocidad del motor se reduce, la diferencia entre la velocidad del campo del estator (velocidad síncrona) y la velocidad real del rotor se conoce como “deslizamiento”.

Donde

$$S = (N_s - N) / N_s \times 100$$

S = deslizamiento

N_s = velocidad de sincronía

N = velocidad del rotor

$N_s = 120f/P$velocidad de sincronía

F = frecuencia de la alimentación

P = número de polos del estator

- Consideraciones especiales en motores sumergibles: El número de arranques en un período de meses o años influye en la vida de un motor sumergible; los motores deben funcionar al menos un minuto para disipar el calor acumulado por la corriente de arranque. Los motores de 6” y mayores deben dejar pasar por lo menos 15 minutos entre arranques o intentos de arranque.

Para limitar los arranques se utiliza, entre otros, un protector denominado “monitor de voltaje” el cual, dentro de sus múltiples protecciones, incluye un retardo de tiempo a la hora de censar un disturbio en el suministro eléctrico, tales como: pérdida de fase, desbalance de voltaje, rotación inversa, alto voltaje; bajo voltaje, ya que estos representan arranques no programados.

Para el caso particular de los motores de la Municipalidad de Villa Nueva, también hay varios monitores que censan voltajes y corrientes que, al detectar una anomalía, paran el equipo y el mismo se puede arrancar hasta que los parámetros programados estén dentro de su rango normal de operación, en la tabla I se muestra el número de arranques recomendado según potencia del motor.

Tabla I. **Número de arranques de motores**

Capacidad del motor		Arranques máximos en 24 horas	
HP	KW	Monofásico	Trifásico
Hasta 0,75	Hasta 0,55	300	300
1 a 5,5	0,75 a 4	100	300
7,5 a 30	5,5 a 22	50	100
40 y más	30 y más	-----	100

Fuente: Franklin Electric, *Manual AIM*, p. 40.

- **Posición de montaje**
Los motores sumergibles están diseñados principalmente para operar con el eje en posición vertical. Durante la aceleración del motor, el empuje de la bomba aumenta mientras aumenta la carga de salida. En casos donde la carga de la bomba permanece por debajo de su rango de operación

normal durante el arranque y durante la condición de velocidad a plena marcha, la bomba puede realizar un empuje hacia arriba. Esto, a su vez, crea un empuje hacia arriba en el cojinete axial del motor. Esta es una operación aceptable para periodos cortos en cada arranque, pero el funcionamiento continuo con empuje ascendente puede provocar un desgaste excesivo en el cojinete de empuje axial, lo anterior puede provocar un daño en el motor. El tiempo de arranque no debe exceder de 3 segundos. Se ha detectado en la Municipalidad de Villa Nueva que los motores utilizados para rebombeo están en posición horizontal, para lo cual ya se ha comenzado a tomar las provisiones del caso.

- Válvula de retención

Las válvulas de retención se usan para mantener la presión en el sistema, cuando se detiene la bomba. Previene el giro inverso. Sin una válvula de retención el agua de la tubería y del sistema pueden bajar por la tubería de descarga cuando se detiene el motor. Esto puede provocar que la bomba gire en dirección inversa. Si el motor se enciende mientras esto sucede puede dañar el motor o causar un desgaste excesivo en el cojinete axial. El golpe de ariete y el empuje ascendente, cualquiera de estas puede provocar también una falla prematura en la bomba o el motor.

- Camisa de enfriamiento para el motor

Los motores sumergibles están diseñados para operar con un flujo mínimo de agua refrigerante alrededor. Si no existe ese flujo mínimo se necesitará una camisa de enfriamiento bajo las siguientes condiciones:

- El diámetro del pozo es muy grande para cumplir con los requerimientos de flujo.
- La bomba está en un manto abierto de agua.

- La bomba está en un pozo de piedras o debajo del ademe del pozo.
- El pozo tiene una alimentación superior (cascada).
- La bomba está instalada en o debajo de las ranuras o perforaciones.

Se ha detectado que las bombas sumergibles de rebombeo de la Municipalidad de Villa Nueva no tienen camisa de enfriamiento, por lo cual se ha comenzado a tomar las previsiones del caso.

- Conexión a tierra de supresor de picos
Un supresor de picos exterior debe ser conectado a tierra, metal con metal, en todo el recorrido hasta la capa de agua para que sea efectivo. Aterrizar el supresor de picos a una conexión de tierra del suministro o a una varilla activa aterrizada, proporciona poca o nula protección al motor.

La seguridad en la instalación es el objetivo principal de conectar a tierra la tubería de descarga metálica y /o el ademe metálico del pozo. Usar cables con calibre mínimo del de los cables del motor, proporciona una adecuada capacidad de conducción de corriente para cualquier falla que pueda ocurrir.

- Protección de sobrecargas en motores sumergibles
Las características de los motores sumergibles son diferentes a los motores estándar de superficie y se requiere de una protección especial de sobrecarga.

Si el motor se atranca, la protección de sobrecarga se debe disparar en 10 segundos para evitar que el motor se queme. Los ajustes de los relés de sobrecarga “térmicos” deben estar al 100 % no más de eso. Lo anterior quiere

decir que los ajustes deben ser igual o un poco menor a la corriente que indica la placa del motor con su factor de servicio (F.S), 1,15, 1,2, o 1,25.

- Utilización de arrancadores suaves

Se utilizan arrancadores suaves para reducir la torsión de arranque del motor ya que disminuye la tensión en los ejes, coples, así como en la tubería de descarga, también reducen la aceleración inmediata del agua, en el inicio, para controlar el empuje axial y el golpe de ariete.

También ayuda a tener una potencia contratada más baja y evitar caídas de voltaje en equipos aledaños, cuando se utilizan arrancadores suaves se recomienda suministrar al motor el 55 % del voltaje nominal para asegurar un arranque adecuado. El arranque en rampa debe ajustarse a 3 segundos máximo para que alcance su voltaje pleno, esto para prevenir desgaste radial y del cojinete.

- Utilización de variadores de frecuencia

Para la utilización del variador de frecuencia se deben seguir los mismos lineamientos del arrancador suave, pues cumple las mismas funciones, con el agregado de poder variar la frecuencia y otros ajustes más finos en protección, en control etc. Además se debe tener en cuenta lo siguiente al programar un VDF:

- Capacidad de carga: la carga de la bomba no debe exceder el amperaje del factor de servicio especificado en la placa del motor a voltaje y frecuencia nominales.
- Rango de frecuencia: continuo entre 30 y 60 Hz. El que opere arriba de la frecuencia nominal requiere de consideraciones especiales.
- Volts/HZ: se deben utilizar los volts y frecuencia de la placa del motor para los ajustes de base.

- Límite de la corriente del motor: la carga no debe ser mayor que el amperaje del factor de servicio especificado en la placa del motor.
- Protección de sobrecarga del motor: debe ajustarse para disparar en un periodo de 10 segundos a 5 veces el amperaje máximo de la placa del motor o, en última instancia al 115 % del amperaje máximo de la placa del motor.
- Arranque y paro: al momento del arranque, el motor debe alcanzar un mínimo de 30 Hz en 1 segundo. El mejor método de parar consiste en apagar el motor y dejar que se detenga de manera natural.
- Arranques sucesivos: dejar pasar 60 segundos antes de volver a arrancar. Lo más recomendable es dejar pasar 15 minutos entre cada arranque.
- lecturas de la resistencia de aislamiento: las en motores sumergibles difieren de los motores estándar superficiales, como se muestra en la tabla II.

Tabla II. **Aislamientos de Motores**

Motor nuevo (motor y líneas).....	200 MΩ o más
Motor usado que puede ser reinstalado en el pozo (motor y líneas)...	10 MΩ o más
Motor nuevo (motor en pozo más cable).....	2 MΩ o más
Motor en buenas condiciones (motor en pozo más cable).....	0,5-2 MΩ
Daño en el aislamiento, localizar y reparar.....	menos de 0,5 MΩ

Fuente: Franklin Electric, *Manual AIM*, p. 46.

2.3. Medición de parámetros

2.3.1. Definición de corriente eléctrica

El fenómeno de la transferencia de carga de un punto de un circuito a otro se le llama corriente eléctrica, se puede definir como la rapidez con la que la carga eléctrica, en unidad de tiempo, fluye en un conductor.

En general, la corriente eléctrica produce los siguientes efectos:

- Térmico: todo conductor recorrido por una corriente eléctrica se calienta.
- Magnético: un conductor recorrido por una corriente eléctrica produce, a su alrededor, un campo magnético.
- Químico: en una solución que contenga iones (átomos cargados eléctricamente), cuando es recorrida por una corriente eléctrica, los iones cargados positivamente se dirigen hacia el polo negativo y viceversa.

$$i \text{ (amperes)} = dq \text{ (coulomb)} / dt \text{ (segundos)}$$

Se utiliza un equipo denominado amperímetro para realizar la medición de corriente eléctrica.

- Desbalance de corrientes

El desbalance de corriente puede causar reducción del par de arranque del motor, desconexión por sobrecarga, vibración excesiva y un bajo rendimiento que causa que el motor falle antes de tiempo. En condiciones normales entre las líneas no deben exceder el 5 % de desequilibrio.

Para calcular el desbalance de corriente se sigue el procedimiento:

- Sumar los valores de las 3 corrientes.
- Dividir las corrientes entre tres, para obtener el valor promedio.
- Tomar el valor de corriente que este más alejado del amperaje promedio.
- Sacar la siguiente diferencia: valor de amperaje más alejado - valor promedio.
- Dividir la diferencia (paso 4)/valor promedio de amperaje y luego multiplicar por 100 y así determinamos el porcentaje de desequilibrio de corrientes.

2.3.2. Definición de voltaje

La cantidad de energía por unidad de carga o bien trabajo por unidad de carga recibe el nombre de voltaje, y es la diferencia entre el potencial eléctrico que existe entre dos puntos determinados, o bien es el trabajo que ejerce un campo eléctrico sobre una partícula cargada para moverla entre dos puntos.

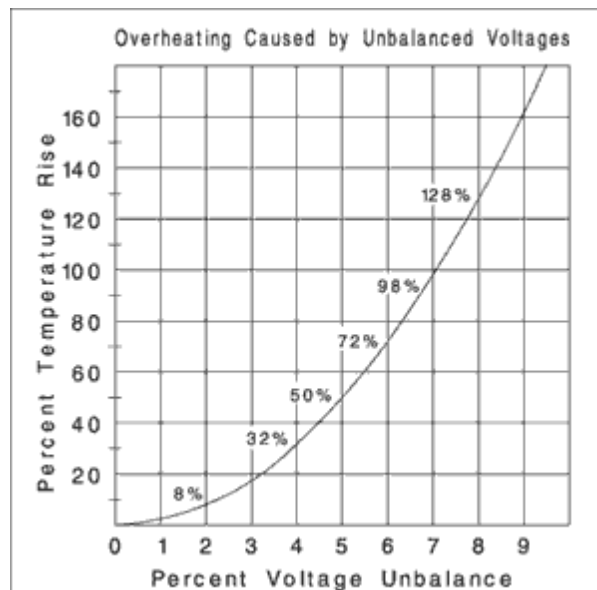
$$v \text{ (volt)} = w \text{ (joules)}/q \text{ (coulombs)}$$

Esta tensión o voltaje no depende de la dirección o espacio que recorra la carga eléctrica, se utiliza un equipo denominado Voltímetro para hacer la medición de voltaje.

- Desbalance de voltaje
El enemigo número 1 de cualquier máquina es el sobrecalentamiento y cualquier problema eléctrico o mecánico trae consigo un sobrecalentamiento que en el tiempo resulta ser muy dañino para un motor eléctrico y constituye una causa de falla altamente destructiva en los

equipos. En el caso del desbalance de voltaje, el incremento de temperatura es un factor a tener muy en cuenta. La figura siguiente muestra el porcentaje de incremento de temperatura como efecto de un cambio porcentual en el desbalance de voltaje. De la figura 2 se puede ver que un desbalance de voltaje de tan sólo 5 % genera hasta un 50 % de incremento en temperatura.

Figura 2. **Desbalance de voltaje en motores sumergibles**



Fuente: Franklin Electric. *Noticias del mercado*. p. 8.

Para calcular el desbalance de voltaje se sigue el procedimiento:

- Sumar los valores de los 3 voltajes (fase a fase).
- Dividir el voltaje entre tres, para obtener el valor promedio.
- Tomar el valor de voltaje que este más alejado del voltaje promedio.

- Sacar la siguiente diferencia: valor de voltaje más alejado - valor promedio.
- Dividir la diferencia (paso anterior) / valor promedio de voltaje y luego multiplicar por 100 y así determinamos el porcentaje de desequilibrio de voltaje.

Desbalances de hasta el 2 % se consideran normales y son producidos generalmente por cargas monofásicas, este valor de desbalance de tensión se encuentra dentro de los valores aceptados por IEEE_1159 o bien por IEC 61000-2.

Según la Comisión Nacional de Energía Eléctrica de Guatemala (CNEE) en la resolución CNEE-No-O9-99 el desbalance de tensión en baja y media tensión es de 3 %.

- Caída de tensión

El voltaje en los terminales de la carga es menor que el voltaje de alimentación. La diferencia de voltaje entre estos dos puntos se denomina “caída de tensión”; las normas técnicas recomiendan una caída de voltaje no mayor del 5 %, de los cuales el 3 % se permite del tablero o flipón principal a la carga y el 2 % de la alimentación al tablero principal.

Una caída excesiva de voltaje mayor al 5 % tiene resultados nocivos, ya que el voltaje en la carga se reduce. En los motores la reducción de voltaje se traduce en un incremento de corriente, lo que produce sobrecalentamiento y, algunas veces, dificultades en el arranque.

Para asegurar que la caída de tensión no exceda los valores arriba enumerados y evitar problemas en los equipos se aplicará la siguiente fórmula

para un equipo trifásico conectado a banco de transformadores con conexión delta en el secundario; se hace la observación que todos los motores de los pozos de la Municipalidad de Villa Nueva, están con conexión delta:

$$E \% = \frac{2x \sqrt{x} L x I}{S x Vf}$$

Donde:

L XE % = caída de voltaje en por ciento

Vf = caída de voltaje entre fases

L = longitud del cable en metros

I = corriente en amperios por conductor

S = sección del conductor en mm²

A continuación se presenta la tabla III de cable sumergible, que servirá para calcular la caída de tensión en los motores:

Tabla III. **Cable sumergible propiedades**

cable 3 fases, plano para bomba sumergible 600V/75°C				
	Área mm2	Núm. hilos	Amperes	
Núm. 6	13,3	266	65	
Núm. 4	21,15	420	85	
Núm. 2	33,62	665	115	
Núm. 1/0	53,48	1 064	150	
Núm. 2/0	67,43	1 323	175	

Fuente: VIAKON, Conductores Monterrey. *Cable Trifásico plano para bomba sumergible*. p. 2.

Según NEC 1996, artículo 430-22, para cálculo de caída de tensión.

430-22. Un solo motor. General: los conductores de los circuitos derivados que alimenten un solo motor deben tener una intensidad nominal admisible no inferior al 125 por 100 de la intensidad del motor a plena carga. (Fuente: NEC-1996, artículo 430-22).

2.3.3. Definición de potencia

La potencia compleja o aparente está dada por el producto de VI y se representa por la letra S . En forma trigonométrica la potencia compleja tiene la forma.

$$S=VI\cos\theta + j VI\sin\theta.$$

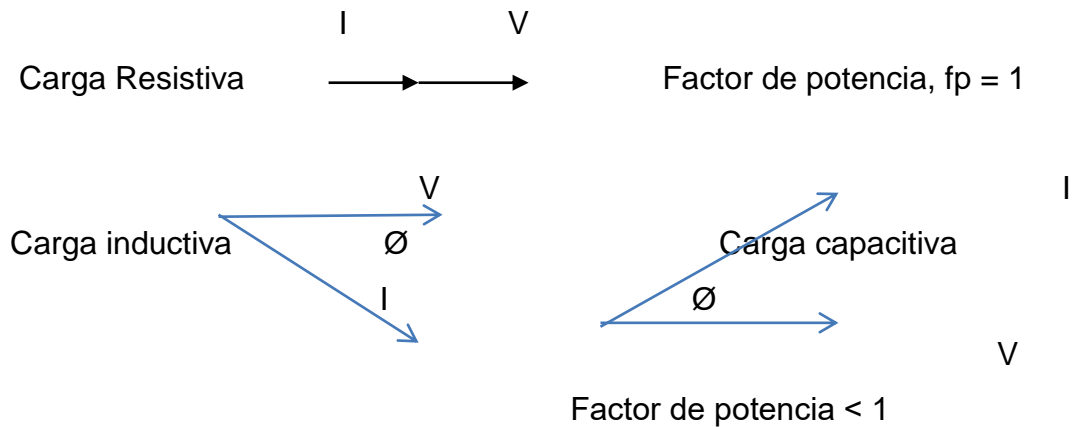
El producto $VI\cos\theta$ se denomina potencia real o activa P

El producto $VI\sin\theta$ se denomina potencia reactiva Q

$S = P + jQ$ potencia aparente

Si la corriente se atrasa respecto al voltaje se tiene circuito inductivo, y si la corriente se adelanta respecto al voltaje se tiene circuito capacitivo. También si la corriente está en fase con el voltaje, se tiene un circuito resistivo. Véase figura 3.

Figura 3. **Carga resistiva, inductiva y capacitiva**



Fuente: elaboración propia.

- **Potencia real o activa**
 $P = VI \cos \varnothing$, corresponde a la energía útil o potencia activa consumida por una resistencia. Diferentes equipo eléctricos convierten energía eléctrica en otro tipo de energías tales como mecánica, química, lumínica, entre otros, la dimensional de la potencia activa son los *Watt*.
- **Potencia reactiva**
 $P = VI \sin \varnothing$, los motores, transformadores y la gran mayoría de equipos eléctricos hacen uso de un campo electromagnético y requieren potencia activa para realizar un trabajo útil, mientras que la potencia reactiva es utilizada para la generación de un campo magnético que no produce ningún trabajo efectivo. La potencia reactiva está desfasada 90° de la potencia activa y está expresada en volt.amperes reactivos VAR.
- **Potencia aparente**

$S = P + jQ$, no es más que la tensión aplicada a una carga y el consumo de corriente que esta demanda. Es la resultante de la suma vectorial de la potencia activa y reactiva. En un circuito puramente resistivo $P=VI$ y se expresa en volt-amperes VA.

2.3.4. Tierras físicas

La toma de tierra es un elemento fundamental de cualquier instalación eléctrica, protegiendo, tanto a los equipos como a las personas de diferencias de potencial peligrosas.

Los objetivos de un sistema de puesta a tierra en baja tensión son los siguientes:

- Proveer seguridad a las personas limitando la tensión de contacto, que es la más importante.
- Proteger las instalaciones dando un camino de baja impedancia.
- Mejorar la calidad de la señal, minimizando el ruido electromagnético.
- Establecer un potencial de referencia, equipotencializando el sistema.

Para obtener una toma de tierra eficaz es fundamental conseguir una baja resistencia de tierra, usando conductores con una sección adecuada para transportar la corriente. Además deben poseer una alta resistencia a la corrosión.

Otros factores determinantes a la hora de diseñar una toma de tierra son los siguientes:

- Para medir la resistencia de la toma de tierra de forma habitual es necesario colocar un registro de inspección.
- La humedad del terreno reducirá la resistencia de tierra.
- Los compuestos mejoradores de tierra reducen la resistividad del terreno.
- Se debe conocer las instalaciones eléctricas o de gas enterradas para separarse la distancia de seguridad especificada en cada caso.
- Se debe conocer las tuberías o depósitos de agua enterrados, para unir la toma de tierra equipotencialmente a ellos.
- Para obtener una resistencia de puesta a tierra adecuada en terrenos con resistividad elevada, deben utilizarse electrodos especiales para terrenos de baja conductividad, electrodos profundos o anillos conductores perimetrales.

Consideraciones específicas para protección contra el rayo. En particular, en un sistema de protección contra el rayo, bien sea mediante pararrayos con dispositivo de cebado, bien sea mediante mallas y puntas, la toma de tierra es un elemento imprescindible, ya que en ella tiene lugar la dispersión de la corriente del rayo. Cada conductor de bajada debe tener una toma de tierra, constituida por elementos conductores en contacto con el terreno capaces de dispersar en este la corriente del rayo.

Para la dispersión del rayo, las configuraciones tipo radial en triángulo o en pata de ganso son adecuadas.

En general, se recomienda unir la toma de tierra de los pararrayos a otra toma de tierra existente de la instalación.

- Protección contra sobretensiones

La protección interna contra el rayo proporciona protección a equipos eléctricos y electrónicos frente a las sobretensiones originadas por los impulsos electromagnéticos del rayo. Actualmente, la protección contra sobretensiones es necesaria debido a que los componentes electrónicos son cada vez más pequeños y sensibles a las perturbaciones electromagnéticas.

Las sobretensiones son un aumento de voltaje en la red eléctrica medido entre dos conductores, que puede producir daños en la instalación y en los equipos eléctricos. Pueden ser de dos tipos: transitorias y permanentes. Las sobretensiones permanentes, temporales o mantenidas, son aquellas cuya duración es relativamente larga (varios ciclos). Las causas habituales son:

- Conexión defectuosa
- Bajada de consumo

Las sobretensiones transitorias son un aumento de voltaje, de muy corta duración, medido entre dos conductores, o entre conductor y tierra. Puede deberse a:

- Descargas electro atmosféricas (rayos).
- Procesos de conmutación o de averías (contacto a tierra o cortocircuito, apertura o cierre en subestaciones eléctricas).

2.3.5. Aislamiento en motores

El aislamiento eléctrico está caracterizado por la capacidad dieléctrica de los materiales aislantes para no permitir corrientes de fuga provocadas por la tensión a la que está sometido el equipo.

Una de las causas más comunes de falla en equipos eléctricos es por la deficiencia del sistema de aislamiento.

El sistema de aislamiento es afectado por envejecimiento, humedad, polvo, condiciones ambientales, parámetros operacionales y prácticas de mantenimiento.

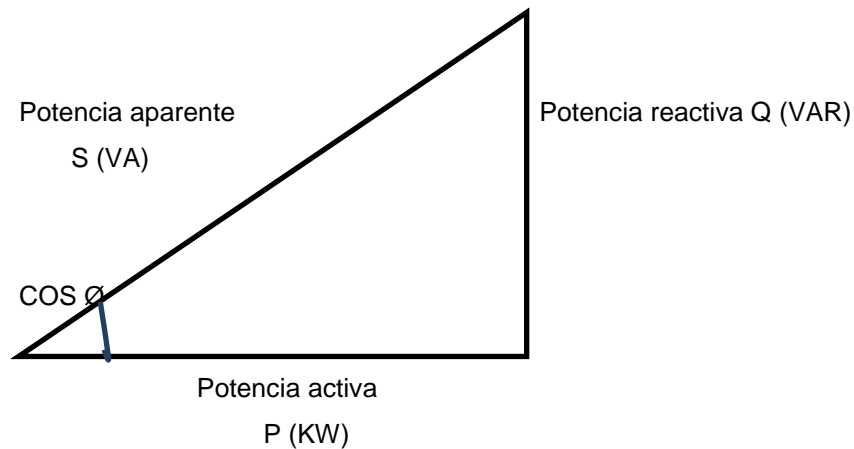
Esta prueba requiere que el motor sea sacado de servicio durante un tiempo corto para verificar el estado de las bobinas.

Los cambios en el valor de la resistencia de aislamiento, son indicador de que está ocurriendo una degradación de aislamiento eléctrico e identifica los problemas del aislamiento a tierra.

2.3.6. Factor de potencia

El factor de potencia es el coseno del ángulo de desfase entre la potencia activa y la aparente. O bien, es la relación entre la potencia activa P y la potencia aparente S , $f.p = \cos\phi = P/S$, si las tensiones y corrientes son sinusoidales. Si estas señales son sinusoidales el factor de potencia al que se le denomina $f.p$ será igual al $\cos\phi$. véase figura 4.

Figura 4. **Representación de potencia activa, reactiva y aparente**



$$f.p = P (W)/S (VA) = \text{Potencia activa/potencia aparente} = V I \cos \varnothing / V I = \cos \varnothing$$

Fuente: elaboración propia.

Los motores eléctricos más utilizados son de inducción, los cuales son cargas inductivas para la corriente, está atrasada con respecto del voltaje, esto hace que los sistemas eléctricos presenten más pérdidas 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 las compañías de electricidad penalizan económicamente a los usuarios que tienen un FP por debajo de determinado valor. Empresa Eléctrica de Guatemala lo penaliza cuando el FP es menor a 0,9.

El factor de potencia tiene su importancia económica debido al coste de la potencia reactiva, un bajo factor de potencia afecta el sistema de tres formas:

- Los generadores, transformadores y equipos de transmisión se dimensionan en función de los KVA y no en función de los KW, ya que el calentamiento y las pérdidas dependen de la tensión e intensidad independientemente de la potencia. La inversión en generadores, transformadores, entre otros, son inversamente proporcionales al factor de potencia.
- Un factor de potencia bajo representa una mayor intensidad y pérdidas en el cobre de las máquinas y equipos.
- Dificulta la regulación de la tensión.

Corrección del factor de potencia

Los motores de inducción y otros aparatos eléctricos en corriente alterna operan bajo el principio de inducción electromagnética, requiere una corriente de magnetización en sus circuitos, pues se encuentra atrasada 90° respecto a la corriente activa que demanda el motor y que se puede considerar en fase con el voltaje

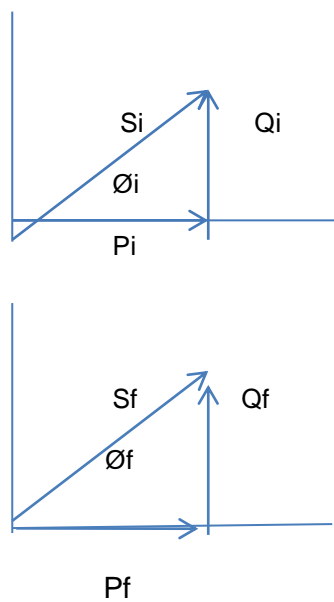
El efecto contrario a las cargas inductivas lo poseen las cargas capacitivas, es por ello que se hace necesaria la instalación de capacitores para poder mejorar el factor de potencia.

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 a este, pero la potencia activa sí aumenta, es por ello que el factor de potencia se eleva, si se carga más mecánicamente el motor.

Figura 5. **Representación de potencias y ángulo para cálculo de factor de potencia**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCad 2014.

Para calcular el banco de capacitores a instalar, para mejorar el factor de potencia, se considera la figura 5 arriba descrita.

Donde:

S_i = potencia aparente inicial en KVA

P_i = potencia activa inicial en KW

Q_i = potencia reactiva inicial en KVAR

\varnothing_i = ángulo inicial

Sf = potencia aparente final en KVA

Pf = potencia activa final en KW

Qf = potencia reactiva final KVAR

ϕ_f = ángulo final

Para el análisis de los motores de la Municipalidad de Villa Nueva y tomando como base la factura de la empresa eléctrica EEGSA, que integra alrededor de 30 días de monitoreo continuo de los siguientes parámetros eléctricos de KW, KVAR, f.p, entre otros, se procede de la siguiente manera para calcular un banco de capacitores de compensación individual, para obtener un f.p = 0,95, 460V, considerando constante los KW y basándose en el triángulo de potencias de las figura 5, se tiene:

Donde:

f.p deseado = $\cos \phi_f$, f p = 0,95

Pi = Pf = constante (KW)

$\cos \phi_f = Pf (KW) / Sf (KVA)$

$Sf (KVA) = Pf (KW) / \cos \phi_f$

$Qf (KVAR) = \sqrt{Sf^2 - Pf^2}$

BCAPcorr = Qf – Qi

BCAPcorr = banco de capacitores necesarios para corregir el factor de potencia a 0,95.

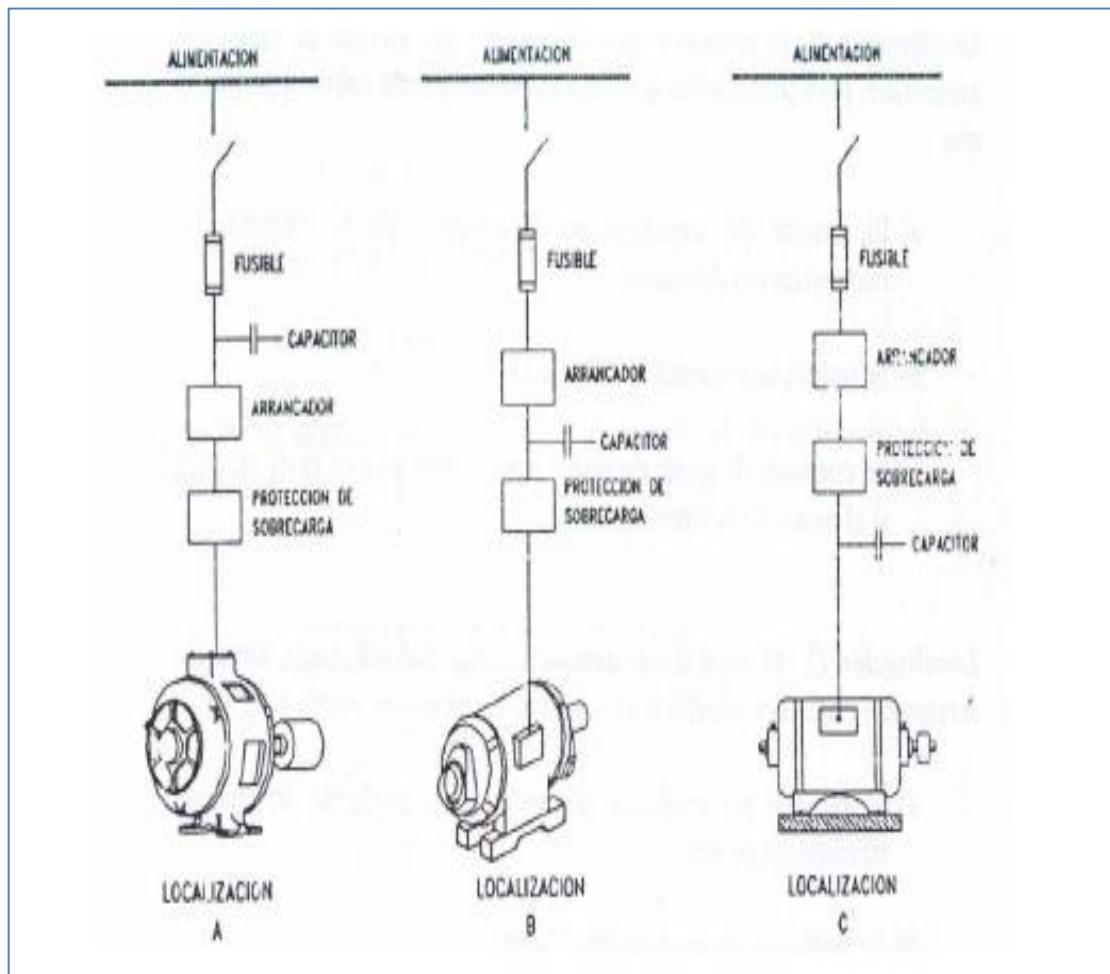
Se hace mención que los equipos eléctricos de los pozos, cuyos factor de potencia sea mayor a 0,9, no se hará ningún análisis de corrección.

- Instalación de capacitores: hay tres formas de instalar un banco de capacitores de compensación individual conexión de capacitores a las terminales del motor:
 - Localización A: el capacitor se instala en el lado de la fuente de alimentación del arrancador y la protección de sobrecarga, por lo que:
 - El tamaño del capacitor no es dependiente de la corriente de magnetización en vacío.
 - La corriente del arrancador permanece sin cambio.
 - El ajuste de disparo por sobrecarga del motor permanece sin cambio.
 - 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:
 - El tamaño del capacitor es dependiente de la corriente de magnetización del motor.
 - Se reduce la corriente del arrancador.
 - La corriente de ajuste de disparo por sobrecarga es la misma que si el motor no tuviera capacitor.
 - 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:

DSCA con capacitores = DSCA sin capacitores * (FP sin capacitores)/ (FP con capacitores)

DSCA = dispositivo de sobre corriente ajustable.

Figura 6. **Instalación de capacitores en motores para mejora de factor de potencia**



Fuete: ENRÍQUEZ HARPER. *Manual de instalaciones eléctricas*.p.29.

2.3.7. Armónicos

En general, los equipos eléctricos están diseñados para trabajar a 50 ó 60 Hz con una tensión y corriente sinusoidal. Por diferentes causas se puede presentar un flujo eléctrico a otras frecuencias; la forma de onda está compuesta por un número de ondas sinusoidales de diferentes frecuencias incluyendo una referida a la frecuencia fundamental. Se caracterizan por:

- Su amplitud la cual hace referencia al valor de la tensión o intensidad del armónico.
- Su orden y hace referencia al valor de su frecuencia referido a la fundamental (60HZ), así un armónico de orden 3 tiene una frecuencia 3 veces superior a la fundamental ($3 \cdot 60 = 180\text{HZ}$).

Los armónicos por arriba del orden 23 son despreciables.

La distorsión armónica total TDH cuantifica el efecto térmico de todos los armónicos. En general, los armónicos son producidos por cargas no lineales, lo cual significa que su impedancia no es constante (está en función de la tensión). Estas cargas no lineales, a pesar de ser alimentadas con una tensión sinusoidal, absorben una intensidad no sinusoidal, pudiendo estar la corriente desfasada un ángulo θ respecto a la tensión. Para simplificar, se considera que las cargas no lineales se comportan como fuentes de intensidad que inyectan armónicos en la red.

Las cargas armónicas no lineales más comunes son las que se encuentran en los receptores alimentados por electrónica de potencia, tales como: variadores de velocidad, rectificadores, convertidores, etc. Otro tipo de cargas tales como: reactancias saturables, equipos de soldadura, hornos de

arco, etc., también inyectan armónicos. El resto de las cargas tienen un comportamiento lineal y no generan armónicos inductancias, resistencias y condensadores.

Los armónicos de corriente y voltajes sobrepuestos a la onda fundamental, tienen efectos combinados sobre los equipos y dispositivos conectados a las redes de distribución.

El efecto principal causado por los armónicos consiste en la aparición de voltajes no sinusoidales en diferentes puntos del sistema. Ellos son producidos por la circulación de corrientes distorsionadas a través de las líneas. La circulación de estas corrientes provoca caídas de voltaje deformadas que hacen que a los nodos del sistema no lleguen voltajes puramente sinusoidales. Mientras mayores sean las corrientes armónicas circulantes, a través de los alimentadores de un sistema eléctrico de potencia, más distorsionados serán los voltajes en los nodos del circuito y más agudos los problemas que pueden presentarse por esta causa.

Los voltajes no sinusoidales son causantes de numerosos efectos que perjudican los equipos conectados al sistema. Entre estos efectos se pueden mencionar la reducción de la vida útil del equipamiento de potencia así como la degradación de su eficiencia y funcionamiento en general.

Efectos instantáneos

Armónicos de voltajes pueden distorsionar los controles usados en los sistemas electrónicos. Las fuerzas electrodinámicas producidas por las corrientes instantáneas asociadas con las corrientes armónicas causan vibraciones y

ruido, especialmente en equipos electromagnéticos (transformadores, reactores, entre otros).

Los armónicos son causantes de numerosos problemas de operación en los sistemas de protección. Entre ellos está la operación incorrecta de fusibles, de interruptores (*breakers*) y equipos y/o sistemas digitales de protección.

Para el caso de equipos protegidos contra sobrevoltajes cuyos sistemas de protección también estén diseñados para operar con voltajes sinusoidales, estos pueden operar incorrectamente ante la aparición de formas de onda no sinusoidales.

Efectos a largo plazo

- El principal efecto a largo plazo de los armónicos es el calentamiento.
- Calentamiento de capacitores.
- Calentamiento debido a pérdidas adicionales en máquinas y transformadores.
- Calentamiento de cables y equipos.

Tabla IV. Tolerancias para distorsión armónica

ARTÍCULO 42. TOLERANCIAS PARA LA DISTORSIÓN ARMÓNICA DE LA CORRIENTE DE CARGA			
ORDEN DE ARMÓNICA (n)	P ≤ 10 KW V ≤ 1 KV	P > 10 KW 1 KV < V ≤ 60 KV	P > 50 KW V > 60 KV
	INTENSIDAD ARMÓNICA MÁXIMA (AMP)	DISTORSIÓN ARMÓNICA INDIVIDUAL DE CORRIENTE DAII, EN %	
IMPARES MÚLTIPLOS DE 3			
5	2,28	12	6
7	1,54	8,5	5,1
11	0,66	4,3	2,9
13	0,42	3	2,2
17	0,26	2,7	1,8
19	0,24	1,9	1,7
23	0,20	1,6	1,1
25	0,18	1,6	1,1
>25	4,5/n	0,2 + 0,8*25/n	0,4
IMPARES MÚLTIPLOS DE 3			
3	4,60	16,6	7,5
9	0,80	2,2	2,2
15	0,30	0,6	0,8
21	0,21	0,4	0,4
21	4,5/n	0,3	0,4
PARES			
2	2,16	10,0	10,0
4	0,86	2,5	3,8
6	0,60	1,0	1,5
8	0,46	0,8	0,5
10	0,37	0,8	0,5
12	0,31	0,4	0,5
12	3,68/n	0,3	0,5
DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL DE CORRIENTE DATT, EN %		20	12

Continuación de la tabla IV.

ARTÍCULO 32. TOLERANCIAS PARA LA DISTORSIÓN ARMÓNICA DE TENSIÓN		
ORDEN DE ARMÓNICA (n)	DISTORSIÓN ARMÓNICA INDIVIDUAL DE	
	TENSION DAIT (%)	
	BAJA Y MEDIA TENSIÓN	ALTA TENSIÓN
	V≤60KV	60KV<V≤230KV
IMPARES NO MULTIPLOS DE 3		
5	6,0	2,0
7	5,0	2,0
1	3,5	1,5
13	3,0	1,5
17	2,0	1,0
19	1,5	1,0
23	1,5	0,7
25	1,5	0,7
>25	$0,2 + 1,3 \cdot 25/n$	$0,1 + 0,6 \cdot 25/n$
IMPARES MULTIPLOS DE 3		
3	5,0	2,0
9	1,5	1,0
15	0,3	0,3
21	0,2	0,2
>21	0,2	0,2
PARES		
2	2,0	2,0
4	1,0	1,0
6	0,5	0,5
8	0,5	0,4
10	0,5	0,4
12	0,2	0,2
>12	0,2	0,2
DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL DE TENSIÓN, DATT, EN %	8	3

Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica. *Resolución CNEE No- 09-99*. p. 21.

2.4. Potencia

En este apartado se presentarán tablas donde se recopilan los parámetros eléctricos de 16 pozos; entre estos parámetros analizados están los siguientes:

2.4.1. Capacidad del motor de la bomba de agua

Parámetro recopilado en tabla.

2.4.2. Capacidad de la acometida principal

Parámetro recopilado en tabla.

2.4.3. Capacidad de los cables

Parámetro recopilado en tabla

2.4.4. Condición física del tablero principal

Parámetro recopilado en tabla.

2.4.5. Supresor de picos o Transientes

Parámetro recopilado en tabla.

2.4.6. Mantenimiento preventivo

Parámetro recopilado en tabla.

2.5. Diseño de las instalaciones eléctricas actuales

Al igual que en el apartado 2,4 en las tablas mencionadas se hace referencia a los parámetros abajo enumerados y seguidamente, después de cada tabla, se presenta un diagrama eléctrico actualizado, ya que anteriormente no existía diagrama eléctrico alguno.

