

Universidad de Cuenca



Facultad de Ingeniería Carrera de Ingeniería Eléctrica

“Auditoria energética y propuesta de actualización tecnológica a las plantas de trituración de piedra y planta de asfalto, propiedad de la constructora THOT ubicada en el cantón Catamayo – provincia de Loja”

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Eléctrico

Autores:

Jorge Luis Enríquez López

C.I. 0704563907

Byron Alcívar Bermeo Iñiguez

C.I. 1104502321

Director:

Ing. Juan Bautista Sanango Fernández, M.Sc.

C.I. 0301522892

Cuenca – Ecuador

2018



RESUMEN

En base a la premisa de un crecimiento sostenible que permita una convivencia armónica entre la sociedad y el medio ambiente, se plantea una auditoria energética y propuesta de actualización tecnológica a las plantas de trituración de piedra y planta de asfalto de la constructora THOT Cía. Ltda. ubicada en el cantón Catamayo de la provincia de Loja.

Los equipos eléctricos tanto de maniobra, protección y las máquinas eléctricas que contribuyen a la operación de las plantas de trituración y planta asfalto son antiguos, por lo que es oportuno evaluar la eficiencia de los sistemas eléctricos instalados.

Las fuerzas motrices para los equipos se impulsan por motores eléctricos alimentados por grupos electrógenos turbo diésel.

El proceso de auditoria energética incluye la recopilación de información, análisis de datos y la toma de decisiones. Esta será la información inicial para determinar la metodología técnica en la consultoría energética a aplicar y posterior propuesta de actualización tecnológica que permita optimizar los procesos de producción y la coordinación de las protecciones eléctricas bajo principios técnicos y de seguridad laboral.

PALABRAS CLAVE

AUDITORÍA ENERGÉTICA, ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE ENERGÍA, AISLAMIENTO ELÉCTRICO DE MOTORES, GRUPOS ELECTRÓGENOS.



ABSTRACT

Based on the premise of sustainable growth that allows a harmonious coexistence between society and the environment, an energy audit and proposal of technological update to the asphalt stone and silver crushing plants is proposed, of the construction company THOT Cia Ltda. located in the canton Catamayo province of Loja.

The electrical equipment for maneuver, protection and electrical machines that contribute to the operation of the crushing plants and asphalt plant are old, so it is appropriate to evaluate the efficiency of the installed electrical systems.

The driving forces for the equipment are driven by electric motors powered by turbo diesel generator sets.

The energy audit process includes the collection of information, data analysis and decision making. This will be the initial information to determine the technical methodology in the energy consultancy to be applied and the subsequent technological update proposal that allows optimizing the production processes and the coordination of electrical protections under technical principles and job security.

KEYWORDS

MODULAR THREE-PHASE SOFT STARTER, THREE-PHASE RECTIFICATION, VARIABLE POWER INVERTERS, SPWM SINUSOIDAL PULSE WIDTH MODULATION, IGBT MODULES.



INDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
AGRADECIMIENTO	18
DEDICATORIA	19
GLOSARIO	20
CAPÍTULO 1	23
INTRODUCCIÓN, ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN	23
1.1. INTRODUCCIÓN	23
1.2. ANTECEDENTES	24
1.3. JUSTIFICACION	24
1.4. ALCANCE.....	25
1.5. OBJETIVOS	25
1.5.1. Objetivo general.....	25
1.5.2. Objetivos específicos.....	25
CAPÍTULO 2	27
MARCO TEÓRICO	27
2.1. MOTORES ELÉCTRICOS DE INDUCCIÓN TRIFÁSICOS	27
2.2. ARRANQUE DE MOTORES ELÉCTRICOS DE INDUCCIÓN TRIFÁSICOS.....	29
2.2.1. Arranque estrella triangulo.....	31
2.2.2. Arranque por resistencias estatóricas.....	32
2.2.3. Arranque por autotransformador	32
2.2.4. Arranque por métodos electrónicos.....	32
2.3. GENERADORES ELECTRICOS TRIFASICOS	33
2.3.1. Generadores con corona de excitación	34
2.3.2. Generadores de anillos rozantes	36
2.4. VOLTAJE Y DIAGRAMA FASORIAL DE UN GENERADOR SINCRONO	37
2.5. FACTOR DE POTENCIA	39
2.6. POTENCIA ACTIVA, REACTIVA Y APARENTE	41
2.7. PROTECCIONES MAGNETOTERMICAS EN BAJO VOLTAJE.....	43



2.7.1.	Fusibles para bajo voltaje.....	43
2.7.2.	Interruptores magnéticos	44
2.7.3.	Interruptores térmicos	45
2.7.4.	Interruptores termo-magnéticos.....	45
2.7.5.	Curvas de disparo para las protecciones magneto-térmicas.....	46
2.7.6.	Protección mediante relé térmico	47
2.8.	PROTECCIONES DE MOTORES ELECTRICOS.....	48
2.9.	ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	50
2.9.1.	Medición de frecuencia.....	53
2.9.2.	Medición del parpadeo o Flicker	54
2.9.3.	Medición de armónicos.....	56
2.9.4.	Medición de la magnitud de voltaje de alimentación.....	56
2.9.5.	Medición de las fluctuaciones de voltaje	57
2.9.6.	Medición de desequilibrio del sistema.....	59
2.10.	AISLAMIENTO EN MOTORES ELECTRICOS DE INDUCCION.....	60
2.11.	VALORACIÓN DEL AISLAMIENTO ELÉCTRICO DE UN MOTOR.....	61
2.11.1.	Índice de polarización	62
2.11.2.	Índice de absorción.....	62
2.12.	TERMOGRAFÍA	63
CAPÍTULO 3	66
AUDITORIA ENERGETICA		66
3.1.	AUDITORIA ENERGÉTICA.....	66
3.2.	PRINCIPIOS DE AUDITORÍA ENERGÉTICA	67
3.3.	METODOLOGÍA DE LA AUDITORÍA ENERGÉTICA.....	68
3.3.1.	Planificación de la auditoria energética.....	69
3.3.2.	Reunión de apertura de la auditoría energética	70
3.3.3.	Recopilación de datos	71
3.3.4.	Plan de medición	72
3.3.5.	Realización de la visita al sitio	73
3.3.6.	Análisis.....	73
3.3.7.	Informe de auditoría energética	74



