

**DISEÑO DE UN PROGRAMA PARA EL USO
RACIONAL Y EFICIENTE DEL CONSUMO DE
ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL PROCESO DE
EXTRACCIÓN DE CRUDO DEL
CAMPO-ESCUELA COLORADO**

Jorge Eduardo Ardila Álvarez

Erika Liceth Rodríguez Orozco

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERIA ELÉCTRICA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES

Bucaramanga, 2008

**DISEÑO DE UN PROGRAMA PARA EL USO RACIONAL Y
EFICIENTE DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA
EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE CRUDO DEL
CAMPO-ESCUELA COLORADO**

Jorge Eduardo Ardila Álvarez

Erika Liceth Rodríguez Orozco

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Electricista.

Director:

Dr. Hermann Raúl Vargas Torres

Co-director:

Ing. Álvaro Leonardo Jácome Pérez

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERIA ELÉCTRICA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES

Bucaramanga, Enero de 2008

A Dios por iluminarme a todo momento

A mis padres Jorge Elicer y Lucia, por colaborar y aconsejarme a cada momento.

A mi hermana Ana Maria por ayudarme en los momentos que he requerido de su ayuda.

A Nancy por su preocupacin y acompaamiento a lo largo de este proceso.

A mis compaeros de colegio por la colaboracin recibida a lo largo de la carrera y en especial para la realizacin del proyecto.

Jorge

*No vemos a los ángeles; pero en las avenidas
oscuras de la angustia y el dolor, se acercan
y nos llaman, Se parecen a ellos las personas
queridas y no son sino ángeles los seres que nos
aman!*

*A mi mamá, mi papá, mi familia, mis
amigas(os) y mis angelitos.*

Erika

Agradecimientos

Al profesor HERMANN RAÚL VARGAS TORRES, director de este trabajo de grado, quien nos brindó en todo momento, su amistad, colaboración, confianza y orientación en esta etapa académica.

Al Ingeniero ÁLVARO LEONARDO JÁCOME PÉREZ, codirector de este proyecto, por su colaboración, orientación, amistad y calidad humana los cuales sirvieron para la cimentación de este proyecto.

A la doctora ZULLY CALDERON H, por depositar su confianza en nosotros al vincularnos al proyecto Campo-Escuela Colorado.

Al ingeniero FERNANDO E. CALVETE, quien puso a disposición de nosotros la información del Campo-Escuela Colorado.

A SALOMON GALVIS, persona que nos acompañó, enseñó y compartió todas sus experiencias en el campo.

A OSCAR GARCIA, CRISTIAN GONZALEZ e ISNARDO IBÁÑEZ, por su colaboración durante este proceso.

Al Proyecto Campo-Escuela Colorado, por la extraordinaria oportunidad que nos dio al habernos acogido permitiéndonos crecer como personas.

A todas las personas que, de diversas maneras, participaron en el desarrollo de este proyecto.

RESUMEN

TITULO: DISEÑO DE UN PROGRAMA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE CRUDO DEL CAMPO-ESCUELA COLORADO¹

AUTORES: Jorge Eduardo Ardila Álvarez, Erika Liceth Rodríguez Orozco²

PALABRAS CLAVES: Uso Racional y Eficiente del consumo de energía, Levantamiento eléctrico, Diagnóstico eléctrico, Campo-Escuela Colorado, extracción, petróleo

DESCRIPCION:

El Campo-Escuela Colorado es el resultado del convenio firmado entre ECOPETROL S.A. y la Universidad Industrial de Santander. La Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones, como estamento de la Universidad, se vincula al convenio con la realización del presente proyecto. Este proyecto tiene como principal fin, elaborar un diagnóstico eléctrico del Campo-Escuela que permita determinar los pasos y componentes del proceso en los que se puede aplicar uso eficiente y racional de la energía eléctrica.

Se realizaron diversas actividades que permitieran realizar un diagnóstico eléctrico adecuado con miras al cumplimiento del objetivo del proyecto. La primera actividad consistió en el levantamiento eléctrico del campo y la elaboración de sus correspondientes planos eléctricos, plantillas de información, medidas eléctricas, etc. En la segunda actividad se realizó la recopilación y organización de la información de cada uno de los componentes del campo, información obtenida por medio del levantamiento eléctrico y por la coordinación de mantenimiento de ECOPETROL S.A.

Luego se elaboró el diagnóstico eléctrico para posteriormente realizar el planteamiento del programa de uso racional y eficiente de la energía eléctrica. Realizado el programa se elaboraron las recomendaciones, observaciones y conclusiones del proyecto. El proyecto entonces, permite a la Gerencia del Campo-Escuela analizar nuevas medidas en el aspecto eléctrico con miras a la optimización de los recursos del proyecto.

¹ Trabajo de grado.

² Facultad de ingenierías físico mecánicas. Escuela de ingenierías eléctrica, electrónica y de telecomunicaciones. Director: Dr. Hermann Raúl Vargas Torres, Codirector: Ing. Álvaro Leonardo Jácome Pérez

ABSTRACT

TITLE: PROGRAM DESIGN FOR THE RATIONAL AND EFFICIENT USE OF ELECTRIC ENERGY IN THE PROCESS OF OIL EXTRACTION IN THE CAMPO-ESCUELA COLORADO³

AUTORS: Jorge Eduardo Ardila Álvarez, Erika Liceth Rodríguez Orozco⁴

KEYWORDS: Rational and efficient use of electric energy, Electric diagnosis, Oil extraction, electrical data acquisition, Campo-Escuela Colorado

DESCRIPTION:

The Campo - Escuela Colorado is the result of an agreement signed between ECOPETROL S.A and the Industrial University of Santander. The School of Electrical, Electronic, and Telecommunications engineering, as a part of the university, joins the agreement through the accomplishment of this project. The project's main objective is to elaborate an electric diagnosis to the Campo-Escuela which allows to determine the steps and components of the process in which the rational and efficient use of energy may be applied.

Some activities were performed to allow the realization of an adequate electric diagnosis and therefore, to achieve the project's objective. The first activity consisted in the data acquisition of the Campo - Escuela and the making of the corresponding electric plans, information forms, electric measures, etc. The gathering and organization of the information of each of the components of the field, were performed in the second activity. The information was obtained from the data acquisition process and thanks to the maintenance coordination from ECOPETROL S.A.

The electrical diagnosis was made in order to plan the program for the rational and efficient use of electric energy. Then, observations, recommendations and conclusions of the project were made. This project, then, allows the Campo-Escuela Management to analyze new measures in the electric department so the project resources may be optimized.

³ Degree Work.

⁴ Faculty of Physical-Mechanical Engineering. Electrical Engineering. Director: Dr. Hermann Raúl Vargas Torres, Codirector: Ing. Álvaro Leonardo Jácome Pérez

Contenido general

	<u>página</u>
Agradecimientos	vii
Índice de tablas	xiv
Índice de figuras	xvii
1 Introducción	1
2 Uso racional y eficiente de la energía (URE)	4
2.1 Estado del Arte	4
2.2 Programa de Uso Racional y Eficiente del Consumo de Energía eléctrica	6
2.2.1 Definición	6
2.2.2 Pasos para llevar a Cabo un Programa de URE	7
2.3 Conceptos básicos en la realización de un plan URE	8
2.3.1 Eficiencia Energética	8
2.3.2 Gestión Energética	10
3 Descripción de equipos y sistemas	15
3.1 Motores Eléctricos	15
3.1.1 Selección de motores	15
3.1.2 Motores utilizados en la Industria Petrolera	15
3.1.3 Circuito equivalente de un Motor de Inducción	17
3.1.4 Pérdidas y Diagramas de Potencia	18
3.1.5 Rendimiento de los Motores de Inducción	19
3.1.6 Resistencia de Aislamiento	20
3.2 Transformadores	22
3.2.1 Funcionamiento del transformador	22
3.2.2 Corriente de Excitación, o sin carga (I_o)	23
3.2.3 Tensión Nominal de Cortocircuito (U_z)	24
3.2.4 Pérdidas en el Transformador	24
3.2.5 Regulación de tensión	25
3.2.6 Índice de Carga	26
3.2.7 Rendimiento	27
3.3 Sistemas de distribución	28
3.3.1 Definición	28
3.3.2 Componentes de un sistema de distribución	29

3.3.3	Consideraciones eléctricas para el diseño de una red de distribución	30
3.3.4	Análisis para una línea de transmisión corta	32
3.4	Sistemas de Puesta a Tierra	36
3.4.1	Principales Variables en el Diseño de las Puestas a Tierra	37
3.5	Sistema de Compensación de Reactivos	39
3.5.1	Consecuencias de un bajo factor de potencia	41
3.5.2	Compensación del factor de potencia	41
3.5.3	Métodos de compensación del factor de potencia	43
3.5.4	Ventajas de realizar una compensación del factor de potencia	45
4	Descripción del Campo-Escuela	47
4.1	Introducción	47
4.2	Sistema de Distribución	50
4.2.1	Descripción del Sistema de Distribución	50
4.2.2	Clasificación de las estructuras existentes en el Campo-Escuela Colorado	52
4.2.3	Inventario del Sistema de Distribución del Campo-Escuela Colorado	54
4.3	Transformadores	64
4.3.1	Introducción	64
4.3.2	Inventario de Transformadores	64
4.3.3	Mediciones en Transformadores	68
4.4	Motores Eléctricos	70
4.4.1	Introducción	70
4.4.2	Inventario de Motores Eléctricos	70
4.4.3	Mediciones en motores eléctricos	75
4.5	Sistema de Puesta a Tierra	77
4.5.1	Introducción	77
4.5.2	Inventario de puestas a tierra	77
4.5.3	Mediciones de Puestas a Tierra	78
4.6	Corrección del Factor de Potencia	80
4.6.1	Introducción	80
4.6.2	Inventario de Banco de Condensadores	81
5	Programa de uso racional y eficiente del consumo de energía en el proceso de extracción de petróleo del Campo-Escuela.	82
5.1	Introducción	82
5.2	Diagnóstico e Identificación de problemas en el campo	85
5.2.1	Introducción	85
5.2.2	Levantamiento eléctrico del Campo-Escuela	85
5.2.3	Mediciones eléctricas	87
5.2.4	Simulaciones del sistema eléctrico del campo	88
5.2.5	Análisis de las fallas presentes en el campo	89
5.3	Estudio de alternativas de solución aplicables al campo	90
5.3.1	Redimensionamiento de motores eléctricos	90

5.3.2	Calculo óptimo del número de correas	92
5.3.3	Balanceo de unidades de bombeo	94
5.3.4	Mejoramiento del Factor de Potencia	97
5.3.5	Redimensionamiento de transformadores	100
5.3.6	Dimensionamiento de conductores eléctricos	101
5.4	Evaluación de alternativas y valoración de beneficios del programa . . .	101
5.4.1	Mediciones eléctricas en las distintas unidades intervenidas . . .	102
5.4.2	Mejoras en el consumo de energía, con la implementación de condensadores	102
5.4.3	Mejora en el sistema de transmisión de la unidad Colorado 38 . .	103
5.5	Recomendaciones Técnicas para mejorar la confiabilidad, seguridad y estado del sistema eléctrico del campo	105
5.5.1	Acometidas eléctricas de los pozos	105
5.5.2	Ubicación de los contadores	106
5.5.3	Selección de las protecciones de las Cajas de Control	107
5.5.4	Mejoramiento de los sistemas de puesta a tierra	109
5.5.5	Ubicación de los cables de guarda de baja tensión	110
5.5.6	Protecciones en las subestaciones eléctricas de distribución . . .	111
5.5.7	Termografías de las unidades de bombeo y subestaciones eléctricas	112
6	Análisis Financiero del programa	115
6.1	Instalación de Contadores de Medida	115
6.1.1	Instalación de medidores al principio y al final del Campo	116
6.1.2	Instalación de un contador por cada Subestación Eléctrica a nivel de media tensión	117
6.1.3	Instalación de un contador por cada motor eléctrico o subestación a nivel de baja tensión	117
6.2	Instalación de Banco de Condensadores	118
6.2.1	Subestación Colorado 101	119
6.2.2	Subestación Colorado 111	120
7	Recomendaciones	121
8	Conclusiones	126
	ANEXOS	129
A	Equivalencia entre Motores NEMA D y ECONOPAC ODP	130
B	Seguridad de las personas	131
B.1	Efectos de la corriente	131
B.2	Principales factores que influyen en el efecto eléctrico	132
B.2.1	Intensidad de corriente	132
B.2.2	Duración del contacto eléctrico	132
B.2.3	Resistencia del cuerpo humano	133
B.2.4	Tensión de contacto	134
B.2.5	Frecuencia de la corriente alterna	135

B.2.6	Recorrido de la corriente a través del cuerpo	135
B.2.7	Modelo Circuital del Cuerpo Humano	136
C	Métodos para medir la resistividad	138
D	Métodos para medir la resistencia	140
E	Estructuras existentes en el Campo-Escuela Colorado	142
F	Tablas de las estructuras de MT	163
G	Tablas de las estructuras de BT	179
H	Transformadores eléctricos de distribución del Campo-Escuela Colorado	206
I	Transformadores electricos de distribucion rural en el Campo-Escuela Colorado	209
J	Motores Eléctricos del Campo Escuela Colorado	213
K	Simulaciones Subestaciones Eléctricas	222
L	Esquema Caja de Control	233
M	Catalogo de los motores WEG TEFC IP 55	236
N	Catalogo Bancos de Condensadores GE	239
O	Planos eléctricos del Campo-Escuela Colorado	242

Índice de tablas

<u>Tabla</u>	<u>pagina</u>
3-1 Características motores utilizados en la Industria Petrolera	17
3-2 Características motores utilizados en la Industria Petrolera	21
3-3 Tensiones de prueba para la medición de la resistencia de Aislamiento	23
3-4 Demandas máximas por nivel de tensión	31
3-5 Porcentajes de Regulación de Tensión	31
3-6 Pérdidas de Energía y Potencia	32
3-7 Resistencia de puesta a tierra	32
4-1 Estado eléctrico actual de los pozos	52
4-2 Resumen Sistema de distribución de MT	58
4-3 Resumen Estructuras en MT	59
4-4 Clasificación de los circuitos ramales dependiendo de la subestación que los alimenta.	60
4-5 Resumen Sistema de distribución de BT	62
4-6 Resumen Estructuras en BT	63
4-7 Clasificación de los transformadores existentes en el Campo-Escuela	64
4-8 Características del sistema de baja tensión de la Subestación 61	65
4-9 Características del sistema de baja tensión de la Subestación 71	66
4-10 Características del sistema de baja tensión de la Subestación 91	66
4-11 Características del sistema de baja tensión de la Subestación 101	67
4-12 Características del sistema de baja tensión de la Subestación 111	67
4-13 Mediciones realizadas en las subestaciones en servicio	69
4-14 Mediciones suministradas de años anteriores	69

4-15 Características generales de los motores de inducción y unidades de bombeo existentes en el Campo-Escuela Colorado	70
4-16 Mediciones realizadas a las unidades en operación	76
4-17 Mediciones de tensión y corriente tomadas a los pozos	76
4-18 Mediciones de Puesta a tierra	80
4-19 Características Generales del Banco de Condensadores	81
5-1 Datos aproximados del costo de la energía eléctrica	83
5-2 Indicadores de Energía Eléctrica	84
5-3 Fallas existentes en el Campo-Escuela	90
5-4 Datos utilizados para el redimensionamiento de los motores	92
5-5 Redimensionamiento de motores eléctricos	92
5-6 Cálculo de las correas	94
5-7 Medición de las corrientes en los diferentes movimientos	96
5-8 Medición de las corrientes en los diferentes movimientos	96
5-9 Cálculos de la compensación realizada en la Subestación Colorado 101 . . .	99
5-10 Cálculos de la compensación realizada en la Subestación Colorado 111 . . .	99
5-11 Transformadores sugeridos para las Subestaciones Eléctricas	100
5-12 Pérdidas de Potencia en transformadores segn las normas	101
5-13 Potencias y Corrientes antes de la compensación	102
5-14 Potencias y Corrientes después de la compensación	103
5-15 Potencias y Corrientes antes de la compensación	103
5-16 Potencias y Corrientes después de la compensación	103
5-17 Mediciones tomas a la unidad de bombeo Colorado 38	104
5-18 Valores de referencia de Puesta a tierra	110
5-19 Información de una medición termografica	113
5-20 Clasificación de los aumentos de temperatura	113
6-1 Equipos necesarios por contador de medida en Media Tensión	117
6-2 Resultados del análisis de instalación de dos contadores	117

6-3	Resultados del análisis de instalación de dos contadores	117
6-4	Equipos necesarios por contador de medida en Media Tensión	118
6-5	Resultados de análisis de instalación con tres contadores	118
6-6	Datos análisis financiero Colorado 101	119
6-7	Datos análisis financiero Colorado 111	120
B-1	Fibrilación Ventricular	131
B-2	Resistencias del cuerpo Humano ante una tensin de contacto	133
B-3	Fibrilación Ventricular	135

Índice de figuras

<u>Figura</u>	<u>pagina</u>
2-1 Pasos para llevar a cabo un programa de URE	7
2-2 Esquema plan de gestión energética	12
3-1 Curvas típicas de par y corriente-rotación	16
3-2 Circuito Equivalente Motor de Inducción	17
3-3 Diagrama de Flujo de Potencia Motor de Inducción	18
3-4 Coeficiente de temperatura aproximado en Máquinas Rotativas	22
3-5 Diagrama del Transformador	23
3-6 Diagrama Equivalente del Transformador.	27
3-7 Sistema de Distribución Radial	30
3-8 Modelo Línea de Transmisión Corta	33
3-9 Electrodo de Puesta a tierra	40
3-10 Triangulo de potencias	40
3-11 Representación de la compensación de reactivos	42
3-12 Compensación individual	44
3-13 Compensación en grupo	44
3-14 Compensación central	45
4-1 Tanque recolector con capacidad de almacenar 500 BPD	49
4-2 Plano Campo-Escuela Colorado	50
4-3 GPS utilizado en el levantamiento eléctrico	54
4-4 Hundimiento de la carretera en las inmediaciones de la Subestación 71	65
4-5 Caja de control utilizada para la alimentar el osciloscopio.	68
4-6 Pozo Colorado 12	71

4-7	Pozo Colorado 36	72
4-8	Pozo Colorado 37	73
4-9	Pozo Colorado 38	73
4-10	Pozo Colorado 69	74
4-11	Pozo Colorado 70	75
4-12	Pozo Colorado 75	75
4-13	Cable de PaT en el bajante de una Subestación.	78
4-14	Conexiones de PaT en un Transformador	78
4-15	Conexión de una PaT de una caja de control	79
4-16	Aparato de medición de resistencia de puesta a tierra	79
4-17	Banco de Condensadores existente en el Campo-Escuela Colorado	80
5-1	Potencia del Circuito Infantas [kVA]	88
5-2	Pérdidas diferidas por falla eléctrica [Bls]	90
5-3	Esquema de transmisión de correa abierta.	93
5-4	Esquema de transmisión de correa abierta.	95
5-5	Estado de balanceo de la unidad de bombeo.	96
5-6	Estado de balanceo de la unidad de bombeo.	97
5-7	Transmisión de la unidad de bombeo Colorado 38	104
5-8	Acometida eléctrica del pozo	105
5-9	Alternativas para la seguridad en las acometidas con manguera plastica Flexi105	
5-10	Alternativas para la seguridad en las acometidas con conductor aislado . . .	106
5-11	Parte interior de la Caja de Control.	108
5-12	Parte exterior de la Caja de Control.	109
5-13	Inconsistencias en los equipos de protección. (DPS)	111
5-14	Inconsistencias en los equipos de protección. (Cajas Cortacircuitos)	111
5-15	Termografía Subestación Galan 16	114
6-1	Potencia del Circuito Infantas [kVA]	116
B-1	Formas de Contacto	134

B-2	Impedancia Total del cuerpo en función de la tensión y la frecuencia	135
B-3	Factor de corriente de corazón ” F ”	136
B-4	Corrientes de Seguridad con relación al tipo de Tensión	137

Capítulo 1

Introducción

La energía eléctrica a través de los años se ha convertido en uno de los principales factores para el desarrollo de la humanidad, por lo que constantemente se realizan estudios e investigaciones orientadas a mejorar su proceso de generación, transmisión, distribución y consumo, siendo este último proceso el de mayor relevancia, debido a que es allí, donde se presentan las mayores pérdidas ocasionadas por el mal aprovechamiento de este recurso.

Los programas de uso racional y eficiente de la energía eléctrica (URE), nacen como una solución a esta problemática, pues buscan como su nombre lo dice, darle un uso eficiente y racional a los recursos, disminuyendo los desechos y el deterioro del ambiente, pero conservando el mismo nivel de producción.

Este proyecto busca aplicar el concepto de URE al Convenio Interadministrativo Campo-Escuela Colorado, que es el resultado del acuerdo entre ECOPETROL S.A. y la Universidad Industrial de Santander (UIS) firmado el 1 de Junio de 2006, por un periodo de 10 años.

Con dicho convenio, la UIS busca fortalecer el desarrollo en ciencia y tecnología por medio de la aplicación práctica en sus programas académicos y de la elaboración de proyectos de investigación afines con el sector de hidrocarburos. A su vez ECOPETROL S.A. busca implementar un escenario para la generación de nuevas técnicas y posibilidades de

mejoramiento de la producción en el sector de los hidrocarburos en el país.

La Gerencia del Campo-Escuela Colorado busca con este proyecto obtener el diagnóstico del estado actual del campo, desde el punto de vista eléctrico, para implementar el programa de uso racional y eficiente del consumo de energía eléctrica, que permita un mejor aprovechamiento de los recursos energéticos, económicos, financieros, con los cuales contará el proyecto[1].

El proyecto "Diseño de un programa para el uso racional y eficiente del consumo de energía eléctrica en el proceso de extracción de petróleo en el Campo-Escuela Colorado" consta de cinco capítulos adicionales a este, estructurados de la siguiente manera:

El segundo capítulo corresponde a la conceptualización de los programas de uso racional y eficiente de energía, base fundamental para el desarrollo del proyecto, debido a que de esta manera se define la metodología utilizada para el desarrollo del programa.

En el tercer capítulo se describe la teoría de cada uno de los equipos y se analizan los factores en los cuales se puede realizar la aplicación del programa URE. Entre los equipos que se enuncian se encuentran transformadores, motores, sistemas de distribución, sistemas de puesta a tierra y banco de condensadores.

El cuarto capítulo realiza una descripción de las partes que componen el Campo-Escuela y su correspondiente estado. Se tiene en cuenta para este capítulo los datos adquiridos por medio del levantamiento eléctrico, las mediciones eléctricas efectuadas y los datos suministrados por la Coordinación de Mantenimiento y Confiabilidad IMC.

En el quinto capítulo se plasma el diseño del programa de uso racional y eficiente del consumo de energía eléctrica en el campo. En él, se realiza el diagnóstico eléctrico

del campo y se establecen los campos de acción en los cuales se aplicará el programa URE.

El sexto capítulo contiene la evaluación financiera de algunas inversiones sugeridas en el proyecto y de su posible implementación a corto plazo, en el campo. Las inversiones planteadas consisten en seleccionar la forma mas adecuada para instalar los contadores, así como ver la viabilidad de instalar condensadores en las subestaciones que actualmente se encuentran en operación.

Al final del libro se encuentran las recomendaciones para implementar el programa y las conclusiones generales del trabajo realizado en todo el marco del proyecto. El libro tiene una serie de anexos en los que se muestran las actividades realizadas en el transcurso del proyecto e información de gran relevancia para el mismo.

Capítulo 2

Uso racional y eficiente de la energía (URE)

2.1 Estado del Arte

El progreso de la humanidad y la evolución de su calidad de vida han estado desde siempre ligados a la utilización de los recursos naturales, especialmente de los energéticos. El hombre ha buscado satisfacer sus necesidades mediante el aprovechamiento de los recursos energéticos con el uso de tecnologías energéticas cada vez más avanzadas, desde el descubrimiento del fuego hasta la última invención tecnológica de nuestros días.

De ahí que su estudio sea un factor crucial a la hora de valorar el panorama energético mundial en este inicio de milenio. Efectivamente, cualquier diagnóstico debe llevar siempre implícito, el hecho de que solo una adecuada cobertura en la demanda energética mundial puede permitir a las sociedades mas pobres dejar de serlo y, a las mas prosperas, consolidar y asegurar su bienestar.

Aumentar la disponibilidad de energía para satisfacer la creciente demanda de bienes y servicios, permite a los países crecer y desarrollar su economía, asegurando de esta manera un mejor nivel de vida para su población, pero al mismo tiempo, este aumento de la demanda energética trae asociada la agudización de los problemas ambientales derivados de la generación, transmisión, distribución y uso de este servicio.

Temáticas ambientales como el efecto invernadero, el debilitamiento de la capa de ozono, la contaminación de las aguas, el crecimiento de los desiertos, la contaminación atmosférica y demás problemas vinculados con la energía, ocasionan un desequilibrio entre el desarrollo de los sistemas energéticos y un futuro energético sostenible, capaz de abastecer la creciente demanda de energía y al mismo tiempo el cuidado del medio ambiente.

Reflexiones como la de Kapitsa¹ "Debido al aumento de la población y al crecimiento de la cultura material alcanzados en nuestro siglo, se han producido procesos tecnológicos y energéticos que comienzan a cambiar la naturaleza a nivel de todo nuestro planeta. Algunos de estos cambios son tan notables que representan un peligro para la subsistencia de toda la humanidad" [2], llevan a concientizar sobre la necesidad de nuevas políticas de desarrollo, manejo de la energía y demás recursos naturales que promuevan un medio ambiente sano y libre de contaminación.

El Uso Racional y Eficiente de la Energía surge en este escenario como una solución concreta para resolver en gran medida este dilema. En efecto, representa una serie de importantes beneficios, ya que permite disminuir la dependencia energética de los distintos países respecto al abastecimiento de hidrocarburos, aumenta la competitividad de las empresas y reduce el crecimiento de la demanda energética lo que disminuye el mal uso de la energía y el deterioro del medio ambiente.

En este sentido es importante que los gobiernos, impulsen y establezcan políticas que fomenten el Uso Racional y Eficiente de la Energía, además, de cumplir un rol promotor de desarrollo, dedicado a coordinar en cooperación con el sector privado, estrategias de

¹ Piotr Leonidovich Kapitsa, destacado físico soviético, pionero en la promoción de la educación energética de respeto ambiental.

desarrollo y modernización en los distintos sectores, industriales, mineros, públicos, comerciales, residenciales y educativos.

En Colombia el estado declaró el Uso Racional y Eficiente de la Energía como asunto de interés social, público y nacional, y lo pretende fomentar e impulsar a través de la Ley 697 de 2001 y el Decreto 3683 de 2003. Además de esta Ley y Decreto, el Plan de Masificación del Gas Natural es el proyecto URE de mayor trascendencia en el país, pues diversifica y amplía la canasta energética nacional.

La Globalización de la economía mundial, el TLC y los acuerdos comerciales implican la participación colombiana en los mercados internacionales, para la cual se requiere la utilización óptima de los recursos naturales, humanos y productivos, que mejore su posición competitiva global, permitiéndole ingresar con éxito en otros mercados sin perder su posicionamiento local.

Debido a esto, las empresas colombianas públicas y privadas, han implantado en sus programas de producción, planes URE, buscando los beneficios que estos conllevan. Para realizar la implementación de un programa URE es necesario tener bien definidos los pasos que se deben seguir y diversos conceptos que permitan plantear de forma clara y precisa los objetivos que se desean alcanzar.

2.2 Programa de Uso Racional y Eficiente del Consumo de Energía eléctrica

2.2.1 Definición

Un programa de Uso Racional y Eficiente de Energía (URE) en la industria, como su nombre lo indica, es el conjunto de acciones que tienen por objeto cuantificar y evaluar el uso de la energía para lograr que sea racional, eficiente y controlado sin disminución en el volumen de producción, logrando mayores grados de conversión de la materia prima,

menores grados de desecho y deterioro del ambiente.

2.2.2 Pasos para llevar a Cabo un Programa de URE

El programa de Uso Racional y Eficiente del consumo de la Energía Eléctrica para el Campo-Escuela Colorado se llevará a cabo en los siguientes pasos, teniendo en cuenta el orden preestablecido y la necesidad de apoyarse en diversas disciplinas de la ciencia e ingeniería[3].



Figure 2-1: Pasos para llevar a cabo un programa de URE

Fuente: [3]

- **Visitas y Decisiones Técnicas:** En este paso se realizan reuniones con los diferentes estamentos relacionados en el proyecto, entre ellos: Decanatura de ingenierías físico-químicas, ECOPETROL S.A, profesores de ingeniería eléctrica que participen en el proyecto.

Se realizará el estudio de la problemática que se plantea, para definir el grado de profundización y de complejidad con el que se planteará el proyecto, posteriormente en las reuniones con los estamentos antes mencionados se establecerán los objetivos y el plan de trabajo del proyecto.

- **Levantamiento de Campo:** En esta etapa se realizará la recolección de los datos existentes de los motores eléctricos, cajas de control, sistema de distribución eléctrico

de media y baja tensión, sistema de puestas a tierra y equipos de corrección del factor de potencia. Además se llevarán a cabo las mediciones eléctricas que sean necesarias para analizar el comportamiento eléctrico de los diferentes dispositivos y del sistema de distribución del campo.

Esta etapa tiene como fin recopilar los datos necesarios para la elaboración del plano eléctrico y el almacenamiento de la información eléctrica del Campo-Escuela Colorado.

- **Manejo de Información:** Se almacenarán los datos de manera que se permita conocer el estado actual y futuro del Campo de una manera ordenada. Esta se hará teniendo en cuenta la información suministrada por ECOPETROL S.A., aprovechando la experiencia que ellos tienen en el manejo de estos temas.

Seguidamente se efectuarán los cálculos para el redimensionamiento de los diferentes dispositivos del Campo y las simulaciones del flujo de Potencia del Sistema de Distribución.

- **Análisis de Resultados:** Se evaluarán los datos obtenidos mediante el levantamiento eléctrico, el redimensionamiento y las simulaciones, con el fin, de elaborar el diagnóstico eléctrico del Campo-Escuela Colorado.
- **Recomendaciones:** Teniendo en cuenta el diagnóstico eléctrico obtenido se elaborarán las recomendaciones técnicas y financieras que permitan diseñar el Programa de Uso Racional y Eficiente del Consumo de Energía Eléctrica en el Campo-Escuela Colorado.

2.3 Conceptos básicos en la realización de un plan URE

2.3.1 Eficiencia Energética

Diferentes formas de energía se pueden extraer del gas natural, carbón, agua, viento, que pueden hacer funcionar la industria. Sin embargo, el petróleo y su principal derivado, la gasolina, siguen siendo la única forma de combustible que sirve para el transporte de

mercancías y el movimiento de la mano de obra, lo que lo ha convertido en el eje del funcionamiento de la industria mundial.

Debido a la importancia estratégica que tiene el petróleo en el mundo, ha sido causante de varias crisis entre países. Algunas de las de mayor repercusión fueron: 1973 (después de la guerra de Yom Kippur entre Israel y los países árabes) , 1980 (guerra entre Irán e Irak) y 1990 (Guerra del Golfo). En todas, la disminución de la oferta por uno u otro motivo provocó un aumento en los precios del crudo. Las sucesivas crisis no hicieron más que demostrar la dependencia frente al petróleo.

Como consecuencia de estas crisis y sus repercusiones a nivel socio-económico y ambiental, los países desarrollados empezaron a plantearse programas de ahorro energético y desarrollo de energías alternativas, con el fin de hacer más eficiente su sistema energético y lograr controlar tales problemas. Dentro de las medidas que se implementaron, se creó un índice que relaciona la producción la cantidad de insumos utilizados, denominado eficiencia energética. Con el mejoramiento de la eficiencia energética se logra reducir el uso de energía por unidad de producto, sin afectar la cantidad.

La eficiencia energética se mide por medio de dos indicadores:

- Intensidad Energética
- Índice de Consumo

La intensidad energética para un país, se calcula, como la relación entre el consumo total de energía de todos los sectores y el Producto Interno Bruto (PIB)[4]. El índice de consumo representa la cantidad de energía por unidad de producto.

Los países desarrollados encontraron que la mejor manera de medir la eficiencia energética era logrando que anualmente el PIB fuera mayor que el aumento de energía, para

lograr un descenso en la intensidad energética. Caso contrario ocurre en los países subdesarrollados en donde el aumento del consumo de energía es mayor al PIB, razón por la cual estos países tienen una baja eficiencia energética.

La baja eficiencia energética en estos países ha obedecido a los siguientes factores:

- Los gobiernos no han implementado políticas tendientes a mejorar la eficiencia energética, ofreciendo incentivos y oportunidades a las personas y empresas.
- La industria se encuentra todavía en proceso de maduración, razón por la cual no ha sido significativa la implementación de políticas de gestión energética, tendientes a mejorar la eficiencia energética.
- La falta de información de las personas, para lograr un ahorro eficiente del consumo de energía.

Los países subdesarrollados tienen entonces la oportunidad de lograr una mejora en la eficiencia energética con respecto a los países desarrollados, debido a que hay mayores oportunidades de ahorro, ya que no se ha explotado esta área. Entre los trabajos que se pudieran hacer para mejorar la eficiencia energética se tienen:

- Introducción de tecnologías de alta eficiencia en los distintos procesos industriales.
- Incremento de los sistemas de cogeneración en la industria.
- Producción de energía con base en energías renovables, que no produzcan una contaminación mayor del medio ambiente.
- Mejoras en la infraestructura de sistemas de riego y cultivo en la agricultura.

2.3.2 Gestión Energética

1. Generalidades

Gestión energética, es el proceso compuesto por una serie de etapas que tiene por fin reducir los costos energéticos y elevar la competitividad de las empresas, para de

esta manera lograr la máxima eficiencia energética en el suministro, transformación y uso de la energía.

Los programas de gestión energética, nacieron como una necesidad de las agremiaciones industriales, quienes vieron en sus empresas la oportunidad de reducir sus costos energéticos, mediante la implantación de programas para el ahorro de energía. Esto se realizó por medio de la capacitación del personal con el que contaban las empresas o con la participación de empresas que se especializaron en dichos temas.

Anteriormente se realizaban únicamente diagnósticos energéticos, pero debido a las limitaciones financieras, los equipos, procedimientos inadecuados, la falta de cultura para realizar un seguimiento y control adecuado del proceso, no se lograba cubrir todo el campo de operación de la empresa.

2. **Objetivos de la Gestión Energética**

La gestión energética busca tres objetivos principales, con los cuales se garantizaría el éxito en el proceso:

- Mantener la producción o aumentarla, reduciendo el consumo de energía.
- Conseguir ahorrar energía de manera tal, que se tenga que realizar una mínima inversión, obteniendo el máximo beneficio.
- Seleccionar la calidad de la energía disponible, teniendo en cuenta los procesos que se desarrollen.

3. **Metodología para llevar a cabo un Plan de Gestión Energética**

- **Análisis previos de los consumos energéticos:** Es la primera parte del proceso, busca analizar si la empresa se ve beneficiada con la implementación de un sistema de gestión energética, que le permita reducir sus costos energéticos, reducir el impacto ambiental y mejorar la calidad de sus procesos.



Figure 2-2: Esquema plan de gestión energética

En esta etapa es necesario recopilar información de la empresa referente a los consumos de energía, y lograr su caracterización energética, para establecer las estrategias a realizar en el proceso.

La dirección de la empresa en esta etapa cumple un papel importante ya que ésta es la encargada de impulsar el proyecto, a través del apoyo económico y humano y fundamentalmente en la difusión del programa.

- **Organización y Selección del Personal:** Esta etapa del proyecto es importante, debido a que en este punto se selecciona el personal encargado de darle cuerpo al proyecto. Este grupo puede estar conformado por gente de la misma empresa, o por personal externo a ella. La selección dentro de la empresa, se realiza dependiendo el grado de disponibilidad de los empleados y su conocimiento en la materia.

Para que se puedan cumplir los objetivos trazados es importante que el personal interno y externo de la empresa tenga las herramientas necesarias para desarrollar su trabajo.

- **Establecimiento de Metas:** Para el establecimiento de la metas, se debe lograr un consenso entre las aspiraciones de la dirección de la empresa y los encargados de realizar el proyecto, teniendo en cuenta los recursos disponibles para tal fin.

En la fijación de las metas se debe ser realista. Es necesario que se impongan retos pero que estos no se desborden de un límite y debe establecerse un tiempo prudencial para la realización del proyecto especificando su principio y final.

- **Levantamiento de Campo y Auditoria:** El levantamiento de Campo tiene por objeto recolectar los datos de las instalaciones existentes, con el fin de clasificarla y tener un inventario de los equipos. Además se deben tomar las mediciones de las distintas variables inmersas en el proceso.

La auditoria energética es una actividad independiente, de asesoramiento a la dirección, con la cual se busca establecer cómo, dónde y cuándo se consume la energía dentro de cada parte del proceso en la industria. De esta manera se buscan encontrar las posibilidades de ahorro energético y económico, que posibiliten mejorar la eficiencia energética y alcanzar las metas propuestas.

- **Elaboración del programa de ahorro y Uso Racional y Eficiente de la Energía:** Después de conocer las posibles oportunidades de ahorro en cada uno de los diferentes procesos, se elabora un cronograma donde se anotan las diferentes actividades que se deben realizar, con su respectiva inversión, el tiempo estimado de retorno de la inversión, el personal necesario para realizar dicha actividad y equipos utilizados para tal fin.

En cuanto a la inversión hay que tener en cuenta, el monto y la prioridad en el orden de las actividades a realizar, para solucionar las problemáticas de la manera más adecuada y económica posible.

- **Implementación del programa:** En esta etapa se realizan las diferentes actividades planteadas en el programa de uso racional y eficiente de la energía, tendientes a lograr mejorar la eficiencia energética de la empresa, así como en la conservación del medio ambiente y la mejora en la producción. Aquí se realiza la inversión de capital, en capacitación, adquisición de equipos y contratación de personal.

Cuando se realiza la implementación del programa, el personal que realiza dicha actividad debe contar con todos los recursos a su disposición, ya que esto permitirá agilizar el normal desarrollo de las actividades propuestas en la elaboración del programa.

- **Sistema de Monitoreo y Control Energético:** Esta es la etapa final del programa, y tiene como objeto evaluar qué tan efectivos fueron los cambios realizados en las distintas partes del proceso, evaluando si se cumplieron los objetivos establecidos en el tiempo convenido y con la inversión adecuada.

Capítulo 3

Descripción de equipos y sistemas

En este capítulo se realiza una fundamentación teórica de los equipos y sistemas de los cuales está compuesto el campo, haciendo énfasis en las partes donde existe oportunidad de ahorro.

3.1 Motores Eléctricos

3.1.1 Selección de motores

Los motores de inducción, tienen una gran variedad de curvas par-velocidad, debido a que se pueden variar las características físicas de los rotores. La norma americana NEMA y la Internacional Electrotechnical Commission IEC, ha definido una serie de características y patrones, con las cuales se han normalizado los diferentes motores en todas las gamas de potencia[5].

En la figura 3-1 se muestran las curvas características de par y corriente vs porcentaje de velocidad sincrónica, para las diferentes categorías NEMA, en los motores de inducción Jaula de Ardilla.

3.1.2 Motores utilizados en la Industria Petrolera

En la industria petrolera se utilizan básicamente dos tipos de motores. El motor NEMA D y el motor ECONO-PAC, cuyas características se enumeran a continuación.

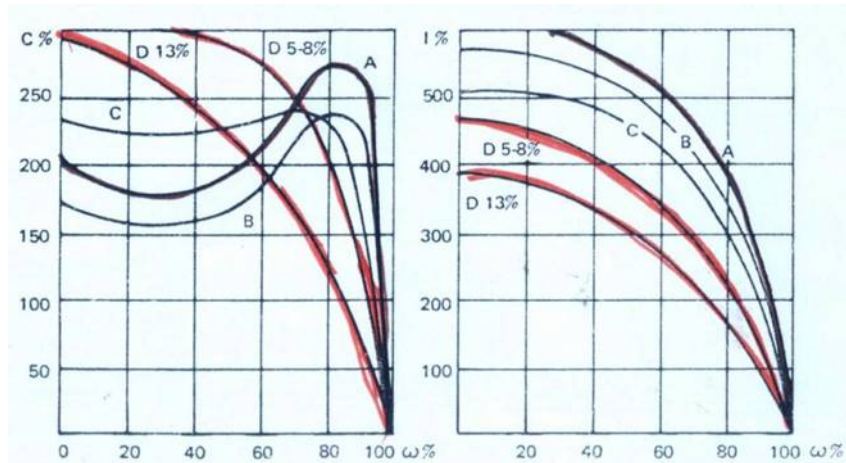


Figure 3-1: Curvas típicas de par y corriente-rotación

Fuente: [5]

Los motores de diseño clase D, son motores con alto par de arranque, baja corriente de arranque, deslizamiento nominal alto. Los motores clase D se dividen en dos grupos: Los motores con deslizamiento entre el 5 y 8%, y del 8 al 13%.

Estos tipos de motores son destinados a accionamientos que exigen gran esfuerzo del motor en el arranque, pero con potencia en régimen relativamente bajas. Estos motores son ideales para la igualación de picos de carga como en el caso de las unidades de bombeo de petróleo.

El motor ECONO-PAC, es un motor de ultra-alto deslizamiento, diseñado especialmente para el uso en unidades de bombeo mecánico, con un buen servicio, el cual reduce su velocidad en el período de carga máxima, es decir en el momento de pesas, y aumenta la velocidad al final del recorrido en el momento de varillas.

Este tipo de motores ayuda adicionalmente a obtener un menor desgaste en las varillas, debido a que se reducen los esfuerzos y a obtener una carga en los engranajes menor. La corriente máxima se reduce entre un 40 y 60% y la potencia máxima también se reduce entre un 30 y 50%[6] .

Los motores ECONO-PAC se encuentran enumerados del 1 al 7 y cada tamaño posee cuatro torques. Estos torques son Bajo, Medio Bajo, Medio y Alto. Esta variación en los torques se realiza con el fin de adaptar el motor a las diferentes condiciones que presenta el pozo. Para una operación óptima del motor, lo más recomendable sería utilizarlo con el menor torque posible. En la tabla 3.1.2 se observa un cuadro comparativo donde se muestran las diferentes características de los motores utilizados en la industria petrolera.

Motor NEMA D Convencionales	Motor ECONO-PAC
Presentan mayor torque a bajas velocidades	Motores con ultra-alto deslizamiento.
A plena carga el deslizamiento es menor	Reduce su velocidad en los periodos de carga máxima y los aumenta al final de cada recorrido.
La capacidad de potencia se expresa en HP	La capacidad se expresa en números del 1 al 7 y por tamaños

Table 3-1: Características motores utilizados en la Industria Petrolera

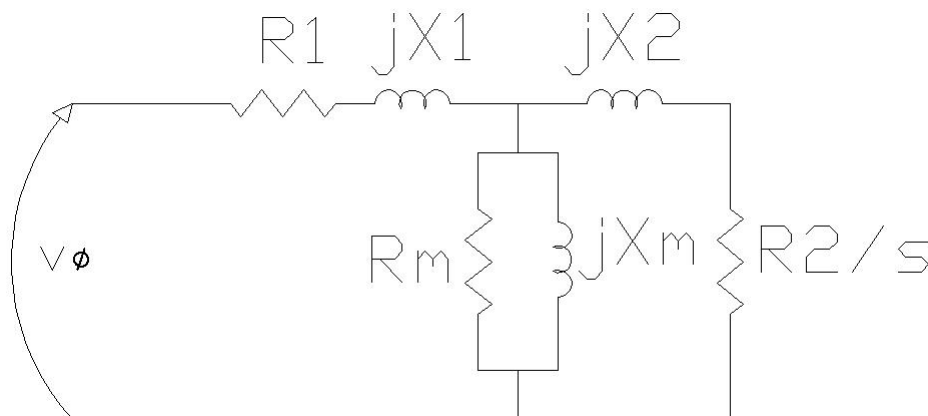


Figure 3-2: Circuito Equivalente Motor de Inducción

3.1.3 Circuito equivalente de un Motor de Inducción

El circuito equivalente del motor de inducción es muy similar al del transformador, debido a que la operación del motor se basa en realizar una inducción de tensiones y corrientes del estator al rotor.

El circuito equivalente está conformado por una impedancia primaria, que representa el estator del motor, así como posee una impedancia de magnetización, debido a que igual que el transformador se encuentra regido por la curva de magnetización. La impedancia del rotor difiere un poco con respecto a la del estator, debido a que presenta efectos de variación como consecuencia de la frecuencia del rotor.

3.1.4 Pérdidas y Diagramas de Potencia

El motor de inducción tiene una característica especial, y es que su potencia de entrada está dada en forma eléctrica, por medio de un sistema trifásico de tensiones y corriente, y su potencia de salida se da en forma mecánica. Esto quiere decir que en el proceso hay una conversión de energías y que como consecuencia de esto existirán pérdidas eléctricas y pérdidas mecánicas.

Las primeras pérdidas que se encuentran en el motor, son las debidas a las pérdidas del cobre en los devanados del estator. Paralelamente se obtienen unas perdidas por histéresis y corrientes parásitas, como consecuencia del hierro del estator.

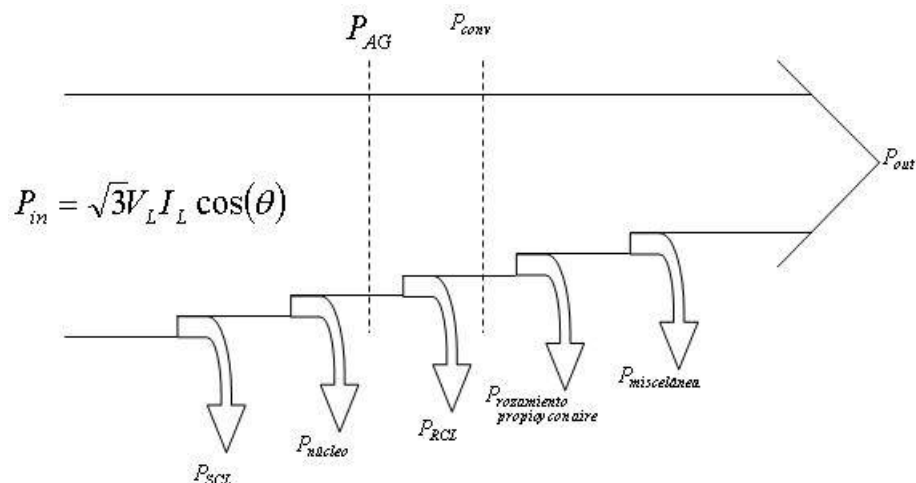


Figure 3-3: Diagrama de Flujo de Potencia Motor de Inducción

En este punto, la potencia en el estator es transferida al rotor. Esto indica que la potencia de entrada, menos las dos pérdidas ocurridas en el estator, corresponden a la potencia en el entrehierro del motor.

$$P_{AG} = P_{in} - P_{SCL} - P_{núcleo} \quad (3.1)$$

Cuando la potencia ha sido transferida al rotor, se obtienen en este otras pérdidas debidas al cobre del rotor. El rotor tiene pérdidas insignificantes en el núcleo, razón por la cual, muchas veces de existir estas, se asocian con las pérdidas en el estator. La diferencia entre las dos potencias permite obtener la potencia que se convierte de eléctrica a mecánica.

$$P_{conv} = P_{AG} - P_{RCL} \quad (3.2)$$

Debido a la transferencia de potencia de eléctrica a mecánica, el siguiente grupo de pérdidas que se encuentra es el de las pérdidas mecánicas, debidas al rozamiento propio y al rozamiento con el aire, así como las pérdidas debidas al desgaste del motor.

$$P_{out} = P_{conv} - P_{F\&W} - P_{misc} \quad (3.3)$$

La P_{out} es la potencia mecánica de salida del motor. Esta es la potencia realmente utilizada por el motor.

3.1.5 Rendimiento de los Motores de Inducción

Esta característica también es conocida como eficiencia del motor. Es la medida que relaciona la capacidad que tiene el motor, de convertir la energía eléctrica suministrada por la red, en energía mecánica. Se puede expresar como:

$$EF\% = \left(\frac{\text{Potencia Mecánica de Salida}}{\text{Potencia eléctrica de entrada}} \right) \times 100 \quad (3.4)$$

Adicionalmente se sabe que la potencia mecánica de salida, es igual a la potencia eléctrica de entrada, menos la potencia de pérdidas; luego se puede obtener la siguiente expresión:

$$EF\% = \left(1 - \frac{\text{Potencia de Pérdidas}}{\text{Potencia eléctrica de entrada}} \right) \times 100 \quad (3.5)$$

La eficiencia energética es un parámetro, con el cual se puede encontrar un importante ahorro de energía, por tal razón es fundamental tener este dato para la adquisición de un motor eléctrico. Los motores de inducción, según su eficiencia se clasifican en:

- Motor de Eficiencia Estándar
- Motor de Alta Eficiencia

3.1.6 Resistencia de Aislamiento

La resistencia de aislamiento, es la medida con la cual se analiza el estado de los conductores y aislamientos de los motores, con el fin de garantizar la seguridad eléctrica de las personas que se encuentran en contacto con los motores y sus conductores.

El MEGGER es un aparato portátil utilizado para la medición del aislamiento. Es un generador que puede desarrollar tensiones elevadas en DC, que ocasionan el flujo de una pequeña corriente a través y sobre las superficies del aislamiento[7]. Esta corriente se mide por medio del óhmetro.

Hay que tener en cuenta que el aislamiento varía con respecto a la humedad y a la temperatura, lo cual produce una disminución en la resistencia. Por esta razón los valores

de resistencia medidos se corrigen a una temperatura de 40C.

$$R_{ais} = K_T \times R_m \quad (3.6)$$

Donde

R_{ais} es la resistencia de aislamiento en $M\Omega$ corregida al 40C.

R_m es la resistencia de aislamiento en $M\Omega$ a una temperatura dada

K_T es el coeficiente de temperatura asociado con la resistencia de aislamiento a una temperatura T.

La norma IEEE Std 43-1974 enuncia unas recomendaciones en cuanto al valor mínimo de la resistencia de aislamiento, con una duración de la prueba de 1 minuto, para los diferentes motores.

Resistencia de Aislamiento ($M\Omega$) Tiempo= 1 minuto ($M\Omega$)	Tipo de Máquina
R = kV+1	Para bobinados fabricados antes de 1970, y todos los bobinados de campo.
R = 100	Para armaduras DC y estatores AC, construidos después de 1970.
R = 5	Para maquinas de bobinado aleatorio y con tensión menor de 11 kV.

Table 3-2: Características motores utilizados en la Industria Petrolera

La tensión de prueba con la cual se realiza la prueba de resistencia de aislamiento, depende del rango de tensiones del bobinado como se observa en la tabla 3-3.

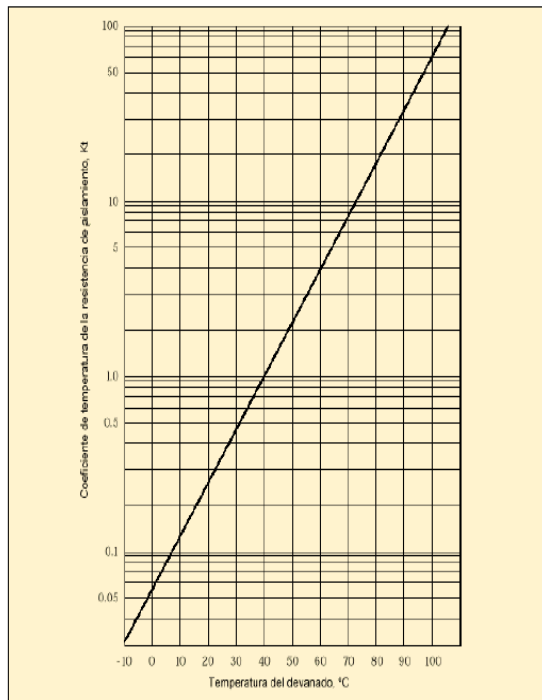


Figure 3–4: Coeficiente de temperatura aproximado en Máquinas Rotativas
Fuente: [8]

3.2 Transformadores

3.2.1 Funcionamiento del transformador

Un transformador está compuesto de dos arrollamientos aislados eléctricamente entre sí y devanados sobre un mismo núcleo de hierro. Al aplicar una tensión a la bobina 1, llamada bobina primaria, circula una corriente alterna que crea en el núcleo un campo magnético alterno.

La mayor parte de este flujo atraviesa el otro arrollamiento e induce en él una fuerza electromotriz (fem) alterna, el flujo y el arrollamiento son denominados flujo común o flujo útil y bobina secundaria, respectivamente. El restante flujo se cierra a través del aire y se denomina flujo de dispersión.