Este diagrama permitirá analizar las protecciones, equipos existentes, circuito de control y potencia, entre otros.

2.5.1. Simbología eléctrica

No existe ningún plano eléctrico, lo que implica que no hay simbología eléctrica.

2.5.2. Identificación de tableros y sus protecciones

Parámetros recopilados en tabla y en diagrama eléctrico.

2.5.3. Identificación de cables eléctricos

No existe identificación de ningún cable eléctrico.

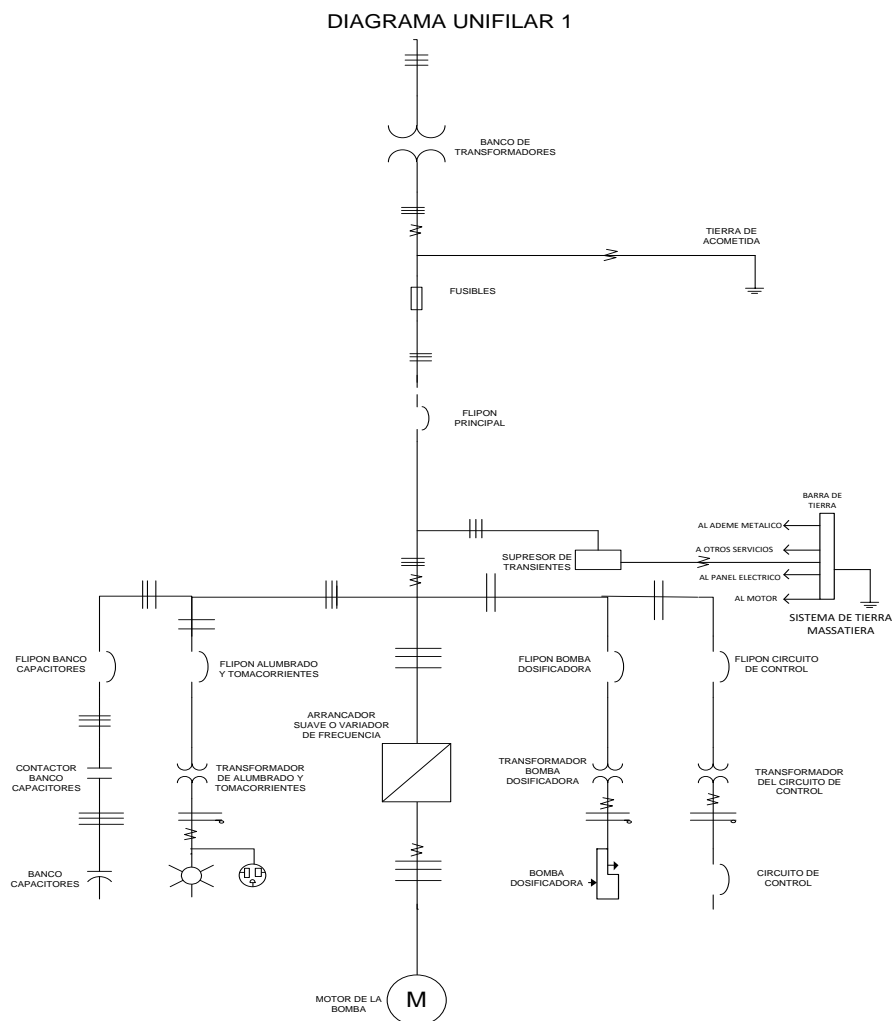
2.5.4. Diseño de plano eléctrico actual

No existe plano eléctrico alguno.

2.5.5. Diagrama unifilar de la instalación eléctrica actual

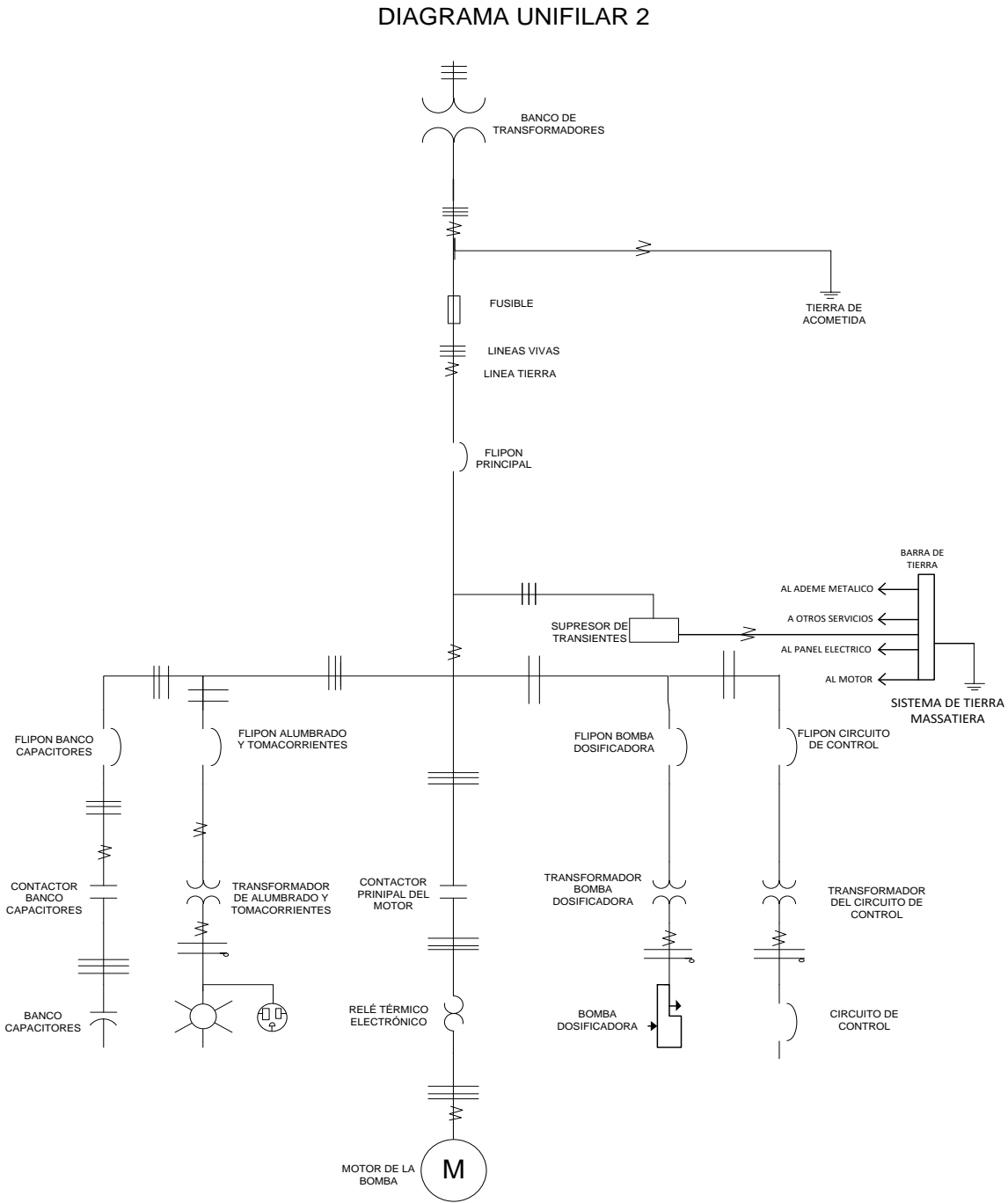
No existe diagrama unifilar alguno, se elaboró un diagrama unifilar, el cual debería ser el ideal para futuras instalaciones eléctricas de pozos. Actualmente no existe una línea a seguir en cuanto a las instalaciones eléctricas se refiere. Se adjuntan diagramas.

Figura 7. Diagrama Unifilar



Fuente: elaboración propia, con AutoCAD 2014.

Figura 8. Diagrama Unifilar 2



Fuente: elaboración propia, con AutoCAD 2014.

2.5.6. Identificación del motor de la bomba

Parámetro recopilado en tabla.

2.5.7. Diseño de tierras

Parámetro recopilado en tabla. Cabe mencionar que hay una serie de parámetros eléctricos adicionales, tales como desbalance de voltaje y corriente, aislamiento de cada motor, resistencia de los devanados de cada motor entre otros, que nos permitirán diagnosticar de una mejor manera el estado de cada equipo.

2.6. Situación actual de pozos

Tabla V. Pozo La Paz

Aislamiento devanados motor	25	25	25	Mohm	1 000 V
Resistencia devanados motor	0,5	0,5	0,5	Ohm	
Voltaje operación motor	475	477	474	V	
Amperaje motor	77,7	76,4	79,4	A	
Factor de potencia actual				0,8265	
Amperaje banco capacitores				NO TIENE	
Factor de potencia deseado				0,95	
Capacitores para corregir F.P				20 KVAR	
% V Desbalance de voltaje				0,35	
% I Desbalance de corriente				2,01	
Capacidad del arrancador (HP)				60	
Potencia motor (KW)				45	
Motor (HP)				60	
Factor de servicio motor (S.F)				1,15	
Corriente motor con SF 1.15 (A)				92,3	

Continuación de la tabla V.

Corriente normal motor sin SF (A)	81
Protección térmica motor (A)	89,1
Distancia de motor - arrancador (M)	276
Cable que va a motor	#2
Cable de acometida	#1/0
Tipo de conexión	y/d aterrizado
Banco de transformadores (kva)	3x25
Acometida	trifásica 460 v
Flipón (a)	3x150
Fusibles (a)	no tiene
Condición física tablero principal	en buen estado
Supresor de picos o transientes	no está conectado a tierra
Mantenimiento preventivo	no tiene
Tierra física	no tiene
Voltaje de operación del motor (v)	460
10 % protección alto voltaje (v)	506
10 % protección bajo voltaje (v)	414
Protección pérdida de fase	si tiene
Protección fase invertida	si tiene
Protección de tiempo después de falla (seg)	720

DESBALANCE DE CORRIENTE			DESBALANCE DE VOLTAJE		
I _{prom}	77,83	A	V _{prom}	475,33	V
I _{f1}	0,13	A	V _{f1}	0,33	V
I _{f2}	1,43	A	V _{f2}	1,67	V
I _{f3}	1,57	A	V _{f3}	1,33	V
%I	0,0201		%V	0,0035	
I (100 %)	2,01		V (100 %)	0,35	

Continuación de la tabla V.

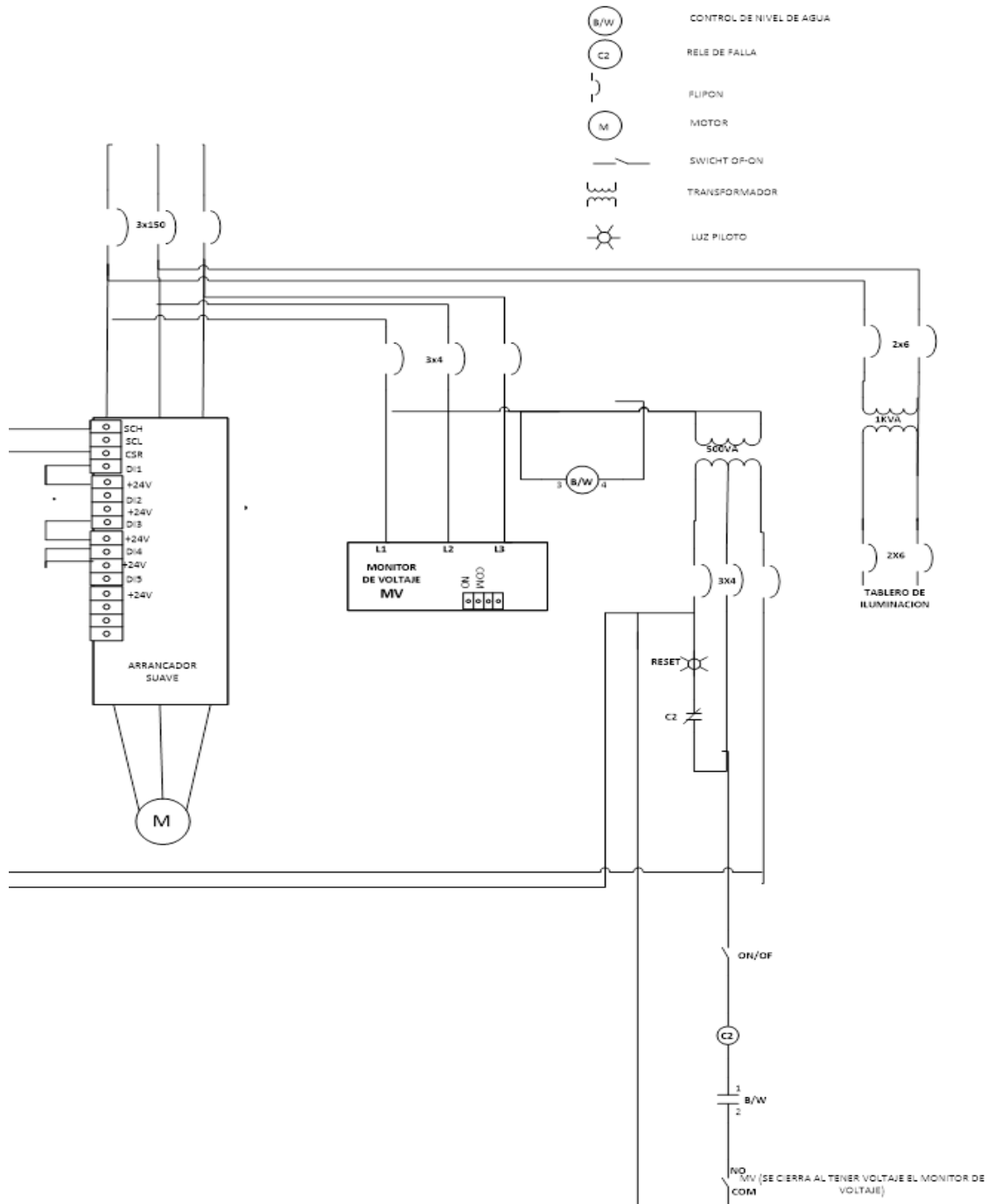
FACTOR DE POTENCIA CORREGIDO	
50,4	KW INICIAL
0,8265	F.P INICIAL
60,98	KVA INICIAL
34,33	KVAR INICIAL
50,4	KW FINAL
0,95	F.P DESEADO
53,05	KVA FINAL
16,57	KVAR FINAL
20	KVAR, CONDENSADOR REQUERIDO PARA MEJORAR EL F.P.

CAÍDA DE TENSIÓN		
	3%	5%
Área cable mm ²	79,83	47,90
Cable	#3/0	#1/0

CABLE 3 FASES, PLANO PARA BOMBA SUMERGIBLE 600V/75°C			
	AREA mm ²	# hilos	A
#6	13,3	266	65
#4	21,15	420	85
#1/0	53,48	1064	150
#2/0	67,43	1323	175
#3/0	85,03		200

Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Pozo la Paz, diagrama unifilar



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2014.

2.6.1. Diagnóstico de los cables pozo La Paz

El cable instalado actualmente es un #2 con una capacidad de 115 amperios, aplicando la fórmula de caída de tensión para un sistema trifásico, conexión delta:

$$S = \frac{2 \times \sqrt{3} \times L \times I}{E\% \times V_f}$$

Donde:

S= sección del conductor en mm²

L=longitud del arrancador a motor (dato en tabla), en metros

I= corriente máxima del motor (dato en tabla) , pero $I = I_{max} \times 1,25$, según NEC

E%= porcentaje de caída de tensión en terminales de motor 5 %

V_f= voltaje de fase (dato en tabla)

S= 47,90 mm²

De la tabla de cable sumergible tenemos:

Cable #2-----33,62 mm²

Cable #1/0-----53,48 mm²

De los anterior se puede inferir que un cable #2 con área de 33,62 mm² no es adecuado para el motor, para una caída de tensión del 5 % es necesario instalar cable #1/0.

2.6.1.1. Diagnóstico de tierras físicas

No tiene instalado sistema de tierra física.

2.6.1.2. Diagnóstico de aislamiento del bobinado del motor

Las lecturas con un medidor de aislamiento (megóhmetro) para ver el aislamiento de los bobinados del motor. Aplicando un voltaje de 1000 V son:

L1= 25 MΩ

L2= 25 MΩ

L3= 25 MΩ

Motor nuevo (motor y líneas).....	200 MΩ o más
Motor usado que puede ser reinstalado en el pozo (motor y línea).....	10 MΩ o más
Motor nuevo (motor en pozo más cable).....	2 MΩ o más
Motor en buenas condiciones (motor en pozo más cable).....	0,5-2 MΩ
Daño en el aislamiento, localizar y reparar	menos de 0,5 MΩ

Como se puede apreciar, el aislamiento es muy bueno para el conjunto cable-motor.

2.6.1.3. Diagnóstico de mantenimiento preventivo actual

No existe actualmente ningún programa de mantenimiento preventivo en el área eléctrica

2.6.1.4. Diagnóstico de las instalaciones eléctricas en general

Para calcular los KVA de un transformador trifásico para motor del pozo aplicamos la fórmula:

$$KVA = (\sqrt{3} \times V \times I) / 1000$$

V = voltaje aplicado al motor

I = corriente máxima del motor

Con los datos de la tabla tenemos:

$$KVA = 73,45$$

El transformador instalado es de 3x25 (75 KVA), por lo que es adecuado para el motor del pozo.

Sí el factor de potencia es menor a 0,9, la Empresa Eléctrica de Guatemala lo penaliza.

Actualmente este equipo está trabajando con un factor de potencia 0,8265 por lo que necesita corrección del mismo.

Siguiendo el procedimiento descrito en la sección 2.3.6 para corrección del factor de potencia a 0,95 y de la tabla descrita en esta sección para el cálculo del mismo, obtenemos un banco de 3X18 KVAR que no es comercial, el adecuado sería 3X20 KVAR.

El desbalance de voltaje es 0,35 % y el permitido 3 %, por lo cual no hay problema con el desbalance.

Desbalance de corriente es 2,01 % y lo permitido 2 %, por lo cual no hay problema con el desbalance.

La capacidad del arrancador suave es de 60 Hp, y tiene una carga de 60 Hp por lo que está dimensionado correctamente.

La protección térmica del arrancador está ajustada a 89 A. Se acostumbra en motores sumergibles ajustar la protección térmica a un 10 % de la corriente normal del motor (sin S.F.), buen ajuste.

Cable de acometida es 1/0, la distancia del transformador al panel del pozo es de 15 m., aplicando la fórmula de caída de tensión $E\% = (2\sqrt{3} \times L \times I) / (S \times V_f)$, para $S = 53,48 \text{ mm}^2$, $E\% = 0,24 \%$ de caída de tensión, por lo que el cable es adecuado.

Para calcular el flipón adecuado aplicamos la siguiente fórmula

$$I = IFL \times 1,5,$$

Entonces $I = 92,3 \times 1,5 = 138,45 \text{ A}$, comercialmente no hay flipón de 138,45 A, se debe instalar un flipón de 3 x 150 A, que es el que tiene actualmente.

No tiene fusibles de protección, debería tener fusibles de elemento dual con retardo de tiempo aplicando la fórmula $I = I_{\max}(F.S.) \times 1,25$, entonces, $I = 92,3 \times 1,25 = 115 \text{ A}$, comercialmente no hay este tipo de fusibles, el más cercano es de 3 x 100 A.

La condición del tablero es buena, tablero limpio y cables ordenados, los cables de control son #12 y /o #14, adecuados para este fin.

Posee supresor de picos, el cual no está conectado a tierra debido a que no existe tierra física, por lo que no cumple ninguna función de protección. Se recomienda instalar un nuevo supresor de picos o transientes.

Otras protecciones son de alto voltaje y bajo voltaje ajustadas a 10 % c/u, protección por pérdida de fase, fase invertida.

Tiene instalado un retardador de tiempo para que el motor arranque cada 12 minutos al activarse alguna de las protecciones es arriba enumeradas.

Se recomienda instalar un sistema de tierras con un resistencia menor o igual a 2 ohm, con su caja de registro para mediciones posteriores de ohmios.

Se recomienda conectar a tierra el tablero eléctrico principal y el motor. También, se recomienda la instalación del banco de capacitores (tablero independiente) localización A de acuerdo al apartado de instalación de banco de capacitores.

Tabla VI. **Pozo Colinas**

Aislamiento devanados motor	1	1	0,8	Mohm	1000V
Resistencia devanados motor	0,6	0,6	0,6	Ohm	
Voltaje operación motor	479	479	482	V	
Amperaje motor	59	57,9	57,1	A	
Factor de potencia actual	0,9924				
Amperaje banco capacitores	32,3	32,8	32,5	A	
Factor de potencia deseado	NO NECESITA				
Capacitores (KVAR)	3X25 480 V				
%V desbalance de voltaje	0,42				
%I desbalance de corriente	1,72				
Capacidad del arrancador	110				

Continuación de la tabla VI.

Contactor (a)	
Potencia motor (KW)	30
Motor (HP)	40
Factor de servicio motor (S.F)	1,15
Corriente motor con sf 1.15 (A)	61,6
Corriente normal motor sin sf (A)	54,9
Protección térmica motor (A)	60,39
Distancia de motor - arrancador (M)	228
Cable que va a motor	#4
Cable de acometida	#2/0
Tipo de conexión	Y/D aterrizado
Banco de transformadores (KVA)	3X50
Acometida	trifásica 460 V
Flipón (A)	3X100
Fusibles (A)	no tiene
Condición física tablero principal	en buen estado
Supresor de picos o transientes	no está conectado a tierra
Mantenimiento preventivo	no tiene
Tierra física	no tiene
Voltaje de operación del motor (V)	460
10 % protección alto voltaje (V)	506
10 % protección bajo voltaje (V)	414
Protección pérdida de fase	si tiene
Protección fase invertida	si tiene
Protección de tiempo después de falla (seg)	720

Continuación de la tabla VI.

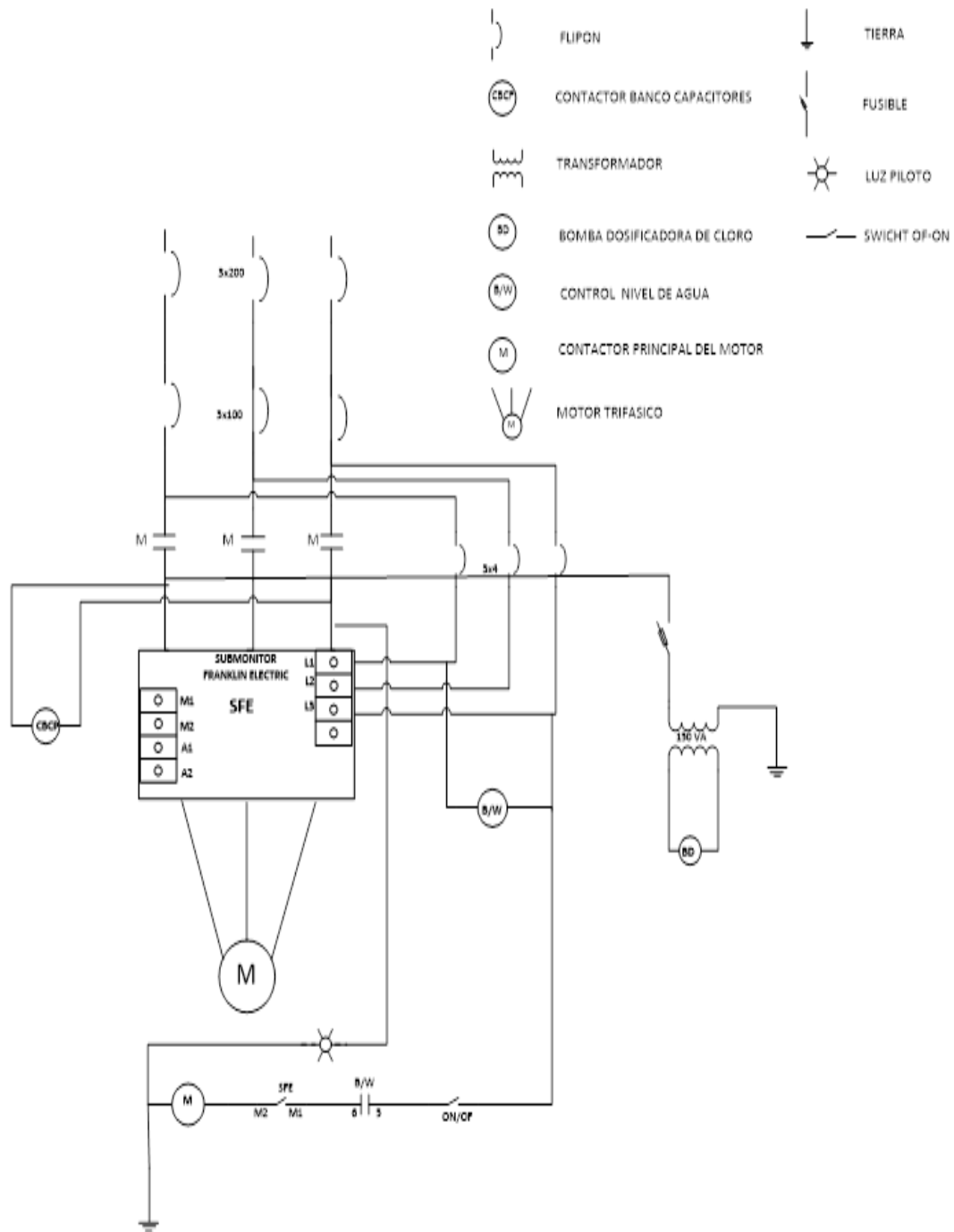
DESBALANCE DE CORRIENTE			DESBALANCE DE VOLTAJE		
I _{prom}	58	A	V _{prom}	480	V
I _{f1}	1	A	V _{f1}	1	V
I _{f2}	0,1	A	V _{f2}	1	V
I _{f3}	0,9	A	V _{f3}	2	V
%I	0,0172		%V	0,0042	
I (100 %)	1,72		V (100 %)	0,42	

CAÍDA DE TENSIÓN		
	3%	5%
ÁREA CABLE mm ²	44,01	26,41
CABLE	#1/0	#2

CABLE 3 FASES, PLANO PARA BOMBA SUMERGIBLE 600V/75°C			
	AREA mm ²	# hilos	A
#6	13,3	266	65
#4	21,15	420	85
#2	33,62	665	115
#1/0	53,48	1064	150
#2/0	67,43	1323	175

Fuente: elaboración propia.

Figura 10. Pozo Colinas



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2014.

2.6.2. Diagnóstico de los cables pozo Colinas

El cable instalado actualmente es un #4 con una capacidad de 85 amperios, aplicando la fórmula de caída de tensión para un sistema trifásico, conexión delta:

$$S = \frac{2}{E\% \times V_f} \times L \times I$$

S= sección del conductor en mm²

L=longitud del arrancador a motor (dato en tabla), en metros

I= corriente máxima del motor (dato en tabla) , pero $I = I_{max} \times 1,25$, según NEC

E%= porcentaje de caída de tensión en terminales de motor 5 %

Vf= voltaje de fase (dato en tabla)

$$S = 26,41 \text{ mm}^2$$

De la tabla de cable sumergible tenemos:

Cable #4-----21,15 mm²

Cable #2-----33,62 mm²

De lo anterior se puede inferir que un cable #2 con área de 33,62 mm² es adecuado para el motor, hay que cambiar el cable #4.

2.6.2.1. Diagnóstico de tierras físicas

No tiene instalado sistema de tierra física.

2.6.2.2. Diagnóstico de aislamiento de bobinado de motor

Las lecturas con un medidor de aislamiento (megóhmetro) para ver el aislamiento de los bobinados del motor aplicando un voltaje de 1000V son:

L1= 1,00MΩ

L2= 1,00 MΩ

L3= 0,8 MΩ

Motor nuevo (motor y líneas).....200 MΩ o más
Motor usado que puede ser reinstalado en el pozo (motor y líneas)... 10 MΩ ó más
más
Motor nuevo (motor en pozo más cable).....2 MΩ ó más
Motor en buenas condiciones (motor en pozo más cable).....0,5-2 MΩ
Daño en el aislamiento, localizar y reparar.....menos de 0,5 MΩ

Como se puede apreciar, el aislamiento está en buenas condiciones para seguir operando para el conjunto cable-motor.

2.6.2.3. Diagnóstico de mantenimiento preventivo actual

No existe actualmente ningún programa de mantenimiento preventivo en el área eléctrica

2.6.2.4. Diagnóstico de las instalaciones eléctricas en general

Para calcular los KVA de un transformador trifásico para motor del pozo aplicamos la fórmula :

$$\text{KVA} = (3 \times V \times I) / 1000$$

V = voltaje aplicado al motor

I = corriente máxima del motor

De los datos de la tabla tenemos

$$\text{KVA} = 49,02$$

El transformador instalado es de 3x50 (150 KVA).

Este transformador tiene instalado también dos bombas sumergibles que sirven para rebombeo del agua, ambas tienen un motor de 20 Hp (460 V, 37,5 A, 18,5 kW), con los datos anteriores obtenemos 59,69 KVA para las dos bombas, al sumar los KVA del motor del pozo y los dos rebombes nos da un total de $49,02 + 59,69 = 108,71$ KVA, el banco instalado de 3 x 50 (150 KVA) es adecuado.

Sí el factor de potencia es menor a 0,9, Empresa Eléctrica de Guatemala lo penaliza. Actualmente, este equipo está trabajando con un factor de potencia 0,9924 por lo que no necesita corrección del mismo. Tiene instalado un banco de capacitores de 3x25 KVAR.

El desbalance de voltaje es 0,42 % y el permitido 3 %, por lo cual no hay problema con el desbalance.

Desbalance de corriente es de 1,72 % lo permitido es 2 %, por lo cual no hay problema con el desbalance.

La capacidad del arrancador (contactor norma IEC) es de 110 A, y tiene una carga de 40 Hp (61,6 A), el contactor en norma IEC debería ser de 65 A, se acostumbra en norma IEC sobredimensionar los contactores, se podría instalar uno de 80 A, el actual aunque está sobredimensionado puede trabajar sin ningún problema.

La protección térmica del arrancador está ajustada a 60,39 A, se acostumbra en motores sumergibles ajustar la protección térmica a un 10 % de la corriente normal del motor (sin S.F.), buen ajuste.

Cable de acometida es #2/0, la distancia del transformador al panel del pozo es de 15 m, aplicando la fórmula de caída de tensión $E\% = (2 \times L \times I) / (S \times V_f)$, para $S = 67,43 \text{ mm}^2$, $E\% = 0,12 \%$ de caída de tensión, por lo que el cable es adecuado.

Para calcular el flipon adecuado aplicamos la siguiente fórmula $I = IFL \times 1,5$, entonces $I = 61,6 \times 1,5 = 92,4 \text{ A}$, comercialmente no hay flipon de 92,4 A., se puede instalar un flipón de 3x100 A, que es el que tiene actualmente.

No tiene fusibles de protección, debería tener fusibles de elemento dual con retardo de tiempo aplicando la fórmula $I = I_{\text{max}}(\text{F.S.}) \times 1,25$, entonces, $I = 61,6 \times 1,25 = 77 \text{ A}$, comercialmente no hay este tipo de fusibles, el más cercano es de 3x80 A.

La condición del tablero es buena, tablero limpio y cables ordenados, los cables de control son #12 y/o #14, adecuados para este fin.

Posee supresor de picos o transientes, el cual no está conectado a tierra debido a que no existe tierra física, por lo que no cumple ninguna función de protección. Se recomienda instalar un nuevo supresor de transientes para drenar perturbaciones eléctricas.

Otras protecciones son de alto voltaje y bajo voltaje ajustadas a 10 % c/u, protección por pérdida de fase, fase invertida.

Tiene instalado un retardador de tiempo para que el motor arranque cada 12 minutos al activarse alguna de las protecciones arriba enumeradas.

Se recomienda instalar un sistema de tierras con un resistencia menor o igual a 2 ohm, con su caja de registro para mediciones posteriores de ohmios.

Se recomienda conectar a tierra el tablero eléctrico principal y el motor.

Tabla VII. **Pozo San Francisco 2**

Aislamiento devanados motor	200	200	250	Mohm	1000V
Resistencia devanados motor	0,7	0,6	0.6	Ohm	
Voltaje operación motor	474	475	478	V	
Amperaje motor	61,6	64,8	60,6	A	
Factor de potencia actual	0,9058				
Amperaje banco capacitores	16/0	15,7/0	16,5/0	A	
Factor de potencia deseado	no necesita				
Capacitores (kvar)	3X10, 480V, dos bancos conectados en paralelo				

Continuación de la tabla VII.

%v desbalance de voltaje	0,49
%i desbalance de corriente	3,96
Capacidad del arrancador, contactor (a)	90
Potencia motor (kw)	30
Motor (hp)	40
Factor de servicio motor (s.f)	1
Corriente motor con sf 1,15 (a)	no tiene
Corriente normal motor sin sf (a)	61,6
Protección térmica motor (a)	56,7
Distancia de motor - arrancador (m)	192
Cable que va a motor	#4
Cable de acometida	#2/0
Tipo de conexión	y/d aterrizado
Banco de transformadores (kvar)	3x25
Acometida	trifásica 460 v
Flipón (a)	100
Fusibles (a)	200
Condición física tablero principal	en buen estado
Supresor de picos o transientes	no está conectado a tierra
Mantenimiento preventivo	no tiene
Tierra física	no tiene
Voltaje de operación del motor (v)	460
10 % protección alto voltaje (v)	506
10 % protección bajo voltaje (v)	414
Protección pérdida de fase	si tiene
Protección fase invertida	si tiene
Protección de tiempo después de falla (seg)	720

Continuación de la tabla VII.

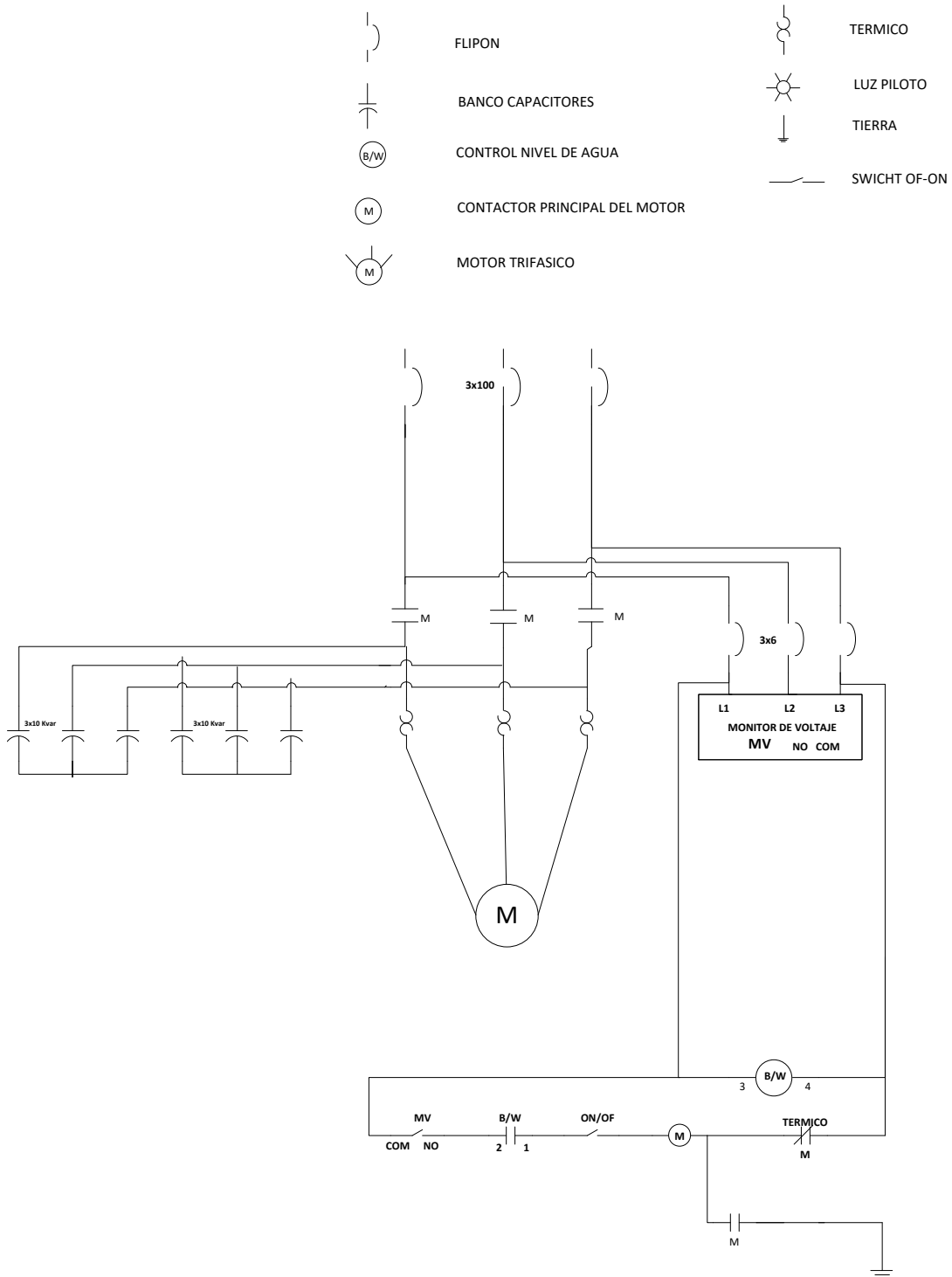
DESBALANCE DE CORRIENTE			DESBALANCE DE VOLTAJE		
I _{prom}	62,33	A	V _{prom}	475,67	V
I _{f1}	0,73	A	V _{f1}	1,67	V
I _{f2}	2,47	A	V _{f2}	0,67	V
I _{f3}	1,73	A	V _{f3}	2,33	V
%I	0,0396		%V	0,0049	
I (100%)	3,96		V (100%)	0,49	

CAÍDA DE TENSIÓN		
Caida de tensión	3%	5%
Área cable mm ²	37,06	22,24
cable	#1/0	#2

CABLE 3 FASES, PLANO PARA BOMBA SUMERGIBLE 600V/75°C			
	AREA mm ²	# hilos	A
#6	13,3	266	65
#4	21,15	420	85
#2	33,62	665	115
#1/0	53,48	1064	150
#2/0	67,43	1323	175

Fuente: elaboración propia.

Figura 11. **Pozo San Francisco 2**



2.6.3. Diagnóstico de los cables pozo San Francisco 2

El cable instalado actualmente es un número 4 con una capacidad de 85 amperios, aplicando la fórmula de caída de tensión para un sistema trifásico conexión delta:

$$S = 2 \times$$

$$3 \times L \times I$$

$$E\% \times V_f$$

S= sección del conductor en mm²

L=longitud del arrancador a motor (dato en tabla) en metros

I= corriente máxima del motor (dato en tabla) , pero $I = I_{max} \times 1,25$, según NEC

E%= porcentaje de caída de tensión en terminales de motor 5%

V_f= voltaje de fase (dato en tabla)

$$S = 22.24 \text{ mm}^2$$

De la tabla de cable sumergible tenemos:

Cable #4-----21,15 mm²

Cable #2-----33,62 mm²

El cable adecuado debería ser un número 2 con área de 33,62 mm².

2.6.3.1. Diagnóstico de tierras físicas

No tiene instalado sistema de tierra física.

2.6.3.2. Diagnóstico de aislamiento del bobinado de motor

Las lecturas con un medidor de aislamiento (megóhmetro) para ver el aislamiento de los bobinados del motor aplicando un voltaje de 1000V son:

L1= 200 MΩ

L2= 200 MΩ

L3= 250 MΩ

Motor nuevo (motor y líneas).....200 MΩ o más

Motor usado que puede ser reinstalado en el pozo (motor y líneas)10 MΩ o más

Motor nuevo (motor en pozo más cable).....2 MΩ o más

Motor en buenas condiciones (motor en pozo más cable).....0.5-2 MΩ

Daño en el aislamiento, localizar y reparar.....menos de 0.5 MΩ

Como se puede apreciar el aislamiento está en buenas condiciones para seguir operando para conjunto cable-motor.