3.3.8.	Reunión de cierre	75
CAPITULO 4	77	
DESARROLLO DE LA AUDITORÍA ENERGÉTICA.....		77
4.1.	PLANIFICACIÓN DE LA AUDITORÍA ENERGÉTICA	77
4.2.	RECOPIACIÓN DE DATOS.....	80
4.2.1.	Planta de Asfalto	80
4.2.2.	Planta trituradora 1.....	87
4.2.3.	Planta Trituradora 2	91
4.3.	PLAN DE MEDICIONES	95
4.4.	VISITA AL SITIO	97
4.5.	ANÁLISIS MEDIANTE EL USO DE TERMOGRAFÍA	97
4.6.	MEDICIÓN DEL AISLAMIENTO DE MOTORES ELÉCTRICOS.....	106
4.6.1.	Planta de Asfalto	106
4.6.2.	Trituradora 1.....	112
4.6.3.	Trituradora 2.....	117
4.7.	ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	119
4.8.	ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LA PLANTA DE ASFALTO	119
4.8.1.	Medición de frecuencia.....	120
4.8.2.	Medición de la variación de voltaje.....	123
4.8.3.	Medición de Flicker	128
4.8.4.	Medición de los armónicos de voltaje y corriente	131
4.8.5.	Medición del factor de potencia	133
4.9.	ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA TRIRURADORA 2.	136
4.9.1.	Análisis de la calidad de energía eléctrica de la trituradora 2	136
4.9.2.	Medición de frecuencia.....	136
4.9.3.	Medición de la variación de voltaje.....	139
4.9.4.	Medición de Flicker.....	143
4.9.5.	Medición de los armónicos de voltaje y corriente	146
4.9.6.	Medición del factor de potencia	148
4.10.	INFORME DE AUDITORIA ENERGETICA	151



CAPITULO 5	164
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	164
CONCLUSIONES	164
RECOMENDACIONES	166
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	167
ANEXO 1: PLANOS ELÉCTRICOS PLANTA DE ASFALTO.....	168
ANEXO 2: PLANOS ELÉCTRICOS PLANTA TRITURADORA 1.....	178
ANEXO 3: PLANOS ELÉCTRICOS PLANTA TRITURADORA 2.....	183

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO 2

Figura 2.1. Métodos de arranque para motores de inducción trifásicos. (Chapman, 2004)	31
Figura 2.2. Rotor con corona de excitación.....	35
Figura 2.3. Corona de excitación de rotor.....	36
Figura 2.4. Rotor de generador de anillos rozantes. (obeki, 2018)	37
Figura 2.5 Diagrama fasorial.....	39
Figura 2.6 Factor de potencia con carga resistiva.....	40
Figura 2.7 Factor de potencia con carga inductiva	41
Figura 2.8 Factor de potencia con carga capacitiva	41
Figura 2.9 Triángulo de potencias.....	42
Figura 2.10 Curva de acción de una protección magnética	44
Figura 2.11 Curva de acción de una protección térmica.....	45
Figura 2.12 Relee Térmico. Fuente (4.0, 2018)	48
Figura 2.13. Protección de un motor eléctrico. (Code, 1997)	49
Figura 2.14. Efectos de una mala calidad de energía eléctrica	50
Figura 2.15. Variables de medición fundamentales para el análisis de calidad de energía eléctrica	51
Figura 2.16; Calculo de la frecuencia. (Carranza, 2018)	53
Figura 2.17; Flicker en una señal de voltaje.....	54
Figura 2.18: Diagrama funcional de un medidor de Flicker. (Carranza, 2018).....	55



Figura 2.19. Algoritmo para la medición de armónicos.....	56
Figura 2.20. Fluctuación de voltaje reducido. (Carranza, 2018).....	58
Figura 2.21. Fluctuación de voltaje amplificado. (Carranza, 2018).....	58
Figura 2.22. Agentes de falla del aislamiento eléctrico. (INTERNATIONAL, 2000)	61
Figura 2.23. Foto térmica cuantificada.....	65

CAPITULO 3

Figura 3.1 Flujograma de Una Auditoría Energética. (50002, 2016)	69
Figura 3.2 Recopilación de datos para una Auditoría Energética. (50002, 2016)....	71
Figura 3.3 Plan de mediciones para la Auditoría Energética. (50002, 2016).....	72
Figura 3.4 Criterios de análisis para una Auditoría Energética. (50002, 2016)	74

CAPITULO 4

Figura 4.1. Planta de asfalto.....	80
Figura 4.2 Diagrama unifilar Planta de Asfalto.....	81
Figura 4.3. Planta Trituradora 1	87
Figura 4.4 Diagrama unifilar Planta Trituradora 1	88
Figura 4.5 Planta Trituradora 2.....	91
Figura 4.6 Diagrama unifilar Planta Trituradora 2	93
Figura 4.7 Algoritmo para medición termo-gráfica	99
Figura 4.8 Medición de aislamiento del motor Elevador Fio.....	109
Figura 4.9 Medición de aislamiento del motor Saca Polvo.....	110
Figura 4.10 Medición de aislamiento del motor Elevador Caliente	110
Figura 4.11 Medición de aislamiento del motor Criba	111
Figura 4.12 Medición de aislamiento del motor Mezcladora.....	111
Figura 4.13 Medición de aislamiento del motor Bomba de Agua.....	112
Figura 4.14 Medición de aislamiento del motor Retorno de Material 2.....	115
Figura 4.15 Medición de aislamiento del motor Muela.....	116
Figura 4.16 Medición de aislamiento del motor Material 3/4 y 3/8.....	116
Figura 4.17 Medición de aislamiento del motor Banda Secundaria.....	117
Figura 4.18 Arranque de Grupo electrógeno Caterpillar D353.....	121
Figura 4.19 Histograma temporal de Frecuencia del Grupo electrógeno Caterpillar D353 alimentando la Planta de Asfalto.....	122
Figura 4.20 Histograma temporal de voltaje del Grupo electrógeno Caterpillar D353 alimentando la Planta de Asfalto.....	124