Rango de Tensiones del Bobinado (V)	Tensión de prueba (V)
<1000	500
1000 - 2500	500 - 1000
2501 - 5000	1000 - 2500
5001 - 12000	2500 - 5000
>12000	5000 - 10000

Table 3-3: Tensiones de prueba para la medición de la resistencia de Aislamiento

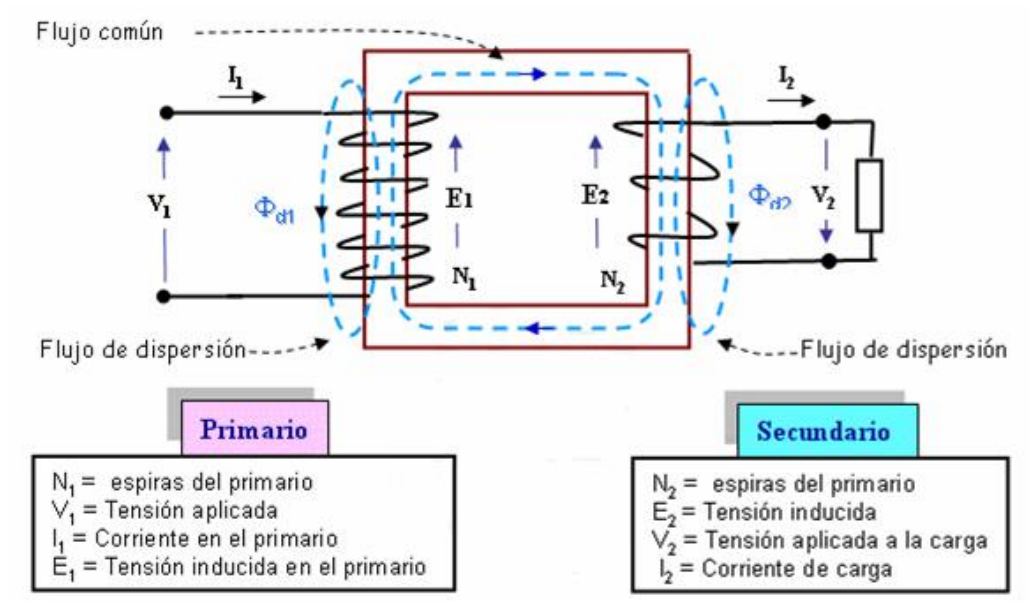


Figure 3-5: Diagrama del Transformador

Fuente: [9]

3.2.2 Corriente de Excitación, o sin carga (I_o)

Al conectar una fuente de tensión alterna a un transformador, fluye una corriente en su circuito primario, aunque su circuito secundario esté en circuito abierto. Esta corriente es la corriente necesaria para producir un flujo en el núcleo, consta de dos componentes:

- La corriente de magnetización I_m , que es la corriente necesaria para producir el flujo en el núcleo del transformador.
- La corriente de pérdidas en el núcleo, que es la corriente necesaria para compensar las pérdidas por histéresis y corrientes parásitas. I_{H+E} .

La corriente de magnetización en el transformador no es sinusoidal. Los componentes de más alta frecuencia en la corriente de magnetización se deben a la saturación magnética en el núcleo del transformador. La componente fundamental de la corriente de magnetización retrasa la tensión aplicada al núcleo en 90.

La corriente total en vacío, en el núcleo, se llama la corriente de excitación del transformador. Es, simplemente, la suma de la corriente de magnetización y la corriente por pérdidas en el núcleo:

$$I_O = I_m + I_{H+E} \quad (3.7)$$

3.2.3 Tensión Nominal de Cortocircuito (U_z)

Es la tensión a la frecuencia nominal que se debe aplicar entre terminales de un devanado, estando el otro devanado del transformador en cortocircuito, para que circulen las corrientes nominales a través de los devanados. La tensión nominal de cortocircuito es expresada usualmente como un porcentaje de la tensión nominal del devanado, al cual se le aplica la tensión y es utilizada para seleccionar adecuadamente las protecciones del transformador.

3.2.4 Pérdidas en el Transformador

Hay dos tipos de pérdidas que se representan en los transformadores:

- **Pérdidas en el cobre (P_{cu})** : Producidas por efecto Joule en la resistencia de los devanados primario y secundario, se manifiestan en forma de calor. Su magnitud es proporcional al cuadrado de la corriente de dichos devanados.
- **Pérdidas en el Hierro (P_{fe})** : Son la suma de las pérdidas provocadas en el núcleo por histéresis y por las corrientes parásitas o de Foucault. Las pérdidas

por histéresis, son causadas debido a la inercia o retardo que tienen los materiales ferromagnéticos a cambiar su campo magnético, y las pérdidas por corrientes de Foucault, son ocasionadas por resistencia en el núcleo del transformador y son proporcionales al cuadrado de la tensión aplicada al transformador. La histéresis se reduce al mínimo utilizando hierro que tenga un ciclo de histéresis estrecho, y las corrientes de Foucault se reducen construyendo el núcleo con láminas muy finas apiladas y aisladas entre sí.

3.2.5 Regulación de tensión

Es la diferencia entre la tensión del secundario en vacío, y con una carga y factor de potencia determinados, cuando se mantiene constante la tensión primaria aplicada al transformador. Usualmente es expresado como un porcentaje de la tensión secundaria sin carga.

$$V\% = \left[\frac{(V_{2N} - V)}{V_{2N}} \right] \times 100\% \quad (3.8)$$

Donde:

- V_{2N} es la tensión nominal en vacío en bornes del secundario
- V es la tensión con una carga determinada

También se puede hallar a partir de la tensión de cortocircuito, en donde:

- V_r es la tensión resistiva, componente de la tensión de cortocircuito en fase con la corriente.
- V_x es la tensión reactiva, componente de la tensión de cortocircuito en cuadratura con la corriente.
- El factor de potencia es $\cos(\phi)$

Entonces:

$$V = V_r \times \cos(\phi) + V_x \times \sin(\phi) + \frac{V_r \times (\cos(\phi) - V_x \times \sin(\phi))^2}{200} \quad (3.9)$$

La máxima regulación de un transformador ocurre cuando el ángulo de desfase de la carga es igual al de la impedancia interna del transformador.

3.2.6 Índice de Carga

Es utilizado para expresar qué tan cargado se encuentra un transformador, debido a que los transformadores nunca trabajan en régimen nominal.

$$a = \frac{I_1}{I_{N1}} = \frac{I_2}{I_{N2}} \quad (3.10)$$

Dónde:

- I_1 es la corriente que circula en el devanado primario
- I_2 es la corriente que circula en el devanado secundario
- I_{n1} es la corriente nominal del devanado primario
- I_{n2} es la corriente nominal del devanado secundario

Si el valor de a es menor que 1, se dice que el transformador trabaja por debajo de su capacidad máxima. Por el contrario si es mayor que 1 se dice que el transformador se encuentra sobrecargado.

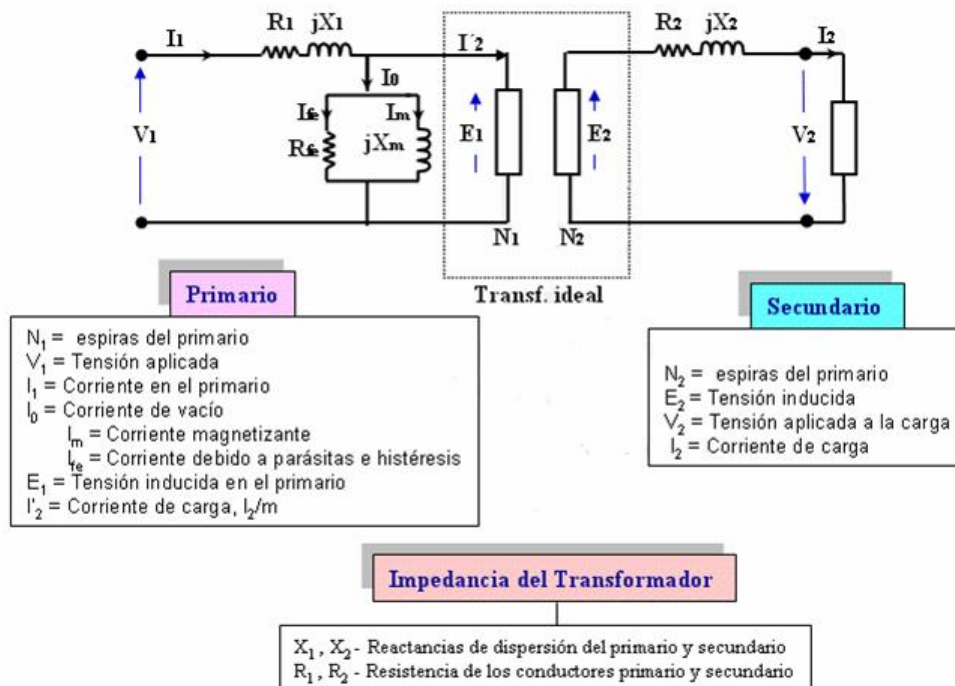


Figure 3-6: Diagrama Equivalente del Transformador.
Fuente: [9]

3.2.7 Rendimiento

Es la razón existente entre la potencia activa suministrada por el transformador y la potencia de entrada al mismo. Teniendo en cuenta que la diferencia entre las potencias de salida y de entrada corresponde a las pérdidas totales, tenemos que:

$$\eta = \left[\left(\frac{P_{salida}}{P_{salida} + P_{FE} + P_{CU}} \times 100 \right) \right] \% \quad (3.11)$$

También se puede calcular el rendimiento aplicando la siguiente ecuación:

$$\eta = \left[\left(\frac{P_{FE} + a^2 \times PCU}{a \times P_{nominal} \times \cos(\phi) + P_{FE} + a^2 \times PCU} \right) \times 100 \right] \% \quad (3.12)$$

De donde:

$P_{nominal}$ es la potencia en kVA del transformador y a es el Índice de carga (relación entre la potencia de trabajo y la potencia nominal).

3.3 Sistemas de distribución

3.3.1 Definición

Los sistemas de distribución nacieron de la necesidad que vieron las empresas distribuidoras de energía eléctrica, de transportar la energía de las distintas subestaciones de potencia a las numerosas subestaciones de distribución, para de esta manera lograr llegar a los centros de consumo.

Este sistema se encuentra constituido por materiales y equipos tales como transformadores, equipos de protección, conductores, postes, aisladores, condensadores y reguladores. La mayoría de los sistemas de distribución están diseñados en forma mallada, pero se operan en forma radial. La característica de este sistema es la de alimentar a los usuarios por una sola vía, es decir que ningún circuito que parte de un nodo, regresa a él.

Este tipo de circuitos presenta las siguientes ventajas[10]:

- Posee bajas corrientes de corto circuito.
- Simplicidad de protección y equipos de interrupción.
- Facilidades en la reconfiguración de la topología de la red.

Los sistemas radiales se obtienen colocando interruptores en los diferentes ramales de la red, y son utilizados para abrir y cerrar los distintos ramales existentes entre nodos. Estos interruptores son utilizados para realizar una reconfiguración de la red y de esta manera mejorar la confiabilidad del sistema, eliminar sobrecargas existentes, minimizar pérdidas de energía, y servir como plan de contingencia en caso de una emergencia.

3.3.2 Componentes de un sistema de distribución

- **Circuito alimentador primario:** Es el conjunto de redes y equipos utilizados para la distribución de energía, desde la subestación de potencia hasta cada una de las diferentes subestaciones de distribución. El nivel de tensión que utilizan estos circuitos está comprendido entre 1 y 30 kV.
- **Circuito alimentador secundario:** Es el conjunto de redes y equipos utilizados para alimentar los diferentes suscriptores de energía desde cada uno de los distintos transformadores de distribución. El nivel de tensión que utilizan estos circuitos está comprendido entre 0 y 1 kV.
- **Interruptores:** Son utilizados como medio de protección contra cortocircuitos, como mecanismo para realizar cambios en la topología de la red y para realizar mantenimiento a los diferentes ramales de la red. Los podemos encontrar de dos tipos, normalmente abiertos o normalmente cerrados y se ubican en los diferentes ramales del sistema.
- **Nodo:** Es un punto en donde se encuentran dos o más circuitos del sistema. En el puede estar localizado un transformador de distribución, o un banco de condensadores.
- **Ramal:** Es una trayectoria que une dos nodos sin que se encuentre un nodo intermedio entre estos.
- **Subestación de distribución:** Está conformada por el transformador y sus protecciones. Es utilizada para cambiar el nivel de tensión, y de esta manera hacer segura la distribución de energía a los diferentes consumidores.
- **Subestación de potencia:** Es la encargada de reducir la tensión de las líneas provenientes de los diferentes centros generadores a un nivel de tensión adecuado, para poder realizar la distribución en los diferentes lugares que se requiera energía.

En la figura 3-7 se observa un esquema de un sistema de distribución radial, donde se encuentran los diferentes componentes del sistema.

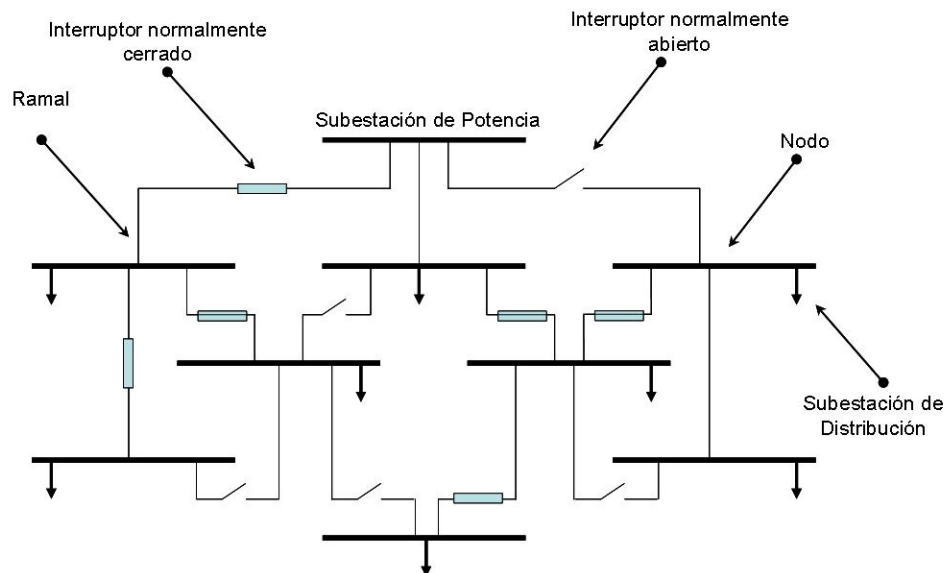


Figure 3-7: Sistema de Distribución Radial

3.3.3 Consideraciones eléctricas para el diseño de una red de distribución

Cuando se va a diseñar una red de distribución, se deben tener en cuenta una serie de parámetros eléctricos, con el fin de cumplir con los requerimientos técnicos mínimos que impone la empresa distribuidora de energía. A continuación se describen tales parámetros en base a la norma de la ESSA¹.

- **Nivel de tensión y potencia para la red de distribución:** El nivel de tensión con el cual se alimenta el proyecto en general, se selecciona de acuerdo a la demanda máxima del lugar. En la tabla 3-4 se observan los niveles exigidos por la ESSA para tal fin.

¹ Empresa Electrificadora de Santander

Tensión (kV)	Demanda Máxima (kVA)
Baja Tensión	Hasta ... 30
Media (13,2)	Hasta ... 500
Media (34,5)	Hasta ... 5000

Table 3-4: Demandas máximas por nivel de tensión

Los circuitos primarios de distribución de 34,5 kV son trifásicos trifilares, y son utilizados para conectar una carga aislada o para conectar dos subestaciones desde las cuales se derivan a un nivel de tensión menor. Los circuitos primarios de 13,2 kV son trifásicos trifilares, y son los encargados de salir de las distintas subestaciones de distribución a los centros de carga. La red de baja tensión tiene un nivel de tensión nominal de 120/208 V con una variación del 5%[11]. Esta red de baja tensión está conformada por las tres fases y el neutro.

- **Porcentajes de regulación de tensión:** La regulación de tensión se calcula teniendo en cuenta para las líneas de media tensión, la distancia desde la subestación de distribución hasta la subestación más distante, y para las líneas de baja tensión se tienen diferentes parámetros dependiendo del caso. La tabla 3-5 muestra los porcentajes de regulación de tensión exigidos por la ESSA.

Descripción	%
Circuitos de Media Tensión	3
Redes de distribución B.T., zona rural	7
Acometida y alimentador desde redes de la empresa.	2
Circuito Ramal	2

Table 3-5: Porcentajes de Regulación de Tensión

- **Pérdidas de energía y potencia:** Estos parámetros son utilizados para la selección del calibre del conductor, y para tener una idea de las pérdidas técnicas que se tendrán en el sistema de distribución. En la tabla 3-6 se muestran los porcentajes de pérdidas admisibles por la ESSA.

Componente	Energía (%)	Potencia (%)
Línea de Distribución (34,5 kV)	1,5	2,7
Alimentadores primarios (13,2 kV)	0,5	0,8
Transformadores	2,2	*
Redes de Baja Tensión	2,7	5,5

Table 3-6: Pérdidas de Energía y Potencia

* Las pérdidas totales de potencia de los transformadores se tomarán de acuerdo con la norma NTC 818, NTC 819 y NTC 1954.

- **Resistencia de puesta a tierra:** Es la relación existente entre el potencial del sistema de puesta a tierra y la corriente que fluye por el sistema de puesta a tierra. Este parámetro es de suma importancia, debido a que de éste depende la facilidad de despeje de una falla, que se produzca como consecuencia de una descarga atmosférica o un cortocircuito.

Descripción	Nivel (kV)	Zmáxima
Subestación distribución	34,5	10
Subestación distribución	13,2	10
Protección contra rayos	13,2 - 34,5	10
Redes de Baja Tensión	B.T.	20
Acometidas	B.T.	25 *

Table 3-7: Resistencia de puesta a tierra

* La medida de puesta a tierra no debe ser menor que la de las redes de baja tensión.

3.3.4 Análisis para una línea de transmisión corta

Las redes de distribución son caracterizadas por medio de una línea corta, debido a que su longitud es menor de 80 km y su tensión es menor de 46 kV[12]. En la figura 3-8 se puede observar el modelo de una línea de transmisión corta.

- **Modelo Línea de Transmisión Corta:**

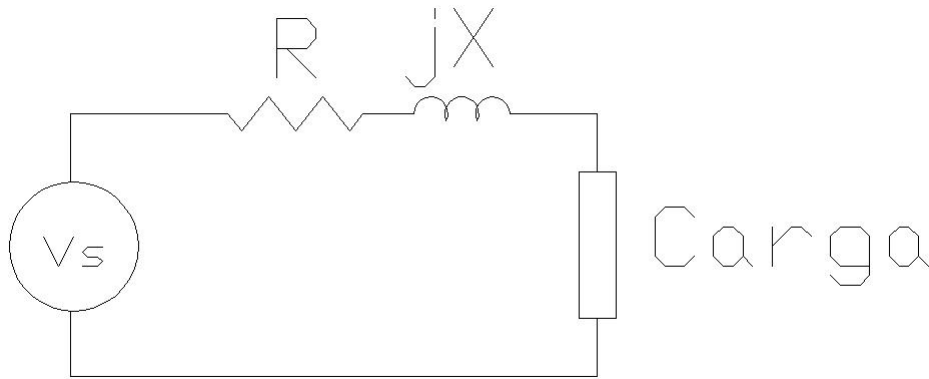


Figure 3-8: Modelo Línea de Transmisión Corta

- **Parámetros de la línea de transmisión corta:** La línea de transmisión corta está compuesta de dos parámetros: La resistencia y la inductancia de los conductores. A continuación se hace un análisis de estos parámetros.

- **Resistencia (R):** La resistencia es una constante física eléctrica que se opone al paso normal de la corriente eléctrica. Este parámetro generalmente no hay que calcularlo, ya que se encuentra en los catálogos de los fabricantes de los conductores eléctricos. Lo único que se necesita para conocer la resistencia de toda la línea, es multiplicar la resistencia por la longitud total de la línea. Se puede expresar de la siguiente manera:

$$r = \frac{\rho \times 10^3}{A} \left(\frac{\Omega}{km} \right) \quad (3.13)$$

$$R = r \times L (\Omega) \quad (3.14)$$

Donde ρ , es la resistividad del conductor. Para el cobre estirado en frío, esta resistividad es de $1,77 \times 10^{-8} (\Omega * m)$ a una temperatura de 20C y para la misma temperatura la resistividad del aluminio es de $2,83 \times 10^{-8} (\Omega * m)$ [13].

A es el área de la sección transversal en mm², L es la longitud de la línea de kilómetros, r es la resistencia por unidad de longitud, R es la resistencia total del conductor.

- **Inductancia (L):** La reactancia inductiva es una consecuencia de la presencia de campos magnéticos variables que actúan en las líneas de transmisión. El valor de la reactancia inductiva varía dependiendo de la disposición geométrica de la estructura de apoyo, del número de conductores por fase y de la composición física del conductor.

La fórmula empleada para hallar la inductancia por fase de líneas trifásicas es:

$$L = 2 \times 10^{-7} Ln \left(\frac{D_m}{D_s} \right) \left(\frac{H}{m} \right) \text{ por fase} \quad (3.15)$$

Y la reactancia inductiva para una frecuencia nominal de 60 Hz en Ω/km es de

$$X_L = 0.0754Ln \left(\frac{D_m}{D_s} \right) \left(\frac{\Omega}{km} \right) \text{ por fase} \quad (3.16)$$

Donde D_m es la distancia equivalente a la raíz n-ésima del producto de las n distancias de separación de los conductores y D_s es el radio geométrico del conductor proporcionado por los fabricantes de conductores. La reactancia total esta dada como el producto de la reactancia inductiva en por unidad multiplicada por la longitud en kilómetros de la línea.

$$X = X_L \times L \quad (3.17)$$

- **Regulación de la línea de transmisión corta:** La regulación de tensión representa el incremento en la tensión en el extremo receptor en porcentaje, como consecuencia de quitar la carga conectada a máxima potencia con un factor de potencia específico y manteniendo constante la tensión en bornes del generador.

$$Regulación\% = \left(\frac{V_{ro} - V_r}{V_r} \right) \quad (3.18)$$

Donde V_{ro} es la tensión en vacío del extremo receptor y V_r es la tensión en el extremo receptor a plena carga.

Otra forma de obtener la regulación de tensión de una línea corta es utilizando el método del momento eléctrico, que en la práctica es muy utilizado, pese a ser una aproximación.

La regulación de tensión es entonces igual a:

$$Regulación\% = K_s \times M_s \quad (3.19)$$

$$M_s = S \times L \quad (3.20)$$

$$K_s = \frac{100 \times (R \cos(\theta) + X_L \sin(\theta))}{V_r^2 L} \quad (3.21)$$

Donde M_s es igual al momento eléctrico de potencia, y K_s es una constante eléctrica.

- **Pérdidas de potencia de línea de transmisión corta:** Las pérdidas de potencia están dadas en función del calibre del conductor y la longitud de la línea, pero el

parámetro que más influye en las pérdidas es la corriente que transporta la línea. Este parámetro mide la economía del suministro y consumo de energía.

Las pérdidas de potencia se representan entonces de la siguiente manera:

$$P_p = 3I^2R \quad (3.22)$$

Donde R es la resistencia por conductor de la línea, I es la intensidad de corriente que circula por la línea.

3.4 Sistemas de Puesta a Tierra

El Sistema de Puesta a Tierra (SPT) (Grounding System) es el conjunto de elementos conductores de un sistema eléctrico específico, sin interrupciones ni fusibles, que unen los equipos eléctricos con el suelo o terreno. Comprende la puesta a tierra y todos los elementos puestos a tierra[14][15].

Existen tres clases de sistemas de puesta a tierra:

- **De servicio:** sirve como referencia para equipos de maniobra, equipo de transmisión, equipo de medición, fuentes D.C. y tierras para cables.
- **De protección:** se instala para prevenir accidentes de personal en caso de contactos directos o indirectos, con carcasas metálicas o por descargas eléctricas atmosféricas.
- **Temporales:** para mantenimiento.

La puesta a tierra tiene como función:

- Obtener una resistencia eléctrica de bajo valor para derivar a tierra Fenómenos Eléctricos Transitorios (FETs.), corrientes de fallas estáticas y parásitas; así como ruido eléctrico y de radio frecuencia.

- Mantener los potenciales producidos por las corrientes de falla dentro de los límites de seguridad, de modo que las tensiones de paso o de toque no sean peligrosas para los humanos y/o animales.
- Limitar la diferencia de potencial que, en un momento dado, puede presentarse entre estructuras metálicas y tierra.
- Buen desempeño de equipos. En los sistemas o redes de computación una buena puesta a tierra no sólo mantiene la seguridad del personal y provee de un camino de baja impedancia para las corrientes de falla, además, si todas las unidades del sistema están conectadas entre sí, al mismo tiempo a tierra, mantiene el mismo nivel de potencial de tierra, lo que evita la contaminación con señales en frecuencias diferentes a la deseada.
- Establecimiento y permanencia de un potencial de referencia.

Se debe resaltar, que la seguridad de las personas constituye el fin primordial de la instalación de puesta a tierra, sin depreciar el valor de las instalaciones y los equipos.

3.4.1 Principales Variables en el Diseño de las Puestas a Tierra

- **Resistividad:** También conocida como la resistencia específica del terreno, es una medida de las propiedades magnéticas o dieléctricas, representativas de la calidad del suelo. Para el diseño de sistemas de puesta a tierra, es necesario tener en cuenta que el terreno debe tener el mínimo valor posible de resistividad y que los suelos no son totalmente homogéneos en su composición, lo que ocasiona que los resultados de las mediciones proyecten una resistividad aparente, que promedia los efectos de las capas que lo componen.

La resistividad del terreno se mide, fundamentalmente, para encontrar la profundidad y grueso de la roca en estudios geofísicos, así como para encontrar los puntos óptimos, para localizar la red de tierras de una subestación, sistema electrónico,

planta generadora o transmisora de radiofrecuencia. Así mismo puede ser empleada para indicar el grado de corrosión de tuberías subterráneas. En el anexo C se encuentran los distintos métodos utilizados para medir la resistividad.

- **Resistencia:** Es la medida de la eficiencia de un sistema de un electrodo enterrado (barra, jabalina, malla, plato, etc.). Permite saber si el electrodo puede dispersar corriente en el suelo circundante; se le aplica a un sistema particular de tierra y se expresa en Ω . La resistencia de dicho electrodo, se conforma de la resistividad de un suelo determinado, combinado con la configuración del electrodo.

Normalmente en las mediciones de resistencia de un electrodo se utiliza corriente alterna o corriente directa, periódicamente alternada, para evitar la posible polarización de los electrodos causados por la corriente directa. En cuanto a la frecuencia utilizada por los equipos de medición, está en el rango de 20 a 600 Hz, su conocimiento permite al equipo descartar o neutralizar las tensiones con igual frecuencia que se acerquen, por ejemplo, las sobretensiones atmosféricas, las fallas a tierra, las sobretensiones de maniobra, etc; aunque la mayoría de estos fenómenos dinámicos que afectan a un sistema de transmisión o distribución de energía eléctrica, denotan una alta frecuencia, que oscila por el orden de los Mhz.

En cuanto a la magnitud de las corrientes utilizadas en la medición, se usan corrientes que van desde los pocos miliamperios hasta los cientos de miliamperios para sistemas instalados en zonas urbanas, a fin de evitar posibles potenciales transferidos que son peligrosos para las personas cercanas al área del sistema.

Para grandes subestaciones ubicadas fuera de zonas urbanas, donde existen probabilidades menores de que potenciales transferidos afecten a personas o equipos en áreas vecinas, se pueden inyectar corrientes del orden de decenas de amperes. En el anexo D se encuentran los distintos métodos utilizados para medir la resistencia.

- **Electrodos de Puesta a Tierra:** La resistencia de tierra de un electrodo está compuesta de tres factores:

- La resistencia del propio electrodo (metal).
- La resistencia de contacto del electrodo con la tierra.
- La resistencia del suelo, desde la superficie del electrodo hacia afuera, en el espacio por donde circula la corriente, tierra circundante, desde el electrodo hacia el infinito.

La resistencia del electrodo y su conexión es muy baja ya que los electrodos son hechos de un material bastante conductor y bajo en resistencia, como el cobre. La resistencia de contacto del electrodo con la tierra es también bastante baja si el electrodo está libre de pintura, grasa, etc., y el electrodo está firmemente enterrado. En cuanto a la resistencia con la tierra circundante se tiene que ésta es la que tiene mayor valor de las tres.

Factores como la resistividad, la longitud del electrodo y profundidad a la que es enterrado y el diámetro del mismo, afectan la resistividad total del mismo.

- **Arreglos o tipos de sistema de puesta a tierra:** Existen dos tipos de sistemas de puesta a tierra: los simples, son los más utilizados especialmente en sitios residenciales y ésta consiste en un electrodo aislado enterrado. Además de estos, se encuentran los sistemas complejos, que consisten en un conjunto de electrodos interconectados, mallas, platos de tierra y lazos o anillos de tierra. Son instalados normalmente en subestaciones, oficinas centrales y centros de telecomunicaciones. En la figura 3-9 se observan los diferentes tipos de arreglos utilizados.

3.5 Sistema de Compensación de Reactivos

El factor de potencia es la relación existente entre la potencia activa que se utiliza en un sistema para producir calor o trabajo (en kilowatts, kW) y la potencia aparente tomada de la línea de distribución (en kVA). También es expresado como el desfase de la corriente con relación a la tensión.

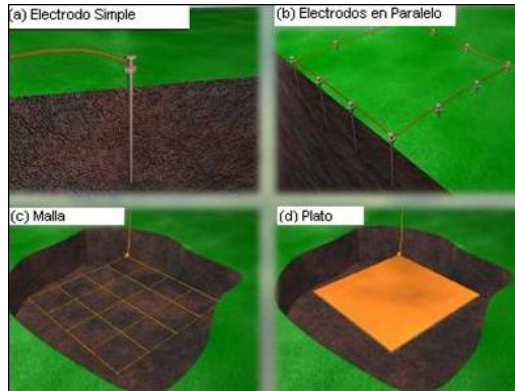


Figure 3-9: Electrodes de Puesta a tierra

Fuente: [16]

El factor de potencia es un indicador del correcto aprovechamiento de la energía eléctrica, el cual se mueve en un rango comprendido entre 0 y 1. Este factor es penalizado por las empresas prestadoras de energía cuando se encuentran en un valor inferior a 0,9.

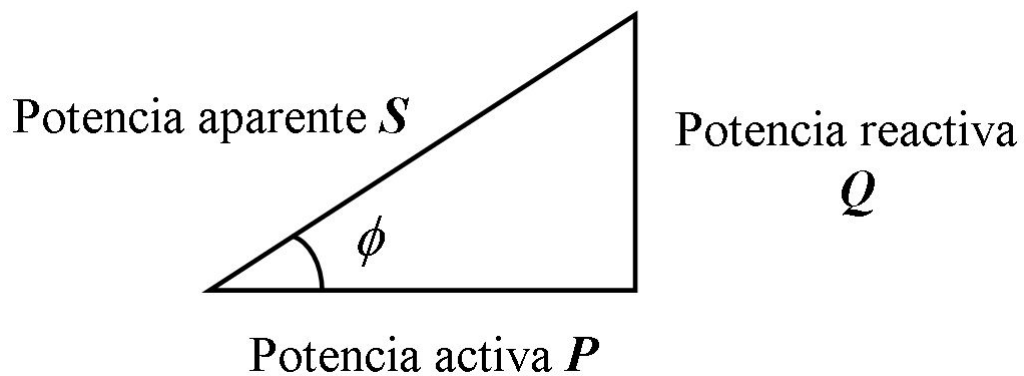


Figure 3-10: Triangulo de potencias

Fuente: [17]

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (3.23)$$

A continuación encontramos la ecuación del factor de potencia:

$$fp = \frac{P}{S} = \cos(\theta) \quad (3.24)$$

3.5.1 Consecuencias de un bajo factor de potencia

- **Incremento en la facturación eléctrica:** El factor de potencia es medido a través del contador de energía. Cuando este valor se encuentra por debajo de los límites establecidos por la empresa prestadora del servicio, se incurren en gastos adicionales como consecuencia de la tarifa que se le impone a la potencia reactiva.
- **Aumento de las pérdidas en los conductores:** El aumento de la potencia reactiva, trae como consecuencia un incremento en la corriente del sistema. Las pérdidas de potencia se encuentran en función de la resistencia de los devanados y la corriente al cuadrado. Es por esta razón que a medida que se aumenta la corriente, las pérdidas aumentan con el cuadrado de esa corriente.

Esto trae como consecuencia el calentamiento de los conductores, transformadores, así como una disminución en el aislamiento.
- **Sobrecarga en los generadores, líneas de distribución y transformadores:** Debido al exceso de corriente que se maneja como consecuencia de un bajo factor de potencia, se produce una sobrecarga en los equipos debido a que muchos no fueron dimensionados, teniendo en cuenta estas corrientes.
- **Aumento en la caída de tensión:** El aumento en la regulación de tensión trae asociado una disminución en la potencia de salida, que afecta directamente los bobinados de los transformadores y los conductores de distribución.

3.5.2 Compensación del factor de potencia

La compensación de reactivos, para mejorar el factor de potencia, se realiza debido a que en el sistema existen cargas inductivas que requieren de estos reactivos para su funcionamiento. Sin embargo esta demanda de reactivos se puede disminuir por medio de la instalación de condensadores en paralelo a la carga.

De esta manera se puede lograr una reducción parcial o total de la carga reactiva, logrando un aumento en el factor de potencia. En la figura 3–10 se representa la compensación de reactivos por medio del banco de condensadores.

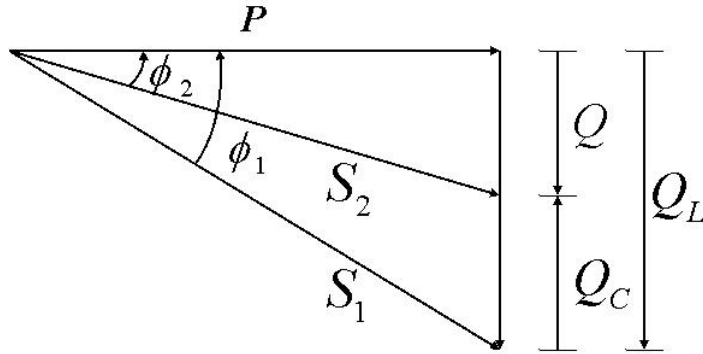


Figure 3–11: Representación de la compensación de reactivos
Fuente: [17]

Como se observa en la figura 3–11, la potencia activa permanece constante, la potencia reactiva y aparente varían como consecuencia de la compensación realizada. De esta manera es que se logra aumentar el factor de potencia.

- **Cálculo del tamaño del condensador:** De acuerdo a la figura 3–11 obtenemos la siguiente información:

- La potencia reactiva del condensador es $Q_{condensador} = Q_{deseada} - Q_{sistema}$
- Se sabe que $Q_{sistema} = P * \tan(\theta)$
- La compensación del sistema es $Q_{condensador} = P * (\tan(\theta_2) - \tan(\theta_1))$

De esta manera se obtiene la potencia requerida por el condensador en kVAR, con lo cual se realiza la compensación de reactivos.

3.5.3 Métodos de compensación del factor de potencia

Debido a que en la industria se presenta una gran variedad en la distribución de los motores eléctricos, es necesario realizar un estudio para conocer cuál es la manera más económica de efectuar la compensación de reactivos.

A continuación se describen algunos de los métodos utilizados para mejorar el factor de potencia:

- **Compensación individual:** La compensación individual consiste en que a cada carga se le asigne un banco de condensadores que suministre la potencia reactiva de la compensación. Este tipo de compensación es utilizada en equipos de operación continua y cuyo consumo por potencia reactiva es muy elevado.

Este tipo de compensación se utiliza en motores de inducción, donde se instala el motor y banco de condensadores al mismo arrancador, eliminando costos de dispositivos de protección.

La potencia del banco de condensadores debe seleccionarse de acuerdo a los siguientes métodos:

- Multiplicar por 1/3 el valor del motor expresado en hp
- El 40% de la potencia del motor en kW

Los transformadores de distribución también pueden compensarse de manera individual. La manera de compensar un transformador consiste en instalar un banco de condensadores que no exceda el 10% de la potencia nominal (en kVA) del transformador.

- **Compensación en grupo:** La compensación de reactivos en grupo se utiliza cuando existen un grupo de cargas considerables, que al estar conectados simultáneamente

Diagrama de conexión

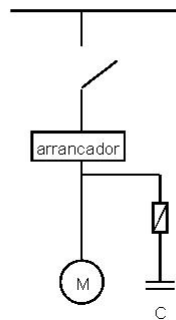


Figure 3-12: Compensación individual
Fuente: [17]

demandan potencia reactiva constante. Este tipo de compensación tiene la ventaja que solo se requiere de un banco de condensadores para compensar varios motores, lográndose con ello un ahorro. El banco de condensadores solo actúa, cuando la carga se encuentra conectada al sistema.

Diagrama de conexión

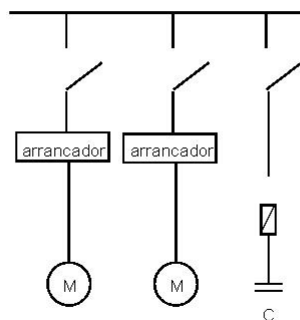


Figure 3-13: Compensación en grupo
Fuente: [17]

- **Compensación central:** La compensación central con banco automático se utiliza en cargas que continuamente están cambiando por el encendido o apagado de los motores. La potencia total de los bancos de condensadores se divide en etapas conectadas a un regulador automático de energía reactiva que va dando entrada a las etapas según la carga la vaya pidiendo.

Diagrama de conexión

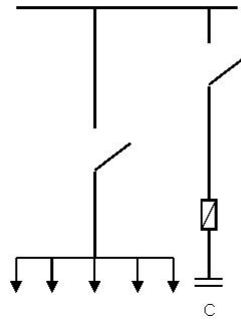


Figure 3-14: Compensación central
Fuente: [17]

3.5.4 Ventajas de realizar una compensación del factor de potencia

La compensación de reactivos trae asociados ahorros desde el punto de vista técnico y económico. A continuación se enuncian algunas de las mejoras:

- **Eliminación de la penalización por energía eléctrica:** Este es quizás el ahorro más significativo cuando se realiza la compensación de reactivos. Dicha penalización consiste en cobrar cuando el factor de potencia es inferior a 0.9. Esta tarifa oscila dependiendo el distribuidor de la energía, pero su costo puede llegar a ser igual al costo del kW-h.
- **Reducción de las pérdidas en los cables:** La reducción de las pérdidas en los conductores eléctricos se da, debido a que a medida que aumenta el factor de potencia, disminuye la corriente que pasan por los conductores eléctricos. Esta disminución cuando se compensa se cuantifica en el siguiente factor:

$$K = \left[1 - \left(\frac{\cos(\theta_1)}{\cos(\theta_2)} \right)^2 \right] \times 100\% \quad (3.25)$$

- **Ahorro en el consumo de energía:** El ahorro en el consumo de energía se da como consecuencia de la reducción en las corrientes de las potencias de los conductores. A continuación se observa la expresión que presenta la diferencia en el consumo de energía en kW-h/año.

$$Diferencia\ en\ el\ consumo\ de\ energía = \frac{(P_1 - P_2) \times (horas/mes) \times 12}{1000} \quad (3.26)$$

- **Liberación de potencia del transformador:** La potencia utilizada de los transformadores disminuye como consecuencia de las pérdidas en los conductores, y a la disminución gradual del consumo de energía. A continuación se observa la expresión que calcula la potencia del transformador como consecuencia del aumento de consumo de energía.

$$kVA = kW \times \left(\frac{1}{\cos(\theta_1)} - \frac{1}{\cos(\theta_2)} \right) \quad (3.27)$$

Capítulo 4

Descripción del Campo-Escuela

4.1 Introducción

El Campo-Escuela Colorado¹ es producto de un convenio interadministrativo de colaboración empresarial con fines científicos y tecnológicos. Fue firmado el 1 de Junio de 2006, momento en el cual ECOPETROL S.A., entregó a la Universidad Industrial de Santander un campo de hidrocarburos por un periodo de 10 años prorrogables.

El campo petrolero seleccionado fue el Campo Colorado, ubicado en el Valle del Magdalena Medio, en la vereda Los Colorados, corregimiento de Yarima, en el Municipio de San Vicente de Chucurí[18]. En la vereda Los Colorados se encuentran asentadas cerca de 38 viviendas.

El Campo Colorado tiene un área de 6000 hectáreas y 75 pozos perforados. Estas perforaciones iniciaron entre los años de 1923 y 1932, por medio de la empresa norteamericana Tropical Oil Company - Troco, quien en este período de tiempo perforó 7 pozos. En el año de 1932, la Troco se retiró, debido a que los pozos presentaban problemas mecánicos, y se dificultaba la extracción de crudo.

¹ Para mas información referente al Campo-Escuela Colorado, ingresar a la pagina Web <https://www.uis.edu.co/portal/campoescuela/index.htm>

La segunda etapa de exploración del campo, estuvo comprendida entre los años 1945 y 1946, momento en el cual, ECOPETROL S.A., comenzó el proceso de desarrollo del campo, con la perforación de 8 pozos.

En la tercera etapa de exploración que ha tenido el Campo Colorado, se perforaron 60 pozos entre los años comprendidos entre 1953 y 1964. Este desarrollo del campo tuvo una máxima producción de petróleo, alrededor de 1771 BOPD, y operó a la vez un máximo de 44 pozos petroleros² .

Con la creación del Campo - Escuela Colorado, se busca fortalecer el desarrollo en Ciencia y Tecnología por medio de la aplicación práctica en sus proyectos académicos y de la elaboración de proyectos de investigación afines al sector de los Hidrocarburos. Este laboratorio servirá adicionalmente, como un escenario propicio para la generación de nuevas técnicas y posibilidades de mejoramiento de la producción en el sector de Hidrocarburos en el país[1].

En la actualidad el campo tiene dos pozos activos, que producen en promedio 500 barriles de petróleo mensuales, y tiene 5 pozos activos, pero no en operación, que el Campo - Escuela tiene como objetivo reactivar a mediano plazo, con el fin de afianzar el desarrollo del campo.

Adicional a las 7 unidades de bombeo mecánico, el Campo-Escuela cuenta con una estación, capaz de almacenar 1000 BPD. Esta estación, envía el crudo hacia la Estación

² Los datos referidos a las producciones de petróleo históricas y actuales fueron suministradas por la Coordinación Administrativa Campo Escuela - 2007

LCI-07, propiedad de ECOPETROL S.A., por medio de una tubería metálica de 4 pulgadas de diámetro.



Figure 4-1: Tanque recolector con capacidad de almacenar 500 BPD

Con el fin de aprovechar al máximo los recursos con los cuales cuenta el campo, la universidad está buscando un socio tecnológico, con el que se quieren adelantar estudios tendientes a identificar la potencialidad en producción de los pozos[18], de manera que esta se pueda aumentar, y sirva para realizar demostraciones académicas.

En el presente capítulo se conocerán los diferentes componentes eléctricos que se encuentran en el Campo - Escuela, necesarios en el proceso de extracción y bombeo de petróleo. Se hará especial énfasis en cinco áreas. Estas son Sistema de Distribución, Transformadores, Fuerza Motriz, Puestas a Tierra y Factor de Potencia.

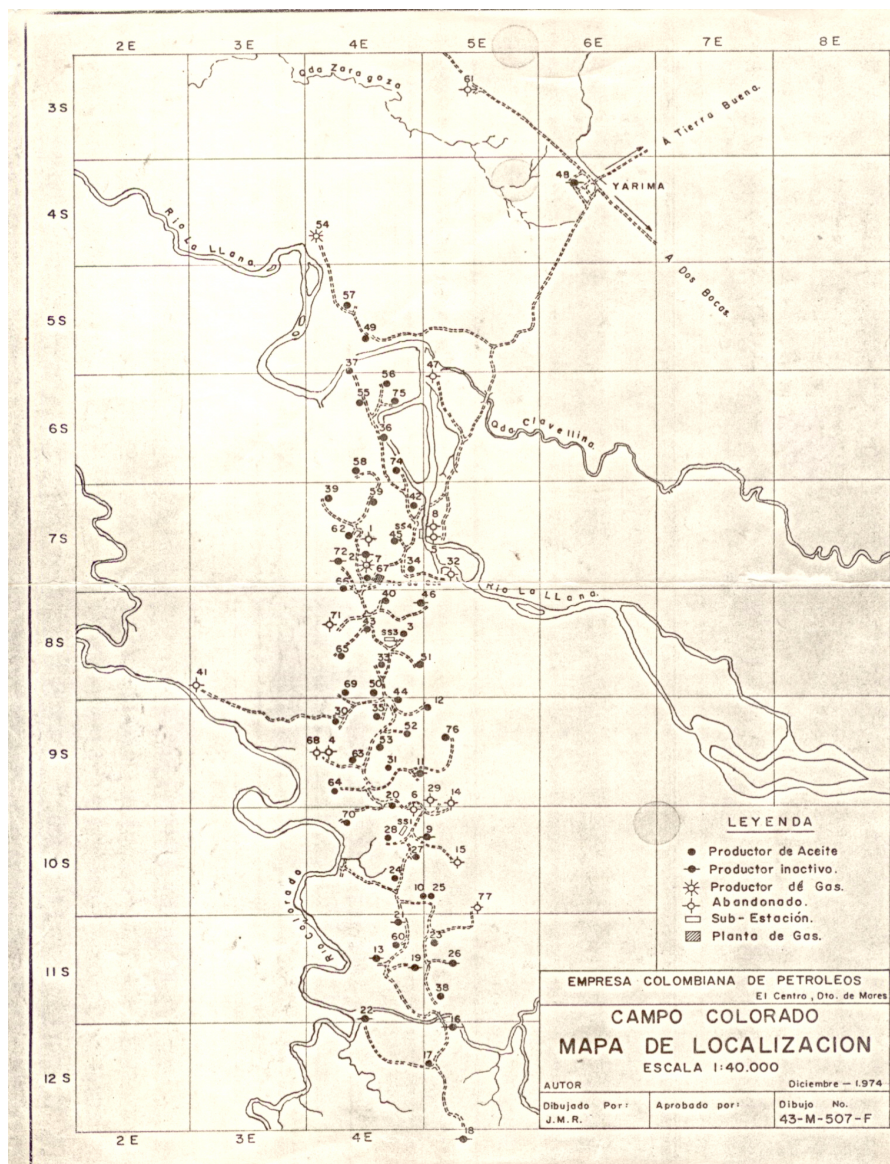


Figure 4-2: Plano Campo-Escuela Colorado

4.2 Sistema de Distribución

4.2.1 Descripción del Sistema de Distribución

El sistema de distribución del campo, forma parte del circuito Infantas, proveniente de la Subestación Eléctrica Campo 22 de ECOPETROL S.A., ubicada en el Corregimiento El Centro de Barrancabermeja. Esta línea tiene un nivel de tensión de 14,4 kV.

El circuito Infantas se encarga de suministrar energía a las diferentes subestaciones eléctricas del Campo Infantas, el Campo 23 y a los diferentes usuarios de electrificación rural. Esta línea esta compuesta por tres conductores de fase, y un hilo de guarda, utilizado para la protección contra descargas atmosféricas. Este conductor se encuentra ubicado a lo largo del trayecto. Esta línea se encuentra aterrizada cada dos estructuras.

La línea Infantas, llega al corregimiento de Yarima, donde se encuentran ubicados los seccionadores Z2 y Z3. El seccionador Z2 es el encargado de la protección del Campo Colorado y Albania. El seccionador Z3, protege el campo San Luis. De ahí, continua la línea principal donde alimenta las 5 subestaciones de distribución del campo, así como el banco de condensadores que se encuentra instalado en el área. La longitud aproximada de la línea de media tensión del Campo - Escuela Colorado es de 9,6 kilómetros.

El nivel de tensión al cual se alimenta baja tensión, es de 480 V. En algunos lugares, las redes de distribución de baja tensión constan de hilo de guarda. La longitud aproximada de las redes de baja tensión es de 8,6 kilómetros.

Las estructuras del sistema de distribución, son realizadas con desechos existentes de tubos de perforación, con una longitud entre 8 y 12 metros de altura y un diámetro entre 4 y 6 pulgadas. Los conductores, de las redes de media y baja tensión, son calibre 4/0 en Aluminio desnudo AWG, con refuerzo de acero ACSR. Los aisladores en su gran mayoría son cerámicos, aunque debido a fallas de estos, en algunos lugares del sistema existente se ha realizado el recambio por aisladores poliméricos.

Debido a que el campo cuenta con pozos activos, inactivos y abandonados, es importante realizar una clasificación desde el punto de vista eléctrico, teniendo como referencia la disponibilidad de acometida eléctrica y motor de los pozos.

En la tabla 4-1 se observa qué pozos se encuentran en la actualidad con motor o acometida eléctrica instalada, dependiendo de la subestación a la cual esta asignada la red de distribución.

Subestación	Pozos con motor	Pozos con Acometida Eléctrica	TOTAL
61	Col 36, 37, 75	Col 55, 56, 74	6
71	Unidad de la Estación	Col 39, 45, 58, 59, 67	6
91	Col 12, 69	Col 03, 30, 33, 35, 43, 44,65	9
101	Col 70	Col 31	2
111	Col 38	Col 23	2

Table 4-1: Estado eléctrico actual de los pozos

4.2.2 Clasificación de las estructuras existentes en el Campo-Escuela Colorado

Cuando se realiza un levantamiento eléctrico, una de los objetivos fundamentales de este proceso, es realizar la tipificación de las estructuras que componen el sistema de distribución del campo.

A esta clasificación se puede anexar otra, dependiendo de la función que cumple cada estructura, ya que estas pueden ser utilizados como estructuras de paso, retención, suspensión y terminales de circuito. También se tiene en cuenta una clasificación dependiendo del número de circuitos que componen la estructura, ya que puede haber estructuras de circuitos sencillos y dobles.

Cabe resaltar que pueden existir múltiples estructuras del mismo tipo, pero que difieran en muy poco de la estructura tipo (un aislador, un templete a tierra). En este caso se asigna la estructura con mas coincidencias.

La clasificación de estructuras del Campo-Escuela Colorado cuenta con 10 estructuras tipo para media tensión, y 10 estructuras tipo para baja tensión. Estas estructuras tipo, fueron seleccionadas de acuerdo con los siguientes tópicos:

- **Nivel de Tensión de la red:** Las estructuras se dividen de esta manera, debido a que los postes que soportan la estructura son de diferente altura, y los aisladores que soportan los conductores son seleccionados dependiendo el nivel de tensión. Por esta razón las estructuras se dividen en estructuras de media tensión (MT), y estructuras de baja tensión (BT).
- **Servicio que presta la estructura:** Dependiendo su ubicación las estructuras tienen funciones diferentes. Existen estructuras en el trayecto utilizadas como estructuras de paso o retención, suspensión, terminales y otras, utilizadas para albergar subestaciones, banco de condensadores, seccionadores, y acometidas a los diferentes pozos.
- **Número de Circuitos:** Las estructuras se dividen en el número de circuitos que tienen la capacidad de albergar. Existen estructuras con capacidad para albergar uno, dos y hasta tres circuitos.
- **Tipo de cruceta:** La clasificación de las crucetas es muy importante, debido a que existe una gran diversidad. Se utiliza dependiendo de la ubicación de la estructura. Entre las más conocidas se encuentran las estructuras horizontales, canadienses y verticales.
- **Tipo de aisladores:** Para cada nivel de tensión existen diferentes gamas de aisladores que se seleccionan dependiendo del tipo de estructura. Sin importar el tipo de aislador o de su configuración, si se encuentran en un mismo circuito, deben soportar el mismo nivel de tensión.

En el anexo E, se pueden observar los diferentes tipos de estructuras, así como los materiales necesarios para construir determinada estructura.

4.2.3 Inventario del Sistema de Distribución del Campo-Escuela Colorado

Con el fin de conocer el estado eléctrico actual del Campo-Escuela Colorado, se hizo necesario realizar una investigación de campo, recorriendo físicamente los circuitos de los cuales está compuesto, obteniendo información respecto a las características y estado de los conductores, estructuras, aisladores, cables de guarda y puestas a tierra.

La ubicación de las diferentes estructuras se realizó por medio de un sistema de posicionamiento global, GPS³. El equipo utilizado fue suministrado por la Escuela de Geología, y consiste en un Garmin etrex Vista. Las longitudes entre apoyos fueron medidos por parte de la herramienta AutoCAD.



Figure 4-3: GPS utilizado en el levantamiento eléctrico

El levantamiento eléctrico, se realizó por medio de plantillas⁴, con el objetivo de anotar la información de cada estructura. Adicional a la plantilla se tomó una fotografía

³ Para mayor información sobre GPS, consultar la Biblioteca de Consulta Microsoft Encarta 2005. 1993-2004 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos

⁴ Estas plantillas fueron adaptadas a las utilizadas por la empresa Consultoría Colombiana Ltda. en el año de 1986, en la realización del Estudio de planeamiento y pérdidas del sistema eléctrico de subtransmisión y distribución para la zona urbana de Barrancabermeja que realizaron para la Empresa Electrificadora de Santander ESSA.

(como mínimo), de cada una de las estructuras de las cuales está compuesto el campo.

A continuación se enuncian cada uno de los componentes que conforman las plantillas de M.T. y B.T.