2.6.3.3. Diagnóstico de mantenimiento preventivo actual

No existe actualmente ningún programa de mantenimiento preventivo en el área eléctrica

2.6.3.4. Diagnóstico de las instalaciones eléctricas en general

Para calcular los KVA de un transformador trifásico para motor del pozo aplicamos la fórmula :

$$KVA = (3 \times V \times I) / 1000$$

V = voltaje aplicado al motor

I = corriente máxima del motor

De los datos de la tabla tenemos

$$KVA = 49,02$$

El transformador instalado es de 3x25 (75 KVA), por lo que es adecuado para el motor del pozo.

Sí el factor de potencia es menor a 0,9, Empresa Eléctrica de Guatemala lo penaliza, actualmente este equipo está trabajando con un factor de potencia 0,9058 por lo que no necesita corrección del mismo. Tiene instalado dos bancos de capacitores de 3x10 KVAR, uno de ellos no está operando ya que los capacitores están dañados.

El desbalance de voltaje es 0,49 % y lo permitido 3 %, por lo cual no hay problema con el desbalance.

Desbalance de corriente es 3,96 % y lo permitido 2 %, por lo cual hay que ver la causa de este desbalance.

La capacidad del arrancador (contactor, Nema 3 = 90 A, Nema 2 = 45 A) es de 90 A, y tiene una carga de 40 Hp (61,6 A) por lo que está dimensionado correctamente.

La protección térmica del arrancador está ajustada a 56,7 A, lo cual es un buen ajuste.

Cable de acometida es 2/0, la distancia del transformador al panel del pozo es de 20 m., aplicando la fórmula de caída de tensión $E\% = (2 \times L \times I) / (S \times V^2)$, para $S = 67,43 \text{ mm}^2$, $E\% = 0,17 \%$ de caída de tensión, por lo que el cable es adecuado.

Para calcular el flipón adecuado aplicamos la siguiente fórmula $I = IFL \times 1,5$, entonces $I = 61,6 \times 1,5 = 92,4 \text{ A}$, comercialmente no hay flipón de 92,4 A., se puede instalar un flipón de 3x100 A, que es el que tiene actualmente.

No tiene fusibles de protección, debería tener fusibles de elemento dual con retardo de tiempo aplicando la fórmula $I = I_{\text{max}}(\text{F.S.}) \times 1,25$, entonces, $I = 61,6 \times 1,25 = 77 \text{ A}$, comercialmente no hay este tipo de fusibles, el más cercano es de 3x80 A.

La condición del tablero es buena, tablero limpio y cables ordenados, los cables de control son #12 y /o #14, adecuados para este fin.

Posee supresor de picos o transientes, el cual no está conectado a tierra debido a que no existe tierra física, por lo que no cumple ninguna función de protección. Se recomienda instalar un nuevo supresor de transientes para drenar perturbaciones eléctricas.

Otras protecciones son de alto voltaje y bajo voltaje ajustadas a 10 % c/u, protección por pérdida de fase, fase invertida.

Tiene instalado un retardador de tiempo para que el motor arranque cada 12 minutos al activarse alguna de las protecciones arriba enumeradas.

Se recomienda instalar un sistema de tierras con un resistencia menor o igual a 2 ohm, con su caja de registro para mediciones posteriores de ohmios.

Se recomienda aterrizar a tierra el tablero eléctrico principal y el motor.

Se recomienda independizar la instalación eléctrica (tablero eléctrico independiente) de la bomba dosificación de cloro.

Se recomienda la instalación del banco de capacitores (tablero independiente) localización A de acuerdo al apartado de instalación de banco de capacitores.

Tabla VIII. **Pozo Eterna Primavera 1**

AISLAMIENTO DEVANADOS MOTOR	100	100	100	Mohm	1000V
RESISTENCIA DEVANADOS MOTOR	1,8	1,8	1,8	Ohm	
VOLTAJE OPERACIÓN MOTOR	466	472	465	V	
AMPERAJE MOTOR	18	19	19	A	
FACTOR DE POTENCIA ACTUAL	0.9719				
AMPERAJE BANCO CAPACITORES	7,6	7,6	7,6	A	
CAPACITOR (KVAR)	3X6, 480 V				
FACTOR DE POTENCIA DESEADO	NO NECESITA				
%V DESBALANCE DE VOLTAJE	0,93				
%I DESBALANCE DE CORRIENTE	3,57				
CAPACIDAD DEL ARRANCADOR, CONTACTOR (A)	45				
POTENCIAMOTOR (KW)	18,5				
MOTOR (HP)	25				
FACTOR DE SERVICIO MOTOR (S.F)	1,15				

Continuación de la tabla VIII.

CORRIENTE MOTOR CON SF 1,15 (A)	37,5
CORRIENTE NORMAL MOTOR SIN SF (A)	33,5
PROTECCIÓN TERMICA (A)	26,7
DISTANCIA DE MOTOR - ARRANCADOR (m)	142
CABLE QUE VA A MOTOR	#8
CABLE DE ACOMETIDA	#2/0
TIPO DE CONEXIÓN	Y/D ATERRIZADO
BANCO DE TRANSFORMADORES (KVA)	3X25
ACOMETIDA	TRIFASICA 460 V
FLIPON (A)	NO TIENE
FUSIBLES (A)	200
CONDICION FISICA DEL TABLERO PRINCIPAL	ORDENAR CABLES
SUPRESOR DE PICOS O TRANSIENTES	NO TIENE
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	NO TIE NE
TIERRA FISICA (Ohm)	NO TIENE
VOLTAJE DE OPERACIÓN DEL MOTOR (V)	460
10% PROTECCIÓN ALTO VOLTAJE (V)	506
10% PROTECCIÓN BAJO VOLTAJE (V)	414
PROTECCIÓN PÉRDIDA DE FASE	SI TIENE
PROTECCIÓN FASE INVERTIDA	SI TIENE
PROTECCIÓN DE TIEMPO DESPUES DE FALLA (SEG)	720

DESBALANCE DE CORRIENTE			DESBALANCE DE VOLTAJE		
I _{prom}	18,67	A	V _{prom}	467,7	V
I _{f1}	0,67	A	V _{f1}	1,67	V
I _{f2}	0,33	A	V _{f2}	4,33	V
I _{f3}	0,33	A	V _{f3}	2,67	V
%I	0,036		%V	0,009	
I (100%)	3,57		V (100%)	0,93	

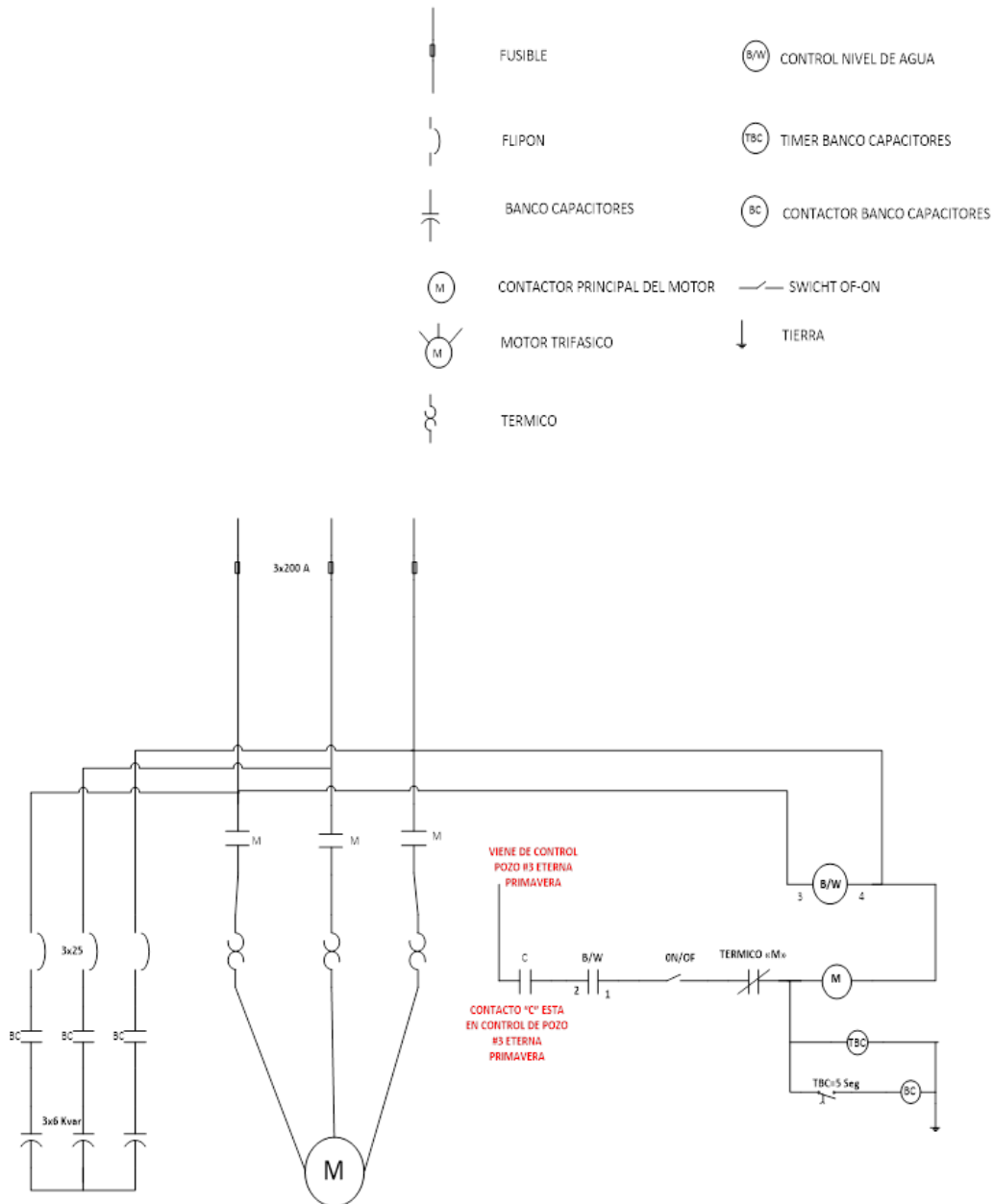
Continuación de la tabla VIII.

CAÍDA DE TENSION		
CAIDA DE TENSION	3 %	5 %
AREA CABLE mm ²	16,68	10,01
CABLE	#4	#6

CABLE 3 FASES, PLANO PARA BOMBA SUMERGIBLE 600V/75°C			
	AREA mm ²	# hilos	A
#6	13,3	266	65
#4	21,15	420	85
#2	33,62	665	115
#1/0	53,48	1 064	150
#2/0	67,43	1 323	175

Fuente: elaboración propia.

Figura 12. Pozo Eterna Primavera 1



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2014.

2.6.4. Diagnóstico de los cable pozo Eterna Primavera 1

El cable instalado actualmente es un número 8 con una capacidad de 50 amperios, aplicando la fórmula de caída de tensión para un sistema trifásico conexión delta:

$$S = \frac{2 \times 3 \times L \times I \times E\% \times V_f}{\dots}$$

S= sección del conductor en mm²

L=longitud del arrancador a motor (dato en tabla) en metros

I= corriente máxima del motor (dato en tabla) , pero $I = I_{max} \times 1,25$, según NEC

E%= porcentaje de caída de tensión en terminales de motor 5 %

Vf= voltaje de fase (dato en tabla)

$$S = 10,01 \text{ mm}^2$$

De la tabla de cable sumergible tenemos:

Cable #8-----8,37mm²

Cable #6-----13,3 mm²

De lo anterior se puede inferir que un cable #6 con área de 13,3 mm² es el adecuado para el motor.

2.6.4.1. Diagnóstico de tierras físicas

No tiene instalado sistema de tierra física.

2.6.4.2. Diagnóstico de aislamiento del bobinado de motor

Las lecturas con un medidor de aislamiento (megóhmetro) para ver el aislamiento de los bobinados del motor aplicando un voltaje de 1 000 V son:

L1= 100 MΩ

L2= 100 MΩ

L3= 100 MΩ

Motor nuevo (motor y líneas).....200 MΩ o más

Motor usado que puede ser reinstalado en el pozo (motor y líneas)10 MΩ o más

Motor nuevo (motor en pozo más cable).....2 MΩ o más

Motor en buenas condiciones (motor en pozo más cable).....0,5-2 MΩ

Daño en el aislamiento, localizar y reparar.....menos de 0,5 MΩ

Como se puede apreciar el aislamiento está en buenas condiciones para seguir operando para el conjunto cable-motor.

2.6.4.3. Diagnóstico de mantenimiento preventivo actual

No existe actualmente ningún programa de mantenimiento preventivo en el área eléctrica

2.6.4.4. Diagnóstico de las instalaciones eléctricas en general

Para calcular los KVA de un transformador trifásico para motor del pozo aplicamos la fórmula :

$$KVA = (3 \times V \times I) / 1000$$

V = voltaje aplicado al motor

I = corriente máxima del motor

De los datos de la tabla tenemos

$$KVA = 29,84$$

El transformador instalado es de 3x25(75 KVA), y es compartido con el pozo Eterna Primavera #3 de 73,45 KVA, si sumamos los KVA totales nos da 103,29 KVA. Se recomienda cambiar la acometida a un banco de transformadores de 3x50 KVA (150 KVA) a fin de evitar saturación en el transformador actual, cuando ambos pozos trabajen a su máxima capacidad.

Sí el factor de potencia es menor a 0,9, Empresa Eléctrica de Guatemala lo penaliza, actualmente

este equipo está trabajando con un factor de potencia 0,9719 por lo que no necesita corrección del mismo. Tiene instalado un banco capacitores de 3x6 KVAR.

El desbalance de voltaje es 0,93 % y lo permitido 3 %, por lo cual no hay problema con el desbalance

Desbalance de corriente es 3,57 % y lo permitido 2 %, por lo cual hay que ver la causa de este desbalance.

La capacidad del arrancador (contactor, Nema 2 = 45 A) es de 45 A, y tiene una carga de 25 Hp (37,5 A) por lo que está dimensionado correctamente.

La protección térmica del arrancador está ajustada a 26,7 A, hay que hacer un reajuste al relé térmico a 37 A.

Cable de acometida es #2/0, la distancia del transformador al panel del pozo es de 30 m, aplicando la fórmula de caída de tensión $E\% = (2 \times L \times I) / (S \times V_f)$, para $S = 67,43 \text{ mm}^2$, $E\% = 0,74 \%$ de caída de tensión, por lo que el cable es adecuado.

Para calcular el flipón adecuado aplicamos la siguiente fórmula $I = I_{FL} \times 1,5$, entonces $I = 37,5 \times 1,5 = 56,25 \text{ A}$, comercialmente no hay flipón de 56,25 A, se puede instalar un flipón de 3x70 A, actualmente no tiene un flipón de protección.

Está conectado a unos fusibles 3x200 A, debería tener fusibles de elemento dual con retardo de tiempo aplicando la fórmula $I = I_{\max}(F.S.) \times 1,25$, entonces $I = 37,5 \times 1,25 = 46,87 \text{ A}$, comercialmente

no hay este tipo de fusibles, el más cercano es de 3x50 A. Actualmente tiene instalado unos fusibles de 3x200 A.

La condición del tablero es buena, tablero limpio y cables ordenados, los cables de control son #12 y /o #14, adecuados para este fin.

No posee supresor de picos. Se recomienda instalar un supresor de transientes nuevo para drenar perturbaciones eléctricas.

No posee protecciones propias de alto voltaje y bajo voltaje ajustadas a 10 % c/u, protección por pérdida de fase, fase invertida. Estas protecciones están compartidas con el control de otro pozo, se recomienda independizar protecciones.

Tiene instalado un retardador de tiempo para que el motor arranque cada 12 minutos al activarse alguna de las protecciones arriba enumeradas.

Se recomienda instalar un sistema de tierras con un resistencia menor o igual a 2 ohm, con su caja de registro para mediciones posteriores de ohmios.

Se recomienda aterrizar a tierra el tablero eléctrico principal y el motor.

Tabla IX. Pozo Eterna Primavera 2

AISLAMIENTO DEVANADOS MOTOR	0,1	0,1	0,1	Mohm	1000 V
RESISTENCIA DEVANADOS MOTOR	0,2	0,2	0,2	Ohm	
VOLTAJE OPERACIÓN MOTOR	228	229	228	V	
AMPERAJE MOTOR	45,2	44,3	43,8	A	
FACTOR DE POTENCIA ACTUAL	0,9124				
AMPERAJE BANCO CAPACITORES	37,5	37,4	37,4	A	
CAPACITORES (KVAR)	3X15, 240 V				
FACTOR DE POTENCIA DESEADO	NO NECESITA				
%V DESBALANCE DE VOLTAJE	0,29				
%I DESBALANCE DE CORRIENTE	1,73				
CAPACIDAD DEL ARRANCADOR (AMP)	NEMA 3, 90, 30HP @ 240 VAC, 50HP @ 480 VAC				
POTENCIA MOTOR (KW)	18,5				
MOTOR (HP)	25				
FACTOR DE SERVICIO MOTOR (S.F)	1,15				
CORRIENTE MOTOR CON SF 1,15 (A)	75				
CORRIENTE NORMAL MOTOR SIN SF (A)	67				
PROTECCIÓN TERMICA (A)	77,1				
DISTANCIA DE MOTOR - ARRANCADOR (m)	209				
CABLE QUE VA A MOTOR	#2				
CABLE DE ACOMETIDA	#1/0				
TIPO DE CONEXIÓN	Y/D ATERRIZADO				
BANCO DE TRANSFORMADORES (KVA)	3X50				
ACOMETIDA	TRIFASICA 230V				
FLIPON (A)	150				
FUSIBLES (A)	200				
CONDICIÓN FÍSICA TABLERO PRINCIPAL	ORDENAR CABLES				
SUPRESOR DE PICOS O TRANSIENTES	NO ESTA CONECTADO A TIERRA				
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	NO TIENE				
TIERRA FÍSICA (Ohm)	NO TIENE				
VOLTAJE DE OPERACIÓN DEL MOTOR (V)	230				
10 % PROTECCIÓN ALTO VOLTAJE (V)	506				
10 % PROTECCIÓN BAJO VOLTAJE (V)	414				
PROTECCIÓN PÉRDIDA DE FASE	SI TIENE				
PROTECCIÓN FASE INVERTIDA	SI TIENE				
PROTECCIÓN DE TIEMPO DESPUES DE FALLA (SEG)	720				

Continuación de la tabla IX.

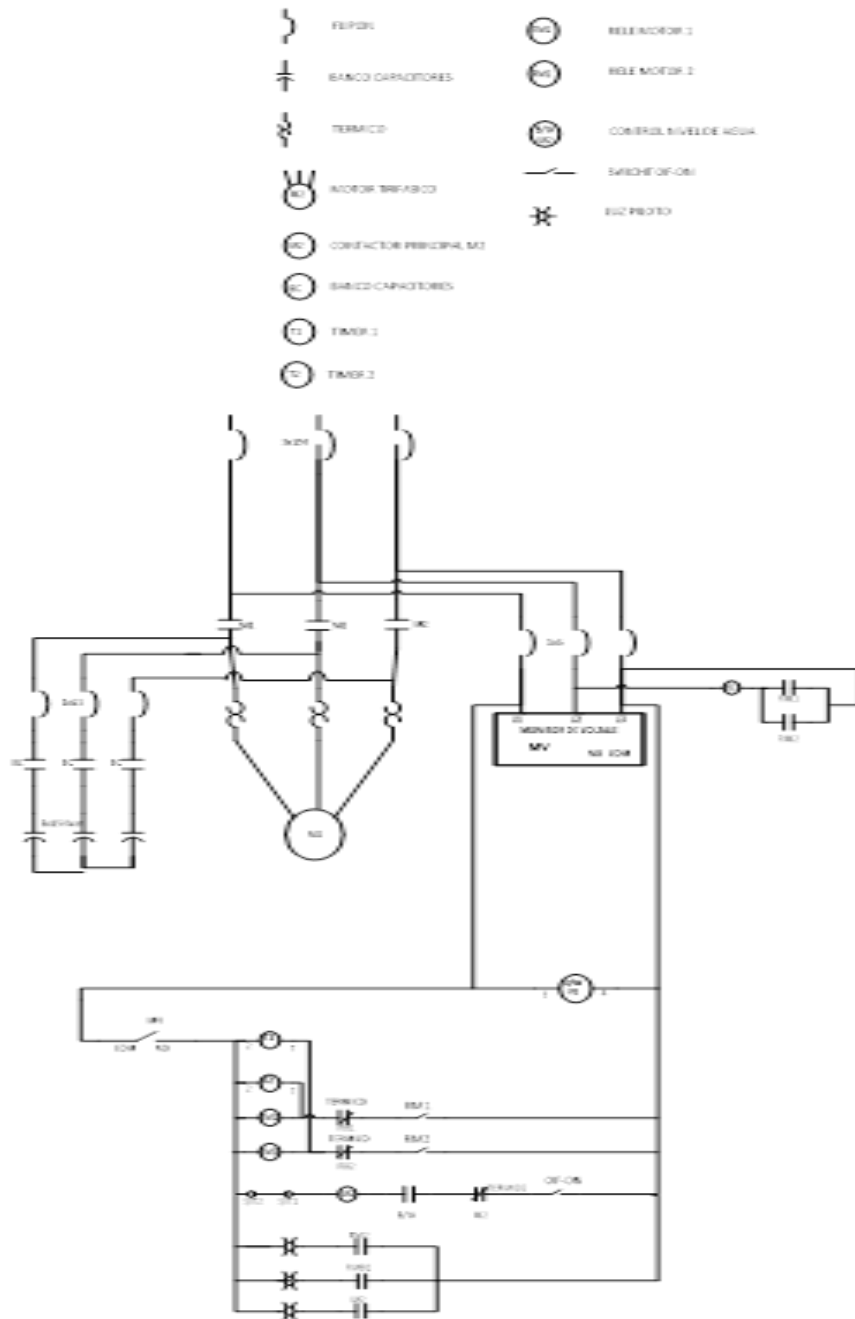
DESBALANCE DE CORRIENTE			DESBALANCE DE VOLTAJE		
I _{prom}	44,43	A	V _{prom}	228,3	V
I _{f1}	0,77	A	V _{f1}	0,33	V
I _{f2}	0,13	A	V _{f2}	0,67	V
I _{f3}	0,63	A	V _{f3}	0,33	V
%I	0,0173		%V	0,003	
I (100%)	1,73		V (100 %)	0,29	

CAÍDA DE TENSIÓN		
CAÍDA DE TENSIÓN	3%	5%
ÁREA CABLE mm ²	98,25	58,95
CABLE	#4/0	#2/0

CABLE 3 FASES, PLANO PARA BOMBA SUMERGIBLE 600V/75°C			
	AREA mm ²	# hilos	A
#6	13,3	266	65
#2	33,62	665	115
#1/0	53,48	1064	150
#2/0	67,43	1323	175
#4/0	107,2		230

Fuente: elaboración propia.

Figura 13. Pozo Eterna Primavera 2



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD, 2013.

2.6.5. Diagnóstico de los cables pozo Eterna Primavera 2

El cable instalado actualmente es un #2 con una capacidad de 115 amperios, aplicando la fórmula de caída de tensión para un sistema trifásico conexión delta:

$$S = \frac{2 \times \sqrt{3} \times L \times I}{E\% \times V_f}$$

S= sección del conductor en mm²

L=longitud del arrancador a motor (dato en tabla), en metros

I= Corriente máxima del motor (dato en tabla), pero $I = I_{max} \times 1,25$, según NEC

E%= porcentaje de caída de tensión en terminales de motor 5 %

V_f= voltaje de fase (dato en tabla)

$$S = 22,24 \text{ mm}^2$$

De la tabla de cable sumergible tenemos:

Cable #4-----21,15 mm²

Cable #2-----33,62 mm²

De los anterior se puede inferir que el cable #2 con área de 33,62 mm² es adecuado para el motor.

2.6.5.1. Diagnóstico de tierras físicas

No tiene instalado un sistema de tierra física.

2.6.5.2. Diagnóstico de aislamiento del bobinado de motor

Las lecturas con un medidor de aislamiento (megóhmetro) para ver el aislamiento de los bobinados del motor aplicando un voltaje de 1000 V son:

L1= 7,5 MΩ

L2= 7,5 MΩ

L3= 7,5 MΩ

Motor nuevo (motor y líneas).....200 MΩ o más
Motor usado que puede ser reinstalado en el pozo (motor y líneas)10 MΩ o más
Motor nuevo (motor en pozo más cable).....2 MΩ o más
Motor en buenas condiciones (motor en pozo más cable).....0,5-2 MΩ
Daño en el aislamiento, localizar y reparar.....menos de 0,5 MΩ

Como se puede apreciar el aislamiento de este equipo es bueno para seguir operando para el conjunto cable-motor.

2.6.5.3. Diagnóstico de mantenimiento preventivo actual

No existe actualmente ningún programa de mantenimiento preventivo en el área eléctrica.

2.6.5.4. Diagnóstico de las instalaciones eléctricas en general

- Para calcular los KVA de un transformador trifásico para motor del pozo aplicamos la fórmula:

$$\text{KVA} = (\sqrt{3} \times V \times I) / 1000$$

V = voltaje aplicado al motor

I = corriente máxima del motor

De los datos de la tabla tenemos

$$\text{KVA} = 62,15$$

El transformador instalado es de 3x50 (150 KVA), este transformador es compartido con dos bombas con motores de 25 Hp, 460 V, 34 A, de 27,05 KVA cada una, la suma de las cargas nos da $62,15 + 54,1 = 116,25$ KVA, el transformador instalado es adecuado para esta aplicación.

- Sí el factor de potencia es menor a 0,9, Empresa Eléctrica de Guatemala lo penaliza, actualmente este equipo está trabajando con un factor de potencia 0,9656 por lo que no necesita corrección del mismo.
- El desbalance de voltaje es 0,70 % y el permitido 3 %, por lo cual no hay problema con el desbalance
- Desbalance de corriente es 1,7 % y lo permitido 2 %, por lo cual no hay problema con el desbalance.

- La capacidad del variador de frecuencia es para 50 Hp, y tiene un motor de 50 Hp el cual es adecuado para esta carga.
- La protección térmica del variador de frecuencia está ajustada a 81,72 A, debería estar en 74,91 A.
- Cable de acometida es #2/0, la distancia del transformador al panel del pozo es de 25 m, aplicando la fórmula de caída de tensión $E\% = (2\sqrt{3} \times L \times I) / (S \times V_f)$, para $S = 67,43 \text{ mm}^2$, $E\% = 0,27 \%$ de caída de tensión, por lo que el cable es adecuado.
- Para calcular el flipón adecuado aplicamos la siguiente fórmula $I = IFL \times 1,5$, entonces $I = 78,1 \times 1,5 = 117,15 \text{ A}$, comercialmente no hay flipón de 117,15 A, se puede instalar un flipón de 3x125 A, actualmente tiene instalado uno de 3x125 A.
- No tiene fusibles de protección, debería tener fusibles de elemento dual con retardo de tiempo aplicando la fórmula $I = I_{\text{max}} (\text{F.S.}) \times 1,25$, entonces, $I = 78,1 \times 1,25 = 97,62 \text{ A}$, comercialmente no hay este tipo de fusibles, el más cercano es de 3x100 A. Actualmente tiene instalados fusibles de 3x200 A.
- El tablero está en buenas condiciones, identificar cables, los cables de control son #12 y/o #14, adecuados para este fin.
- Supresor de picos no conectado a tierra física por lo que no ejerce ninguna protección al equipo.
- Se recomienda instalar supresores de transientes nuevo para drenar perturbaciones eléctricas.
- Las protecciones de alto voltaje y bajo voltaje ajustadas a 10 % c/u, protección por pérdida de fase, fase invertida en el variador de frecuencia
- No tiene instalado un retardo de tiempo para que el motor arranque cada 12 minutos al activarse alguna de las protecciones arriba enumeradas, por lo que el motor puede arrancar varias veces en un corto tiempo y sufrir una avería el mismo.

- Se recomienda habilitar el monitor de voltaje, ya que el mismo esta averiado.
- Debido al variador de frecuencia y al hacer un análisis de armónicas de corriente según tabla análisis de armónicos, se puede ver la presencia de 5ta armónica y 7ma armónica, por lo que es necesario un filtro para evitar dichas armónicas, sobre todo de la 5ta armónica.
- De los datos recabados tabla análisis de armónicos podemos observar que las armónicas de voltaje están debajo de la tolerancia máxima del 8%, por lo que podemos concluir que no hay problema con dichas armónica.
- El variador de frecuencia es de 6 pulsos, en una futura ocasión cuando haya que sustituir dicho variador sería conveniente instalar uno de 12 o 18 pulsos, esto con el objetivo de atenuar los armónicos de corriente.

Tabla X. **Pozo Eterna Primavera 3**

AISLAMIENTO DEVANADOS MOTOR	2000	2000	2000	Mohm	1000V
RESISTENCIA DEVANADOS MOTOR	0,7	0,7	0,7	Ohm	
VOLTAJE OPERACIÓN MOTOR	466	472	465	V	
AMPERAJE MOTOR	71,5	73,2	71,9	A	
FACTOR DE POTENCIA ACTUAL	0,9719				
AMPERAJE BANCO CAPACITORES	30	31	30	A	
CAPACITORES (KVAR)	3X25, 480V				
FACTOR DE POTENCIA DESEADO	NO NECESITA				
%V DESVALANCE DE VOLTAJE	0,93				
%I DESBALANCE DE CORRIENTE	1,39				
CAPACIDAD DEL ARRANCADOR, CONTACTOR (A)	90				
POTENCIA MOTOR (KW)	45				
MOTOR (HP)	60				
FACTOR DE SERVICIO MOTOR (S.F)	1,15				
CORRIENTE MOTOR CON SF 1,15 (A)	92,3				

Continuación de la tabla X.

CORRIENTE NORMAL MOTOR SIN SF (A)	81
PROTECCIÓN TERMICA MOTOR (A)	84,6
DISTANCIA DE MOTOR - ARRANCADOR (m)	230
CABLE QUE VA A MOTOR	#2
CABLE DE ACOMETIDA	#2/0
TIPO DE CONEXIÓN	Y/D ATERRIZADO
BANCO DE TRANSFORMADORES (KVA)	3X25 KVA
ACOMETIDA	TRIFASICA 460V
FLIPON (A)	150
FUSIBLES (A)	200
CONDICION FISICA TABLERO PRINCIPAL	ORDENAR CABLES
SUPRESOR DE PICOS O TRANSIENTES	NO ESTA CONECTADO A TIERRA
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	NO TIE NE
TIERRA FISICA (Ohm)	31
VOLTAJE DE OPERACIÓN DEL MOTOR (V)	460
10% PROTECCIÓN ALTO VOLTAJE (V)	506
10% PROTECCIÓN BAJO VOLTAJE (V)	414
PROTECCIÓN PÉRDIDA DE FASE	SI TIENE
PROTECCIÓN FASE INVERTIDA	SI TIENE
PROTECCIÓN DE TIEMPO DESPUES DE FALLA (SEG)	720

DESBALANCE DE CORRIENTE			DESBALANCE DE VOLTAJE		
I _{prom}	72,2	A	V _{prom}	467,67	V
I _{f1}	0,7	A	V _{f1}	1,67	V
I _{f2}	1	A	V _{f2}	4,33	V
I _{f3}	0,3	A	V _{f3}	2,67	V
%I	0,0139		%V	0,0093	
I (100%)	1,39		V (100%)	0,93	

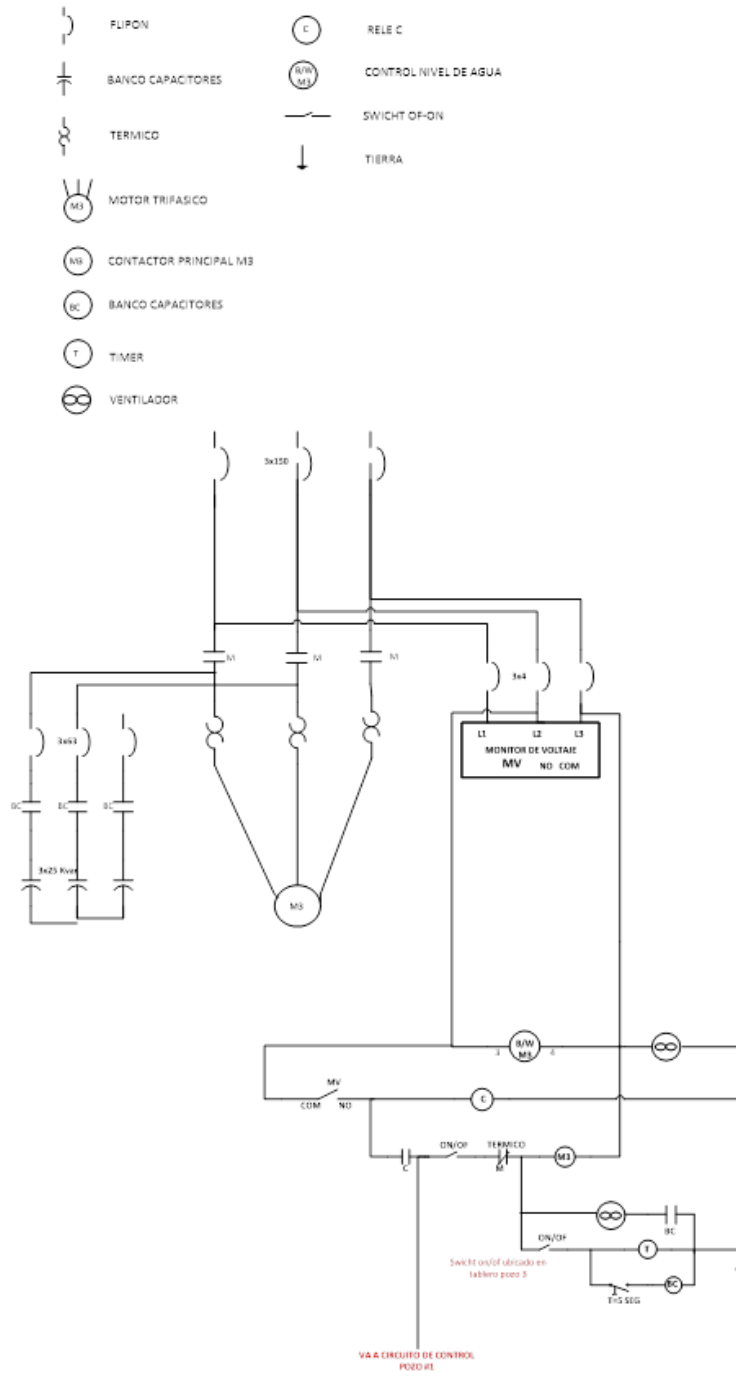
Continuación de la tabla X.

CAÍDA DE TENSIÓN		
CAÍDA DE TENSIÓN	3 %	5 %
ÁREA CABLE mm ²	66,53	39,91
CABLE	#2/0	#1/0

CABLE 3 FASES, PLANO PARA BOMBA SUMERGIBLE 600V/75°C			
	ÁREA mm ²	# hilos	AMPERES
#6	13,3	266	65
#4	21,15	420	85
#2	33,62	665	115
#1/0	53,48	1 064	150
#2/0	67,43	1 323	175

Fuente: elaboración propia.

Figura 14. Diagrama Unifilar pozo Eterna Primavera 3



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2014.

2.6.6. Diagnóstico de los cables pozo Eterna Primavera 3

El cable instalado actualmente es un #2 con una capacidad de 115 amperios, aplicando la fórmula de caída de tensión para un sistema trifásico conexión delta:

$$S = \frac{2 \times 3 \times L \times I}{E\% \times V_f}$$

S= sección del conductor en mm²

L=longitud del arrancador a motor (dato en tabla), en metros

I= corriente máxima del motor (dato en tabla) , pero $I = I_{max} \times 1,25$, según
NEC

E%= porcentaje de caída de tensión en terminales de motor 5 %

V_f= voltaje de fase (dato en tabla)

$$S = 39,91 \text{ mm}^2$$

De la tabla de cable sumergible tenemos:

Cable #2-----33,62 mm²

Cable #1/0-----53,48 mm²

De los anterior se puede inferir que un cable #1/0 con área de 53,48 mm² es el adecuado para el motor.

2.6.6.1. Diagnóstico de tierras físicas

Tiene instalado sistema de tierra física con un valor de 31 Ohm.

2.6.6.2. Diagnóstico de aislamiento del bobinado de motor

Las lecturas con un medidor de aislamiento (megóhmetro) para ver el aislamiento de los bobinados del motor aplicando un voltaje de 1 000V son:

L1= 2 000 MΩ

L2= 2 000 MΩ

L3= 2 000 MΩ

Motor nuevo (motor y líneas).....200 MΩ o más
Motor usado que puede ser reinstalado en el pozo (motor y líneas)10 MΩ o más
Motor nuevo (motor en pozo más cable).....2 MΩ o más
Motor en buenas condiciones (motor en pozo más cable).....0,5-2 MΩ
Daño en el aislamiento, localizar y reparar.....menos de 0,5 MΩ

Como se puede apreciar el aislamiento de este equipo es bueno para seguir operando para el conjunto cable-motor.

2.6.6.3. Diagnóstico de mantenimiento preventivo actual

No existe actualmente algún programa de mantenimiento preventivo en el área eléctrica

2.6.6.4. Diagnóstico de las instalaciones eléctricas en general

Para calcular los KVA de un transformador trifásico para motor del pozo aplicamos la fórmula :

$$KVA = (3 \times V \times I) / 1000$$

V = voltaje aplicado al motor

I = corriente máxima del motor

De los datos de la tabla tenemos

$$KVA = 73,45$$

El transformador instalado es de 3x25 (75 KVA), y es compartido con el pozo Eterna Primavera #1 29,84 KVA, si sumamos los KVA = 73,45 + 29,84 = 103,29 KVA. Se recomienda cambiar la acometida a un banco de transformadores de 3x50 (150 KVA) a fin de evitar saturación en el transformador actual cuando ambos pozos trabajen a su máxima capacidad.

- Sí el factor de potencia es menor a 0,9 la Empresa Eléctrica de Guatemala lo penaliza, actualmente este equipo está trabajando con un factor de potencia 0,9719 por lo que no necesita corrección del mismo. Tiene instalado un banco capacitores de 3x25 KVAR.
- El desbalance de voltaje es 0,93 % y lo permitido 3 %, por lo cual no hay problema con el desbalance.
- El desbalance de corriente es 1,39 % y lo permitido 2 %, por lo cual no hay problema con el desbalance.
- La capacidad del arrancador (contactor, Nema 3 = 90 A)) es de 90 A, y tiene una carga de 60 Hp (92,3 A) sin embargo por los ajustes el relé

térmico se puede considerar un arrancador aceptable aunque se recomienda instalar un contactor Nema 4 (135 A).