Figura 4.21 Comportamiento de Voltaje y corriente en la Planta de Asfalto	127
Figura 4.22 Histograma de Flicker en la Planta de Asfalto	129
Figura 4.23 Comportamiento de Flicker en la Planta de Asfalto.....	130
Figura 4.24 Histograma de los armónicos en la Planta de Asfalto	132
Figura 4.25 Histograma del factor de potencia en la Planta de Asfalto	134
Figura 4.26 Comportamiento del factor de potencia en la Planta de Asfalto.....	135
Figura 4.27 Histograma de frecuencia Planta Trituradora 2	138
Figura 4.30 Histograma Flicker en la Planta Trituradora 2	144
Figura 4.31 Comportamiento de Flicker en la Planta Trituradora 2	145
Figura 4.32 Armónicos en la Planta Trituradora 2.....	147
Figura 4.33 Factor de Potencia en la Planta Trituradora 2.....	149
Figura 4.34 Comportamiento de factor de potencia en la Planta Trituradora 2 ...	150
Figura 4.35 Unidad de disparo de breaker termo-magnético SIEMENS	152
Figura 4.36 Curva de comportamiento del disparador de Breaker Termo- magnético	153
Figura 4.37 Conectores rápidos tipo clavija. (Okila, 2018)	154
Figura 4.38 Implementación sistema de conectores rápidos	155

INDICE DE TABLAS

CAPITULO 2

Tabla 2.1. Factor de multiplicación para determinar la corriente de arranque de un motor de inducción. (Association, 2016)	30
Tabla 2.2 Curva tipo B de disparo para protección magneto-térmica	46
Tabla 2.3 Curva tipo C de disparo para protección magneto-térmica	46
Tabla 2.4 Curva tipo D de disparo para protección magneto-térmica	46
Tabla 2.5 Curva tipo MA de disparo para protección magneto-térmica.....	47
Tabla 2.6 Curva tipo Z de disparo para protección magneto-térmica	47
Tabla 2.7 Curva tipo ICP de disparo para protección magneto-térmica.....	47
Tabla 2.8 Normas para medición de la calidad de energía eléctrica	52
Tabla 2.9 Rangos del índice de polarización. Fuente (INTERNATIONAL, 2000)	62
Tabla 2.10 Rangos del índice de absorción. Fuente (INTERNATIONAL, 2000)	63



CAPITULO 4

Tabla 4.1. Planificación de Auditoria Energética.....	78
Tabla 4.2. Datos de Transformador de la Planta de Asfalto.....	82
Tabla 4.3. Características de Grupo Electrónico de la Planta de Asfalto.....	83
Tabla 4.4. Datos Banco de Capacitores de la Planta de Asfalto.....	83
Tabla 4.5. Resumen de motores eléctricos y conductor de alimentación de la P. de Asfalto.....	85
Tabla 4.6 Resumen de motores eléctricos y conductor de alimentación de la P. Trituradora 1.....	89
Tabla 4.7. Datos de Grupo Electrónico de la Planta Trituradora 2.....	92
Tabla 4.8. Resumen de motores eléctricos y conductores de alimentación de la Planta Trituradora 2.....	94
Tabla 4.9. Resumen de motores eléctricos y conductores de alimentación de la Planta Trituradora 2.....	96
Tabla 4.10. Resumen de motores eléctricos y conductores de alimentación de la Planta Trituradora 2.....	100
Tabla 4.11 Medición de IP e IA, determinación del calibre de conductores de Planta de Asfalto.....	107
Tabla 4.12 Medición de IP e IA, determinación del calibre de conductores de Trituradora 1.....	113
Tabla 4.13 Medición de IP e IA, determinación del calibre de conductores de Trituradora 1.....	118
Tabla 4.14 Calibración del analizador de calidad de energía Fluke 435-II.....	119
Tabla 4.15 Variación de frecuencia porcentual (%) de grupo electrónico Caterpillar D353.....	120
Tabla 4.16 Variación de voltaje porcentual (%) en la Planta de Asfalto.....	125
Tabla 4.17 Voltaje y Corriente total en la planta de Asfalto.....	126
Tabla 4.18 Mediciones de Flicker.....	128
Tabla 4.19 Armónicos de voltaje y corriente en la Planta de Asfalto.....	131
Tabla 4.20 Factor de potencia de la Planta de Asfalto.....	133
Tabla 4.21 Calibración del analizador de calidad de energía en la Planta Trituradora 2.....	136
Tabla 4.22 Variación de frecuencia porcentual (%) de Planta Trituradora 2.....	137
Tabla 4.23 Variación corriente en Planta Trituradora 2.....	139
Tabla 4.28 Histograma variación de voltaje en la Planta Trituradora 2.....	140
Tabla 4.24 Variación voltaje en la Planta Trituradora 2.....	140
Tabla 4.29 Comportamiento de voltaje y corriente en la Planta Trituradora 2.....	142
Tabla 4.26 Flicker en Planta Trituradora 2.....	143



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Tabla 4.27 Armónicos en la Planta Trituradora 2	146
Tabla 4.28 Comportamiento del factor de potencia en el tiempo	148
Tabla 4.29 Fusibles usados en la Planta de asfalto y su reemplazo por Breaker Termo-magnético.....	152
Tabla 4.30 Informe de auditoría energética in situ	156

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Jorge Luis Enríquez López en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Auditoria energética y propuesta de actualización tecnológica a las plantas de trituración de piedra y planta de asfalto, propiedad de la constructora THOT ubicada en el cantón Catamayo – Provincia de Loja", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, septiembre de 2018



Jorge Luis Enríquez López

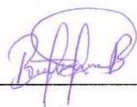
C.I: 0704563907

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Byron Alcivar Bermeo Iñiguez en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Auditoria energética y propuesta de actualización tecnológica a las plantas de trituración de piedra y planta de asfalto, propiedad de la constructora THOT ubicada en el cantón Catamayo – Provincia de Loja", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, septiembre de 2018



Byron Alcívar Bermeo Iñiguez

C.I: 1104502321

Cláusula de Propiedad Intelectual

Jorge Luis Enríquez López, autor del trabajo de titulación "Auditoria energética y propuesta de actualización tecnológica a las plantas de trituración de piedra y planta de asfalto, propiedad de la constructora THOT ubicada en el cantón Catamayo – Provincia de Loja", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, septiembre de 2018



Jorge Luis Enríquez López

C.I: 0704563907

Cláusula de Propiedad Intelectual

Byron Alcívar Bermeo Iñiguez, autor del trabajo de titulación "Auditoria energética y propuesta de actualización tecnológica a las plantas de trituración de piedra y planta de asfalto, propiedad de la constructora THOT ubicada en el cantón Catamayo – Provincia de Loja", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, septiembre de 2018



Byron Alcivar Bermeo Iñiguez

C.I. 1104502321

Cláusula de Propiedad Intelectual

Certifico que el trabajo de Titulación "Auditoria energética y propuesta de actualización tecnológica a las plantas de trituración de piedra y planta de asfalto, propiedad de la constructora THOT ubicada en el cantón Catamayo – Provincia de Loja", ha sido desarrollado por los estudiantes: Jorge Luis Enríquez López con C.I.: 0704563907 y Byron Alcívar Bermeo Iñiguez con C.I.: 1104502321

Cuenca, septiembre de 2018.