La plantilla de Media Tensión se puede observar en el anexo F, y contiene la siguiente información:

- **Subestación:** Esta es la subestación Campo 22 ubicada en El Centro y de ella se deriva el circuito que alimenta el Campo-Escuela.
- **Alimentador:** Es el nombre del circuito que viene desde la subestación Campo 22. Para el caso del Campo-Escuela es el circuito Infantas.
- **Circuito:** Se tuvo en cuenta este tópico, debido a que la Subestación 61 se encuentra alimentado por un circuito ramal secundario, razón por la cual este es el único circuito que cuenta con esta denominación. El resto de circuitos están sobre el alimentador principal.
- **Tensión de Servicio:** Es el valor al cual llega la alimentación en media tensión al Campo-Escuela, que es de 14,4 kV.
- **Plantilla N:** Es la enumeración de las plantillas teniendo en cuenta el número de tramos con las cuales se divide el alimentador del campo. Por esta razón contamos con seis plantillas para tal fin.
- **Tramo:** Es el nombre dado a cada una de las estructuras con las cuales cuenta el campo. Para propósitos de conductores tanto de fase como de guarda, se da la información del intervalo. Cuando se habla de postería, aisladores y protecciones, las especificaciones dadas, son únicamente del apoyo A.

La postería de media tensión se identificó con dos números, en donde el primer número hace referencia a la subestación a donde se dirige el tramo (a excepción del

primer tramo que se identifica con el nombre del seccionador), y el segundo número indica el apoyo correspondiente.

Z2-16

101-16

Por ejemplo la estructura Z2-16, se encuentra ubicada 16 estructuras contadas a partir de la estructura Z2-01, la cual corresponde al pórtico del seccionador, y la estructura 101-06 es la sexta estructura contada desde la subestación 91 hacia la subestación 101.

- **Conductores de Fase:** Esta área de la plantilla tiene como función especificar la longitud, calibre, material, cantidad de conductores y estado de cada uno de los tramos de los cuales está compuesto el sistema de distribución.
- **Cable de Guarda:** Especifica el calibre, material y estado del conductor de guarda en cada uno de los tramos.
- **Puesta a Tierra:** Indica si determinada estructura cuenta o no con puesta a tierra.
- **Estructuras:** En esta parte de la plantilla se indica la clasificación de las estructuras realizada anteriormente, su material de fabricación y el estado en que se encuentra.
- **Apoyos:** Se indica la cantidad y estado en que se encuentran cada uno de los apoyos con los cuales cuenta cada estructura.
- **Aisladores:** Se especifican el tipo, material, cantidad y estado de los cuales está compuesto cada aislador. Para identificar el tipo de aislador, fue necesario tener el catálogo del fabricante⁵.

⁵ Gamma-Corona, fabricante de los aisladores instalados en las redes de ECOPETROL S.A., para media y baja tensión.

- **DPS e Interruptores:** Los elementos de protección se describen para conocer su tipo, cantidad y estado. Hay caso en los que pueden haber DPS pero no necesariamente interruptores.
- **Localización y Registro Visual:** Se registran las coordenadas y valor de exactitud de las medidas, para cada una de las estructuras con las que cuenta el sistema de distribución del campo. Adicional a esto se cuenta con una casilla dedicada al registro visual de las estructuras con que cuenta el campo.

Las anteriores especificaciones tienen por objeto, conocer de una manera detallada las instalaciones de media tensión con las cuales cuenta el campo. La tabla 4-2 muestra un resumen general de los tramos en los cuales se divide la línea de M.T. que atraviesa el campo, dando a conocer la longitud del tramo, el calibre del conductor utilizado, así como el conductor del cable de guarda.

Las plantillas tienen observaciones referentes a tipos de aisladores, materiales de aisladores, transformadores de distribución rural y otras líneas circundantes.

La tabla 4-3, muestra un resumen del tipo de estructuras existentes por tramo de la línea de M.T. que atraviesa el campo. El número total de estructuras de M.T que atraviesan el campo es de 77, siendo la más frecuente la estructura MT-02 o estructura canadiense con aisladores referencia Clase ANSI 52-1.

La plantilla de baja tensión puede verse en el anexo G, la cual difiere de la plantilla de media tensión en algunos tópicos que se enuncian a continuación:

- **Subestación (S/E):** Este es el nombre que recibe cada una de las subestaciones eléctricas de distribución. El número es asignado por ECOPETROL S.A. La asignación está compuesta de dos partes. La primera parte es el nombre del campo, es

<p style="text-align: center;">DISEÑO DE UN PROGRAMA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE CRUDO DEL CAMPO ESCUELA COLORADO</p> <p style="text-align: center;">SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE M.T. DEL CAMPO ESCUELA COLORADO</p>						
TRAMO DE LA LÍNEA	Tensión	Longitud	Calibre	Cable de Guarda	OBSERVACIONES	
	<i>kV</i>	<i>m</i>	ASCR			
Seccionador Z2 - Banco de Condensadores	14,4	3830,89	4/0	5/16	Tiene tres transformadores de distribución rural	
Banco de Condensadores - Subestación 61	14,4	950,78	4/0	5/16	—	
Banco de Condensadores - Subestación 71	14,4	601,28	4/0	5/16	Tiene 1 transformador de distribución rural	
Subestación 71 - Subestación 91	14,4	1715,62	4/0	5/16	Tiene 1 transformador de distribución rural	
Subestación 91 - Subestación 101	14,4	1032,41	4/0	5/16	Tiene 1 transformador de distribución rural	
Subestación 101 - Subestación 111	14,4	1432,66	4/0	5/16	La línea de distribución, cruza una línea de ISA con tensión 230 <i>kV</i>	
TOTAL	14,4	9563,64	4/0	5/16		

Table 4–2: Resumen Sistema de distribución de MT

<p style="text-align: center;">DISEÑO DE UN PROGRAMA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE CRUDO DEL CAMPO ESCUELA COLORADO</p>												
<p style="text-align: center;">ESTRUCTURAS DE MEDIA TENSIÓN DEL CAMPO ESCUELA COLORADO</p>												
TRAMO DE LA LÍNEA	<i>MT</i>	<i>MT</i>	<i>MT</i>	<i>MT</i>	<i>MT</i>	<i>MT</i>	<i>MT</i>	<i>MT</i>	<i>MT</i>	<i>MT</i>	<i>MT</i>	<i>MT</i>
Seccionador Z2 - Banco de Condensadores	1	6	19	1	5	1	1	0	0	0	0	0
Banco de Condensadores - Subestación 61	0	3	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
Banco de Condensadores - Subestación 71	0	2	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
Subestación 71 - Subestación 91	0	8	4	0	2	0	0	1	0	1	0	0
Subestación 91 - Subestación 101	0	5	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0
Subestación 101 - Subestación 111	0	4	0	0	1	0	0	1	0	1	0	2
TOTAL	1	28	25	3	9	1	2	5	1	2	1	2

Table 4-3: Resumen Estructuras en MT

decir Colorado y la segunda parte es el número de la subestación que para el caso del campo puede ser 61, 71, 91, 101 o 111.

Colorado 71

- **Tipo y potencia del transformador:** Se especifica el tipo de transformador, para el caso del campo, se tienen transformadores en bancada monofásica y transformadores trifásicos. La potencia varía dependiendo de cada transformador, y esta dada en kVA.
- **No de circuito ramal (CR):** El sistema de distribución en baja tensión esta compuesto de 10 ramales, los cuales se enumeran de acuerdo a la subestación que los compone como se observa en la tabla 4-4
- **Pozos:** Teniendo en cuenta la cantidad de pozos existentes en el Campo, los cuales se dividen en activos, inactivos y abandonados, se enumeran dependiendo si los pozos tienen o no, acometida eléctrica.

SUBESTACIÓN	RAMALES QUE LO COMPONEN
S/E 61	CR 01
	CR 02
	CR 03
S/E 71	CR 04
	CR 05
	CR 06
S/E 91	CR 07
	CR 08
S/E 101	CR 09
S/E 111	CR 10

Table 4-4: Clasificación de los circuitos ramales dependiendo de la subestación que los alimenta.

- **Tramo:** Las características de la plantilla no difieren de la de media tensión en la parte de información, las únicas consideraciones que se hacen es que cada circuito

ramal comienza desde la subestación que se alimenta y las especificaciones que se dan son las del área de baja tensión de la subestación.

La posteria de baja tensión se identificó con dos números, en donde el primer número significa el circuito ramal (a excepción del caso de la subestación que conserva el valor de MT, más no sus especificaciones), y el segundo número corresponde a la estructura correspondiente. Este sistema de numeración difiere del sistema de M.T, no es consecutivo, varía dependiendo de las derivaciones internas de cada ramal.

Por ejemplo, la estructura 05-03, corresponde al quinto ramal ubicado en la subestación 71, y a la tercera estructura de apoyo.

05-03

Acometida: En estas casillas se recopila la información concerniente a los pozos que cuentan con acometida. Se indica el número del pozo que cuenta con acometida, si el pozo conserva motor eléctrico y el estado de la acometida desde la estructura, hasta bornes del motor.

El resto de las características con las cuales cuenta la plantilla, son las empleadas en la de media tensión. Adicional a la plantilla, se realizan observaciones referentes al estado del circuito ramal.

La tabla 4-5 muestra un resumen general de los circuitos ramales de BT, que componen el campo, dando a conocer la longitud del circuito, el calibre del conductor utilizado, así como el conductor de cable de guarda y el número de pozos en capacidad de alimentar.

La tabla 4-6, muestra un resumen del tipo de estructuras existentes por circuito ramal. El número total de estructuras de BT, con el cual cuenta el Campo-Escuela es de 126, siendo la más frecuente la estructura BT-01, o estructura con cruceta en V y aislador referencia Clase ANSI 52-2.

**DISEÑO DE UN PROGRAMA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE
DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN
DE CRUDO DEL CAMPO ESCUELA COLORADO**

**SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE B.T.
DEL CAMPO ESCUELA COLORADO**

CIRCUITO RAMAL	Tensión	Longitud	Calibre	Cable de Guarda	Pozos Con Acometida	OBSERVACIONES
	V	m	ASCR			
Circuito Ramal 01	480	415,46	4/0	5/16	2	Cuenta con un pozo activo
Circuito Ramal 02	480	502,84	4/0	5/16	2	Cuenta con un pozo activo
Circuito Ramal 03	480	930,57	4/0	5/16	2	Presenta una derivación bifásica no autorizada
Circuito Ramal 04	480	468,82	4/0	—	0	Es el encargado de alimentar la antigua Estación de Bombeo
Circuito Ramal 05	480	576,71	4/0	—	2	Adicional a los pozos, alimenta la Estación de Bombeo
Circuito Ramal 06	480	935,34	4/0	—	3	Presenta multiples averías. Es el circuito más deteriorado del Campo-Escuela
Circuito Ramal 07	480	928,18	4/0	—	3	Cuenta con un pozo activo
Circuito Ramal 08	480	1846,07	4/0	—	6	Cuenta con un pozo activo
Circuito Ramal 09	480	1252,22	4/0	—	2	Cuenta con un pozo activo y en funcionamiento
Circuito Ramal 10	480	665,96	4/0	—	2	Cuenta con un pozo activo y en funcionamiento
TOTAL	480	8522,17	4/0		24	

Table 4-5: Resumen Sistema de distribución de BT

**DISEÑO DE UN PROGRAMA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE
DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN
DE CRUDO DEL CAMPO ESCUELA COLORADO**

**ESTRUCTURAS DE BAJA TENSIÓN
DEL CAMPO-ESCUELA COLORADO**

TRAMO DE LA LÍNEA	<i>BT01</i>	<i>BT02</i>	<i>BT03</i>	<i>BT04</i>	<i>BT05</i>	<i>BT06</i>	<i>BT07</i>	<i>BT08</i>	<i>BT09</i>	<i>BT10</i>
Círculo Ramal 01	4	1	1	2	0	0	0	0	0	0
Círculo Ramal 02	2	0	1	1	2	1	0	0	0	0
Círculo Ramal 03	10	0	1	2	0	1	0	0	0	0
Círculo Ramal 04	0	1	1	1	0	0	4	1	0	0
Círculo Ramal 05	4	0	1	2	1	0	0	0	0	0
Círculo Ramal 06	6	0	2	3	0	0	0	0	0	0
Círculo Ramal 07	5	1	3	2	0	0	0	0	2	1
Círculo Ramal 08	17	0	5	5	0	1	0	0	0	0
Círculo Ramal 09	6	1	3	1	1	5	0	0	0	1
Círculo Ramal 10	6	1	1	2	0	0	0	0	0	0
TOTAL	60	5	19	21	4	8	4	1	2	2

OBSERVACIONES

- †Teniendo en cuenta que hay subestaciones con varios circuitos ramales, solo se cuenta la subestación en el primer circuito ramal de cada subestación.
- ‡Lo mismo se emplea cuando existen derivaciones del circuito ramal principal.

Table 4-6: Resumen Estructuras en BT

4.3 Transformadores

4.3.1 Introducción

El Campo-Escuela Colorado cuenta en la actualidad con 5 subestaciones de distribución, dispuestas a lo largo del campo. Por medio de los transformadores, se reduce la tensión de 14,4 kV a 480 V, para el servicio de los motores de las unidades de bombeo.

A continuación se enuncian los datos representativos de los diferentes tipos de transformadores existentes, con respectivas fotos y números de inventario. Seguidamente se mostraran las mediciones realizadas a las subestaciones Colorado 101 y Colorado 111, donde se muestran los datos de tensión, corriente y potencia.

4.3.2 Inventario de Transformadores

Los transformadores de distribución que se encuentran en el Campo-Escuela, se pueden clasificar según el tipo, marca y potencia como se muestra en la tabla 4-7

Potencia <i>kVA</i>	Clase	Marca	Localización del Transformador
30	Trifásico	Siemens	Colorado 61 Colorado 101 Colorado 111
75		AAB	Colorado 91
100	Monofásico	Siemens	Bancada Colorado 71
50		General Electric	

Table 4-7: Clasificación de los transformadores existentes en el Campo-Escuela

Teniendo en cuenta esta clasificación, a continuación se describen las características más importantes de cada una de las distintas subestaciones existentes en el campo.

- **Subestación Colorado 61:** La subestación 61 se encuentra ubicada en el sector norte del campo. Esta subestación es la encargada de suministrar energía a los pozos 36, 37 y 75. En la tabla 4-8 se muestran características generales del sistema de baja tensión que compone la subestación.

Circuito Ramal	Longitud Ramal (m)	N de Acometidas	N de Motores
1	415,46	2	1
2	502,84	2	1
3	930,57	2	1
TOTAL	1848,87	6	3

Table 4–8: Características del sistema de baja tensión de la Subestación 61

El inventario del transformador de distribución se realizó en forma de ficha técnica, con los datos de placa y se encuentra en el anexo H.

- **Subestación Colorado 71:** La subestación 71 se encuentra ubicada aproximadamente a 500 metros de la carretera principal. Para su acceso por vía terrestre presenta problemas debido a que en la mitad de la carretera se produjo una caída de la banca. Esta es la razón por la cual este transformador todavía se conserva con bancada monofásica, y su mantenimiento a través de los años ha sido nulo.



Figure 4–4: Hundimiento de la carretera en las inmediaciones de la Subestación 71

Esta subestación es la encargada de darle suministro eléctrico a la estación de bombeo del campo. El circuito ramal 6 presenta pérdida de conductor en una parte del circuito, debido a problemas de delincuencia común. En la tabla 4–9 se muestran las características generales del sistema de distribución que compone la subestación 71.

El inventario de los transformadores se realizó en forma de ficha técnica, con los datos suministrados por ECOPETROL S.A, y se encuentran en el anexo H.

Circuito Ramal	Longitud Ramal (m)	N de Acometidas	N de Motores
4	468,82	0	0
5	576,71	3	1
6	935,34	3	0
TOTAL	1980,87	6	1

Table 4–9: Características del sistema de baja tensión de la Subestación 71

- **Subestación Colorado 91:** La subestación 91 se encuentra ubicada frente al desvío que lleva al pozo 12. Es la subestación que cuenta con el mayor número de acometidas de todo el campo. Es el encargado de suministrar energía a los pozos 12 y 69. En la tabla 4–10 se muestran las características generales del sistema de distribución que compone la subestación 91.

Circuito Ramal	Longitud Ramal (m)	N de Acometidas	N de Motores
7	928,18	3	1
8	1846,07	6	1
TOTAL	1980,87	9	2

Table 4–10: Características del sistema de baja tensión de la Subestación 91

En la actualidad el circuito ramal 7, se encuentra desconectado de la subestación, debido a la caída de una estructura que ocasionó una falla, razón por la cual se encuentra suspendido el suministro de energía eléctrica, hasta tanto se cambie la estructura averiada.

El inventario del transformador de distribución se realizó en forma de ficha técnica, con los datos de placa y se encuentra en el anexo H.

- **Subestación Colorado 101:** La subestación 101 se encuentra ubicada en el margen izquierdo de la vía, a la altura de la escuela. Esta subestación es la encargada de prestar servicio al pozo 70, que en la actualidad se encuentra en operación. Esta subestación tiene su cerramiento en mal estado, se encuentra con una gran cantidad de maleza a su alrededor, y no cuenta con candado.

Esta subestación requiere de adecuadas condiciones de seguridad, debido a que por ahí circula una gran cantidad de niños y animales. En la tabla 4–11 se muestran las características generales del sistema de distribución que compone la subestación 101.

Circuito Ramal	Longitud Ramal (m)	N de Acometidas	N de Motores
9	1252,22	2	1
TOTAL	1252,22	2	1

Table 4–11: Características del sistema de baja tensión de la Subestación 101

El inventario del transformador de distribución se realizó en forma de ficha técnica, con los datos de placa y se encuentra en el anexo H.

- **Subestación Colorado 111:** La subestación 111 se encuentra ubicada en la explanada del pozo 19. Para su acceso se debe continuar por la carretera principal después del desvío del pozo 38. Es la encargada de suministrar energía al pozo 38, que en la actualidad se encuentra en operación y es el mayor productor del campo. En la tabla 4–12 se muestran las características generales del sistema de distribución que compone la subestación 111.

Circuito Ramal	Longitud Ramal (m)	N de Acometidas	N de Motores
10	665,96	2	1
TOTAL	665,96	2	1

Table 4–12: Características del sistema de baja tensión de la Subestación 111

El inventario del transformador de distribución se realizó en forma de ficha técnica, con los datos de placa y se encuentra en el anexo H.

- **Subestaciones Rurales:** Alimentados con el Circuito Infantas y esta destinada a alimentar las distintas subestaciones eléctricas del campo. Cuenta con cargas originadas por la electrificación rural. Es por esto, que dentro del proceso del levantamiento eléctrico, se tuvieron presentes las características más generales de estos transformadores.

En el anexo I, se encuentran la información referente a los 8 transformadores de distribución encargados de alimentar las cargas rurales.

4.3.3 Mediciones en Transformadores

Las mediciones de las subestaciones eléctricas se realizaron únicamente a las subestaciones que presentan pozos en actividad. Es decir, se realizaron a las subestaciones eléctricas Colorado 101 y Colorado 111. Adicional a esto se realizó una medición de la subestación 61, teniendo en cuenta que en esta subestación se encuentra ubicada una derivación irregular.

Esta medición se realizó por medio de un osciloscopio digital FLUKE, que es una herramienta que integra las funciones de un osciloscopio y un multímetro digital, el cual cuenta con capacidad de registro de información.



Figure 4-5: Caja de control utilizada para la alimentar el osciloscopio.

En la tabla 4-13 se encuentran las mediciones de las variables eléctricas de las subestaciones antes enunciadas. El departamento de Mantenimiento de Mares de ECOPETROL S.A. suministro adicionalmente unas mediciones realizadas en el año 2002, de algunas de las subestaciones del campo. Estas mediciones se realizaron con el fin de dimensionar las subestaciones y cambiar alguno de los transformadores existentes en el campo. En la tabla 4-14 se encuentran las mediciones de las subestaciones eléctricas Colorado 61, Colorado 91 y Colorado 111.

Subestaciones	Pmedia <i>kW</i>	Qmedia <i>kVAR</i>	Smedia <i>kVA</i>	FP	Tensión por fase <i>V</i>			Vpromedio <i>V</i>	Corriente de Fase <i>A</i>			Ipromedio <i>A</i>
					L1	L2	L3		L1	L2	L3	
Subestación eléctrica 61	0,24	0,17	0,3	0,81	266,1	265,7	267,5	461,48	1,2	0,00	1,3	0,83
Subestación eléctrica 101	1,12	1,08	1,56	0,72	267,8	266,8	268,8	463,84	4,09	4,08	4,07	4,08
Subestación eléctrica 111	1,36	1,50	2,02	0,67	269,20	268,7	268,8	465,74	5,89	5,95	5,95	5,93

Table 4–13: Mediciones realizadas en las subestaciones en servicio

Subestaciones	Pmedia <i>kW</i>	Qmedia <i>kVAR</i>	Smedia <i>kVA</i>	FP	Tensión por fase <i>V</i>			Vpromedio <i>V</i>	Corriente de Fase <i>A</i>			Ipromedio <i>A</i>
					L1	L2	L3		L1	L2	L3	
Subestación eléctrica 61	7,06	29,94	30,76	0,23	275,78	268,46	262,69	465,88	41,75	38,31	34,63	38,23
Subestación eléctrica 91	2,77	9,69	10,08	0,27	280,00	273,31	274,46	477,91	14,38	12,88	9,00	12,08
Subestación eléctrica 111	1,62	5,08	5,33	0,30	272,85	265,69	265,23	464,06	6,94	6,31	6,31	6,52

Table 4–14: Mediciones suministradas de años anteriores

4.4 Motores Eléctricos

4.4.1 Introducción

El Campo-Escuela cuenta con 7 pozos activos, cada uno posee una unidad de bombeo mecánico, con su respectivo motor eléctrico de inducción. Estos motores de inducción son alimentados por la red de baja tensión a un nivel de tensión de 480 V.

A continuación se enuncian los datos más representativos de los diferentes tipos de motores de inducción y unidades de bombeo existentes en el campo, con sus respectivas fotos y números de inventario. También se mostrarán las mediciones realizadas a las pozos Colorado 38 y Colorado 70, donde se muestran los datos de tensión, corriente, potencia y balanceo de la unidad de bombeo.

4.4.2 Inventario de Motores Eléctricos

Los motores de inducción se seleccionan de acuerdo a las necesidades que tiene que cada pozo y unidad de bombeo. En la tabla 4-15 se muestran las características técnicas de cada unidad de bombeo con su respectivo motor.

No. de Pozo	Motor Existente	Unidad de Bombeo existente
Colorado 12	Econopac E2T2 TEFC	Lufkin TC-3-22
Colorado 36	Convencional 7.5 HP Metropolitan	Lufkin TC-5-7A
Colorado 37	Convencional 30 HP	Lufkin TC-4-11A
Colorado 38	Econopac E2T3 WP	Lufkin TC-3-22
Colorado 69	Econopac E2T2 TEFC	Lufkin TC-3-22B
Colorado 70	Convencional 7.5 HP Whouse	Lufkin TC-3-22B
Colorado 75	Econopac E2T3 TEFC	Lufkin TC-3-22

Table 4-15: Características generales de los motores de inducción y unidades de bombeo existentes en el Campo-Escuela Colorado

Teniendo en cuenta esta clasificación, a continuación se describen las características más importantes de cada una de las distintas unidades de bombeo existentes en el campo.

- **Pozo Colorado 12:** Se encuentra ubicado al margen izquierdo de la carretera. Para su acceso se cuenta con carretera en buen estado. Este pozo se alimenta desde la subestación 91, a través del Circuito 8 de la red de baja tensión. El pozo Colorado 12 en la actualidad se encuentra fuera de servicio, debido a problemas en la bomba, ya que se encuentra con parafina. En el área eléctrica, la caja de control no cuenta con el pararrayos, y continuamente la línea que llega al pozo presenta fallas por el choque de la vegetación con las líneas. El motor eléctrico presenta ruido por desgaste en los rodamientos.

Por medio de un proceso de presurización anular, en estos momentos se logra una producción mensual de 30 barriles.

El inventario del motor y de la caja de inspección, se realizó en forma de ficha técnica, con los datos del motor, así como un esquema general de la ubicación de los distintos componentes de la caja de control. Este inventario se encuentra en el anexo J.



Figure 4-6: Pozo Colorado 12

- **Pozo Colorado 36:** Se encuentra ubicado al margen derecho de la carretera principal que conduce a la Hacienda La Llana. Este pozo se alimenta desde la Subestación

61, a través del circuito 3 de la red de baja tensión. El pozo Colorado 36 en la actualidad se encuentra fuera de servicio, debido a que la bomba se encuentra dañada y las varillas se partieron como consecuencia de la parafina. El inventario del motor y de la caja de inspección, se encuentran en el anexo J.



Figure 4-7: Pozo Colorado 36

- **Pozo Colorado 37:** Se encuentra ubicado en la parte norte del campo, bordeando con el río la Llana. Este pozo se alimenta desde la Subestación 61, a través del circuito 2 de la red de baja tensión. En la actualidad se encuentra fuera de servicio, debido a que tiene problemas en la bomba por parafina.

La unidad de bombeo cuenta con problemas en la caja reductora, debido al desgaste de los piñones, razón por la cual se producen golpes cada vez que se pone en operación. El motor eléctrico debido a su uso, cuenta con problemas de rodamientos y requiere ingresar a mantenimiento.

Por medio de maniobras de presurización anular se logra extraer quincenalmente entre 6 y 8 barriles de petróleo. El inventario del motor y de la caja de inspección, se encuentran en el anexo J.

- **Pozo Colorado 38:** Se encuentra ubicado en la parte sur del campo. Para su acceso se cuenta con una carretera en buen estado. Este pozo es alimentado por



Figure 4-8: Pozo Colorado 37

la Subestación 111, a través de su circuito 10 de baja tensión. En la actualidad el pozo esta activo y en funcionamiento y es el de mayor producción de crudo en el campo. En promedio diariamente se extraen 18 barriles de petróleo.

El motor eléctrico debido a su uso constante presenta problemas en los rodamientos, razón por la cual es necesario realizarle mantenimiento. El inventario del motor y de la caja de inspección, se encuentran en el anexo J.



Figure 4-9: Pozo Colorado 38

- **Pozo Colorado 69:** Se encuentra ubicado en el margen derecho de la carretera principal. Para su acceso se cuenta con una carretera en buenas condiciones. Este pozo se alimenta desde la Subestación 91, a través de su circuito 7 de baja tensión. Este pozo en la actualidad presenta problemas en la bomba por parafina.

En el área eléctrica, la acometida al pozo en estos momentos se encuentra desenergizada como consecuencia de la caída de una estructura. El motor eléctrico cuenta con problema de rodamientos debido al desgaste por uso. El inventario del motor y de la caja de inspección, se encuentran en el anexo J.



Figure 4–10: Pozo Colorado 69

- **Pozo Colorado 70:** Se encuentra ubicado en el margen derecho de la carretera principal. Para su acceso se cuenta con una carretera que se deriva 200 metros antes de la Subestación 101. Este pozo se alimenta desde la Subestación 101, a través de su circuito 9 de baja tensión. En la actualidad, el pozo se encuentra en funcionamiento. De él se extraen en promedio 4 barriles de petróleo cada dos días. Esta baja producción se debe a que es necesario profundizar la bomba, con el fin de buscar un aumento en el bombeo de petróleo. En el área eléctrica, se presenta un problema debido a que la caja de control del motor no cuenta con puesta a tierra, ya que la unión que los mantenía a tierra se dañó por causa de la corrosión. El inventario del motor y de la caja de inspección, se encuentran en el anexo J.
- **Pozo Colorado 75:** Se encuentra ubicado en la parte norte del campo. Su acceso se realiza a través de la Hacienda La Llana. Este pozo es de la Subestación 61, a través de su circuito 1 de baja tensión. En la actualidad este pozo presenta problemas por la partición de las varillas debido a la parafina existente en el subsuelo del campo. El inventario del motor y de la caja de inspección, se encuentran en el anexo J.



Figure 4-11: Pozo Colorado 70



Figure 4-12: Pozo Colorado 75

4.4.3 Mediciones en motores eléctricos

Las mediciones de los motores eléctricos, se realizaron a los pozos que se encuentran en operación; se midieron diferentes variables eléctricas, con el fin de conocer su consumo eléctrico. Adicional a estas medidas se realizó la medición de balanceo de las unidades.

Posterior a la medición de los pozos Colorado 38 y Colorado 70, se procedió a realizar una medición de tensión y corriente a los pozos que contaban con alimentación y con las condiciones mínimas de seguridad para ser operados, entre ellos, los pozos Colorado 12, Colorado 37, Colorado 75 y el motor eléctrico de la Estación de Bombeo.

En las tablas 4-16 y 4-17 se pueden observar las diferentes mediciones realizadas a los motores eléctricos de las unidades de bombeo.

Pozo	Pmedia <i>kW</i>	Qmedia <i>kVAR</i>	Smedia <i>kVA</i>	FP	Tensión por fase V			Vpromedio <i>V</i>	Corriente de Fase A			Ipromedio <i>A</i>
					L1	L2	L3		L1	L2	L3	
Colorado 38	1,28	1,56	2,02	0,63	267,20	269,80	265,60	462,80	4,27	4,29	4,33	4,28
Colorado 70	1,11	1,06	1,53	0,73	266,20	267,40	267,30	461,07	3,09	3,05	3,06	3,07

Table 4–16: Mediciones realizadas a las unidades en operación

Pozo	Tensión de fase V			Vpromedio <i>V</i>	Corriente de Fase A			Ipromedio <i>A</i>	Observaciones
	L1	L2	L3		L1	L2	L3		
Colorado 12	271,00	261,00	271,00	463,06	6,36	6,66	6,00	6,34	Fallas en la bomba
Colorado 37	249,00	255,00	255,00	437,69	10,33	9,77	10,17	10,09	Fallas en la bomba
Colorado 38	268,00	266,00	267,00	461,91	4,63	4,50	4,60	4,58	En operacin normal
Colorado 70	265,89	269,04	268,46	308,48	3,60	3,83	4,06	3,83	En operacin normal
Colorado 75	261,00	247,00	260,00	422,88	No se tomaron las mediciones			0,00	Se partieron las varillas
Estacion de bombeo	261,54	263,85	265,00	455,79	22,00	15,80	20,50	19,43	En operación normal

Table 4–17: Mediciones de tensión y corriente tomadas a los pozos

4.5 Sistema de Puesta a Tierra

4.5.1 Introducción

El sistema de puesta a tierra que posee el Campo-Escuela Colorado, está diseñado para proteger a las personas y animales de posibles fallas que presentan en el sistema y es el encargado de servir de canal para prevenir fallas en las líneas de distribución de MT y BT, los transformadores, seccionadores y motores eléctricos de los cuales esta compuesto el campo.

A continuación se enunciarán las diferentes partes del sistema que cuentan con puesta a tierra y se observarán algunas mediciones realizadas de resistencia de puesta a tierra de los transformadores y motores eléctricos existentes en el campo. Como se vió anteriormente, en la mayoría de los casos el sistema de puesta a tierra está compuesto únicamente por un conductor, y en algunos casos del electrodo de puesta a tierra.

4.5.2 Inventario de puestas a tierra

- **Sistema de Distribución:** Las líneas de MT y BT que cuentan con cable de guarda, se encuentran aterrizadas como mínimo cada dos estructuras, con el fin de establecer rutas cortas para la evacuación de una falla. Adicional a esto, existen puestas a tierra en todas las estructuras que poseen DPS, acometidas eléctricas a los diferentes transformadores de electrificación rural y banco de condensadores. En las tablas realizadas para el inventario, se cuenta con un ítem dedicado a conocer si la estructura cuenta o no con puesta a tierra y su respectivo estado.
- **Transformadores:** Todos los transformadores con los que cuenta el Campo-Escuela Colorado, se encuentran sólidamente puestos a tierra. Algunas de estas estructuras cuentan hasta con dos bajantes de puesta a tierra.



Figure 4–13: Cable de PaT en el bajante de una Subestación.



Figure 4–14: Conexiones de PaT en un Transformador

- **Motores Eléctricos:** Los motores y cajas de control con que cuenta el campo, se encuentran puestos a tierra. La caja de control tiene un punto común, donde se conectan las puestas a tierra de los diferentes equipos de los cuales esta compuesta la caja. Esto se observa en la figura 4–15

4.5.3 Mediciones de Puestas a Tierra

La medición de la resistencia de puesta a tierra fue realizada con el equipo de medición Earth-Insulation Tester Metrel el cual se observa en la figura 4–16. Para realizar las mediciones de resistencia de puesta a tierra, se asumió una topología de la puesta a tierra, compuesta por un electrodo aterrizado. La medición se realizó con el electrodo de tensión ubicado a una distancia de 20 metros, y el electrodo de corriente se colocó al 62% de la



Figure 4–15: Conexión de una PaT de una caja de control

distancia del electrodo de tensión. Para dar un resultado con mayor exactitud, se realizaron mediciones al 52% y 72% de la distancia del electrodo de tensión.



Figure 4–16: Aparato de medición de resistencia de puesta a tierra

La variación de las medidas no debió ser mayor al 10%, con el fin de tener un valor bastante acertado de resistencia de puesta a tierra. En algunos casos que se encontraron inconsistencias en las mediciones, se realizaron observaciones en la tabla, con el fin de que sean tenidas en cuenta al momento de realizar el mantenimiento.

Esta medición se tomó en la estación de bombeo, los 7 pozos activos con los cuales cuenta el campo, las 5 subestaciones eléctricas y el banco de condensadores. En la tabla 4–18 se pueden observar los resultados obtenidos en las mediciones.

Ubicacin	Mediciones en Ω				Observaciones	Porcentajes	
	52%	62%	72%	Promedio		62%/52%	72%/62%
Estación de Bombeo	0,28	0,31	0,34	0,31	Se encuentra suelta	9,68	8,82
Pozo Colorado 12	6,18	6,18	6,24	6,18		0,00	0,96
Pozo Colorado 36	6,05	6,32	6,42	6,32		4,27	1,56
Pozo Colorado 37	2,52	2,63	2,83	2,63		4,18	7,07
Pozo Colorado 38	8,36	8,47	8,57	8,47		1,30	1,17
Pozo Colorado 69	6,67	6,93	7,24	6,93		3,57	4,28
Pozo Colorado 70	14,01	14,11	14,28	14,11		0,71	1,19
Pozo Colorado 75	2,09	2,17	2,37	2,17		3,69	8,44
Subestación Colorado 61	2,76	2,93	3,22	2,93		5,80	9,01
Subestación Colorado 71	1,06	1,13	1,15	1,13		6,19	1,74
Subestación Colorado 91	3,88	3,92	4,01	3,92		1,02	2,24
Subestación Colorado 101	0,63	0,65	0,71	0,65		3,08	8,45
Subestación Colorado 111	0,74	0,79	0,87	0,79		6,33	9,20
Banco de Condensadores	1,21	1,20	1,26	1,20		-0,83	4,76

Table 4-18: Mediciones de Puesta a tierra

4.6 Corrección del Factor de Potencia

4.6.1 Introducción

El sistema de corrección del factor de potencia con que cuenta la línea Infantas al atravesar el campo, se encuentra ubicado a nivel de MT. Este banco es utilizado para mejorar el factor de potencia de la línea, como consecuencia del alto nivel de reactivos producido por las cargas existentes en el campo y las cargas de electrificación rural. Adicional a esto, cumple funciones de regulación de tensión.



Figure 4-17: Banco de Condensadores existente en el Campo-Escuela Colorado

4.6.2 Inventario de Banco de Condensadores

En la tabla 4-19 se enuncian las características mas importantes de las cuales esta compuesto el banco de condensadores. No fue posible encontrar todos los datos debido a que no se tienen registros en los archivos de ECOPETROL S.A. y por las condiciones de la estructura no se pudieron realizar mediciones.

No Inventario	Tensión de Servicio	Potencia kVAR	Marca
— — —	15 kV	— — —	— — —

Table 4-19: Características Generales del Banco de Condensadores

Capítulo 5

Programa de uso racional y eficiente del consumo de energía en el proceso de extracción de petróleo del Campo-Escuela.

5.1 Introducción

El programa de uso racional y eficiente del consumo de energía en el Campo-Escuela Colorado, nace como una necesidad que tiene la administración del campo de conocer su estado eléctrico actual, desde el punto de vista de infraestructura, confiabilidad y consumo de energía con el fin de optimizar los costos producto de la extracción del crudo.

El programa está compuesto de tres etapas. Estas son:

- Diagnóstico e identificación de problemas
- Estudio de alternativas de solución
- Evaluación de alternativas y valoración de beneficios

Adicional a estas etapas, se cuenta otra etapa dedicada a realizar recomendaciones con el propósito de mejorar la confiabilidad, seguridad y estado del sistema eléctrico.

Actualmente el campo tiene una ventaja con respecto a los costos de bombeo de petróleo en lo que respecta a la parte eléctrica. Esto se debe a que ECOPETROL S.A. está

pagando el suministro de energía eléctrica. En un futuro, con la puesta en funcionamiento de más pozos, esta concesión se vería revisada como consecuencia del aumento en el consumo de energía, razón por la cual sería necesario pagar tal servicio.

Costo de la Energía en el Campo-Escuela Colorado^a	
Nivel de Tensión	\$/kW-h
480 V	310
14,4 kV	230

Table 5-1: Datos aproximados del costo de la energía eléctrica

^a Los datos fueron suministrados por la Coordinación de Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad IMC, adscrita al Departamento de Mantenimiento de Mares.

Con el fin de conocer los costos e indicadores de energía eléctrica que tendría el campo, en un escenario donde tuviera que cancelar el servicio de energía eléctrica, se realiza a continuación un análisis donde se comparan las producciones de petróleo, contra los costos y consumos de energía de los campos más importantes de la Superintendencia de Mares, con el objetivo de establecer como están los costos de producción en el proceso de extracción de crudo.

A continuación se especifican cada uno de los indicadores antes mencionados.

- **Consumo específico:** Es el cociente entre los gastos de un insumo (en este caso la energía eléctrica) y el volumen de producción derivado de este gasto (en este caso la producción de petróleo con energía eléctrica).

$$CE = \frac{\text{Gastos de insumos}}{\text{Volumen de producción}} \left[\frac{kW - h}{Bls} \right] \quad (5.1)$$

Indicadores de Energía Eléctrica de los campos adscritos a la Superintendencia de Mares ^a				
Descripción	Llanito, Cardales y Gala	Lisama, Nutria, Peroles, Tesoro	La Cira Infantas	Campo Escuela Colorado ^b
Proveedor	Termobarranca	ESSA San Silvestre	Termobarranca	Termobarranca
Consumo promedio (kW-h/mes)	374 296	309 180	4 742415	2 550
Valor promedio del consumo (\$/mes)	108 207310	69 655896	279 582348	583 201
Producción con energía eléctrica (Bls/mes)	146 460	128 310	371 160	510
Numero de pozos con energía eléctrica	93	122	641	2
Consumo específico (kW-h/Bls)	2,56	2,41	12,78	4,99
Potencia Promedio por pozo (kW/Pozo)	5,59	3,52	10,28	1,77
Valor promedio de la energía eléctrica (\$/kW-h)	289,10	225,30	58,95	228,73

Table 5-2: Indicadores de Energía Eléctrica

^a Los datos de producción, consumo de energía y valor promedio de la energía fueron suministrados por la Coordinación de Ingeniería de Mantenimiento y Confiabilidad IMC, adscrita al Departamento de Mantenimiento de Mares.

^b Los datos de producción fueron suministrados por la Coordinación de producción del Campo-Escuela. Los datos de consumo de energía y valor promedio de la energía fueron asumidos tomando la información suministrada por las partes.

- **Potencia Promedio por pozo:** Es la relación existente entre el consumo promedio de energía eléctrica y el número de pozos que se encuentran en operación con energía eléctrica.

$$PPP = \frac{\text{Consumo promedio}/720}{\text{Numero de pozos}} \left[\frac{\text{kW}}{\text{Pozo}} \right] \quad (5.2)$$

- **Valor promedio de la energía eléctrica:** Es el cociente entre el valor promedio del consumo de energía eléctrica y el consumo promedio de la energía eléctrica.

$$VPE = \frac{\text{Valor promedio del consumo}}{\text{Consumo promedio}} \left[\frac{\$}{\text{kW-h}} \right] \quad (5.3)$$

Respecto a los indicadores anteriormente mencionados, el Campo-Escuela presenta buenos resultados, ya que cuenta con un valor de consumo específico (CE) bueno con respecto al campo de La Cira-Infantas y aceptable con respecto a los campos de Lisama y Llanito, a los cuales ya se les ha realizado programas URE.

El costo de la energía es alto, comparando los otros tres campos, debido a que se hizo el análisis teniendo en cuenta el costo que tiene el kW-h a un nivel de tensión de 14,4 kV, para usuarios no regulados. Este precio cambiará en la medida en que se realice la negociación de la energía con la empresa prestadora del servicio.

5.2 Diagnóstico e Identificación de problemas en el campo

5.2.1 Introducción

El primer paso del programa de uso racional y eficiente del consumo de energía, consiste en identificar cuales son las partes que componen el campo y su respectivo estado.

Con el propósito de conocer el estado actual del campo, a continuación se analizan las distintas variables eléctricas que deben ser tenidas en cuenta para dar un diagnóstico acertado del campo.

5.2.2 Levantamiento eléctrico del Campo-Escuela

El levantamiento eléctrico se llevo a cabo en varias etapas, debido a su extensión y gran variedad de componentes inmersos en él. Dentro de las componentes que hacen parte del inventario se tiene:

- **Sistemas de Distribución:** El levantamiento eléctrico se realizó para conocer la topología de los sistemas de las diferentes subestaciones de las cuales esta compuesto el campo, así como sus estructuras y materiales que la conforman.

Adicional al inventario, se realizó una inspección visual de los componentes, con el propósito de identificar posibles fallas. Toda la información fue consignada en formatos de campo para las diferentes componentes, con el fin de tener esta información en el momento de una falla. El circuito Infantas en el trayecto comprendido desde el seccionador Z2, hasta la subestación 111, presentan un buen estado desde el punto de vista visual, en cuanto a estructuras, conductores, aisladores y templetos. Las redes de distribución de baja tensión, presentan deterioro en algunas estructuras, producto de la falta de mantenimiento y ausencia de templetos. Algunas líneas fueron desmanteladas por abandono de los pozos y la mayoría de las estructuras no tienen cable de guarda.

- **Transformadores:** Para realizar el inventario de los transformadores, se procedió a tomar sus datos de placa y una inspección visual de las partes de las cuales está compuesto, para localizar posibles fallas tanto en el equipo, como en la subestación en general.

Adicional a los transformadores que alimentan el sistema de distribución que van a los diferentes pozos, se realizó el levantamiento de los transformadores de electrificación rural que se encuentran a lo largo de la línea de MT. Esta información fue almacenada en formatos de campo.

La mayoría de los transformadores se encuentran en buen estado desde el punto de vista visual, pero de su funcionamiento interno no se puede decir lo mismo, debido a que desde el 27 de marzo de 2006, no se les han realizado rutinas de termografía y mantenimiento según consta en el programa ELIPSE, propiedad de ECOPETROL S.A. En el informe mencionado anteriormente se dice que las subestaciones se encuentran en buen estado.

- **Motores Eléctricos:** Los motores eléctricos, fueron inventariados tomando los datos de placa. A las cajas de control se les realizó un análisis detallado de sus componentes. Esta información se encuentra consignada en el anexo J.

Los motores eléctricos se encuentran en general sobredimensionados con respecto a su carga. Muchos de estos motores ya cumplieron su vida útil, y deben ser reemplazados debido a que no cumplen con las características de placa y porque al ser sometidos a procesos de rebobinado no tienen un funcionamiento adecuado.

- **Sistema de Puesta a tierra:** En el inventario que se le realizó a cada una de las estructuras de MT y BT, se tuvo en cuenta un espacio destinado a este tema. Adicional a las puestas a tierra de las estructuras, se realizó el inventario de las puestas a tierra de los transformadores de las subestaciones, del banco de condensadores y los motores eléctricos de las unidades de bombeo.

Las puestas a tierra de los transformadores, condensadores y sistema de distribución en general, se encuentran en buen estado desde el punto de vista visual. En baja tensión las estructuras no presentan puesta a tierra, a excepción de las acometidas que en la actualidad cuentan con motor eléctrico. El pozo Colorado 70, tiene problemas en su conexión.

- **Corrección del factor de potencia:** Para la realización del inventario del banco de condensadores, se tuvieron dificultades, debido a que se encuentra ubicado a una altura considerable y a simple vista no se le encuentran datos de placa. Consultando en las dependencias de ECOPETROL S.A., tampoco se encontraron los datos, razón por la cual se procedió a realizar básicamente un análisis fotográfico detallado del banco de condensadores. Del banco de condensadores no se puede dar un diagnóstico real, debido a que no existe información de ningún tipo del banco.

5.2.3 Mediciones eléctricas

Las mediciones eléctricas se realizaron para efectuar las simulaciones del sistema y ver el consumo de potencia. Para llevar a cabo las mediciones se tuvo en cuenta la disponibilidad de servicio del pozo, debido a que no todos se encuentran en operación o era inoficioso realizarle mediciones que no indicaran el real estado del sistema.

Las mediciones que se tomaron en cuenta en este levantamiento, fueron las de potencia, corriente y tensión de los motores de los pozos y transformadores en servicio, así como las mediciones de puesta a tierra de los transformadores, bancos de condensadores y motores. Esta información fue almacenada en diferentes tablas y en gráficos exportados de los aparatos de medida.

Adicional a las medidas tomadas en el campo, se obtuvieron datos del sistema alimentador del campo en un periodo de 24 horas. Este dato es importante debido a que confronta el consumo de carga total del circuito con respecto a lo consumido por las subestaciones del campo.

En la figura 5-1 se muestra el promedio de la potencia consumida por el Circuito Infantas.

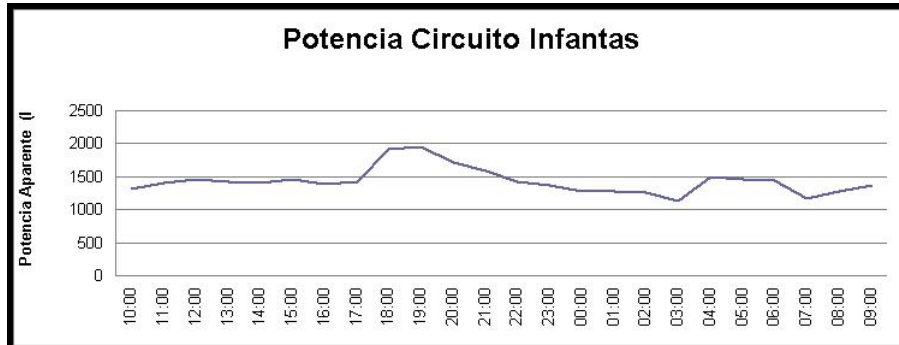


Figure 5-1: Potencia del Circuito Infantas [kVA]

5.2.4 Simulaciones del sistema eléctrico del campo

Cuando se realiza una simulación de un sistema de distribución, se hace con el fin de conocer el funcionamiento del sistema en condiciones normales de operación. Eso significa que en la simulación podemos obtener de una manera aproximada las tensiones, corrientes y potencias de cada circuito ramal.

Para realizar la simulación se utilizó el software NEPLAN 5.1.6.¹ . Por medio de esta herramienta se puede realizar el análisis de los flujos de potencia, teniendo en cuenta la variación en la carga de los motores, así como se pueden identificar las corrientes que atraviesan cada circuito ramal.

La simulación se divide en dos partes. La primera parte es realizada a cada una de las subestaciones del campo, teniendo en cuenta únicamente los pozos que en la actualidad se encuentran con unidad de bombeo.

La segunda consiste en realizar la simulación de cada una de las subestaciones, pero con un escenario en donde todos los pozos que cuentan con acometidas eléctricas tengan motor eléctrico. De esta manera se podrá establecer si los transformadores del campo son los más adecuados para soportar la carga.

En el anexo K se pueden observar las distintas simulaciones realizadas a las subestaciones, teniendo en cuenta las consideraciones descritas anteriormente.

5.2.5 Análisis de las fallas presentes en el campo

En el Campo-Escuela Colorado, se han tenido interrupciones en el proceso de extracción de petróleo ocasionadas por fallas eléctricas. Debido a estas fallas, desde que fue entregado el campo ha obtenido una producción diferida de 183 barriles de petróleo en un total de 264 horas de inactividad² .

¹ NEPLAN 5.1.6 es un software desarrollado por BCP Busarello + Cott + Partner Inc. con la cooperación de Empresas GmbH de ABB y el Federal Institute of Technology de Suiza. Este software sirve para realizar Análisis de Sistemas de Potencia para redes de distribución

² Estos datos fueron suministrados por la Coordinación de Producción del Campo-Escuela Colorado

Las fallas en su gran mayoría han sido ocasionadas por las cargas rurales, las subestaciones eléctricas de otros campos presentes en el circuito Infantas, como consecuencia de la falta de protección en las acometidas eléctricas, así como fallas producto de entre las líneas de distribución con los árboles presentes en el trayecto y fallas por descargas atmosféricas. En la figura 5-2 se observa la producción diferida por fallas eléctricas.

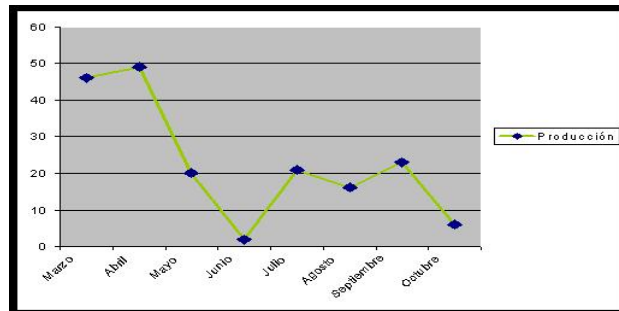


Figure 5-2: Pérdidas diferidas por falla eléctrica [Bls]

Durante este mismo periodo de tiempo, se han producido 2 fallas en las subestaciones del campo, las cuales han sido corregidas por el personal de ECOPETROL S.A. Estas fallas se enuncian en la tabla 5-3.

Día	S/E	Causa	Horas de duración de la falla
07/07/2007	91	Reposición de un fusible de 3.5 A dual	No hay registro, ya que los pozos no están en producción
07/07/2007	111	Reposición de un fusible de 2.5 A dual	17 horas

Table 5-3: Fallas existentes en el Campo-Escuela

5.3 Estudio de alternativas de solución aplicables al campo

5.3.1 Redimensionamiento de motores eléctricos

Para realizar el redimensionamiento de los motores, se debe buscar que este tenga una sincronización con el sistema de bombeo, es decir, que se hace necesario un redimensionamiento adicional de las unidades de bombeo y el equipo de subsuelo, a fin de

optimizar la operación del bombeo mecánico.

La manera más apropiada de calcular los motores para las unidades de bombeo, consiste en determinar la carga (en lbs)[19] que soporta el motor. En base a la carga calculada, se selecciona el motor mas adecuado.

$$LC = C \times D \times S \times SF \times SG \quad (5.4)$$

Donde: LC es la carga calculada.

C es la constante, que depende del tamaño del émbolo o pistón.

D es la profundidad del fluido en pulgadas

S es el recorrido en superficie de la unidad

S.F. es la constante que varía con respecto al número de emboladas por minuto.

S.G. es el valor de la gravedad específica del fluido que se va a extraer.

Para redimensionar los motores eléctricos se realizó, ajustando el motor a las potencias requeridas para poner en funcionamiento los pozos Colorado 38 y Colorado 70. Se seleccionó el motor que más se acercara por encima a la potencia de acuerdo a los catálogos del fabricante.

Los motores WEG³, cuentan con el sistema multi-torque (es decir tres torques en un solo motor), se encuentran en la franja de motores NEMA D y se encuentran sellados (TEFC) debido a las condiciones de bajo mantenimiento y ambiente en las cuales se desarrolla su operación.

De acuerdo a los datos arrojados en las mediciones, el motor mas adecuado teniendo en cuenta los catálogos, es el TEFC (IP55) Tripple Rated con potencias nominales de 3,7

³ WEG, es la empresa brasilera que suministra motores a ECOPETROL S.A.

Pozo	Potencia en kVA	Corriente promedio en A
Colorado 38	2,02	4,28
Colorado 70	1,53	3,0

Table 5–4: Datos utilizados para el redimensionamiento de los motores

kW, 5kW y 7,5kW.

A continuación se observa una tabla donde se comparan las potencias de los motores instalados actualmente y los dimensionados anteriormente.

Pozo	Potencia instalada actualmente (kW)	Potencia sugerida (kW)
Colorado 38	7,30	3,7/5/7,5
Colorado 70	5,59	3,7/5/7,5

Table 5–5: Redimensionamiento de motores eléctricos

Teniendo en cuenta que este motor se puede variar, al momento de ser instalado en la unidad de bombeo, debe realizarse una prueba de corriente en los bornes, a fin de instalar el motor en el torque mas adecuado, logrando con esto la mejor eficiencia para el funcionamiento del motor.