- La protección térmica del arrancador está ajustada a 84.6 A, se debería ajustar a 89 A.
- Cable de acometida es #1/0, la distancia del transformador al panel del pozo es de 30 m, aplicando la fórmula de caída de tensión $E\% = (2 \times L \times I) / (S \times V_f)$, para $S = 53,48 \text{ mm}^2$, $E\% = 0,48 \%$ de caída de tensión, por lo que el cable es adecuado.
- Para calcular el flipon adecuado aplicamos la siguiente fórmula $I = IFL \times 1,5$, entonces $I = 92,3 \times 1,5 = 138,455 \text{ A}$, comercialmente no hay flipon de 138,45 A, se puede instalar un flipon de 3x150 A, como es el caso del que está instalado actualmente.
- No tiene fusibles de protección, debería tener fusibles de elemento dual con retardo de tiempo aplicando la fórmula $I = I_{\max}(F.S.) \times 1,25$, entonces, $I = 92,3 \times 1,25 = 115,37 \text{ A}$, comercialmente no hay este tipo de fusibles, se puede instalar uno de 3x150 A. Actualmente tiene instalados unos fusibles de 3x200 A.
- La condición del tablero es buena, falta ordenar, limpiar e identificar cables, los cables de control son #12 y/o #14, adecuados para este fin.
- Supresor de picos no conectado a tierra física por lo que no ejerce ninguna protección al equipo. Se recomienda instalar un supresor de transientes nuevo para drenar perturbaciones eléctricas
- Las Protecciones de alto voltaje y bajo voltaje ajustadas a 10 % c/u, protección por pérdida de fase, fase invertida. Estas Protecciones están compartidas con el control de pozo Eterna Primavera 1 se recomienda independizar Protecciones.
- Tiene instalado un retardador de tiempo que también es compartido con el pozo Eterna Primavera 1 para que el motor arranque cada 12 minutos al activarse alguna de las protecciones arriba enumeradas.

- Se recomienda instalar un sistema de tierras con un resistencia menor o igual a 2 ohm, con su caja de registro para mediciones posteriores de ohmios.
- Se recomienda aterrizar a tierra el motor.
- Se recomienda la instalación del banco de capacitores (tablero independiente) localización A de acuerdo al apartado de instalación de banco de capacitores.

Tabla XI. **Pozo Paraíso del Frutal**

AISLAMIENTO DEVANADOS DE MOTOR	0,5	0,5	0,5	Mohm	1000 V
RESISTENCIA DEVANADOS MOTOR	0,4	0,4	0,4	Ohm	
VOLTAJE OPERACIÓN MOTOR	233	233	233	V	
AMPERAJE MOTOR	47,6	46,6	47,6	A	
FACTOR DE POTENCIA ACTUAL	0,9923				
AMPERAJE BANCO CAPACITORES	7,6	7,6	7,6	A	
CAPACITORES (KVAR)	3X6, 230 V				
FACTOR DE POTENCIA DESEADO	NO NECESITA				
%V DESBALANCE DE VOLTAJE	0				
%I DESBALANCE DE CORRIENTE	1,41				
CAPACIDAD DEL ARRANCADOR, CONTACTOR (A)	90				
POTENCIA MOTOR (KW)	11				
MOTOR (HP)	20				
FACTOR DE SERVICIO MOTOR (S,F)	1,15				
CORRIENTE MOTOR CON SF 1,15 (A)	47,4				
CORRIENTE NORMAL MOTOR SIN SF (A)	41,6				
PROTECCIÓN TERMICA MOTOR (A)	62,1				
DISTANCIA DE MOTOR - ARRANCADOR (m)	72				
CABLE QUE VA A MOTOR	#2				
CABLE DE ACOMETIDA	#2/0				
TIPO DE CONEXIÓN	Y/D ATERRIZADO				

Continuación de la tabla XI.

BANCO DE TRANSFORMADORES (KVA)	3X25
ACOMETIDA	TRIFÁSICA 230V
FLIPÓN (A)	3X125
FUSIBLES (A)	NO TIENE
CONDICIÓN FÍSICA TABLERO PRINCIPAL	ORDENAR CABLES
SUPRESOR DE PICOS O TRANSIENTES	NO ESTA CONECTADO A TIERRA
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	NO TIENE
TIERRA FÍSICA (Ohm)	NO TIENE
VOLTAJE DE OPERACIÓN DEL MOTOR (V)	230
10% PROTECCIÓN ALTO VOLTAJE (V)	253
10% PROTECCIÓN BAJO VOLTAJE (V)	207
PROTECCIÓN PÉRDIDA DE FASE	SI TIENE
PROTECCIÓN FASE INVERTIDA	SI TIENE
PROTECCIÓN DE TIEMPO DESPUES DE FALLA (SEG)	720

DESBALANCE DE CORRIENTE			DESBALANCE DE VOLTAJE		
I _{prom}	47,27	A	V _{prom}	233	V
I _{f1}	0,33	A	V _{f1}	0	V
I _{f2}	0,67	A	V _{f2}	0	V
I _{f3}	0,33	A	V _{f3}	0	V
%I	0,0141		%V	0	
I (100%)	1,41		V (100%)	0	

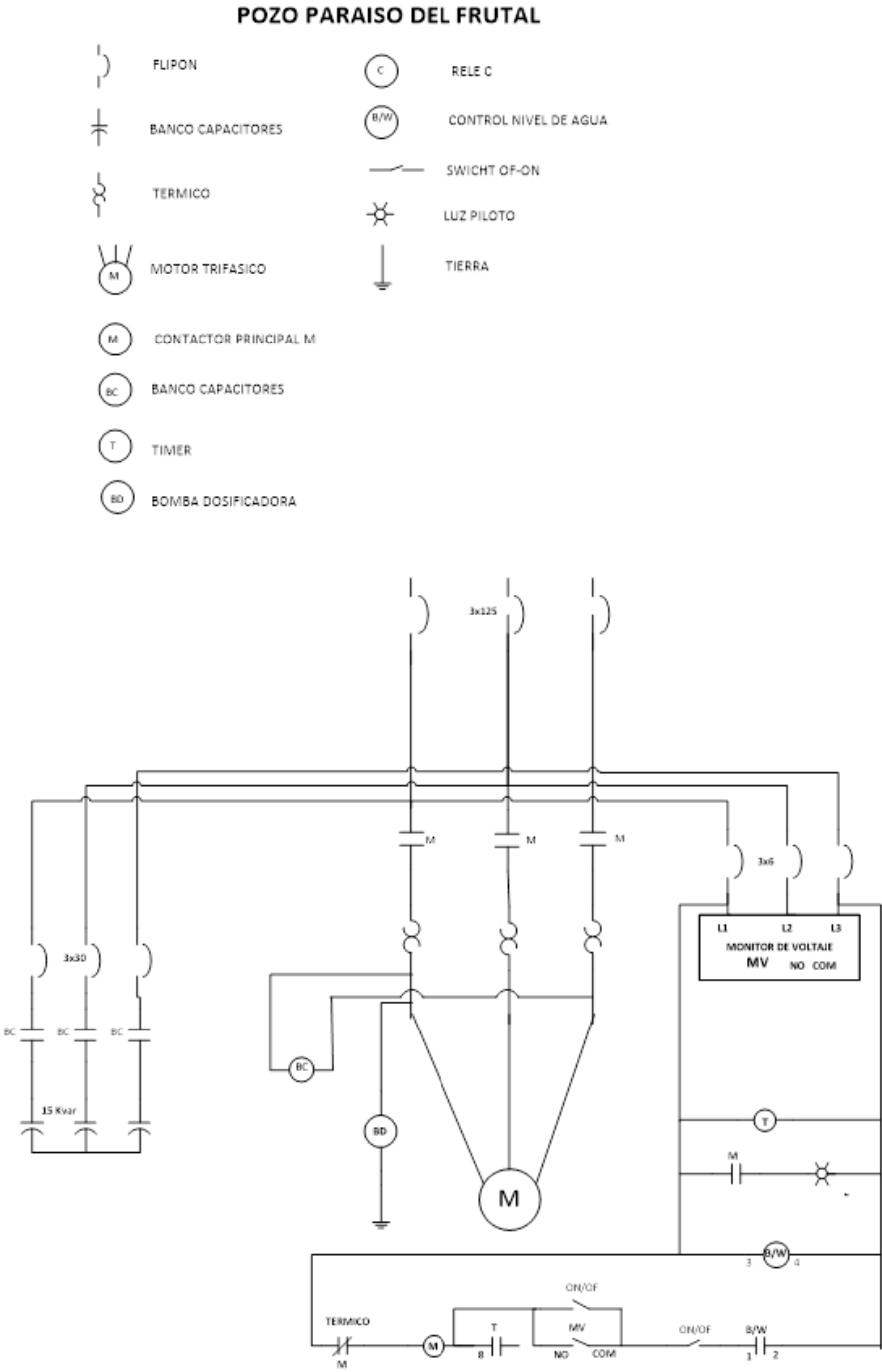
CAIDA DE TENSION		
CAIDA DE TENSION	3 %	5 %
AREA CABLE mm ²	21,39	12,83
CABLE	#4	#6

Continuación de la tabla XI

CABLE 3 FASES, PLANO PARA BOMBA SUMERGIBLE 600V/75°C			
	AREA mm ²	# hilos	A
#6	13,3	266	65
#4	21,15	420	85
#2	33,62	665	115
#1/0	53,48	1 064	150
#2/0	67,43	1 323	175

Fuente: elaboración propia.

Figura 15. Diagrama Unifilar Pozo Paraiso del Frutal



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

2.6.7. Diagnóstico de los cables pozo Paraíso del Frutal

El cable instalado actualmente es un #2 con una capacidad de 115 amperios, aplicando la fórmula de caída de tensión para un sistema trifásico conexión delta:

$$S = \frac{2 \times 3 \times L \times I}{E\% \times V_f}$$

S= sección del conductor en mm²

L=longitud del arrancador a motor (dato en tabla), en metros

I= corriente máxima del motor (dato en tabla) , pero $I = I_{max} \times 1,25$, según NEC

E%= porcentaje de caída de tensión en terminales de motor 5 %

V_f= voltaje de fase (dato en tabla)

S= 12.83 mm²

De la tabla de cable sumergible tenemos:

Cable #6-----13.3 mm²

Cable #2-----33.62 mm²

De los anterior se puede inferir que un cable #6 con área de 13,3 mm² es el adecuado para el motor.

2.6.7.1. Diagnóstico de tierras físicas

No tiene instalado sistema de tierra física.

2.6.7.2. Diagnóstico de aislamiento del bobinado de motor

Las lecturas con un medidor de aislamiento (megóhmetro) para ver el aislamiento de los bobinados del motor aplicando un voltaje de 1 000V son:

L1= 0,5 MΩ

L2= 0,5 MΩ

L3= 0,5 MΩ

Motor nuevo (motor y líneas).....200 MΩ o más
Motor usado que puede ser reinstalado en el pozo (motor y líneas)10 MΩ o más
Motor nuevo (motor en pozo más cable).....2 MΩ o más
Motor en buenas condiciones (motor en pozo más cable).....0,5-2 MΩ
Daño en el aislamiento, localizar y reparar.....menos de 0,5 MΩ

Como se puede apreciar el aislamiento de este equipo es bueno para seguir operando para conjunto cable-motor, aunque hay que realizar mediciones cada tres meses ya que está en el límite inferior de trabajo.

2.6.7.3. Diagnóstico de mantenimiento preventivo actual

No existe actualmente ningún programa de mantenimiento preventivo en el área eléctrica

2.6.7.4. Diagnóstico de las instalaciones eléctricas en general

Para calcular los KVA de un transformador trifásico para motor del pozo aplicamos la fórmula :

$$\text{KVA} = (3 \times V \times I) / 1000$$

V = voltaje aplicado al motor

I = corriente máxima del motor

De los datos de la tabla tenemos

$$\text{KVA} = 18,86$$

El transformador instalado es de 3x25 KVA (75 KVA), por lo que se sugiere cambiar el banco de transformadores a 3 x10 KVA (30 KVA).

- Sí el factor de potencia es menor a 0,9, Empresa Eléctrica de Guatemala lo penaliza, actualmente este equipo está trabajando con un factor de potencia 0,9923 por lo que no necesita corrección del mismo. Tiene instalado un banco capacitores de 3x6 KVAR.
- El desbalance de voltaje es 0,00 % y lo permitido 3 %, por lo cual no hay problema con el desbalance.
- Desbalance de corriente es 1,41 %, y lo permitido 2 %, por lo cual no hay problema con el desbalance.
- La capacidad del arrancador (contactor, Nema 3= 90 A) es de 90 A, y tiene una carga de 20 Hp (47,4 A, 230 V) el cual es adecuado para esta carga, contactor Nema 2 = 45 A.
- La protección térmica del arrancador está ajustada a 62,1A, se debería ajustar a 45,7 A, la protección térmica está excesivamente alta.

- Cable de acometida es 2/0, la distancia del transformador al panel del pozo es de 35 m, aplicando la fórmula de caída de tensión $E\% = (2 \times L \times I) / (S \times V_f)$, para $S = 67.43 \text{ mm}^2$, $E\% = 0.46\%$ de caída de tensión, por lo que el cable es adecuado.
- Para calcular el flipon adecuado aplicamos la siguiente fórmula $I = IFL \times 1.5$, entonces $I = 47.4 \times 1.5 = 71.15 \text{ A}$, comercialmente no hay flipon de 71.15 A, se puede instalar un flipon de 3x80 A, actualmente tiene instalado uno de 3x125 A.
- No tiene fusibles de protección, debería tener fusibles de elemento dual con retardo de tiempo aplicando la fórmula $I = I_{\max}(F.S.) \times 1.25$, entonces, $I = 47.4 \times 1.25 = 59.25 \text{ A}$, comercialmente no hay este tipo de fusibles, el más cercano es de 3x60 A. Actualmente no tiene instalados fusibles.
- La condición del tablero es buena, falta ordenar, limpiar e identificar cables, los cables de control son #12 y/o #14, adecuados para este fin.
- Supresor de picos no conectado a tierra física por lo que no ejerce ninguna protección al equipo.
- Se recomienda instalar un supresor de transientes nuevo para drenar perturbaciones eléctricas.
- Las Protecciones de alto voltaje y bajo voltaje ajustadas a 10% c/u, protección por pérdida de fase, fase invertida.
- Tiene instalado un retardo de tiempo para que el motor arranque cada 12 minutos al activarse alguna de las Protecciones arriba enumeradas.
- Se recomienda instalar un sistema de tierras con un resistencia menor o igual a 2 ohm, con su caja de registro para mediciones posteriores de ohmios.
- Se recomienda aterrizar a tierra el motor y tablero eléctrico.

Tabla XII. **Pozo Panorámica del Frutal**

AISLAMIENTO DEVANADO MOTOR	75	75	75	Mohm
RESISTENCIA DEVANADO MOTOR	0,5	0,5	0,5	Ohm
VOLTAJE OPERACIÓN MOTOR	463	466	462	V
AMPERAJE MOTOR	70,7	71,3	70,5	A
FACTOR DE POTENCIA ACTUAL	0,9472			
AMPERAJE BANCO CAPACITORES	21,3	22,1	21,4	A
CAPACITOR (KVAR)	3X15, 480 V			
FACTOR DE POTENCIA DESEADO	NO NECESITA			
%V DESBALANCE DE VOLTAJE	0,5			
%I DESBALANCE DE CORRIENTE	0,66			
CAPACIDAD DEL ARRANCADOR (HP)	50			
POTENCIA MOTOR (KW)	37			
MOTOR (HP)	50			
FACTOR DE SERVICIO MOTOR (S.F)	1,15			
CORRIENTE MOTOR CON SF 1,15 (A)	78,1			
CORRIENTE NORMAL MOTOR SIN SF (A)	68,1			
PROTECCIÓN TERMICA (A)	76			
DISTANCIA DE MOTOR - ARRANCADOR (m)	156			
CABLE QUE VA A MOTOR	#4			
CABLE DE ACOMETIDA	#2/0			
TIPO DE CONEXIÓN	Y/D ATERRIZADO			
BANCO DE TRANSFORMADORES (KVA)	3X25			
ACOMETIDA	TRIFASICA 460V			
FLIPÓN (A)	3X150			
FUSIBLES (A)	3X200			
CONDICIÓN FÍSICA TABLERO PRINCIPAL	ORDENAR CABLES			
SUPRESOR DE PICOS O TRANSIENTES	SI TIENE			
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	NO TIENE			
TIERRA FÍSICA (Ohm)	1,5			
VOLTAJE DE OPERACIÓN DEL MOTOR (V)	460			

Continuación de la tabla XII.

10% PROTECCIÓN ALTO VOLTAJE (V)	506
10% PROTECCIÓN BAJO VOLTAJE (V)	414
PROTECCIÓN PÉRDIDA DE FASE	SI TIENE
PROTECCIÓN FASE INVERTIDA	SI TIENE
PROTECCIÓN DE TIEMPO DESPUÉS DE FALLA (SEGUNDOS)	720
ARRANCADOR DIGISTART	
BAJA CARGA	65 %
SOBRECARGA	110 %
FASES INVERTIDAS	ACTIVADO
BAJO VOLTAJE	90 %
ALTO VOLTAJE	110 %
ARRANQUES CONSECUTIVOS	NO
ENTRE ARRANQUES	20 MINUTOS
ROTOR BLOQUEADO	ACTIVADO
FALLA MICRO CORTE	ACTIVADO
RAMPA DE ARRANQUE	3 SEGUNDOS
RAMPA DE APAGADO	3 SEGUNDOS

DESBALANCE DE CORRIENTE			DESBALANCE DE VOLTAJE		
I _{prom}	70,83	A	V _{prom}	463,67	V
I _{f1}	0,13	A	V _{f1}	0,67	V
I _{f2}	0,47	A	V _{f2}	2,33	V
I _{f3}	0,33	A	V _{f3}	1,67	V
%I	0,0066		%V	0,005	
I (100%)	0,66		V (100 %)	0,5	

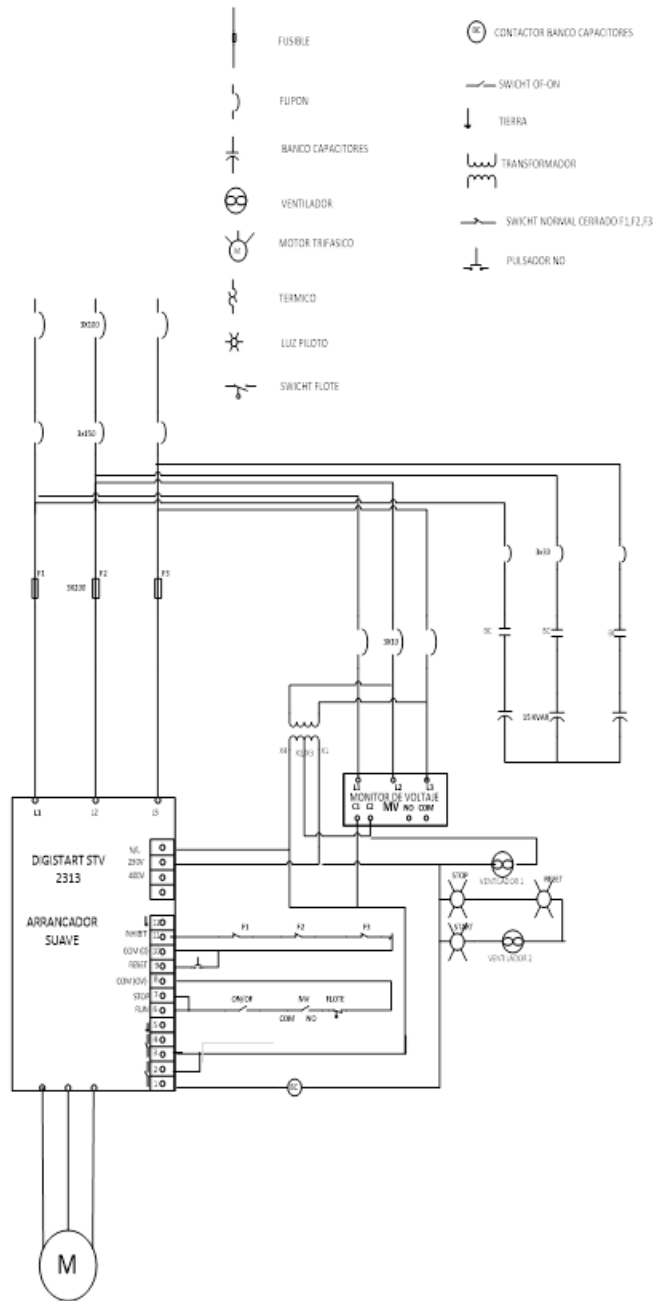
Continuación de la tabla XII.

CAÍDA DE TENSIÓN		
CAÍDA DE TENSIÓN	3 %	5 %
ÁREA CABLE mm ²	38,18	22,91
CABLE	#1/0	#2

CABLE 3 FASES, PLANO PARA BOMBA SUMERGIBLE 600V/75°C			
	ÁREA mm ²	# hilos	A
#6	13,3	266	65
#4	21,15	420	85
#2	33,62	665	115
#1/0	53,48	1064	150
#2/0	67,43	1323	175

Fuente: elaboración propia.

Figura 16. **Panorámica del Frutal**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

2.6.8. Diagnóstico de cables pozo Panorámica del Frutal

El cable instalado actualmente es un #4 con una capacidad de 85 amperios, aplicando la fórmula de caída de tensión para un sistema trifásico conexión delta:

$$S = \frac{2 \times 3 \times L \times I}{E\% \times V_f}$$

S= sección del conductor en mm²

L=longitud del arrancador a motor (dato en tabla), en metros

I= corriente máxima del motor (dato en tabla) , pero $I = I_{max} \times 1,25$, según NEC

E%= porcentaje de caída de tensión en terminales de motor 5 %

V_f= voltaje de fase (dato en tabla)

S= 22,91 mm²

De la tabla de cable sumergible tenemos:

Cable #4-----21,15 mm²

Cable #2-----33,62 mm²

De los anterior se puede inferir que un cable #2 con área de 33,62 mm² es el adecuado para el motor.

2.6.8.1. Diagnóstico de tierras físicas

Tiene instalado un buena tierra física 1,5 Ohm, sistema Massatierra.

2.6.8.2. Diagnóstico de aislamiento del bobinado de motor

Las lecturas con un medidor de aislamiento (megóhmetro) para ver el aislamiento de los bobinados del motor aplicando un voltaje de 1000 V son:

L1= 75 MΩ

L2= 75 MΩ

L3= 75 MΩ

Motor nuevo (motor y líneas).....200 MΩ o más
Motor usado que puede ser reinstalado en el pozo (motor y líneas)10 MΩ o más
Motor nuevo (motor en pozo más cable).....2 MΩ o más
Motor en buenas condiciones (motor en pozo más cable).....0,5-2 MΩ
Daño en el aislamiento, localizar y reparar.....menos de 0,5 MΩ

Como se puede apreciar que el aislamiento de este equipo es bueno para seguir operando para el conjunto cable-motor.

2.6.8.3. Diagnóstico de mantenimiento preventivo actual

No existe actualmente ningún programa de mantenimiento preventivo en el área eléctrica

2.6.8.4. Diagnóstico de las instalaciones eléctricas en general

Para calcular los KVA de un transformador trifásico para motor del pozo aplicamos la fórmula :

$$\text{KVA} = (3 \times V \times I) / 1\,000$$

V = voltaje aplicado al motor

I = corriente máxima del motor

De los datos de la tabla tenemos

$$\text{KVA} = 62,15$$

El transformador instalado es de 3x25 KVA (75 KVA), por lo que es adecuado para el motor del pozo.

- Sí el factor de potencia es menor a 0,9, Empresa Eléctrica de Guatemala lo penaliza, actualmente este equipo está trabajando con un factor de potencia 0,9472 por lo que no necesita corrección del mismo. Tiene instalado un banco capacitores de 3x15 KVAR.
- El desbalance de voltaje es 0,5 % y lo permitido 3 %, por lo cual no hay problema con el desbalance.
- Desbalance de corriente es 0,66 % y lo permitido 2 %, por lo cual no hay problema con el desbalance.
- La capacidad del arrancador suave es de 75 Hp, y tiene una carga de 50 Hp, lo adecuado es que el arrancador suave sea de 50 Hp, pero puede trabajar con el actual.
- La protección térmica del arrancador está ajustada a 76 A, el cual es un buen ajuste.

- Cable de acometida es #2/0, la distancia del transformador al panel del pozo es de 40 m, aplicando la fórmula de caída de tensión $E\% = (2 \times L \times I) / (S \times V_f)$, para $S = 67,43 \text{ mm}^2$, $E\% = 0,43 \%$ de caída de tensión, por lo que el cable es adecuado.
- Para calcular el flipón adecuado aplicamos la siguiente fórmula $I = I_{FL} \times 1,5$, entonces $I = 78,1 \times 1,5 = 117,15 \text{ A}$, comercialmente no hay flipón de 117,15 A, se puede instalar un flipón de 3x125 A, actualmente tiene instalado uno de esa capacidad.
- No tiene fusibles de protección, debería tener fusibles de elemento dual con retardo de tiempo aplicando la fórmula $I = I_{\max}(F.S.) \times 1,25$, entonces $I = 78,1 \times 1,25 = 97,63 \text{ A}$, comercialmente no hay este tipo de fusibles, el más cercano es de 3 x 100 A. Actualmente tiene instalados fusibles de 3 x 200 A.
- La condición del tablero es buena, falta ordenar, limpiar e identificar cables, hay componentes eléctricos y cables que utilizan cables de control #12 y/o #14, adecuados para este fin.
- Las protecciones de alto voltaje y bajo voltaje ajustadas a 10 % c/u, protección por pérdida de fase, fase invertida.
- Tiene instalado un retardador de tiempo para que el motor arranque cada 12 minutos al activarse alguna de las Protecciones arriba enumeradas.
- Se recomienda hacer un arreglo al circuito de control en lo referente a las luces pilotos de *start*, *stop*, *reset*, y ventilador #2.

Tabla XIII. **Pozo Planes I**

AISLAMIENTO DEVANADOS MOTOR	0,8	0,8	0,8	Mohm	1000 V
RESISTENCIA DEVANADOS MOTOR	0,5	0,5	0,5	Ohm	
VOLTAJE OPERACIÓN MOTOR	463	462	465	V	
AMPERAJE MOTOR	35,4	35,8	35	A	
FACTOR DE POTENCIA ACTUAL	0,873				
AMPERAJE BANCO CAPACITORES	12	12,1	12	A	
CONDENSADOR (KVAR)	3X10, 480V, NECESITA OTRO BANCO DE 3X20 KVAR, PARA CORREGIR EL F.P.				
FACTOR DE POTENCIA DESEADO	0,95				
% V DESBALANCE DE VOLTAJE	0,36				
% I DESBALANCE DE CORRIENTE	1,13				
CAPACIDAD DEL ARRANCADOR, CONTACTOR (A)	90				
POTENCIA MOTOR (KW)	22				
MOTOR (HP)	30				
FACTOR DE SERVICIO MOTOR (S,F)	1,15				
CORRIENTE MOTOR CON SF 1,15 (A)	45,2				
CORRIENTE NORMAL MOTOR SIN SF (A)	39,5				
PROTECCIÓN TERMICA MOTOR (A)	84,6				
DISTANCIA DE MOTOR - ARRANCADOR (m)	186				
CABLE QUE VA A MOTOR	#2				
CABLE DE ACOMETIDA	#2/0				
TIPO DE CONEXIÓN	Y/D ATERRIZADO				
BANCO DE TRANSFORMADORES (KVA)	3X25				
ACOMETIDA	TRIFASICA 460 V				
FLIPÓN PRINCIPAL (A)	3X125				
FUSIBLES (A)	NO TIENE				
CONDICIÓN FÍSICA TABLERO PRINCIPAL	ORDENAR CABLES, CAMBIAR TABLERO				
SUPRESOR DE PICOS O TRANSIENTES	SI TIENE, NO CONECTADA A TIERRA				
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	NO TIENE				
TIERRA FÍSICA (Ohm)	NO TIENE				

Continuación de la tabla XIII.

VOLTAJE DE OPERACIÓN DEL MOTOR (V)	460
10 % PROTECCIÓN ALTO VOLTAJE (V)	506
10 % PROTECCIÓN BAJO VOLTAJE (V)	414
PROTECCIÓN PÉRDIDA DE FASE	SI TIENE
PROTECCIÓN FASE INVERTIDA	SI TIENE
PROTECCIÓN DE TIEMPO DESPUÉS DE FALLA (SEGUNDOS)	720

DESBALANCE DE CORRIENTE			DESBALANCE DE VOLTAJE		
I _{prom}	35,4	A	V _{prom}	463,33	V
I _{f1}	0	A	V _{f1}	0,33	V
I _{f2}	0,4	A	V _{f2}	1,33	V
I _{f3}	0,4	A	V _{f3}	1,67	V
%I	0,0113		%V	0,0036	
I(100 %)	1,13		V(100 %)	0,36	

FACTOR DE POTENCIA CORREGIDO	
51,9	KW INICIAL
0,873	F.P INICIAL
59,45	KVA INICIAL
29	KVAR INICIAL
51,9	KW FINAL
0,95	F.P DESEADO
54,63	KVA FINAL
17,06	KVAR FINAL
15	KVAR, CAPACITOR REQUERIDO PARA MEJORAR EL F.P.

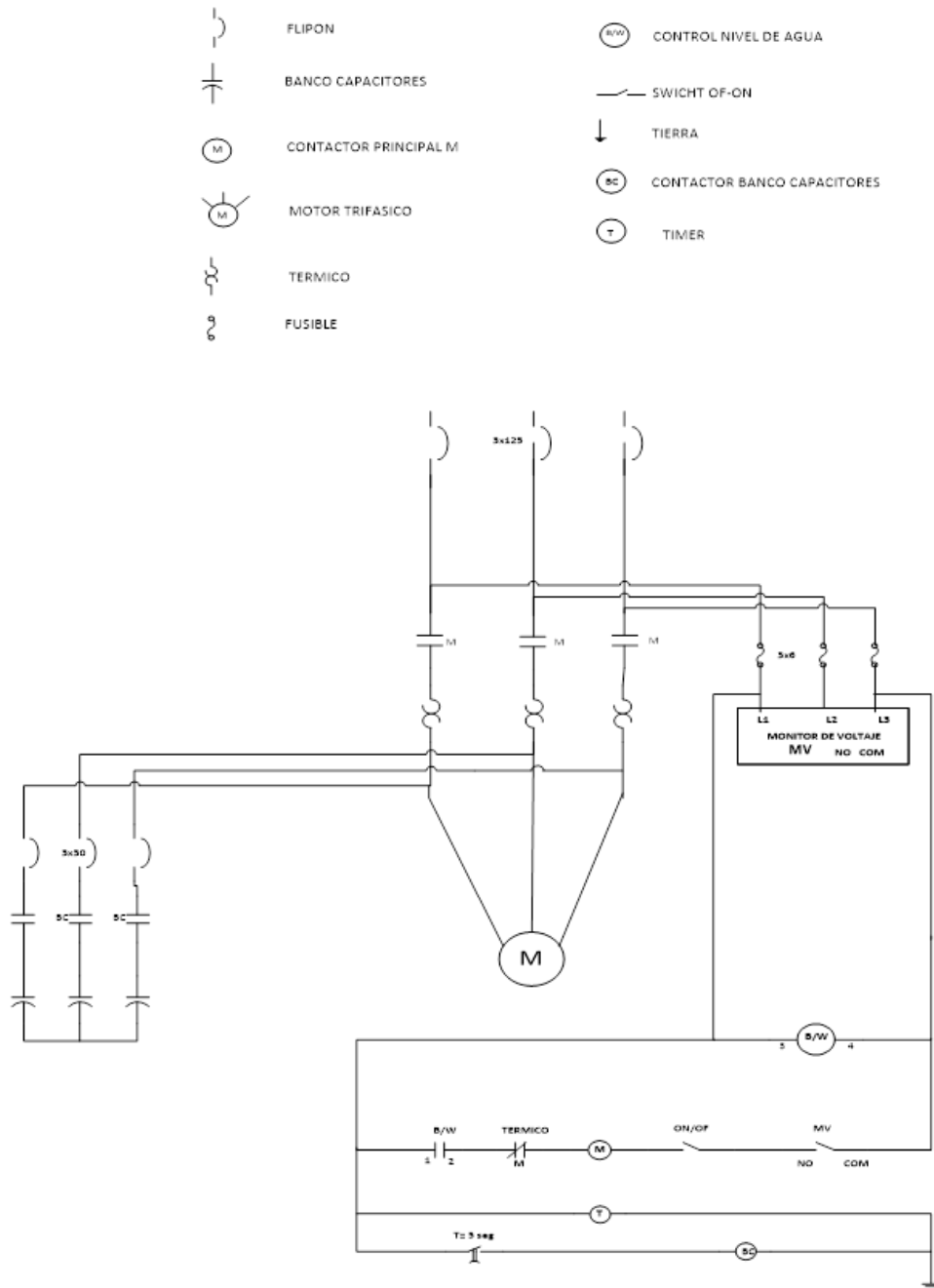
Continuación de la tabla XIII.

CAIDA DE TENSIÓN		
CAÍDA DE TENSIÓN	3 %	5 %
ÁREA CABLE mm ²	26,34	15,8
CABLE	#2	#4

CABLE 3 FASES, PLANO PARA BOMBA SUMERGIBLE 600V/75°C			
	ÁREA mm ²	# hilos	A
#6	13,3	266	65
#4	21,15	420	85
#2	33,62	665	115
#1/0	53,48	1064	150
#2/0	67,43	1323	175

Fuente: elaboración propia.

Figura 17. Pozo Planes I diagrama Unifilar



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

2.6.9. Diagnóstico de los cables pozo Planes I

El cable instalado actualmente es un #2 con una capacidad de 115 amperios, aplicando la fórmula de caída de tensión para un sistema trifásico conexión delta:

$$S = 2 \times 3 \times L \times I$$

$$E\% \times V_f$$

S= sección del conductor en mm²

L=longitud del arrancador a motor (dato en tabla), en metros

I= corriente máxima del motor (dato en tabla) , pero $I = I_{max} \times 1,25$, según

NEC

E%= porcentaje de caída de tensión en terminales de motor 5 %

Vf= voltaje de fase (dato en tabla)

$$S= 15,80 \text{ mm}^2$$

De la tabla de cable sumergible tenemos:

Cable #6-----13,3 mm²

Cable #4-----21,15 mm²

De los anterior se puede inferir que un cable #4 con área de 21,15 mm² es el adecuado. El motor puede trabajar con el cable actual #2 de 33,62 mm².

2.6.9.1. Diagnóstico de tierras físicas

No tiene instalado un sistema de tierra física.

2.6.9.2. Diagnóstico de aislamiento del bobinado de motor

Las lecturas con un medidor de aislamiento (megóhmetro) para ver el aislamiento de los bobinados del motor aplicando un voltaje de 1 000 V son:

L1= 0,8 MΩ

L2= 0,8 MΩ

L3= 0,8 MΩ

Motor nuevo (motor y líneas).....200 MΩ o más
Motor usado que puede ser reinstalado en el pozo (motor y líneas)10 MΩ o más
Motor nuevo (motor en pozo más cable).....2 MΩ o más
Motor en buenas condiciones (motor en pozo más cable).....0,5-2 MΩ
Daño en el aislamiento, localizar y reparar.....menos de 0,5 MΩ

Como se puede apreciar que el aislamiento de este equipo es bueno para seguir operando para el conjunto cable-motor. Se recomienda verificar el aislamiento cada 6 meses.

2.6.9.3. Diagnóstico de mantenimiento preventivo actual

No existe actualmente ningún programa de mantenimiento preventivo en el área eléctrica

2.6.9.4. Diagnóstico de las instalaciones eléctricas en general

Para calcular los KVA de un transformador trifásico para motor del pozo aplicamos la fórmula :

$$KVA = \sqrt{3} \times V \times I / 1000$$

V = voltaje aplicado al motor

I = corriente máxima del motor

De los datos de la tabla tenemos

$$KVA = 35,97$$

El transformador instalado es de 3x25 (75 KVA), este transformador es compartido por el pozo

- Planes #1 y Planes #2, la suma de ambos pozos es $35,97+49,02=84,99$ KVA, se recomienda cambiar el banco a 3x50 KVA (150 KVA), para evitar alguna posible saturación de los transformadores en un futuro.
- Sí el factor de potencia es menor a 0,9, Empresa Eléctrica de Guatemala lo penaliza, actualmente este equipo está trabajando con un factor de potencia 0,873 por lo que necesita corrección del mismo. Tiene instalado un banco de capacitores de 3x10 KVAR. Para llevar el factor de potencia a 0,95 hay que agregar un banco de capacitores de 15 KVAR, este cálculo se realizó según procedimiento del apartado para la corrección del factor de potencia.
- El desbalance de voltaje es 0,36 % y lo permitido 3 %, por lo cual no hay problema con el desbalance

- Desbalance de corriente es 1,13 % lo permitido 2 %, por lo cual no hay problema con el desbalance.
- La capacidad del arrancador (contactor, Nema 3 = 90 A) 90 A, y tiene una carga de 30 Hp (45,2 A), el contactor adecuado es un Nema 2 = 45 A.
- La protección térmica del arrancador está ajustada a 84,6 A, el cual es un ajuste muy alto para este motor, el ajuste adecuado debería estar en 43,45 A.
- Cable de acometida es #2/0, la distancia del transformador al panel del pozo es de 15 m, aplicando la fórmula de caída de tensión $E\% = (2 \times L \times I) / (S \times V_f)$, para $S = 67,43 \text{ mm}^2$, $E\% = 0,09 \%$ de caída de tensión, por lo que el cable es adecuado.
- Para calcular el flipon adecuado aplicamos la siguiente fórmula $I = IFL \times 1,5$, entonces $I = 45,2 \times 1,5 = 67,8 \text{ A}$, comercialmente no hay flipón de 67,8 A, se puede instalar un flipón de 3x70 A, actualmente tiene instalado uno de 3x125 A.
- No tiene fusibles de protección, debería tener fusibles de elemento dual con retardo de tiempo aplicando la fórmula $I = I_{\max}(F.S.) \times 1,25$, entonces $I = 45,2 \times 1,25 = 56,5 \text{ A}$, comercialmente no hay este tipo de fusibles, el más cercano es de 3x60 A. Actualmente no tiene instalados fusibles.
- El tablero está en malas condiciones, falta ordenar, limpiar e identificar cables, hay componentes eléctricos y cables que no se utilizan, los cables de control son #12 y /o #14, adecuados para este fin.
- Supresor de picos no conectado a tierra física por lo que no ejerce ninguna protección al equipo.
- Se recomienda instalar supresores de transientes nuevo para drenar perturbaciones eléctricas.
- Las protecciones de alto voltaje y bajo voltaje ajustadas a 10 % c/u, protección por pérdida de fase, fase invertida.

- Tiene instalado un retardo de tiempo para que el motor arranque cada 12 minutos al activarse alguna de las protecciones arriba enumeradas.
- Se recomienda la instalación del banco de capacitores (tablero independiente) localización A de acuerdo al apartado de instalación de banco de capacitores.

Tabla XIV. **Pozo Planes 2**

AISLAMIENTO DEVANADOS MOTOR	0,6	0,6	0,6	Mohm	1000 V
RESISTENCIA DEVANADOS MOTOR	0,6	0,6	0,6	Ohm	
VOLTAJE OPERACIÓN MOTOR	460	462	460	V	
AMPERAJE MOTOR	44,5	44	43	A	
FACTOR DE POTENCIA ACTUAL	0,9352				
AMPERAJE BANCO CAPACITORES	12,3	12,3	12,1	A	
CONDENSADOR	3X10 KVAR, 480 V				
FACTOR DE POTENCIA DESEADO	NO NECESITA				
%V DESBALANCE DE VOLTAJE	0,29				
%I DESBALANCE DE CORRIENTE	1,9				
CAPACIDAD DEL ARRANCADOR, CONTACTOR (A)	90				
POTENCIA MOTOR (KW)	30				
MOTOR (HP)	40				
FACTOR DE SERVICIO MOTOR (S,F)	1,15				
CORRIENTE MOTOR CON SF 1,15 (A)	61,6				
CORRIENTE NORMAL MOTOR SIN SF (A)	54,9				
PROTECCIÓN TÉRMICA (A)	62,2				
DISTANCIA DE MOTOR - ARRANCADOR (m)	210				
CABLE QUE VA A MOTOR	#2				
CABLE DE ACOMETIDA	#2/0				
TIPO DE CONEXIÓN	Y/D ATERRIZADO				
BANCO DE TRANSFORMADORES (KVA)	3 X 25 KVA				
ACOMETIDA	TRIFASICA 460V				
FLIPÓN (A)	3 X125				
FUSIBLES (A)	NO TIENE				

Continuación de la tabla XIV.