Ing. Juan Bautista Sanango Fernández, M.Sc.
DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN



UNIVERSIDAD DE CUENCA

**ESTA TESIS HA SIDO DESARROLLADA EN COORDINACION CON LA
EMPRESA PRIVADA CONSTRUCTORA THOT CIA.LTDA**



AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios por haberme acompañado desde el inicio de mi carrera hasta el final de la misma, por ser mi fortaleza en aquellos momentos de debilidad, y también expreso mi sincero agradecimiento a la prestigiosa Universidad Estatal de Cuenca, a su escuela de Ingeniería Eléctrica por haberme brindado la oportunidad de seguir estudiando, a sus excelentes docentes quienes nos dieron todo el apoyo y conocimientos para seguir creciendo profesionalmente.

Jorge

Mi más sincero agradecimiento a las autoridades de la universidad de Cuenca, a la carrera de Ingeniería Eléctrica y de manera especial a los docentes quienes con reconocida capacidad profesional me orientaron con sus conocimientos para ser posible la culminación de este proyecto propuesto

De la misma manera hago llegar el presente agradecimiento al Ing. Juan Sanango, quien supo dirigir el desarrollo de este trabajo hasta cumplir con el objetivo propuesto y en general a todas las personas y amigos

Byron



DEDICATORIA

Un logro obtenido con mucho esfuerzo con el apoyo de aquellos seres queridos, es por eso que esta tesis la dedico a cada uno de ellos y en especial a mi abuelito que ahora ya no está conmigo, pero desde el principio me supo decir las palabras correctas para orientarme en el camino que la vida me tenía preparado.

Jorge

Con gratitud y respeto, dedico la culminación de mi formación superior a mi queridos y abnegados padres quien con su gran sacrificio y sufrimiento durante toda su vida lucharon incansablemente para brindarme todo su apoyo incondicional y desinteresado, que con su respaldo me ofrecieron la fuerza necesaria para seguir adelante en mis estudios y en mi vida personal logrando así formar una persona de valor para obtener lo que me proponga con esfuerzo y dedicación en los difíciles caminos de la vida

Dedico también este proyecto a mi querida esposa quien me brindo su caritativo apoyo moral y espiritual durante todo el periodo de mi formación superior, además dedico este logro a mis queridas y apreciadas hijas fuente de inspiración.

Byron



GLOSARIO

%: Porcentaje

AC: Alternating current, Corriente Alterna

Amp: Amperios

Breaker: Disyuntor

C: Capacitor

DC: Direct current, Corriente directa

f: Frecuencia de corriente alterna

FP: Factor de potencia

H: Campo magnético giratorio

hp: Horse Power, Caballos de Fuerza

I: Corriente

IA: Índice de absorción

IGBT: Transistor bipolar de compuerta aislada

IP: Índice de polarización



KA: Kilo amperes, Kilo amperios

KV: Kilo volt, Kilo voltios

KVA: Kilo volt ampere, Kilo voltamperios

KVAR: Kilo voltamperios reactivos

KW: Kilo Watts, Kilo Vatios

mS: Milisegundos

NA: Normalmente Abierto

NC: Normalmente Cerrado

PLC: Programmable Logic Controller, Controlador Lógico Programable

R: Resistencia

RPM: Revoluciones por minuto

RMS: Root mean square, Raíz media cuadrática

S: segundos

Software: Conjunto de programas y rutinas que permiten a la computadora realizar determinadas tareas.

uS: Microsegundos



V: Voltaje

VAC: Voltage alternating current, Voltaje de corriente alterna

VDC: Voltage direct current, Voltaje de corriente directa



CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN, ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

Los proyectos particulares para la adquisición de material pétreo y su procesamiento son coyunturales al desarrollo económico y social. La Constructora THOT Cía. Ltda., posee dos plantas de trituración de piedra y una de asfalto ubicadas en el Cantón Catamayo de la Provincia de Loja, que brindan el servicio de material pétreo como piedra triturada de $\frac{3}{8}$ y $\frac{3}{4}$ de pulgada, a más de la producción de asfalto.

Las plantas de trituración, denominadas Trituradora 1 y Trituradora 2, procesan la piedra proveniente de rivera de río o cantera, este material luego será usado en conjunto con más agregados en la Planta de Asfalto.

Al momento de la auditoría, se encuentran en funcionamiento la Trituradora 2 y la Planta de asfalto, la Trituradora 1 no posee fuente de alimentación. Las plantas Trituradora 2 y Planta de Asfalto funcionan alimentadas por grupos electrógenos turbo diésel.

Las plantas Trituradora 1, Trituradora 2, y Planta asfalto, utilizan motores de inducción trifásicos para su fuerza motriz, mientras que los sistemas de control eléctrico para arranque de los motores son de tipo electromecánico.



Las protecciones eléctricas de los motores son fusibles térmicos tipo cartucho.

El generador de la planta Trituradora 2 es síncrono con corona de excitación y el generador de la Planta de asfalto es síncrono de tipo anillos rozantes.

1.2. ANTECEDENTES

La constructora THOT Cía. Ltda., ubica las plantas de trituración y asfalto en el Cantón Catamayo de la Provincia de Loja en el año 2008. La puesta en marcha inicial de las plantas se da con un transformador trifásico para la Planta de Asfalto, un grupo electrógeno trifásico para la Planta Trituradora 1 y un grupo electrógeno trifásico para la Planta Trituradora 2, sin tener un detalle en planimetría de la instalación eléctrica inicial.

Desde su instalación, las plantas de trituración y asfalto no han sido auditadas en su parte eléctrica.

1.3. JUSTIFICACION

La auditoría eléctrica en las plantas de trituración y asfalto de la Constructora Thot Cía. Ltda., se justifica desde una perspectiva técnica, económica y académica, por lo tanto, se propende dentro de la Constructora la toma de decisiones de forma eficiente, para cambios y repotenciación de las plantas, en base a criterios técnicos que justifiquen la inversión económica.



El presente trabajo de investigación tiene una justificación académica, ya que servirá de guía para llevar a cabo auditorías eléctricas en plantas industriales del área.