5.3.2 Calculo óptimo del número de correas

La transmisión es el conjunto de elementos encargados de transferir la potencia mecánica útil del eje del motor al eje de la carga accionada. Debido a que la transmisión impone esfuerzos mecánicos externos, se debe asegurar que el motor y la transmisión sean compatibles[5].

Las unidades de bombeo manejan la transmisión por correa abierta. Este tipo de transmisión depende fundamentalmente del diámetro de la polea menor. El tipo de correa utilizada es la correa trapezoidal, debido a que no transmite choques, sirve como elemento de protección al momento de ocurrir una sobrecarga[20] y tiene un bajo costo

en el mercado, comparado con el otro tipo de correas.

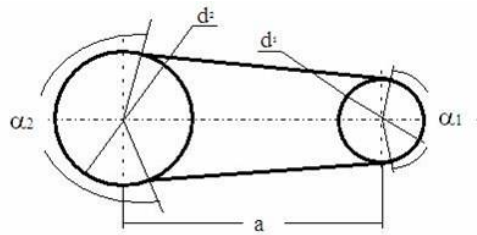


Figure 5-3: Esquema de transmisión de correa abierta.

En la figura 5-3, se pueden identificar los diferentes parámetros de los cuales está compuesto un esquema de transmisión. Es así que d_1 y d_2 representan los diámetros de la polea menor y mayor, α_1 y α_2 representan el ángulo de contacto de la correa menor y mayor y a es la distancia entre el centro de las poleas.

Con el propósito de lograr una reducción en el consumo de energía, se procede a calcular el número de correas adecuado. Para que este cálculo sea adecuado, se deben tener en cuenta la potencia del motor, el diámetro de la polea menor, las revoluciones por minuto del motor y el coeficiente asociado a cada una de las correas trapezoidales Tipo C.

$$N = \frac{HP \times 126000}{DP \times RPM \times C} \quad (5.5)$$

Donde:

- HP es la potencia del motor
- DP es el diámetro de la polea menor
- RPM son las revoluciones por minuto del motor
- C es el coeficiente de la correa

Los resultados arrojados en el análisis se observan en la tabla 5-6, donde se incluyen la cantidad de correas actuales, las adecuadas para los motores actuales y el número de correas necesarias para los motores nuevos.

Nombre del Pozo	Tipo de Correa Utilizada	Numero de correas instaladas actualmente	Numero de correas sugeridas para los motores
Colorado 12	C-144	3	3
Colorado 36	C-120	2	2
Colorado 37	C-144	2	2
Colorado 38	C-144	3	2
Colorado 69	C-144	3	3
Colorado 70	C-144	2	2
Colorado 75	C-144	3	3

Table 5-6: Cálculo de las correas

En el análisis realizado en los motores actuales, arrojó el mismo valor de las correas instaladas actualmente, con la disminución de 1 correa en el pozo Colorado 38.

Hay que tener presente en el cálculo, que el valor del número de correas se debe aproximar al siguiente número entero mayor y el numero mínimo de correas que se deben instalar es de 2, así el calculo de inferior, debido a que con ésto se le da seguridad a la transmisión.

5.3.3 Balanceo de unidades de bombeo

El Campo-Escuela cuenta con unidades de bombeo convencionales, las cuales están compuestas de contrapesos rotativos para balancear la unidad y evitar que el motor realice mayores esfuerzos en alguno de los movimientos (ascendente o descendente).

Por medio de un osciloscopio o pinza amperimétrica se puede comprobar que las corrientes máximas en los dos movimientos deben ser iguales. De esta manera se puede decir que la unidad de bombeo se encuentra balanceada[21]. En la figuras 5-5 y 5-6, se

muestran el análisis del balanceo de los pozos Colorado 38 y 70, por medio de un osciloscopio y en las tablas 5-7 y 5-8 se observa el valor de las corrientes tomadas con una pinza amperimétrica.

En caso de que el pico de corriente en el recorrido ascendente sea mayor, se dice que la unidad se encuentra con bajo balanceo o que la sarta de varillas está muy pesada. Por el contrario si el pico descendente es mayor se dice que la unidad está sobrebalanceada o con el contrapeso muy elevado. Para lograr el balanceo de una unidad de bombeo se requiere mover los contrapesos a una posición adecuada, con el fin de nivelar la carga. En la figura 5-4 se observan los tres tipos de estados en los cuales puede estar inmerso el balanceo de una unidad de bombeo.

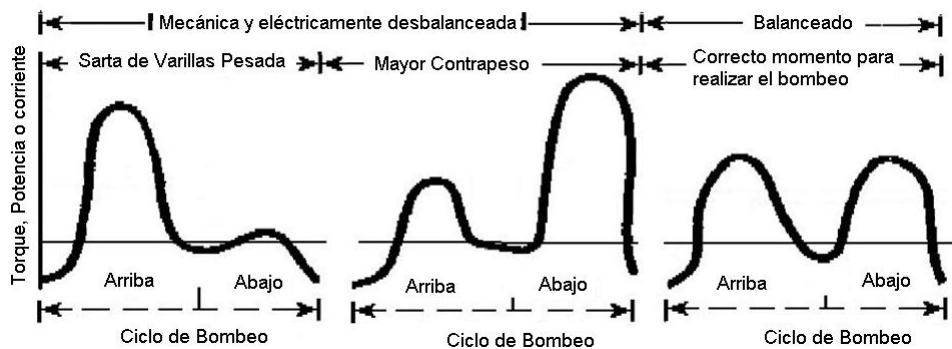


Figure 5-4: Esquema de transmisión de correa abierta.

Las unidades de bombeo se balancean, primero para lograr un ahorro en el consumo de energía y segundo, ya que brindan una disminución de daños mecánicos[22] en las cajas reductoras, en las correas de transmisión y en los esfuerzos de la sarta de varillas.

Con el propósito de conocer el balanceo actual de las unidades de bombeo del campo, se procedió a realizar las mediciones respectivas en los pozos 38 y 70, tal como se observa a continuación.

Fase	Corriente de Pesas	Corriente de Varilla
A	7,7	6,2
B	7,5	6,0
C	7,8	6,0
Promedio	7,6	6,1

Table 5-7: Medición de las corrientes en los diferentes movimientos

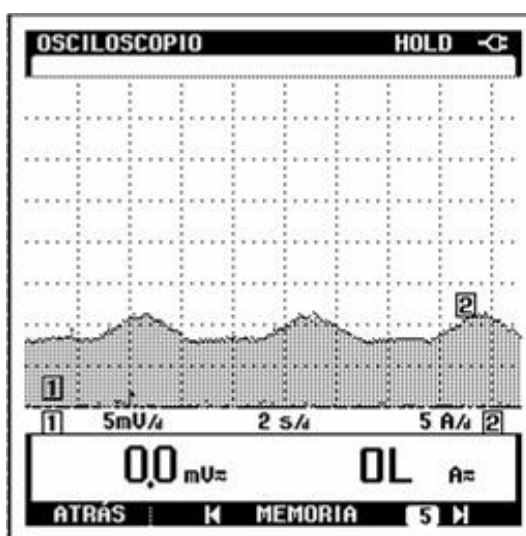


Figure 5-5: Estado de balanceo de la unidad de bombeo.

Como se observa en la figura 5-5 y en las lecturas de corriente de la tabla 5-7 tomadas por la pinza amperimétrica, se observa que la unidad está sobre balanceada en 1,5 A, debido a que la corriente es mayor en el momento descendente.

Fase	Corriente de Pesas	Corriente de Varilla
A	6,8	4,3
B	7,1	4,4
C	7,4	4,8
Promedio	7,1	4,5

Table 5-8: Medición de las corrientes en los diferentes movimientos

Como se observa en la figura 5-6 y en las lecturas de corriente de la tabla 5-8 tomadas por la pinza amperimétrica, se observa que la unidad está sobre balanceada en 2,6 A, debido a que la corriente es mayor en el momento descendente.

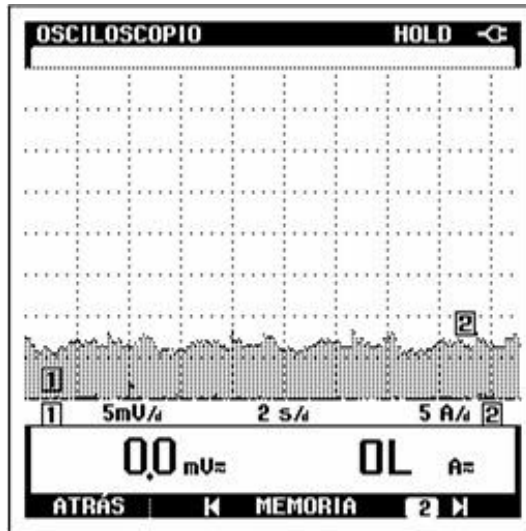


Figure 5–6: Estado de balanceo de la unidad de bombeo.

5.3.4 Mejoramiento del Factor de Potencia

El factor de potencia es un parámetro que se encuentra penalizado por las empresas prestadoras de energía⁴. Teniendo en cuenta que las subestaciones eléctricas Colorado 101 y Colorado 111, poseen un bajo factor de potencia como consecuencia de los motores eléctricos que tienen instalados, se hace importante tomar medidas que mejoren este factor y evitar de esta manera sobrecostos por energía eléctrica en el campo. El factor de potencia se puede mejorar en la industria petrolera por medio de tres métodos que se enuncian a continuación:

- **Balanceo de las Unidades de Bombeo:** Las unidades de bombeo deben encontrarse balanceadas, de tal forma que no se presenten buenos factores de potencia en determinadas partes del movimiento y malos en la otra parte, ya que esto traería como consecuencia un bajo factor de potencia general en la unidad.

La revisión del balanceo de las unidades es la primera medida que se debe tomar con el fin de mejorar el factor de potencia, ya que presenta un bajo costo.

⁴ En las redes de ECOPETROL, el valor mínimo del factor de potencia es 0,9. Si el valor es inferior, la potencia reactiva se paga al mismo valor que la potencia activa

- **Optimización de los motores:** Los motores se deben seleccionar de manera que se aproveche al máximo su capacidad nominal, ya que de esta manera el motor tendría el factor de potencia ajustado al de placa. De esta manera se logra una mejora considerable en el valor del factor de potencia.

Este método de mejoramiento del factor de potencia es importante y debido a las condiciones de carga del Campo-Escuela será el más adecuado. Se requiere de una mayor inversión, debido a que si no se tienen motores de reserva hay que adquirirlos. Los motores enunciados anteriormente en la sección 5.3.1 cumplen con este propósito.

- **Banco de Condensadores:** Es el método más común a la hora de realizar una compensación de reactivos, pero a la vez debe ser la última instancia que se tome en cuenta para mejorar el factor de potencia, debido a que en el campo se cuenta con un reducido número de motores en las distintas subestaciones, es necesario realizar una compensación para cada motor.

Esto trae como consecuencia que el condensador que se instale iría destinado exclusivamente a un motor, presentando problemas en los equipos electrónicos y en los pararrayos con los cuales cuenta la caja de control. Adicional a las fallas existentes en los equipos de control se presentan fallas en el motor producto de la desconexión de los equipos de la red. En ese momento se presentan sobretensiones en el aislamiento del motor y torques transitorios, como consecuencia del desfasamiento de la tensión generada por el condensador en el motor y la tensión de la red[22].

Para la instalación de condensadores, se debe tener en cuenta que estos nunca deben exceder un 10% la capacidad del transformador. Esto quiere decir que para las subestaciones eléctricas Colorado 101 y Colorado 111, el valor máximo de los condensadores no debe ser mayor de 3 kVAR. La tensión de servicio a la cual se instalan los condensadores debe ser de 600 V.

A continuación se realiza el análisis, con el fin de conocer en base al catálogo del proveedor⁵ de ECOPETROL S.A., el valor adecuado para los condensadores con los cuales se podría mejorar el factor de potencia, en caso de que se seleccionara esta opción por encima de las anteriormente nombradas, con los respectivos condicionamientos.

– **Colorado 101**

Parámetros	Datos de las mediciones en campo	Datos del Condensador a instalar	Datos de la compensación
P [kW]	1,11	0	1,11
Q [kVAR]	1,06	1	0,06
S [kVA]	1,53	1	1,11
FP	0,63	0	0,99

Table 5–9: Cálculos de la compensación realizada en la Subestación Colorado 101

Debido a que en el catálogo del proveedor no existe un condensador de 0,5 kVAR, se haría necesario instalar uno de 1 kVAR.

– **Colorado 111**

Parámetros	Datos de las mediciones en campo	Datos del Condensador a instalar	Datos de la compensación
P [kW]	1,28	0	1,28
Q [KVAR]	1,56	1	0,56
S [kVA]	2,02	1	1,40
FP	0,63	0	0,91

Table 5–10: Cálculos de la compensación realizada en la Subestación Colorado 111

⁵ El proveedor de condensadores de ECOPETROL S.A. es General Electric, con tensión nominal de 600 V

5.3.5 Redimensionamiento de transformadores

El redimensionamiento de los transformadores, se realiza teniendo en cuenta la carga proyectada, de acuerdo con los pozos que actualmente se encuentran en operación o están para entrar en operación.

Por tratarse de transformadores trifásicos, se toma el valor de 30 kVA, como el más bajo pues es la menor potencia que se encuentra en el mercado. Es por esta razón, que se selecciona éste, aun cuando se pudiera colocar uno de menor potencia.

Con base en los datos producto de la simulación de las subestaciones se pueden obtener las potencias de los transformadores que se expresan en la tabla 5–11.

Nombre de la Subestación Eléctrica	Potencia de la Subestación existente [kVA]	Potencia de la Subestación proyectada [kVA]
Colorado 61	30	30
Colorado 71	130	45
Colorado 91	75	30
Colorado 101	30	30
Colorado 111	30	30

Table 5–11: Transformadores sugeridos para las Subestaciones Eléctricas

Con base a los cambios realizados de transformadores se obtendría un ahorro de potencia considerable, teniendo en cuenta que la mayoría de estos transformadores se encuentran en vacío.

En la tabla 5–12, se presentan las pérdidas de los transformadores en vacío y a plena carga, para los diferentes transformadores existentes y proyectados en el campo, según la norma para los transformadores monofásicos NTC 818, y para transformadores trifásicos NTC 819.

Tipo de Transformador	Potencia [kVA]	Uz%	Perdidas en vacío [kW]	Perdidas a plena carga [kW]
Monofásico	50	3	0,200	0,775
Monofásico	100	3	0,330	1,400
Trifásico	30	3	0,160	0,755
Trifásico	45	3	0,215	1,070
Trifásico	75	3,5	0,315	1,580

Table 5–12: Pérdidas de Potencia en transformadores segn las normas

5.3.6 Dimensionamiento de conductores eléctricos

El redimensionamiento de los conductores eléctricos se realizará teniendo en cuenta las recomendaciones consignadas en la Norma para Cálculo y Diseño de Sistemas de Distribución. Adicional a la parte técnica desarrollada con base en la norma de la ESSA, se hace necesario tener en cuenta la metodología del conductor más económico.

En la actualidad ECOPETROL S.A maneja únicamente un calibre de conductor para media y baja tensión. Se trata del conductor calibre 4/0. Este calibre se selecciona en media tensión de este tamaño, suponiendo futuras expansiones con respecto a la carga, además de lograr cumplir la regulación del punto mas lejano.

En baja tensión se selecciona el conductor de este tamaño, debido a la capacidad amperimétrica y de regulación que tiene este conductor, en caso de aparición de pozos a futuro, donde no sería necesario cambiar las redes eléctricas.

5.4 Evaluación de alternativas y valoración de beneficios del programa

El programa debe ser evaluado de tal manera que se encuentren los beneficios a las mejoras realizadas en el sistema, tanto en la parte técnica como económica. A continuación se dan unas pautas para implementar el programa.

5.4.1 Mediciones eléctricas en las distintas unidades intervenidas

Se deben realizar mediciones eléctricas de tensión, corriente, potencia y factor de potencia de los distintos motores y transformadores eléctricos, de tal manera, que se compare con las mediciones realizadas anteriormente, a fin de encontrar beneficios. Cada una de las mejoras realizadas a las distintas unidades se deben medir de manera independiente, es decir, se debe tomar independiente cada proceso.

Es importante tener en cuenta el valor del factor de potencia, debido a que este factor se penaliza, y los costos son elevados. Teniendo un factor de potencia igual o superior a 0.9, se logra un ahorro considerable en el costo de la factura eléctrica.

5.4.2 Mejoras en el consumo de energía, con la implementación de condensadores

Con base en los valores calculados de los condensadores, se procedió a correr nuevamente el flujo de potencia, para medir las mejoras en cada una de las subestaciones. A continuación se realiza el análisis, comparando los datos con los realizados con la primera simulación.

• Subestación Colorado 101

Potencia Consumida	1,110 <i>kW</i>	1,060 <i>kVAR</i>
Perdidas de Potencia	0,002 <i>kW</i>	0,002 <i>kVAR</i>
Potencia Total	1,112 <i>kW</i>	1,066 <i>kVAR</i>
Corriente	1,9 <i>A</i>	
FP	0,72	
Costo de la Energía mensual	\$ 87 525	

Table 5-13: Potencias y Corrientes antes de la compensación

Con la instalación de los condensadores, al margen del problema que se pudieran presentar por fallas en los motores, se lograría una disminución en la corriente de

Potencia Consumida	1,110 <i>kW</i>	0,060 <i>kVAR</i>
Perdidas de Potencia	0,001 <i>kW</i>	0,001 <i>kVAR</i>
Potencia Total	1,111 <i>kW</i>	0,061 <i>kVAR</i>
Corriente	1,3 <i>A</i>	
FP	0,99	
Costo de la Energía mensual	\$ 58 431	

Table 5–14: Potencias y Corrientes después de la compensación

0,6 A y un ahorro mensual de \$29 094.

- **Subestación Colorado 111**

Potencia Consumida	1,280 <i>kW</i>	1,560 <i>kVAR</i>
Perdidas de Potencia	0,002 <i>kW</i>	0,006 <i>kVAR</i>
Potencia Total	1,282 <i>kW</i>	1,566 <i>kVAR</i>
Corriente	2,4 <i>A</i>	
<i>FP</i>	0,63	
Costo de la Energía mensual	\$ 495 675	

Table 5–15: Potencias y Corrientes antes de la compensación

Potencia Consumida	1,280 <i>kW</i>	0,560 <i>kVAR</i>
Perdidas de Potencia	0,001 <i>kW</i>	0,002 <i>kVAR</i>
Potencia Total	1,282 <i>kW</i>	0,562 <i>kVAR</i>
Corriente	1,7 <i>A</i>	
FP	0,91	
Costo de la Energía mensual	\$ 238 763	

Table 5–16: Potencias y Corrientes después de la compensación

Al instalar los condensadores, se lograría un ahorro económico mensual de \$256 912, al igual que una disminución en la corriente de 0,7 A.

5.4.3 Mejora en el sistema de transmisión de la unidad Colorado 38

La unidad de bombeo Colorado 38, se encuentra sobredimensionada con respecto al número de correas que debería tener, razón por la cual se procedió a realizar mediciones

tendientes a comprobar cuánto se esta perdiendo por utilizar una correa de excedente. En la tabla 5–17, se observan los datos tomados de las mediciones realizadas con 2 y 3 correas.

	Medición con 2 correas			Medición con 3 correas		
	MAX	AVG	MIN	MAX	AVG	MIN
Tensión[V]	461,93	461,07	460,20	463,67	462,63	456,57
Corriente [A]	7,58	6,21	5,54	7,63	6,27	5,60
Potencia Activa [kW]	1,21	0,36	-0,27	1,23	0,40	-0,23
Potencia Reactiva [kVAR]	1,66	1,55	1,45	1,67	1,56	1,46

Table 5–17: Mediciones tomas a la unidad de bombeo Colorado 38

Con base en los datos recopilados en las mediciones eléctricas, se detectó una disminución en la corriente de 0,5 A, en la potencia de 0,4 kW, pero se mantuvo aproximadamente constante la potencia reactiva ya que solo varió 0,1 kVAR.

Al final de la medición, se procedió a colocar nuevamente la correa debido a que la polea se encuentra desgastada y se podría producir una falla en cualquier momento, afectando la producción de crudo. En la figura 5–7 se observa la unidad de bombeo con dos correas para su operación.



Figure 5–7: Transmisión de la unidad de bombeo Colorado 38

5.5 Recomendaciones Técnicas para mejorar la confiabilidad, seguridad y estado del sistema eléctrico del campo

5.5.1 Acometidas eléctricas de los pozos

Las acometidas eléctricas de los pozos presentan problemas, debido a que en época de lluvias los conductores, como se encuentran desnudos, chocan con la estructura metálica o entre ellos mismos, produciendo salidas del sistema eléctrico. Adicionalmente, estas estructuras no cumplen con las distancias mínimas estipuladas en el RETIE.



Figure 5–8: Acometida eléctrica del pozo

Por ésto que se recomienda aislar los conductores, ya sea por medio de la manguera plástica Flexi, o sustituyendo los conductores desnudos por conductores aislados. Con ésto se logra una disminución de fallas en el sistema eléctrico, logrando evitar salidas indeseadas del sistema en época de invierno.



Figure 5–9: Alternativas para la seguridad en las acometidas con manguera plastica Flexi

Los conductores aislados tienen una vida útil mayor, debido a que encuentran desarrollados para tales fines. La manguera plástica Flexi, por el contrario, está diseñada para ser una medida transitoria, ya que con la constante exposición al sol y el agua tiende a dañarse rápidamente.



Figure 5–10: Alternativas para la seguridad en las acometidas con conductor aislado

5.5.2 Ubicación de los contadores

Existen distintas formas para medir el consumo de energía en el Campo-Escuela. La selección de la manera más adecuada para medir el consumo de energía, depende de un estudio económico, donde se tengan en cuenta los costos de la energía a un nivel de tensión determinado, el costo de los equipos de protección y transformación y las posibles pérdidas por robo de energía que se tuvieran.

A continuación se presentan las tres posibilidades de medición que existen, enunciando sus ventajas y desventajas.

- Instalación de medidores al principio y final del campo: Esta es una opción donde el costo de la energía sería adquirida a un nivel de 14,4 kV. Es necesario ubicar dos contadores, uno al principio del campo (en la estructura Z2-33 o Z2-34) y otro al final del campo en la Subestación Colorado 111. De esta manera se mediría el

consumo al principio y al final del campo y la diferencia de estos consumos sería el valor a cancelar.

Este tipo de medición tiene como desventaja, que en el trayecto se encuentran instalados 4 transformadores de distribución rural (Ver anexo I), razón por la cual se asumirían las pérdidas de potencia de estos transformadores, siendo indispensable realizar la medición precisa de estas cargas para evitar pérdidas adicionales.

- Instalación de un contador por cada Subestación Eléctrica a nivel de media tensión: En esta opción se tiene la posibilidad de un costo de energía bajo. Es adecuada para los momentos en que se encuentra el Campo-Escuela, debido a que se irían instalando los contadores a medida que se fueran reactivando los pozos de las distintas subestaciones eléctricas.

Tiene como desventaja un elevado costo inicial, ya que sería necesario comprar 5 contadores y elementos de transformación, y asumir el costo de las pérdidas en el transformador y en las redes de baja tensión.

- Instalación de un contador por cada motor eléctrico o subestación a nivel de baja tensión: Es la opción en donde los costos iniciales son más bajos debido a que solo se adquirirían contadores para los motores que se fueran instalando, además que no sería necesario adquirir elementos de transformación elevados. Tiene una ventaja adicional y es que no se pagarían las pérdidas de los transformadores y de los conductores (según fuera el caso).

Posee una desventaja grande y es que la energía sería suministrada a un nivel de tensión de 480 V, razón por la cual se incrementarían los costos.

5.5.3 Selección de las protecciones de las Cajas de Control

Debido al avanzado estado de abandono y obsolescencia en que se encuentran las cajas de control de los motores eléctricos, es necesario realizar un recambio de tales cajas

de manera que se actualicen los elementos de control y protección.

El sistema de protección sugerido para las cajas de control, fue desarrollado por la Coordinación de Ingeniería de mantenimiento y confiabilidad IMC y revisado por la OCCIDENTAL ANDINA, LLC, y es el que actualmente se encuentra instalado en las unidades de bombeo del campo La Cira-Infantas.

Este control trae beneficios para el motor, debido a que hace énfasis en la protección del motor por temperatura y vibraciones. El control sirve para ser manejado de manera manual o automática, y cuenta con un retardador para el encendido al momento de ocurrir una falla eléctrica.

En las figuras 5-11 y 5-12, se observa, como sería la caja de control y los elementos de los cuales está compuesto.



Figure 5-11: Parte interior de la Caja de Control.

En el anexo L se observa el circuito de control, con sus respectivos componentes.

La tendencia en las cajas de control en la Superintendencia de Mares, esta enfocada a la utilización de variadores de velocidad. Estos variadores tienen las siguientes ventajas:



Figure 5–12: Parte exterior de la Caja de Control.

- Manejo del control de velocidad sin necesidad de realizar cambios mecánicos.
- Optimización del consumo de energía eléctrica.
- Manejo suave de la operación de las varillas. De esta manera se reducen las fallas en el varillaje y se aumenta la vida útil de las mismas.
- Entrega a la red de un buen factor de potencia. (Aproximadamente igual a 1).

5.5.4 Mejoramiento de los sistemas de puesta a tierra

Para realizar un mejoramiento de las puestas a tierra del campo, es necesario poner en marcha un programa de cálculo de puestas a tierra que tenga en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Determinar las características del terreno. El parámetro mas importante que se debe tener en cuenta es el de la resistividad del terreno.
- Los electrodos y conductores de puesta a tierra, deben ser seleccionados de acuerdo con el artículo 15 del RETIE.
- En el momento de instalación de la puesta a tierra, se debe realizar una medición de puesta a tierra con el fin de verificar su correcto funcionamiento. Además es

necesario realizar un monitoreo constante del valor de la resistencia y estado de la puesta a tierra.

- Los valores mínimos establecidos que debe cumplir la puesta a tierra se observan en la tabla 5–18, extraída del RETIE⁶ .
- Del correcto dimensionamiento e instalación de una puesta a tierra, depende el evacuar una falla eléctrica de una forma adecuada, evitando de esta manera un accidente tanto en la infraestructura como en las personas.

APLICACIÓN	VALOR MÁXIMO DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA
Estructura de la línea de distribución (y metálica o con cable de guarda)	20Ω
Subestaciones de media tensión	10 Ω
DPS	10Ω
Acometida Eléctrica	25Ω

Table 5–18: Valores de referencia de Puesta a tierra

5.5.5 Ubicación de los cables de guarda de baja tensión

El cable de guarda se convierte en una alternativa para la protección contra fallas en las líneas por descargas atmosféricas y constituye un circuito de retorno de corrientes de falla a tierra. Este conductor se coloca en la parte superior de la estructura a un ángulo aproximado de 30 a 40 grados[23].

En la instalación de los cables de guarda se debe tener en cuenta que por lo menos cada dos estructuras debe estar puesta a tierra, con el fin de darle seguridad a las líneas de distribución, y crear un camino rápido para la evacuación de una falla.

⁶ La varilla de puesta a tierra debe tener una longitud mínima de 2,4 m.

5.5.6 Protecciones en las subestaciones eléctricas de distribución

Los sistemas de distribución cuentan con sistemas de protección, que se utilizan para despejar fallas ya sea por sobrecorrientes o sobretensiones, evitando de esta manera que se presente una falla mayor. En el levantamiento eléctrico se encontraron una serie de inconsistencias en los elementos de protección, tales como cajas cortocircuitos con un conductor como fusible y dispositivos de sobretensión ausentes en algunas fases de las líneas. Esto va en contravía del artículo 33 del RETIE. Las fallas descritas anteriormente se observan en las figuras 5-13 y 5-14.



Figure 5-13: Inconsistencias en los equipos de protección. (DPS)

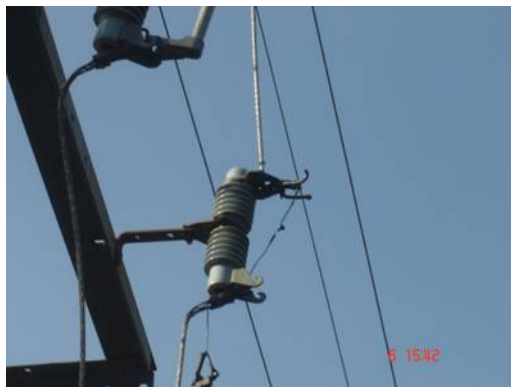


Figure 5-14: Inconsistencias en los equipos de protección. (Cajas Cortacircuitos)

Con el fin de evitar estos inconvenientes y para ir en concordancia con el RETIE⁷, se deben realizar las siguientes actividades:

- Dimensionar los fusibles de las cajas cortocircuitos de acuerdo a la corriente nominal del transformador.
- Instalar en cada acometida de transformador, en el lado primario, una protección contra sobrecorrientes y contra sobretensiones.
- Conectar los dispositivos de sobretensión en el camino de la corriente de impulso, y lo más cerca posible a los bujes del transformador.
- Cuando existan dispositivos de sobretensión diferentes a los de las derivaciones eléctricas, estos deben estar ubicados en cada uno de las fases del sistema.
- Las subestaciones deben encontrarse cercadas y cerradas, de modo que limite el acceso a personal no autorizado.
- Las subestaciones eléctricas deben exhibir señales de riesgo eléctrico.

5.5.7 Termografías de las unidades de bombeo y subestaciones eléctricas

La termografía es una técnica utilizada para detectar, sin necesidad de desconectar los equipos, fallas que se manifiesten con un incremento en la temperatura de los componentes del equipo. Esta medición se realiza por medio de una cámara termográfica, la cual permite observar cuál es el componente dañado.

Esta técnica es aplicada a motores, transformadores y líneas eléctricas, con el fin de predecir fallas en los equipos. Para los motores eléctricos se realiza esta medición en

⁷ Estas recomendaciones están dadas de acuerdo a los ítems expuestos, en los artículos 30 y 33 del RETIE.

los rodamientos, bobinados, conexiones y acoples. En los transformadores eléctricos, se realiza la medición en los elementos de protección, en las uniones de los conductores, soldaduras defectuosas y en el tanque del transformador. En las líneas eléctricas se utilizan para observar los empalmes entre las estructuras y los conductores.

Cuando se realiza una termografía, dependiendo la variación de temperatura de las partes, es necesario proceder a realizar un mantenimiento preventivo o correctivo de la unidad. En las tablas 5-19 y 5-20 se observa la información obtenida al realizar una termografía y la clasificación según el aumento de temperatura.

Información Obtenida de la Imagen Térmica		
	Medida	Unidad
Punto Caliente	120,0	<i>C</i>
Temperatura de Referencia	33,1	<i>C</i>
Aumento de Temperatura	86,9	<i>C</i>
Clasificación	<i>D</i>	<i>C</i>

Table 5-19: Información de una medición termografica

Tabla de Clasificación según el Aumento de Temperatura		
Clasificación	Variación de Temperatura	Acción a Seguir
A	$< 10 \text{ } C$	Monitorear Periódicamente
B	10-20 <i>C</i>	Reparar en un año
C	20-30 <i>C</i>	Reparar en la próxima parada
D	$> 30 \text{ } C$	Reparar Inmediatamente

Table 5-20: Clasificación de los aumentos de temperatura

En la figura 5-15, se observa una termografía realizada a la Subestación eléctrica Galán 16, propiedad de ECOPETROL S.A.

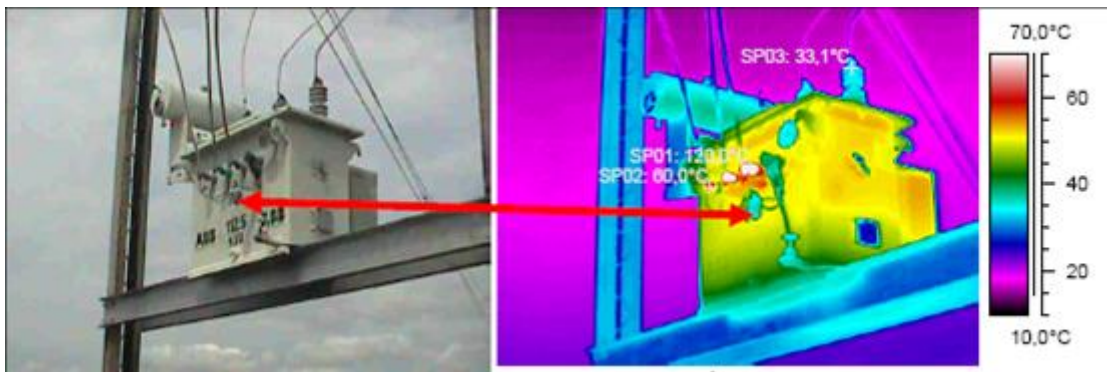


Figure 5-15: Termografía Subestación Galan 16

Capítulo 6

Análisis Financiero del programa

La evaluación financiera del proyecto, identifica desde el punto de vista del inversionista, los ingresos y egresos que se le atribuyen a un proyecto, así como la rentabilidad generada por el mismo[24]. Para el desarrollo del análisis financiero del presente proyecto, se tendrá en cuenta la evaluación de dos actividades, que al momento de comenzar la facturación del servicio de energía eléctrica, será necesario implementar inmediatamente. Estas actividades consisten en la instalación de los contadores de medida y la instalación de banco de condensadores, para evitar sobrecostos en la facturación como consecuencia de un bajo factor de potencia.

6.1 Instalación de Contadores de Medida

El criterio de evaluación con el que se seleccionara la forma, en la que sería más económica la instalación los contadores, consiste en el método del CAE¹. El CAE se utiliza para evaluar alternativas constituídas por egresos, donde no son considerados los ingresos, porque independiente de ellos, es necesario realizar la inversión en dicha actividad. En esta evaluación no tiene sentido hablar de rentabilidad; por el contrario, la selección se realiza con el menor CAE[25].

¹ Costo anual o mensual equivalente

Para realizar el cálculo del CAE, es necesario llevar a anualidades la inversión realizada, con el propósito de evaluar el proyecto. El proyecto tendrá una tasa de inversión del 8.90%², así como una vida útil de los contadores de energía de 5 años.

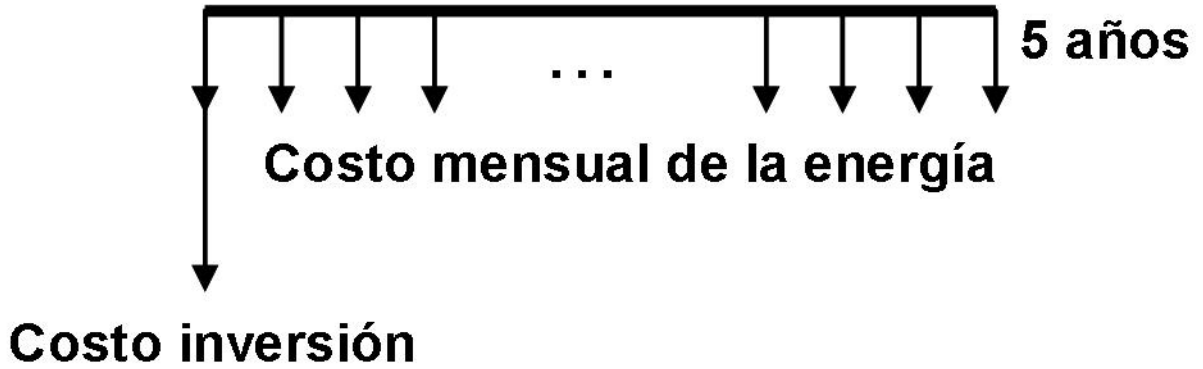


Figure 6–1: Potencia del Circuito Infantas [kVA]

$$i_e = (1 + i_a)^{\frac{1}{12}} - 1 \quad (6.1)$$

$$A = P \times \frac{(1 + i)^n \times i}{(1 + i)^n - 1} \quad (6.2)$$

6.1.1 Instalación de medidores al principio y al final del Campo

Para la instalación de contadores de medida es necesario realizar la adquisición de dos equipos de medida, teniendo en cuenta la forma de instalación. El costo que tendrá la energía será de 230\$/kW-h.

En la tabla 6–2 se describen los costos en los que se incurre con el proyecto, así como su respectivo Costo Mensual Equivalente.

² Tomada del diario Vanguardia Liberal el da 19/12/2007, en la pagina econmica (Seccin 4 A).

Equipo	Valor Unitario	Valor Total
Contador Trifásico Actaris SL7000	1 900 000	1 900 000
Transformadores de Corriente	1 200 000	2 400 000
Transformadores de Tensión	1 200 000	2 400 000
TOTAL		6 700 000

Table 6–1: Equipos necesarios por contador de medida en Media Tensión

Costo de la inversión	\$ 13 400 000
Costo mensual de la energía	\$ 583 201
Interés mensual	0,7130%
Numero de meses	60
Costo Mensual Equivalente	\$858 484

Table 6–2: Resultados del análisis de instalación de dos contadores

6.1.2 Instalación de un contador por cada Subestación Eléctrica a nivel de media tensión

Para la instalación de contadores de energía con esta metodología, se requeriría de la adquisición de 3 juegos de contadores debido a que en este momento están en operación tres subestaciones. Los contadores deben tener las mismas especificaciones de la alternativa anterior y el costo del kW-h será el mismo utilizado anteriormente.

Costo de la inversión	\$ 20 100 000
Costo mensual de la energía	\$ 583 201
Interés mensual	0,7130%
Numero de meses	60
Costo Mensual Equivalente	\$996 126

Table 6–3: Resultados del análisis de instalación de dos contadores

6.1.3 Instalación de un contador por cada motor eléctrico o subestación a nivel de baja tensión

Para la instalación de contadores de medida es necesario realizar la inversión de tres contadores de medida, teniendo en cuenta que se debe instalar uno por cada motor y en

la actualidad funcionan únicamente tres motores. El costo de la energía tendrá un precio de 310\$/kW-h.

Equipo	Valor Unitario	Valor Total
Contador Trifásico Actaris ACE 500	1 900 000	1 900 000
Transformadores de Corriente	130 000	390 000
TOTAL		1 690 000

Table 6-4: Equipos necesarios por contador de medida en Media Tensión

A continuación se enuncian los costos en los que se incurre con el proyecto, así como su respectivo Costo Mensual Equivalente.

Costo de la inversión	\$ 5 070 000
Costo mensual de la energía	\$ 583 201
Interés mensual	0,7130%
Numero de meses	60
Costo Mensual Equivalente	\$986 3484

Table 6-5: Resultados de análisis de instalación con tres contadores

Teniendo en cuenta los costos mensuales equivalentes, lo más indicado sería realizar la instalación de dos contadores. Claro está, que para implementar esta alternativa se debe tener en cuenta en el análisis las pérdidas no técnicas que se pudieran presentar. Hay que resaltar que los costos en las dos alternativas restantes se incrementarán con la entrada en operación de las restantes dos subestaciones eléctricas, razón por la cual, lo más recomendado desde el punto de vista financiero, sería la instalación de dos contadores (uno al principio y otro al final del campo), de tal manera que la inversión fuera mínima.

6.2 Instalación de Banco de Condensadores

La instalación de banco de condensadores en el Campo-Escuela Colorado se realiza a las subestaciones Colorado 101 y 111, que son las que en la actualidad tienen carga. Con la instalación de estos condensadores se evita la cancelación de la penalización por bajo factor de potencia. El criterio de evaluación que se tendrá en cuenta para tal propósito,

consiste en el método de la TIR.

La TIR es la tasa de descuento intertemporal a la cual los ingresos netos del proyecto cubren los costos de inversión, de operación y de rentabilidad sacrificadas[24]. Con base a este valor se conoce el tiempo en cual se recupera la inversión realizada. Para la conveniencia de la realización del proyecto, la TIR debe ser mayor que el interés de operación que para el caso del proyecto es del 8,90%.

A continuación se realiza el análisis para las subestaciones eléctricas Colorado 101 y Colorado 111.

6.2.1 Subestación Colorado 101

La subestación requiere según los cálculos antes realizados de un banco de condensadores de 1 kVAR. Este banco de condensadores tiene un costo en el mercado de \$7 000 000. Los beneficios estimados se calculan en un período de dos años al valor constante mensual de \$29 094.

Inversión inicial	\$ 1 212 000
Ahorro Mensual	\$ 29 094
Tasa de Interés	0,7130%
Numero de Periodos	24
TIR	-4,01%
Valor Presente Neto	\$-572 308

Table 6-6: Datos análisis financiero Colorado 101

Con base a la tasa de interés seleccionada del 8,90%, lo más indicado es no realizar la inversión. Este análisis se replantea en el momento en que el consumo de energía crezca como consecuencia de un mayor tiempo de bombeo en el pozo.

6.2.2 Subestación Colorado 111

La subestación al igual que la anterior, requiere de un banco de condensadores trifásico de 1 kVAR. Los beneficios estimados se calculan en un período de dos años al valor constante mensual de \$ 256 912.

Inversión inicial	\$ 1 212 000
Ahorro Mensual	\$ 256 912
Tasa de Interés	0,7130%
Numero de Periodos	24
TIR	20,98%
Valor Presente Neto	\$4 436 740

Table 6-7: Datos análisis financiero Colorado 111

Teniendo en cuenta que la TIR es de 20,98% y es superior a la 8,90% anual, la adquisición del banco de condensadores es adecuada y traería un ahorro considerable en el campo. La recuperación del dinero se llevaría en un tiempo estimado de 5 meses.

Capítulo 7

Recomendaciones

Algunas recomendaciones que se deben tener en cuenta en el momento de implementar el programa de Uso Racional y Eficiente para el consumo de energía son:

1. Unidades de Bombeo y motores eléctricos

- Los motores eléctricos se deben seleccionar de acuerdo a su tipo, potencia y velocidad para ser utilizados lo más cerca posible a su potencia nominal, logrando con esto una disminución en las pérdidas y una mayor eficiencia.
- Los motores eléctricos con los cuales se realizó el redimensionamiento, son marca WEG multitorque, NEMA D, con recubrimiento TEFC. De esta manera el motor puede ser utilizado en tres diferentes torques, dependiendo del estado interno del pozo.
- El mantenimiento eléctrico de los motores se debe realizar por lo menos cada 6 meses. Hacer una limpieza general del motor y la caja de control, mediciones de resistencia de aislamiento en los bobinados del motor y medición de rodamientos por medio de la técnica de impulso de choques, a través del COND MASTER, con el cual se podrían predecir fallas.

- Las cajas de control se deben actualizar, de manera que se tenga con ésto una mayor protección del motor. De esta manera se implantaría la protección por temperatura y vibraciones, con la cual no cuentan, la mayoría de las cajas.
- Se debería analizar la viabilidad de implementar los variadores de velocidad, con el propósito de que la sarta de varillas no se desgaste en el proceso de extracción de crudo. Además sirve para el manejo del control de velocidad sin necesidad de realizar maniobras mecánicas.
- Al realizar el cálculo del número de correas, se debe tener en cuenta que la polea del motor debe ser nueva o estar en muy buen estado, para que el cálculo sea el adecuado y las correas no se deslicen.
- Se recomienda la visita de la división de unidad de bombeo, con el fin de balancear las unidades en operación del campo, teniendo en cuenta las mediciones realizadas.
- Mantener un continuo monitoreo del estado del sistema de transmisión de la unidad de bombeo (correas, caja de transmisión y poleas) para evitar fallas en la producción por los daños en estas partes.

2. Subestaciones y transformadores de distribución

- Los transformadores eléctricos deben ajustarse a la potencia nominal con el propósito de evitar pérdidas en vacío por la no utilización de la carga.
- El mantenimiento de los transformadores eléctricos se debe realizar en dos etapas. La primera consiste en tomar una termografía de la subestación y el transformador cada 6 meses, con el fin de predecir posibles fallas por conexiones, protecciones o en el tanque del transformador. La segunda parte del mantenimiento consiste en una revisión de conexiones e inspección visual de la subestación en general que se debe realizar anualmente.

- Se recomienda realizar pruebas de aceite en los transformadores, con el fin de determinar propiedades como la rigidez dieléctrica, el color, contenido de humedad y tensión interfacial.
- Las protecciones de los transformadores deben seleccionarse de acuerdo a la capacidad nominal del transformador, nunca con un valor superior, para evitar fallas en el normal funcionamiento del equipo.
- Las instalaciones de las subestaciones eléctricas del campo, deben estar enmalladas y con candado. De esta manera se crea una seguridad para las personas y animales que transitan por estos lugares.

3. Sistemas de distribución

- Cuando se requiera de nuevas redes eléctricas de baja tensión para los pozos que no cuenten con acometida, dependiendo de las condiciones de carga y regulación, se debe seleccionar el conductor de acuerdo al criterio del conductor más económico.
- El mantenimiento de los sistemas de distribución se debe realizar anualmente con inspecciones visuales del estado de las estructuras, apoyos y aisladores, y de esta manera reportar posibles fallas en el sistema.
- Hacer una poda de árboles permanente, evitando con esto que se presenten fallas por conductores desnudos que choquen con los árboles y salgan de servicio, con mayor frecuencia en los sitios en que se presenten un mayor número de fallas por esta causa.
- Instalar mangueras flexi o conductores aislados en las acometidas eléctricas de los pozos, con el fin de darle seguridad a las personas que transiten por el lugar, y evitar que en época de invierno ocurran fallas como consecuencia del choque de los conductores con la estructura.

- En las estructuras donde los aisladores fallen y tengan aisladores cerámicos, realizar el cambio de estos aisladores por aisladores poliméricos, debido a que estos tienen una mayor vida útil y un menor costo económico.
- Instalar conductores de guarda en las estructuras de baja tensión, que actualmente no lo poseen, con el fin de proteger el sistema contra descargas atmosféricas.
- Realizar la señalización de los postes más importantes del sistema, para agilizar el proceso de localización, mantenimiento y reparación.

4. Puestas a tierra

- Se deben instalar a todos los motores, transformadores, bancos de condensadores, DSP y en las estructuras con cable de guarda.
- Los valores de resistencia de puesta a tierra, deben cumplir con los valores establecidos en el RETIE para este propósito.
- Para realizar el mantenimiento de las puestas a tierra se deben realizar dos tareas con regularidad. La primera es revisar que las conexiones se encuentren debidamente aterrizadas y la segunda consiste en medir la resistencia de puesta a tierra de cada una de los electrodos instalados.

5. Corrección del factor de potencia

- Para lograr compensación de reactivos se deben tener en cuenta todas las formas empleadas para tal propósito. De esta manera se puede medir el impacto económico que trae la instalación de determinada alternativa.
- Con la implementación de medidas tendientes a reducir el factor de potencia, se logran ahorros significativos en el consumo y costo de la energía eléctrica, y se disminuyen las pérdidas en los conductores eléctricos.

- Hay que tener en cuenta que si se instalan condensadores, estos deben tener una capacidad igual o menor al 10% del transformador. Estos condensadores serían de baja tensión, con una tensión nominal de 600 V y su implementación sería en grupo o individual, según sea el caso de la subestación.

Capítulo 8

Conclusiones

- En este trabajo se elaboró un programa para el uso racional y eficiente del consumo de energía en el proceso de extracción de crudo del Campo-Escuela Colorado, basado en la información obtenida del levantamiento y diagnóstico eléctrico realizado, las cuales permitieron conocer cada uno de los componentes del campo y su estado actual, facilitando el desarrollo del programa URE, lo que constituye desde el punto de vista eléctrico, la ruta para el mejoramiento del proceso de extracción de crudo. Las recomendaciones obtenidas mediante el programa URE, deberán ponerse en marcha por parte de la gerencia del Campo-Escuela Colorado con el fin de obtener procesos eficientes que hagan uso adecuado de los recursos disponibles en el proyecto.
- Para el desarrollo de proyectos de ingeniería eléctrica aplicados a procesos industriales, se hace necesario el estudio y documentación acerca del proceso a intervenir, buscando con ésto asimilar conocimientos, que redunden en el desarrollo de mejoras en el proceso, desde el punto de vista técnico y de seguridad para las personas que intervienen en él.
- Los indicadores de consumo específico, potencia promedio por pozo y valor promedio de la energía eléctrica en el Campo-Escuela Colorado muestran que, los costos en el proceso de extracción de petróleo, se encuentra dentro del promedio de los

campos petroleros existentes en la Superintendencia de Mares. Esto evidencia que la administración del campo se está llevando de una manera correcta.

- Con base al levantamiento eléctrico realizado del campo, se observa que en general el sistema y sus componentes, se encuentran en buen estado, salvo algunas excepciones, que mediante rutinas de mantenimiento se pueden solucionar. Además es necesario mejorar algunas vías de acceso, la señalización del campo y el encerramiento de algunos transformadores.
- La metodología utilizada para la elaboración del programa de uso racional y eficiente del consumo de energía eléctrica aplicado al Campo-Escuela, se puede desarrollar en cualquier otro campo de la industria petrolera, o en cualquier industria que cuente con motores, transformadores, líneas de transmisión y demás componentes eléctricos estudiados, en su proceso productivo.
- El éxito del programa de uso racional y eficiente del consumo de energía en el campo, depende en gran medida del trabajo mancomunado que se realice entre la Universidad y ECOPETROL S.A., con el fin de llevar a cabo la implementación de la mayor cantidad de actividades propuestas en este trabajo. Además es necesario seguir con los trabajos interdisciplinarios que la universidad ha planteado en el campo, puesto que estos mejorarán el proceso de producción y a su vez los beneficios que este otorga.
- Es importante que la administración del campo defina el responsable de la cancelación del consumo de energía eléctrica, debido a que se lograría un mejor enfoque de los objetivos de los proyectos de investigación e inversión.
- El Campo-Escuela posee grandes posibilidades de ahorro de energía, debido a que sus equipos se encuentran sobredimensionados y con equipos cerca del final de su vida útil. La primera característica permite aumentar la capacidad productiva lo

que permitiría un aumento de las ganancias del campo, la siguiente característica de ser mejorada permitiría disminuir pérdidas y por lo tanto disminución de los costos.

- Se deben instalar medidores de energía, con el fin de ver los avances en el programa de uso racional y eficiente del consumo de energía y de establecer consumos no generados por el proceso de extracción de petróleo.
- Debe darse un especial énfasis a la protección y seguridad en las instalaciones eléctricas, debido a que con la entrada en vigencia del RETIE, estos parámetros se vuelven importantes en dichas instalaciones.
- Para verse reflejado el ahorro de energía eléctrica en el proyecto es importante tener en cuenta las recomendaciones dadas anteriormente y a través de los diferentes temas tratados en el proyecto.

ANEXOS

Anexo A

Equivalencia entre Motores NEMA D y ECONOPAC ODP

TAMAÑO	MODO DE TORQUE	NEMA D Equivalente (HP)
TAMAÑO 1	Bajo	5.8
	Medio Bajo	6.4
	Medio	7.8
	Alto	9.2
TAMAÑO 2	Bajo	11.3
	Medio Bajo	14.3
	Medio	18.3
	Alto	22
TAMAÑO 3	Bajo	16.2
	Medio Bajo	21.2
	Medio	26.8
	Alto	37.3
TAMAÑO 4	Bajo	39.1
	Medio Bajo	47.5
	Medio	60.2
	Alto	72
TAMAÑO 5	Bajo	46
	Medio Bajo	60
	Medio	75.5
	Alto	91.2
TAMAÑO 6	Bajo	69
	Medio Bajo	80
	Medio	100
	Alto	130
TAMAÑO 7	Bajo	113
	Medio Bajo	133
	Medio	174
	Alto	209

La equivalencia está definida como el motor NEMA D requerido para operar a la misma carga del sistema de bombeo.

Anexo B

Seguridad de las personas

B.1 Efectos de la corriente

El paso de corriente por el cuerpo humano puede ocasionar desde lesiones físicas secundarias (golpes, caídas, etc.), hasta la muerte por fibrilación ventricular.

Se denomina electrización, a la circulación de corriente por el cuerpo de una persona que forma parte de un circuito eléctrico, pudiendo al menos distinguir dos puntos de contacto: uno de entrada y otro de salida de la corriente. Cuando el paso de corriente por el cuerpo ocasiona la muerte de la persona se conoce como electrocución.

La fibrilación ventricular consiste en el movimiento desordenado del corazón, el cual, deja de enviar sangre a los distintos órganos y aunque esté en movimiento, no sigue su ritmo normal de funcionamiento.

Corriente (mA)	Tiempo para fibrilación (seg)
15	120
20	60
30	35
100	3
500	0.1
1000	0.03

Table B-1: Fibrilación Ventricular

$$I_c = \frac{k}{\sqrt{t_s}} \quad (\text{B.1})$$

Donde:

I_c : Máxima Corriente RMS (A)

t_s : Tiempo de Duración Corriente (seg)

k : Constante de Energía con 99.5% de probabilidad de ser soportada. Aproximadamente 0.116

La tetanización, Contracción muscular máxima o cercana al máximo provocada por estimulación eléctrica. La asfixia, se produce cuando el paso de la corriente altera el sistema nervioso que regula la función respiratoria. Las quemaduras indican las alteraciones de la piel humana en función de la densidad de corriente que circula por un área determinada (mA/mm^2) y el tiempo de exposición a esta corriente. También pueden producirse otras reacciones como pueden ser: las contracciones musculares, inconsciencia, aumento de la presión sanguínea, dificultades de respiración, parada temporal de l corazón, etc.