CONDICIÓN FÍSICA TABLERO PRINCIPAL	ORDENAR CABLES, CAMBIAR TABLERO
SUPRESOR DE PICOS O TRANSIENTES	SI TIENE, NO CONECTADA A TIERRA
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	NO TIENE
TIERRA FÍSICA (Ohm)	NO TIENE
VOLTAJE DE OPERACIÓN DEL MOTOR (V)	460
10 % PROTECCIÓN ALTO VOLTAJE (V)	506
10 % PROTECCIÓN BAJO VOLTAJE (V)	414
PROTECCIÓN PÉRDIDA DE FASE	SI TIENE
PROTECCIÓN FASE INVERTIDA	SI TIENE
PROTECCIÓN DE TIEMPO DESPUÉS DE FALLA (SEGUNDOS)	720

DESBALANCE DE CORRIENTE			DESBALANCE DE VOLTAJE		
I _{prom}	43,83	A	V _{prom}	460,67	V
I _{f1}	0,67	A	V _{f1}	0,67	V
I _{f2}	0,17	A	V _{f2}	1,33	V
I _{f3}	0,83	A	V _{f3}	0,67	V
%I	0,019		%V	0,0029	
I (100%)	1,9		V (100%)	0,29	

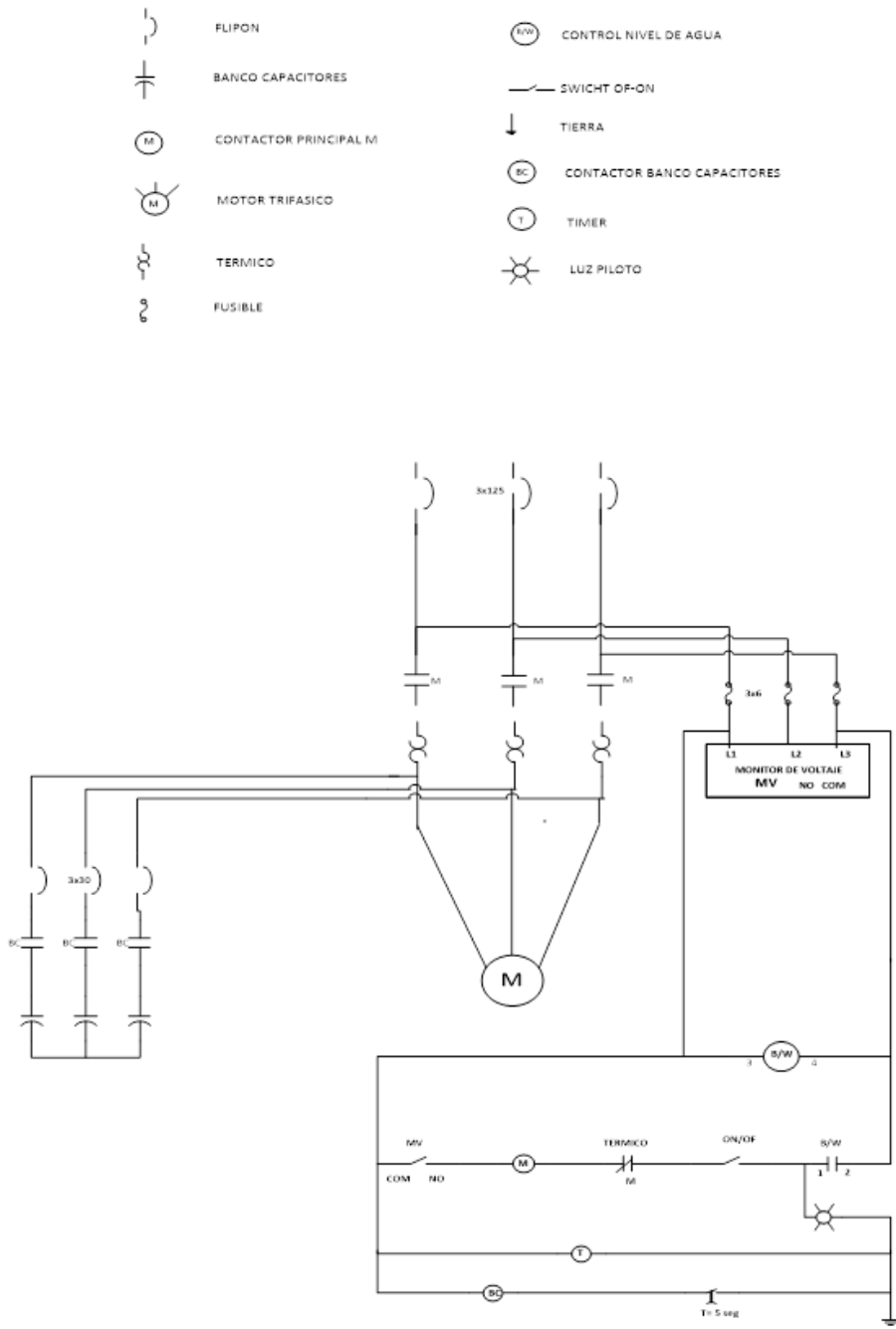
CAÍDA DE TENSIÓN		
CAÍDA DE TENSIÓN	3%	5%
ÁREA CABLE mm ²	40,54	24,32
CABLE	#1/0	#2

Continuación de la tabla XIV.

CABLE 3 FASES, PLANO PARA BOMBA SUMERGIBLE 600V/75°C			
	ÁREA mm ²	# hilos	A
#6	13,3	266	65
#4	21,15	420	85
#2	33,62	665	115
#1/0	53,48	1064	150
#2/0	67,43	1323	175

Fuente: elaboración propia.

Figura 18. Pozo Planes 2 diagrama Unifilar



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

2.6.10. Diagnóstico de los cables pozo Planes 2

El cable instalado actualmente es un #2 con una capacidad de 115 amperios, aplicando la fórmula de caída de tensión para un sistema trifásico conexión delta:

$$S = \frac{2 \times \sqrt{3} \times L \times I}{E\% \times V_f}$$

S= sección del conductor en mm²

L=longitud del arrancador a motor (dato en tabla), en metros

I= corriente máxima del motor (dato en tabla) , pero $I = I_{max} \times 1,25$, según
NEC

E%= porcentaje de caída de tensión en terminales de motor 5 %

V_f= voltaje de fase (dato en tabla)

$$S = 24,32 \text{ mm}^2$$

De la tabla de cable sumergible tenemos:

Cable #4-----21,15 mm²

Cable #2-----33,62 mm²

De los anterior se puede inferir que un cable #2 con área de 33,62 mm² es adecuado para el motor.

2.6.10.1. Diagnóstico de tierras físicas

No tiene instalado un sistema de tierra física.

2.6.10.2. Diagnóstico de aislamiento del bobinado de motor

Las lecturas con un medidor de aislamiento (megóhmetro) para ver el aislamiento de los bobinados del motor aplicando un voltaje de 1 000V son:

L1= 0,6 MΩ

L2= 0,6 MΩ

L3= 0,6 MΩ

Motor nuevo (motor y líneas).....200 MΩ o más
Motor usado que puede ser reinstalado en el pozo (motor y líneas)10 MΩ o más
Motor nuevo (motor en pozo más cable).....2 MΩ o más
Motor en buenas condiciones (motor en pozo más cable).....0,5-2 MΩ
Daño en el aislamiento, localizar y reparar.....menos de 0,5 MΩ

Como se puede apreciar que el aislamiento de este equipo es bueno para seguir operando para el conjunto cable-motor. Se recomienda verificar el aislamiento cada 3 meses por encontrarse en el límite inferior.

2.6.10.3. Diagnóstico de mantenimiento preventivo actual

No existe actualmente ningún programa de mantenimiento preventivo en el área eléctrica

2.6.10.4. Diagnóstico de las instalaciones eléctricas en general

Para calcular los KVA de un transformador trifásico para motor del pozo aplicamos la fórmula :

$$KVA = (3 \times V \times I) / 1000$$

V = voltaje aplicado al motor

I = corriente máxima del motor

De los datos de la tabla tenemos

$$KVA = 49,02$$

El transformador instalado es de 3x25(75 KVA), este transformador es compartido por el pozo

Planes #1 y Planes #2, la suma teórica de ambos pozos es $35,97+49,02=84,99$ KVA se recomienda cambiar el banco a 3x50 KVA (150 KVA), para evitar saturación de los transformadores

- Sí el factor de potencia es menor a 0,9, Empresa Eléctrica de Guatemala lo penaliza. Actualmente, este equipo está trabajando con un factor de

potencia 0,9352 por lo que no necesita corrección del mismo. Tiene instalado un banco de capacitores de 3x10 KVAR.

- El desbalance de voltaje es 0,29 % y el permitido 3 %, por lo cual no hay problema con el desbalance.
- Desbalance de corriente es 1,90 % y lo permitido 2 %, por lo cual no hay problema con el desbalance.
- La capacidad del arrancador (contactor, Nema 3 = 90 A) 90 A, y tiene una carga de 40 Hp (61,6 A), el arrancador actual es adecuado para esta carga.
- La protección térmica del arrancador está ajustada a 62,2 A, debería estar ajustado a 60,39 A.
- Cable de acometida es #2/0, la distancia del transformador al panel del pozo es de 15 m, aplicando la fórmula de caída de tensión $E\% = (2 \times L \times I) / (S \times V_f)$, para $S = 67,43 \text{ mm}^2$, $E\% = 0,12\%$ de caída de tensión, por lo que el cable es adecuado.
- Para calcular el flipón adecuado aplicamos la siguiente fórmula $I = IFL \times 1,5$, entonces $I = 61,6 \times 1,5 = 92,4 \text{ A}$, comercialmente no hay flipón de 92,4 A, se puede instalar un flipón de 3x100 A, actualmente tiene instalado uno de 3x125 A.
- No tiene fusibles de protección, debería tener fusibles de elemento dual con retardo de tiempo aplicando la fórmula $I = I_{\max}(F.S.) \times 1,25$, entonces, $I = 61,6 \times 1,25 = 77 \text{ A}$, comercialmente no hay este tipo de fusibles, el más cercano es de 3x90 A. Actualmente no tiene instalados fusibles.
- El tablero está en malas condiciones, falta ordenar, limpiar e identificar cables, hay componentes eléctricos y cables que no se utilizan, los cables de control son #12 y /o #14, adecuados para este fin.
- Supresor de picos no conectado a tierra física por lo que no ejerce ninguna protección al equipo.

- Se recomienda instalar supresores de transientes nuevo para drenar perturbaciones eléctricas.
- Las protecciones de alto voltaje y bajo voltaje ajustadas a 10 % c/u, protección por pérdida de fase, fase invertida.
- Tiene instalado un retardo de tiempo para que el motor arranque cada 12 minutos al activarse alguna de las protecciones arriba enumeradas.
- Se recomienda la instalación del banco de capacitores (tablero independiente), localización A de acuerdo al apartado de instalación de banco de capacitores.

Tabla XV. **Pozo Monte María**

AISLAMIENTO DEVANADOS MOTOR	7,5	7,5	7,5	Mohm	1000 V
RESISTENCIA DEVANADOS MOTOR	0,4	0,4	0,4	Ohm	
VOLTAJE OPERACIÓN MOTOR	476	481	476	V	
AMPERAJE MOTOR	55,3	54,1	55,7	A	
FACTOR DE POTENCIA ACTUAL	0,9656				
AMPERAJE BANCO CAPACITORES	NO TIENE			A	
CONDENSADOR (KVAR)	NO TIENE				
FACTOR DE POTENCIA DESEADO	NO NECESITA				
% DESBALANCE DE VOLTAJE	0,7				
%I DESBALANCE DE CORRIENTE	1,7				
CAPACIDAD DEL ARRANCADOR	50 HP, VARIADOR DE FRECUENCIA, 460V				
POTENCIA MOTOR (KW)	37				
MOTOR (HP)	50				
FACTOR DE SERVICIO MOTOR (S.F)	1,15				
CORRIENTE MOTOR CON SF 1,15 (A)	78,1				
CORRIENTE NORMAL MOTOR SIN SF (A)	68,1				
PROTECCIÓN TERMICA (A)	81,72				
DISTANCIA DE MOTOR - ARRANCADOR (m)	234				
CABLE QUE VA A MOTOR	#2				
CABLE DE ACOMETIDA	#2/0				

Continuación de la tabla XV.

TIPO DE CONEXIÓN	Y/D ATERRIZADO
BANCO DE TRANSFORMADORES (KVA)	3X50 KVA
ACOMETIDA	TRIFASICA 460 V
FLIPON (A)	3X100
FUSIBLES (A)	3X200
CONDICIÓN FÍSICA TABLERO PRINCIPAL	BUEN ESTADO
SUPRESORES DE PICO O TRANSIENTES	SI TIENE, NO CONECTADO A TIERRA
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	NO TIENE
TIERRA FISICA (Ohm)	NO TIENE
VOLTAJE DE OPERACIÓN DEL MOTOR (V)	460
10 % PROTECCIÓN ALTO VOLTAJE (V)	506
10 % PROTECCIÓN BAJO VOLTAJE (V)	414
PROTECCIÓN PÉRDIDA DE FASE	SI TIENE
PROTECCIÓN FASE INVERTIDA	SI TIENE
PROTECCIÓN DE TIEMPO DESPUES DE FALLA (SEG)	720

DESBALANCE DE CORRIENTE			DESBALANCE DE VOLTAJE		
I _{prom}	55,03	A	V _{prom}	477,67	V
I _{f1}	0,27	A	V _{f1}	1,67	V
I _{f2}	0,93	A	V _{f2}	3,33	V
I _{f3}	0,67	A	V _{f3}	1,67	V
%I	0,017		%V	0,007	
I (100%)	1,7		V(100%)	0,7	

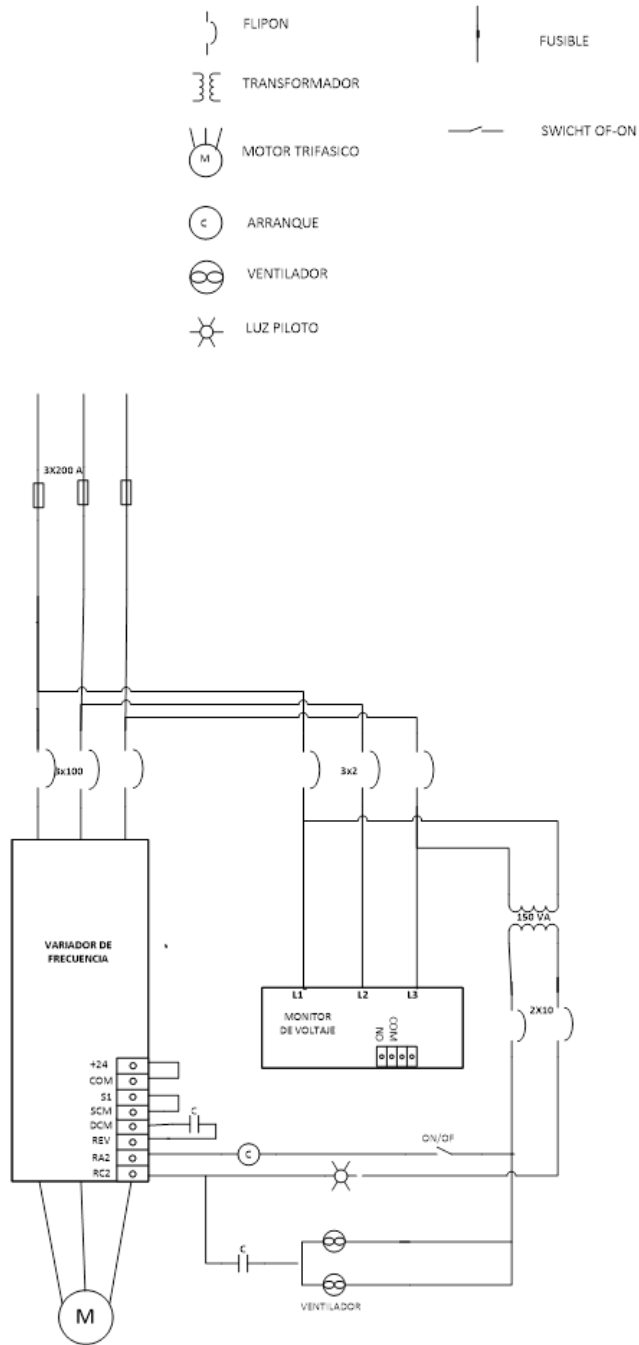
CAÍDA DE TENSIÓN		
CAÍDA DE TENSIÓN	3 %	5 %
ÁREA CABLE mm ²	57,27	34,36
CABLE	#2/0	#1/0

Continuación de la tabla XV.

CABLE 3 FASES, PLANO PARA BOMBA SUMERGIBLE 600V/75°C			
	ÁREA mm ²	# hilos	A
#6	13,3	266	65
#4	21,15	420	85
#2	33,62	665	115
#1/0	53,48	1064	150
#2/0	67,43	1323	175

Fuente: elaboración propia.

Figura 19. **Pozo Monte María diagrama Unifilar**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

2.6.11. Diagnóstico de los cables pozo Monte María

El cable instalado actualmente es un #2 con una capacidad de 115 amperios, aplicando la fórmula de caída de tensión para un sistema trifásico conexión delta:

$$S = \frac{2 \times \sqrt{3} \times L \times I}{E\% \times V_f}$$

S= sección del conductor en mm²

L=longitud del arrancador a motor (dato en tabla), en metros

I= corriente máxima del motor (dato en tabla) , pero $I = I_{max} \times 1,25$, según
NEC

E%= porcentaje de caída de tensión en terminales de motor 5 %

V_f= voltaje de fase (dato en tabla)

$$S = 34,36 \text{ mm}^2$$

De la tabla de cable sumergible tenemos:

Cable #4-----33,62 mm²

Cable #2-----55,48 mm²

De los anterior se puede inferir que un cable #2 con área de 53,48 mm² es adecuado para el motor.

2.6.11.1. Diagnóstico de tierras físicas

No tiene instalado un sistema de tierra física.

2.6.11.2. Diagnóstico de aislamiento del bobinado de motor

Las lecturas con un medidor de aislamiento (megóhmetro) para ver el aislamiento de los bobinados del motor aplicando un voltaje de 1 000V son:

L1= 7,5 MΩ

L2= 7,5 MΩ

L3= 7,5 MΩ

Motor nuevo (motor y líneas).....200 MΩ o más
Motor usado que puede ser reinstalado en el pozo (motor y líneas)10 MΩ o más
Motor nuevo (motor en pozo más cable).....2 MΩ o más
Motor en buenas condiciones (motor en pozo más cable).....0,5-2 MΩ
Daño en el aislamiento, localizar y reparar.....menos de 0,5 MΩ

Como se puede apreciar que el aislamiento de este equipo es bueno para seguir operando para el conjunto cable-motor. Se recomienda verificar el aislamiento cada 3 meses por encontrarse en el límite inferior.

2.6.11.3. Diagnóstico de mantenimiento preventivo actual

No existe actualmente ningún programa de mantenimiento preventivo en el área eléctrica.

2.6.11.4. Diagnóstico de las instalaciones eléctricas en general

- Para calcular los KVA de un transformador trifásico para motor del pozo aplicamos la fórmula :

$$\text{KVA} = (\sqrt{3} \times V \times I) / 1\,000$$

V = voltaje aplicado al motor

I = corriente máxima del motor

De los datos de la tabla tenemos

$$\text{KVA} = 62,15$$

El transformador instalado es de 3x25(75 KVA), este transformador es compartido con dos bombas con motores de 25 Hp, 460 V, 34 A, de 27,05 KVA cada una de las cargas nos da la suma teórica de ambos pozos es $62,15 + 54,1 = 116,25$ KVA se recomienda cambiar el banco a 3x50 KVA (150 KVA), para evitar saturación de los transformadores transformador instalado s adecuado para esta aplicación.

- Sí el factor de potencia es menor a 0,9, la Empresa Eléctrica de Guatemala lo penaliza. Actualmente, este equipo está trabajando con un factor de potencia 0,9352 por lo que no necesita corrección del mismo.

- El desbalance de voltaje es 0,70 % y el permitido 3 %, por lo cual no hay problema con el desbalance.
- Desbalance de corriente es 1,70 % y lo permitido 2 %, por lo cual no hay problema con el desbalance.
- La capacidad del variador de frecuencia es para 50 Hp, y tiene un motor de 50 Hp el cual es adecuado para esta carga.
- La protección térmica del variador de frecuencia está ajustada a 81,72 A, debería estar ajustado a 74,91 A.
- Cable de acometida es #2/0, la distancia del transformador al panel del pozo es de 25 m, aplicando la fórmula de caída de tensión $E\% = (2 \sqrt{3} \times L \times I) / (S \times V_f)$, para $S = 67,43 \text{ mm}^2$, $E\% = 0,27\%$ de caída de tensión, por lo que el cable es adecuado.
- Para calcular el flipón adecuado aplicamos la siguiente fórmula $I = IFL \times 1,5$, entonces $I = 78,1 \times 1,5 = 117,15 \text{ A}$, comercialmente no hay flipón de 117,15 A, se puede instalar un flipón de 3x125 A, actualmente tiene instalado uno de 3x125 A.
- No tiene fusibles de protección, debería tener fusibles de elemento dual con retardo de tiempo aplicando la fórmula $I = I_{\max}(F.S.) \times 1,25$, entonces, $I = 78,1 \times 1,25 = 97,62 \text{ A}$, comercialmente no hay este tipo de fusibles, el más cercano es de 3x100 A. Actualmente tiene instalados fusibles de 3x125 A.
- No tiene fusibles de protección, debería tener fusibles de elemento dual con retardo de tiempo aplicando a fórmula $I = I_{\max}(F.S.) \times 1,25$, entonces, $I = 78,1 \times 1,25 = 97,62 \text{ A}$. Comercialmente no hay este tipo de fusibles, el más cercano es de 3 x 100 A. Actualmente tiene instalados fusibles de 3 x 200 A.
- El tablero está en buenas condiciones, identificar cables, los cables de control son #12 y/o #14, adecuados para este fin.

- Supresor de picos no conectado a tierra física por lo que no ejerce ninguna protección al equipo. Se recomienda instalar supresores de transientes nuevo para drenar perturbaciones eléctricas.
- Las protecciones de alto voltaje y bajo voltaje ajustadas a 10 % c/u, protección por pérdida de fase, fase invertida.
- No tiene instalado un retardo de tiempo para que el motor arranque cada 12 minutos al activarse alguna de las protecciones arriba enumeradas, por lo que el motor puede arrancar varias veces en un corto tiempo y sufrir una avería el mismo.
- Se recomienda habilita el monitor de voltaje, ya que el mismo esta averiado.
- Debido al variador de frecuencia y al hacer un análisis de armónicas de corriente según tabla de análisis de armónicos se puede ver la presencia de 5ta y 7ma armónicas, por lo que es necesario un filtro para evitar dichas armónicas, sobre todo de la 5ta armónica.
- De los datos recabados de la tabla de análisis de armónicas, se puede observar que las armónicas de voltaje están debajo de la tolerancia máxima del 8 %, por lo que se concluye que no hay problema con dichas armónicas.
- El variador de frecuencia es de 6 pulsos, en una futura ocasión cuando haya que sustituir dicho variador sería conveniente instalar uno de 12 o 18 pulsos, esto con el objetivo de atenuar los armónicos de corriente.

Tabla XVI. **Pozo Enriqueta 2**

Aislamiento devanados motor	1,5	1,5	1,5	Mohm	1000 V
Resistencia devanados motor	0,5	0,5	0,5	Ohm	
Voltaje operación motor	471	471	474	V	
Amperaje motor	44,5	45	45,2	A	
Factor de potencia actual	0,7816				

Continuación de la tabla XVI.

Amperaje banco capacitores	no tiene	A	
Condensador (kvar)	no tiene		
Factor de potencia deseado	0,95		
Capacitores para corregir f.p (kvar)	15		
%v desbalance de voltaje	0,42		
%i desbalance de corriente	0,89		
Capacidad del arrancador, contactor (a)	115		
Potencia motor (kw)	30		
Motor (hp)	40		
Factor de servicio motor (s.f)	1,15		
Corriente motor con sf 1,15 (a)	61,6		
Corriente normal motor sin sf (a)	54,9		
Protección térmica (a)	60,39		
Distancia de motor - arrancador (m)	228		
Cable que va a motor	#2		
Cable de acometida	#2/0		
Tipo de conexión	Y/D aterrizado		
Banco de transformadores (kva)	3X50		
Acometida	trifásica 460 V		
Flipón (a)	3X160		
Fusibles (a)	3X400		
Condición física tablero principal	buen estado		
Supresor de picos o transientes	si tiene, no conectado a tierra		
Mantenimiento preventivo	no tiene		
Tierra física (ohm)	460 OHM		
Voltaje de operación del motor (v)	460		
10 % protección alto voltaje (v)	506		
10 % protección bajo voltaje (v)	414		
Protección pérdida de fase	si tiene		
Protección fase invertida	si tiene		
Protección de tiempo después de falla (segundos)	720		

Continuación de la tabla XVI.

DESBALANCE DE CORRIENTE			DESBALANCE DE VOLTAJE		
Iprom	44,90	A	Vprom	472.00	V
If1	0,40	A	Vf1	1,00	V
If2	0,10	A	Vf2	1,00	V
If3	0,30	A	Vf3	2,00	V
%I	0,0089		%V	0,0042	
I (100%)	0,89		V (100 %)	0,42	

FACTOR DE POTENCIA CORREGIDO	
28,81	KW INICIAL
0,78	F.P INICIAL
36,86	KVA INICIAL
22,99	KVAR INICIAL
28,81	KW FINAL
0,95	F.P DESEADO
30,33	KVA FINAL
9,47	KVAR FINAL
15,00	KVAR, CAPACITOR REQUERIDO PARA MEJORAR EL F.P.

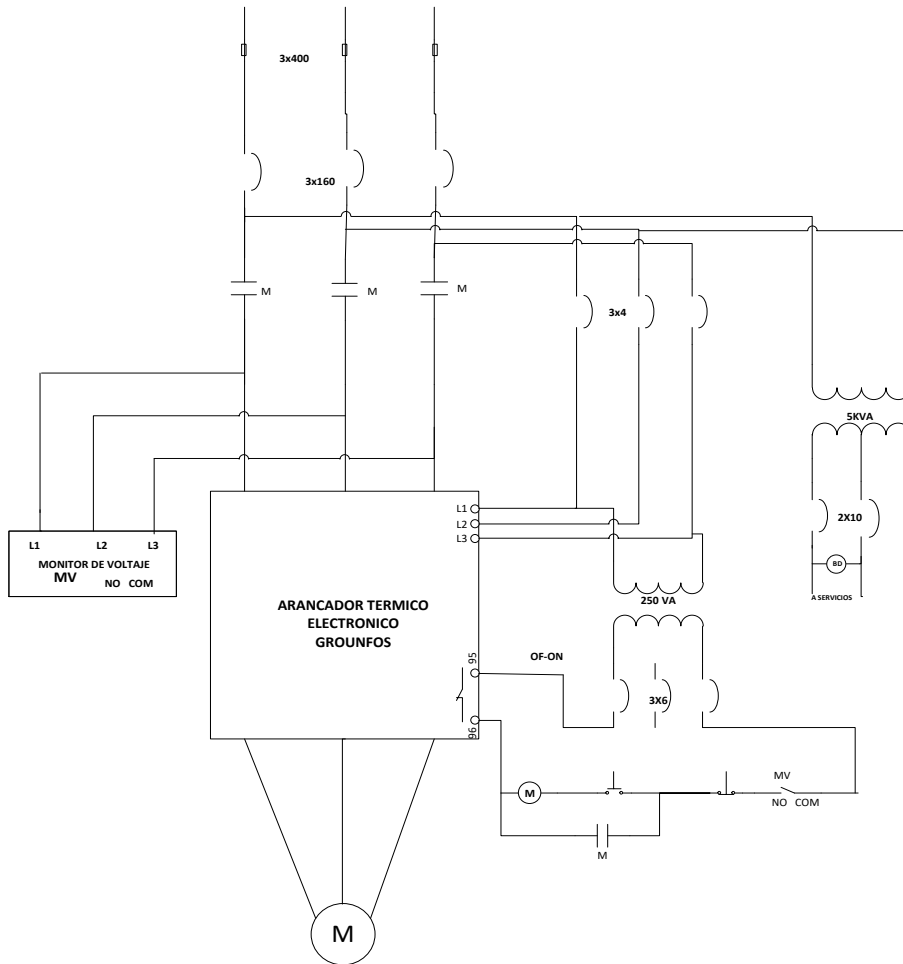
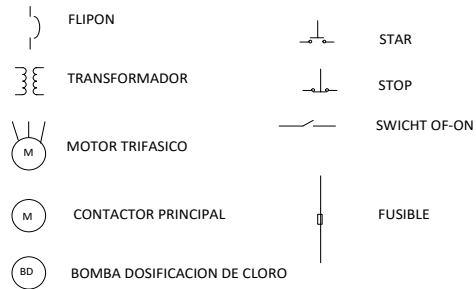
CAÍDA DE TENSIÓN		
CAÍDA DE TENSIÓN	3 %	5 %
ÁREA CABLE mm ²	44,01	26,41
CABLE	#1/0	#2

Continuación de la tabla XVI.

CABLE 3 FASES, PLANO PARA BOMBA SUMERGIBLE 600V/75°C			
	AREA mm ²	# hilos	A
#6	13,3	266	65
#4	21,15	420	85
#2	33,62	665	115
#1/0	53,48	1064	150
#2/0	67,43	1323	175

Fuente: elaboración propia.

Figura 20. Pozo Enriqueta 2 diagrama Unifilar



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

2.6.12. Diagnóstico de los cables pozo Enriqueta 2

El cable instalado actualmente es un #2 con una capacidad de 115 amperios, aplicando la fórmula de caída de tensión para un sistema trifásico conexión delta:

$$S = \frac{2 \times \sqrt{3} \times L \times I}{E\% \times V_f}$$

S= sección del conductor en mm²

L=longitud del arrancador a motor (dato en tabla), en metros

I= corriente máxima del motor (dato en tabla), pero $I = I_{max} \times 1,25$, según NEC

E%= porcentaje de caída de tensión en terminales de motor 5 %

V_f= voltaje de fase (dato en tabla)

$$S = 26,41 \text{ mm}^2$$

De la tabla de cable sumergible tenemos:

Cable #4-----21,15 mm²

Cable #2-----33,62 mm²

De los anteriores se puede inferir que un cable #2 con área de 33,62 mm² es adecuado para el motor.

2.6.12.1. Diagnóstico de tierras físicas

Tiene instalado un sistema de tierra física de 460 Ohm, el cual es muy alto, debería tener una tierra menor a 2 Ohm.

2.6.12.2. Diagnóstico de aislamiento del bobinado de motor

Las lecturas con un medidor de aislamiento (megóhmetro) para ver el aislamiento de los bobinados del motor aplicando un voltaje de 1000V son:

L1= 1.5 MΩ

L2= 1.5 MΩ

L3= 1.5 MΩ

Motor nuevo (motor y líneas).....200 MΩ o más

Motor usado que puede ser reinstalado en el pozo (motor y líneas).10 MΩ o más

Motor nuevo (motor en pozo más cable).....2 MΩ o más

Motor en buenas condiciones (motor en pozo más cable).....0,5-2 MΩ

Daño en el aislamiento, localizar y reparar.....menos de 0,5 MΩ

Como se puede apreciar el aislamiento de este equipo es bueno para seguir operando para el conjunto cable-motor.

2.6.13.3. Diagnóstico de mantenimiento preventivo actual

No existe actualmente ningún programa de mantenimiento preventivo en el área eléctrica.

2.6.12.4. Diagnóstico de las instalaciones eléctricas en general

- Para calcular los KVA de un transformador trifásico para motor del pozo aplicamos la fórmula :

$$KVA = (\sqrt{3} \times V \times I) / 1\ 000$$

V = voltaje aplicado al motor

I = corriente máxima del motor

De los datos de la tabla tenemos

$$KVA = 49,02$$

El transformador instalado es de 3x50 (150 KVA), a este transformador está conectado otro pozo con motor de 25 Hp, 29,84 KVA, la suma de $49,02 + 29,84 = 78$ KVA, por lo que el transformador instalado es adecuado para esta aplicación.

- Sí el factor de potencia es menor a 0,9, Empresa Eléctrica de Guatemala lo penaliza, actualmente este equipo está trabajando con un factor de potencia 0,7816 por lo que necesita corrección del mismo. Se debe instalar un banco de 3x15 KVAR para llevar el factor de potencia actual a 0,95, según procedimiento descrito en apartado de corrección de factor de potencia.
- El desbalance de voltaje es 0,42 % y el permitido 3 %, por lo cual no hay problema con el desbalance.
- Desbalance de corriente es 0,89 % lo permitido 2 %, por lo cual no hay problema con el desbalance.
- La capacidad del arrancador (contactor, norma IEC) es de 115 A, y tiene un motor de 40 Hp (61,6), se acostumbra en contactores IEC

sobredimensionar el contactor, el adecuado sería uno de 85 A, con el actual puede trabajar sin ningún problema.

- La protección térmica del arrancador está ajustada a 60,39 A, el cual podemos considerar un buen ajuste.
- Cable de acometida es #2/0, la distancia del transformador al panel del pozo es de 15 m, aplicando la fórmula de caída de tensión $E\% = (2\sqrt{3} \times L \times I) / (S \times V_f)$, para $S = 67,43 \text{ mm}^2$, $E\% = 0,13 \%$ de caída de tensión, por lo que el cable es adecuado.
- Para calcular el flipón adecuado aplicamos la siguiente fórmula $I = I_{FL} \times 1,5$, entonces $I = 61,6 \times 1,5 = 92,4 \text{ A}$, comercialmente no hay flipón de 92.4 A, se puede instalar un flipón de 3x100 A, actualmente tiene instalado uno de 3x160 A.
- No tiene fusibles de protección, debería tener fusibles de elemento dual con retardo de tiempo aplicando la fórmula $I = I_{max} (F.S.) \times 1,25$, entonces, $I = 61,6 \times 1,25 = 77 \text{ A}$, comercialmente no hay este tipo de fusibles, el más cercano es de 3x100 A. Actualmente tiene instalados fusibles de 3x400 A.
- El tablero está en buenas condiciones, limpiar e identificar cables, los cables de control son #12 y/o #14, adecuados para este fin.
- Tiene supresor de picos conectado a tierra física muy alta (460 ohm), por lo que no ejerce ninguna protección al equipo.
- Se recomienda instalar supresores de transientes nuevo para drenar perturbaciones eléctricas.
- Tiene un monitor de voltaje para protecciones de alto voltaje y bajo voltaje ajustadas a 10 % c/u, protección por pérdida de fase, fase invertida.
- El monitor de voltaje tiene incorporado un retardo para que el motor arranque cada 12 minutos al activarse alguna de las protecciones arriba enumeradas.

- Se recomienda la instalación del banco de capacitores (tablero independiente) localización A, de acuerdo al apartado de instalación de banco de capacitores.
- Se recomienda instalar un buena tierra física.

Tabla XVII. **Pozo San Miguelito 2**

Aislamiento devanados motor	12	12	12	Mohm	1000 V
Resistencia devanados motor	0,6	0,6	0,6	Ohm	
Voltaje operación motor	470	470	469	V	
Amperaje motor	56,5	56,4	57,3	A	
Factor de potencia actual	0,8066				
Amperaje banco capacitores	no tiene			A	
Factor de potencia deseado	0,95				
Capacitores para corregir f.p	15 KVAR				
%v desbalance de voltaje	0,14				
%i desbalance corriente	1,00				
Capacidad del arrancador, contactor (a)	90				
Potencia motor (kw)	37				
Motor (hp)	50				
Factor de servicio motor (s.f)	1,15				
Corriente motor con sf 1.15 (a)	78,1				
Corriente normal motor sin sf (a)	68,1				
Protección térmica (a)	77,1				
Distancia de motor - arrancador (m)	194				
Cable que va a motor	#2				
Cable de acometida	#2/0				
Tipo de conexión	Y/D aterrizado				
Banco de transformadores (kva)	3X25				
Acometida	trifásica 460 V				
Flipón (a)	3X150				
Fusibles (a)	no tiene				
Condición física tablero principal	buen estado				
Supresor de picos o transientes	si tiene, no conectado a tierra				
Mantenimiento preventivo	no tiene				
Tierra física (ohm)	no tiene				
Voltaje de operación del motor (v)	460				

Continuación de la tabla XVII.

10 % protección alto voltaje (v)	506
10 % protección bajo voltaje (v)	414
Protección pérdida de fase	si tiene
Protección fase invertida	si tiene
Protección de tiempo después de falla (segundos)	720

DESBALANCE DE CORRIENTE			DESBALANCE DE VOLTAJE		
I _{prom}	56,73	A	V _{prom}	469,67	V
I _{f1}	0,23	A	V _{f1}	0,33	V
I _{f2}	0,33	A	V _{f2}	0,33	V
I _{f3}	0,57	A	V _{f3}	0,67	V
%I	0,01		%V	0,0014	
I (100%)	1,00		V (100%)	0,14	

FACTOR DE POTENCIA CORREGIDO	
37,25	KW INICIAL
0,81	F.P INICIAL
46,18	KVA INICIAL
27,30	KVAR INICIAL
37,25	KW FINAL
0,95	F.P DESEADO
39,21	KVA FINAL
12,24	KVAR FINAL
15	KVAR, CAPACITOR REQUERIDO PARA MEJORAR EL F.P.

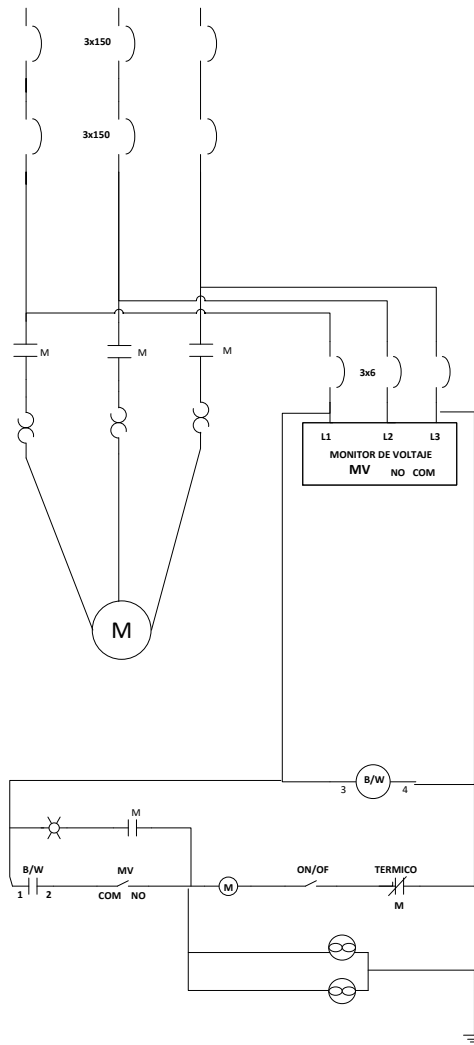
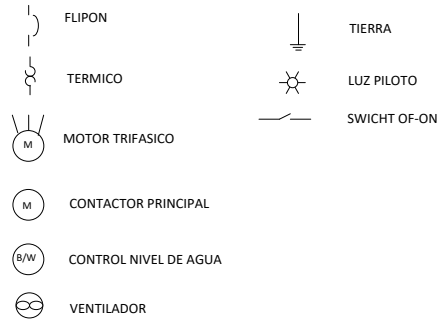
Continuación de la tabla XVII.