1.4. ALCANCE

La auditoría energética en el área eléctrica de las plantas de trituración y asfalto de la Constructora THOT, presenta la planimetría eléctrica actualizada, el análisis de calidad de energía de las plantas y una propuesta de actualización tecnológica cuantificada.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo general

Elaborar en las plantas de asfalto y planta de trituración de la constructora Thot, una auditoría energética y presentar una propuesta de actualización tecnológica.

1.5.2. Objetivos específicos

- Generar la planimetría eléctrica actualizada de las plantas de trituración y planta de asfalto de la constructora THOT
- Proponer sistemas eléctricos de maniobra y protección tecnológicamente actualizados
- Proponer un sistema de interconexión eléctrica de rápido y fácil manejo, para contribuir a que las plantas de trituración y asfalto sean móviles



- Determinar el factor de potencia de cada una de las plantas
- Proponer sistemas eléctricos para la optimización del consumo de energía eléctrica
- Obtener un conocimiento fiable del consumo energético
- Cuantificar los costos de implementación en los sistemas eléctricos propuestos de maniobra, protección, y optimización del consumo de energía eléctrica



CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. MOTORES ELÉCTRICOS DE INDUCCIÓN TRIFÁSICOS

Los motores eléctricos de inducción trifásicos están dentro de la clasificación de los motores polifásicos de inducción.

Un motor trifásico de inducción, es una máquina eléctrica asíncrona, con bobinados en el estator y un rotor que puede ser tipo jaula de ardilla o de rotor bobinado. Basado en la teoría de inducción electromagnética, (Donald G.Fink / H. Wayne Beaty, 1995) señala una analogía del motor eléctrico de inducción al decir que es un transformador en el que su circuito magnético se encuentra separado por un entrehierro en movimiento relativo; al devanado primario del motor se lo identifica como el estator y al devanado secundario como rotor, por lo tanto, las corrientes en el rotor se crean únicamente por inducción.

Los motores trifásicos poseen tres grupos de bobinas multipolares. La circunferencia total del estator posee 360° , por lo tanto, entre bobinas están a una distancia de 120° .

La dirección de rotación de un motor trifásico obedece a la dirección de los campos magnéticos en el estator, es decir a la secuencia de fases de



la alimentación, mientras que la velocidad del motor depende de la frecuencia de oscilación de la AC en la alimentación.

Si la velocidad de rotación en revoluciones por minuto (rpm) del rotor es igual a la velocidad de rotación de los campos magnéticos, el rotor del motor no gira, puesto que no existe inducción electromagnética en el rotor, por lo tanto, la frecuencia de campo no es igual a la frecuencia revoluciones por minuto (RPM) del rotor. El rotor debe girar a una velocidad inferior a la velocidad de rotación de los campos magnéticos, la diferencia de velocidad entre los campos magnéticos y las revoluciones por minuto (RPM) del motor se denomina deslizamiento.

La velocidad asíncrona de un motor de inducción trifásico se puede modificar actuando sobre sus variables como se muestra en la Ecuación 2.1.

$$N_m = \frac{120 \times f}{P} (1 - s)$$

Ecuación 2.1. Velocidad asíncrona de un | motor de inducción. (Chapman, 2004)

Donde:

S = Deslizamiento

N_m = Velocidad (RPM)

P = Número de polos

f = Frecuencia



En base a la Ecuación 2.1 la velocidad de un motor de inducción se puede variar por:

- Variación de la frecuencia
- Variando el número polos
- Variando el deslizamiento, que es aplicado para motores de inducción con rotor devanado en un rango entre 0 y 1

2.2. ARRANQUE DE MOTORES ELÉCTRICOS DE INDUCCIÓN TRIFÁSICOS

Los motores eléctricos de inducción trifásicos para salir del reposo, exigen de una corriente superior denominada corriente de arranque del motor, esta corriente está en el rango de 3 a 18 veces la corriente nominal de la máquina. Según (Chapman, 2004), establece que la corriente de arranque se puede determinar por las Ecuación 2.2 y 2.3 en función de los datos propuestas por la National Electrical Manufacturers Association NEMA en la Tabla 2.1.

$$S_{arranque} = (\text{Caballaje nominal} \times \text{Factor de letra de código})$$

Ecuación 2.2. Potencia aparente de arranque del motor.
(Chapman, 2004)

$$I_L = \frac{S_{arranque}}{\sqrt{3}V_T}$$

Ecuación 2.3. Corriente de arranque del motor.
(Chapman, 2004)



Tabla 2.1. Factor de multiplicación para determinar la corriente de arranque de un motor de inducción.
(Association, 2016)

FACTOR DE MULTIPLICACION PARA CORRIENTE DE ARRANQUE			
LETRA O CODIGO	FACTOR DE MULTIPLICACIÓN	LETRA O CODIGO	FACTOR DE MULTIPLICACIÓN
A	0 - 3.15	L	9 - 10.0
B	3.15 - 3.55	M	10.0 - 11
C	3.55 - 4	N	11.20 - 12.5
D	4 - 4.5	P	12.5 - 14
E	4.5 - 5	R	14 - 16
F	5 - 5.6	S	16 - 18
G	5.6 - 6.3	T	18 - 20
H	6.3 - 7.1	U	20 - 22.4
J	7.1 - 8	V	22.4 y más

Las corrientes elevadas en el proceso de arranque de los motores ocasionan daños eléctricos y mecánicos a las máquinas, a más de crear un desbalance eléctrico en la red de alimentación perjudicando a las cargas eléctricas colindantes, por ello el control de arranque en los motores de inducción es crítico.

Los métodos de arranque para motores de inducción trifásicos se muestran en la Figura 2.1.