B.2 Principales factores que influyen en el efecto eléctrico

B.2.1 Intensidad de corriente

Es uno de los factores que más influye en los efectos fisiológicos de la corriente eléctrica en el cuerpo humano. En relación con este factor, son de gran importancia los siguientes conceptos:

- **Umbral de percepción:** Es el valor mínimo de la corriente que a su paso por el cuerpo humano provoca una sensación. Depende de factores fisiológicos y del área de contacto. Según la norma CEI 479-11994 se considera un valor de 0.5 mA en corriente alterna y 2mA en corriente continua, cualquiera que sea el tiempo de exposición.
- **Umbral de reacción:** Es el valor mínimo de la corriente que provoca una contracción muscular. Se consideran valores de 1 mA a 6 mA.
- **Umbral de desprendimiento:** Valor máximo de corriente que permite desprenderse del electrodo. En corriente alterna se considera un valor máximo de 10 mA, cualquiera que sea el tiempo de exposición. En corriente continua, es difícil establecer el umbral de desprendimiento ya que solo el comienzo y la interrupción del paso de corriente provoca dolor y las contracciones musculares.
- **Umbral de fibrilación ventricular:** Es el valor mínimo de la corriente que puede provocar la fibrilación ventricular. Depende de parámetros fisiológicos (anatomía, estado del corazón, camino, clases de corriente , etc.).

B.2.2 Duración del contacto eléctrico

Junto con la intensidad es el factor que más influye en los efectos de la corriente. Por ejemplo, una corriente alterna de una intensidad inferior a 100 mA, aplicada a un cuerpo durante un periodo de tiempo igual o mayor a 500 ms podría producir fibrilación.

B.2.3 Resistencia del cuerpo humano

La resistencia del cuerpo humano varia con los siguientes factores:

- La condición física la persona
- Condiciones físicas de la piel en los puntos de contacto
- La presión de contacto
- La clase de corriente aplicada
- Es inversamente proporcional al nivel de voltaje aplicado
- Es inversamente proporcional a la humedad relativa del aire y a la temperatura ambiente
- El modo o circunstancia de contacto

Tensión de contacto (V)	Trayectoria mano-mano, piel seca, superficie 50-100 cm ² Impedancia total (Ω) del cuerpo humano que no son sobrepasados por el					
	5 % de las personas		50 % de las personas		95% de las personas	
	CA	CC	CA	CC	CA	CC
25	1750	2200	3250	3875	6100	8800
50	1450	1750	2625	2990	4375	5300
100	1200	1340	1875	2070	3200	3400
125	1125	1230	1625	1750	2875	3000
220	1000	1350	1350	2125	2125	2125
700	750	750	1100	1100	1550	1550
1000	700	700	1050	1050	1500	1500
Valor asintótico	650	650	750	750	850	850

*CA : Corriente Alterna; *CC : Corriente Continua

Table B-2: Resistencias del cuerpo Humano ante una tensin de contacto

Las variaciones de resistencia del cuerpo humano están en función de la superficie de contacto, pues esta influye en la forma en la que se distribuye la corriente y en su magnitud[26].


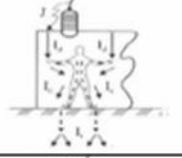
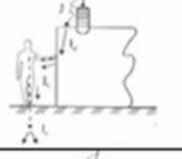
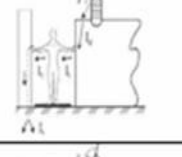
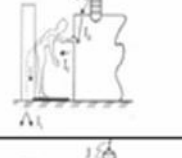
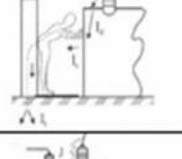
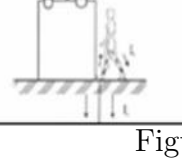
Formas de Contacto	Descripción
	Contacto con una mano, estando la persona parada sobre suelo conductor; circulación de corriente longitudinal, de manos a pies; $R_c \cong 750\Omega$.
	Contacto con las dos manos, parada la persona sobre suelo conductor; circulación de corriente longitudinal, de manos a pies; $R_c \cong 500\Omega$.
	Contacto con una mano, la persona parada con un pie sobre suelo aislante y con el otro sobre piso conductor; circulación de corriente longitudinal, de la mano a pie; $R_c \cong 1000\Omega$.
	Contacto con una mano y con la otra tocando un muro conductor (columna, etc.), la persona parada en un piso aislante; circulación de corriente transversal de mano a mano; $R_c \cong 1000\Omega$.
	Contacto de mano a cadera, la persona parada sobre piso aislante; circulación de corriente parcial de mano a cadera; $R_c \cong 500\Omega$.
	Contacto de manos a cadera, la persona parada sobre suelo aislante; circulación de corriente parcial de manos a cadera; $R_c \cong 250\Omega$.
	Contacto con un pie, la persona parada sobre suelo conductor; circulación de corriente parcial de un pie a otro; $R_c \cong 1000\Omega$.

Figure B-1: Formas de Contacto

B.2.4 Tensión de contacto

Es la diferencia de potencial que puede ser aplicada durante una falla entre la mano y el pie de la persona que toque una masa normalmente sin tensión. La máxima tensión de contacto aplicada al ser humano que se acepta, está dada en función del tiempo de despeje de la falla a tierra, de la resistividad del suelo y de la corriente de falla.

Los valores de la Tabla B-3. se refieren a tensión de contacto aplicada a un ser humano en caso de falla a tierra, corresponden a valores máximos de circulación de corriente soportada por el ser humano; se considera la resistencia promedio neta del cuerpo humano entre mano y pie, es decir, no considera el efecto de las resistencias externas adicionalmente involucradas entre la persona y la estructura puesta a tierra o entre la persona y

Tiempo de despeje de la falla	Máxima tensión de contacto admisible (valores en rms c.a.)
Mayor a dos segundos	50 voltios
750 milisegundo	67 voltios
500 milisegundos	80 voltios
400 milisegundos	100 voltios
300 milisegundos	125 voltios
200 milisegundos	200 voltios
150 milisegundos	240 voltios
100 milisegundos	320 voltios
40 milisegundos	500 voltios

Table B-3: Fibrilación Ventricular

la superficie del terreno natural.

B.2.5 Frecuencia de la corriente alterna

Experimentalmente se ha deducido que el comportamiento de la impedancia del cuerpo humano es directamente proporcional a la tensión aplicada e inversamente proporcional a la frecuencia.

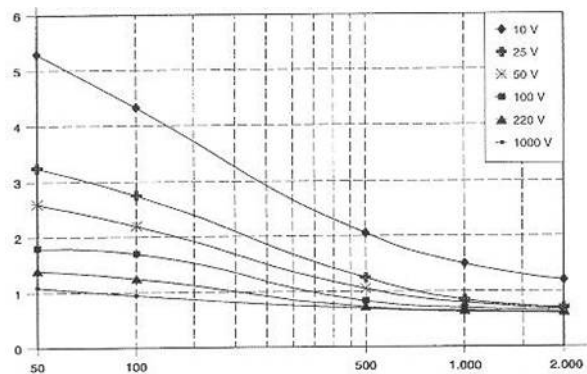


Figure B-2: Impedancia Total del cuerpo en función de la tensión y la frecuencia

B.2.6 Recorrido de la corriente a través del cuerpo

Los efectos de la corriente que circula por el cuerpo humano en un accidente dependen del recorrido de la misma. Una trayectoria de mayor longitud, tendrá mayor resistencia, por lo tanto, menor intensidad; sin embargo, puede atravesar órganos vitales (corazón, pulmones, hígado, etc.) provocando lesiones de mayor gravedad. Aquellos recorridos que atraviesan el tórax o la cabeza son los que ocasionan mayores daños.

La mencionada equivalencia se calcula mediante la expresión:

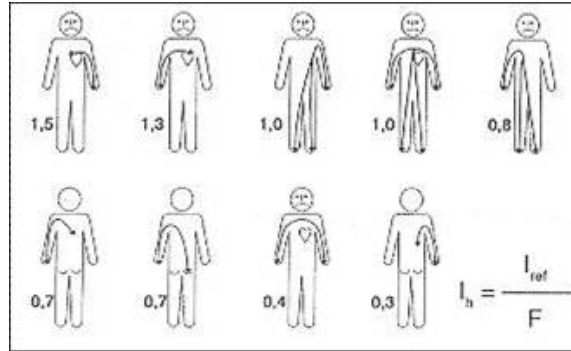


Figure B-3: Factor de corriente de corazón " F "

$$I_H = \frac{I_{ref}}{f} \quad (B.2)$$

Siendo:

I_H : corriente que atraviesa el cuerpo por un trayecto determinado.

I_{ref} : corriente "mano izquierda-pies".

f : factor de corriente de corazón.

Se aprecia que de los trayectos definidos, el más peligroso es el de pecho-mano izquierda y el de menor peligrosidad es el de espalda-mano derecha.

B.2.7 Modelo Circuitual del Cuerpo Humano

Para definir criterios de seguridad, es necesario garantizar que las corriente de cuerpo no es un umbral de corriente de fibrilación para al menos un 5% de la población.

Para el diseño de puestas a tierra se deben tener varios conceptos bien entendidos e interpretados, para evitar errores en su cálculo, entre ellos:

- Tensión falla: Tensión ocasionada por una falla de aislamiento entre dos masas (envolventes de medios de servicio eléctrico), entre una masa y un elemento conductor, o bien entre masa y tierra.
- Tensión a tierra o de electrodo: Tensión producida por la circulación de una corriente de falla por un electrodo o sistema de electrodos y un punto de referencia supuesto con potencia cero, por dicho electrodo o sistema de electrodos .
- Tensión de paso: Tensión entre dos puntos de la superficie de la tierra que se encuentran a 1 m de distancia una de la otra, que se considera como el largo de una zancada de una persona.


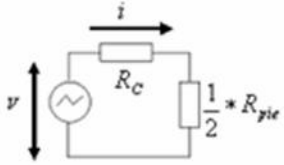

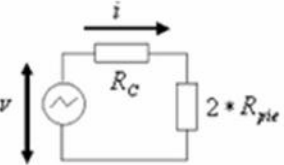
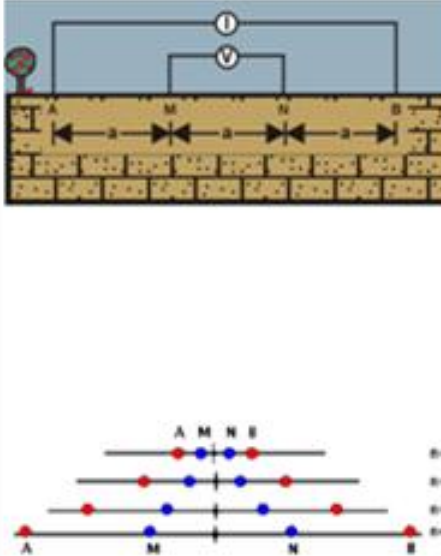
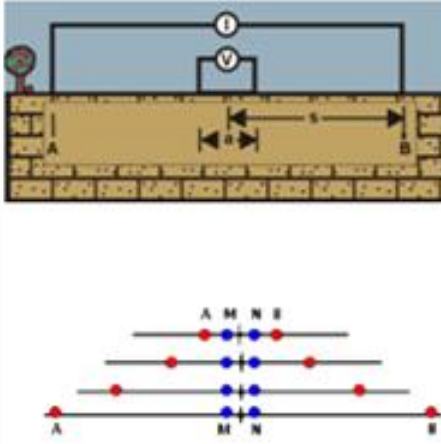
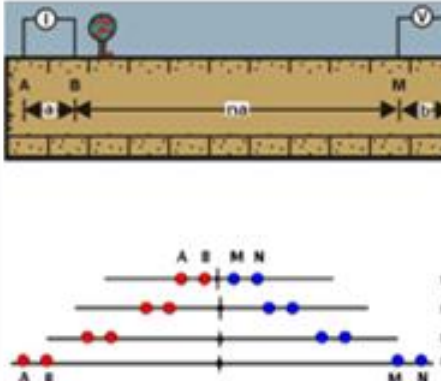
Tipo de tensión	Corriente de Seguridad	
	<p>Tensión de Contacto (V_C)</p> 	$i = \frac{V_C}{R_C + \frac{1}{2} * R_{pie}} \leq I_B$
	<p>Tensión de Paso (V_P)</p> 	$i = \frac{V_P}{R_C + 2 * R_{pie}} \leq I_B$
<p>$i \rightarrow$ Corriente ocasionada por la falla que circula por el cuerpo humano $I_B \rightarrow$ Corriente de fibrilación $R_C \rightarrow$ Resistencia del Cuerpo $R_{pie} \rightarrow$ Resistencia del pie $R_{pie} = \frac{\rho_s}{2 * d_e}$; de donde; $\rho_s \rightarrow$ resistividad superficial del terreno $d_e \rightarrow$ diámetro equivalente del pie ≈ 20 cm.</p>		

Figure B-4: Corrientes de Seguridad con relación al tipo de Tensión

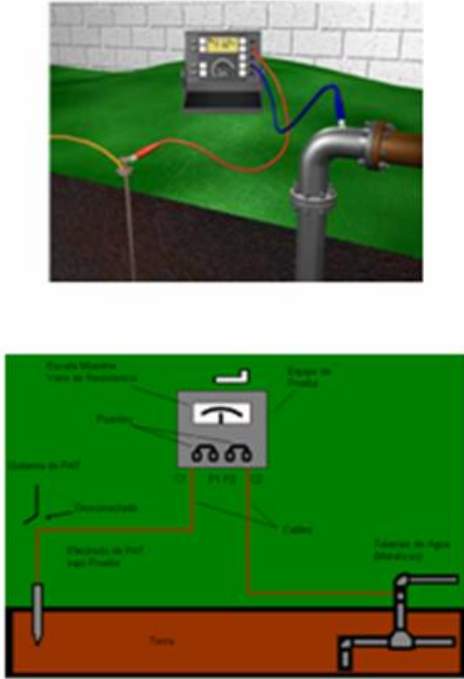
Anexo C

Métodos para medir la resistividad

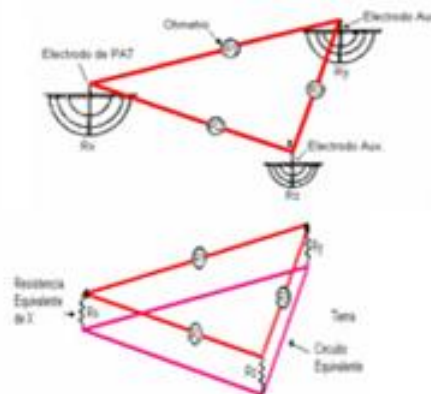
Método de Medida	Descripción Gráfica
<p>• Configuración de los electrodos de Wenner</p> $\rho = \frac{4 \cdot \pi \cdot a \cdot R}{\left[1 + \left(\frac{2 \cdot a}{(a^2 + 4 \cdot b^2)^{0.5}} \right) - \left(\frac{2 \cdot a}{(4 \cdot a^2 + 4 \cdot b^2)^{0.5}} \right) \right]}$ <p>Si, $A > 20B$, se aplica: $\rho = 2 \cdot \pi \cdot a \cdot R$</p> <p>$\rho$ → Resistividad promedio a la profundidad (a) [$\Omega \cdot m$] a → Distancia entre los electrodos [m] b → Profundidad de enterrado de los electrodos [m] R → Lectura del Meyer [Ω]</p>	
<p>• Configuración de los electrodos de Schlumberger</p> $\rho = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot (n+1) \cdot s$ <p>De donde; ρ → Resistividad promedio a → Distancia entre los electrodos R → Lectura del Meyer [Ω] s → Distancia a multiplicada por un factor n n → Factor de multiplicidad</p>	
<p>• Configuración de los electrodos de dipolo-dipolo</p> $\rho = n \cdot (n+1) \cdot (n+2) \cdot \pi \cdot a \cdot R$ <p>De donde; ρ → Resistividad promedio a, b → Distancia entre los electrodos R → Lectura del Meyer [Ω] n → Factor de multiplicidad</p>	
<p>En los métodos anteriores se aplica corriente por los Electrodo A y B y se toma la medida de potencial en M y N. A, B → Electrodo de Corriente M, N → Electrodo de Potencial</p>	

Anexo D

Métodos para medir la resistencia

Método de Medida	Descripción Gráfica
<p>▪ Método de los dos Puntos o dos Polos: En este método se mide el total de la resistencia del electrodo en estudio más la resistencia de un electrodo auxiliar, teniendo en cuenta que el valor de la auxiliar es despreciable.</p> <p>Normalmente este método se utiliza para determinar la resistencia de un electrodo simple en un área residencial, donde se toma el sistema del sistema de suministro de agua que utiliza tuberías metálicas sin conexiones o aislantes plásticos (electrodo auxiliar) como electrodo auxiliar, cuyo valor de resistencia es alrededor de 1 Ohm en comparación con la resistencia máxima permitida para un electrodo simple, alrededor de 25 Ohm.</p> <p>Obsérvese que los terminales C1 y P1 y los terminales C2 y P2 son unidos mediante un puente para realizar esta medición.</p>	 <p>The top photograph shows a digital meter on a green surface with two wires connected to a metal pipe. The bottom photograph is a schematic diagram of the same setup. It shows a meter with terminals C1, P1, C2, and P2. Wires connect C1 and P1 to a 'Punto de Medida' (Measurement Point) in the ground, and C2 and P2 to a 'Sistema de Agua' (Water System) in the ground. A bridge connects the two measurement points. Labels include 'Punto de Medida', 'Sistema de Agua', 'Cable', and 'Punto de Agua'.</p>

▪ **Método de los tres puntos:** En este método se utilizan dos electrodos auxiliares con resistencias R_y y R_z respectivamente, que se presuman de valor similar al electrodo en estudio y colocados en forma tal, que conformen un triángulo con el electrodo en estudio y que queden todos los electrodos lo suficientemente alejados y no se solapen las áreas de influencia de la resistencia de cada uno y evitar resultados absurdos. Se recomienda una distancia entre electrodos de 8 metros o más cuando se estudie un electrodo simple. En este método existen influencias marcadas por objetos metálicos enterrados y no existe forma de eliminar dicha influencia. Tampoco es muy efectivo a la hora de evaluar valores bajos de resistencia o valores de resistividad muy altos del terreno involucrado donde la resistencia de contacto de los electrodos sea apreciable. Otra desventaja es que en este método se considera que el terreno es completamente homogéneo. Por estas razones este método es poco utilizado.



Se miden las resistencias entre cada electrodo y los otros dos y se determina la resistencia del electrodo en estudio, R_x , mediante la siguientes fórmulas:

Dado que :

$$R_x + R_y + 0 = R_1$$

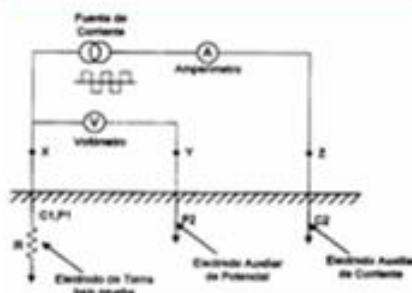
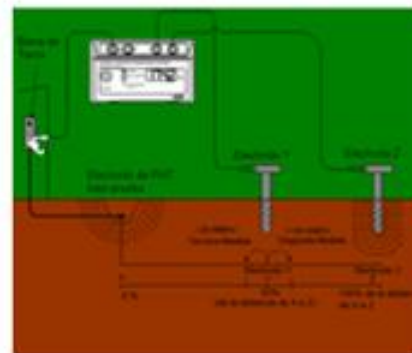
$$R_x + 0 + R_z = R_2$$

$$0 + R_y + R_z = R_3$$

Se tiene :

$$R_x = \frac{R_1 + R_2 - R_3}{2}$$

▪ **Método de caída de Potencial:** El método consiste en inyectar corriente a través de un electrodo de prueba denominado de corriente y medir el alza de potencial mediante otro electrodo auxiliar denominado de potencial. Conocido el valor de tensión y el valor de corriente se podrá obtener mediante ley de Ohm el valor de resistencia. Los tres electrodos se mantienen en una línea recta y se va corriendo el electrodo de potencial hacia el electrodo de corriente para hacer sucesivas mediciones de resistencia. Los terminales C1y P1 son unidos mediante un puente para realizar esta medición.



Anexo E

Estructuras existentes en el Campo-Escuela Colorado

En este anexo se encuentran las 20 estructuras tipo, que se encuentran en el Campo-Escuela. Se tratan de 10 estructuras de MT y 10 estructuras de BT.

Estas fueron adaptadas en base a la norma IPSE. A continuación se enuncia cada una de las normas de donde se seleccionaron las estructuras tipo.

Tipo Estructura	Norma
MT-01	No existe
MT-02	NC S-120, NC S-126
MT-03	NC R-130
MT-04	NC S-120
MT-05	NC S-121
MT-06	NC R-130
MT-07	NC 702
MT-08	NC 711
MT-09	NC P-101, NC P-102
MT-10	NC RH-230
BT-01	NC 522, NC-RH 230
BT-02	NC SH 270
BT-03	NC 522, NC 550, NC-RH 230
BT-04	NC 550
BT-05	NC 541
BT-06	NC 540
BT-07	NC 520, NC 522
BT-08	NC 520, NC 522, NC 550
BT-09	NC SH 270, NC SH 213
BT-10	NC 554, NC 602, NC 617

DISEÑO DE UN PROGRAMA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE CRUDO DEL CAMPO ESCUELA COLORADO



MT-01

Descripción Gráfica de la Estructura



Descripción de las componentes

Ref. IPSE	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
3001	Seccionador monopolar de 400 a. 15 kV. NM	2	\$ 184.973	\$ 369.946
42555	Centrocable de canaleta 100 a. 15 kV NMT	6	\$ 76.677	\$ 460.062
1601	Eslabón en "U" con pasador. Dimensiones 51mm. 18,000Kg/l	15	\$ 5.050	\$ 75.750
2203	Perno de ojo. Dos Tuercas. Diámetro 16mm. Longitud 203mm	15	\$ 2.995	\$ 44.925
3102	Parafusos de 12 kV. 5 a	6	\$ 105.689	\$ 634.134
1021	Conector de ranuras paralelas de un perno. Dimensiones 35*45*46mm	12	\$ 1.233	\$ 14.796
261	Cruceta metálica de ángulo galvanizado de 2m de longitud. Calibre (64-64.5)mm.	6	\$ 23.156	\$ 138.936

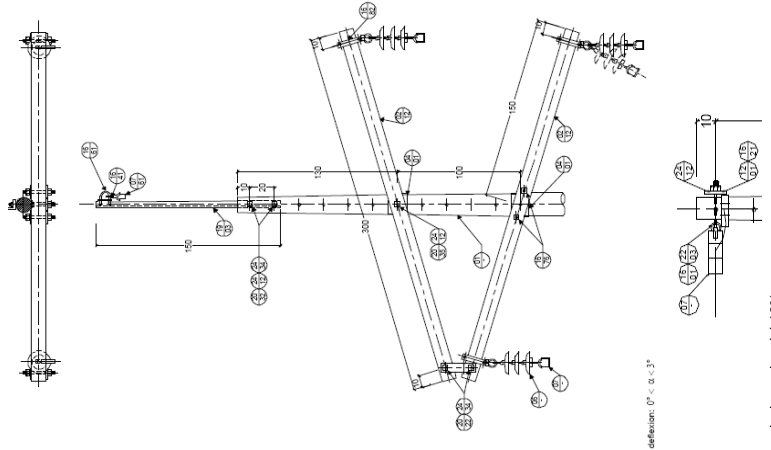
Las líneas presentes en la estructura, corresponden a la MT-06

*No se encontró una estructura estándar, similar, a la presente en el campo.

** Estos materiales no incluyen iva del 16%

DISEÑO DE UN PROGRAMA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE CRUDO DEL CAMPO ESCUELA COLORADO

Descripción Gráfica de la Estructura



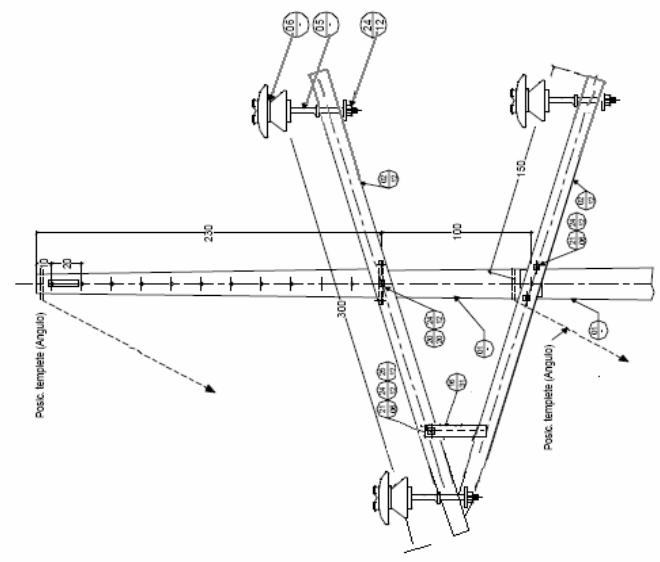
Descripción de las componentes			Valor Unitario	Valor Total
Ref. IPSE	Descripción	Cantidad		
281	Crucea metálica tipo canalense (horquilla) de ángulo galvanizado (76.76*6)mm de sección. Estructura Triangular.	1	\$ 21.000	\$ 21.000
651	Aislador de suspensión 8235 GAMMA. Tensión nominal 45 kV.	6	\$ 7.800	\$ 46.800
731	Grapa suspensión en Al. Conductores AWG-MCM 6 - 20.6000 kgf	3	\$ 4.586	\$ 13.758
761	Grapa de suspensión para cable de guarda. Perno en U 9.5 mm	1	\$ 13.588	\$ 13.588
1601	Eslabon en "U" con pasador. Dimensiones 51mm. 18000 kgf	1	\$ 5.050	\$ 5.050
1635	Eslabón de 2 ejes paralelos. 18.000 lbs. Platina de (200*51*15)mm. 2.3.500.00 1.120.00 8.120.00	1	\$ 2.100	\$ 2.100
1661	Perno en "U" para estructura en suspensión. 12.000lbs 51*32*38mm.	1	\$ 850	\$ 850
1672	Abrazadera "U" hierro galvanizado para sujeción cruzeta al poste. con 2 tuercas (13x25x119x76)	1	\$ 1.500	\$ 1.500
1903	Bayoneta sencilla. estructura en alineamiento. 2 perforaciones 11/16". de 1.5 m.	1	\$ 18.956	\$ 18.956
2014	Perno de máquina de hierro galvanizado con cabeza y tuerca cuadrada. D 16mm. L 51mm	2	\$ 441	\$ 882
2032	Perno de máquina de hierro galvanizado con cabeza y tuerca cuadrada. D 16mm. L 203 mm.	3	\$ 1.493	\$ 4.479
2412	Arandela cuadrada plana. De 51*17mm. para perno de 16mm.	3	\$ 237	\$ 711
2433	Arandela de presión. Diámetro 22mm- para perno 13mm	2	\$ 100	\$ 200
2434	Arandela de presión. Diámetro 26mm- para perno 18mm	7	\$ 100	\$ 700
741*	Grapa de suspensión acero. Conductores AWG-MCM 6 - 20. 6000kgf	1	\$ 2.957	\$ 2.957
1601*	Eslabón en "U" con pasador. Dimensiones 51mm. 18.000Kgf	1	\$ 5.050	\$ 5.050
2203*	Perno de eje. Dos Tuercas. Diámetro 16mm. Longitud 203mm	1	\$ 3.000	\$ 3.000
2412*	Arandela cuadrada plana. De 51*17mm. para perno de 16mm	1	237	\$ 237
TOTAL				\$ 141.818

* Estos materiales están asociados al cable de guarda.

** Estos materiales no incluyen iva del 16%

DISEÑO DE UN PROGRAMA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE CRUDO DEL CAMPO ESCUELA COLORADO

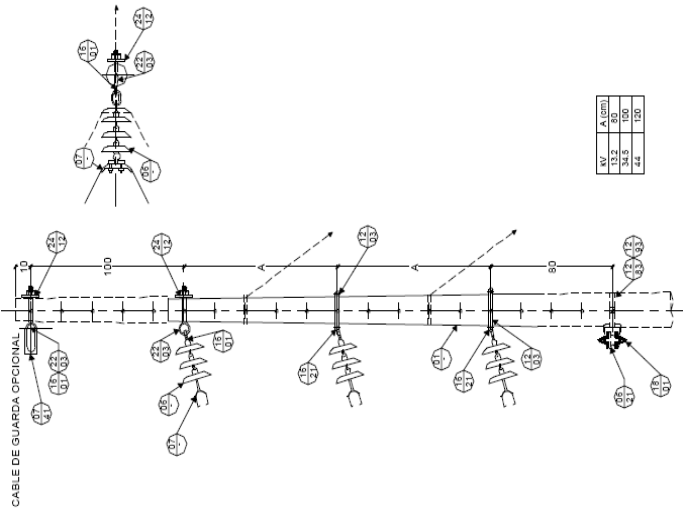
Descripción Grafica de la Estructura



Ref. IPSE	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
281	Crucea metálica tipo canchales (travajillo) de ángulo galvanizado (76*76*6)mm de sección. Estructura Triangular	1	\$ 21.000	\$ 21.000
611	Atalador tipo espiga. Rosca 254mm.	3	\$ 13.084	\$ 39.282
2412	Arandela cuadrada plana. Dø 51*17mm. para perno de 16mm	3	\$ 237	\$ 711
511	Espigo de acero galvanizado. Altura 150mm. Diámetro 19mm. Para crucea metálica	3	\$ 2.362	\$ 7.086
711	Grava terminal O de retención en acero galvanizado. Conductores AWG-MCM 6 - 2/0. 6000kgf.	2	\$ 10.922	\$ 21.844
1223	Collarín de dos salidas en platina de hierro galvanizado. Diámetro del poste 17 - 22cm	1	\$ 5.820	\$ 5.820
1631	Estación de doble pasador, carga de rotura de 16.000 lbs.	4	\$ 2.500	\$ 10.000
2102	Espárrago de hierro galvanizado rosado en toda su longitud, 4 tuercas. diámetro 16mm longitud 305 mm.	6	\$ 2.500	\$ 15.000
2204	Perno de ojo. Dos Tuercas. Diámetro 16mm. Longitud 254mm	1	\$ 2.995	\$ 2.995
2434	Arandela de presión. Diámetro 26mm- para perno 19mm	28	\$ 68	\$ 1.904
2512	Tuerca de ojo alargado de 5/8"	7	\$ 4.339	\$ 30.373
TOTAL				\$ 156.015

** Estos materiales no incluyen iva del 16%

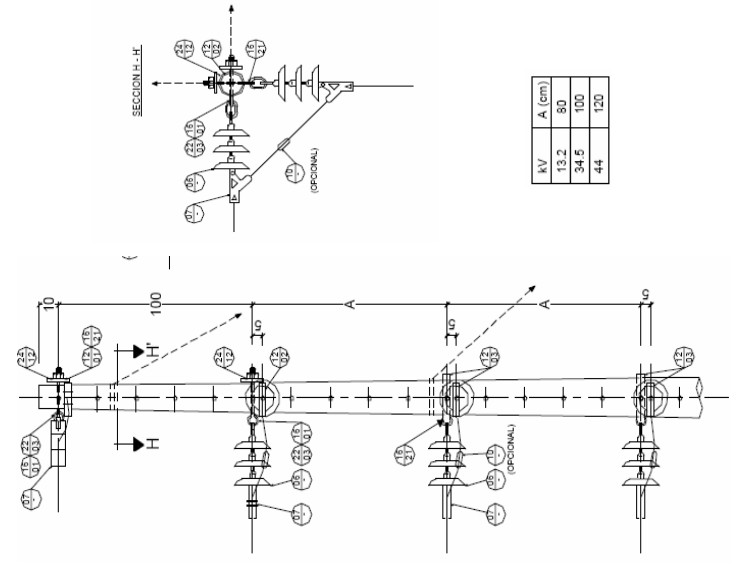
Descripción Grafica de la Estructura		Descripción de las componentes			
Ref. IPSE	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total	
651.	Alizador de suspensión en resina epoxica. Tensión nominal 15kV	9	\$ 7.800	\$ 70.200	
732	Grapa suspensión aleación de AL. Conductores AWG-MCM 2/0 - 500. 8000Kgf	3	\$ 4.856	\$ 14.568	
1203	Cable sin salida, en pletina de hierro galvanizado. Diámetro del poste 17 - 22cm.	2	\$ 6.475	\$ 12.950	
1601	Eslabón en "U" con pasador. Dimensiones 51mm. 18.000Kgf. 1.5.050.00 808.00 5.958.00 1621Eslabón pasador y gal tipo pasador y lengüeta (pasadores paralelos). 45.000 lbs	2	\$ 3.500	\$ 7.000	
2203	Perno de ojo. Dos Tuercas. Diámetro 16mm. Longitud 203mm	2	\$ 2.995	\$ 5.990	
2412	Arandela cuadrada plana. De 51*17mm. para perno de 16mm	1	\$ 237	\$ 237	
741	Grapa de suspensión acero. Conductores AWG-MCM 6 - 20. 6000Kgf	1	\$ 2.957	\$ 2.957	
1601	Eslabón en "U" con pasador. Dimensiones 51mm. 18.000Kgf	1	\$ 5.050	\$ 5.050	
2203	Perno de ojo. Dos Tuercas. Diámetro 16mm. Longitud 203mm	1	\$ 2.995	\$ 2.995	
2412	Arandela cuadrada plana. De 51*17mm. para perno de 16mm	1	\$ 237	\$ 237	
TOTAL				\$ 122.184	



Nº	A. (cm)
1-2	150
3-4	150
4-4	120

** Estos materiales no incluyen iva del 16%

Descripción Gráfica de la Estructura		Descripción de las componentes		
Ref. IPSE	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
651	Aislador de suspensión en resina epoxica. Tensión nominal 15kV.	18	\$ 7.800	\$ 140.400
1031	Conector de ranuras paralelas de dos pernos. Dimensiones 70*45*45mm	3	\$ 2.000	\$ 6.000
1202	Collarín sin salida, en platina de hierro galvanizado. Diámetro del poste 15 - 20cm.	1	\$ 4.571	\$ 4.571
1203	Collarín sin salida, en platina de hierro galvanizado. Diámetro del poste 17 - 22cm.	4	\$ 6.475	\$ 25.900
1601	Eslabón en "U" con pasador. Dimensiones 51mm. - 18.000Kgf	1	\$ 5.050	\$ 5.050
1621	Eslabón pasador y ojal tipo pasador y lengüeta (pasadores paralelos). 15.000 lbs	5	\$ 3.500	\$ 17.500
2203	Perno de oje. Dos Tuercas. Diámetro 16mm. Longitud 203mm	1	\$ 2.995	\$ 2.995
2412	Arandela cuadrada plana. De 51*17mm. para perno de 16mm	1	\$ 237	\$ 237
701	Grapa Terminal o de retención en aleación de aluminio de 2 pernos. Conductores AWG-NCM 5 - 2/0.	2	\$ 15.926	\$ 31.852
1201	Collarín sin salida, en platina de hierro galvanizado. Diámetro del poste 12 - 17cm.	1	\$ 4.560	\$ 4.560
1601	Eslabón en "U" con pasador. Dimensiones 51mm. - 18.000Kgf	1	\$ 5.050	\$ 5.050
1621	Eslabón pasador y ojal tipo pasador y lengüeta (pasadores paralelos). 15.000 lbs	1	\$ 3.500	\$ 3.500
2203	Perno de oje. Dos Tuercas. Diámetro 16mm. Longitud 203mm	1	\$ 2.995	\$ 2.995
2412	Arandela cuadrada plana. De 51*17mm. para perno de 16mm	1	\$ 237	\$ 237
TOTAL				\$ 250.847



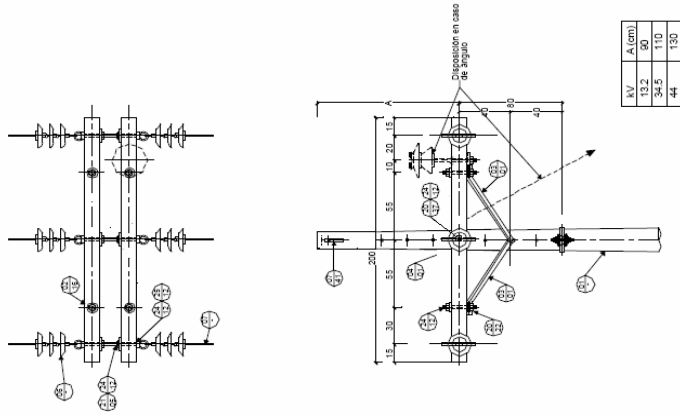
** Estos materiales no incluyen iva del 16%

DISEÑO DE UN PROGRAMA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE CRUDO DEL CAMPO ESCUELA COLORADO



MT-06

Descripción Gráfica de la Estructura



Descripción de las componentes			Valor Unitario	Valor Total
Ref. IPSE	Descripción	Cantidad		
285	Crucea metálica de ángulo galvanizado de 2m de longitud. Calibre (64*64*5)mm. Para doble crucea	2	\$ 21.000	\$ 42.000
321	Diagona en "V" en ángulo galvanizado para crucea metálica de (38*38*5)mm longitud 1100mm	2	\$ 11.529	\$ 23.058
651	Aislador de suspensión en resina epoxica. Tensión nominal 15kV.	18	\$ 7.800	\$ 140.400
1031	Conector de ranuras paralelas de dos pernos. Dimensiones 70*48*40mm	6	\$ 2.000	\$ 12.000
2014	Perno de máquina de hierro galvanizado con cabeza y tuerca cuadrada. Diámetro 13mm. Largo 51mm.	4	\$ 441	\$ 1.764
2032	Perno de máquina de hierro galvanizado con cabeza y tuerca cuadrada. Diámetro 16mm. Largo 203mm.	1	\$ 1.493	\$ 1.493
2101	Esparrago de hierro galvanizado roscado en toda su longitud. 4 tuercas. diámetro 16mm longitud 254 mm	2	\$ 2.300	\$ 4.600
2202	Perno de ojo. Dos Tuercas. Diámetro 16mm. Longitud 152mm	4	\$ 2.995	\$ 11.980
2204	Perno de ojo. Dos Tuercas. Diámetro 16mm. Longitud 254mm	1	\$ 2.995	\$ 2.995
2402	Arandela redonda. 35mm*4.106.00.67.64.481.84.2412 Arandela cuadrada plana. De 51*17mm. para perno de 16mm	4	\$ 237	\$ 948
2433	Arandela de presión. Diámetro 22mm- para perno 13mm	4	\$ 99	\$ 396
2434	Arandela de presión. Diámetro 26mm- para perno 16mm	9	\$ 68	\$ 612
2037	Perno de máquina de hierro galvanizado con cabeza y tuerca cuadrada. Diámetro 16mm. Largo 407mm.	1	\$ 2.000	\$ 2.000
2512	Tuerca de ojo alargado de 5/8"	5	\$ 4.339	\$ 21.695
741	Grapa de suspensión	1	\$ 2.957	\$ 2.957
TOTAL				\$ 268.898

** Estos materiales no incluyen iva del 16%

MT-07

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SAMANÉ

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROYECTO DE DISEÑO DE UN PROGRAMA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE CRUDO DEL CAMPO ESCUELA COLORADO

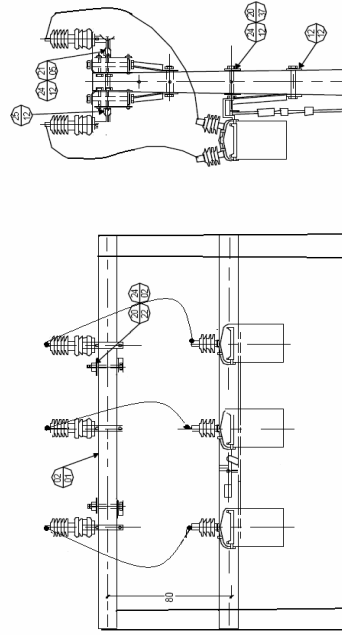


MT-07



Descripción Grafica de la Estructura

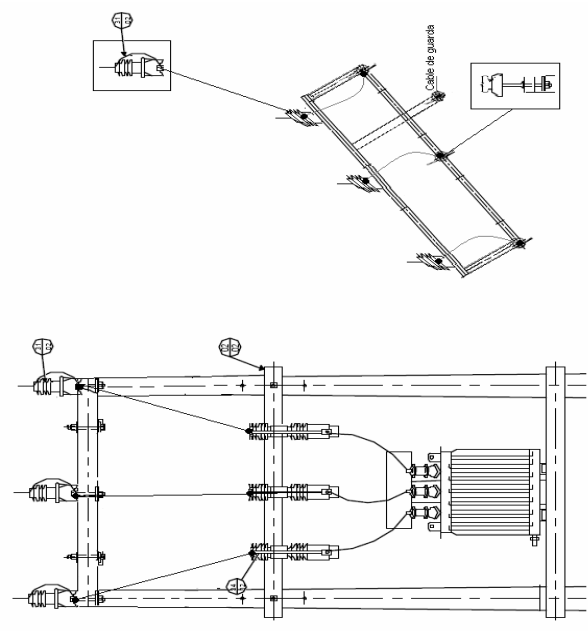
Descripción de las componentes			
Ref. IPSE	Descripción	Cantidad	Valor Unitario
261	Cruceleta metálica de ángulo galvanizado de 2m de longitud. Calibre (64*64*5)mm.	3	\$ 23.156
2105	Espárrago de hierro galvanizado roscado en toda su longitud. 4 tuercas. diámetro 16mm longitud 458 mm.	6	\$ 3.910
2434	Arandela de presión. Diámetro 26mm- para perno 18mm	15	\$ 68
3402	Contactos 15kV Monopolar	3	\$ 76.677
3102	Pararayos de 12 KV. 5 a	3	\$ 105.689
1021	Conector de ranuras paralelas de un perno. Dimensiones 35*45*46mm	9	\$ 1.233
			Valor Total
			\$ 69.468
			\$ 23.460
			\$ 1.020
			\$ 230.031
			\$ 317.097
			\$ 11.097



Las líneas de media tensión de esta estructura corresponden a la MT-06 y esta ubicada en la parte superior de la estructura

** Estos materiales no incluyen iva del 16%

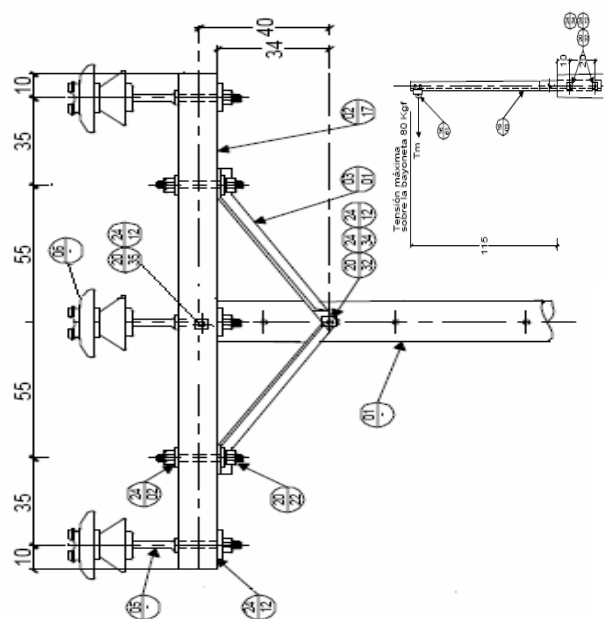
Descripción Gráfica de la Estructura		Descripción de las componentes		
Ref. IPSE	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
265	Crucecita metálica de ángulo galvanizado de 2m de longitud. Calibre (64*64*5)mm. Para doble crucecita.	2	\$ 21.000	\$ 42.000
334	Diagonal recta en ángulo, para crucecita metálica, de (38*38*5)mm longitud 600mm	2	\$ 4.638	\$ 9.278
1021	Conector de ranuras paralelas de un perno. Dimensiones 35*45*46mm	9	\$ 1.233	\$ 11.097
1212	Collarín de una salida en platina de hierro galvanizado. Diámetro del poste 15 - 20cm	2	\$ 5.521	\$ 11.042
1272	Collarín para transformador. Diámetro del poste 17 - 22cm	3	\$ 5.800	\$ 17.400
2434	Arandela de presión. Diámetro 26mm- para perno 18mm.	1	\$ 68	\$ 68
2551	Fusible Dual	3	\$ 1.558	\$ 4.688
2733	Transformador trifásico 13.2-208-120 Voltios. 30Kva	1	\$ 2.200.000	\$ 2.200.000
3102	Pararrayos de 12 KV. 5 a	3	\$ 105.698	\$ 317.097
3402	Centrocables 15KV Monopolar	3	\$ 76.667	\$ 230.001
352	Diagonal de arriostamiento en X de 3m de longitud. Calibre (76*76*5)mm.	8	\$ 54.844	\$ 438.752
511	Espejo de acero galvanizado. Altura 150mm. Diámetro 19mm. Para crucecita metálica	6	\$ 2.362	\$ 14.172
611	Aislador tipo esquila. Rosa 254mm.	6	\$ 13.094	\$ 78.564
2102	Esparago de hierro galvanizado rosado en toda su longitud. 4 tuercas. diámetro 16mm longitud 305mm.	8	\$ 2.500	\$ 20.000
2434	Arandela de presión. Diámetro 26mm- para perno 18mm	20	\$ 68	\$ 1.360
761*	Grapa de suspensión para cable de guarda. Perno en "U" 9,5mm.	2	\$ 13.588	\$ 27.176
1641*	Estación sellada. 30.000 lb.	2	\$ 2.100	\$ 4.200
1661*	Perno en "U" para estructura en suspensión. 12.000lbs 51*32*36mm	2	\$ 850	\$ 1.700
2037*	Perno de máquina de hierro galvanizado con cabeza y tuerca cuadrada. Diámetro 16mm. Largo 407mm	4	\$ 2.000	\$ 8.000
2412*	Arandela cuadrada plana. De 51*17mm. para perno de 16mm	20	\$ 237	\$ 4.740



*Elementos asociados al cable de guarda, la estructura del campo tiene un aislador tipo espejo, la ** Estos materiales no incluyen IVA del 16%

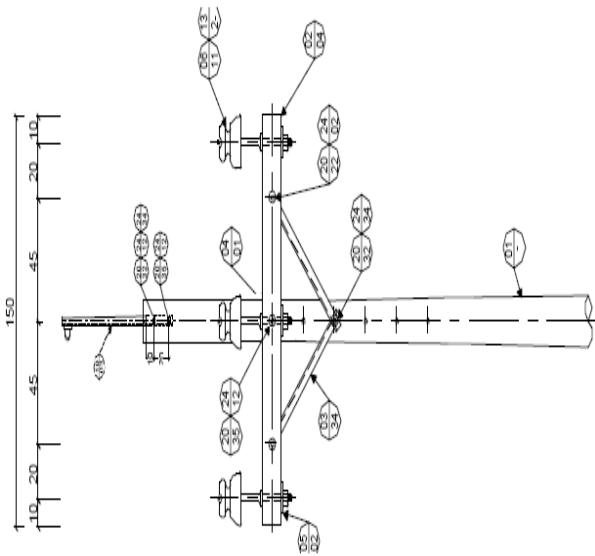
Descripción Gráfica de la Estructura		Descripción de las componentes			Valor Unitario	Valor Total
Ref. IPSE	Descripción	Cantidad				
265	Cruceca metálica de ángulo galvanizado de 2m de longitud. Calibre (64*64*5)mm. Para doble cruceca	1		\$ 21.000	\$ 21.000	
321	Disco en "V" en ángulo galvanizado para cruceca metálica de (38*38*5)mm longitud 1100mm.	1		\$ 11.529	\$ 11.529	
511	Espejo de acero galvanizado. Altura 150mm. Diámetro 19mm. Para cruceca metálica	2		\$ 2.362	\$ 4.724	
522	Espejo de acero galvanizado extremo poste. Rosca 35mm.	1		\$ 4.323	\$ 4.323	
2014	Perno de máquina de hierro galvanizado con cabeza y tuerca cuadrada. Diámetro 13mm. Largo 51mm.	2		\$ 441	\$ 882	
2032*	Perno de máquina de hierro galvanizado con cabeza y tuerca cuadrada. Diámetro 16mm. Largo 203mm.	4		\$ 1.494	\$ 5.976	
2412*	Arandela cuadrada plana. De 51*17mm. para perno de 16mm	4		\$ 238	\$ 952	
2433	Arandela de presión. Diámetro 22mm- para perno 19mm	2		\$ 99	\$ 198	
2434*	Arandela de presión. Diámetro 26mm- para perno 19mm	4		\$ 68	\$ 272	
611	Abitador tipo espiga. Rosca 25*4mm.	3		\$ 12.094	\$ 36.282	
1661**	Perno en "U" para estructura en suspensión. 12.000lbs 51*32. 38mm	1		\$ 850	\$ 850	
1903*	Bayoneta sencilla estructura en alineamiento.2 perforaciones 11/16". de 1.5m.	1		\$ 18.956	\$ 18.956	
TOTAL						\$ 105.944

* Estos materiales están asociados al cable de guarda.