CAÍDA DE TENSIÓN		
	3 %	5 %
ÁREA mm ²	47,48	28,49
CABLE	#1/0	#2
V/EN MOTOR	456	447

CABLE 3 FASES, PLANO PARA BOMBA SUMERGIBLE 600V/75°C			
	ÁREA mm ²	# hilos	A
#6	13,3	266	65
#4	21,15	420	85
#2	33,62	665	115
#1/0	53,48	1 064	150
#2/0	67,43	1 323	175

Fuente: elaboración propia.

Figura 21. Pozo San Miguelito 2



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

2.6.13. Diagnóstico de los cables pozo San Miguelito 2

El cable instalado actualmente es un #2 con una capacidad de 115 amperios, aplicando la fórmula de caída de tensión para un sistema trifásico conexión delta:

$$S = \frac{2 \times \sqrt{3} \times L \times I}{E\% \times V_f}$$

S= sección del conductor en mm²

L=longitud del arrancador a motor (dato en tabla), en metros

I= corriente máxima del motor (dato en tabla), pero $I = I_{max} \times 1,25$, según NEC

E%= porcentaje de caída de tensión en terminales de motor 5 %

Vf= voltaje de fase (dato en tabla)

S= 28,49 mm²

De la tabla de cable sumergible tenemos:

Cable #4-----21,15 mm²

Cable #2-----33,62 mm²

De los anterior se puede inferir que un cable #2 con área de 33,62 mm² es adecuado para el motor.

2.6.13.1. Diagnóstico de tierras físicas

No tiene instalado un sistema de tierra física, debería tener una tierra menor a 2 Ohm.

2.6.13.2. Diagnóstico de aislamiento del bobinado de motor

Las lecturas con un medidor de aislamiento (megóhmetro) para ver el aislamiento de los bobinados del motor aplicando un voltaje de 1000 V son:

L1= 12 MΩ

L2= 12 MΩ

L3= 12 MΩ

Motor nuevo (motor y líneas).....200 MΩ o más

Motor usado que puede ser reinstalado en el pozo (motor y líneas).10 MΩ o más

Motor nuevo (motor en pozo más cable).....2 MΩ o más

Motor en buenas condiciones (motor en pozo más cable).....0,5-2 MΩ

Daño en el aislamiento, localizar y reparar.....menos de 0,5 MΩ

Como se puede apreciar el aislamiento de este equipo es bueno para el conjunto cable-motor.

2.6.13.3. Diagnóstico de mantenimiento preventivo actual

No existe actualmente ningún programa de mantenimiento preventivo en el área eléctrica.

2.6.13.4. Diagnóstico de las instalaciones eléctricas en general

- Para calcular los KVA de un transformador trifásico para motor del pozo aplicamos la fórmula :

$$KVA = (\sqrt{3} \times V \times I)/1\ 000$$

V = voltaje aplicado al motor

I = corriente máxima del motor

De los datos de la tabla tenemos

$$KVA = 62,15$$

El transformador instalado es de 3x25 (75 KVA), por lo que es adecuado para el motor del pozo.

- Sí el factor de potencia es menor a 0,9, la Empresa Eléctrica de Guatemala lo penaliza, actualmente este equipo está trabajando con un factor de potencia 0,8066 por lo que necesita corrección del mismo. Para llevar el factor de potencia a 0,95 se necesita instalar un banco de capacitores de 3x15 KVAR, según procedimiento del apartado corrección factor de potencia.
- El desbalance de voltaje es 0,14 % y el permitido 3 %, por lo cual no hay problema con el desbalance.
- Desbalance de corriente es 1 % lo permitido 2 %, por lo cual no hay problema con el desbalance.

- La capacidad del arrancador (contactor, Nema 3 = 90 A) es de 90 A, y tiene un motor de 50 Hp (78,1 A) el cual es adecuado para esta carga.
- La protección térmica del arrancador está ajustada a 77 A, el cual podemos considerar un buen ajuste.
- Cable de acometida es #2/0, la distancia del transformador al panel del pozo es de 20 m, aplicando la fórmula de caída de tensión $E\% = (2\sqrt{3} \times L \times I) / (S \times V_f)$, para $S = 67,43 \text{ mm}^2$, $E\% = 0,21\%$ de caída de tensión, por lo que el cable es adecuado.
- Para calcular el flipón adecuado aplicamos la siguiente fórmula $I = I_{FL} \times 1,55$, entonces $I = 78,1 \times 1,5 = 117,15 \text{ A}$, comercialmente no hay flipón de 117,15 A, se puede instalar un flipón de 3x125 A, actualmente tiene instalado uno de 3x150 A.
- No tiene fusibles de protección, debería tener fusibles de elemento dual con retardo de tiempo aplicando la fórmula $I = I_{max} (F.S.) \times 1,25$, entonces, $I = 78,1 \times 1,25 = 97,5 \text{ A}$, comercialmente no hay este tipo de fusibles, el más cercano es de 3x100 A. Actualmente no tiene fusibles.
- El tablero está en buenas condiciones, limpiar e identificar cables, los cables de control son #12 y/o #14, adecuados para este fin.
- Tiene supresor de picos pero no está conectado a tierra, por lo que no ejerce ninguna protección al equipo.
Se recomienda instalar supresores de transientes nuevo para drenar perturbaciones eléctricas.
- Tiene un monitor de voltaje con las protecciones de alto voltaje y bajo voltaje ajustadas a 10 % c/u, protección por pérdida de fase, fase invertida.
- El monitor de voltaje tiene incorporado un retardo de tiempo para que el motor arranque cada 12 minutos al activarse alguna de las protecciones arriba enumeradas.

- Se recomienda la instalación del banco de capacitores (tablero independiente) localización A, de acuerdo al apartado de instalación de banco.
- Se recomienda la instalación de un protector térmico electrónico para una protección más sensible a una falla (Submonitor, Grundfos u otro equivalente) en conjunto con el contactor.
- Se recomienda la instalación de un arrancador suave o bien un variador de frecuencia.

Tabla XVIII. **Pozo Santa Clara**

Aislamiento devanados motor	2000	2000	2000	Mohm	1000 V
Resistencia devanados motor	0,5	0,5	0,5	Ohm	
Voltaje operación motor	450	449	452	V	
Amperaje motor	131,8	136,8	133,4	A	
Factor de potencia actual	0,9606				
Amperaje banco capacitores	25,4	25,6	25,42	A	
Condensador (kvar)	3x25, 480V				
Factor de potencia deseado	no necesita				
%v desbalance de voltaje	0,37				
%i desbalance de corriente	2,09				
Capacidad del arrancador (hp)	150				
Potencia motor (kw)	75				
Motor (hp)	100				
Factor de servicio motor (s.f)	1,15				
Corriente motor con sf 1,15 (a)	142				
Corriente normal motor sin sf (a)	126				
Protección térmica (a)	142				
Distancia de motor - arrancador (m)	180				
Cable que va a motor	#2/0				
Cable de acometida	#4/0				
Tipo de conexión	Y/D aterrizado				
Banco de transformadores (kva)	3X50				
Acometida	trifásica 460 V				
Flipón (a)	3X250				

Continuación de la tabla XVIII.

Fusibles (a)	no tiene
Condición física tablero principal	buen estado
Supresor de picos o transientes	si tiene, no conectado a tierra
Mantenimiento preventivo	no tiene
Tierra física (ohm)	no tiene
Voltaje de operación del motor (v)	460
10 % protección alto voltaje (v)	506
10 % protección bajo voltaje (v)	414
Protección pérdida de fase	si tiene
Protección fase invertida	si tiene
Protección de tiempo después de falla (segundos)	720

DESBALANCE DE CORRIENTE			DESBALANCE DE VOLTAJE		
I _{prom}	134,00	A	V _{prom}	450,33	V
I _{f1}	2,20	A	V _{f1}	0,33	V
I _{f2}	2,80	A	V _{f2}	1,33	V
I _{f3}	0,60	A	V _{f3}	1,67	V
%I	0,0209		%V	0,0037	
I (100 %)	2,09		V (100 %)	0,37	

CAÍDA DE TENSIÓN		
Caída de tensión	3 %	5 %
Área cable mm ²	80,10	48,06
Cable	#3/0	#1/0

Continuación de la tabla XVIII.

CABLE 3 FASES, PLANO PARA BOMBA SUMERGIBLE 600V/75°C			
	ÁREA mm ²	# hilos	AMPERES
#6	13,3	266	65
#4	21,15	420	85
#1/0	53,48	1064	150
#2/0	67,43	1323	175
#3/0	85,03		200

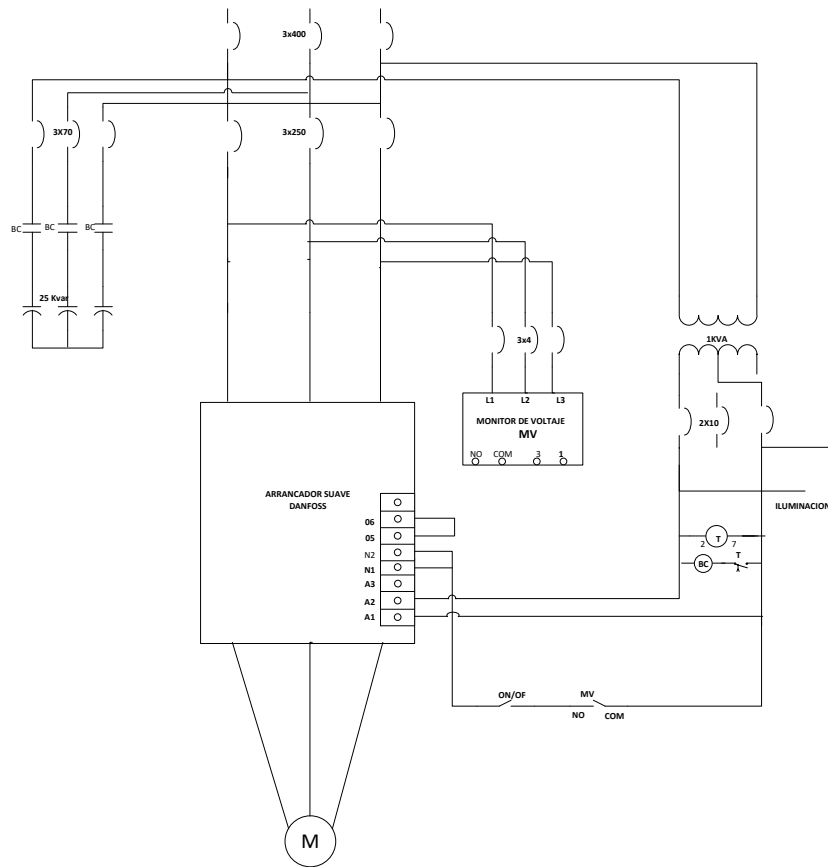
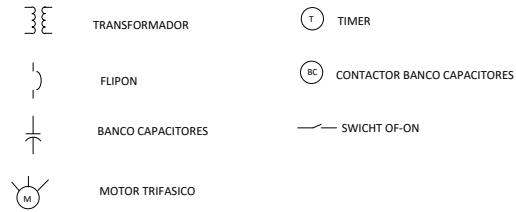
Análisis de Armónicos

POZO SANTA CLARA					
	ARMONICAS INDIVIDUALES %			TOLERANCIA INDIVIDUAL DE TENSIÓN ARMÓNICA %	TOLERANCIA TOTAL DE TENSIÓN ARMÓNICA %
	L1	L2	L3		
3 ARMÓNICA VOLTAJE	0	0,2	0,2	5	8
5 ARMÓNICA VOLTAJE	3,4	3,4	3,6	6	
7 ARMÓNICA VOLTAJE	0,3	0,3	0,3	5	
9 ARMÓNICA VOLTAJE	0,2	0,3	0,2	1,5	
11 ARMÓNICA VOLTAJE		0			
13 ARMÓNICA VOLTAJE		0			20
3 ARMÓNICA CORRIENTE	0,1	0,6	0,3	16,6	
5 ARMÓNICA CORRIENTE	4,7	5,3	5,4	12	
7 ARMÓNICA CORRIENTE	4,8	1,8	1,7	8,5	
9 ARMÓNICA CORRIENTE	1,8	1,7	1,8	2,2	
11 ARMÓNICA CORRIENTE					

Fuente: elaboración propia.

Figura 22. Pozo Santa Clara diagrama Unifilar

POZO SANTA CLARA



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

2.6.14. Diagnóstico de los cables pozo Santa Clara

El cable instalado actualmente es un #2/0 con una capacidad de 175 amperios, aplicando la fórmula de caída de tensión para un sistema trifásico conexión delta:

$$S = \frac{2 \times \sqrt{3} \times L \times I}{E\% \times V_f}$$

S= sección del conductor en mm²

L=longitud del arrancador a motor (dato en tabla), en metros

I= corriente máxima del motor (dato en tabla), pero $I = I_{max} \times 1,25$, según NEC

E%= porcentaje de caída de tensión en terminales de motor 5 %

V_f= voltaje de fase (dato en tabla)

$$S = 48.06 \text{ mm}^2$$

De la tabla de cable sumergible tenemos:

Cable #1/0-----53,48 mm²

Cable #2/0-----67,43 mm²

De los anterior se puede inferir que un cable #1/0 con área de 53,48 mm² es adecuado para el motor. El motor puede trabajar sin problema con el cable actual #2/0.

2.6.14.1. Diagnóstico de tierras físicas

No tiene instalado un sistema de tierra física, debería tener una tierra menor a 2 Ohm.

2.6.14.2. Diagnóstico de aislamiento del bobinado de motor

Las lecturas con un medidor de aislamiento (megóhmetro) para ver el aislamiento de los bobinados del motor aplicando un voltaje de 1 000V son:

L1= 2000 MΩ

L2= 2000 MΩ

L3= 2000 MΩ

Motor nuevo (motor y líneas).....200 MΩ o más

Motor usado que puede ser reinstalado en el pozo (motor y líneas)..10 MΩ o más

Motor nuevo (motor en pozo más cable).....2 MΩ o más

Motor en buenas condiciones (motor en pozo más cable.....0,5-2 MΩ

Daño en el aislamiento, localizar y reparar.....menos de 0,5 MΩ

Como se puede apreciar el aislamiento de este equipo es bueno para el conjunto cable-motor.

2.6.14.3. Diagnóstico de mantenimiento preventivo actual

No existe actualmente ningún programa de mantenimiento preventivo en el área eléctrica

2.6.14.4. Diagnóstico de las instalaciones eléctricas en general

- Para calcular los KVA de un transformador trifásico para motor del pozo aplicamos la fórmula :

$$KVA = (\sqrt{3} \times V \times I)/1000$$

V = voltaje aplicado al motor

I = corriente máxima del motor

De los datos de la tabla tenemos

$$KVA = 113$$

El transformador instalado es de 3x50(150 KVA), por lo que es adecuado para el motor del pozo.

- Sí el factor de potencia es menor a 0,9, la Empresa Eléctrica de Guatemala lo penaliza, actualmente este equipo está trabajando con un factor de potencia 0,9696 por lo que no necesita corrección del mismo. Tiene instalado un banco de capacitores de 3x25 KVAR.
- El desbalance de voltaje es 0,37 % y el permitido %, por lo cual no hay problema con el desbalance.
- Desbalance de corriente es 2,09 % lo permitido 2 %, hay que verificar que está causando este pequeño desbalance.

- La capacidad del arrancador suave es de 200 A, y tiene un motor de 100 Hp (142 A) el cual es adecuado para esta carga.
- La protección térmica del arrancador está ajustada a 139 A, el cual podemos considerar un buen ajuste.
- Cable de acometida es #4/0, la distancia del transformador al panel del pozo es de 20 m, aplicando la fórmula de caída de tensión $E\% = (2\sqrt{3} \times L \times I) / (S \times V_f)$, para $S = 107,2 \text{ mm}^2$, $E\% = 0,24 \%$ de caída de tensión, por lo que el cable es adecuado.
- Para calcular el flipón adecuado aplicamos la siguiente fórmula $I = I_{FL} \times 1,5$, entonces, $I = 142 \times 1,5 = 213 \text{ A}$, comercialmente no hay flipón de 213 A, se puede instalar un flipón de 3x250 A, actualmente tiene instalado uno de 3x250 A.
- No tiene fusibles de protección, debería tener fusibles de elemento dual con retardo de tiempo aplicando la fórmula $I = I_{max} (F.S.) \times 1,25$, entonces, $I = 142 \times 1,25 = 177,5 \text{ A}$, comercialmente no hay este tipo de fusibles, el más cercano es de 3x150 A. Actualmente no tiene fusibles.
- El tablero está en buenas condiciones, necesita ordenar y limpiar e identificar cables, los cables de control son #12 y /o #14, adecuados para este fin.
- Tiene supresor de picos pero no está conectado a tierra, por lo que no ejerce ninguna protección al equipo. Se recomienda instalar supresores de transientes nuevo para drenar perturbaciones eléctricas.
- Tiene un monitor de voltaje con las protecciones de alto voltaje y bajo voltaje ajustadas a 10 % c/u, protección por pérdida de fase, fase invertida.
- El monitor de voltaje tiene incorporado un retardo de tiempo para que el motor arranque cada 12 minutos al activarse alguna de las protecciones arriba enumeradas.

- El motor de este pozo tiene un arrancador suave, al analizar los datos recabados de la tabla análisis de armónicos, se puede observar que la presencia de armónicas de corriente es despreciable.
- De la misma análisis de armónicos podemos observar que las armónicas de voltaje también son despreciables.

Tabla XIX. **Pozo Orquídeas**

Aislamiento devanados motor	20	20	20	Mohm	1000 V
Resistencia devanados motor	0,5	0,5	0,5	Ohm	
Voltaje operación motor	466	467	467	V	
Amperaje motor	47,3	46,4	45,1	A	
Factor de potencia actual	0,9312				
Amperaje banco capacitores	19,1	19,4	19,1	A	
Condensador (kvar)	3X15, 480 V				
Factor de potencia deseado	No necesita				
%v desbalance de voltaje	0,14				
%i desbalance de corriente	2,52				
Capacidad del arrancador (hp)	50				
Potencia motor (kw)	22				
Motor hp	30				
Factor de servicio motor (s.f)	1				
Corriente motor con sf 1 (a)	47,1				
Corriente normal motor sin sf (a)	47,1				
Protección térmica (a)	49,72				
Distancia de motor - arrancador (m)	168				
Cable que va a motor	#2				
Cable de acometida	#1/0				
Tipo de conexión	Y/D aterrizado				
Banco de transformadores kva	3X50				
Acometida	Trifásica 460 V				
Flipón (a)	3X100				
Fusibles (a)	3X400				
Condición física tablero principal	Buen estado				
supresor de picos o transientes	Si tiene, no conectado a tierra				
Mantenimiento preventivo	no tiene				
Tierra física (ohm)	no tiene				
Voltaje de operación del motor (v)	460				
10 % protección alto voltaje (v)	506				
10 % protección bajo voltaje (v)	414				
Protección pérdida de fase	si tiene				
Protección fase invertida	si tiene				

Continuación de la tabla XIX.

Protección de tiempo después de falla (segundos)	720
<i>ARRANCADOR DIGISTART</i>	
Baja carga	60 %
Sobrecarga	110 %
Fases invertidas	activado
Bajo voltaje	90 %
Alto voltaje	110 %
Arranques consecutivos	NO
Entre arranques	20 minutos
Rotor bloqueado	activado
Falla micro corte	activado
Rampa de arranque	3 segundos
Rampa de apagado	24 segundos

DESBALANCE DE CORRIENTE			DESBALANCE DE VOLTAJE		
I_{prom}	46,27	A	V_{prom}	466,67	V
I_{f1}	1,03	A	V_{f1}	0,67	V
I_{f2}	0,13	A	V_{f2}	0,33	V
I_{f3}	1,17	A	V_{f3}	0,33	V
%I	0,0252		%I	0,0014	
I (100 %)	2,52		I (100 %)	0,14	

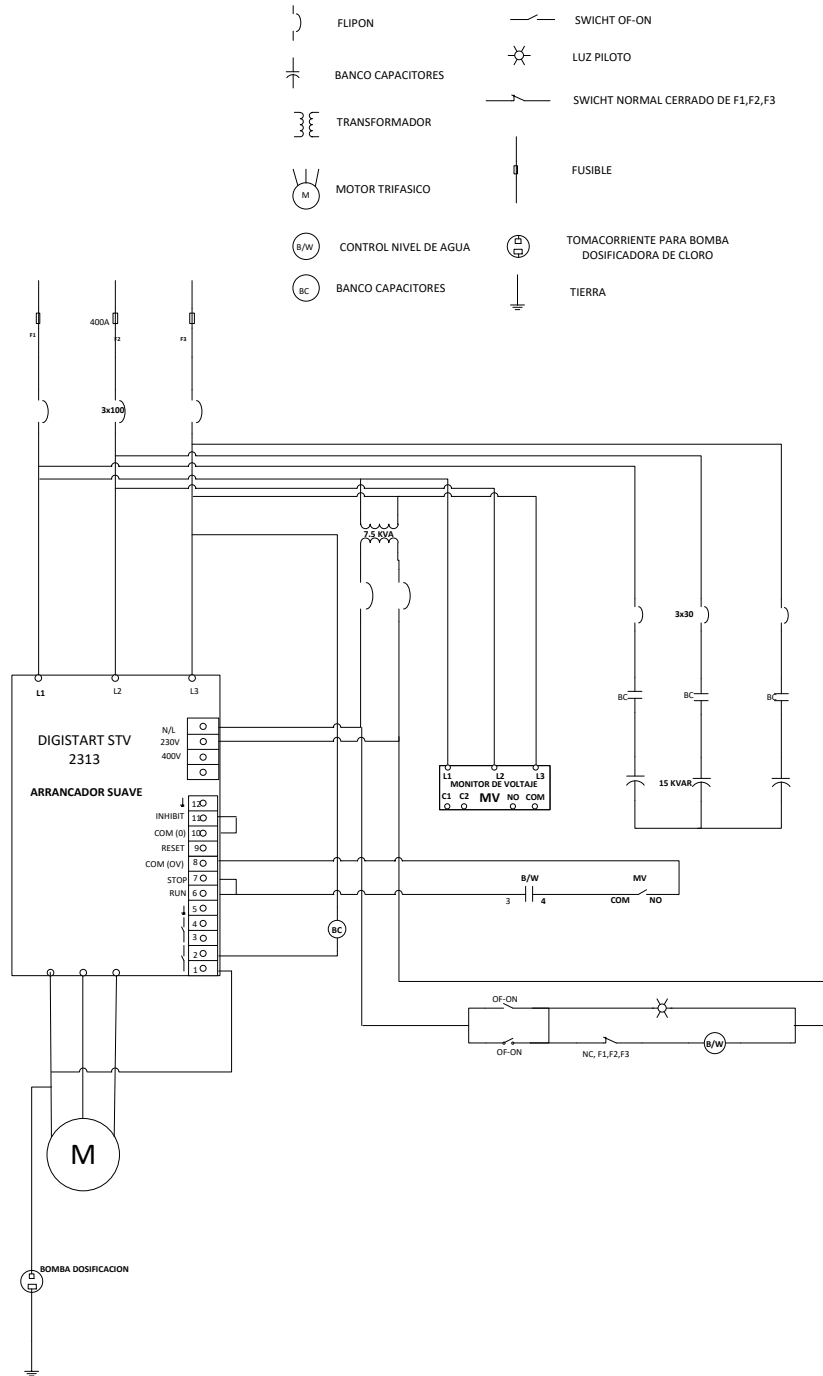
CAÍDA DE TENSIÓN		
Caída de tensión	3 %	5 %
Área cable mm ²	24,79	14,87
Cable	#2	#4

Continuación de la tabla XIX.

CABLE 3 FASES, PLANO PARA BOMBA SUMERGIBLE 600V/75°C			
	ÁREA mm ²	# hilos	A
#6	13,3	266	65
#4	21,15	420	85
#2	33,62	665	115
#1/0	53,48	1064	150
#2/0	67,43	1323	175

Fuente: elaboración propia.

Figura 23. Pozo Orquídeas diagrama Unifilar



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

2.6.15. Diagnóstico de los cables pozo Orquídeas

El cable instalado actualmente es un #2 con una capacidad de 115 amperios, aplicando la fórmula de caída de tensión para un sistema trifásico conexión delta:

$$S = \frac{2 \times \sqrt{3} \times L \times I}{E\% \times V_f}$$

S= sección del conductor en mm²

L=longitud del arrancador a motor (dato en tabla), en metros

I= corriente máxima del motor (dato en tabla), pero $I = I_{max} \times 1,25$, según NEC

E%= porcentaje de caída de tensión en terminales de motor 5 %

V_f= voltaje de fase (dato en tabla)

$$S = 14,87 \text{ mm}^2$$

De la tabla de cable sumergible tenemos:

Cable #4-----21,15 mm²

Cable #2-----33,62 mm²

De lo anterior se puede inferir que un cable #4 con área de 21,15 mm² es el adecuado, sin embargo con el cable #2 con área de 33,62 mm² puede trabajar sin problemas.

2.6.15.1. Diagnóstico de tierras físicas

No tiene instalado un sistema de tierra física, debería tener una tierra menor a 2 Ohm.

2.6.15.2. Diagnóstico de aislamiento del bobinado de motor

Las lecturas con un medidor de aislamiento (megóhmetro) para ver el aislamiento de los bobinados del motor aplicando un voltaje de 1 000 V son:

L1= 20 MΩ

L2= 20 MΩ

L3= 20 MΩ

Motor nuevo (motor y líneas).....200 MΩ o más

Motor usado que puede ser reinstalado en el pozo (motor y líneas)..10 MΩ o más

Motor nuevo (motor en pozo más cable).....2 MΩ o más

Motor en buenas condiciones (motor en pozo más cable)0,5-2 MΩ

Daño en el aislamiento, localizar y reparar.....menos de 0,5 MΩ

Como se puede apreciar el aislamiento de este equipo es bueno para el conjunto cable-motor.

2.6.15.3. Diagnóstico de mantenimiento preventivo actual

No existe actualmente ningún programa de mantenimiento preventivo en el área eléctrica

2.6.15.4. Diagnóstico de las instalaciones eléctricas en general

- Para calcular los KVA de un transformador trifásico para motor del pozo aplicamos la fórmula:

$$KVA = (\sqrt{3} \times V \times I) / 1000$$

V = voltaje aplicado al motor

I = corriente máxima del motor

De los datos de la tabla tenemos

$$KVA = 37,48$$

El transformador instalado es de 3x50(150 KVA), se recomienda cambiar el banco de transformadores a 3x15 KVA (45 KVA).

- Sí el factor de potencia es menor a 0,9, la Empresa Eléctrica de Guatemala lo penaliza, actualmente este equipo está trabajando con un factor de potencia 0,9312 por lo que no necesita corrección del mismo. Tiene instalado un banco de capacitores de 3x15 KVAR.

- El desbalance de voltaje es 0,14 % y el permitido 3 %, por lo cual no hay problema con el desbalance.
- Desbalance de corriente es 2,52 % lo permitido 2 %, hay que verificar que está causando este desbalance.
- La capacidad del arrancador suave es de 50 Hp, y tiene un motor de 30 Hp, el arrancador suave debería de ser de 30 HP, sin embargo puede trabajar con el arrancador actual sin ningún problema.
- La protección térmica del arrancador está ajustada a 47 A, el cual podemos considerar un buen ajuste.
- Cable de acometida es #1/0, la distancia del transformador al panel del pozo es de 20 m, aplicando la fórmula de caída de tensión $E\% = (2\sqrt{3} \times L \times I) / (S \times V_f)$, para $S = 53,48 \text{ mm}^2$, $E\% = 0,16 \%$ de caída de tensión, por lo que el cable es adecuado.
- Para calcular el flipón adecuado aplicamos la siguiente fórmula $I = I_{FL} \times 1.5$, entonces $I = 47,1 \times 1.5 = 70,65 \text{ A}$, comercialmente no hay flipón de 70,65 A, se puede instalar un flipón de 3x80 A, actualmente tiene instalado uno de 3x100 A.
- No tiene fusibles de protección, debería tener fusibles de elemento dual con retardo de tiempo aplicando la fórmula $I = I_{max} (F.S.) \times 1,25$, entonces, $I = 47,1 \times 1,25 = 58,87 \text{ A}$, comercialmente no hay este tipo de fusibles, el más cercano es de 3x60 A. Actualmente tiene fusibles de 3x400 A.
- El tablero está en buenas condiciones, necesita ordenar y limpiar e identificar cables, los cables de control son #12 y /o #14, adecuados para este fin.
- Tiene supresor de picos pero no está conectado a tierra, por lo que no ejerce ninguna protección al equipo.
Se recomienda instalar supresores de transientes nuevo para drenar perturbaciones eléctricas.

- Tiene un monitor de voltaje con las protecciones de alto voltaje y bajo voltaje ajustadas a 10 % c/u, protección por pérdida de fase, fase invertida.
- El monitor de voltaje tiene incorporado un retardo de tiempo para que el motor arranque cada 12 minutos al activarse alguna de las protecciones arriba enumeradas.
- Se recomienda modificar el circuito de arranque del motor, ya que tiene dos botoneras para efectuar la misma acción.

Tabla XX. **Pozo Santa Isabel 1**

Aislamiento devanados motor	3,5	3,5	3,5	Mohm	1000 V
Resistencia devanados motor	0,9	0,9	0,9	Ohm	
Voltaje operación motor	475	475	476	V	
Amperaje motor	42,3	42,5	41	A	
Factor de potencia actual	0,8027				
Amperaje banco capacitores	No tiene			A	
Factor de potencia deseado	0,95				
Capacitores para corregir f.p	15 KVAR				
%v desbalance de voltaje	0,14				
%i desbalance de corriente	2,23				
Capacidad del arrancador, contactor (a)	65				
Potencia motor (kw)	30				
Motor (hp)	40				
Factor de servicio motor (s.f)	1,15				
Corriente motor con sf 1 (a)	61,6				
Corriente normal motor sin sf (a)	54,9				
Protección térmica (a)	48 A				
Distancia de motor - arrancador (m)	222				
Cable que va a motor	#4				
Cable de acometida	#2/0				
Tipo de conexión	Estrella/delta aterrizado				
Banco de transformadores (kva)	3X50				
Acometida	460 V				
Flipón (a)	3X150				

Continuación de la tabla XX.

Fusibles (a)	No tiene
Condición física tablero principal	Buen estado
Supresor de picos o transientes	Si tiene, no conectado a tierra
Mantenimiento preventivo	No tiene
Tierra física (ohm)	No tiene
Voltaje de operación del motor (v)	460
10% protección alto voltaje (v)	506
10% protección bajo voltaje (v)	414
Protección pérdida de fase	Si tiene
Protección fase invertida	Si tiene
Protección de tiempo después de falla (segundos)	720

DESBALANCE DE CORRIENTE			DESBALANCE DE VOLTAJE		
I _{prom}	41,93	A	V _{prom}	475,33	V
I _{f1}	0,37	A	V _{f1}	0,33	V
I _{f2}	0,57	A	V _{f2}	0,33	V
I _{f3}	0,93	A	V _{f3}	0,67	V
%I	0,0223		%V	0,0014	
I (100 %)	2,23		V (100 %)	0,14	

FACTOR DE POTENCIA CORREGIDO	
36,70	KW INICIAL
0,80	F.P INICIAL
45,72	KVA INICIAL
27,27	KVAR INICIAL
36,70	KW FINAL
0,95	F.P DESEADO
38,63	KVA FINAL
12,06	KVAR FINAL
15	KVAR, CAPACITOR REQUERIDO PARA MEJORAR EL F.P.

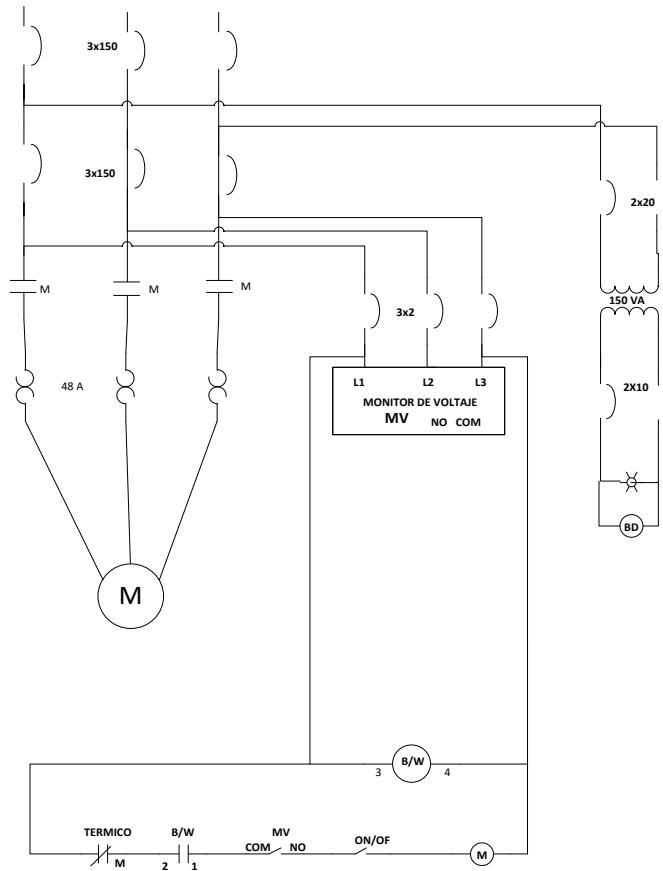
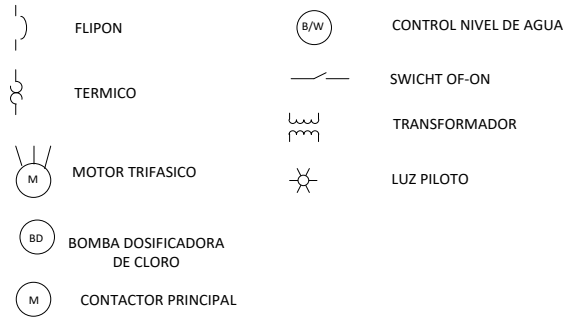
Continuación de la tabla XX.

CAÍDA DE TENSIÓN		
Caida de tensión	3 %	5 %
Área cable mm ²	42,85	25,71
cable	#1/0	#2

CABLE 3 FASES, PLANO PARA BOMBA SUMERGIBLE 600V/75°C			
	AREA mm ²	# hilos	A
#6	13,3	266	65
#4	21,15	420	85
#2	33,62	665	115
#1/0	53,48	1064	150
#2/0	67,43	1323	175

Fuente: elaboración propia.

Figura 24. Pozo Santa Isabel 1



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

2.6.16. Diagnóstico de los cables pozo Santa Isabel 1

El cable instalado actualmente es un #4 con una capacidad de 85 amperios, aplicando la fórmula de caída de tensión para un sistema trifásico, conexión delta:

$$S = \frac{2 \times \sqrt{3} \times L \times I}{E\% \times V_f}$$

S= sección del conductor en mm²

L=longitud del arrancador a motor (dato en tabla), en metros

I= corriente máxima del motor (dato en tabla) , pero $I = I_{max} \times 1,25$, según NEC

E%= porcentaje de caída de tensión en terminales de motor 5 %

V_f= voltaje de fase (dato en tabla)

$$S = 25,71 \text{ mm}^2$$

De la tabla de cable sumergible tenemos:

Cable #4-----21,15 mm²

Cable #2-----33,62 mm²

De lo anterior se puede inferir que un cable #2 con área de 33,62 mm² es adecuado para el motor, hay que sustituir el cable #4

2.6.16.1. Diagnóstico de tierras físicas

No tiene instalado sistema de tierra física.

2.6.16.2. Diagnóstico de aislamiento del bobinado de motor

Las lecturas con un medidor de aislamiento (megóhmetro) para ver el aislamiento de los bobinados del motor aplicando un voltaje de 1 000 V son:

L1= 3,5 MΩ

L2= 3,5 MΩ

L3= 3,5 MΩ

Motor nuevo (motor y líneas).....200 MΩ o más
Motor usado que puede ser reinstalado en el pozo (motor y líneas).0 MΩ o más
Motor nuevo (motor en pozo más cable).....2 MΩ o más
Motor en buenas condiciones (motor en pozo más cable).....0,5-2 MΩ
Daño en el aislamiento, localizar y reparar.....menos de 0,5 MΩ

Como se puede apreciar el aislamiento está en buenas condiciones del conjunto cable –motor.

2.6.16.3. Diagnóstico de mantenimiento preventivo actual

No existe actualmente ningún programa de mantenimiento preventivo en el área eléctrica.

2.6.16.4. Diagnóstico de las instalaciones eléctricas en general

- Para calcular los KVA de un transformador trifásico para motor del pozo aplicamos la fórmula :

$$KVA = (\sqrt{3} \times V \times I) / 1000$$

V = voltaje aplicado al motor

I = corriente máxima del motor

De los datos de la tabla tenemos

$$KVA = 49,02$$

El transformador instalado es de 3x50 (150 KVA), se sugiere cambiarlo a un banco de transformadores de 3x25 KVA (75 KVA).

- Sí el factor de potencia es menor a 0,9, Empresa Eléctrica de Guatemala lo penaliza, actualmente este equipo está trabajando con un factor de potencia 0,8027 por lo que necesita corrección del mismo. Para tener un factor de potencia de 0,95 y de acuerdo al apartado de cálculo de corrección de potencia tenemos que un banco de 3x15 KVAR es adecuado para este fin.
- El desbalance de voltaje es 0,14 % y el permitido 3 %, por lo cual no hay problema con el desbalance.
- Desbalance de corriente es 2,23 % lo permitido 2 %, por lo cual hay que ver la causa de este desbalance.
- La capacidad del arrancador (contactor, norma IEC) es de 65 A, y tiene una carga de 40 Hp (61,6 A) por lo que está dimensionado correctamente.

- La protección térmica del arrancador está ajustada a 48 A, lo cual es un ajuste muy bajo y no ha tenido problemas de disparo ya que el consumo del conjunto motor-bomba es de 42 A. Debería estar ajustado a 60,39 A.
- Cable de acometida es #2/0, la distancia del transformador al panel del pozo es de 30 m, aplicando la fórmula de caída de tensión $E\% = (2\sqrt{3} \times L \times I) / (S \times V_f)$, para $S = 67,43 \text{ mm}^2$, $E\% = 0,25 \%$ de caída de tensión, por lo que el cable es adecuado.
- Para calcular el flipón adecuado aplicamos la siguiente fórmula $I = I_{FL} \times 1,5$, entonces, $I = 61,6 \times 1,5 = 92,4 \text{ A}$, comercialmente no hay flipón de 92,4 A, se puede instalar un flipón de 3x100 A, actualmente tiene instalado uno de 3x150 A.
- No tiene fusibles de protección, debería tener fusibles de elemento dual con retardo de tiempo aplicando la fórmula $I = I_{max} (F.S.) \times 1,25$, entonces, $I = 61,6 \times 1,25 = 77 \text{ A}$, comercialmente no hay este tipo de fusibles, el más cercano es de 3x80 A. Actualmente no tiene fusibles.
- La condición del tablero es buena, tablero limpio y cables ordenados, los cables de control son #14, adecuados para este fin.
- Posee supresor de picos pero mismo no está conectado a tierra por lo que no cumple ninguna protección al equipo.
Se recomienda instalar supresores de transientes nuevo para drenar perturbaciones eléctricas.
- Tiene instalado un monitor de voltaje el cual protege contra alto voltaje y bajo voltaje ajustadas a 10 % c/u, protección por pérdida de fase, fase invertida.
- El monitor de voltaje incluye un retardo de tiempo para espaciar los arranques y está programado para que el motor arranque cada 12 minutos al activarse alguna de las protecciones arriba enumeradas.