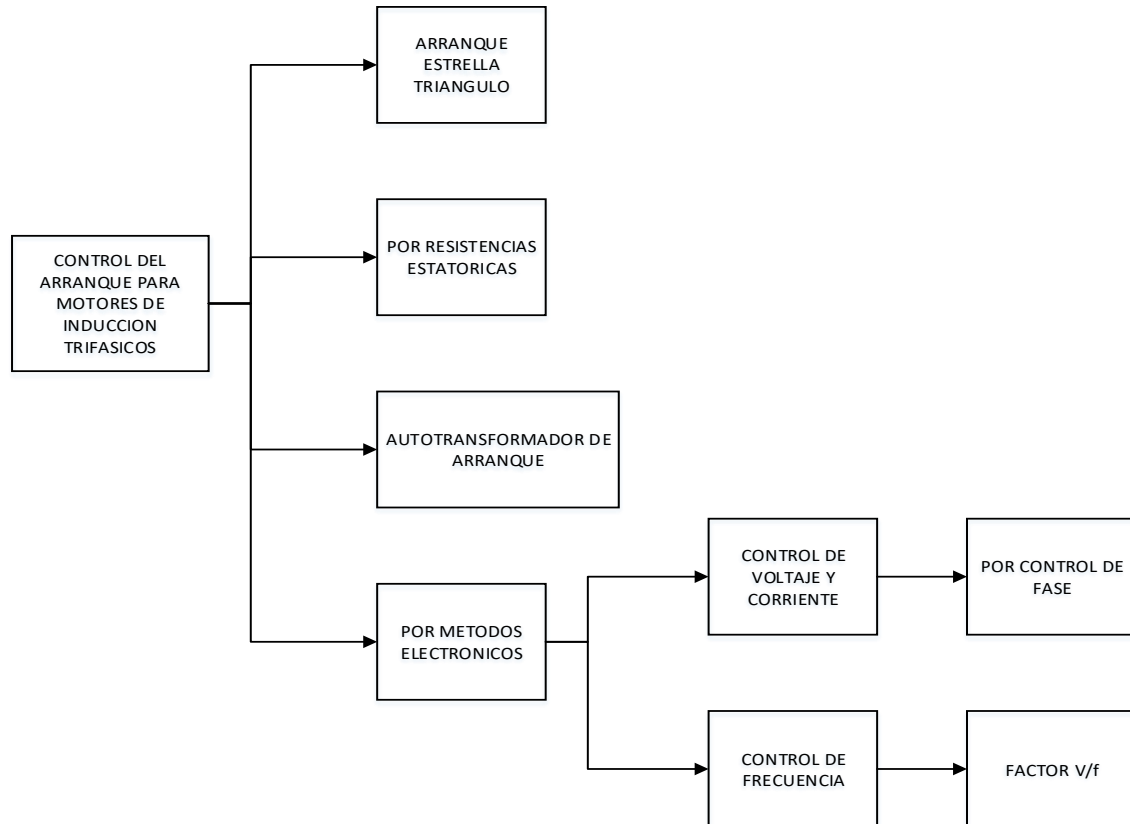


Figura 2.1. Métodos de arranque para motores de inducción trifásicos. (Chapman, 2004)

2.2.1. Arranque estrella triángulo

Para arranque estrella triángulo se configuran inicialmente las bobinas del estator en estrella, en esta conexión el voltaje de línea es $\sqrt{3}$ el voltaje de fase, por lo tanto, cada bobina recibe una diferencia de potencial de $\frac{V \text{ nominal}}{\sqrt{3}}$ y el par de arranque se reduce en $\frac{1}{3}$.

Para el paso de la conexión en las bobinas del estator, de estrella a triángulo, es necesario que el motor alcance cuando menos el 80% de la velocidad nominal, de esta manera se reduce la corriente de arranque.



2.2.2. Arranque por resistencias estáticas

El motor es conectado en serie con una resistencia por cada fase, la resistencia actúa como un divisor de voltaje, el cual es entregado y atenuado a la entrada del motor, el motor inicia con baja velocidad, pero con una elevada corriente de arranque que se reduce conforme el motor toma velocidad, cuando el motor alcanza su velocidad nominal las resistencias salen de servicio. Esta forma de arranque toma más energía de la red, pero produce un arranque mecánico suave.

2.2.3. Arranque por autotransformador

El autotransformador con derivaciones internas, provee al motor un arranque con un voltaje y corriente reducidos que aumentan con el cambio las revoluciones del motor, mediante la computación de contactos internos en el autotransformador, con este método de arranque se consigue baja corriente de línea, baja potencia de línea y un bajo factor de potencia.

2.2.4. Arranque por métodos electrónicos

El arranque electrónico a un motor trifásico de inducción, se basa en dispositivos semiconductores, es posible efectuarlo mediante dos formas:

- Con el control del voltaje y la corriente hacia el motor
- Con el control de la frecuencia hacia el motor

El método de control por voltaje y corriente, entrega un porcentaje de la onda senoidal de voltaje y corriente al motor, este porcentaje varía



en ángulos eléctricos por lo que puede denominarse control por ángulo de fase. El rango para la variación del ángulo en un sistema trifásico es de 30 a 180 grados por cada semi-ciclo de la onda senoidal. Con este método se consigue un arranque suave, pero no es factible su uso para motores de gran capacidad.

El método por variación de frecuencia provee un arranque suave a los motores de gran capacidad al variar la frecuencia fundamental de forma ascendente, este método es óptimo cuando no se satura el núcleo del motor, es decir se mantiene la relación $\frac{V}{f}$ constante.

2.3. GENERADORES ELECTRICOS TRIFASICOS

Los generadores eléctricos son máquinas eléctricas síncronas, que se componen de un circuito magnético, un devanado de campo de CD, bobinados de estator de AC y sistemas mecánicos para su enfriamiento.

La velocidad de sincronía, está dada por la Ecuación 2.4.

$$N_n = \frac{60 \times f}{\text{par de } P}$$

Ecuación 2.4. Velocidad de un generador síncrono.
(Chapman, 2004)

Donde:

N_n = Velocidad de sincronía (rpm)



P = Polos

f = frecuencia

Se establece en la Ecuación 2.4 un par de polos ya que dos polos deben pasar por un punto en el estator para completar un ciclo de 360° eléctricos.

El estator del generador se conforma por tres grupos de bobinados, entre bobinas se encuentra una separación de 120° eléctricos respecto a la circunferencia del estator.

El voltaje trifásico es generado en el devanado del estator, como resultado del movimiento del devanado de campo o rotor. El rotor bobinado es alimentado con voltaje DC para crear un campo magnético que con ayuda del primotor, obtiene la rotación que le permite inducir un voltaje en el estator.

De acuerdo a la forma de suministrar energía DC al rotor los generadores síncronos se clasifican en:

- Generador con corona de excitación
- Generador de anillos rozantes

2.3.1. Generadores con corona de excitación

Este tipo de generador se compone eléctricamente por las bobinas de estator, corona de excitación del estator, bobinados de rotor o bobinado de campo y corona de excitación de rotor.



El rotor del generador con corona de excitación está representado en la Figura 2.2. La corona de excitación del rotor, en base a la energía remanente que almacena, inicia el proceso de generación al entregar en los bobinados del rotor o campo el voltaje DC inicial. La corona de excitación posee un puente rectificador como se muestra en la Figura 2.3.