** Estos materiales no incluyen iva del 16%

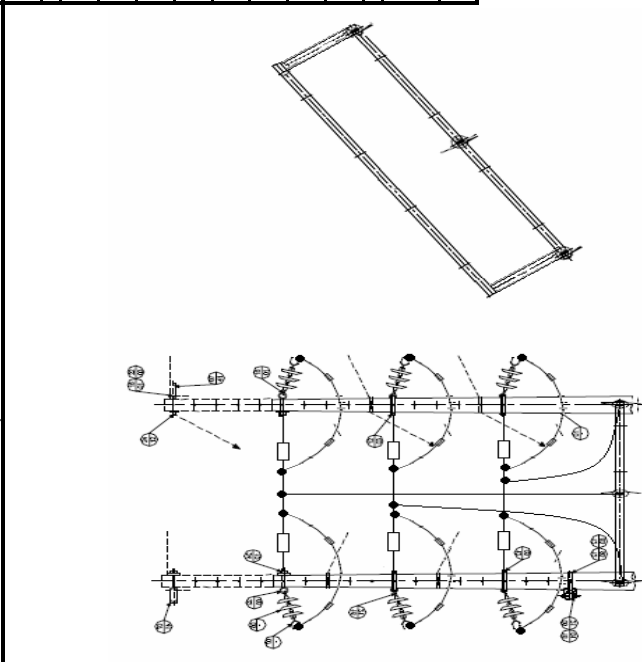
Descripción Gráfica de la Estructura



Ref. IPSE	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
271	Crucea metálica de ángulo galvanizado de 1.5m de longitud. Calibre (63'x59mm). Disposición triangular.	1	\$ 21.500	\$ 21.500
334	Diagonal recta en fierro, para crucea metálica, de (38'x38'x5mm) longitud 600mm	2	\$ 4.638	\$ 9.278
511	Esplio de acero galvanizado. Altura 150mm. Diámetro 18mm. Para crucea metálica	3	\$ 2.362	\$ 7.086
611	Aislador tipo espiga. Rosca 254mm.	3	\$ 13.094	\$ 39.282
1320	Varillas de armar formadas para acs y conductores de al cableadas.	3	\$ 10.000	\$ 30.000
2013	Perno de máquina de fierro galvanizado con cabeza y tuercas cuadrada. Diámetro 13mm. Largo 38mm.	2	\$ 420	\$ 840
2032	Perno de máquina de fierro galvanizado con cabeza y tuercas cuadrada. Diámetro 19mm. Largo 203mm.	2	\$ 1.493	\$ 2.986
2433	Arandela de presión. Diámetro 22mm- para perno 13mm	2	\$ 99	\$ 198
2434	Arandela de presión. Diámetro 26mm- para perno 18mm	4	\$ 68	\$ 272
761	Grapa de suspensión para cable de guarda. Perno en U' 8.5mm.	2	\$ 13.588	\$ 27.176
1641	Eslabón sencillo. 30.000 lb.	2	\$ 2.100	\$ 4.200
1661	Perno en "U" para estructura en suspensión. 12.000lbs 51'x2'x38mm	2	\$ 850	\$ 1.700
2037	Perno de máquina de fierro galvanizado con cabeza y tuercas cuadrada. Diámetro 16mm. Largo 407mm.	4	\$ 2.000	\$ 8.000
2412	Arandela cuadrada plana. De 51'x17mm. para perno de 16mm	20	\$ 237	\$ 4.740

*- Estos materiales no incluyen iva del 16%

Descripción Gráfica de la Estructura



Descripción de las componentes

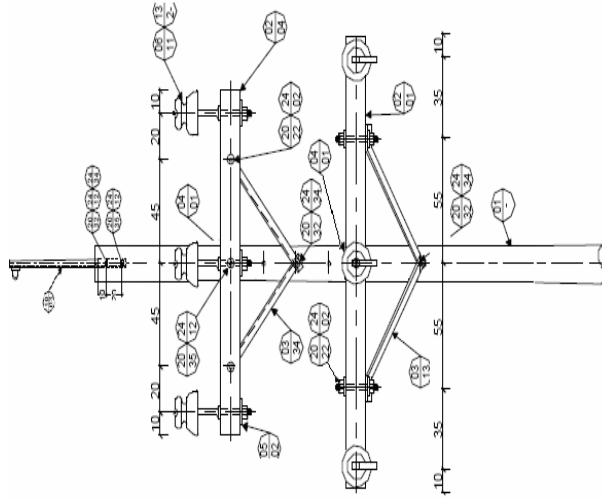
Ref. IPSE	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
601	Aislador tipo disco de horquilla. Diámetro 152mm	36	\$ 12.999	\$ 467.964
1203	Collarín sin salida, en placa de hierro galvanizado. Diámetro del poste 17 - 22cm.	6	\$ 6.475	\$ 38.850
1601	Eslabónen "U" con pasador. Dimensiones 51mm. 18.000kgf	6	\$ 5.060	\$ 30.360
1621	Eslabón pasador y ojal tipo pasador y lengüeta(pasadores paralelos). 15.000 lbs	6	\$ 3.500	\$ 21.000
2203	Perno de ojo. Dos Tuercas. Diámetro 16mm. Longitud 203mm.	6	\$ 2.995	\$ 17.970
2412	Arandela cuadrada plana. De 51*17mm. para perno de 16mm.	6	\$ 237	\$ 1.422
1021	Conector de ranuras paralelas de un perno. Dimensiones 35*45*45mm	18	\$ 6.200	\$ 111.600
352	Diagonal de anclamiento en X de 3m de longitud. Calibre (76*76*9)mm.	4	\$ 54.844	\$ 219.376
511	Espigo de acero galvanizado. Altura 150mm. Diámetro 18mm. Para cruzeta metálica	3	\$ 2.362	\$ 7.086
611	Aislador tipo espiga. Rosca 25x4mm.	3	\$ 13.094	\$ 39.282
2102	Esparrago de hierro galvanizado roscado en toda su longitud. 4 tuercas. diámetro 16mm longitud 305mm.	4	\$ 2.500	\$ 10.000
2434	Arandela de presión. Diámetro 26mm- para perno 18mm	10	\$ 68	\$ 680

DISEÑO DE UN PROGRAMA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE CRUDO DEL CAMPO ESCUELA COLORADO

BT-03



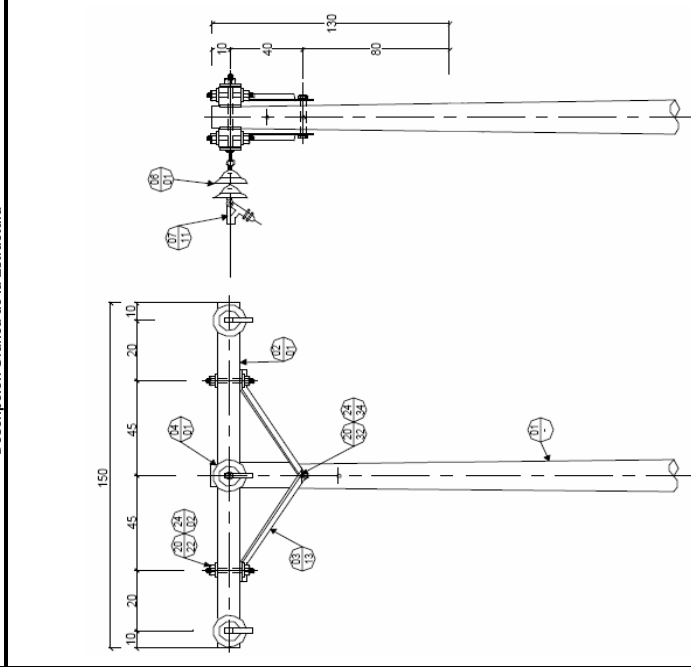
Descripción Gráfica de la Estructura



Ref. IPSE	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
271	Cruceta metálica de ángulo galvanizado de 1.5m de longitud. Calibre (63'63'59mm. Disposición triangular.	1	\$ 21.500	\$ 21.500
334	Diagonal recta en ángulo para cruceta metálica, de (38'38'59mm longitud 600mm.	2	\$ 4.638	\$ 9.278
511	Espejo de acero galvanizado. Altura 150mm. Diámetro 19mm. Para cruceta metálica.	3	\$ 2.362	\$ 7.086
611	Atalador tipo esgaja. Rosca 254mm.	3	\$ 13.084	\$ 39.282
1320	Varillas de amar formadas para acer y conductores de al cablesados.	3	\$ 10.000	\$ 30.000
2013	Perno de máquina de hierro galvanizado con cabeza y luera cuadrada. Diámetro 13mm. Largo 38mm.	2	\$ 420	\$ 840
2032	Perno de máquina de hierro galvanizado con cabeza y luera cuadrada. Diámetro 16mm. Largo 203mm.	2	\$ 1.493	\$ 2.986
2433	Arandela de presión. Diámetro 22mm para perno 13mm.	2	\$ 95	\$ 190
2434	Arandela de presión. Diámetro 26mm para perno 16mm.	4	\$ 68	\$ 272
261	Cruceta metálica de ángulo galvanizado de 2m de longitud. Calibre (64'64'59mm.	2	\$ 23.166	\$ 46.312
333	Diagonal recta en ángulo. Para cruceta metálica, de (38'38'59mm longitud 800mm.	4	\$ 6.601	\$ 26.404
601	Atalador tipo disco de horquilla. Diámetro 152mm.	6	\$ 12.993	\$ 77.994
711	Grapa terminal o de retención en acero galvanizado. Conductores AVG-MOM E- 20. 6000Kgf.	3	\$ 10.922	\$ 32.766
2013	Perno de máquina de hierro galvanizado con cabeza y luera cuadrada. Diámetro 13mm. Largo 38mm.	4	\$ 420	\$ 1.680
2032	Perno de máquina de hierro galvanizado con cabeza y luera cuadrada. Diámetro 16mm. Largo 203mm.	1	\$ 1.493	\$ 1.493
2101	Espartrape de hierro galvanizado roscado en toda su longitud. 4 luercas. diámetro 16mm longitud 254 mm.	3	\$ 2.300	\$ 6.900
2433	Arandela de presión. Diámetro 22mm para perno 13mm.	4	\$ 95	\$ 380
2434	Arandela de presión. Diámetro 26mm para perno 16mm.	11	\$ 68	\$ 748
2512	Tuerca de galvanizado 40.960.	3	\$ 4.339	\$ 13.017
761	Espejo de acero galvanizado para cables de tensionamiento en U.	2	\$ 13.588	\$ 27.176
1641	Esabón sencillo. 30.000 lb.	2	\$ 2.100	\$ 4.200
1661	Perno en U para estructura en suspensión. 12.000lbs. 51'32'38mm.	2	\$ 850	\$ 1.700
2037	Perno de máquina de hierro galvanizado con cabeza y luera cuadrada. Diámetro 16mm. Largo 407mm.	4	\$ 2.000	\$ 8.000
2412	Arandela cuadrada plana. De 51'17mm para perno de 16mm.	20	\$ 237	\$ 4.740

** Estos materiales no incluyen iva del 16%.

Descripción Gráfica de la Estructura

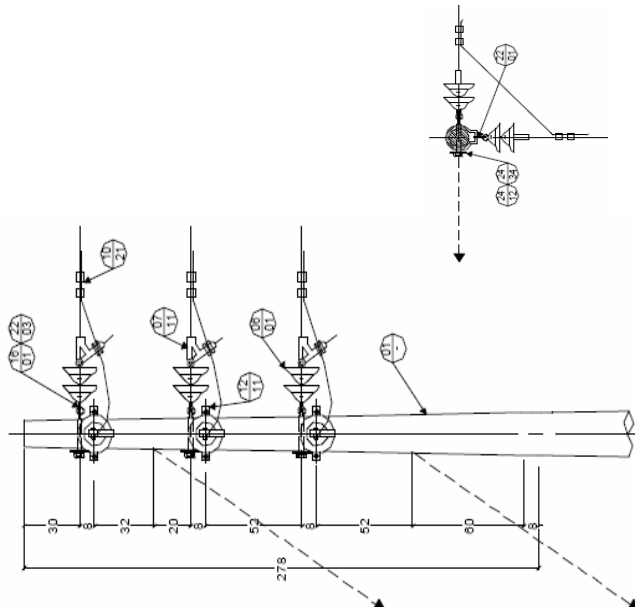


Descripción de las componentes

Ref. IPSE	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
261	Crucea metálica de ángulo galvanizado de 2m de longitud. Calibre (64-64.5)mm	2	\$ 23.156	\$ 46.312
333	Diagonal recta en ángulo. Para crucea metálica de (98-98-5)mm longitud 680mm	4	\$ 6.601	\$ 26.404
601	Aislador tipo disco de horquilla. Diámetro 152mm	6	\$ 12.993	\$ 77.994
711	Grapa terminal de retención en acero galvanizado. Conectores AWG-MCM 6 - 20. 6000Kgf.	3	\$ 10.922	\$ 32.766
2013	Perno de máquina de hierro galvanizado con cabeza y tuerca cuadrada. Diámetro 13mm. Largo 38mm.	4	\$ 420	\$ 1.680
2032	Perno de máquina de hierro galvanizado con cabeza y tuerca cuadrada. Diámetro 16mm. Largo 203mm.	1	\$ 1.493	\$ 1.493
2101	Esperazo de hierro galvanizado rosado en toda su longitud. 4 tuercas. diámetro 16mm longitud 254 mm	3	\$ 2.300	\$ 6.900
2433	Arandela de presión. Diámetro 22mm- para perno 13mm	4	\$ 95	\$ 396
2434	Arandela de presión. Diámetro 26mm- para perno 18mm	11	\$ 68	\$ 748
2512	Tuerca de ojo alargado de 5/8"	3	\$ 4.339	\$ 13.017

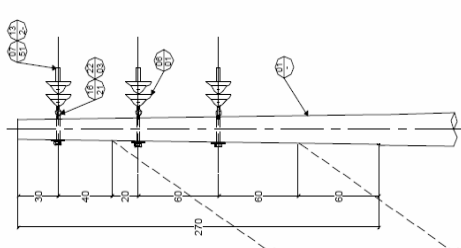
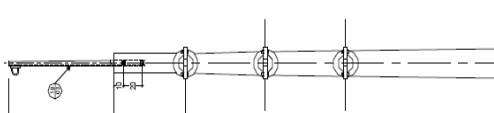
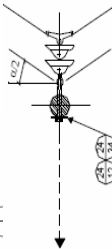
** Estos materiales no incluyen iva del 16%.

Descripción Gráfica de la Estructura		Descripción de las componentes		
Ref. IPSE	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
601	Aislador tipo disco de horquilla. Diámetro 152mm	12	\$ 12.588	\$ 155.883
711	Grapa Terminal o de retención en acero galvanizado. Conductores AWG-NCM 6 - 20- 6000Kgf.	6	\$ 10.922	\$ 65.532
1021	Conector de ranuras paralelas de un perno. Dimensiones 35*45*45mm.	12	\$ 1.233	\$ 14.796
1211	Collarín de una salida en platina de hierro galvanizado. Diámetro del poste 12 - 17cm	3	\$ 5.500	\$ 16.500
1601	Eslabón en "U" con pasador. Dimensiones 51mm. 18.000Kgf	6	\$ 6.050	\$ 30.300
2201	Perno de op. Dos Tuercas. Diámetro 16mm. Longitud 102mm	3	\$ 3.560	\$ 10.680
2203	Perno de op. Dos Tuercas. Diámetro 16mm. Longitud 203mm	3	\$ 2.995	\$ 8.985
2412	Arandela cuadrada plana. De 51*17mm. para perno de 16mm	6	\$ 237	\$ 1.422
	2434Arandela de presión. Diámetro 26mm- para perno 18mm	3	\$ 68	\$ 204



** Estos materiales no incluyen iva del 16%

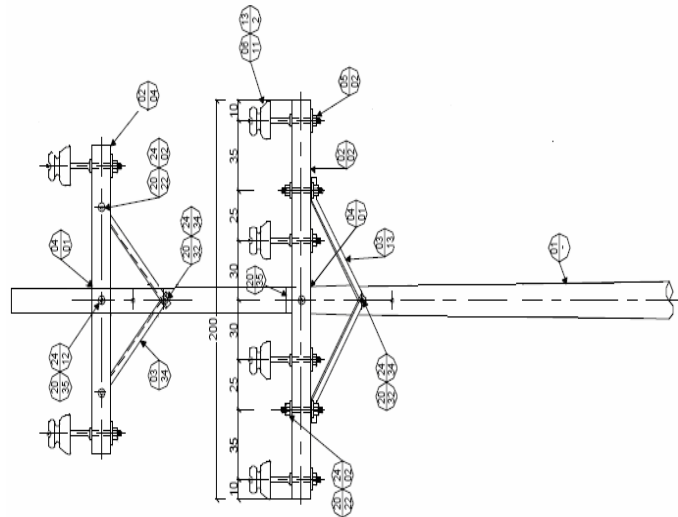
Descripción Gráfica de la Estructura		Descripción de las componentes		
Ref. IPSE	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
601	Aislador tipo disco de horquilla. Diámetro 152mm	6	\$ 12,998	\$ 77,994
751	Grapa para ángulo. Acero galvanizado. Conductores AWG-MCM 6 - 40. 3000Kgf. Perpendicular	3	\$ 15,926	\$ 47,778
1320	Varillas de armar formadas para acs y conductores de al cableados.	3	\$ 10,000	\$ 30,000
1621	Eslabón pasador y ojal tipo pasador y lengüeta(pasadores paralelo). 15.000 lb.	3	\$ 3,500	\$ 10,500
2203	Perno de ojo. Dos tuercas. Diámetro 16mm. Longitud 203mm	3	\$ 2,995	\$ 8,985
2412	Arandela cuadrada plana. De 51*17mm. para perno de 16mm	6	\$ 237	\$ 1,422
2434	Arandela de presión. Diámetro 26mm- para perno 18mm	3	\$ 68	\$ 204

Ángulo de deflexión: $30^\circ < \alpha < 60^\circ$

** Estos materiales no incluyen iva del 16%.

Descripción Gráfica de la Estructura

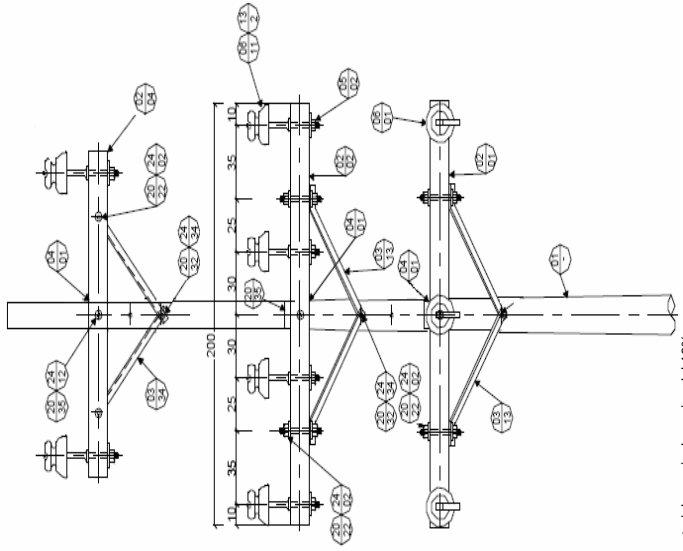


Descripción de las componentes

Ref. IPSE	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
265	Cruceca metálica de ángulo galvanizado de 2m de longitud. Calibre (64*64*5)mm. Para doble cruceca.	1	\$ 21.000	\$ 21.000
333	Diagonal recta en ángulo. Para cruceca metálica, de longitud (38*38*5)mm 680mm	2	\$ 6.601	\$ 13.202
511	Espejo de acero galvanizado. Altura 150mm. Diámetro 18mm. Para cruceca metálica	6	\$ 2.362	\$ 14.172
611	Aislador tipo espiga. Rosca 25x1mm.	6	\$ 13.094	\$ 78.564
1320	Vanillas de armar formadas para acer y conductores de al cableados.	7	\$ 10.000	\$ 70.000
2013	Perno de máquina de hierro galvanizado con cabeza y tuerca cuadrada. Diámetro 13mm. Largo 38mm.	4	\$ 420	\$ 1.680
2032	Perno de máquina de hierro galvanizado con cabeza y tuerca cuadrada. Diámetro 16mm. Largo 203mm.	4	\$ 1.493	\$ 5.972
2412	Arandela cuadrada plana. De 51*17mm, para perno de 16mm	2	\$ 237	\$ 474
2433	Arandela de presión. Diámetro 22mm- para perno 13mm.	4	\$ 95	\$ 396
2434	Arandela de presión. Diámetro 26mm- para perno 16mm.	6	\$ 68	\$ 408
334	Diagonal recta en ángulo , para cruceca metálica, de (38*38*5)mm longitud 600mm	2	\$ 4.639	\$ 9.278
2432	Perno de máquina de hierro galvanizado con cabeza y tuerca cuadrada. Diámetro 16mm. Largo 203mm.	2	\$ 1.493	\$ 2.986

** Estos materiales no incluyen iva del 16%.

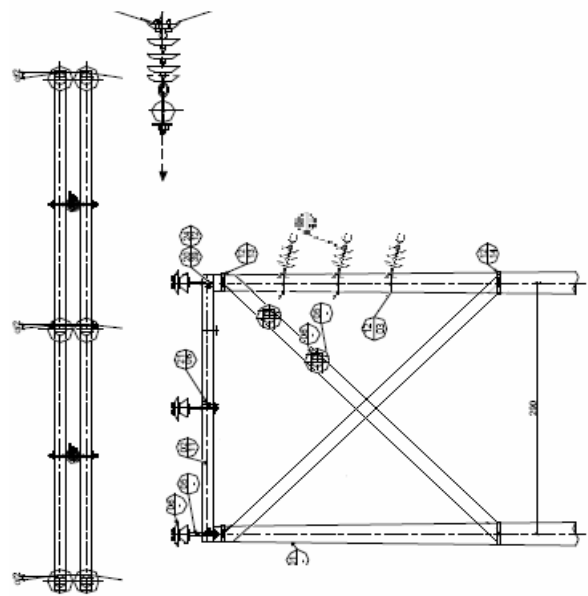
Descripción Gráfica de la Estructura



Ref. IPSE	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
265	Cruceta metálica de ángulo galvanizado de 2m de longitud. Calibre (63'x3'x5)mm. Para doble cruceta.	1	\$ 21.000	\$ 21.000
333	Diagonal recta de ángulo. Para cruceta metálica. de longitud (383'x8'x5)mm 6850mm	6	\$ 6.601	\$ 39.606
511	Espiga de acero galvanizado. Altura 150mm. Diámetro 19mm. Para cruceta metálica	6	\$ 2.362	\$ 14.172
611	Atalador tipo espiga. Rosca 254mm.	6	\$ 13.084	\$ 78.564
1320	Variillas de armar formadas para acero y conductores de al cableados.	7	\$ 10.000	\$ 70.000
2013	Perno de máquina de hierro galvanizado con cabeza y luera cuadrada. Diámetro 13mm. Largo 38mm.	8	\$ 420	\$ 3.360
2032	Perno de máquina de hierro galvanizado con cabeza y luera cuadrada. Diámetro 16mm. Largo 203mm.	4	\$ 1.495	\$ 5.972
2412	Arandela cuadrada plana. De 51'x7mm. para perno de 16mm.	2	\$ 237	\$ 474
2433	Arandela de presión. Diámetro 22mm para perno 13mm.	8	\$ 99	\$ 792
2434	Arandela de presión. Diámetro 26mm para perno 16mm.	15	\$ 68	\$ 1.020
271	Cruceta metálica de ángulo galvanizado de 1,5m de longitud. Calibre (63'x3'x5)mm. Disposición triangular	1	\$ 21.500	\$ 21.500
334	Diagonal recta de ángulo. para cruceta metálica. de (383'x8'x5)mm longitud 800mm	2	\$ 4.639	\$ 9.278
261	Cruceta metálica de ángulo galvanizado de 2m de longitud. Calibre (63'x3'x5)mm	2	\$ 23.156	\$ 46.312
601	Atalador tipo disco de horquilla. Diámetro 152mm	6	\$ 12.998	\$ 77.994
711	Grapa terminal de fijación en acero galvanizado. Conductores AWG-MCM 6- 20. 8000Kg/l.	3	\$ 10.922	\$ 32.766
2101	Esparrago de hierro galvanizado rosca en toda su longitud. 4 luercas. diámetro 16mm longitud 254 mm	3	\$ 2.300	\$ 6.900
2512	Tuerca de ojo alargado de 5/8"	3	\$ 4.338	\$ 13.017

** Estos materiales no incluyen iva del 16%.

Descripción Gráfica de la Estructura



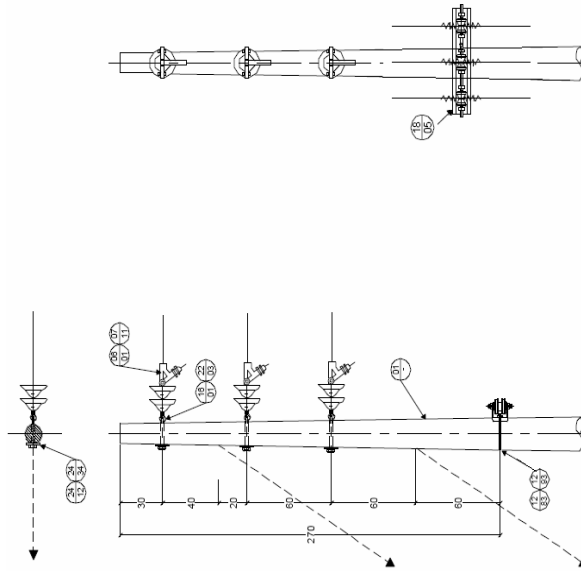
Descripción de las componentes

Ref. IPSE	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
232	Cruzeta metálica de ángulo galvanizado de 2m de longitud. Calibre (64"x4"5mm). Para doble cruzeta.	2	\$ 61.000	\$ 122.000
511	Espago de acero galvanizado. Altura 150mm. Diámetro 19mm. Para cruzeta metálica.	8	\$ 2.362	\$ 18.896
611	Aislador tipo esquila. Rosca 254mm.	8	\$ 13.094	\$ 104.752
2035	Perno de máquina de hierro galvanizado con cabeza y tuerca cuadrada. Diámetro 16mm. Largo 2 1,937.88 620,12,4,495,88 306mm.	4	\$ 1.938	\$ 7.752
2102	Espárrago de hierro galvanizado rosado en toda su longitud, 4 tuercas, diámetro 16mm longitud 305mm.	3	\$ 2.500	\$ 7.500
2434	Arandela de presión. Diámetro 26mm- para perno 18mm	20	\$ 68	\$ 1.360
1203	Collarín sin salida, en platina de hierro galvanizado. Diámetro del poste 17,7-22cm.	3	\$ 6.475	\$ 19.425
352	Diagonal de arriostamiento en X de 3m de longitud. Calibre (76"76"6)mm.	2	\$ 54.844	\$ 109.688
601	Aislador tipo disco de lonquilla. Diámetro 152mm	9	\$ 12.998	\$ 116.991

** Estos materiales no incluyen iva del 16%.

DISEÑO DE UN PROGRAMA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE CRUDO DEL CAMPO ESCUELA COLORADO

Descripción Gráfica de la Estructura



Descripción de las componentes

Ref. IPSE	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
601	Aislador tipo disco de horquilla. Diámetro 152mm	6	\$ 12.988	\$ 77.994
711	Grapa Terminal o de retención en acero galvanizado. Conductores AWG-NCM 6 - 20. 6000Kgf.	3	\$ 10.922	\$ 32.766
1601	Escalera en "U" con pasador. Dimensiones 51mm. 18.000Kgf	3	\$ 5.050	\$ 15.150
2203	Perno de op. Dos Tuercas. Diámetro 16mm. Longitud 203mm	3	\$ 2.995	\$ 8.985
2412	Arandela cuadrada plana. De 51*17mm. para perno de 16mm	6	\$ 237	\$ 1.422
2434	Arandela de presión. Diámetro 26mm- para perno 16mm	3	\$ 68	\$ 204
621	Aislador tipo carrete. Altura 76.2mm	3	\$ 1.875	\$ 5.625
1805	Percha de hierro forjadas y galvanizadas en caliente. Crico puestos.	2	\$ 12.135	\$ 24.270
2032	Perno de máquina de hierro galvanizado con cabeza y tuercas cuadrada. Diámetro 16mm. Largo 203 mm.	2	\$ 1.493	\$ 2.986
2412	Arandela cuadrada plana. De 51*17mm. para perno de 16mm	2	\$ 237	\$ 474
2434	Arandela de presión. Diámetro 26mm- para perno 16mm	2	\$ 68	\$ 136
1283	Cinta de acero inoxidable. Dimensiones 19.05mm	3	\$ 30.700	\$ 92.100
1283	Hebilla de acero inoxidable. Dimensiones 19.05mm	3	\$ 550	\$ 1.650

** Estos materiales no incluyen iva del 16%.

Anexo F

Tablas de las estructuras de MT

- Plantilla 1

1. En la estructura Z2-01, se encuentra ubicado el pórtico principal del campo. En esta estructura se encuentran ubicados los seccionadores Z2 y Z3.
2. En la estructura Z2-02 se encuentra ubicado un juego de dispositivos de protección contra sobretensiones.
3. En la estructura Z2-07 cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 2 aisladores referencia PDI-15-401015-0215 y 8 aisladores referencia 8235 GAMMA.
4. Los tipos de aisladores con que cuenta la estructura Z2-07, son poliméricos y cerámicos.
5. En la estructura Z2-013, se encuentra ubicado un transformador de distribución utilizado para electrificación rural.
6. En la estructura Z2-015, se encuentra ubicado un juego de dispositivos de protección contra sobretensiones.
7. En la estructura Z2-18 cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 2 aisladores referencia PDI-15-401015-0215 y 8 aisladores referencia 8235 GAMMA.
8. Los tipos de aisladores con que cuenta la estructura Z2-18, son poliméricos y cerámicos.
9. En la estructura Z2-019, se encuentran ubicadas dos derivaciones bifásicas, que se dirigen a dos transformador de distribución rural.
10. En la estructura Z2-021, se encuentra ubicada una derivación trifásica, que se dirige a un transformador de distribución rural.
11. En la estructura Z2-025, se encuentra ubicada en un sitio de difícil acceso, razón por la cual la foto es borrosa.
12. En la estructura Z2-034, se encuentra ubicada una derivación trifásica, que se dirige a la Subestación 61. En esta estructura se encuentran ubicados el banco de capacitores.

- Plantilla 2

1. En la estructura Z2-034, se encuentra ubicada una derivación trifásica, que se dirige a la Subestación 61. En esta estructura se encuentran ubicados el banco de capacitores.
2. La estructura 61-07, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 3 aisladores referencia 8345 GAMMA y 6 aisladores referencia 8235 GAMMA.
3. En la estructura 61-07, se encuentra ubicada la subestación 61. Esta subestación es la encargada de alimentar los pozos 36,37 y 75.

- Plantilla 3

1. En la estructura Z2-034, se encuentra ubicada una derivación trifásica, que se dirige a la Subestación 61. En esta estructura se encuentran ubicados el banco de capacitores.
2. En la estructura 71-01, se encuentra ubicada una derivación bifásica, que se dirige a un transformador de distribución rural.
3. La estructura 71-05, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 3 aisladores referencia 8345 GAMMA y 6 aisladores referencia 8235 GAMMA.
4. En la estructura 71-05, se encuentra ubicada la subestación 71. Esta subestación es la encargada de alimentar la estación de bombeo.

- Plantilla 4

1. En la estructura 71-05, se encuentra ubicada la subestación 71. Esta subestación es la encargada de alimentar la estación de bombeo.
2. La estructura 71-05, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 3 aisladores referencia 8345 GAMMA y 6 aisladores referencia 8235 GAMMA.
3. La estructura 91-06, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 1 aislador referencia PDI-15-401015-0215 y 4 aisladores referencia 8235 GAMMA.
4. Los tipos de aisladores con que cuenta la estructura 91-06, son poliméricos y cerámicos.
5. En la estructura 91-07, se encuentra ubicado un juego de dispositivos de protección contra sobretensiones.
6. En la estructura 91-07, se encuentra ubicada una derivación bifásica, que se dirige a un transformador de distribución rural.
7. En la estructura 91-12, se encuentra ubicado un juego de dispositivos de protección contra sobretensiones.

8. En la estructura 91-13, se encuentra ubicada una derivación bifásica, que se dirige a un transformador de distribución rural.
9. La estructura 91-14 cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 1 aislador referencia PDI-15-401015-0215 y 10 aisladores referencia 8235 GAMMA.
10. Los tipos de aisladores con que cuenta la estructura 91-14, son poliméricos y cerámicos.
11. En la estructura 91-15, se encuentra ubicada la subestación 91. Esta subestación es la encargada de alimentar los pozos 12 y 69.

- Plantilla 5

1. En la estructura 91-15, se encuentra ubicada la subestación 91. Esta subestación es la encargada de alimentar los pozos 12 y 69.
2. En la estructura 101-4, se encuentra ubicado un juego de dispositivos de protección contra sobretensiones.
3. En la estructura 101-6, se encuentra ubicada una derivación bifásica, que se dirige a un transformador de distribución rural.
4. En la estructura 101-8, se encuentra ubicada la subestación 101. Esta subestación es la encargada de alimentar el pozo 70. La subestación requiere mantenimiento y no cuenta con un candado.

- Plantilla 6

1. En la estructura 101-8, se encuentra ubicada la subestación 101. Esta subestación es la encargada de alimentar el pozo 70. La subestación requiere mantenimiento y no cuenta con un candado.
2. La estructura 111-01 se encuentra torcida.
3. La estructura 111-05, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 1 aislador referencia PDI-15-401015-0215 y 4 aisladores referencia 8235 GAMMA.
4. Los tipos de aisladores con que cuenta la estructura 111-05, son poliméricos y cerámicos.
5. En la estructura 111-5, se encuentra ubicados dos de dispositivos de protección contra sobretensiones. Sin embargo el espacio para un tercer dispositivo.
6. Entre las estructuras 111-5 y 111-6, atraviesa una línea de transmisión de ISA, con tensión nominal de 230 kV.
7. La estructura 101-08, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 3 aisladores referencia 8345 GAMMA y 6 aisladores referencia 8235 GAMMA.

8. En la estructura 111-08, se encuentra ubicada la subestación 111. Esta subestación es la encargada de alimentar el pozo 38.
9. Al finalizar la tabla se encuentran las graficas de la línea de ISA, con tensión de 230 kV que atraviesa el Circuito Infantas, y las graficas de la continuación del circuito.



SUBESTACION: EL CENTRO		ALIMENTADOR: INFANTAS		CIRCUITO: PRINCIPAL		TENSIÓN: 14,4 KV		PLANTILLA Nº					
TRAMO		CONDUCTORES DE FASE			CABLE DE GUARDA			PUESTA A TIERRA		ESTRUCTURAS		APOYOS	
APOYO Nº A	APOYO Nº B	LONGITUD	CALIBRE	MATERIAL	CANTIDAD	ESTADO	CALIBRE	MATERIAL	ESTADO	TIPO	MATERIAL	ESTADO	CANTIDAD
Z2-01	Z2-02	111.83	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	5/16 1X7 Super GX	Acero Galvanizado	✓	MT-01	Acero	✓	4
Z2-02	Z2-03	129.24	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	5/16 1X7 Super GX	Acero Galvanizado	✓	MT-02	Acero	✓	0
Z2-03	Z2-04	158.67	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	5/16 1X7 Super GX	Acero Galvanizado	✓	MT-04	Acero	✓	2
Z2-04	Z2-05	127.57	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	5/16 1X7 Super GX	Acero Galvanizado	✓	MT-02	Acero	✓	0
Z2-05	Z2-06	97.99	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	5/16 1X7 Super GX	Acero Galvanizado	✓	MT-02	Acero	✓	0
Z2-06	Z2-07	140.25	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	5/16 1X7 Super GX	Acero Galvanizado	✓	MT-02	Acero	✓	0
Z2-07	Z2-08	114.81	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	5/16 1X7 Super GX	Acero Galvanizado	✓	MT-05	Acero	✓	4
Z2-08	Z2-09	87.51	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	5/16 1X7 Super GX	Acero Galvanizado	✓	MT-02	Acero	✓	0
Z2-09	Z2-10	73.72	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	5/16 1X7 Super GX	Acero Galvanizado	✓	MT-02	Acero	✓	0
Z2-10	Z2-11	100.50	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	5/16 1X7 Super GX	Acero Galvanizado	✓	MT-05	Acero	✓	4
Z2-11	Z2-12	125.21	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	5/16 1X7 Super GX	Acero Galvanizado	✓	MT-03	Acero	✓	0
Z2-12	Z2-13	94.82	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	5/16 1X7 Super GX	Acero Galvanizado	✓	MT-03	Acero	✓	0
Z2-13	Z2-14	111.75	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	5/16 1X7 Super GX	Acero Galvanizado	✓	MT-03	Acero	✓	0
Z2-14	Z2-15	118.65	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	5/16 1X7 Super GX	Acero Galvanizado	✓	MT-03	Acero	✓	0
Z2-15	Z2-16	107.20	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	5/16 1X7 Super GX	Acero Galvanizado	✓	MT-03	Acero	✓	0
Z2-16	Z2-17	105.94	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	5/16 1X7 Super GX	Acero Galvanizado	✓	MT-03	Acero	✓	0
Z2-17	Z2-18	103.37	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	5/16 1X7 Super GX	Acero Galvanizado	✓	MT-03	Acero	✓	0
Z2-18	Z2-19	89.80	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	5/16 1X7 Super GX	Acero Galvanizado	✓	MT-05	Acero	✓	4
Z2-19	Z2-20	122.28	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	5/16 1X7 Super GX	Acero Galvanizado	✓	MT-03	Acero	✓	0
Z2-20	Z2-21	91.97	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	5/16 1X7 Super GX	Acero Galvanizado	✓	MT-03	Acero	✓	0
Z2-21	Z2-22	130.15	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	5/16 1X7 Super GX	Acero Galvanizado	✓	MT-05	Acero	✓	2
Z2-22	Z2-23	138.36	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	5/16 1X7 Super GX	Acero Galvanizado	✓	MT-03	Acero	✓	0
Z2-23	Z2-24	99.64	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	5/16 1X7 Super GX	Acero Galvanizado	✓	MT-03	Acero	✓	0
Z2-24	Z2-25	148.66	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	5/16 1X7 Super GX	Acero Galvanizado	✓	MT-03	Acero	✓	0
Z2-25	Z2-26	103.23	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	5/16 1X7 Super GX	Acero Galvanizado	✓	MT-03	Acero	✓	0
Z2-26	Z2-27	130.79	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	5/16 1X7 Super GX	Acero Galvanizado	✓	MT-03	Acero	✓	0
Z2-27	Z2-28	110.53	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	5/16 1X7 Super GX	Acero Galvanizado	✓	MT-03	Acero	✓	0
Z2-28	Z2-29	116.58	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	5/16 1X7 Super GX	Acero Galvanizado	✓	MT-06	Acero	✓	0
Z2-29	Z2-30	126.40	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	5/16 1X7 Super GX	Acero Galvanizado	✓	MT-03	Acero	✓	0
Z2-30	Z2-31	119.52	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	5/16 1X7 Super GX	Acero Galvanizado	✓	MT-03	Acero	✓	0
Z2-31	Z2-32	119.55	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	5/16 1X7 Super GX	Acero Galvanizado	✓	MT-03	Acero	✓	0
Z2-32	Z2-33	144.52	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	5/16 1X7 Super GX	Acero Galvanizado	✓	MT-03	Acero	✓	0
Z2-33	Z2-34	233.25	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	5/16 1X7 Super GX	Acero Galvanizado	✓	MT-05	Acero	✓	5
Z2-34										MT-07	Acero	✓	3

UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

ecopetrol

DISEÑO DE UN PROGRAMA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE CRUDO DEL CAMPO ESCUELA COLORADO

LEVANTAMIENTO DE CIRCUITOS DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIA INFORMACION DE CAMPO

SUBESTACION: EL CENTRO		ALIMENTADOR: INFANTAS		CIRCUITO: PRINCIPAL		TENSION: 14.4 KV		PLANTILLA Nº						
								1						
APOYOS	AISLADORES			DPS			INTERRUPTORES			LOCALIZACION			REGISTRO VISUAL POSTE	
	ESTADOS	TIPO	MATERIAL	CANTIDAD	ESTADO	TIPO	CANTIDAD	ESTADO	TIPO	CANTIDAD	ESTADO	X		Y
✓		PDI-15-401015-0215	Polimérico	3	✓	PDI-15-401015-0215	3	✓				1043257	1248229	7
***		8235 GAMMA	Cerámico	6	✓			***				1040170	1247592	7
✓		PDI-15-401015-0215	Polimérico	3	✓			***				1040011	1247411	9
***		PDI-15-401015-0215	Polimérico	3	✓			***				1039982	1247255	7
***		8235 GAMMA	Cerámico	6	✓			***				1039954	1247131	7
***		8235 GAMMA	Cerámico	6	✓			***				1039938	1247034	8
✓		* 3	* 4	10	✓			***				1039900	1246899	7
***		8235 GAMMA	Cerámico	6	✓			***				1040015	1246857	7
***		8235 GAMMA	Cerámico	6	✓			***				1040084	1246818	7
✓		8235 GAMMA	Cerámico	12	✓			***				1040154	1246791	7
***		8345 GAMMA	Cerámico	3	✓			***				1040102	1246705	8
***		8345 GAMMA	Cerámico	3	✓			***				1040046	1246593	9
***		8345 GAMMA	Cerámico	3	✓			***				1040002	1246509	6
***		8345 GAMMA	Cerámico	3	✓			***				1039972	1246398	7
***		8345 GAMMA	Cerámico	3	✓			***				1039923	1246292	6
***		8345 GAMMA	Cerámico	3	✓			***				1039890	1246190	8
***		8345 GAMMA	Cerámico	3	✓			***				1039855	1246090	8
✓		* 7	* 8	10	✓			***				1039812	1245986	13
***		8345 GAMMA	Cerámico	3	✓			***				1039748	1245933	6
***		8345 GAMMA	Cerámico	3	✓			***				1039653	1245856	12
***		8235 GAMMA	Cerámico	12	✓		3	***				1039590	1245789	13
***		8345 GAMMA	Cerámico	3	✓			***				1039547	1245691	7
***		8345 GAMMA	Cerámico	3	✓			***				1039521	1245663	8
***		8345 GAMMA	Cerámico	3	✓			***				1039493	1245468	10
***		8345 GAMMA	Cerámico	3	✓			***				1039447	1245317	10
***		8345 GAMMA	Cerámico	3	✓			***				1039403	1245217	8
***		8345 GAMMA	Cerámico	3	✓			***				1039341	1245102	8
***		8235 GAMMA	Cerámico	12	✓			***				1039288	1245002	7
***		8345 GAMMA	Cerámico	3	✓			***				1039241	1244893	8
***		8345 GAMMA	Cerámico	3	✓			***				1039211	1244776	7
***		8345 GAMMA	Cerámico	3	✓			***				1039157	1244666	8
***		8345 GAMMA	Cerámico	3	✓			***				1039088	1244564	8
✓		8235 GAMMA	Cerámico	12	✓			***				1039042	1244427	8
✓		8235 GAMMA	Cerámico	21	✓		3	✓				1038809	1244439	7

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANGRE

DISEÑO DE UN PROGRAMA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE CRUDO DEL CAMPO ESCUELA COLORADO

LEVANTAMIENTO DE CIRCUITOS DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIA INFORMACIÓN DE CAMPO

ecopetrol

SUBESTACION: EL CENTRO		ALIMENTADOR: INFANTAS				CIRCUITO: PRINCIPAL				TENSIÓN: 14.4 KV				PLANTILLA Nº 4			
APOYOS	AISLADORES			DPS			INTERRUPTORES			LOCALIZACIÓN			REGISTRO VISUAL POSTE				
	TIPO	MATERIAL	CANTIDAD	ESTADO	TIPO	CANTIDAD	ESTADO	TIPO	CANTIDAD	ESTADO	X	Y	Z	VERIFICACION			
✓	*2	Cerámico	15	✓	POI-1001131003.714	3	✓	C-100	3	✓	1038321	1241148	10	SUBESTACION			
	8235 GAMMA	Cerámico	6	✓							1038326	1241085	8	SUBESTACION			
	8345 GAMMA	Cerámico	3	✓							1038329	1243941	12	SUBESTACION			
	8345 GAMMA	Cerámico	3	✓							1038328	1243866	12	SUBESTACION			
	8235 GAMMA	Cerámico	6	✓							1038332	1243774	7	SUBESTACION			
	8235 GAMMA	Cerámico	6	✓							1038326	1243681	8	SUBESTACION			
✓	*3	*4	5	✓							1038325	1243587	8	SUBESTACION			
✓	8235 GAMMA	Cerámico	12	✓	POI-1001131003.714	3	✓				1038339	1243350	11	SUBESTACION			
	8235 GAMMA	Cerámico	6	✓							1038337	1243328	10	SUBESTACION			
	8235 GAMMA	Cerámico	6	✓							1038388	1243187	8	SUBESTACION			
	8345 GAMMA	Cerámico	3	✓							1038440	1243068	9	SUBESTACION			
	8235 GAMMA	Cerámico	6	✓							1038462	1242949	11	SUBESTACION			
	8345 GAMMA	Cerámico	3	✓	POI-1001131003.714	3	✓				1038496	1242849	10	SUBESTACION			
✓	8235 GAMMA	Cerámico	6	✓							1038529	1242775	9	SUBESTACION			
✓	*9	*10	11	✓							1038554	1242674	7	SUBESTACION			
✓	8345 GAMMA	Cerámico	9	✓	POI-1001131003.714	3	✓	C-100	3	✓	1038658	1242471	13	SUBESTACION			

Anexo G

Tablas de las estructuras de BT

- Plantilla 1

1. En la estructura 61-07, se encuentra ubicada la subestación 61. Esta subestación es la encargada de alimentar los pozos 36,37 y 75.
2. La estructura 01-05, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 3 aisladores referencia 8156 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.
3. La estructura 01-04, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 6 aisladores referencia 8075 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.
4. En la estructura 01-04, se encuentra ubicada la acometida del pozo 56.
5. La estructura 01-05, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 3 aisladores referencia 8156 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.
6. La estructura 01-07, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 6 aisladores referencia 8075 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.
7. En la estructura 01-07, se encuentra ubicada la acometida del pozo 75.

B. Plantilla 2

1. En la estructura 61-07, se encuentra ubicada la subestación 61. Esta subestación es la encargada de alimentar los pozos 36,37 y 75.
2. La estructura 02-03, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 3 aisladores referencia 8156 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.
3. La estructura 02-02, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 6 aisladores referencia 8075 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.
4. La estructura 02-03, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 3 aisladores referencia 8156 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.
5. En la estructura 02-02, se encuentra ubicada la acometida del pozo 55.

6. La estructura 02-06, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 6 aisladores referencia 8315 GAMMA y 6 aisladores referencia 8075 GAMMA.
7. En la estructura 02-06, se encuentra ubicada la acometida del pozo 37.
8. En la estructura 02-07, solo se encuentran 3 aisladores en funcionamiento, debido a que la red de baja tensión se encuentra interrumpida en ese lugar.

- Plantilla 3

1. En la estructura 61-07, se encuentra ubicada la subestación 61. Esta subestación es la encargada de alimentar los pozos 36,37 y 75.
2. En la estructura 03-01, presenta una derivación bifásica no autorizada.
3. La estructura 03-05, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 3 aisladores referencia 8156 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.
4. La estructura 03-04, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 6 aisladores referencia 8075 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.
5. En la estructura 03-04, se encuentra ubicada la acometida del pozo 36.
6. La estructura 03-05, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 3 aisladores referencia 8156 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.
7. La estructura 03-10, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 6 aisladores referencia 8315 GAMMA y 6 aisladores referencia 8075 GAMMA.
8. En la estructura 03-10, solo se encuentran 3 aisladores referencia 8315 GAMMA en funcionamiento, debido a que la red de baja tensión se encuentra interrumpida en ese lugar.
9. En la estructura 03-10, se encuentra ubicada la acometida del pozo 74.

- Plantilla 4

1. En la estructura 71-05, se encuentra ubicada la subestación 71. Esta subestación es la encargada de alimentar la estación de bombeo.
2. La estructura 04-03, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 6 aisladores referencia 8156 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.
3. La estructura 04-05, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 6 aisladores referencia 8156 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.
4. En la estructura 04-05, solo los 3 aisladores referencia 8315 GAMMA se encuentran fuera de funcionamiento, debido a que la red de baja tensión se encuentra interrumpida en ese lugar.

5. La estructura 04-07, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 9 aisladores referencia 8315 GAMMA y 6 aisladores referencia 8075 GAMMA.
6. En la estructura 04-08, se encuentra ubicada la acometida del pozo 67.

- Plantilla 5

1. La estructura 04-03, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 6 aisladores referencia 8156 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.
2. La estructura 05-04, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 3 aisladores referencia 8156 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.
3. La estructura 05-08, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 6 aisladores referencia 8075 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.
4. En la estructura 05-08, se encuentra ubicada la acometida del pozo 45.
5. La estructura 05-04, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 3 aisladores referencia 8156 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.
6. En la estructura 05-07, se encuentra ubicada la acometida de la Estación de Bombeo.

- Plantilla 6

1. En la estructura 71-05, se encuentra ubicada la subestación 71. Esta subestación es la encargada de alimentar la estación de bombeo.
2. La estructura 06-01, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 3 aisladores referencia 8156 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.
3. La estructura 06-04, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 6 aisladores referencia 8075 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.
4. En la estructura 06-04, se encuentra ubicada la acometida del pozo 39.
5. La estructura 06-01, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 3 aisladores referencia 8156 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.
6. La estructura 06-07, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 3 aisladores referencia 8156 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.
7. La estructura 06-08, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 6 aisladores referencia 8075 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.
8. En la estructura 06-08, se encuentra ubicada la acometida del pozo 59.
9. La estructura 06-07, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 3 aisladores referencia 8156 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.

10. La estructura 06-11, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 6 aisladores referencia 8075 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.
11. En la estructura 06-11, se encuentra ubicada la acometida del pozo 58.

- Plantilla 7

1. En la estructura 91-15, se encuentra ubicada la subestación 91. Esta subestación es la encargada de alimentar el pozo 12 y 69.
2. La estructura 07-03, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 3 aisladores referencia 8156 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.
3. En la estructura 07-03, solo se encuentran 3 aisladores en funcionamiento, debido a que la red de baja tensión se encuentra interrumpida en ese lugar.
4. La estructura 07-03, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 3 aisladores referencia 8156 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.
5. En la estructura 07-03, solo se encuentran 3 aisladores en funcionamiento, debido a que la red de baja tensión se encuentra interrumpida en ese lugar.
6. La estructura 07-04, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 4 aisladores referencia 8235 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.
7. La estructura 07-07, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 8 aisladores referencia 8156 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.
8. La estructura 07-06, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 3 aisladores referencia 8315 GAMMA y 6 aisladores referencia 8156 GAMMA.
9. En la estructura 07-06, se encuentra ubicada la acometida del pozo 35.
10. La estructura 07-07, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 8 aisladores referencia 8156 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.
11. La estructura 07-09, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 8 aisladores referencia 8156 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.
12. La estructura 07-08, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 3 aisladores referencia 8315 GAMMA y 6 aisladores referencia 8156 GAMMA.
13. En la estructura 07-08, se encuentra ubicada la acometida del pozo 30.
14. La estructura 07-09, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 8 aisladores referencia 8156 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.
15. La estructura 07-13, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 3 aisladores referencia 8235 GAMMA y 6 aisladores referencia 8156 GAMMA.
16. En la estructura 07-13, se encuentra ubicada la acometida del pozo 69.

- Plantilla 8

1. En la estructura 91-15, se encuentra ubicada la subestación 91. Esta subestación es la encargada de alimentar el pozo 12 y 69.
2. La estructura 08-01, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 3 aisladores referencia 8156 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.
3. La estructura 08-05, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 3 aisladores referencia 8315 GAMMA y 6 aisladores referencia 8075 GAMMA.
4. En la estructura 08-05, se encuentra ubicada la acometida del pozo 12.
5. La estructura 08-01, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 3 aisladores referencia 8156 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.
6. La estructura 08-06, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 3 aisladores referencia 8156 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.
7. La estructura 08-08, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 3 aisladores referencia 8315 GAMMA y 6 aisladores referencia 8075 GAMMA.
8. En la estructura 08-08, se encuentra ubicada la acometida del pozo 43.
9. La estructura 08-06, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 3 aisladores referencia 8156 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.
10. La estructura 08-11, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 3 aisladores referencia 8156 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.
11. La estructura 08-15, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 3 aisladores referencia 8156 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.
12. La estructura 08-18, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 3 aisladores referencia 8235 GAMMA y 6 aisladores referencia 8075 GAMMA.
13. En la estructura 08-18, se encuentra ubicada la acometida del pozo 3.
14. La estructura 08-15, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 3 aisladores referencia 8156 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.
15. La estructura 08-21, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 3 aisladores referencia 8315 GAMMA y 6 aisladores referencia 8075 GAMMA.
16. En la estructura 08-21, se encuentra ubicada la acometida del pozo 43.
17. La estructura 08-11, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 3 aisladores referencia 8156 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.
18. La estructura 08-24, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 3 aisladores referencia 8156 GAMMA y 6 aisladores referencia 8075 GAMMA.

19. En la estructura 08-24, se encuentra ubicada la acometida del pozo 33.
 20. La estructura 08-28, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 3 aisladores referencia 8315 GAMMA y 6 aisladores referencia 8075 GAMMA.
 21. En la estructura 08-28, se encuentra ubicada la acometida del pozo 65.
- Plantilla 9
 1. En la estructura 101-08, se encuentra ubicada la subestación 101. Esta subestación es la encargada de alimentar el pozo 70.
 2. La estructura 09-03, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 3 aisladores referencia 8156 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.
 3. La estructura 09-05, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 3 aisladores referencia 8156 GAMMA y 3 aisladores referencia 8235 GAMMA.
 4. La estructura 09-13, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 3 aisladores referencia 8235 GAMMA y 6 aisladores referencia 8075 GAMMA.
 5. En la estructura 09-13, se encuentra ubicada la acometida del pozo 70.
 6. La estructura 09-05, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 3 aisladores referencia 8156 GAMMA y 3 aisladores referencia 8235 GAMMA.
 7. La estructura 09-14, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 3 aisladores referencia 8156 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.
 8. En la estructura 09-14, solo se encuentran 3 aisladores en funcionamiento, debido a que la red de baja tensión se encuentra interrumpida en ese lugar.
 9. La estructura 09-17, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 3 aisladores referencia 8315 GAMMA y 6 aisladores referencia 8075 GAMMA.
 10. En la estructura 09-17, se encuentra ubicada la acometida del pozo 31.
 - Plantilla 10
 1. En la estructura 111-08, se encuentra ubicada la subestación 111. Esta subestación es la encargada de alimentar el pozo 38.
 2. La estructura 10-04, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 3 aisladores referencia 8156 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.
 3. La estructura 10-01, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 6 aisladores referencia 8075 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.
 4. En la estructura 10-01, se encuentra ubicada la acometida del pozo 23.

5. La estructura 10-04, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 3 aisladores referencia 8156 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.
6. La estructura 10-01, cuenta con dos tipos de aisladores. Estos son 6 aisladores referencia 8075 GAMMA y 3 aisladores referencia 8315 GAMMA.
7. En la estructura 10-09, se encuentra ubicada la acometida del pozo 38.