- Se recomienda instalar un sistema de tierras con un resistencia menor o igual a 2 ohm, con su caja de registro para mediciones posteriores de ohmios.
- Se recomienda conectar a tierra el tablero eléctrico principal y el motor.
- Se recomienda instalar un equipo electrónico de protección térmica, para hacer más sensible la protección (Submonitor, Grundfos MP-2 u otro equipo), si tiene un contactor para el arranque.
- Se recomienda instalar un arrancador suave y mejor aún un variador de frecuencia.

2.7. Diagnóstico de consumo actual de potencia y energía

En este apartado se realizará un análisis de los consumos de potencia y energía basándonos en la información proporcionada por la Municipalidad de Villa Nueva de las facturas de la Empresa Eléctrica.

Tabla XXI. Consumo Pozo La Paz

AÑO 2013	COSTO ENERGÍA (Q)	KW H	MONOMICO (Q)	POTENCIA FACTOR	TARIFA	POTENCIA MÁXIMA KW	POTENCIA CONTRATADA KW	COSTO POTENCIA MÁXIMA (Q)	COSTO POTENCIA CONTRATADA (Q)	COSTO FIJO POR CLIENTE (Q)	COSTO POR ENERGÍA (Q)	POLIZA CON BAIJO FACTOR DE POTENCIA (Q)	TAZA MUNICIPAL (Q)	PENALIZACIÓN POR POTENCIA CONTRATADA (Q)	MORA POR SALDO (Q)
JULIO	43 615,88	19 377,00	2,25091	0,82650	BTDFP	50,4	52	37,538613	57,859689	213,00750	1,45553	2 725,16	3 575,07	92,58	0,00
AGOSTO	46 022,54	22 442,00	2,05073	0,82800	BTDFP	50,9	52	23,819999	28,940704	226,77990	1,43752	2 820,64	3 772,34	31,83	0,00
SEPTIEMBRE	47 134,92	23 036,00	2,04614	0,82810	BTDFP	50,9	52	23,819999	28,940704	226,77990	1,43752	2 885,49	3 863,52	31,83	0,00
OCTUBRE	47 182,71	23 008,00	2,05071	0,82580	BTDFP	50,9	52	23,819999	28,940704	226,77990	1,43752	2 974,44	3 867,44	31,83	0,00
NOVIEMBRE	43 865,79	22 092,00	1,98560	0,82690	BTDFP	50,9	52	23,819999	28,940697	226,77980	1,38410	2 725,72	3 595,56	31,83	0,00
DICIEMBRE	48 974,71	24 914,00	1,96575	0,82700	BTDFP	50,9	52	23,819999	28,940697	226,77980	1,38410	3 041,54	4 014,33	31,83	0,00
TOTAL		134 869,00				304,9	52	23,819999				17 172,99		251,73	
PROMEDIO		22 478,00				50,81667									
HORAS DE UTILIZACIÓN POR MES						442,34									
HORAS UTILIZADAS POR DÍA						14,74									
TOTAL HORAS DÍA						24									
FACTOR DE CARGA						0,61									

Fuente: elaboración propia.

Observamos que la tarifa debe ser BTDP (baja tensión demanda en punta), ya que el factor de carga es mayor a 0,6 y la potencia es mayor a 11 Kw. Lo preocupante aquí es el bajo factor de potencia penalizado con Q 17 172,99 en seis meses (ya se sugirió en el apartado 2.6. diagnóstico de las instalaciones eléctricas en general, el banco de capacitores necesario para corregir el factor de potencia a 0,95). Es de hacer notar que la tasa municipal está siendo recaudada por Empresa Eléctrica, la cual cobra un pequeño porcentaje por gastos administrativos, aunque finalmente la tasa municipal es devuelta a la Municipalidad de Villa Nueva, se sugiere hacer la gestión ante EGSA para que no sea cobrada esa tasa municipal.

Tabla XXII. Consumo Pozo Colinas

AÑO 2013	COSTO ENERGÍA (Q)	KW H	MONOMICO (Q)	FACTOR POTENCIA	TARIFA	POTENCIA MÁXIMA KW	POTENCIA CONTRATADA KW	COSTO POTENCIA MÁXIMA (Q)	COSTO POTENCIA CONTRATADA (Q)	COSTO FIJO POR CLIENTE (Q)	COSTO POR ENERGÍA (Q)	POLIZA CON BAJO FACTOR DE POTENCIA (Q)	TAZA MUNICIPAL (Q)	PENALIZACIÓN POR POTENCIA CONTRATADA (Q)	MORA POR SALDO (Q)
JULIO	38 536,78	18 480	2,08532	0,91190	BTDFP	76,0	75	37,538613	57,859689	213,00748	1,455534	0	0	103,69	0
AGOSTO	35 915,02	19 360	1,85511	0,92150	BTDFP	76,0	76	23,819999	28,940704	226,77986	1,437520	0	0	0	0
SEPTIEMBRE	31 793,36	16 800	1,89246	0,92070	BTDFP	76,0	76	23,819999	28,940704	226,77986	1,437520	0	0	0	0
OCTUBRE	34 505,65	18 560	1,86453	0,95960	BTDFP	75,2	76	23,819999	28,940704	226,77986	1,437520	0	0	23,152563	0
NOVIEMBRE	32 007,04	17 600	1,81858	0,98830	BTDFP	75,2	76	23,819999	28,940697	226,77980	1,384101	0	0	23,152558	0
DICIEMBRE	33 619,23	18 640	1,80361	0,98260	BTDFP	75,0	76	23,819999	28,940697	226,77980	1,384101	0	0	23,152558	0
TOTAL		109 440				453,4						0		173,14768	
PROMEDIO		18 240				75,6									
HORAS DE UTILIZACIÓN POR MES						241,27									
HORAS UTILIZADAS POR DÍA						8,04									
TOTAL HORAS DÍA						24									
FACTOR DE CARGA						0,34									

Fuente: elaboración propia.

Observamos en tabla que la tarifa BTDFP (baja tensión demanda fuera de punta) es la adecuada, ya que el factor de carga es menor a 0,6, y la potencia es mayor a 11 Kw, no se tienen mayores observaciones de este pozo.

Tabla XXIII. Consumo Pozo San Francisco 2

AÑO 2013	COSTO ENERGÍA (Q)	KW H	MONOMICO (Q)	FACTOR POTENCIA	TARIFA	POTENCIA MÁXIMA KW	POTENCIA CONTRATADA KW	COSTO POTENCIA MÁXIMA (Q)	COSTO POTENCIA CONTRATADA (Q)	COSTO FIJO POR CLIENTE (Q)	COSTO POR ENERGÍA (Q)	POLIZA CON BAJA FACTOR DE POTENCIA (Q)	TAZA MUNICIPAL (Q)	PENALIZACIÓN POR POTENCIA CONTRATADA (Q)	MORA POR SALDO (Q)
JULIO	31 495,30	16 080	1,95866	0,90580	BTDFP	47,0	47,2	37,538613	57,859689	213,00748	1,455534	0	0	11,57	0
AGOSTO	26 098,65	14 320	1,82253	0,90720	BTDFP	47,2	47,2	23,819999	28,940704	226,77986	1,437520	0	0	0,00	0
SEPTIEMBRE	28 159,00	15 600	1,80506	0,90970	BTDFP	47,2	47,2	23,819999	28,940704	226,77986	1,437520	0	0	0,00	0
OCTUBRE	2 933,90	11 640	2,56305	0,90960	BTDFP	47,2	47,2	23,819999	28,940704	226,77986	1,437520	0	0	0,00	264,79
NOVIEMBRE	25 964,65	14 800	1,75437	0,91970	BTDFP	46,4	47,2	23,819999	28,940697	226,77980	1,384101	0	0	23,15	584,07
DIEMBRE	25 861,98	14 720	1,75693	0,92070	BTDFP	47,2	47,2	23,819999	28,940697	226,77980	1,384101	0	0	0,00	597,04
TOTAL		87 160					282,2					0		34,72	1 445,84
PROMEDIO		14 526,7				47,03									
HORAS DE UTILIZACIÓN POR MES					308,86										
HORAS UTILIZADAS POR DÍA					10,3										
TOTAL HORAS DÍA					24										
FACTOR DE CARGA					0,43										

Fuente: elaboración propia.

Observamos en tabla que la tarifa BTDFP (baja tensión demanda fuera de punta) es la adecuada, ya que el factor de carga es menor a 0,6, y la potencia es mayor a 11 Kw, se hace notar que la factura de Empresa Eléctrica tiene mora total de Q1 445,84 por no pagarse a tiempo la misma, se sugiere el pago puntual, no se tienen mayores observaciones de este pozo.

Tabla XXIV. Consumo Pozo Eterna Primavera 1

AÑO 2013	COSTO ENERGÍA (Q)	KW H	MONOMICO (Q)	FACTOR POTENCIA	TARIFA	POTENCIA MÁXIMA KW	POTENCIA CONTRATADA KW	COSTO POTENCIA MÁXIMA (Q)	COSTO POTENCIA CONTRATADA (Q)	COSTO FIJO POR CLIENTE (Q)	COSTO POR ENERGÍA (Q)	PENALIZACIÓN BAJA FACTOR DE POTENCIA (Q)	PENALIZACIÓN POR POTENCIA CONTRATADA (Q)	MORA POR SALDO (Q)
JULIO	72 206,49	38 418	1,87950	0,97190	BTDFP	57,6	57,2	53,692682	84,492399	213,00748	1,464517	0	75,70	0
AGOSTO	65 050,23	35 314	1,84205	0,97160	BTDFP	57,7	57,6	52,060593	77,521017	226,77986	1,426323	0	17,36	0
SEPTIEMBRE	62 226,21	33 523	1,85624	0,97210	BTDFP	57,9	57,7	52,060593	77,521017	226,77986	1,426323	0	34,73	0
OCTUBRE	66 966,21	36 036	1,85831	0,97790	BTDFP	61,1	57,9	52,060593	77,521017	226,77986	1,426323	0	555,67	0
NOVIEMBRE	58 939,40	32 429	1,81749	0,98250	BTDFP	60,3	61,1	52,060593	77,520999	226,77980	1,372904	0	62,02	716,54
DIEMBRE	71 891,04	40 852	1,75979	0,98290	BTDFP	60,3	61,1	52,060593	77,520999	226,77980	1,372904	0	62,02	1 347,19
TOTAL		216 572				354,9						0	807,50	2 063,73
PROMEDIO		36 095,3				59,15								
HORAS DE UTILIZACIÓN POR MES					610,23									
HORAS UTILIZADAS POR DÍA					20,34									
TOTAL HORAS DÍA					24									
FACTOR DE CARGA					0,85									

Fuente: elaboración propia.

Observamos en tabla que la tarifa BTDP (baja tensión demanda en punta) es la adecuada, ya que el factor de carga es mayor a 0,6, y la potencia es mayor a 11 Kw, se hace notar que la factura de Empresa Eléctrica tiene mora total de Q2 063,73 por no pagarse a tiempo la misma, se sugiere el pago puntual, no se tienen mayores observaciones de este pozo.

Tabla XXV. **Consumo Pozo Eterna Primavera 2**

AÑO 2013	COSTO ENERGÍA (Q)	KW H	MONOMICO (Q)	FACTOR POTENCIA	TARIFA	POTENCIA MÁXIMA KW	POTENCIA CONTRATADA KW	COSTO POTENCIA MÁXIMA (Q)	COSTO POTENCIA CONTRATADA (Q)	COSTO FIJO POR CLIENTE (Q)	COSTO POR ENERGÍA (Q)	PENALIZACIÓN BAJO FACTOR DE POTENCIA (Q)	PENALIZACIÓN POR POTENCIA CONTRATADA (Q)	MORA POR SALDO (Q)
JULIO	74 439,79	38 880	1,97460	0,91	BTDFP	66,4	68	53,692682	84,492399	213,00748	1,464517	0	135,19	0
AGOSTO	73 162,11	39 520	1,85127	0,91	BTDFP	66,4	68	52,060593	77,521017	226,77986	1,426323	0	124,03	0
SEPTIEMBRE	66 435,44	35 280	1,88309	0,91	BTDFP	67,2	68	52,060593	77,521017	226,77986	1,426323	0	62,02	65
OCTUBRE	69 247,00	37 040	1,86952	0,91	BTDFP	67,2	68	52,060593	77,521017	226,77986	1,426323	0	62,02	0
NOVIEMBRE	66 661,90	36 800	1,81146	0,92	BTDFP	67,2	68	52,060593	77,520999	226,77980	1,372904	0	62,02	1 445,16
DICIEMBRE	66 538,88	36 720	1,81206	0,92	BTDFP	67,2	68	52,060593	77,520999	226,77980	1,372904	0	62,02	1 454,22
TOTAL		224 240				401,6						0	507,30	2 964,67
PROMEDIO		37 373,3				66,93								
HORAS DE UTILIZACIÓN POR MES						558,37								
HORAS UTILIZADAS POR DÍA						18,61								
TOTAL HORAS DÍA						24								
FACTOR DE CARGA						0,78								

Fuente: elaboración propia.

Observamos en tabla que la tarifa BTDP (baja tensión demanda en punta) es la adecuada, ya que el factor de carga es mayor a 0,6, y la potencia es mayor a 11 Kw, se hace notar que la factura de Empresa Eléctrica tiene mora total de Q.2 964,67 por no pagarse a tiempo la misma, se sugiere el pago puntual, quizás sea necesario un pequeño ajuste a la potencia contratada a 67,5 Kw, no se tienen mayores observaciones de este pozo.

Tabla XXVI. Consumo Pozo Eterna Primavera 3

AÑO 2013	COSTO ENERGÍA (Q)	KW H	MONOMICO (Q)	FACTOR POTENCIA	TARIFA	POTENCIA MÁXIMA KW	POTENCIA CONTRATADA KW	COSTO POTENCIA MÁXIMA (Q)	COSTO POTENCIA CONTRATADA (Q)	COSTO FIJO POR CLIENTE (Q)	COSTO POR ENERGÍA (Q)	PENALIZACIÓN BAIJO FACTOR DE POTENCIA (Q)	PENALIZACIÓN POR POTENCIA CONTRATADA (Q)	MORA POR SALDO (Q)
JULIO	72 206,49	38 418	1,87950	0,9719	BTDFP	57,6	57,2	53,692682	84,492399	213,00748	1,464517	0	-33,80	0
AGOSTO	65 050,23	35 314	1,84205	0,9716	BTDFP	57,7	57,6	52,060593	77,521017	226,77986	1,426323	0	-7,75	0
SEPTIEMBRE	62 226,85	33 523	1,85624	0,9721	BTDFP	57,9	57,7	52,060593	77,521017	226,77986	1,426323	0	-15,50	0
OCTUBRE	66 966,21	36 036	1,85831	0,9779	BTDFP	61,1	57,9	52,060593	77,521017	226,77986	1,426323	0	-248,07	0
NOVIEMBRE	58 939,40	32 429	1,81749	0,9825	BTDFP	60,3	61,1	52,060593	77,520999	226,77980	1,372904	0	62,02	716,54
DICEMBRE	71 891,04	40 852	1,75979	0,9829	BTDFP	60,3	61,1	52,060593	77,520999	226,77980	1,372904	0	62,02	1 347,19
TOTAL		216 572				354,9						0	-181,08	2 063,73
PROMEDIO		36 095,3				59,15								
HORAS DE UTILIZACIÓN POR MES						610,23								
HORAS UTILIZADAS POR DÍA						20,34								
TOTAL HORAS DÍA						24								
FACTOR DE CARGA						0,85								

Fuente: elaboración propia.

Observamos en tabla que la tarifa BTDFP (baja tensión demanda en punta) es la adecuada, ya que el factor de carga es mayor a 0,6, y la potencia es mayor a 11 Kw, se hace notar que la factura de Empresa Eléctrica tiene mora total de Q.2 063,73 por no pagarse a tiempo la misma, se sugiere el pago puntual, no se tienen mayores observaciones de este pozo. La acometida del pozo Eterna Primavera 1 y Eterna Primavera 3 es la misma y debido a eso la tabla de análisis es igual.

Tabla XXVII. Consumo Pozo Paraíso del Frutal

AÑO 2013	COSTO ENERGÍA (Q)	KW H	MONOMICO (Q)	FACTOR POTENCIA	TARIFA	POTENCIA MÁXIMA KW	POTENCIA CONTRATADA KW	COSTO POTENCIA MÁXIMA (Q)	COSTO POTENCIA CONTRATADA (Q)	COSTO FIJO POR CLIENTE (Q)	COSTO POR ENERGÍA (Q)	PENALIZACIÓN BAJO FACTOR DE POTENCIA (Q)	PENALIZACIÓN POR POTENCIA CONTRATADA (Q)	MORA POR SALDO (Q)	
JULIO	13 792,07	6 779	2,03453	0,9923	BTDFP	15,3	16,0	53,692682	84,492399	213,00748	1,464517	0	59,14	0	
AGOSTO	13 326,28	6 755	1,97280	0,9922	BTDFP	15,3	16,0	52,060593	77,521017	226,77986	1,426323	0	54,26	0	
SEPTIEMBRE	13 784,68	7 031	1,96056	0,9919	BTDFP	15,6	16,0	52,060593	77,521017	226,77986	1,426323	0	31,01	0	
OCTUBRE	13 475,87	6 845	1,96872	0,9919	BTDFP	15,4	16,0	52,060593	77,521017	226,77986	1,426323	0	46,51	146,12	
NOVIEMBRE	12 698,53	6 602	1,92344	0,9922	BTDFP	15,5	16,0	52,060593	77,520999	226,77980	1,372904	0	38,76	290,31	
DICIEMBRE	14 036,29	7 472	1,87852	0,9923	BTDFP	15,5	16,0	52,060593	77,520999	226,77980	1,372904	0	38,76	280,06	
TOTAL		41 484					92,6					0	268,44	716,49	
PROMEDIO		6 914,0				15,43									
HORAS DE UTILIZACIÓN POR MES					447,99										
HORAS UTILIZADAS POR DÍA					14,93										
TOTAL HORAS DÍA					24										
FACTOR DE CARGA					0,62										

Fuente: elaboración propia.

Observamos en tabla que la tarifa BTDP (baja tensión demanda en punta) es la adecuada, ya que el factor de carga es mayor a 0,6, y la potencia es mayor a 11 Kw, se hace notar que la factura de Empresa Eléctrica tiene mora total de Q.716,49 por no pagarse a tiempo la misma, se sugiere el pago puntual, no se tienen mayores observaciones de este pozo.

Tabla XXVIII. Consumo Pozo Panorámica Del Frutal

AÑO 2013	COSTO ENERGÍA (Q)	KW H	MONOMICO (Q)	FACTOR POTENCIA	TARIFA	POTENCIA MÁXIMA KW	POTENCIA CONTRATADA KW	COSTO POTENCIA MÁXIMA (Q)	COSTO POTENCIA CONTRATADA (Q)	COSTO FIJO POR CLIENTE (Q)	COSTO POR ENERGÍA (Q)	PENALIZACIÓN BAJO FACTOR DE POTENCIA (Q)	PENALIZACIÓN POR POTENCIA CONTRATADA (Q)	MORA POR SALDO (Q)	
JULIO	34 929,43	16 511	2,11552	0,9472	BTDFP	49,1	49,0	53,692682	84,492399	213,00748	1,464517	0	18,93	0	
AGOSTO	34 427,30	17 059	2,01813	0,9410	BTDFP	45,6	49,1	52,060593	77,521017	226,77986	1,426323	0	271,32	0	
SEPTIEMBRE	35 189,63	17 507	2,01003	0,9411	BTDFP	46,4	49,1	52,060593	77,521017	226,77986	1,426323	0	209,31	0	
OCTUBRE	36 364,17	18 224	1,99540	0,9414	BTDFP	46,9	49,1	52,060593	77,521017	226,77986	1,426323	0	170,55	0	
NOVIEMBRE	34 215,29	17 528	1,95204	0,9414	BTDFP	47,1	49,1	52,060593	77,520999	226,77980	1,372904	0	155,04	389,10	
DICIEMBRE	37 026,76	19 364	1,912014	0,9410	BTDFP	46,9	49,1	52,060593	77,520999	226,77980	1,372904	0	170,55	755,20	
TOTAL		106 193					282,0					0	995,70	1 144,30	
PROMEDIO		17 698,8				47,00									
HORAS DE UTILIZACIÓN POR MES					376,57										
HORAS UTILIZADAS POR DÍA					12,55										
TOTAL HORAS DÍA					24										
FACTOR DE CARGA					0,52										

Fuente: elaboración propia.

Observamos en tabla que la tarifa BTDP (baja tensión demanda en punta) debe ser cambiada a la tarifa BTDFP (baja tensión demanda fuera de punta), ya que el factor de carga es menor 0,6, y la potencia es mayor a 11 Kw, se hace notar que la factura de Empresa Eléctrica tiene mora total de Q1 144,30 por no pagarse a tiempo la misma, se sugiere el pago puntual, además se debe ajustar la potencia contratada a 47,00 Kw.

Tabla XXIX. **Consumo Pozo Planes 1**

AÑO 2013	COSTO ENERGÍA (Q)	KW H	MONOMICO (Q)	FACTOR POTENCIA	TARIFA	POTENCIA MÁXIMA KW	POTENCIA CONTRATADA KW	COSTO POTENCIA MÁXIMA (Q)	COSTO POTENCIA CONTRATADA (Q)	COSTO FIJO POR CLIENTE (Q)	COSTO POR ENERGÍA (Q)	PENALIZACIÓN BAJA FACTOR DE POTENCIA (Q)	TAZA MUNICIPAL (Q)	PENALIZACIÓN POR POTENCIA CONTRATADA (Q)	MORA POR SALDO (Q)
JULIO	53 961,67	27 861	1,93682	0,9352	BTDFP	51,60	52,0	53,692682	84,492399	213,00748	1,464517	0,00	0	33,80	0
AGOSTO	49 550,05	25 359	1,95394	0,8741	BTDFP	51,90	52,0	52,060593	77,521017	226,77986	1,426323	1 244,53	0	7,75	0
SEPTIEMBRE	50 227,59	25 745	1,95096	0,8733	BTDFP	52,00	52,0	52,060593	77,521017	226,77986	1,426323	1 299,59	0	0,00	0
OCTUBRE	5 356,72	27 685	1,93490	0,8734	BTDFP	52,70	52,0	52,060593	77,521017	226,77986	1,426323	1 499,80	0	0,00	0,00
NOVIEMBRE	48 224,93	25 478	1,89281	0,8745	BTDFP	51,90	52,7	52,060593	77,520999	226,77980	1,372904	1 192,84	0	62,02	573,17
DICIEMBRE	61 062,49	33 589	1,81793	0,8741	BTDFP	52,30	52,7	52,060593	77,520999	226,77980	1,372904	1 535,18	0	31,01	1 089,18
TOTAL		165 717					312,4					6 771,94		134,58	1 662,35
PROMEDIO		27 619,5				52,07									
HORAS DE UTILIZACIÓN POR MES						530,46									
HORAS UTILIZADAS POR DÍA						17,68									
TOTAL HORAS DÍA						24									
FACTOR DE CARGA						0,74									

Fuente: elaboración propia.

Observamos que la tarifa BTDP (baja tensión demanda en punta) es la adecuada, ya que el factor de carga es mayor a 0,6 y la potencia es mayor a 11 Kw. Lo preocupante aquí es el bajo factor de potencia penalizado con Q.6 771,94 en seis meses (ya se sugirió en el apartado 2.6. diagnóstico de las instalaciones eléctricas en general, el banco de capacitores necesario para corregir el factor de potencia a 0.95), tiene instalado un banco de capacitores el cual es muy pequeño (mal dimensionado) y que está funcionando, se hace notar que la factura de Empresa Eléctrica tiene mora total de Q.1 662,35 por no pagarse a tiempo la misma, se sugiere el pago puntual.

Tabla XXX. Consumo Pozo Planes 2

AÑO 2013	COSTO ENERGÍA (Q)	KW H	MONOMICO (Q)	FACTOR POTENCIA	TARIFA	POTENCIA MÁXIMA KW	POTENCIA CONTRATADA KW	COSTO POTENCIA MÁXIMA (Q)	COSTO POTENCIA CONTRATADA (Q)	COSTO FIJO POR CLIENTE (Q)	COSTO POR ENERGÍA (Q)	PENALIZACIÓN BAJO FACTOR DE POTENCIA (Q)	TAZA MUNICIPAL (Q)	PENALIZACIÓN POR POTENCIA CONTRATADA (Q)	MORA POR SALDO (Q)
JULIO	53 961,67	27 861	1,93682	0,9352	BTDFP	51,60	52,0	53,692682	84,492399	213,00748	1,464517	0,00	0	33,80	0
AGOSTO	49 550,05	25 359	1,95394	0,8741	BTDFP	51,90	52,0	52,060593	77,521017	226,77986	1,426323	1 244,53	0	7,75	0
SEPTIEMBRE	50 227,59	25 745	1,95096	0,8733	BTDFP	52,00	52,0	52,060593	77,521017	226,77986	1,426323	1 299,59	0	0,00	0
OCTUBRE	5 356,72	27 685	1,93490	0,8734	BTDFP	52,70	52,0	52,060593	77,521017	226,77986	1,426323	1 499,80	0	-54,26	0,00
NOVIEMBRE	48 224,93	25 478	1,89281	0,8745	BTDFP	51,90	52,7	52,060593	77,520999	226,77980	1,372904	1 192,84	0	62,02	573,17
DICIEMBRE	61 062,49	33 589	1,81793	0,8741	BTDFP	52,30	52,7	52,060593	77,520999	226,77980	1,372904	1 535,18	0	31,01	1 089,18
TOTAL		165 717				312,4						6 771,94		80,32	1 662,35
PROMEDIO		27 619,5				52,07									
HORAS DE UTILIZACIÓN POR MES						530,46									
HORAS UTILIZADAS POR DÍA						17,68									
TOTAL HORAS DÍA						24									
FACTOR DE CARGA						0,74									

Fuente: elaboración propia.

El comentario es el mismo que el pozo Planes 1 ya que tienen la misma acometida para ambos pozos. Observamos que la tarifa BTDP (baja tensión demanda en punta) es la adecuada, ya que el factor de carga es mayor a 0,6 y la potencia es mayor a 11 Kw. Lo preocupante aquí es el bajo factor de potencia penalizado con Q.6 771,94 en seis meses (ya se sugirió en el apartado 2.6. diagnóstico de las instalaciones eléctricas en general, el banco de capacitores necesario para corregir el factor de potencia a 0.95), tiene instalado un banco de capacitores el cual es muy pequeño (mal dimensionado) y que está funcionando, se hace notar que la factura de Empresa Eléctrica tiene mora total de Q.1,662,35 por no pagarse a tiempo la misma, se sugiere el pago puntual.

Tabla XXXI. Consumo Pozo Monte María

AÑO 2013	COSTO ENERGÍA (Q)	KW H	MONOMICO (Q)	FACTOR POTENCIA	TARIFA	POTENCIA MÁXIMA KW	POTENCIA CONTRATADA KW	COSTO POTENCIA MÁXIMA (Q)	COSTO POTENCIA CONTRATADA (Q)	COSTO FIJO POR CLIENTE (Q)	COSTO POR ENERGÍA (Q)	PENALIZACIÓN BAJO FACTOR DE POTENCIA (Q)	TAZA MUNICIPAL (Q)	PENALIZACIÓN POR POTENCIA CONTRATADA (Q)	MORA POR SALDO (Q)
JULIO	42 926,02	22 443	1,91267	0,9352	BTDFP	51,60	52,0	53,692682	84,492399	213,00748	1,464517	0,00	0	33,80	0
AGOSTO	42 060,67	21 849	1,92506	0,8741	BTDFP	51,90	52,0	52,060593	77,521017	226,77986	1,426323	1 244,53	0	7,75	0
SEPTIEMBRE	37 714,67	20 439	1,84523	0,8733	BTDFP	52,00	52,0	52,060593	77,521017	226,77986	1,426323	1 299,59	0	0,00	0
OCTUBRE	37 037,94	20 441	1,81194	0,8734	BTDFP	52,70	52,0	52,060593	77,521017	226,77986	1,426323	1 499,80	0	-54,26	0,00
NOVIEMBRE	36 117,00	19 869	1,81776	0,8745	BTDFP	51,90	52,7	52,060593	77,520999	226,77980	1,372904	1 192,84	0	62,02	573,17
DICIEMBRE	34 617,35	19 591	1,76700	0,8741	BTDFP	52,30	52,7	52,060593	77,520999	226,77980	1,372904	1 535,18	0	31,01	1 089,18
TOTAL		124 632				312,4						6 771,94		80,32	1 662,35
PROMEDIO		20 772,0				52,07									
HORAS DE UTILIZACIÓN POR MES					530,46										
HORAS UTILIZADAS POR DÍA					17,68										
TOTAL HORAS DÍA					24										
FACTOR DE CARGA					0,74										

Fuente: elaboración propia.

Observamos que la tarifa BTDFP (baja tensión demanda fuera de punta) es la adecuada, ya que el factor de carga es menor 0,6 y la potencia es mayor a 11 Kw. Se sugiere hacer un pequeño ajuste a la potencia contratada a 64,5 Kw, no se tienen mayores comentarios de este pozo.

Tabla XXXII. Consumo Pozo Enriqueta 2

AÑO 2013	COSTO ENERGÍA (Q)	KW H	MONOMICO (Q)	FACTOR POTENCIA	TARIFA	POTENCIA MÁXIMA KW	POTENCIA CONTRATADA KW	COSTO POTENCIA MÁXIMA (Q)	COSTO POTENCIA CONTRATADA (Q)	COSTO FIJO POR CLIENTE (Q)	COSTO POR ENERGÍA (Q)	PENALIZACIÓN BAJO FACTOR DE POTENCIA (Q)	TAZA MUNICIPAL (Q)	PENALIZACIÓN POR POTENCIA CONTRATADA (Q)	MORA POR SALDO (Q)
JULIO	71 610,66	33 280	2,15176	0,7816	BTDFP	49,60	66,0	53,692680	84,492399	213,00748	1,464517	7 555,84	0	1 385,68	0
AGOSTO	71 516,11	34 400	2,07896	0,7791	BTDFP	49,60	66,0	52,060590	77,521017	226,77986	1,426323	7 686,31	0	1 271,34	0
SEPTIEMBRE	70 057,69	33 440	2,09503	0,7749	BTDFP	49,60	66,0	52,060590	77,521017	226,77986	1,426323	7 761,48	0	1 271,34	0
OCTUBRE	69 519,43	33 040	2,10410	0,7711	BTDFP	48,80	66,0	52,060590	77,521017	226,77986	1,426323	7 908,86	0	1 333,36	742,61
NOVIEMBRE	68 085,43	33 440	2,03605	0,7685	BTDFP	48,00	66,0	52,060590	77,520999	226,77980	1,372904	7 883,20	0	1 395,38	1 486,47
DICIEMBRE	66 671,35	32 560	3,04765	0,7656	BTDFP	47,20	66,0	52,060590	77,520999	226,77980	1,372904	7 868,91	0	1 457,39	1 472,37
TOTAL		200 160				292,8						46 664,60		8 114,49	3 701,45
PROMEDIO		33 360,0				48,80									
HORAS DE UTILIZACIÓN POR MES					683,61										
HORAS UTILIZADAS POR DÍA					22,79										
TOTAL HORAS DÍA					24										
FACTOR DE CARGA					0,95										

Fuente: elaboración propia.

Observamos que la tarifa BTDP (baja tensión demanda en punta) es la adecuada, ya que el factor de carga es mayor a 0,6 y la potencia es mayor a 11 Kw. Se sugiere hacer un ajuste por potencia contratada a 50,00 Kw, ya que en seis meses se ha pagado Q.8 114,50 de penalización, se debe poner especial énfasis en la corrección de factor de potencia penalizado con Q.46 664,00 en seis meses, (ya se sugirió en el apartado 2.6. diagnóstico de las instalaciones eléctricas en general, el banco de capacitores necesario para corregir el factor de potencia a 0,95). También en los últimos seis meses se han pagado Q.3 701,45 por facturas morosas, se sugiere pagar puntualmente las facturas de energía eléctrica.

Tabla XXXIII. Consumo Pozo San Miguelito 2

AÑO 2013	COSTO ENERGÍA (Q)	KW H	MONOMICO (Q)	FACTOR POTENCIA	TARIFA	POTENCIA MÁXIMA KW	POTENCIA CONTRATADA KW	COSTO POTENCIA MÁXIMA (Q)	COSTO POTENCIA CONTRATADA (Q)	COSTO FIJO POR CLIENTE (Q)	COSTO POR ENERGÍA (Q)	PENALIZACIÓN BAJO FACTOR DE POTENCIA (Q)	TAZA MUNICIPAL (Q)	PENALIZACIÓN POR POTENCIA CONTRATADA (Q)	MORA POR SALDO (Q)
JULIO	35 222,49	12 691	2,77539	0,7917	BTDFP	50,80	47,1	53,692680	84,492399	213,00748	1,464517	3 768,25	2 887	0,00	0
AGOSTO	65 110,08	28 590	5,27737	0,8066	BTDFP	50,80	50,8	52,060590	84,492399	226,77986	1,426323	5 114,32	5 000	0,00	0
SEPTIEMBRE	59 477,63	26 204	2,26979	0,7961	BTDFP	50,80	50,8	52,060590	77,521017	226,77986	1,426323	5 114,32	4 875	0,00	0
OCTUBRE	59 469,10	25 860	2,29966	0,7838	BTDFP	50,80	50,8	52,060590	77,521017	226,77986	1,426323	5 657,03	4 875	0,00	0,00
NOVIEMBRE	43 012,87	19 163	2,24458	0,8350	BTDFP	50,80	50,8	52,060590	77,520999	226,77980	1,372904	2 394,52	3 526	0,00	509,42
TOTAL		112 508				254,0						22 049,44	21 162,48	0,00	509,42
PROMEDIO		22 501,6				50,80									
HORAS DE UTILIZACIÓN POR MES						442,94									
HORAS UTILIZADAS POR DÍA						14,76									
TOTAL HORAS DÍA						24									
FACTOR DE CARGA						0,62									

Fuente: elaboración propia.

Observamos que la tarifa BTDP (baja tensión demanda en punta) es la adecuada, ya que el factor de carga es mayor a 0,6 y la potencia es mayor a 11 Kw. Hay que poner especial atención para mejorar el factor de potencia ya que en cinco meses se han pagado Q.22 049,44 (ya se sugirió en el apartado 2.6.

diagnóstico de las instalaciones eléctricas en general, el banco de capacitores necesario para corregir el factor de potencia a 0.95). Es de hacer notar que la tasa municipal está siendo recaudada por Empresa Eléctrica, la cual cobra un pequeño porcentaje por gastos administrativos, aunque finalmente la tasa municipal es devuelta a la Municipalidad de Villa Nueva, se sugiere hacer la gestión ante EGSA para que no sea cobrada esa tasa municipal. Se sugiere pagar puntualmente la factura ya que hay un cobro de Q.509,42 por pago atrasado de factura.

Tabla XXXIV. **Consumo Pozo Santa Clara**

AÑO 2013	COSTO ENERGÍA (Q)	KW H	MONOMICO (Q)	FACTOR POTENCIA	TARIFA	POTENCIA MÁXIMA KW	POTENCIA CONTRATADA KW	COSTO POTENCIA MÁXIMA (Q)	COSTO POTENCIA CONTRATADA (Q)	COSTO FIJO POR CLIENTE (Q)	COSTO POR ENERGÍA (Q)	PENALIZACIÓN BAJO FACTOR DE POTENCIA (Q)	TAZA MUNICIPAL (Q)	PENALIZACIÓN POR POTENCIA CONTRATADA (Q)	MORA POR SALDO (Q)
JULIO	123 225,13	65 280	1,88764	0,9606	BMP	98,40	105,6	53,692680	84,492399	213,00748	1,464517	0,00	0	608,35	0
AGOSTO	120 326,00	65 920	1,82533	0,9604	BMP	96,00	105,6	52,060590	77,521017	226,77986	1,426323	0,00	0	744,20	0
SEPTIEMBRE	114 171,86	58 000	1,96848	0,9587	BMP	131,20	105,6	52,060590	77,521017	226,77986	1,426323	0,00	0	4 445,37	0
OCTUBRE	127 627,26	72 000	1,77260	0,9487	BMP	90,40	131,2	52,060590	77,520999	226,77986	1,426323	0,00	0	3 162,86	0,00
NOVIEMBRE	114 664,32	63 600	1,80290	0,9476	BMP	89,60	131,2	52,060590	77,520999	226,77980	1,372904	0,00	0	3 224,84	0,00
TOTAL		324 800				505,6						0,00	0,00	12 185,62	0,00
PROMEDIO		64 960,0				101,12									
HORAS DE UTILIZACIÓN POR MES						642,41									
HORAS UTILIZADAS POR DÍA						21,41									
TOTAL HORAS DÍA						24									
FACTOR DE CARGA						0,89									

Fuente: elaboración propia.

Observamos que la tarifa DMP (demanda media en punta) es la adecuada, ya que el factor de carga es mayor a 0,6. Hay que poner énfasis en la potencia contratada y corregirla lo antes posible ya que en cinco meses se han pagado Q12 185,65.

Tabla XXXV. Consumo Pozo Orquídeas

AÑO 2013	COSTO ENERGÍA (Q)	KW H	MONOMICO (Q)	FACTOR POTENCIA	TARIFA	POTENCIA MÁXIMA KW	POTENCIA CONTRATADA KW	COSTO POTENCIA MÁXIMA (Q)	COSTO POTENCIA CONTRATADA (Q)	COSTO FIJO POR CLIENTE (Q)	COSTO POR ENERGÍA (Q)	PENALIZACIÓN BAJO FACTOR DE POTENCIA (Q)	TAZA MUNICIPAL (Q)	PENALIZACIÓN POR POTENCIA CONTRATADA (Q)	MORA POR SALDO (Q)
JUNIO	53 267,65	28 480	1,87035	0,9297	BTDP	40,80	40,8	53,692680	84,492399	213,00748	1,464517	0,00	0	0,00	0
JULIO	56 202,62	30 240	1,85855	0,9312	BTDP	41,60	40,8	53,692682	84,492399	213,00748	1,464517	0,00	0	151,41	
AGOSTO	40 875,79	20 720	1,97277	0,9446	BTDP	48,00	41,6	52,060593	77,521017	226,77986	1,426323	0,00	0	1 111,34	0
SEPTIEMBRE	39 932,82	21 120	1,89076	0,9710	BTDP	30,40	48,0	52,060593	77,521017	226,77986	1,426323	0,00	0	1 364,37	0
NOVIEMBRE	37 931,23	20 640	1,83755	0,9679	BTDP	30,40	48,0	52,060593	77,520999	226,77986	1,372904	0,00	0	1 364,37	0,00
DICIEMBRE	39 899,43	21 940	1,81857	0,9697	BTDP	30,40	48,0	52,060593	77,520999	226,77980	1,372904	0,00	0	1 364,37	0,00
TOTAL		143 140				221,6						0,00	0,00	5 355,86	0,00
PROMEDIO		23 856,7				36,93									
HORAS DE UTILIZACIÓN POR MES					645,94										
HORAS UTILIZADAS POR DÍA					21,53										
TOTAL HORAS DÍA					24										
FACTOR DE CARGA					0,9										

Fuente: elaboración propia.