Iniciado el proceso de generación, se obtiene un voltaje AC reducido en las bobinas del estator, esta referencia de voltaje inducido es monitoreado por una tarjeta reguladora de voltaje (AVR) que a su vez entrega voltaje DC a la corona de excitación del estator; la corona de excitación del estator induce un voltaje AC mayor en la corona de excitación del rotor, esta lo rectifica y lo entrega como voltaje DC al bobinado de campo que aumenta el voltaje inducido en el estator, de esta forma se cumplen ciclos repetitivos. Cuando el voltaje AC inducido en el estator alcanza su valor nominal, la tarjeta AVR no entrega voltaje DC en la corona de excitación, dándose lugar a un sistema de control de voltaje de lazo cerrado.

Este sistema es eficiente ya que requiere de pequeñas corrientes de excitación para mantener el voltaje AC en las terminales del estator.

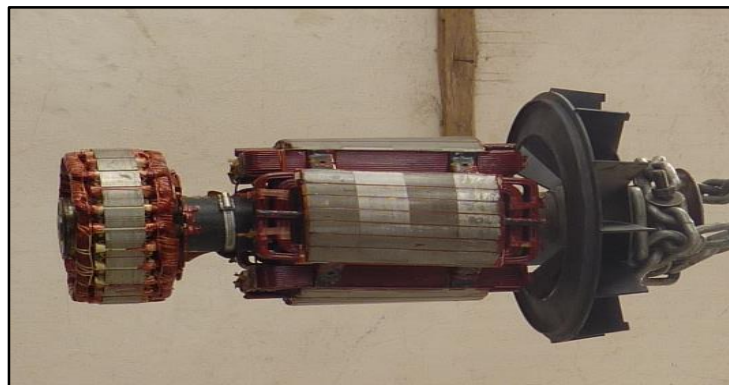


Figura 2.2. Rotor con corona de excitación. (Fuente autores)

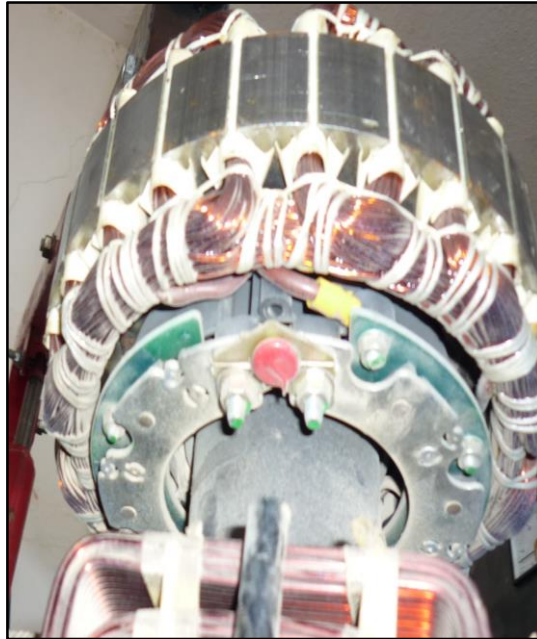


Figura 2.3. Corona de excitación de rotor. (Fuente autores)

2.3.2. Generadores de anillos rozantes

El rotor de un generador de anillos rozantes se observa en la Figura 2.4, este generador eléctricamente está constituido por el estator, rotor y anillos colectores.

El proceso de generación inicia con la energía remanente del rotor, que al girar induce un mínimo voltaje en el estator.

El nivel de voltaje inducido en el estator es medido por la tarjeta reguladora de voltaje (AVR) que a su vez entrega un voltaje DC al rotor a través de los anillos rozantes (proporcional al voltaje AC del estator), este

ciclo se repite hasta que la tarjeta (AVR) mide un valor de voltaje nominal en los terminales del estator.

Estos generadores manejan elevadas corrientes en el rotor, que lo hacen más potente a la hora de manejar cargas críticas.

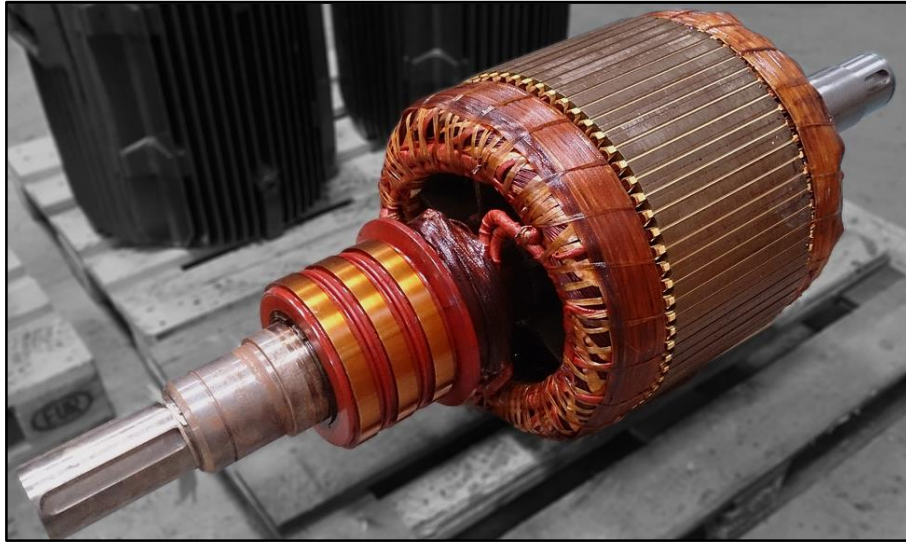


Figura 2.4. Rotor de generador de anillos rozantes. (obeki, 2018)

Los dos tipos de generadores señalados, poseen un sistema de enfriamiento mecánico que proviene desde un ventilador ubicado en la junta entre el generador y primotor. El ventilador hace circular aire del exterior por el entre hierro del generador hacia su parte posterior.

2.4. VOLTAJE Y DIAGRAMA FASORIAL DE UN GENERADOR SINCRONO

El voltaje a la salida de un generador síncrono está dado por la Ecuación 2.5 que es una igualdad del voltaje a la salida de un generador y sus pérdidas de voltaje internas.



$$V\phi = E_A - jX_S I_A - R_A I_A$$

Ecuación 2.5. Voltaje en los terminales del generador.
(Chapman, 2004)

Donde:

$V\phi$ = Voltaje en lo terminales del generador

E_A = Voltaje inducido

$jX_S I_A$ = Perdidas en la reactancia inductiva del estator

$R_A I_A$ = Perdidas en la resistencia del bobinado del estator

Los fasores son vectores que posee una magnitud y una dirección determinada y que se representan en un plano en dos dimensiones. La relación en un gráfico entre: voltajes, corrientes, voltajes y lcorrientes de una carga se denomina diagrama fasorial.