APOYOS		AISLADORES			LOCALIZACION			ACOMETIDA			OBSERVACIONES	REGISTRO VISUAL
ESTADOS	TIPO	MATERIAL	CANTIDAD	ESTADO	X	Y	Z	No. POZO	MOTOR	ESTADO		
✓	8156 GAMMA	Cerámico	3	✓	1038658	1242471	13	---	---	---	Ver hoja anexa	SUBESTACION ABANDONADA
---	8156 GAMMA	Cerámico	3	✓	1038652	1242467	7	---	---	---	---	SUBESTACION ABANDONADA
✓	* 2	Cerámico	6	✓	1038619	1242416	9	---	---	---	Ver hoja anexa	SUBESTACION ABANDONADA
---	8156 GAMMA	Cerámico	3	✓	1038650	1242370	10	---	---	---	---	SUBESTACION ABANDONADA
✓	* 4	Cerámico	6	✓	1038619	1242416	9	---	---	---	Ver hoja anexa	SUBESTACION ABANDONADA
X	* 6	Cerámico	7	✓	1038576	1242346	11	---	---	---	Ver hoja anexa	SUBESTACION ABANDONADA
---	8156 GAMMA	Cerámico	3	✓	1038527	1242352	8	---	---	---	---	SUBESTACION ABANDONADA
✓	* 7	Cerámico	11	✓	1038501	1242360	8	---	---	---	Ver hoja anexa	SUBESTACION ABANDONADA
✓	* 8	Cerámico	9	✓	1038519	1242362	8	35	X	X	Ver hoja anexa	SUBESTACION ABANDONADA
✓	* 10	Cerámico	11	✓	1038501	1242360	8	---	---	---	Ver hoja anexa	SUBESTACION ABANDONADA
✓	* 11	Cerámico	11	✓	1038237	1242375	8	---	---	---	Ver hoja anexa	SUBESTACION ABANDONADA
✓	* 12	Cerámico	9	✓	1038176	1242364	9	30	X	X	Ver hoja anexa	SUBESTACION ABANDONADA
✓	* 14	Cerámico	11	✓	1038237	1242375	8	---	---	---	Ver hoja anexa	SUBESTACION ABANDONADA
---	8156 GAMMA	Cerámico	3	✓	1038260	1242418	7	---	---	---	---	SUBESTACION ABANDONADA
---	8156 GAMMA	Cerámico	3	✓	1038285	1242456	8	---	---	---	---	SUBESTACION ABANDONADA
---	8156 GAMMA	Cerámico	3	✓	1038321	1242535	6	---	---	---	---	SUBESTACION ABANDONADA
✓	* 15	Cerámico	9	✓	1038287	1242602	8	69	✓	✓	Ver hoja anexa	SUBESTACION ABANDONADA

SUBESTACION: COLORADO 91 **TIPO DE TRF: Trifásico** **POTENCIA DEL TRF: 75 KVA** **No. DE CIRCUITO RAMAL: 7** **PLANTILLA Nº** **7**
No. DE POZOS ACTIVOS: 1 **No. DE POZOS INACTIVOS: 2** **No. DE POZOS ABANDONADOS: 3**

TRAMO		CONDUCTORES DE FASE			CABLE DE GUARDA			PUESTA A TIERRA		ESTRUCTURAS			APOYOS	
APOYO Nº A	APOYO Nº B	LONGITUD	CALIBRE	MATERIAL	CANTIDAD	ESTADO	CALIBRE	MATERIAL	ESTADO	TIPO	MATERIAL	ESTADO	CANTIDAD	
91-15	08-01	139,25	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	-----	-----	-----	✓	BT-02	Acero	✓	2
08-01	08-02	108,26	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	-----	-----	-----	X	BT-03	Acero	✓	0
08-02	08-03	73,50	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	-----	-----	-----	X	BT-01	Acero	✓	0
08-03	08-04	92,57	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	-----	-----	-----	X	BT-01	Acero	✓	0
08-04	08-05	42,90	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	-----	-----	-----	X	BT-03	Acero	✓	1
08-05	08-06	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	✓	BT-04	Acero	✓	1
08-06	08-07	81,41	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	-----	-----	-----	X	BT-03	Acero	✓	0
08-07	08-08	38,44	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	-----	-----	-----	X	BT-03	Acero	✓	1
08-08	08-09	45,58	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	-----	-----	-----	X	BT-01	Acero	✓	1
08-09	08-10	75,95	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	-----	-----	-----	✓	BT-04	Acero	✓	1
08-10	08-11	81,41	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	-----	-----	-----	X	BT-01	Acero	✓	1
08-11	08-12	58,99	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	-----	-----	-----	X	BT-03	Acero	✓	0
08-12	08-13	69,14	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	-----	-----	-----	X	BT-03	Acero	✓	2
08-13	08-14	46,21	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	-----	-----	-----	X	BT-01	Acero	✓	0
08-14	08-15	54,20	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	-----	-----	-----	X	BT-01	Acero	✓	0
08-15	08-16	50,10	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	-----	-----	-----	X	BT-01	Acero	✓	1
08-16	08-17	67,68	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	-----	-----	-----	X	BT-03	Acero	✓	1
08-17	08-18	74,86	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	-----	-----	-----	X	BT-01	Acero	✓	2
08-18	08-19	70,08	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	-----	-----	-----	X	BT-01	Acero	✓	0
08-19	08-20	43,07	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	-----	-----	-----	✓	BT-04	Acero	✓	1
08-20	08-21	46,76	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	-----	-----	-----	X	BT-03	Acero	✓	1
08-21	08-22	51,86	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	-----	-----	-----	X	BT-01	Acero	✓	0
08-22	08-23	29,72	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	-----	-----	-----	✓	BT-04	Acero	✓	0
08-23	08-24	35,65	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	-----	-----	-----	X	BT-03	Acero	✓	2
08-24	08-25	41,10	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	-----	-----	-----	X	BT-01	Acero	✓	0
08-25	08-26	57,45	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	-----	-----	-----	X	BT-01	Acero	✓	0
08-26	08-27	44,31	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	-----	-----	-----	X	BT-01	Acero	✓	0
08-27	08-28	78,00	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	-----	-----	-----	X	BT-01	Acero	✓	0
08-28	08-29	147,62	4/0	Acero / Aluminio	3	✓	-----	-----	-----	X	BT-06	Acero	✓	1
08-29	08-30	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	✓	BT-04	Acero	✓	1



SUBESTACION: COLORADO 91 **TIPO DE TRF: Trifásico** **POTENCIA DEL TRF: 75 kVA** **No. DE CIRCUITO RAMAL: 8** **PLANTILLA Nº** **8**
No. DE POZOS ACTIVOS: 1 **No. DE POZOS INACTIVOS: 5** **No. DE POZOS ABANDONADOS: 0**


APOYOS		AISLADORES			LOCALIZACION			ACOMETIDA			OBSERVACIONES	REGISTRO VISUAL POSTE
ESTADOS	TIPO	MATERIAL	CANTIDAD	ESTADO	X	Y	Z	No. POZO	MOTOR	ESTADO		
✓	8315 GAMMA * 2	Cerámico	3	✓	1038658	1242471	13				Ver hoja anexa	SUBESTACIONES ABANDONADAS
---		Cerámico	6	✓	1038717	1242585	7				Ver hoja anexa	SUBESTACIONES ABANDONADAS
---	8156 GAMMA	Cerámico	3	✓	1038823	1242563	8				---	SUBESTACIONES ABANDONADAS
---	8156 GAMMA	Cerámico	3	✓	1038894	1242544	8				---	SUBESTACIONES ABANDONADAS
✓	8315 GAMMA * 3	Cerámico	6	✓	1038977	1242503	8				---	SUBESTACIONES ABANDONADAS
✓		Cerámico	9	✓	1038973	1242484	9	12	✓	✓	Ver hoja anexa	SUBESTACIONES ABANDONADAS
---		Cerámico	6	✓	1038717	1242585	7				Ver hoja anexa	SUBESTACIONES ABANDONADAS
---		Cerámico	6	✓	1038645	1242623	7				Ver hoja anexa	SUBESTACIONES ABANDONADAS
X	8156 GAMMA * 7	Cerámico	3	✓	1038656	1242589	10				---	SUBESTACIONES ABANDONADAS
✓		Cerámico	9	✓	1038707	1242542	8	44	X	X	Ver hoja anexa	SUBESTACIONES ABANDONADAS
✓		Cerámico	6	✓	1038645	1242623	7				Ver hoja anexa	SUBESTACIONES ABANDONADAS
---	8156 GAMMA * 9	Cerámico	3	✓	1038657	1242698	9				---	SUBESTACIONES ABANDONADAS
---	8156 GAMMA * 10	Cerámico	3	✓	1038649	1242779	11				---	SUBESTACIONES ABANDONADAS
X		Cerámico	6	✓	1038649	1242838	13				Ver hoja anexa	SUBESTACIONES ABANDONADAS
---	8156 GAMMA * 11	Cerámico	3	✓	1038645	1242942	7				---	SUBESTACIONES ABANDONADAS
---	8156 GAMMA * 12	Cerámico	3	✓	1038645	1242967	7				---	SUBESTACIONES ABANDONADAS
✓		Cerámico	3	✓	1038652	1243007	7				---	SUBESTACIONES ABANDONADAS
✓		Cerámico	6	✓	1038649	1243057	7				Ver hoja anexa	SUBESTACIONES ABANDONADAS
✓	8156 GAMMA * 14	Cerámico	3	✓	1038652	1243079	7				---	SUBESTACIONES ABANDONADAS
---	8156 GAMMA * 15	Cerámico	3	✓	1038698	1243132	7				---	SUBESTACIONES ABANDONADAS
✓		Cerámico	9	✓	1038731	1243172	7	3	X	X	Ver hoja anexa	SUBESTACIONES ABANDONADAS
✓		Cerámico	6	✓	1038649	1243057	7				Ver hoja anexa	SUBESTACIONES ABANDONADAS
✓	8156 GAMMA * 17	Cerámico	3	✓	1038470	1243183	7				---	SUBESTACIONES ABANDONADAS
---	8156 GAMMA * 18	Cerámico	3	✓	1038479	1243184	8				---	SUBESTACIONES ABANDONADAS
---		Cerámico	9	✓	1038444	1243213	7	43	X	X	Ver hoja anexa	SUBESTACIONES ABANDONADAS
X		Cerámico	6	✓	1038649	1242838	13				Ver hoja anexa	SUBESTACIONES ABANDONADAS
---	8156 GAMMA * 19	Cerámico	3	✓	1038599	1242854	11				---	SUBESTACIONES ABANDONADAS
---		Cerámico	3	✓	1038683	1242861	9				---	SUBESTACIONES ABANDONADAS
---	8156 GAMMA * 20	Cerámico	9	✓	1038651	1242879	10	33	X	X	Ver hoja anexa	SUBESTACIONES ABANDONADAS
---		Cerámico	3	✓	1038464	1242918	11				---	SUBESTACIONES ABANDONADAS
---	8156 GAMMA * 21	Cerámico	3	✓	1038481	1242917	11				---	SUBESTACIONES ABANDONADAS
✓		Cerámico	3	✓	1038411	1242945	11				---	SUBESTACIONES ABANDONADAS
✓		Cerámico	9	✓	1038230	1242962	8	65	X	X	Ver hoja anexa	SUBESTACIONES ABANDONADAS



SUBESTACION: COLORADO 91 **TIPO DE TRF: Trifásico** **POTENCIA DEL TRF: 75 KVA** **No. DE CIRCUITO RAMAL: 8**
No. DE POZOS ACTIVOS: 1 **No. DE POZOS INACTIVOS: 5** **No. DE POZOS ABANDONADOS** **PLANTILLA Nº 8**

Anexo H

Transformadores eléctricos de distribución del Campo-Escuela Colorado

COLORADO 61		SIEMENS						
Descripción Física del Transformador		DATOS DE PLACA DEL TRANSFORMADOR						
	TIPO	CFOUM 203-03 S/15	NS	229434	NORMA	ICONTEC		
	POTENCIA kVA	30 kVA	AÑO	2003	BIL AT/BT	kV	95/30	
	No. FASES	3	FRECUENCIA	Hz	60	CLASE DE AISLAMIENTO	Ao	
	TENSIÓN PRIM. V	14400	TENSIÓN SEC. V	480 / 277	CONEXIÓN	DYN5		
	CORRIENTE PRIM. A	1.2	CORRIENTE SEC. A	36	REFRIGERACIÓN	ONAM		
	Subestación Eléctrica Colorado 61	IMPEDANCIA %	1.9	CORRIENTE C.C. kA	1.9	TIEMPO C.C.	s	0,45
		PESO PARTE EXTRAIBLE	kg	281	LIQUIDO AISLANTE	Acete Mineral inhibido	INCREMENTO TEMP. DEVANADOS	°C
PESO TOTAL		kg	498	VOLUMEN LIQUIDO L	140	TEMP. MAXIMA AMBIENTE	°C	40
ORDEN DE COMPRA		13344030			ALTITUD	m	1000	
CLIENTE		ECOPETROL S.A.			MATERIAL DEVANADOS	Cu / Cu		
INVENTARIO		607922			FABRICADO EN COLOMBIA			

COLORADO 71		SIEMENS COLOMBIANA S.A						
Descripción Física del Transformador		DATOS DE PLACA DEL TRANSFORMADOR						
	TIPO	CEOUM 392 N/15	NS	623392	NORMA	---		
	POTENCIA kVA	100	AÑO	1966	BIL AT/BT	kV	---	
	No. FASES	2	FRECUENCIA	Hz	60	CLASE DE AISLAMIENTO	Ao	
	TENSIÓN PRIM. V	13860	TENSIÓN SEC. V	480 / 240	CONEXIÓN	HO		
	CORRIENTE PRIM. A	7,8	CORRIENTE SEC. A	215 / 430	REFRIGERACIÓN	Autorrefrigerado		
	Subestación Eléctrica Colorado 71	IMPEDANCIA %	---	CORRIENTE C.C. kA	8.3	TIEMPO C.C.	s	1.6
		PESO PARTE EXTRAIBLE	kg	---	LIQUIDO AISLANTE	---	INCREMENTO TEMP. DEVANADOS	°C
PESO TOTAL		kg	---	VOLUMEN LIQUIDO L	---	TEMP. MAXIMA AMBIENTE	°C	40
ORDEN DE COMPRA		---			ALTITUD	m	1000	
CLIENTE		ECOPETROL S.A.			MATERIAL DEVANADOS	Cu / Cu		
INVENTARIO		---			FABRICADO EN COLOMBIA			

COLORADO 71		GENERAL ELECTRIC CC						
Descripción Física del Transformador		DATOS DE PLACA DEL TRANSFORMADOR						
	TIPO	---	NS	---	NORMA	---		
	POTENCIA kVA	50	AÑO	1966	BIL AT/BT	kV	---	
	No. FASES	2	FRECUENCIA	Hz	60	CLASE DE AISLAMIENTO	---	
	TENSIÓN PRIM. V	13800	TENSIÓN SEC. V	460 / 230	CONEXIÓN	---		
	CORRIENTE PRIM. A	3,62	CORRIENTE SEC. A	108,7 / 217,4	REFRIGERACIÓN	---		
	Subestación Eléctrica Colorado 71	IMPEDANCIA %	5.0	CORRIENTE C.C. kA	---	TIEMPO C.C.	s	---
		PESO PARTE EXTRAIBLE	kg	---	LIQUIDO AISLANTE	---	INCREMENTO TEMP. DEVANADOS	°C
PESO TOTAL		kg	---	VOLUMEN LIQUIDO L	---	TEMP. MAXIMA AMBIENTE	°C	55
ORDEN DE COMPRA		---			ALTITUD	m	1000	
CLIENTE		ECOPETROL S.A.			MATERIAL DEVANADOS	---		
INVENTARIO		6597			MADE IN USA			

COLORADO 91		ABB					
Descripción Física del Transformador		DATOS DE PLACA DEL TRANSFORMADOR					
	TIPO		NS	---	NORMA	ICONTEC	
	POTENCIA kVA	75	AÑO	1999	BIL AT/BT kV	95 / 30	
	No. FASES	3	FRECUENCIA Hz	60	CLASE DE AISLAMIENTO	Ao	
	TENSIÓN PRIM. V	14400	TENSIÓN SEC. V	480 / 227	CONEXIÓN	DYN5	
	CORRIENTE PRIM. A	3.01	CORRIENTE SEC. A	90.21	REFRIGERACIÓN	ONAM	
	IMPEDANCIA %	---	CORRIENTE C.C. kA	---	TIEMPO C.C. s	---	
	PESO PARTE EXTRAIBLE kg	305	LIQUIDO AISLANTE	Mineral	INCREMENTO TEMP. DEVANADOS °C	65	
PESO TOTAL kg	480	VOLUMEN LIQUIDO L	105 L	TEMP. MÁXIMA AMBIENTE °C	40		
ORDEN DE COMPRA	---			ALTITUD m	1000		
CLIENTE	ECOPETROL S.A.			MATERIAL DEVANADOS	Cu / Cu		
INVENTARIO	474383			---			

COLORADO 101		SIEMENS					
Descripción Física del Transformador		DATOS DE PLACA DEL TRANSFORMADOR					
	TIPO	CFOUM 203-03 S/15	NS	229436	NORMA	ICONTEC	
	POTENCIA kVA	30 kVA	AÑO	2003	BIL AT/BT kV	95/30	
	No. FASES	3	FRECUENCIA Hz	60	CLASE DE AISLAMIENTO	Ao	
	TENSIÓN PRIM. V	14400	TENSIÓN SEC. V	480 / 277	CONEXIÓN	DYN5	
	CORRIENTE PRIM. A	1.2	CORRIENTE SEC. A	36	REFRIGERACIÓN	ONAM	
	IMPEDANCIA %	1.9	CORRIENTE C.C. kA	1.9	TIEMPO C.C. s	0,45	
	PESO PARTE EXTRAIBLE kg	281	LIQUIDO AISLANTE	Acetate Mineral inhibido	INCREMENTO TEMP. DEVANADOS °C	65	
PESO TOTAL kg	498	VOLUMEN LIQUIDO L	140	TEMP. MÁXIMA AMBIENTE °C	40		
ORDEN DE COMPRA	13344030			ALTITUD m	1000		
CLIENTE	ECOPETROL S.A.			MATERIAL DEVANADOS	Cu / Cu		
INVENTARIO	607923			FABRICADO EN COLOMBIA			

COLORADO 111		SIEMENS					
Descripción Física del Transformador		DATOS DE PLACA DEL TRANSFORMADOR					
	TIPO	CFOUM 203-03 S/15	NS	229437	NORMA	ICONTEC	
	POTENCIA kVA	30 kVA	AÑO	2003	BIL AT/BT kV	95/30	
	No. FASES	3	FRECUENCIA Hz	60	CLASE DE AISLAMIENTO	Ao	
	TENSIÓN PRIM. V	14400	TENSIÓN SEC. V	480 / 277	CONEXIÓN	DYN5	
	CORRIENTE PRIM. A	1.2	CORRIENTE SEC. A	36	REFRIGERACIÓN	ONAM	
	IMPEDANCIA %	1.9	CORRIENTE C.C. kA	1.9	TIEMPO C.C. s	0,45	
	PESO PARTE EXTRAIBLE kg	281	LIQUIDO AISLANTE	Acetate Mineral inhibido	INCREMENTO TEMP. DEVANADOS °C	65	
PESO TOTAL kg	498	VOLUMEN LIQUIDO L	140	TEMP. MÁXIMA AMBIENTE °C	40		
ORDEN DE COMPRA	13344030			ALTITUD m	1000		
CLIENTE	ECOPETROL S.A.			MATERIAL DEVANADOS	Cu / Cu		
INVENTARIO	607924			FABRICADO EN COLOMBIA			

Anexo I

Transformadores electricos de distribu- cion rural en el Campo-Escuela Col- orado

DISEÑO DE UN PROGRAMA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE CRUDO DEL CAMPO ESCUELA COLORADO

DATOS DE LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN RURAL





Foto del Transformador de Distribución		UBICACIÓN	TIPO	POTENCIA	FABRICANTE	RELACIÓN DE TRF	PaT
		Z2-013	Trifásico	45 KVA	ABB	14.4 kV / 220 - 127 V	✓
<p>OBSERVACIONES: Este transformador es utilizado para alimentar una finca palmera que se encuentra sobre la vía principal que se dirige al campo. Adicional a esta finca, es la encargada de alimentar 3 casas que quedan frente a la finca, por la otra calzada de la vía.</p>							



Foto del Transformador de Distribución		UBICACIÓN	TIPO	POTENCIA	FABRICANTE	RELACIÓN DE TRF	PaT
		Z2-019	Bifásico	10 KVA	Rymel	14.4 kV / 240 - 120 V	✓
<p>OBSERVACIONES: Este transformador es utilizado para alimentar las diferentes casas a lo largo de la vía principal del campo.</p>							

Foto del Transformador de Distribución		UBICACIÓN	TIPO	POTENCIA	FABRICANTE	RELACIÓN DE TRF	PaT
		Z2-019	Bifásico	15 KVA	Rymel	14.4 kV / 240 - 120 V	✓
<p>OBSERVACIONES: Este transformador es propiedad de una finca. Se utiliza en las labores propias de la finca y adicionalmente, se utiliza para energizar las cercas de los potreros.</p>							

DISEÑO DE UN PROGRAMA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE CRUDO DEL CAMPO ESCUELA COLORADO

DATOS DE LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN RURAL





Foto del Transformador de Distribución		UBICACIÓN	TIPO	POTENCIA	FABRICANTE	RELACIÓN DE TRF	PaT
		Z2-021	Trifásico	30 kVA	ABB	14.4 KV / 220 - 127 V	✓
<p>OBSERVACIONES: Este transformador es propiedad de una finca. Se utiliza en las labores propias de la finca y la casa de recreo, así como se utiliza para energizar las cercas de los potreros.</p>							



Foto del Transformador de Distribución		UBICACIÓN	TIPO	POTENCIA	FABRICANTE	RELACIÓN DE TRF	PaT
		71-01	Bifásico	10 kVA	Rymel	14.4 KV / 240 - 120 V	✓
<p>OBSERVACIONES: Este transformador es utilizado para alimentar la finca La Llana, y para alimentar las tiendas que se encuentran ubicadas al lado de la estación de bombeo.</p>							

Foto del Transformador de Distribución		UBICACIÓN	TIPO	POTENCIA	FABRICANTE	RELACIÓN DE TRF	PaT
		91-07	Bifásico	10 kVA	Rymel	14.4 KV / 240 - 120 V	✓
<p>OBSERVACIONES: Este transformador es utilizado para alimentar las diferentes casas a lo largo de la vía principal del campo, en la parte de arriba de la antigua estación de bombeo.</p>							

DISEÑO DE UN PROGRAMA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE CRUDO DEL CAMPO ESCUELA COLORADO

DATOS DE LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN RURAL









Foto del Transformador de Distribución	UBICACIÓN	TIPO	POTENCIA	FABRICANTE	RELACIÓN DE TRF	PaT
	91-13	Bifásico	10 kVA	Rymel	14.4 kV / 240 - 120 V	√
<p>OBSERVACIONES: Este transformador es utilizado para alimentar las diferentes casas a lo largo de la vía principal del campo, en las inmediaciones de la subestación eléctrica Colorado 91.</p>						

Foto del Transformador de Distribución	UBICACIÓN	TIPO	POTENCIA	FABRICANTE	RELACIÓN DE TRF	PaT
	101-06	Bifásico	15 kVA	Rymel	14.4 kV / 240 - 120 V	√
<p>OBSERVACIONES: Este transformador es utilizado para alimentar las diferentes casas a lo largo de la vía principal del campo, en las inmediaciones de la escuela, es decir al lado de la subestación eléctrica 101</p>						




Anexo J


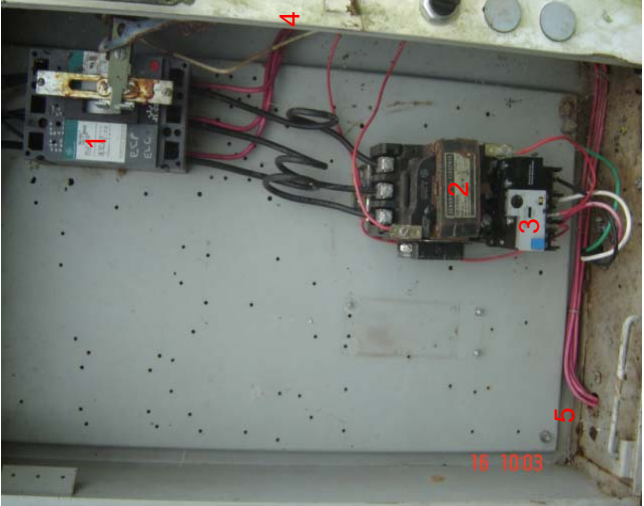
Motores Eléctricos del Campo Escuela Colorado






<p>Descripción Física del Motor Eléctrico</p> 	<p style="text-align: center;">Esquema General Caja de Control</p> 	<p style="text-align: center;">Datos de Placa del Motor Eléctrico</p> <p>No. Inventario: 072-70405 No. Serie: 365-50220 Tipo de Motor: ECONOPAC EIIIT2 TEFC Marca del Motor: General Electric Modelo: 5KY286AL310APF2 Torques: Bajo, Medio Bajo, Medio y Alto RPM: 1200 Deslizamiento: Alto Nema: D Type: KY Rodamiento Delantero: 6310-2RS1/C3 Rodamiento Trasero: 6310-2RS1/C3 Diametro eje: 1 7/8" Corriente: 12, 14, 18, 22 A</p>
<p>Acometida Eléctrica Pozo 12</p> 		<p style="text-align: center;">Datos de los Diferentes Componentes de la Caja de Control</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Breaker Magnético para protección contra cortocircuito. Posee la palanca para maniobrar desde afuera de la caja. TEC36030 30A 600 Vac 3 Pole 2. Bobina de contactos del contactor. CR306C0**AAFA Imax 27 A 600 Vac 3. Rele de sobrecarga electromecánico C1 63B 4. Rele de control de termistores (CR) Cutler-Hammer D3PR2A 250 Vac 28 VDC 10 A 5. Rele de protección (PR) Deltról Control 105ML SPDT 10 A 20034-83 COIL -120 VAC S155D 6. Transformador de Control L0500T213JK IMPERVITRAN 50KVA 7. Regleta de Conexiones 8. Base para instalar Rele retardador de arranque (RTR) 27E12 300 Vac 10 A 9. Minibreaker utilizado para proteger el circuito de control. C60N Merlin Gerin. Multi 9. 4A Type C 10. Regleta de Conexiones del Termostato. 11. Supresor de transitorios 9L15ECC001 650 Vac 3 Pole
<p>Observaciones</p> <p>Para encontrar una base fotográfica adicional se pueden observar en el vínculo: Colorado 12</p> <p>En el esquema general del tablero de control existen unos números, los cuales se describen en los datos de la caja de control a la derecha de la tabla.</p> <p>El pararrayo se encuentra dañado.</p> <p>El motor ECONOPAC se encuentra ubicado en torque medio.</p>	<p>12. Clavija Servicios Generales Clavija 480 V, 32 A Legrand IP 44 0563-79 13. Relevo de Baja Tensión. CR2810A14HZ 600 Vac 10 A</p>	





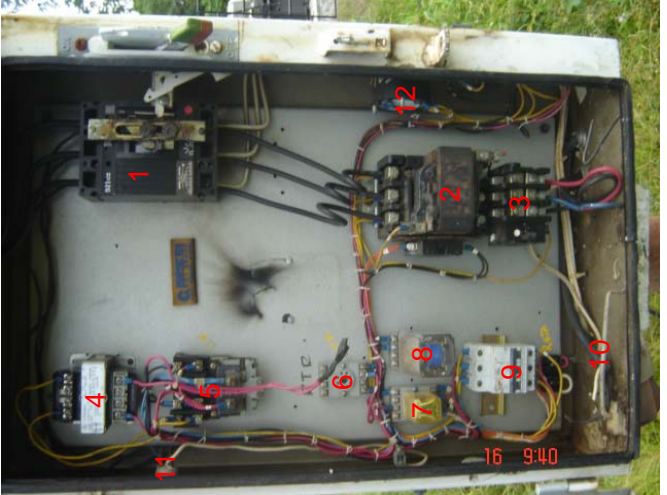
<p>Descripción Física del Motor Eléctrico</p>  <p style="text-align: center;">Acometida Eléctrica Pozo 36</p> 	<p style="text-align: center;">Esquema General Caja de Control</p> 	<p style="text-align: center;">Datos de Placa del Motor Eléctrico</p> <p>No. Inventario: 072-08871 No. Serie: 365-09298</p> <p>Tipo de Motor: CONVENCIONAL 7.5 HP Marca del Motor: Metropolitan Viker Modelo: --- Torques: Alto 900 RPM: Normal Deslizamiento: D Nema: --- Type: --- Rodamiento Delantero: 6309-2RS1/C3 Rodamiento Trasero: 6309-2RS1/C3 Diametro eje: 1 5/8" Corriente: 10.5 A</p>
<p>Observaciones</p> <p>Para encontrar una base fotografica adicional se pueden observar en el vinculo: Colorado 36</p> <p>En el esquema general del tablero de control existen unos numeros, los cuales se describen en los datos de la caja de control a la derecha de la tabla.</p>		<p style="text-align: center;">Datos de los Diferentes Componentes de la Caja de Control</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Breaker Magnetico para protección contra cortocircuito. Posee la palanca para maniobrar desde afuera de la caja. TEC-36030 30A 600 Vac 3 Pole 2. Minibreaker utilizado para proteger el circuito de control. C60N Merlin Gerin. Multi 9. 4A Type C 3. Bobina de contactos del contactor. CR306CX#0** 4. Rele de sobrecarga de estado solido CR324CXGS 5. Clavija Servicios Generales Clavija 480 V, 32 A Legrand IP 44 0563-79 6. Supresor de Transitorios 9L15 ECC001 650 Vac 3 Pole





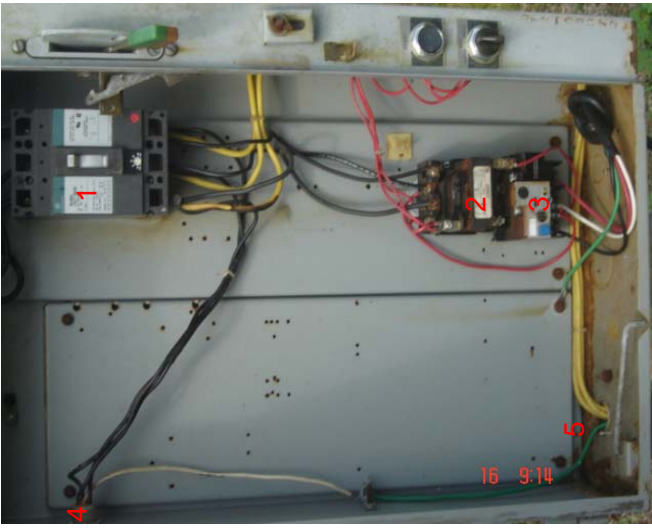
<p>Descripción Física del Motor Eléctrico</p>  <p style="text-align: right; color: red; font-size: small;">03 1037</p>	<p>Esquema General Caja de Control</p> 	<p>Datos de Placa del Motor Eléctrico</p> <p>No. Inventario: 072-09118 No. Serie: 365-11312</p> <p>Tipo de Motor: CONVENCIONAL 30 HP Marca del Motor: General Electric Modelo: 5K326AK305 Torque: Alto RPM: 1200 Deslizamiento: Normal Nema: D Type: ... Rodamiento Delantero: 6312-2RS1/C3 Rodamiento Trasero: 6310-2RS1/C3 Diametro eje: 2 1/8" Corriente: ...</p>
<p>Observaciones</p> <p>Para encontrar una base fotografica adicional se pueden observar en el vinculo: Colorado 37</p> <p>En el esquema general del tablero de control existen unos numeros, los cuales se describen en los datos de la caja de control a la derecha de la tabla.</p>		<p>Datos de los Diferentes Componentes de la Caja de Control</p> <p>1. Breaker Magnetico para protección contra cortocircuito. Posee la palanca para maniobrar desde afuera de la caja. TEC-36050 50A 600 Vac 3 Pole</p> <p>2. Bobina de contactos del contactor. CR305DO CR305 x 200A</p> <p>3. Rele de sobrecarga de estado solido CR324DXHS</p> <p>4. Clavija Servicios Generales Clavija 480 V, 32 A Legrand IP 44 0563-79</p> <p>5. Supresor de transitorios 9L15 ECC001 650 Vac 3 pole</p>






<p>Descripción Física del Motor Eléctrico</p>  <p>Acometida Eléctrica Pozo 38</p> 	<p style="text-align: center;">Esquema General Caja de Control</p> 	<p style="text-align: center;">Datos de Placa del Motor Eléctrico</p> <p>No. Inventario: 072-08935 No. Serie: 365-11412 Tipo de Motor: ECONOPAC EIT3 WP Marca del Motor: General Electric Modelo: 5KY326AL312APF2 Bajo, Medio Bajo, Medio y Alto RPM: 1200 Deslizamiento: Alto Nema: D Type: KY Rodamiento Delantero: 6312-2RS1/C3 Rodamiento Trasero: 6312-2RS1/C3 Diametro eje: 2 1/8" Corriente: 20, 25 30 40 A</p>	<p style="text-align: center;">Datos de los Diferentes Componentes de la Caja de Control</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Breaker Magnético para protección contra cortocircuito. Posee la palanca para maniobrar desde afuera de la caja. TEC36050 50A 600 Vac 3 Pole 2. Programador del pozo en operación intermitente ML155C001 600 Vac 3 Pole Sargent 3. Bobina de contactos del contactor. CR206D000AAEA NEMA Size 2 600 Vac 45 A 4. Rele de sobrecarga de estado sólido CR324DXHS Fla Range 13 - 27 A 5. Transformador de Control 9T58K0042 0,05 kVA 1HP 60 Hz Tipo IP 6. Relevo de Baja Tensión. Machin Tool Relay CR2810A17CD 600 Vac 10 A 7. Base para instalar Rele retardador de arranque (RTR) SR2P-06 10 A 300 Vac Idéc 8. Rele de control de termistores (CR) Cutler-Hammer D3PR2A 250 Vac 28 VDC 10 A 9. Rele de protección (PR) Deltról Control 105ML SPDT 10 A 20034-83 COIL -120 VAC S155D 10. Minibreaker utilizado para proteger el circuito de control. C60N Merlin Gerin. Multi 9. 4A Type C 11. Supresor de transitorios 9L15ECC001 650 Vac 3 Pole
<p>Observaciones</p> <p>Para encontrar una base fotográfica adicional se pueden observar en el vínculo: Colorado 38</p> <p>En el esquema general del tablero de control existen unos números, los cuales se describen en los datos de la caja de control a la derecha de la tabla.</p> <p>El motor ECONOPAC se encuentra ubicado en torque bajo.</p>	<p>12. Clavija Servicios Generales Clavija 480 V, 32 A Legrand IP 44 0563-79</p>		





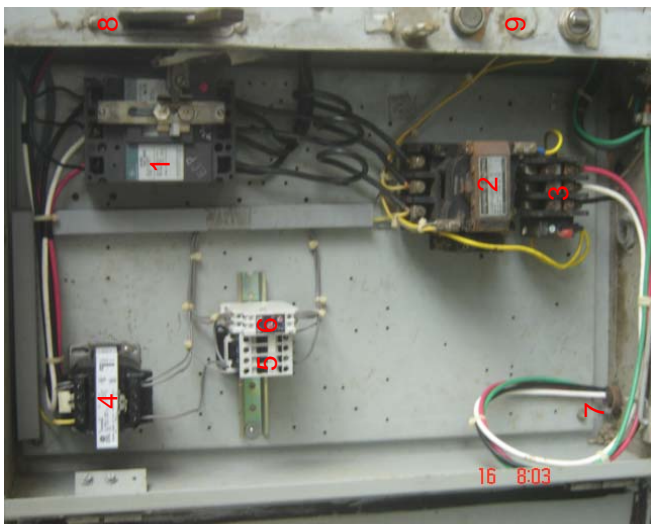
<p>Descripción Física del Motor Eléctrico</p>  <p>Acometida Eléctrica Pozo 69</p> 	<p style="text-align: center;">Esquema General Caja de Control</p> 	<p style="text-align: center;">Datos de Placa del Motor Eléctrico</p> <p>No. Inventario: 072-10025 No. Serie: 365-11305 Tipo de Motor: ECONOPAC EII12 TEFC Marca del Motor: General Electric Modelo: 5KY286AL310APF2 Torque: Bajo, Medio Bajo, Medio y Alto RPM: 1200 Deslizamiento: Alto Nema: D Type: KY Rodamiento Delantero: 6310-2RS1/C3 Rodamiento Trasero: 6310-2RS1/C3 Diametro eje: 1 7/8" Corriente: 12, 14, 18, 22 A</p>
<p>Observaciones</p> <p>Para encontrar una base fotografica adicional se pueden observar en el vinculo: Colorado 69</p> <p>En el esquema general del tablero de control existen unos numeros, los cuales se describen en los datos de la caja de control a la derecha de la tabla.</p> <p>El motor ECONOPAC se encuentra ubicado en torque medio.</p>		<p style="text-align: center;">Datos de los Diferentes Componentes de la Caja de Control</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Breaker Magnetico para protección contra cortocircuito. Posee la palanca para maniobrar desde afuera de la caja. TEC36050 50A 600 Vac 3 Pole 2. Bobina de contactos del contactor. CR305C0 Nema Size II 600Vac 3. Rele de sobrecarga electromecanico C19 8B 4. Transformador de Control 9T58K0042 0,05 kVA 1HP 60 Hz Tipo IP 5. Relevio de Baja Tensión. CR2810A14HZ 600 Vac 10 A 6. Base para instalar Rele retardador de arranque (RTR) SR2P-06 10 A. 300 Vac Idcc 7. Rele de control de termistores (CR) RR2P-LU 120 Vac Idcc 8. Rele de protección (PR) Dctrlol Control 105MIL SPDT 10 A. 20034-83 COIL -120 VAC S155D 9. Minibreaker utilizado para proteger el circuito de control. C60N Merlin Gerin. Multi 9. 4A Type C 10. Supresor de transitorios 9L15ECC001 650 Vac 3 Pole 11. Clavija Servicios Generales Clavija 480 V. 32 A Legrand IP 44 0563-79 12. Programador del pozo en caso que se desee operación intermitente ML15SC001 600 Vac 3 Pole Sargent

 UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		 ecopetrol	
DISENO DE UN PROGRAMA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE CRUDO DEL CAMPO ESCUELA COLORADO			
MOTOR ELÉCTRICO POZO COLORADO 70			
Descripción Física del Motor Eléctrico		Datos de Placa del Motor Eléctrico	
		No. Inventario: 072-08972 No. Serie: 365-05547 Tipo de Motor: CONVENCIONAL 7.5 HP Marca del Motor: Westinghouse Modelo: 24W90 Torque: Alto RPM: 1200 Deslizamiento: Normal Nema: D Type: ... Rodamiento Delantero: 6309-2RS1/C3 Rodamiento Trasero: 6309-2RS1/C3 Diametro eje: 1 5/8" Corriente: 10.5 A	
Acometida Eléctrica Pozo 70		Datos de los Diferentes Componentes de la Caja de Control	
		1. Breaker Magnético para protección contra cortocircuito. TEC36030 30A 600 Vac 3 Pole 2. Bobina de contactos del contactor. CR305CO Nema Size I 600Vac 3. Rele de sobrecarga de estado solido CR324CXGS 4. Clavija Servicios Generales Clavija 480 V, 32 A Legrand IP 44 0563-79 5. Supresor de transitorios 9L15 ECC001 650 Vac 3 pole	
Observaciones			
<p>Para encontrar una base fotografica adicional se pueden observar en el vinculo: Colorado 70</p> <p>En el esquema general del tablero de control existen unos numeros, los cuales se describen en los datos de la caja de control a la derecha de la tabla.</p>			



<p>Descripción Física del Motor Eléctrico</p> 	<p style="text-align: center;">Esquema General Caja de Control</p> 	<p style="text-align: center;">Datos de Placa del Motor Eléctrico</p> <p>No. Inventario: 072-09108 No. Serie: 365-08773</p> <p>Tipo de Motor: ECONOPAC EIIIT2 TEFC Marca del Motor: General Electric Modelo: 5KR284BL335APF2 Torque: Bajo, Medio Bajo, Medio y Alto RPM: 1200 Deslizamiento: Alto Nema: D Type: KR Rodamiento Delantero: 6310-2RS1/C3 Rodamiento Trasero: 6310-2RS1/C3 Diametro eje: 1 7/8" Corriente: 13, 16, 20, 25 A</p>
<p>Acometida Eléctrica Pozo 75</p> 		<p style="text-align: center;">Datos de los Diferentes Componentes de la Caja de Control</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Breaker Magnético para protección contra cortocircuito. TEC36030 30A 600 Vac 3 Pole 2. Bobina de contactos del contactor. CR305D0** Nema Size 2 600 Vac I_{max} 50A 3. Rele de sobrecarga electromecánico CR324DXHS Fia Range 13 - 27 A 4. Supresor de transitorios 9L15 ECC001 650 VAC 3 pole 5. Rele de temporización para retardar el arranque del pozo 55-15D695G4 CRJ15B2 CR2820B Serie A 6. Clavija Servicios Generales Clavija 480 V, 32 A Legrand IP 44 0563-79
<p>Observaciones</p> <p>Para encontrar una base fotográfica adicional se pueden observar en el vínculo: Colorado 75</p> <p>En el esquema general del tablero de control existen unos números, los cuales se describen en los datos de la caja de control a la derecha de la tabla.</p> <p>El motor ECONOPAC se encuentra ubicado en torque alto.</p>		



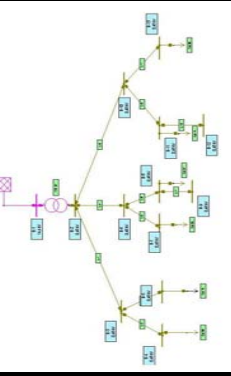
<p>Descripción Física del Motor Eléctrico</p>  <p>Acometida Eléctrica Estación de Bombeo</p> 	<p style="text-align: center;">Esquema General Caja de Control</p> 	<p style="text-align: center;">Datos de Placa del Motor Eléctrico</p> <p>No. Inventario: 5013427 No. Serie: CF 2123440</p> <p>Tipo de Motor: Convencional 30 HP</p> <p>Marca del Motor: General Electric</p> <p>Modelo: 5K326AK305</p> <p>Torque: ---</p> <p>RPM: 1165</p> <p>Deslizamiento: Normal</p> <p>Nema: B</p> <p>Type: K</p> <p>Rodamiento Delantero: 60BC03</p> <p>Rodamiento Trasero: 50BC03</p> <p>Diametro eje: ---</p> <p>Corriente: 40.7 A</p>
<p>Datos de los Diferentes Componentes de la Caja de Control</p>		
<p>1. Breaker Magnético para protección contra cortocircuito. Posee la palanca para maniobrar desde afuera de la caja. TEC36030 30A 600 Vac 3 Pole</p> <p>2. Bobina de contactos del contactor CR306D000AAEA Nema Size 2 Imax 45 A 600 Vac C40 0B</p> <p>3. Rele de sobrecarga electromecánico 9T58K0044 0.1 kVA 1HP 60 Hz 55C Rise Tipo I</p> <p>4. Transformador de Control RL4R</p> <p>5. Rele Auxiliar MTCV</p> <p>6. Rele Retardador de Arranque</p> <p>7. Supresor de transitorios 9L15ECC001 650 Vac 3 pole</p> <p>8. Clavija Servicios Generales Clavija 480 V, 32 A Legrand IP 44 0563-79</p> <p>9. Temporizador Sargent ML15SC001 CR205X100D 600 Vac 3 Pole</p>		
<p>Observaciones</p> <p>Para encontrar una base fotográfica adicional se pueden observar en el vínculo: Estación de Bombeo</p> <p>En el esquema general del tablero de control existen unos números, los cuales se describen en los datos de la caja de control a la derecha de la tabla.</p>		

Anexo K

Simulaciones Subestaciones Eléctricas

Descripción Física del Sistema		Resultados del Sistema a Simular									
Nombre Elemento	Tipo	Tensión		Corriente		Potencia		Perdidas		kW	kVAR
		kV	ang	A	ang	kW	kVAR	kW	kVAR		
L-1	Línea	---	---	16.5	-41.4	---	---	---	---	0.071	0.063
L-2	Línea	---	---	0	0	---	---	---	---	0	0
L-3	Línea	---	---	16.5	-41.4	---	---	---	---	0.028	0.025
L-4	Línea	---	---	6.7	-41.4	---	---	---	---	0.007	0.006
L-5	Línea	---	---	0	0	---	---	---	---	0	0
L-6	Línea	---	---	6.7	-41.4	---	---	---	---	0.012	0.01
L-7	Línea	---	---	0	0	---	---	---	---	0	0
L-8	Línea	---	---	6.7	-41.4	---	---	---	---	0.012	0.01
L-9	Línea	---	---	0	0	---	---	---	---	0	0
L-10	Línea	---	---	0	0	---	---	---	---	0	0
L-11	Línea	---	---	6.7	-41.4	---	---	---	---	0.001	0.001
B-1	Barra	14.4	0	---	---	---	---	---	---	---	---
B-2	Barra	0.48	0	---	---	---	---	---	---	---	---
B-3	Barra	0.477	0	---	---	---	---	---	---	---	---
B-4	Barra	0.477	0	---	---	---	---	---	---	---	---
B-5	Barra	0.475	0	---	---	---	---	---	---	---	---
B-6	Barra	0.479	0	---	---	---	---	---	---	---	---
B-7	Barra	0.479	0	---	---	---	---	---	---	---	---
B-8	Barra	0.478	0	---	---	---	---	---	---	---	---
B-9	Barra	0.478	0	---	---	---	---	---	---	---	---
B-10	Barra	0.479	0	---	---	---	---	---	---	---	---
B-11	Barra	0.479	0	---	---	---	---	---	---	---	---
B-12	Barra	0.479	0	---	---	---	---	---	---	---	---
B-13	Barra	0.478	0	---	---	---	---	---	---	---	---
Col 36	Carga	0.478	0	6.7	-41.4	4.19	3.69	---	---	---	---
Col 37	Carga	0.478	0	6.7	-41.4	4.19	3.69	---	---	---	---
Col 55	Carga	0.479	0	0	0	0	0	---	---	---	---
Col 56	Carga	0.477	0	0	0	0	0	---	---	---	---
Col 74	Carga	0.479	0	0	0	0	0	---	---	---	---
Col 75	Carga	0.475	0	16.5	-41.4	10.2	9	---	---	---	---

Descripción Física del Sistema



Descripción del Sistema a Simular

El transformador es de 30 KVA, marca Siemens con impedancia 0.2%+5.

Las redes de distribución cuentan con conductor 40.

El motor del pozo Colorado 36, es de 7.5 HP, y se asumió un factor de potencia de 0.75.

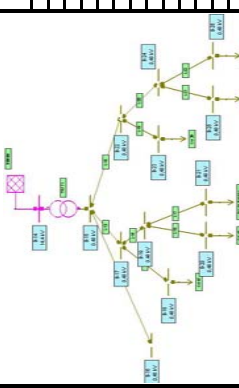
El motor del pozo Colorado 37, es de 30 HP. Para la simulación se asumió una potencia máxima de 7.5 HP y un factor de potencia de 0.75.

El motor del pozo Colorado 75 es ECONOPAC II, y se encuentra en el Torque Alto, razón por la cual la potencia es de 13.6 KVA y el factor de potencia es de 0.75.

Las acometidas restantes estarán sin carga.

Descripción Física del Sistema		Resultados del Sistema a Simular									
Nombre Elemento	Tipo	Tensión		Corriente		Potencia		Perdidas			
		kV	ang	A	ang	kW	kVAR	kW	kVAR		
L-12	Línea	---	---	0	0	---	---	0	0		
L-13	Línea	---	---	27,9	-41,4	---	---	0,172	0,153		
L-14	Línea	---	---	0	0	---	---	0	0		
L-15	Línea	---	---	27,9	-41,4	---	---	0,197	0,176		
L-16	Línea	---	---	0	0	---	---	0	0		
L-17	Línea	---	---	27,9	-41,4	---	---	0,231	0,206		
L-18	Línea	---	---	0	0	---	---	0	0		
L-19	Línea	---	---	0	0	---	---	0	0		
L-20	Línea	---	---	0	0	---	---	0	0		
L-21	Línea	---	---	0	0	---	---	0	0		
L-22	Línea	---	---	0	0	---	---	0	0		
B-14	Barra	14,4	0	---	---	---	---	---	---		
B-15	Barra	0,48	0	---	---	---	---	---	---		
B-16	Barra	0,48	0	---	---	---	---	---	---		
B-17	Barra	0,475	0	---	---	---	---	---	---		
B-18	Barra	0,475	0	---	---	---	---	---	---		
B-19	Barra	0,47	0	---	---	---	---	---	---		
B-20	Barra	0,47	0	---	---	---	---	---	---		
B-21	Barra	0,463	0	---	---	---	---	---	---		
B-22	Barra	0,48	0	---	---	---	---	---	---		
B-23	Barra	0,48	0	---	---	---	---	---	---		
B-24	Barra	0,48	0	---	---	---	---	---	---		
B-25	Barra	0,48	0	---	---	---	---	---	---		
B-26	Barra	0,48	0	---	---	---	---	---	---		
Col 39	Carga	0,48	0	0	0	0	0	0	0		
Col 45	Carga	0,47	0	0	0	0	0	0	0		
Col 58	Carga	0,48	0	0	0	0	0	0	0		
Col 59	Carga	0,48	0	0	0	0	0	0	0		
Col 67	Carga	0,475	0	0	0	0	0	0	0		
EGB	Carga	0,463	0	27,9	-41,4	16,77	14,79				

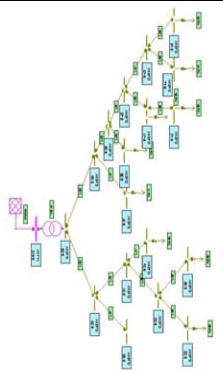
Descripción del Sistema a Simular
 Cuenta con dos transformadores monofásicos de 100 KVA y 50 VA. Su frecuencia es 60 Hz. Las acometidas en cuenta con conductor 4/0, las barras de 0,354 OVA y impedancia 0,316 OVA/m. El motor de la Estación de Bombeo es de 30 HP. Para la simulación se le aplicó un factor de potencia de 0,75. Las acometidas restantes estarán sin carga.





Descripción Física del Sistema		Resultados del Sistema a Simular											
Nombre Elemento	Tipo	Tensión		Comente		Potencia		Perdidas		Potencia		Perdidas	
		KV	ang	A	ang	KW	KVAR	KW	KVAR	KW	KVAR	KW	KVAR
L-23	Línea	---	---	12.7	-41.4	---	---	---	---	0.016	0.014	---	---
L-24	Línea	---	---	0	0	---	---	---	---	0	0	---	---
L-25	Línea	---	---	12.7	-41.4	---	---	---	---	0.027	0.024	---	---
L-26	Línea	---	---	12.7	-41.4	---	---	---	---	0.045	0.04	---	---
L-27	Línea	---	---	0	0	---	---	---	---	0	0	---	---
L-28	Línea	---	---	12.7	-41.4	---	---	---	---	0.044	0.039	---	---
L-29	Línea	---	---	0	0	---	---	---	---	0.023	0.021	---	---
L-30	Línea	---	---	12.6	-41.4	---	---	---	---	0.053	0.048	---	---
L-31	Línea	---	---	0	0	---	---	---	---	0	0	---	---
L-32	Línea	---	---	0	0	---	---	---	---	0	0	---	---
L-33	Línea	---	---	0	0	---	---	---	---	0	0	---	---
L-34	Barra	---	---	0	0	---	---	---	---	0	0	---	---
L-35	Barra	---	---	0	0	---	---	---	---	0	0	---	---
L-36	Barra	---	---	0	0	---	---	---	---	0	0	---	---
L-37	Barra	---	---	0	0	---	---	---	---	0	0	---	---
L-38	Barra	---	---	0	0	---	---	---	---	0	0	---	---
L-39	Barra	---	---	0	0	---	---	---	---	0	0	---	---
B-27	Barra	14.4	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
B-28	Barra	0.48	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
B-29	Barra	0.479	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
B-30	Barra	0.479	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
B-31	Barra	0.477	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
B-32	Barra	0.475	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
B-33	Barra	0.472	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
B-34	Barra	0.477	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
B-35	Barra	0.475	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
B-36	Barra	0.479	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
B-37	Barra	0.475	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
B-38	Barra	0.479	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
B-39	Barra	0.479	0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Descripción Física del Sistema



Descripción del Sistema a Simular

El transformador es de 75 KVA, marca Siemens con impedancia $U\% = 3$.

Las redes de distribución cuentan con conductor 4/0, resistencia de 0.354 Ω /km, impedancia 0.316 Ω /km.

El motor del pozo Colorado 12 es ECONOPAC II, y se encuentra en el Torque Medio, razón por la cual la potencia es de 10.4 KVA y el factor de potencia es de 0.75.

El motor del pozo Colorado 69 es ECONOPAC II, y se encuentra en el Torque Medio, razón por la cual la potencia es de 10.4 KVA y el factor de potencia es de 0.75.

Las acomodadas restantes estarán sin carga.

Descripción Física del Sistema		Resultados del Sistema a Simular									
Nombre Elemento	Tipo	Tensión		Corriente		Potencia		Perdidas			
		kV	ang	A	ang	kW	kVAR	kW	kVAR	kW	kVAR
L-40	Línea	***	***	1,9	-43,7	***	***	0	0	***	***
L-41	Línea	***	***	0	0	***	***	0	0	***	***
L-42	Línea	***	***	1,9	-43,7	***	***	0	0	***	***
L-43	Línea	***	***	1,9	-43,7	***	***	0,002	0,002	***	***
L-44	Línea	***	***	0	0	***	***	0	0	***	***
B-46	Barra	14,4	0	***	***	***	***	***	***	***	***
B-47	Barra	0,48	0	***	***	***	***	***	***	***	***
B-48	Barra	0,48	0	***	***	***	***	***	***	***	***
B-49	Barra	0,48	0	***	***	***	***	***	***	***	***
B-50	Barra	0,48	0	***	***	***	***	***	***	***	***
B-51	Barra	0,479	0	***	***	***	***	***	***	***	***
B-52	Barra	0,48	0	***	***	***	***	***	***	***	***
Co 31	Carga	0,48	0	0	0	0	0	0	0	***	***
Co 70	Carga	0,479	0	1,9	-43,7	1,11	1,06	***	***	***	***

Descripción del Sistema a Simular
 El sistema de distribución cuenta con un transformador de 30 kVA, a una frecuencia de 60 Hz y una impedancia Uz de 3%. La carga presente en el pozo Colorado 70, se tomo de acuerdo a las mediciones efectuadas al pozo.