Observamos que la tarifa BTDP (baja tensión demanda en punta) es la adecuada, ya que el factor de carga es mayor a 0,6 y la potencia es mayor a 11 Kw. Hay que poner énfasis en la potencia contratada y corregirla lo antes posible ya que en seis meses se han pagado Q.5 136,86.

Tabla XXXVI. Consumo Pozo Santa Isabel 1

AÑO 2013	COSTO ENERGÍA (Q)	KW H	MONOMICO (Q)	FACTOR POTENCIA	TARIFA	POTENCIA MÁXIMA KW	POTENCIA CONTRATADA KW	COSTO POTENCIA MÁXIMA (Q)	COSTO POTENCIA CONTRATADA (Q)	COSTO FIJO POR CLIENTE (Q)	COSTO POR ENERGÍA (Q)	PENALIZACIÓN BAJO FACTOR DE POTENCIA (Q)	TAZA MUNICIPAL (Q)	PENALIZACIÓN POR POTENCIA CONTRATADA (Q)	MORA POR SALDO (Q)
JULIO	27 394,98	12 748	2,14896	0,8027	BTDP	36,70	37,4	37,538613	57,859689	213,00748	1,455534	2 408,02	0	40,5017823	0
AGOSTO	25 209,53	12 781	1,97242	0,8041	BTDP	36,70	37,4	23,819999	28,940704	226,77986	1,437520	2 183,81	0	17,3644224	
SEPTIEMBRE	21 996,12	10 777	2,04102	0,7876	BTDP	36,70	37,4	23,819999	28,940704	226,77986	1,437520	2 196,88	0	17,3644224	0
OCTUBRE	23 087,00	11 401	2,02500	0,7889	BTDP	36,80	37,4	23,819999	28,940704	226,77986	1,437520	2 283,10	0	17,3644224	0
NOVIEMBRE	22 065,03	11 242	1,96273	0,7884	BTDP	36,80	37,4	23,819999	28,940697	226,77986	1,384101	2 189,73	0	17,3644182	0,00
DICIEMBRE	20 919,77	10 599	1,97375	0,7904	BTDP	36,80	37,4	23,819999	28,940697	226,77980	1,384101	2 041,24	0	17,3644182	0,00
TOTAL		69 548				220,5						13 302,78	0,00	127,3238859	0,00
PROMEDIO		11 591,3				36,75									
HORAS DE UTILIZACIÓN POR MES					315,12										
HORAS UTILIZADAS POR DÍA					10,5										
TOTAL HORAS DÍA					24										
FACTOR DE CARGA					0,44										

Fuente: elaboración propia.

Observamos que la tarifa BTDFP (baja tensión demanda fuera de punta) es la adecuada, ya que el factor de carga es menor a 0,6 y la potencia es mayor a 11 Kw. Hay que poner énfasis en el factor de potencia ya que en los últimos seis meses se han pagado Q.13 302,78 de multa, (ya se sugirió en el apartado 2.6. diagnóstico de las instalaciones eléctricas en general, el banco de capacitores necesario para corregir el factor de potencia a 0,95).

2.7.1. Verificar planos actuales si es que existen, con lo que está instalado actualmente

No existen planos eléctricos de ningún pozo.

2.8. Propuesta de mejoras a las instalaciones eléctricas

2.8.1. Sistema de tierras

En el diagnóstico realizado a cada pozo sobre la tierra física instalada, el resultado es que solo un equipo cumple con tener una tierra menor a 2 ohmios, otros equipos tienen una varilla enterrada y la mayoría no poseen tierra física, es por ello que sugerimos la instalación de un buen sistema de tierras tomando como referencia el instalado en el pozo Panorámica del Frutal.

- Sistema tradicional de puesta a tierra:

Un Sistema tradicional de Puesta a tierra se instala utilizando una varilla de acero con un recubrimiento de cobre, mejor conocida como varilla *copperweld*, este elemento ha quedado hoy en día obsoleto por las muchas

desventajas que este representa, las cuales se describen a continuación, entre otros:

- Material de fabricación (generan par galvánico, ocasionando una vida útil corta entre tres y cinco años).
- Proceso de Instalación (a golpes, disminuyendo su vida útil).
- Método de instalación (aditivos adicional, efecto electrolítico, lo que implica un mantenimiento frecuente, cada seis meses).
- Tipo de terreno donde se instala: Arenoso, rocoso, pantanoso, etc. (Dependen 100 % del tipo de terreno).
- Humedad del terreno y época del año. Son factores fundamentales para el diseño de una red de tierras con varillas *copperweld*.
- Mantenimiento frecuente cada seis meses.
- Bi-direccionalidad (Logra disipar corrientes de falla pero así mismo recibe impulsos Electromagnéticos del subsuelo).
- Forma de disipación (en forma de ondas concéntricas, aumenta el riesgo de corriente por la tensión de paso y tensión de toque).

Los factores antes descritos juegan un papel importante para contar con un buen sistema de Puesta a Tierra, y que pueda garantizar seguridad humana, seguridad en los equipos eléctricos y/o electrónicos y el buen funcionamiento de equipos y de la red eléctrica en general. Debido a tantas desventajas de un sistema tradicional de varillas *copperweld* es difícil ofrecer un sistema de tierras confiable y de buen desempeño.

Como se describió arriba y tomando como referencia el pozo Panorámica del Frutal se sugiere la instalación de un sistema de puesta a tierras con tecnología MAS@TIERRA que tiene la ventaja que no depende de la conductividad del terreno.

Otras ventajas.

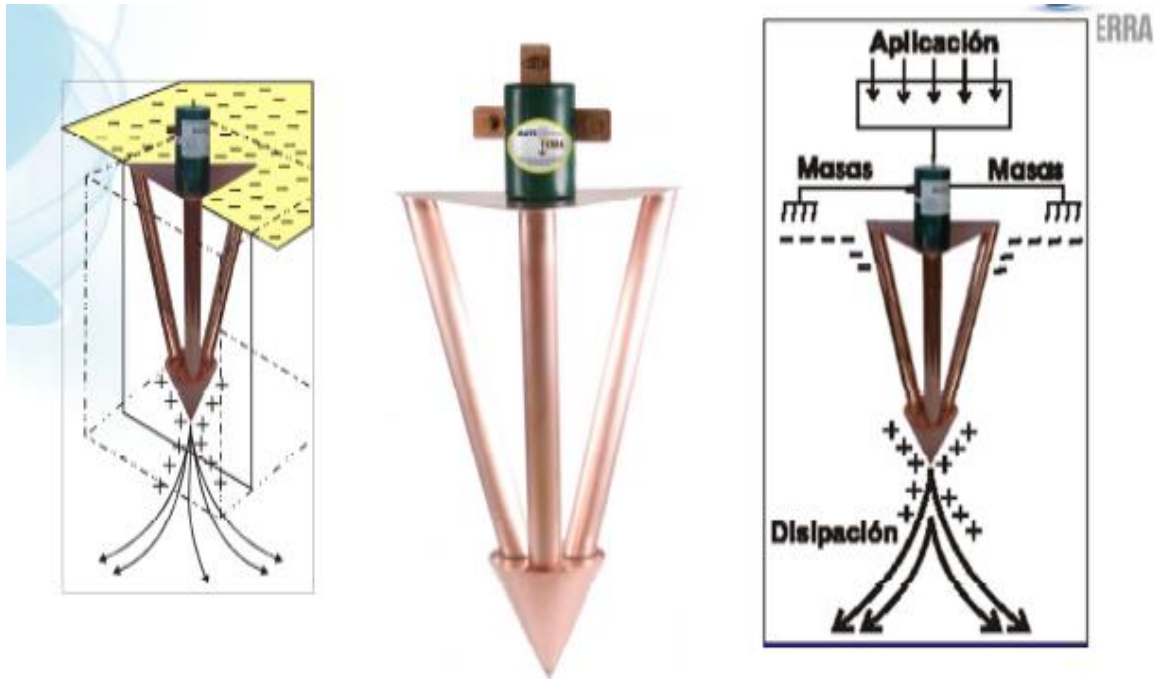
- Vida útil de veinte (20) años.
- Libre de mantenimiento.
- Gran capacidad de disipación de corrientes a tierra.
- Impedancia menor a 2 Ohms de manera constante.
- Trampa magneto-activa evitando las corrientes de retorno.
- Una terminación en punta para disipar las descargas a mayor profundidad.
- Compuesto acondicionador integrado en el *kit*.
- Ahorro de espacio para la instalación.
- Ahorro en tiempo de instalación.
- Ahorro en costo de implementación.
- No requiere aditivos adicionales.
- No daña las capas freáticas, cumple la norma ISO 14000.

Tabla XXXVII. **Comparativo sistema de tierras**

CUADRO COMPARATIVO		
Requerimientos	Mallas, Varilla y Electrodo	Sistema MassaTierra
Impedancia baja y permanente	NO	Sistema MassaTierra
Requiere mantenimiento	SI	NO
Areas equipotenciales permanentes	CORTO TIEMPO	PERMANENTE
Protección anticorrosiva	SI	SI
Confina EMI	NO	SI
Reduce voltaje de paso	NO	SI
Eficiencia para el equipo eléctrico	NO	SI
Elimina cargas ESD	NO	SI
Proporciona protección catódica	NO	SI
Depende de la conductividad del terreno	SI	NO
Reduce el factor de pérdidas	NO	SI
Minimiza el efecto Joule	NO	SI
Separa tierras neutro, ground y masa	NO	SI
Cumple con normas IEEE	NO	SI

Fuente: elaboración propia.

Figura 25. Ejemplificación de sistema de tierras



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2013.

2.7.2. Mejorar o proponer supresor de picos o transientes

El supresor de sobrevoltajes transitorios conectado en paralelo tiene el principio de operación; cuando el voltaje en terminales de estos aumenta, la resistencia del elemento de protección disminuye, dejando pasar más corriente.

La gran mayoría de los pozos evaluados tienen supresor de picos, sin embargo el cable que va conectado a tierra o no está conectado, o está conectado a un sistema de tierra de un alto valor de ohmios o simplemente conectado a la parte metálica del tablero. Estos supresores de picos no

tienen ningún registro de cuándo fueron instalados y no se sabe con certeza si conectándolos a un buen sistema de tierras, estos van a operar.

El propósito de los supresores de sobrevoltajes transitorios es el de proteger al equipo electrónico sensible. En varios de los equipos instalados en los pozos de la Municipalidad de Villa Nueva hay una combinación de motores que son controlados por un arrancador suave, variador de frecuencia, y protecciones de tipo electrónico, por lo que se recomienda cambiar todos los supresores de pico existentes e instalar uno que de preferencia tenga un piloto *Led* para indicar si el equipo está operando o no (*Intermatic Arrester Ward AG6503C3, SCCR50KA*), trifásico, con varistores de óxido metálico en paralelo (MOV), 347/600V.

Los supresores de sobrevoltajes transitorios también se pueden clasificar de acuerdo a su ubicación. Según *IEEE Recommended Practice on Surge Voltages in Low-Voltage AC Power Circuits*, se tienen las categorías A, B y C. Se recomienda instalar supresores de transientes grado C. La categoría C corresponde a las localidades siguientes:

- Alimentadores y circuitos derivados.
- Tableros de distribución.
- Barrajes y alimentadores en plantas industriales.
- Tomacorrientes para aparatos grandes con cableados cercanos a la acometida
- Sistemas de iluminación en edificios comerciales

El supresor debe ser trifásico, 460V debe contar un buen sistema de tierra para operar adecuadamente.

2.8.3. Elaborar un plan de mantenimiento preventivo adecuado

Actualmente todos los pozos de agua de la Municipalidad de Villa Nueva adolecen de un programa de mantenimiento preventivo y cuando dichos equipos se intervienen, se realiza solo cambio de motor y empalmes, más no hay limpieza de paneles, verificar aislamiento de cables y motores, apriete general de componentes eléctricos, revisión de tierras, etc., etc. En este apartado se hace un cronograma en donde se implementan los mantenimientos que deben realizarse a lo largo del año para cada equipo, analizado, mantenimiento trimestral, semestral y anual y una hoja de registro donde se anotaran los trabajos efectuados de mantenimiento preventivo y correctivo.

Continuación de la tabla XXXVIII.

MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA			
SERVICIO SEMESTRAL			
POZO:			
FECHA:			
		SI	NO
a	COLOCAR TARJETA DE SEGURIDAD		
b	BAJAR FLIPON GENERAL		
c	USAR BOTAS DE ELECTRICISTA		
d	USAR CASCO		
e	USAR ANTEOJOS		
f	USAR HERRAMIENTA ADECUADA Y EN BUEN ESTADO		
g	LIMPIAR EL AREA DE TRABAJO ANTES Y DESPUES DE CONCLUIDO EL MISMO		
h	SI SE TRABAJA CON ENERGIA UTILIZAR GUANTES DE SEGURIDAD ELECTRICA		
1	VOLTAJES DE ALIMENTACION EN FLIPON PRINCIPAL FASE A FASE B FASE C		
2	AMPERAJES MOTOR FASE A FASE B FASE C		
3	AMPERAJES BANCO DE CAPACITORES FASE A FASE B FASE C		
4	MEDIR OHMOS DE CONJUNTO CABLE MOTOR FASE A FASE B FASE C		
5	MEGGEAR CONJUNTO CABLE-MOTOR (1000V) FASE A FASE B FASE C		
6	TEMPERATURA ENTRADA DEL ARRANCADOR DEL MOTOR (CONTACTOR, ARRANCADOR SUAVE, INVERSOR) FASE A FASE B FASE C		
7	TEMPERATURA SALIDA DEL ARRANCADOR DEL MOTOR (CONTACTOR, ARRANCADOR SUAVE, INVERSOR) FASE A FASE B FASE C		
8	TEMPERATURA ENTRADA DEL ARRANCADOR DEL BANCO DE CAPACITORES FASE A FASE B FASE C		
9	TEMPERATURA SALIDA DEL ARRANCADOR DEL BANCO DE CAPACITORES FASE A FASE B FASE C		
10	TEMPERATURA ENTRADA DEL ARRANCADOR BOMBA DOSIFICACION FASE A FASE B FASE C		
11	TEMPERATURA SALIDA DEL ARRANCADOR BOMBA DOSIFICACION FASE A FASE B FASE C		
12	TEMPERATURA DEL BANCO DE CAPACITORES FASE A FASE B FASE C		
13	TEMPERATURA ENTRADA DEL FLIPON PRINCIPAL FASE A FASE B FASE C		
14	TEMPERATURA SALIDA DEL FLIPON PRINCIPAL FASE A FASE B FASE C		
15	TEMPERATURA ENTRADA DEL FLIPON BANCO DE CAPACITORES FASE A FASE B FASE C		
16	TEMPERATURA SALIDA DEL FLIPON BANCO DE CAPACITORES FASE A FASE B FASE C		
17	TEMPERATURA FLIPONES BOMBA DE DOSIFICACION FASE A FASE B FASE C		
18	APRIETE TERMINALES EXTERNAS DE POTENCIA Y CONTROL DE CONTACTOR O ARRANCADOR SUAVE O VARIADOR DE FRECUENCIA		
19	APRIETE TERMINALES DE FLIPONES, TRANSFORMADORES, GUARDANIVELES, TIMERS, A TODO LOS PANELES EN GENERAL, ETC., ETC.		
20	LIMPIAR LOS DISIPADORES DE CALOR DEL ARRANCADOR SUAVE O VARIADOR DE FRECUENCIA		
21	REVISAR QUE EL VENTILADOR DEL DISIPADOR DE CALOR DEL ARRANCADOR SUAVE O VARIADOR DE FRECUENCIA ESTE TRABAJANDO		
22	REVISAR Y CHEQUEAR SOBRECALENTAMETO, CABLES POTENCIA DE ENTRADA Y SALIDA DE CONTACTOR O ARRANCADOR SUAVE O VARIADOR DE FRECUENCIA		
23	REVISAR CABLES ENTRADA Y SALIDA DE FLIPON		
24	REVISAR SOBRECALENTAMETOS DE CABLES EN GENERAL		
25	MANTENIMIENTO, REVISION Y LIMPIEZA PARTES MOVILES DEL RELE DE NIVEL (GUARDANIVEL)		
27	LIMPIEZA Y REVISION DE TIMERS Y RELES AUXILIARES DE CONTROL		
28	VERIFICAR QUE STAR, STOP Y LUCES PILOTO ESTEN EN BUEN ESTADO Y APRIETE CABLES DE LOS MSMOS		
29	VERIFICAR QUE SWICHT MANUAL, AUTOMATICO, SWICHT DE LLAVE ESTEN EN BUEN ESTADO Y APRIETE CABLES DE LOS MSMOS		
30	REVISAR QUE FLIPON 120VAC CONTROL EN BUEN ESTADO Y SOLO TENGA CONECTADO LOS CONTROLES DE LOS POZOS		
31	REVISAR INSTALACION ELECTRICA EN GENERAL		
32	REVISAR MANOMETRO E INDICAR PRESION PSI (LBS)		
33	HACER INSPECCION OCULAR DE BANCO DE TRANSFORMADORES DE LA ACOMETIDA Y LA ACOMETIDA MISMA		
34	VERIFICAR QUE APARTARRAYOS ESTE CONECTADO ADECUADAMENTE Y QUE LUZ PILOTO LED ESTE ENCENDIDA (INDICA QUE ESTA OPERANDO)		
35	VERIFICAR QUE ALGUN SUPRESOR TRANSIENTES NO ESTE ABIERTO		
36	LIMPIEZA Y APRIETE A SWICHT DE PRESION (PRESOSTATO)		
37	LIMPIEZA Y APRIETE A SWICHT DE FLUJO		
38	LIMPIEZA Y APRIETE A SWICHT DE FLOTE, VERIFICAR QUE ESTE OPERANDO ADECUADAMENTE		
Observaciones:			
Nombre del Electricista		Vo.Bo. Jefe de Manto Electrico	

Continuación de la tabla XXXVIII.

MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA			
SERVICIO TRIMESTRAL			
POZO:			
FECHA:		SI	NO
a	COLOCAR TARJETA DE SERGURIDAD		
b	BAJAR FLIPON GENERAL		
c	USAR BOTAS DE ELECTRICISTA		
d	USAR CASCO		
e	USAR ANTEOJOS		
f	USAR HERRAMIENTA ADECUADA Y EN BUEN ESTADO		
g	LIMPIAR EL AREA DE TRABAJO ANTES Y DESPUES DE CONCLUIDO EL MSMO		
h	SI SE TRABAJA CON ENERGIA UTILIZAR GUANTES DE SEGURIDAD ELECTRICA		
1	VOLTAJES DE ALIMENTACION EN FLIPON PRINCIPAL FASE A FASE B FASE C		
2	AMPERAJES MOTOR FASE A FASE B FASE C		
3	AMPERAJE BANCO DE CAPACITORES FASE A FASE B FASE C		
4	TEMPERATURA ENTRADA DEL ARRANCADOR DEL MOTOR (CONTACTOR, ARRANCADOR SUAVE, INVERSOR) FASE A FASE B FASE C		
5	TEMPERATURA SALIDA DEL ARRANCADOR DEL MOTOR (CONTACTOR, ARRANCADOR SUAVE, INVERSOR) FASE A FASE B FASE C		
6	TEMPERATURA ENTRADA DEL ARRANCADOR DEL BANCO DE CAPACITORES FASE A FASE B FASE C		
7	TEMPERATURA SALIDA DEL ARRANCADOR DEL BANCO DE CAPACITORES FASE A FASE B FASE C		
8	TEMPERATURA ENTRADA DEL ARRANCADOR BOMBA DOSIFICACION FASE A FASE B FASE C		
9	TEMPERATURA SALIDA DEL ARRANCADOR BOMBA DOSIFICACION FASE A FASE B FASE C		
10	TEMPERATURA DEL BANCO DE CAPACITORES FASE A FASE B FASE C		
11	TEMPERATURA ENTRADA DEL FLIPON PRINCIPAL FASE A FASE B FASE C		
12	TEMPERATURA SALIDA DEL FLIPON PRINCIPAL FASE A FASE B FASE C		
13	TEMPERATURA ENTRADA DEL FLIPON BANCO DE CAPACITORES FASE A FASE B FASE C		
14	TEMPERATURA SALIDA DEL FLIPON BANCO DE CAPACITORES FASE A FASE B FASE C		
15	TEMPERATURA FLIPONES BOMBA DE DOSIFICACION FASE A FASE B FASE C		
16	APRIETE TERMINALES EXTERNAS DE POTENCIA Y COTROL DE CONTACTOR O ARRANCADOR SUAVE O VARIADOR DE FRECUENCIA		
17	APRIETE TERMINALES DE FLIPONES, TRANSFORMADORES, GUARDANIVELES, TIMERS, A TODO LOS PANELES EN GENERAL, ETC., ETC.		
18	LIMPIAR LOS DISIPADORES DE CALOR DEL ARRANCADOR SUAVE O VARIADOR DE FRECUENCIA		
19	REVISAR QUE EL VENTILADOR DEL DISIPADOR DE CALOR DEL ARRANCADOR SUAVE O VARIADOR DE FRECUENCIA ESTE TRABAJANDO		
20	REVISAR Y CHEQUEAR SOBRECALENTAMIENTO, CABLES POTENCIA DE ENTRADA Y SALIDA DE CONTACTOR O ARRANCADOR SUAVE O VARIADOR DE FRECUENCIA		
21	REVISAR CABLES ENTRADA Y SALIDA DE FLIPON		
22	REVISAR SOBRECALENTAMIENTOS DE CABLES EN GENERAL		
23	MANTENIMIENTO, REVISION Y LIMPIEZA PARTES MOVILES DEL RELE DE NIVEL (GUARDANIVEL)		
24	LIMPIEZA Y REVISION DE TIMERS Y RELES AUXILIARES DE CONTROL		
25	VERIFICAR QUE STAR, STOP Y LUCES PILOTO ESTEN EN BUEN ESTADO Y APRIETE CABLES DE LOS MISMOS		
26	VERIFICAR QUE SWICHT MANUAL, AUTOMATICO, SWICHT DE LLAVE ESTEN EN BUEN ESTADO Y APRIETE CABLES DE LOS MISMOS		
27	REVISAR QUE FLIPON 120VAC CONTROL EN BUEN ESTADO Y SOLO TENGA CONECTADO LOS CONTROLES DE LOS POZOS		
28	REVISAR INSTALACION ELECTRICA EN GENERAL		
29	VERIFICAR QUE APARTARRAYOS ESTE CONECTADO ADECUADAMENTE Y QUE LUZ PILOTO LED ESTE ENCENDIDA (INDICA QUE ESTA OPERANDO)		
30	VERIFICAR QUE ALGUN SUPRESOR TRANSIENTES NO ESTE ABIERTO		
31	LIMPIEZA Y APRIETE A SWICHT DE PRESION (PRESOSTATO)		
32	LIMPIEZA Y APRIETE A SWICHT DE FLUJO		
33	LIMPIEZA Y APRIETE A SWICHT DE FLOTE, VERIFICAR QUE ESTE OPERANDO ADECUADAMENTE		
Observaciones:			

Nombre del Electricista

Vo.Bo. Jefe de Mantto Electrico

Continuación de la tabla XXXVIII.

RECORD DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS INTERVENIDOS	
FECHA:	
MOTOR MARCA	
MOTOR MODELO	
MOTOR NUMERO DE SERIE	
BOMBA MARCA	
BOMBA MODELO	
BOMBA NUMERO DE SERIE	
BOMBA NUMERO DE ETAPAS	
GALONES POR MINUTO	
NUMERO DE TUBOS	
DIAMETRO DEL TUBO	
LONGITUD TOTAL DEL CABLE	
CALIBRE DEL CABLE	
POSICION DE VALVULA CHECK 1	
POSICION DE VALVULA CHECK 2	
OHMIOS MOTOR ANTES DE METER EQUIPO AL POZO	FASE A _____, FASE B _____, FASE C _____
AISLAMIENTO MOTOR ANTES DE METER EL EQUIPO AL POZO	FASE A _____, FASE B _____, FASE C _____
OHMIOS CABLE-MOTOR CON EQUIPO IMERSO EN EL POZO	FASE A _____, FASE B _____, FASE C _____
AISLAMIENTO CABLE-MOTOR CON EQUIPO IMERSO EN EL POZO	FASE A _____, FASE B _____, FASE C _____
VOLTAJE CON EQUIPO TRABAJANDO	FASE A _____, FASE B _____, FASE C _____
AMPERAJE CON EQUIPO TRABAJANDO	FASE A _____, FASE B _____, FASE C _____
EMPRESA QUE INTERVIÑO EL EQUIPO	

Fuente: elaboración propia.

2.8.4. Proponer ahorro de energía

Con los datos obtenidos de las tablas del apartado 2.6.6 y tabulando los siguientes parámetros: penalizaciones por bajo factor de potencia, penalizaciones por potencia contratada, cobros por facturas en mora, propondremos un ahorro en el costo de la energía y potencia.

Tabla XXXIX. Ahorro de energía

AHORRO DE ENERGIA				
	NOMBRE DEL POZO	PENALIZACION POR		PAGO DE FACTURAS
		FACTOR DE POTENCIA	POTENCIA CONTRATADA	EN MORA
1	LA PAZ	Q 17,172.00	Q 251.75	
2	COLINAS		Q 173.69	
3	SAN FRANCISCO 2		Q 34.72	Q 1,445.84
4	ETERNA PRIMAVERA 1		Q 807.49	Q 2,063.73
5	ETERNA PRIMAVERA 2		Q 507.29	Q 2,964.67
6	ETERNA PRIMAVERA 3			
7	PARAISO DEL FRUTAL		Q 268.45	Q 716.49
8	PANORAMICA DEL FRUTAL		Q 995.69	Q 1,144.30
9	PLANES 1	Q 6,771.94	Q 134.57	Q 1,662.35
10	PLANES 2			
11	MONTE MARIA		Q 1,652.13	Q 14.29
12	ENRIQUETA 2	Q 46,664.61	Q 8,114.50	Q 3,701.45
13	SAN MIGUELITO 2	Q 22,049.44		Q 509.42
14	SANTA CLARA		Q 12,185.65	
15	ORQUIDEAS		Q 5,355.86	
16	SANTA ISABEL 1	Q 13,302.78	Q 127.32	
	SUBTOTAL (6 MESES)	Q 105,960.77	Q 30,609.11	Q 14,222.54
	TOTAL (6 MESES)			150,792.42
	PROYECCION A 1 AÑO			301,584.84

Fuente: elaboración propia.

Como se puede apreciar en la tabla arriba enumerada se puede obtener un ahorro en energía de alrededor de Q301 584,84 en un año, es de resaltar que se está analizando menos de la mitad de los pozos (42 actuales y 8 más proyectados para este año).

2.8.5. Análisis económico

Para lograr obtener un ahorro de energía es necesario tomar ciertas acciones que en su defecto necesitarán de una inversión, lo que analizaremos es ver si esta inversión es rentable, mostramos a continuación una tabla con gastos a incurrir dicha tabla está basada en la tabla de ahorro de energía:

Tabla XL. **Análisis Económico**

ANALISIS ECONOMICO				
	NOMBRE DEL POZO	COSTO BANCO DE	COSTO PENALIZACION	COSTO PAGO DE
		CAPACITORES CON	POR POTENCIA	FACTURAS EN MORA
		ACCESORIOS	CONTRATADA	
1	LA PAZ	Q 8,200.00	Q -	Q -
2	COLINAS	Q -	Q -	Q -
3	SAN FRANCISCO 2	Q -	Q -	Q -
4	ETERNA PRIMAVERA 1	Q -	Q -	Q -
5	ETERNA PRIMAVERA 2	Q -	Q -	Q -
6	ETERNA PRIMAVERA 3	Q -	Q -	Q -
7	PARAISO DEL FRUTAL	Q -	Q -	Q -
8	PANORAMICA DEL FRUTAL	Q -	Q -	Q -
9	PLANES 1	Q 7,500.00	Q -	Q -
10	PLANES 2	Q -	Q -	Q -
11	MONTE MARIA	Q -	Q -	Q -
12	ENRIQUETA 2	Q 8,200.00	Q -	Q -
13	SAN MIGUELITO 2	Q 7,500.00	Q -	Q -
14	SANTA CLARA	Q -	Q -	Q -
15	ORQUIDEAS	Q -	Q -	Q -
16	SANTA ISABEL 1	Q 7,500.00	Q -	Q -
	SUBTOTAL	Q 38,900.00	Q -	Q -
	TOTAL			38,900.00

Fuente: elaboración propia.

Al analizar esta tabla haremos las siguientes acotaciones:

- Para corregir el costo de penalización por potencia contratada basta con un cruce de cartas de la Municipalidad de Villa Nueva a Empresa Eléctrica para ajustar lo más exacto posible la potencia consumida con la contratada. Se ha asignado un valor cero a esta actividad.
- Para corregir el costo que representa pagar las facturas de la Empresa Eléctrica por el consumo de potencia y energía fuera de la fecha límite (mora), solo es necesario que la parte financiera haga el desembolso a tiempo. Se ha asignado un valor cero a esta actividad

- Para corregir el factor de potencia es necesario comprar los bancos de capacitores y sus accesorios:

Tabla XLI. **Costos**

POZO LA PAZ		POZO PLANES 1	
	COSTO		COSTO
TABLERO METALICO	Q 1,000.00	TABLERO METALICO	Q 1,000.00
FLIPON 3 X 40	Q 1,000.00	FLIPON 3 X 40	Q 1,000.00
CONTACTOR 45 A	Q 1,400.00	CONTACTOR 27 A	Q 1,200.00
BANCO CAPACITORES 3 X 20 KVAR	Q 1,500.00	BANCO CAPACITORES 3 X 15 KVAR	Q 1,200.00
TIMER CON BASE	Q 500.00	TIMER CON BASE	Q 500.00
CABLE #8	Q 100.00	CABLE #8	Q 100.00
MANO DE OBRA	Q 2,500.00	MANO DE OBRA	Q 2,500.00
OTROS	Q 200.00	OTROS	Q 200.00
TOTAL	Q 8,200.00	TOTAL	Q 7,700.00
POZO ENRIQUETA 2		POZO SAN MIGUELITO 2	
	COSTO		COSTO
TABLERO METALICO	Q 1,000.00	TABLERO METALICO	Q 1,000.00
FLIPON 3 X 40	Q 1,000.00	FLIPON 3 X 40	Q 1,000.00
CONTACTOR 27 A	Q 1,200.00	CONTACTOR 27 A	Q 1,200.00
BANCO CAPACITORES 3 X 15 KVAR	Q 1,200.00	BANCO CAPACITORES 3 X 15 KVAR	Q 1,200.00
TIMER CON BASE	Q 500.00	TIMER CON BASE	Q 500.00
CABLE #8	Q 100.00	CABLE #8	Q 100.00
MANO DE OBRA	Q 2,500.00	MANO DE OBRA	Q 2,500.00
OTROS	Q 200.00	OTROS	Q 200.00
TOTAL	Q 7,700.00	TOTAL	Q 7,700.00
POZO SANTA ISABEL 1			
	COSTO		
TABLERO METALICO	Q 1,000.00		
FLIPON 3 X 40	Q 1,000.00		
CONTACTOR 27 A	Q 1,200.00		
BANCO CAPACITORES 3 X 15 KVAR	Q 1,200.00		
TIMER CON BASE	Q 500.00		
CABLE #8	Q 100.00		
MANO DE OBRA	Q 2,500.00		
OTROS	Q 200.00		
TOTAL	Q 7,700.00		

Fuente: elaboración propia.

Como podemos observar el costo por la compra e instalación de los bancos de capacitores es de Q39 000,00 que viene siendo el costo total para lograr el ahorro de energía.

Si el ahorro de energía proyectado para un año es de Q 301 584,84 y si esta cantidad la dividimos en 12 meses obtenemos por mes un ahorro de Q 25 132,07. Esto quiere decir que en 47 días aproximadamente obtenemos el retorno de capital invertido para lograr el ahorro de energía.

3. FASE DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

3.1. Capacitación al personal encargado de los pozos

Se ha capacitado al jefe de mantenimiento de pozos y al jefe de proyectos en temas eléctricos.

Algunos términos eléctricos ya son parte ahora del conocimiento de las personas encargada de los pozos.

3.1.1. Resultados de la presentación

Como resultado de esta capacitación, la dirección y sub dirección de Agua y Saneamiento, Jefatura de Mantenimiento, Jefatura de Proyectos, manejan algunos parámetros importantes tales como amperio y voltaje de los motores, aislamiento de motores nuevos, aislamiento de cables eléctricos, calibre de cables, factor de potencia, los cuales ya son exigidos a la hora de una intervención eléctrica o una instalación nueva. El actual jefe de mantenimiento aprendió a utilizar el *megger* e interpretar los datos, al igual se les ha instruido en la lectura de los parámetros de los monitores de voltaje, indicación de fallas, pueden diferenciar entre un contactor, arrancador suave y variador de frecuencia, etc. Como resultado de lo anterior, los trabajos eléctricos son cuestionados con mayor frecuencia por tener las personas arriba enumeradas algún concepto de parámetros eléctricos importantes que en un inicio no tenían o tenían un conocimiento muy vago del mismo.

3.1.2. Mejoras propuestas por los encargados

Dentro de las mejoras propuestas por las jefaturas de los pozos es instruir a los operadores de los diferentes pozos para conocer los componentes eléctricos que tienen los tableros eléctricos, qué función hacen, implementar instrucciones o procedimientos escritos para que los operadores a la hora de un falla puedan reportar de una mejor manera la situación del pozo. Requieren tener en cada pozo un diagrama eléctrico, tabla de cómo están programados los parámetros eléctricos para los arrancadores suaves y variadores de frecuencia, una hoja con *record* de mantenimiento. También tener manuales de cada equipo en las oficinas para consultas técnicas, y la implementación de equipo de medición y herramientas para revisar equipos y darles mantenimiento. Crear un archivo o expediente de cada equipo.

3.1.3. Implementación de mejoras

Ya se tienen copias de los manuales de arrancadores suaves, variadores de frecuencia, protectores térmicos electrónicos, monitores de voltaje, etc.

Ya se imprimieron hojas con los diagramas eléctricos de los pozos analizados.

Ya se imprimieron hojas con las características eléctricas de cada pozo (Hp, Voltaje, Amperaje, Factor de Potencia, Aislamiento de motor etc.).

Se hizo listado y características de equipo eléctrico, enfocado al mantenimiento preventivo tales como: amperímetro de gancho, voltímetro, medidor de aislamiento, pistola para medir temperatura.

Se hizo listado de herramienta eléctrica tal como: llaves ajustables, juego de destornilladores para electricista, juego de llaves Allen, juego de llaves corona, juego de copas, etc.

En los pozos visitados se ha girado instrucciones verbales a los fontaneros acerca de los nombres de los componentes eléctricos; se ha hecho énfasis en que luces deben estar encendidas para que el equipo este trabajando normal; qué luces indican una anormalidad. Se tiene el inconveniente de dejar instrucciones escritas ya que hay varias personas que no saben leer y escribir. Se han dado recomendaciones de no “meter mano” a los equipos, esto solo lo debe hacer gente especialista en el tema.

CONCLUSIONES

1. No existe mantenimiento eléctrico para los pozos observados.
2. Las instalaciones físicas de los pozos observados es un aspecto a considerar, ya que presentan ciertas deficiencias, en cuanto a espacio, iluminación, ventilación, etc.
3. La no existencia de planos eléctricos, catálogos, manuales técnicos de los diversos equipos eléctricos: variadores de frecuencia, arrancadores suaves, monitores de voltaje, protectores térmicos electrónicos, ni la recopilación de cómo están programados, dificultan las tareas de mantenimiento.
4. En lo referente a las instalaciones eléctricas no hay un patrón o instalaciones normadas, hay que normar los pozos actuales y los futuros. Los diagramas unifilares que se detallan en el presente trabajo puede ser una guía a seguir para la mejora de las instalaciones eléctricas, poniendo énfasis en la implementación de protecciones y sus adecuados ajustes, así como un buen sistema de tierras.

RECOMENDACIONES

1. Instalar capacitores en los pozos enumerados con bajo factor de potencia:

Pozo la Paz

Pozo Planes 1

Pozo Enriqueta 2

Pozo San Miguelito 2

Pozo Santa Isabel 1

2. Instalar un buen sistema de tierra física, en todos los pozos, a excepción de pozo Panorámica del Frutal.
3. Instalar supresores de transientes en todos los pozos.
4. Cambiar supresor de picos o transientes y aterrizarlos a buen sistema de tierra física en todos los pozos.
5. Implementar un programa de mantenimiento preventivo, según lo propuesto en este estudio, en todos los pozos.
6. Hacer los ajustes de protecciones a los siguientes pozos: pozo Eterna Primavera 1, pozo Eterna Primavera 2, pozo Eterna Primavera 3, pozo Paraíso del Frutal, pozo Planes 1, pozo Planes 2, pozo Monte María, pozo Santa Isabel 1.

7. Se recomienda mejorar el aislamiento en la instalación del pozo Eterna Primavera 2, ya que presenta bajo nivel, según mediciones.
8. Se recomienda la instalación de relés térmicos electrónicos en los pozos que tengan un contactor para el arranque del motor, o bien la implementación de un arrancador suave o variador de frecuencia: pozo San Francisco 2, pozo Eterna Primavera 1, pozo Eterna Primavera 2, pozo Eterna Primavera 3, pozo Paraíso del Frutal, pozo Planes 1, pozo Planes 2, pozo San Miguelito 2, pozo Santa Isabel 1.
9. En pozo Santa María, instalar un filtro para atenuar la 5ta armónica.
10. Cambiar los variadores de frecuencia actuales de 6 pulsos a 12 o 18 pulsos, cuando los que están actualmente funcionando, se dañen, esto para atenuar armónicos.
11. Hacer ajustes de potencia contratada en los siguientes pozos: pozo la Paz, pozo Colinas, pozo San Francisco 2, pozo Eterna Primavera 1, pozo Eterna Primavera 2, pozo Paraíso del Frutal, pozo Panorámica del Frutal, pozo Planes 1, pozo Monte María, pozo Enriqueta 2, pozo Santa Clara, pozo Orquídeas, pozo Santa Isabel 1.
12. Hacer las instalaciones nuevas de acuerdo a diagrama unifilar propuesto.
13. Realizar el control de los sistemas en 120V. Actualmente la mayoría están en 220V e incluso en 480V, entre estos: pozo Colinas, pozo San Francisco, pozo Eterna Primavera 1, pozo Eterna Primavera 2, pozo Eterna Primavera 3, pozo Paraíso del Frutal, pozo Planes 1, pozo Planes

2, pozo Monte María, pozo Enriqueta 2, pozo San Miguelito 2, pozo Santa Clara, pozo Orquídeas, pozo Santa Isabel 1.

14. Comprar de aparatos y herramientas eléctricas para efectuar trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo.
15. Pagar a tiempo las facturas de Empresa Eléctrica, para evitar el pago de moras innecesarias.

BIBLIOGRAFIA

1. DIAZ, Pablo. *Soluciones Prácticas para la Puesta a Tierra de Sistemas Eléctricos de Distribución*. McGraw Hill, 2001. 140 p.
2. HARPER, G. E. *Elementos de diseño de las instalaciones eléctricas industriales*. Mexico: Limusa. 2004. 189 p.
3. ————. *Protección de instalaciones eléctricas industriales y comerciales*. Mexico: LIMUSA. 2003. 148 p.
4. *IEEE guide for abnormal frequency protection for power generating plants*. EE.UU. ANSI/IEEE C37.106.1993. 310 p.
5. MORA, P. O. *Transformadores y máquinas sincrónicas*. Mérida - Venezuela: Universidad de los Andes. 1995. 86p.