SIMULACION SUBESTACION ELECTRICA COLORADO 111 ACTUAL

Descripción Física del Sistema		Resultados del Sistema a Simular									
Nombre Elemento	Tipo	Tensión		Corriente		Potencia		Perdidas			
		kV	ang	A	ang	kW	kVAR	kW	kVAR	kW	kVAR
L-45	Línea	***	***	2,4	-50,6	***	***	0	0	***	***
L-46	Línea	***	***	0	0	***	***	0	0	***	***
L-47	Línea	***	***	2,4	-50,6	***	***	0,002	0,002	***	***
Co 23	Carga	***	***	0	0	***	***	0	0	***	***
Co 38	Carga	***	***	2,4	-50,6	1,28	1,56	***	***	***	***
B-53	Barra	14,4	0	***	***	***	***	***	***	***	***
B-54	Barra	0,48	0	***	***	***	***	***	***	***	***
B-55	Barra	0,48	0	***	***	***	***	***	***	***	***
B-56	Barra	0,48	0	***	***	***	***	***	***	***	***
B-57	Barra	0,479	0	***	***	***	***	***	***	***	***

Descripción del Sistema a Simular
 El sistema de distribución cuenta con un transformador de 30 kVA, a una frecuencia de 60 Hz y una impedancia Uz de 3%. La carga presente en el pozo Colorado 38, se tomo de acuerdo a las mediciones efectuadas al pozo.

Descripción Física del Sistema		Resultados del Sistema a Simular									
Nombre Elemento	Tipo	Tensión		Corriente		Potencia		Perdidas			
		kV	ang	A	ang	kW	kVAR	kW	kVAR	kW	kVAR
L-1	Línea	---	---	27,1	-41,4	---	---	0,191	---	0,17	---
L-2	Línea	---	---	10,5	-41,5	---	---	0,008	---	0,007	---
L-3	Línea	---	---	16,6	-41,5	---	---	0,028	---	0,025	---
L-4	Línea	---	---	17,2	-41,4	---	---	0,046	---	0,041	---
L-5	Línea	---	---	10,4	-41,5	---	---	0,006	---	0,005	---
L-6	Línea	---	---	6,8	-41,4	---	---	0,012	---	0,01	---
L-7	Línea	---	---	0	0	---	---	0	---	0	---
L-8	Línea	---	---	17,3	-41,4	---	---	0,079	---	0,071	---
L-9	Línea	---	---	10,5	-41,5	---	---	0,041	---	0,038	---
L-10	Línea	---	---	0	0	---	---	0	---	0	---
L-11	Línea	---	---	6,8	-41,4	---	---	0,001	---	0,001	---
B-1	Barra	14,4	0	---	---	---	---	---	---	---	---
B-2	Barra	0,48	0	---	---	---	---	---	---	---	---
B-3	Barra	0,475	0	---	---	---	---	---	---	---	---
B-4	Barra	0,474	0	---	---	---	---	---	---	---	---
B-5	Barra	0,473	0	---	---	---	---	---	---	---	---
B-6	Barra	0,478	0	---	---	---	---	---	---	---	---
B-7	Barra	0,477	0	---	---	---	---	---	---	---	---
B-8	Barra	0,476	0	---	---	---	---	---	---	---	---
B-9	Barra	0,476	0	---	---	---	---	---	---	---	---
B-10	Barra	0,476	0	---	---	---	---	---	---	---	---
B-11	Barra	0,473	0	---	---	---	---	---	---	---	---
B-12	Barra	0,473	0	---	---	---	---	---	---	---	---
B-13	Barra	0,476	0	---	---	---	---	---	---	---	---
Col 36	Carga	0,476	0	4,19	3,69	6,8	-41,4	---	---	---	---
Col 37	Carga	0,476	0	4,19	3,69	6,8	-41,4	---	---	---	---
Col 55	Carga	0,477	0	6,44	5,69	10,4	-41,4	---	---	---	---
Col 56	Carga	0,474	0	6,44	5,69	10,5	-41,4	---	---	---	---
Col 74	Carga	0,473	0	6,44	5,69	10,5	-41,4	---	---	---	---
Col 75	Carga	0,473	0	10,2	9	16,6	-41,4	---	---	---	---

Descripción del Sistema a Simular

El transformador es de 30 KVA, marca Siemens con impedancia U_z%=3.

Las redes de distribución cuentan con conductor 40, resistencia de 0,364 Ω/km, impedancia 0,316 Ω/km.

El motor del pozo Colorado 36, es de 7,5 HP, y se asumió un factor de potencia de 0,75.

El motor del pozo Colorado 37, es de 30 HP. Para la simulación se asumió una potencia máxima de 15 HP y un factor de potencia de 0,75.

El motor del pozo Colorado 75 es ECONOPAC II, y se encuentra en el Torque Alto, razón por la cual la potencia es de 13,6 KVA y el factor de potencia es de 0,75.

Los motores restantes se asumen ECONOPAC II, torque Medio Bajo, con potencia de 8,6 KVA y F.P. = 0,75.



Descripción Física del Sistema		Resultados del Sistema a Simular									
Nombre Elemento	Tipo	Tensión		Corriente		Potencia		Perdidas			
		kV	ang	A	ang	kW	kVAR	kW	kVAR		
L-12	Línea	---	---	0	---	---	---	0	0	---	---
L-13	Línea	---	---	49.6	-41.4	---	---	0.546	0.487	---	---
L-14	Línea	---	---	10.7	-41.4	---	---	0.113	0.101	---	---
L-15	Línea	---	---	38.9	-41.4	---	---	0.383	0.344	---	---
L-16	Línea	---	---	10.2	-41.4	---	---	0.006	0.006	---	---
L-17	Línea	---	---	28.2	-41.4	---	---	0.237	0.211	---	---
L-18	Línea	---	---	31.4	-41.4	---	---	0.057	0.051	---	---
L-19	Línea	---	---	10.4	-41.4	---	---	0.033	0.029	---	---
L-20	Línea	---	---	21	-41.4	---	---	0.149	0.133	---	---
L-21	Línea	---	---	10.5	-41.4	---	---	0.005	0.004	---	---
L-22	Línea	---	---	10.5	-41.4	---	---	0.026	0.023	---	---
B-14	Barra	14.4	0	---	---	---	---	---	---	---	---
B-15	Barra	0.48	0	---	---	---	---	---	---	---	---
B-16	Barra	0.48	0	---	---	---	---	---	---	---	---
B-17	Barra	0.471	0	---	---	---	---	---	---	---	---
B-18	Barra	0.463	0	---	---	---	---	---	---	---	---
B-19	Barra	0.463	0	---	---	---	---	---	---	---	---
B-20	Barra	0.463	0	---	---	---	---	---	---	---	---
B-21	Barra	0.457	0	---	---	---	---	---	---	---	---
B-22	Barra	0.476	0	---	---	---	---	---	---	---	---
B-23	Barra	0.476	0	---	---	---	---	---	---	---	---
B-24	Barra	0.473	0	---	---	---	---	---	---	---	---
B-25	Barra	0.473	0	---	---	---	---	---	---	---	---
B-26	Barra	0.471	0	---	---	---	---	---	---	---	---
Col 39	Carga	0.476	0	10.4	-41.4	6.44	5.69	6.44	5.69	---	---
Col 45	Carga	0.463	0	10.7	-41.4	6.44	5.69	6.44	5.69	---	---
Col 58	Carga	0.471	0	10.5	-41.4	6.44	5.69	6.44	5.69	---	---
Col 59	Carga	0.473	0	10.4	-41.4	6.44	5.69	6.44	5.69	---	---
Col 67	Carga	0.463	0	10.7	-41.4	6.44	5.69	6.44	5.69	---	---
EGB	Carga	0.457	0	28.2	-41.4	16.77	14.79	16.77	14.79	---	---

Descripción del Sistema a Simular
 Cuenta con dos transformadores monofásicos de 100 KVA y 50 KVA. Su frecuencia es de 60 Hz. Las líneas de transmisión en cada una con conductor 40, resistencia de 0.354 Ohm, impedancia 0.316 Ohm. El motor de la Estación de Bombeo es de 30 HP. Para la simulación se le aplicó un factor de potencia de 0.75. Los motores restantes se asumen ECONPAC II, torque Medio Bajo, con potencia de 8.8 KVA y F.P. 0.75.

Descripción Física del Sistema		Resultados del Sistema a Simular									
		Tensión		Corriente		Potencia		Perdidas			
Nombre Elemento	Tipo	kV	ang	A	ang	kW	kVAR	kW	kVAR		
L-23	Línea	---	---	34	-41,4	---	---	0,117	0,104		
L-24	Línea	---	---	0	0	---	---	0	0		
L-25	Línea	---	---	34	-41,4	---	---	0,194	0,173		
L-26	Línea	---	---	23,5	-41,4	---	---	0,155	0,138		
L-27	Línea	---	---	10,5	-41,4	---	---	0,004	0,004		
L-28	Línea	---	---	12,9	-41,4	---	---	0,045	0,004		
L-29	Línea	---	---	10,6	-41,4	---	---	0,007	0,006		
L-30	Línea	---	---	86,9	-41,4	---	---	0,661	0,59		
L-31	Línea	---	---	12,8	-41,4	---	---	0,055	0,049		
L-32	Línea	---	---	84,1	-41,4	---	---	0,252	0,225		
L-33	Línea	---	---	10,6	-41,4	---	---	0,01	0,008		
L-34	Línea	---	---	43,5	-41,4	---	---	0,434	0,387		
L-35	Barra	---	---	21,7	-41,4	---	---	0,053	0,047		
L-36	Barra	---	---	10,9	-41,4	---	---	0,041	0,036		
L-37	Barra	---	---	21,8	-41,4	---	---	0,11	0,088		
L-38	Barra	---	---	10,9	-41,4	---	---	0,026	0,023		
L-39	Barra	---	---	10,9	-41,4	---	---	0,017	0,015		
B-27	Barra	14,4	0	---	---	---	---	---	---		
B-28	Barra	0,46	0	---	---	---	---	---	---		
B-29	Barra	0,477	0	---	---	---	---	---	---		
B-30	Barra	0,477	0	---	---	---	---	---	---		
B-31	Barra	0,473	0	---	---	---	---	---	---		
B-32	Barra	0,468	0	---	---	---	---	---	---		
B-33	Barra	0,465	0	---	---	---	---	---	---		
B-34	Barra	0,473	0	---	---	---	---	---	---		
B-35	Barra	0,467	0	---	---	---	---	---	---		
B-36	Barra	0,472	0	---	---	---	---	---	---		
B-37	Barra	0,469	0	---	---	---	---	---	---		
B-38	Barra	0,468	0	---	---	---	---	---	---		
B-39	Barra	0,468	0	---	---	---	---	---	---		

Descripción del Sistema a Simular

El transformador es de 75 KVA, marca Siemens con impedancia $U_k\% = 3$

Las redes de distribución cuentan con conductor 4/0, resistencia de 0,354 Ω/km , impedancia 0,316 Ω/km .

El motor del pozo Colorado 12 es ECONOPAC II, y se encuentra en el Torque Medio, razón por la cual la potencia es de 10,4 KVA y el factor de potencia es de 0,75.

El motor del pozo Colorado 69 es ECONOPAC II, y se encuentra en el Torque Medio, razón por la cual la potencia es de 10,4 KVA y el factor de potencia es de 0,75.

Los motores restantes se asumen ECONOPAC II, torque Medio Bajo, con potencia de 8,6 KVA y $P_f = 0,75$.

Descripción Física del Sistema		Resultados del Sistema a Simular										
		Tipo		Tensión		Corriente		Potencia		Perdidas		
Nombre Elemento			kV	ang	A	ang	KW	KVAR	KW	KVAR		
B-40	Barra		0.461	0								
B-41	Barra		0.459	0								
B-42	Barra		0.456	0								
B-43	Barra		0.457	0								
B-44	Barra		0.455	0								
B-45	Barra		0.456	0								
Col 03	Carga		0.469	0	10.9	-41.4	6.45	5.68				
Col 12	Carga		0.469	0	12.8	-41.4	7.8	6.88				
Col 30	Carga		0.467	0	10.6	-41.4	6.45	5.68				
Col 33	Carga		0.459	0	10.8	-41.4	6.45	5.68				
Col 35	Carga		0.473	0	10.5	-41.4	6.45	5.68				
Col 43	Carga		0.455	0	10.9	-41.4	6.45	5.68				
Col 44	Carga		0.468	0	10.6	-41.4	6.45	5.68				
Col 65	Carga		0.458	0	10.9	-41.4	6.45	5.68				
Col 69	Carga		0.465	0	12.9	-41.4	7.8	6.88				

Descripción del Sistema a Simular

El transformador es de 75 KVA, marca Siemens con impedancia U_z%=3.

Las redes de distribución cuentan con conductor 4/0, resistencia de 0.364 Ω/km, impedancia 0.376 Ω/km.

El motor del pozo Colorado 12 es ECONOPAC II, y se encuentra en el Torque Medio, razón por la cual la potencia es de 10.4 KVA y el factor de potencia es de 0.75.

El motor del pozo Colorado 69 es ECONOPAC II, y se encuentra en el Torque Medio, razón por la cual la potencia es de 10.4 KVA y el factor de potencia es de 0.75.

Los motores restantes se asumen ECONOPAC II, torque Medio Bajo, con potencia de 8.6 KVA y F.P. 0.75



Descripción Física del Sistema		Resultados del Sistema a Simular									
		Tensión		Corriente		Potencia		Perdidas			
Nombre Elemento	Tipo	kV	ang	A	ang	kW	kVAR	kW	kVAR		
L-40	Línea	***	***	17,3	-41,4	***	***	0,017	0,015		
L-41	Línea	***	***	0	0	***	***	0	0		
L-42	Línea	***	***	9,48	17,3	***	***	0,041	0,037		
L-43	Línea	***	***	6,8	-41,4	***	***	0,031	0,028		
L-44	Línea	***	***	10,5	-41,4	***	***	0,041	0,037		
B-46	Barra	14,4	0	***	***	***	***	***	***		
B-47	Barra	0,48	0	***	***	***	***	***	***		
B-48	Barra	0,479	0	***	***	***	***	***	***		
B-49	Barra	0,479	0	***	***	***	***	***	***		
B-50	Barra	0,477	0	***	***	***	***	***	***		
B-51	Barra	0,474	0	***	***	***	***	***	***		
B-52	Barra	0,474	0	***	***	***	***	***	***		
B-53	Barra	0,474	0	***	***	***	***	***	***		
Coil 31	Carga	0,474	0	10,5	-41,4	6,45	5,68	***	***		
Coil 70	Carga	0,474	0	6,8	-41,4	4,19	3,7	***	***		

Descripción del Sistema a Simular
 El sistema de distribución cuenta con un transformador de 30 kVA, a una frecuencia de 60 Hz y una impedancia Uz de 3%. El motor del pozo Colorado 70, se asume en base a los datos de placa. Es decir 7,5 HP con F.P. de 0,75. El motor restante se asume ECONOPAC II, torque Medio Bajo, con potencia de 66 kVA y F.P. 0,75

SIMULACIÓN SUBESTACIÓN ELÉCTRICA COLORADO 111

Descripción Física del Sistema		Resultados del Sistema a Simular									
		Tensión		Corriente		Potencia		Perdidas			
Nombre Elemento	Tipo	kV	ang	A	ang	kW	kVAR	kW	kVAR		
L-45	Línea	***	***	19,3	-41,4	***	***	0,039	0,034		
L-46	Línea	***	***	10,4	-41,4	***	***	0,021	0,019		
L-47	Línea	***	***	8,9	-41,4	***	***	0,031	0,028		
B-53	Barra	14,4	0	***	***	***	***	***	***		
B-54	Barra	0,48	0	***	***	***	***	***	***		
B-55	Barra	0,478	0	***	***	***	***	***	***		
B-56	Barra	0,477	0	***	***	***	***	***	***		
B-57	Barra	0,476	0	***	***	***	***	***	***		
Coil 23	Carga	0,477	0	10,4	-41,4	6,45	5,68	***	***		
Coil 38	Carga	0,476	0	8,9	-41,4	5,47	4,83	***	***		

Descripción del Sistema a Simular
 El sistema de distribución cuenta con un transformador de 30 kVA, a una frecuencia de 60 Hz y una impedancia Uz de 3%. El motor del pozo Colorado 38, se asume ECONOPAC II, torque bajo, con potencia 7,3 kVA y F.P. 0,75. El motor restante se asume ECONOPAC II, torque Medio Bajo, con potencia de 66 kVA y F.P. 0,75

Anexo L

Esquema Caja de Control

COMPONENTES DEL ARRANCADOR			
TAG	DESCRIPCION	FABRICANTE	REFERENCIA TAMANO NEMA 3 TAMANO NEMA 4
Q1	INTERRUPTOR DE PROTECCION MAGNETICA	GE	TEC36100 - 50HP TEC36150 - 100HP
OL	MANUA DE ACCIONAMIENTO PARA INTERLOK DEL C. BREAKER	GE	
0L	RELE DE SOBRE CARGA.	GE	CR324FXLP CR324FXMP
TYSS	SUPRESOR DE TRANSitorios.	GE	9L15ECA001 9L15ECA001
Q2	INTERRUPTOR DE PROTECCION CONTROL. CROUSE HINDS o EQUIVALENTE	CH o EQUIVALENTE	MMN1C06
PL	RELE DE TENSION 480V (SUB Y SOBRE) 27/59 .	GE	RTM22AY
K	CONTACTOR TRIPOLAR BOBINA DE 480V	GE	CR326C004 CR326F004
PT	TRANSFORMADOR DE CONTROL 250VA. 480/120V	GE	9T58K0047
RT	RELE DE PROTECCION TEMPERATURA MOTOR POR TERMISTOR SIEMENS T10VAC	SIEMENS	36N1011-1C00
RTR	TEMPORIZADOR ON DELAY 0.06Sec- 100h 24-240Vdc.	GE	RMTCV
RP	PROGRAMADOR HORARIO 24- 240Vdc.	GE	RMVUV
RA1	CONTACTOR AUXILIAR 120 Vac.	GE	AL4R22S
RA2	CONTACTOR AUXILIAR 120 Vac.	GE	AL4R22C
SS	SELECTOR DE MULETILLA 3 POSICIONES FIJAS. (H-O-A)	GE	CR104F5C35892
PB	PULSADOR PUSH BOTTON PARA RESET.	GE	CR104FB92281
	TOMA Y CLAVIA 480V. 3Z Amp. LEGRAND. IP44	LEGRAND	TOMA 0559-79 Y CLAVIA 0563-79
	BARRAJE DE TIERRA EN COBRE		
	BORNERA DE CONEXION ALLEN BRADLEY o EQUIVALENTE	AS o EQUIVALENTE	1492-1ST
	PANEL ENCERRAMIENTO NEMA 4. 6.50x219x1075 LAMINA CALIBRE 12 o EQUIVALENTE	GE o EQUIVALENTE	CR341

PTC= TERMOCUPLA
 VS= SWITCH DE VIBRACION
 PSH= SWITCH DE ALTA PRESION

NOTES:

REFERENCIA DIMENSIONES:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

PROYECTO LA CENA INYANOS ESTACION LC-02
 CHAVARRA DE CONTROL
 PUNTO DE CONTROL

OCCIDENTAL ANDINA, LLC

Anexo M

Catalogo de los motores WEG TEFC IP 55

Three Phase Oil Well Pumping Motors TEFC (IP55) Design D

Electrical Data

Rated Output		Full Load Speed (RPM)	NEMA Frame	Full Load Current I _L (A)			Locked Rotor Current		Full Load Torque T _L (lb.ft)	Locked Rotor Torque (T _r /T _L)	Efficiency η			Power Factor Cos φ			Service Factor SF	Moment of Inertia WK ² (lb.ft ²)	Allowable locked Rotor Time (s)		Approx. Weight (lb)	Sound dB(A)
HP	kW			At 230V	At 460V	At 575V	(kVA Code)	(I _L /I _r)			50	75	100	50	75	100			Hot	Cold		
3	2.2	215T	1110	10.0	5.00	4.00	K	6.40	14.0	4.0	70.0	74.0	75.7	0.55	0.65	0.73	1.15	0.91992	19	42	115	55
5	3.7	215T	1070	14.8	7.40	5.92	J	6.20	24.4	3.8	77.5	78.1	77.5	0.61	0.73	0.81	1.15	1.56381	25	55	170	55
		254T	825	14.5	7.25	5.80	J	6.30	31.6	3.0	75.5	77.0	77.0	0.64	0.76	0.83	1.15	3.40858	17	37	258	54
7.5	5.5	254T	1125	18.5	9.25	7.40	H	6.80	34.5	4.0	80.1	85.3	85.6	0.75	0.83	0.87	1.15	3.06772	14	31	254	59
		284T	845	20.4	10.2	8.16	H	6.20	45.9	3.1	82.5	84.0	82.5	0.69	0.78	0.82	1.15	5.89002	20	44	331	54
10	7.5	256T	1120	25.0	12.5	10.0	H	6.40	47.2	3.3	82.0	84.9	85.6	0.75	0.84	0.88	1.15	4.43110	19	42	300	59
		286T	830	27.8	13.9	11.1	H	6.00	63.7	3.2	82.5	83.0	82.5	0.70	0.80	0.82	1.15	6.21726	28	62	342	54
15	11	284T	1130	36.0	18.0	14.4	G	6.40	68.6	4.0	83.0	86.9	87.1	0.76	0.84	0.88	1.15	7.19918	27	59	415	59
		326T	850	38.9	19.5	15.6	J	7.40	91.2	3.2	85.5	86.5	85.5	0.68	0.78	0.83	1.15	9.79052	25	55	503	56
20	15	286T	1120	49.0	24.5	19.6	G	6.00	94.4	3.2	82.0	87.0	87.3	0.78	0.85	0.88	1.15	7.85366	23	51	448	59
		326T	850	52.4	26.2	21.0	J	6.90	124	3.0	85.5	86.5	85.5	0.70	0.80	0.84	1.15	11.9189	25	55	611	56
25	18.5	324T	1135	60.0	30.0	24.0	G	6.00	115	3.2	85.0	88.0	88.9	0.75	0.83	0.87	1.15	10.6420	16	35	562	62
		364/5T	845	67.4	33.7	27.0	H	6.10	154	3.3	80.0	82.5	84.0	0.70	0.79	0.82	1.15	23.4552	30	66	816	60
30	22	326T	1135	71.0	35.5	28.4	G	6.00	137	3.2	85.6	89.0	89.4	0.76	0.83	0.87	1.15	11.9190	16	35	611	62
		404/5T	850	80.7	40.4	32.3	H	6.20	182	2.9	81.5	83.8	83.5	0.70	0.78	0.82	1.15	29.0401	35	77	961	60
40	30	364/5T	1130	105	52.5	42.0	G	5.50	187	2.9	85.0	87.0	87.5	0.75	0.80	0.82	1.15	26.8062	34	75	840	65
		404/5T	840	101	50.5	40.4	G	5.60	252	2.9	85.0	87.0	88.0	0.75	0.83	0.85	1.15	36.8584	15	33	1103	60
50	37	404/5T	1135	124	62.0	49.6	G	5.80	230	3.0	84.0	87.0	88.1	0.74	0.81	0.85	1.15	36.8586	18	40	1034	65
		444/5T	850	142	71.0	56.8	H	6.10	307	2.9	84.0	84.8	85.0	0.60	0.71	0.77	1.15	87.2597	25	55	1724	63
60	45	404/5T	1140	157	78.5	62.8	G	5.50	278	3.0	85.0	88.0	89.0	0.73	0.79	0.81	1.15	36.8586	28	62	1345	65
		444/5T	850	169	84.5	67.6	G	5.50	373	3.0	85.5	86.5	85.5	0.59	0.71	0.78	1.15	103.6208	40	88	1940	63
75	55	444/5T	1130	180	90.0	72.0	F	5.50	343	3.0	80.0	86.0	87.0	0.80	0.85	0.88	1.15	73.6255	73	161	1544	70
		504/5T	855	207	104	82.8	H	6.30	453	3.1	86.2	86.9	86.5	0.58	0.70	0.77	1.15	125.4358	50	110	2179	66
100	75	444/5T	1125	230	115	92.0	F	6.00	470	3.0	86.0	89.0	88.0	0.83	0.87	0.89	1.15	103.6210	51	112	1863	70
		504/5T ¹⁾	855	287	144	115	J	6.60	618	3.2	86.5	87.5	87.5	0.57	0.69	0.75	1.00	125.4358	42	92	2139	66

Mechanical Data

Mechanical Data Available on page 72.

Three Phase Oil Well Pumping Motors TEFC (IP55) Tripple Rated

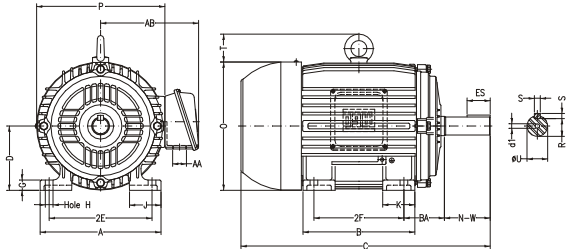
Electrical Data

Rated Output		Full Load Speed (RPM)	NEMA Frame	Full Load Current I _L (A)	Locked Rotor Current (kVA Code)	Service Factor SF	Moment of Inertia WK ² (lb.ft ²)	Approx. Weight (lb)
HP	kW							
10/7.5/5	7.5/5.5/3.7	1120/1120/1120	256T	13/10/6.5	K	1.15	3.42	286
15/10/7.5	11/7.5/5.5	1125/1125/1120	284T	19/13/10	J	1.15	7.95	396
20/15/10	15/11/7.5	1120/1115/1125	286T	25/19/13	J	1.15	8.85	429
25/20/15	18.5/15/11	1115/1115/1115	324T	30/25/19	K	1.15	11	539
30/25/20	22/18.5/15	1120/1120/1120	326T	38/32/27	J	1.15	12.2	583
40/30/25	30/22/18.5	1130/1130/1130	364/5T	53/36/30	H	1.15	24	847
50/40/30	37/30/22	1130/1130/1130	404/5T	63/53/36	H	1.15	30	990

Notes: ¹⁾ ΔT 105K.
• The values shown are subject to change without prior notice.

Three Phase Oil Well Pumping Motors TEFC (IP55)

Mechanical Data



NEMA FRAMES	MOUNTING				A	B	C	D	G	J	K	O	P	T	KEYWAY			SHAFT EXTENSION		AB	AA	d1	BEARINGS	
	2E	2F	H	BA											S	R	ES	N-W	U				D.E.	O.D.E.
215T	8.500	7.000	0.406	3.500	9.764	8.858	19.517	5.250	0.827	2.008	2.165	10.841	10.630	1.772	0.313	1.203	2.480	3.375	1.375	8.149	NPT1"	A4	6308-2RS1	6207-2RS1
254T	10.000	8.252	0.531	4.250	12.126	10.000	23.213	6.250	0.817	2.520	2.559	12.431	12.283	2.087	0.375	1.406	2.756	4.000	1.625	10.079	NPT1.12"		6309-C3	6209-C3
256T	10.000	10.000			11.732	24.945	11.575	26.433	7.000	1.016	3.150	2.953	14.067		14.094	0.500	1.594	3.150	4.622	1.875		10.866	6311-C3	6211-C3
284T	11.000	9.500	0.657	4.750	13.780	13.071	29.620	8.000	1.307	3.228	3.346	15.953	15.591	2.441	1.844	3.937	5.250	2.125	11.496	NPT2"	6312-C3	6212-C3		
286T	11.000	11.000			14.567	31.116	13.071	29.620	8.000	1.307	3.228	3.346	15.953		15.591	0.500	1.844	3.937	5.250		2.125	11.496	NPT2"	6312-C3
324T	12.500	10.500	0.748	5.250	15.157	14.567	31.116	8.000	1.307	3.228	3.346	15.953	15.591	2.441	1.844	3.937	5.250	2.125	11.496	NPT2"	6312-C3	6212-C3		
326T	12.500	12.000			14.567	31.116	14.567	31.116	8.000	1.307	3.228	3.346	15.953		15.591	0.500	1.844	3.937	5.250		2.125	11.496	NPT2"	6312-C3
364ST	14.016	11.260	0.807	5.875	17.165	15.394	33.709	9.000	1.480	3.150	4.134	18.502	18.740	2.795	0.625	2.019	4.330	5.874	2.375	16.380	NPT3"	UNC3/4"	6314-C3	6314-C3
404ST	15.984	12.244			13.740	17.165	15.394	33.709	9.000	1.480	3.150	4.134	18.502		18.740	0.625	2.019	4.330	5.874	2.375			16.380	NPT3"
444ST	18.000	14.500	1.250	8.500	21.929	20.079	43.776	11.000	1.630	3.937	5.591	22.713	23.622	3.543	0.875	2.880	7.087	8.500	3.375	19.213	2xNPT3"	UNC3/4"	NU316-C3	6316-C3
504ST	20.000	16.500			18.000	21.929	20.079	43.776	11.000	1.630	3.937	5.591	22.713		23.622	0.875	2.880	7.087	8.500	3.375			19.213	2xNPT3"

Three Phase Oil Well Pumping Motors
TEFC (IP55)

Notes: • All dimensions are in inches.
• The above values are subject to changes without prior notice.



Anexo N

Catalogo Bancos de Condensadores GE

Fixed Low Voltage Power Factor Correction Capacitors

Enclosed Indoor Dustproof NEMA 12 and Outdoor Weatherproof NEMA 3
 Single Phase or 3-Phase
 1.0-500 kVAR, 60 Hertz
 240, 480, 600 Volts

Description

Type GEM Capacitors feature multiple cells which are assembled in parallel in an enclosure suitable for both indoor and outdoor applications, (NEMA 12 and NEMA 3). Each capacitor cell features the patented GE Pressure Sensitive Interrupter (PSI) that protects against cell rupture. The metallized polypropylene film dielectric system provides an instantaneous self-healing action and greatly reduced energy losses. GEM capacitors include discharge resistors to reduce voltage to 50 volts or less within one minute of de-energization. They also feature Dielektrol impregnant which is a biodegradable Class IIIB combustible fluid. GEM capacitors offer high reliability and long life. They are suitable for operation over a temperature range of -40°C to +46°C.

The GEM assemblies are UL Listed and CSA labeled.

Line Fuses/Blown Fuse Lights

To be specified by customer. Order by appropriate basic product number plus suffix for complete product number.

NOTE: NEC Article 460-8B requires capacitors to have overcurrent protection in all ungrounded conductors—except if connected on the load side of a motor overload protective device.

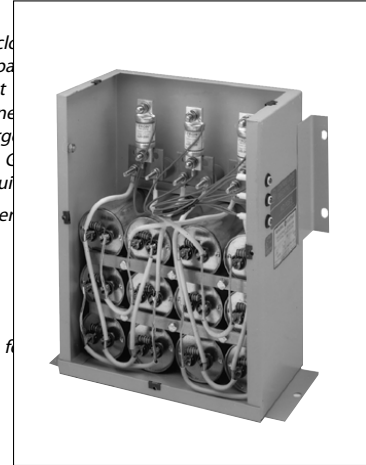
Mounting

GEM 65L800 series can be mounted upright on any level surface, such as a floor, top of motor control center, or directly to any wall with brackets provided.

GEM 65L900 series equipments can also be mounted upright on any level surface. An adapter kit is required for wall mounting. Order the wall mounting kit by product number. (For New Equipments use the 65L Series.)
 186C32360000, List Price \$85.00, GO-410.

Line Connection and Cable Entrance

Line connection and cable entrance on Figure 1 equipments must be made through the right end panel. For all other equipment figures the entrance may be made through either end panel (after first punching out the appropriate size hole).



Typical Type GEM, cover removed

NOTE: Replacement EDT/EWT Equipments including 55L series capacitors are available

Replacement Fuses

GO-410

Unit Rating		Fuse Amps	Fuse Class	Product Number	List Price
Volts	3-ph ¹ kVAR				
240	1-5	30	MIDGET	147A781600030	\$11.00
240	6-15	100	T	147A781600028	\$24.00
240	17.5-40	200	T	147A781600029	\$24.00
480	1-12.5	30	MIDGET	147A781600030	\$11.00
480	15-32.5	100	T	147A781600028	\$24.00
480	35-100	200	T	147A781600029	\$24.00
600	1-15	30	MIDGET	147A781600026	\$11.00
600	17.5-40	100	T	147A781600028	\$24.00
600	42.5-60	200	T	147A781600029	\$24.00

Note: Obsolete fuses 147A781600024 and 147A781600025 used in 65L3___, 65L6___, and 37F6___ assemblies have been replaced by fuse kit 308A31870001, List Price \$48.00, GO-410.
¹Refer to factory for single-phase fuses.

CAPACITORS, ARRESTERS AND HARMONIC FILTERS

19



Fixed Low Voltage Power Factor Correction Capacitors

Enclosed Indoor Dustproof NEMA 12 and

Outdoor Weatherproof NEMA 3

Single Phase or 3-Phase

1.0-500 kVAR, 60 Hertz

240, 480, 600 Volts

1.0-100 kVAR, 600 Volts

GO-410

kVAR	Basic Product No.	600 Volt, 3-phase Wye						Fig. No. (See pg.19-23)	Approx. Weight	
		No Fuses ¹		3 Fuses ¹		3 Fuses, 3 Lights ¹			Lbs	Kg
		Suffix	List Price	Suffix	List Price	Suffix	List Price			
1.0	65L800	TF1	\$152.00	TH1	\$172.00	TK1	\$202.00	1	9	4.1
1.5	65L801	TF1	\$152.00	TH1	\$172.00	TK1	\$202.00	1	9	4.1
2.0	65L802	TF1	\$152.00	TH1	\$172.00	TK1	\$202.00	1	9	4.1
2.5	65L803	TF1	\$152.00	TH1	\$172.00	TK1	\$202.00	1	9	4.1
3.0	65L804	TF1	\$152.00	TH1	\$172.00	TK1	\$202.00	1	9	4.1
4.0	65L805	TF1	\$152.00	TH1	\$172.00	TK1	\$202.00	1	9	4.1
5.0	65L806	TF1	\$152.00	TH1	\$172.00	TK1	\$202.00	1	10	4.5
6.0	65L807	TF1	\$167.00	TH1	\$187.00	TK1	\$217.00	1	10	4.5
7.5	65L808	TF1	\$178.00	TH1	\$198.00	TK1	\$228.00	1	10	4.5
10.0	65L809	TF2	\$185.00	TH2	\$205.00	TK2	\$235.00	1	12	5.4
12.5	65L810	TF2	\$222.00	TH2	\$242.00	TK2	\$272.00	1	12	5.4
15.0	65L811	TF2	\$251.00	TH2	\$271.00	TK2	\$301.00	1	13	5.9
17.5	65L812	TF2	\$280.00	TH2	\$324.00	TK2	\$354.00	1	13	5.9
20.0	65L813	TF2	\$302.00	TH2	\$346.00	TK2	\$376.00	1	13	5.9
22.5	65L814	TF2	\$320.00	TH2	\$364.00	TK2	\$394.00	1	13	5.9
25.0	65L815	TF2	\$342.00	TH2	\$386.00	TK2	\$416.00	1	13	5.9
27.5	65L816	TF2	\$361.00	TH2	\$405.00	TK2	\$435.00	2	19	8.6
30.0	65L817	TF2	\$372.00	TH2	\$416.00	TK2	\$446.00	2	19	8.6
32.5	65L818	TF2	\$412.00	TH2	\$456.00	TK2	\$486.00	2	19	8.6
35.0	65L819	TF2	\$430.00	TH2	\$474.00	TK2	\$504.00	2	19	8.6
37.5	65L820	TF2	\$448.00	TH2	\$492.00	TK2	\$522.00	2	19	8.6
40.0	65L821	TF2	\$467.00	TH2	\$511.00	TK2	\$541.00	2	22	10.0
42.5	65L822	TF2	\$485.00	TH2	\$529.00	TK2	\$559.00	2	22	10.0
45.0	65L823	TF2	\$503.00	TH2	\$547.00	TK2	\$577.00	2	22	10.0
47.5	65L824	TF2	\$523.00	TH2	\$567.00	TK2	\$597.00	2	22	10.0
50.0	65L825	TF2	\$544.00	TH2	\$588.00	TK2	\$618.00	2	22	10.0
55.0	65L826	TF2	\$584.00	TH2	\$628.00	TK2	\$658.00	3	32	14.5
60.0	65L827	TF2	\$624.00	TH2	\$668.00	TK2	\$698.00	3	32	14.5
65.0	65L828	TF2	\$644.00	TH2	\$732.00	TK2	\$792.00	3	32	14.5
70.0	65L829	TF2	\$681.00	TH2	\$769.00	TK2	\$829.00	3	33	15.0
75.0	65L830	TF2	\$747.00	TH2	\$835.00	TK2	\$895.00	3	33	15.0
80.0	65L831	TF2	\$809.00	TH2	\$897.00	TK2	\$957.00	3	38	17.3
85.0	65L832	TF2	\$860.00	TH2	\$948.00	TK2	\$1008.00	3	38	17.3
90.0	65L833	TF2	\$912.00	TH2	\$1000.00	TK2	\$1060.00	3	38	17.3
95.0	65L834	TF2	\$951.00	TH2	\$1039.00	TK2	\$1099.00	3	38	17.3
100.0	65L835	TF2	\$990.00	TH2	\$1078.00	TK2	\$1138.00	3	38	17.3

¹ See Note on page 19-16 referring to NEC Article 460-8B.

CAPACITORS, ARRESTERS
AND HARMONIC FILTERS

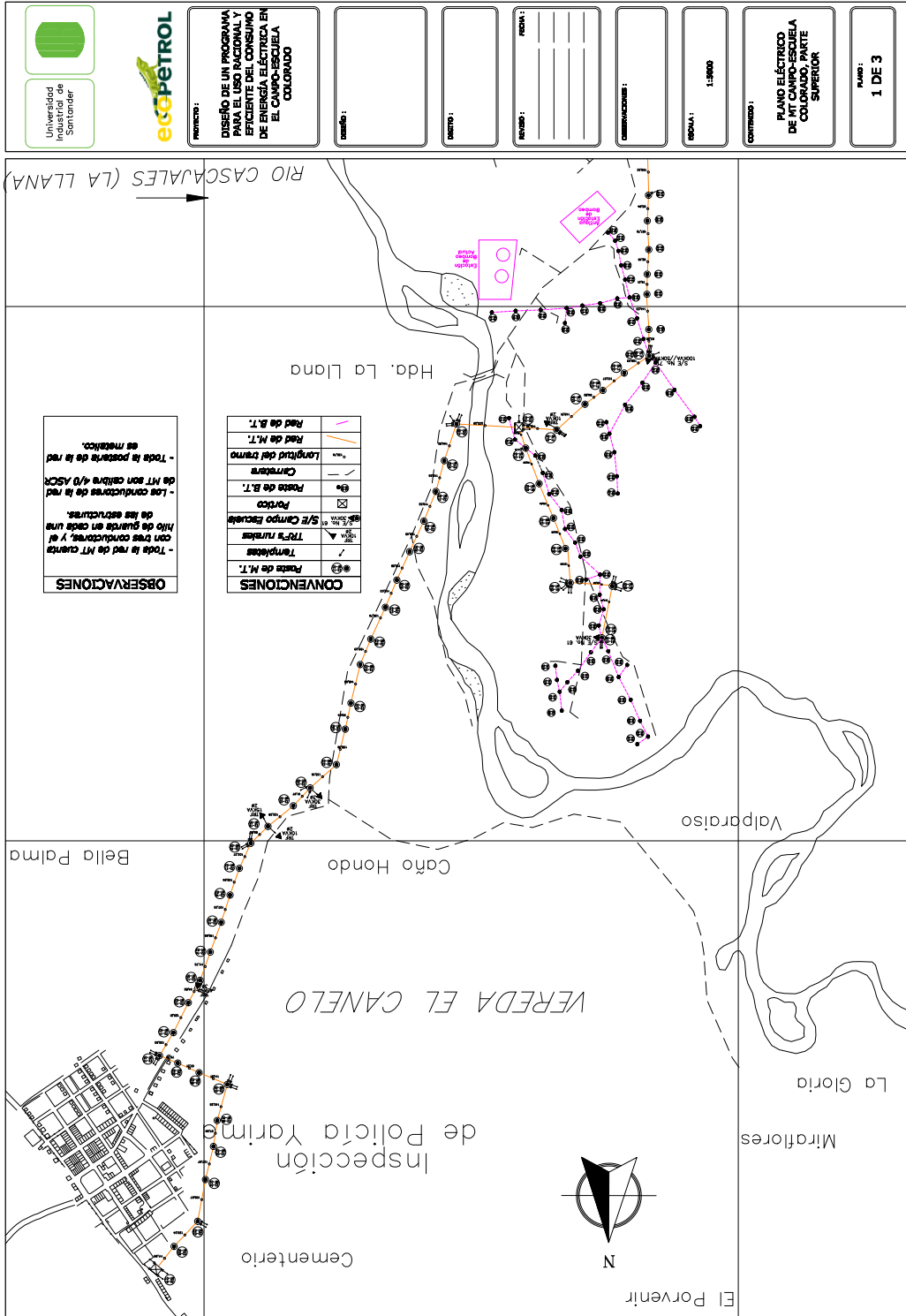
19

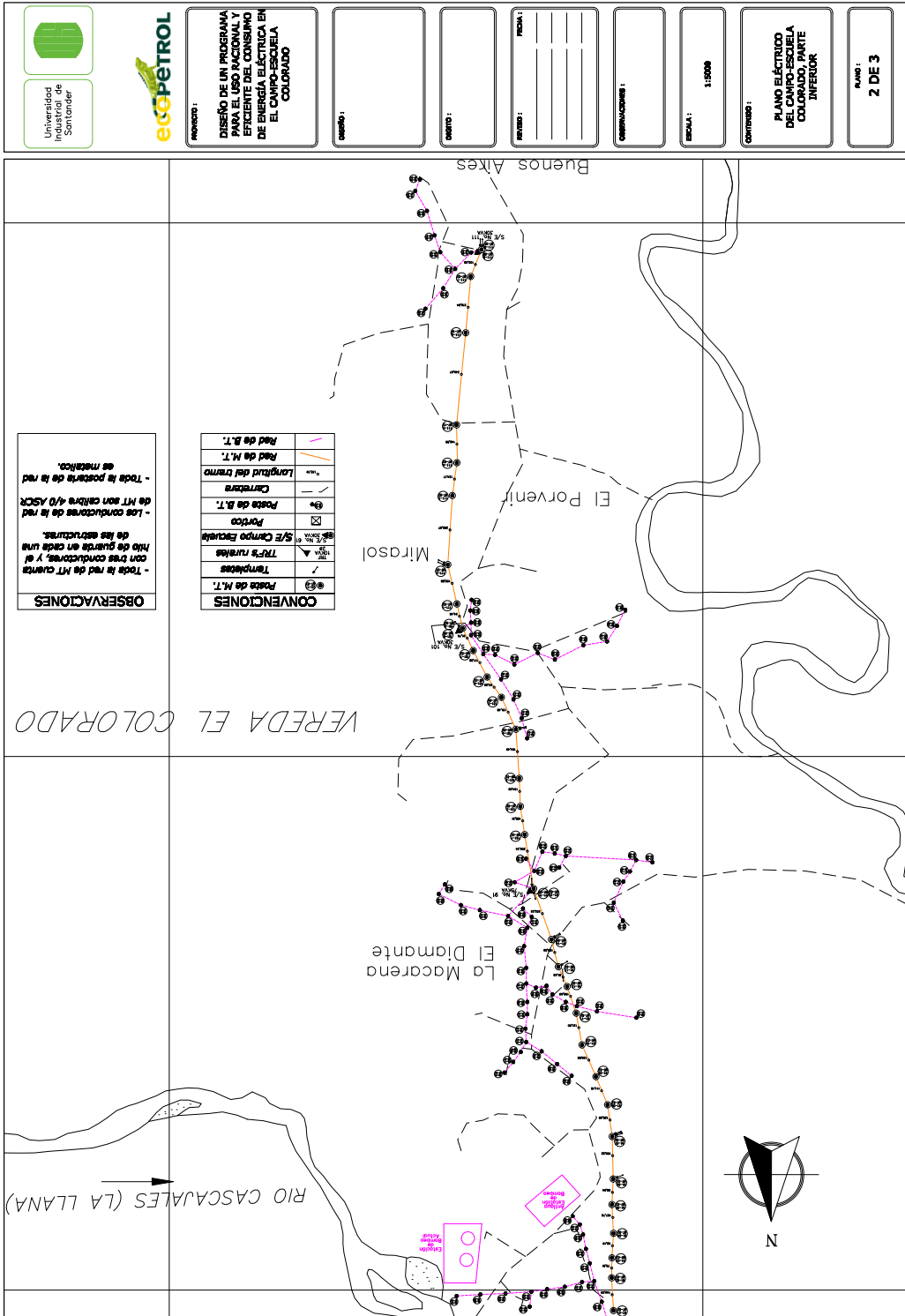
Publications and Reference See Section 21
for a list of additional product-related publications



Anexo O

Planos eléctricos del Campo-Escuela Colorado





OBSERVACIONES

- Toda la red de MT cuenta con tres conductores, y el hilo de guarda en cada una de las estructuras.
- Los conductores de la red de MT son cubre 4/0 ASCR
- Toda la potencia de la red es meshico.

CONVENCIONES

⊕	Posta de M.T.
⊖	Temperas
⚡	TUF's rurales
⊠	S/E Campo Escuela
⊠	Porto
⊠	Posta de B.T.
—	Carreras
—	Longitud del tramo
—	Red de M.T.
—	Red de B.T.



PROYECTO :
DISEÑO DE UN PROGRAMA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL CAMPO-ESCUELA COLORADO

DISEÑO :

COMPRO :

REVISÓ :

CONVENCIONES :

ESCALA :
 1:1000

CONTIENE :
PLANO ELÉCTRICO DEL CAMPO-ESCUELA COLORADO PARTE INFERIOR

PLANO :
2 DE 3



PROYECTO :
DISEÑO DE UN PROGRAMA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL COLEJO-ESUELA COLORADO

CLIENTE :

DIRECCIÓN :

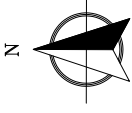
REVISOR :

OBSERVACIONES :

ESCALA : 1:5000

CONTENIDO :
PLANOS ELÉCTRICOS DE BAJA TENSION

PAÑO :
3 DE 3

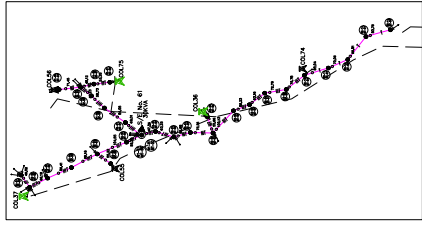


CONVENCIONES

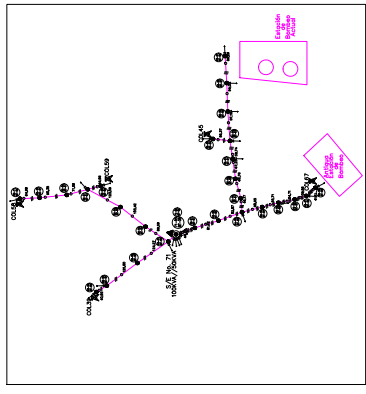
	Punto Activo
	Punto Inactivo
	TRF's rurales
	S/E Campo Escuelas
	Polizos
	Poleo de B.T.
	Cableado
	Longitud del tramo
	Red de B.T.
	Temples

OBSERVACIONES

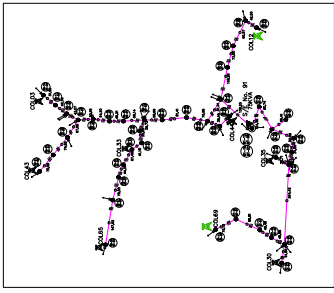
- Las líneas de BT, acabe por la general con tres conductores. El hilo de guarda se encuentra en una menor proporción.
- Las conductores de la red de BT son cables 4/0 ASQR es metálico.



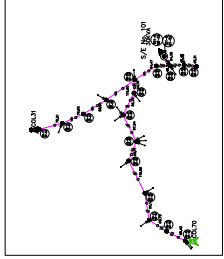
Subestación Eléctrica Colorado 61



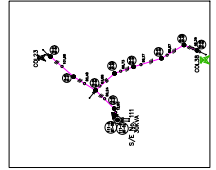
Subestación Eléctrica Colorado 71



Subestación Eléctrica Colorado 91



Subestación Eléctrica Colorado 101



Subestación Eléctrica Colorado 111

Bibliografía

- [1] Anibal Ordoñez y otros. Cuarto informe de avance diagnóstico, análisis y estrategias de producción preliminar para el campo Colorado e.o.s Ltda. 2003.
- [2] Mario Arrastía Ávila. *Educación energética de respeto ambiental. Instituto Superior Pedagógico Enrique José Varona, Cuba.*
www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia35/HTML/articulo02.htm.
- [3] EEPP de Medellín ANDI, ISA. *Guías para el uso racional de energía por procesos en la industria.* UPB, segunda edición, 1998.
- [4] Anibal Borroto Nordelo. Gestión energética empresarial. colectivo de autores centro de estudios de energía y medio ambiente. *Universidad de Cienfuegos. Cuba, 2002.*
- [5] Orlando Silvio L. y José Luís Pereira Da Costa Díaz. *Selección y aplicación de motores eléctricos.* Marcombo S.A, segunda edición, 1989.
- [6] Álvaro Leonardo Jácome P. *Controles Eléctricos Econopac.* Gerencia Centro Oriente ECOPEPETROL, primera edición.
- [7] FLUKE Corporation. Medida de la resistencia de aislamiento. 2000.
- [8] IEEE. *IEEE Recommended Practice for Testing Insulation Resistance of Rotating Machinery.* IEEE Std 43-1974, tercera edición, 1974.
- [9] *El Transformador.*
<http://miro.h3m.com/s04be433/transformador/eltransformador.htmideal>.
- [10] Heyder González y Rodrigo Gualteros. Reconfiguración de redes de distribución para reducción de pérdidas técnicas. *Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Universidad Industrial de Santander, 1999.*

- [11] ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A. *Normas para Cálculo y Diseño de Sistemas de Distribución*. 2005.
- [12] Carlos Maria Gómez R. *Curso de Líneas aéreas de Transmisión*. Departamento de Electricidad. Universidad Industrial de Santander., 1985.
- [13] William D. Stevenson Jr. y John J. Grainger. *Análisis de Sistemas de Potencia*. McGraw Hill, segunda edition, 2002.
- [14] IEEE. *Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Ground System*. IEEE Std 81-1983, 1983.
- [15] ASTM. *Estandar Test Method for Field measurement of Soil Resistivity Using the Wenner Four- Electrode Method*. ASTM G57-95a.
- [16] Ing. Ignacio Agulleiro. *Técnicas modernas para la medición de Sistemas de Puesta a Tierra en zonas urbanas*.
<http://prof.usb.ve/mmlozano/DOCS/MMPAT.pdf>.
- [17] Telergia. Energía en Telecomunicaciones. *Factor de Potencia, conocimientos basicos importantes para tener en cuenta en la carga de un Site/Radiobase de Telecomunicaciones y para el optimo funcionamiento de la planta electrica Grupo Electrogeno*.
http://www.sertec.com.py/telergia/telergia/informaciones/factor_de_potencia2.htm.
- [18] UIS. *Periodico Catedra Libre, Universidad Industrial de Santander*, Edición 101, 2007.
- [19] Sargent Industries. Econopac ii totally enclosed fan cooled sinzing data 460v-60hz. page 1, 1981.
- [20] SENA. Cálculos y recomendaciones para correas multi-v3-t. *Mecanismos*.
- [21] Richard Donnelly. *Oil and Gas Production. Beam Pumping*. The University of Texas at Austin.

- [22] Álvaro L. Jacome y Carlos J. Salcedo. Diseño e implantación de un programa para el uso racional y eficiente de energía eléctrica en el proceso de extracción de petróleo con unidades de bombeo mecánico. *Universidad Industrial de Santander. Postgrado en Gerencia de Mantenimiento.*, 2000.
- [23] Sapiensman. *Sobretensiones en Líneas de Transmisión Eléctrica*.
<http://www.sapiensman.com/sobretensiones/index.htm>.
- [24] Karen Marie Mokate. *Evaluación Financiera de proyectos de inversión*. Ediciones Uniandes, segunda edición, 2004.
- [25] Jaime Sanabria Silva. *Ingeniería Económica*. Universidad Autónoma de Bucaramanga, primera edición, 2004.
- [26] Hans Gerard Schaepers. *Sicherheits-Technik (Técnica de la Seguridad)*. Girardet, 1979.