El factor de potencia (FP) influye de forma directa en la dirección y magnitud de los fasores causando un desplazamiento.

En la figura 2.5 se observa un diagrama fasorial de un generador trifásico conectado en estrella que alimenta a una carga en delta. Las corrientes se encuentran desfasadas de los voltajes debido a las impedancias de la carga.

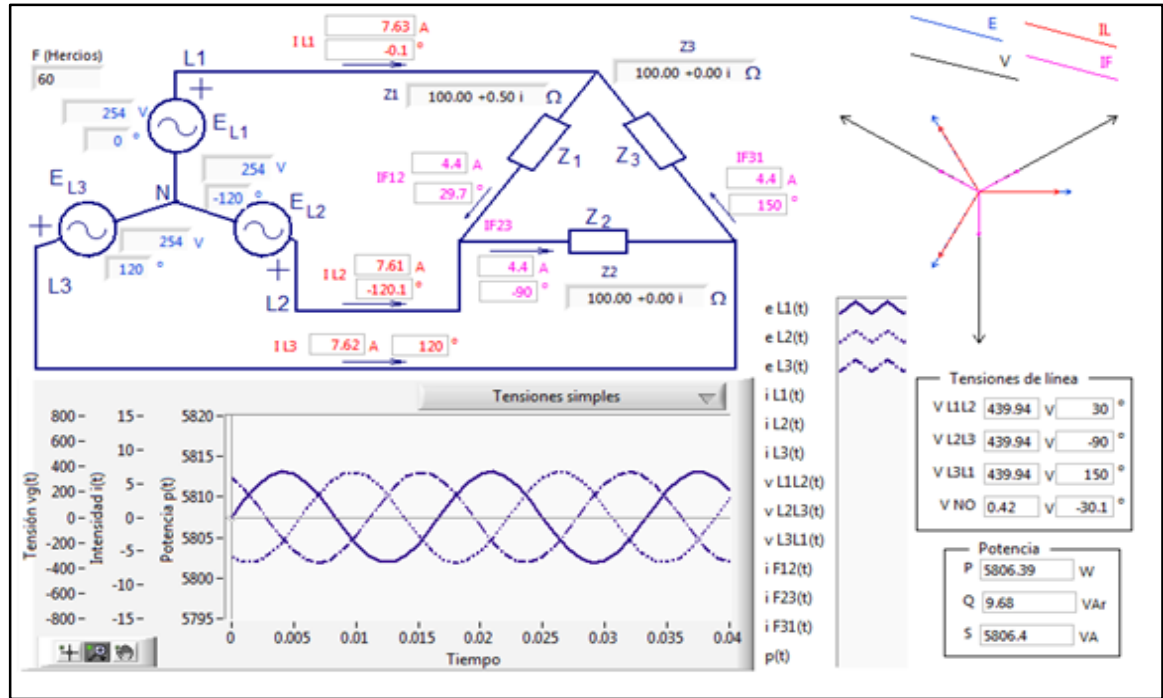


Figura 2.5 Diagrama fasorial (Fuente Autores)

2.5. FACTOR DE POTENCIA

El factor de potencia (FP) es la diferencia del ángulo de fase entre el voltaje y la corriente, el factor de potencia depende de forma directa de la carga. Matemáticamente el factor de potencia se expresa en la Ecuación 2.6.

$$FP = \cos \theta$$

Ecuación 2.6. Factor de Potencia. (Chapman, 2004)

Donde:

$\cos \theta =$ Coseno del ángulo entre el voltaje y la corriente



En la figura 2.6 se observa las curvas de corriente y voltaje en una carga resistiva, la corriente se encuentra en fase con el voltaje.

En la figura 2.7 se observa las curvas de corriente y voltaje en una carga inductiva, la corriente se retrasa al voltaje por tanto el FP está entre 0 y 1.

En la figura 2.8 se observa las curvas de corriente y voltaje en una carga capacitiva, la corriente se adelanta al voltaje por tanto el FP está entre 0 y 1.

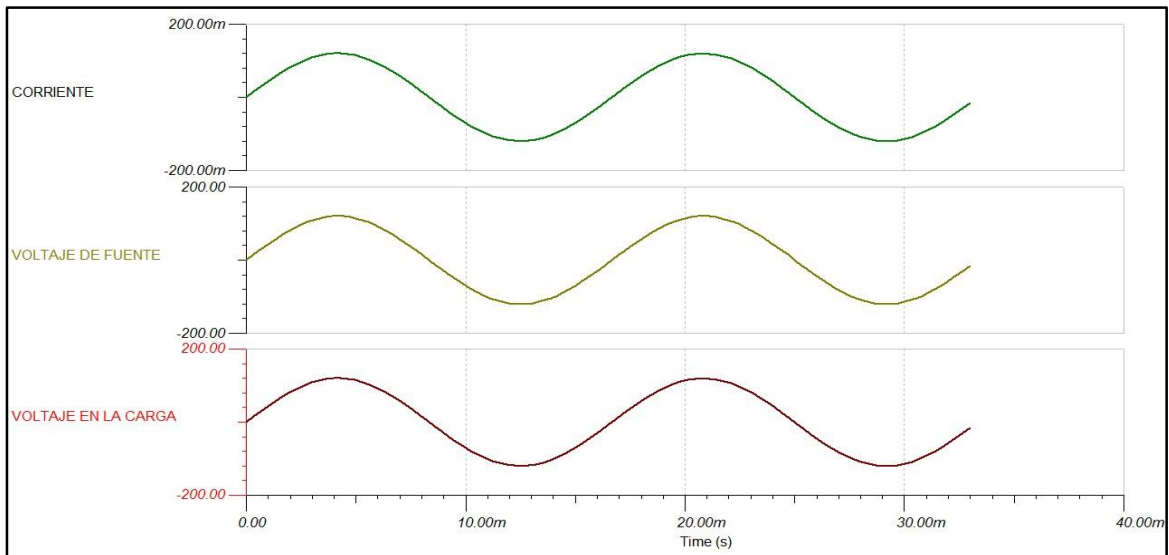


Figura 2.6 Factor de potencia con carga resistiva. (Fuente autores)

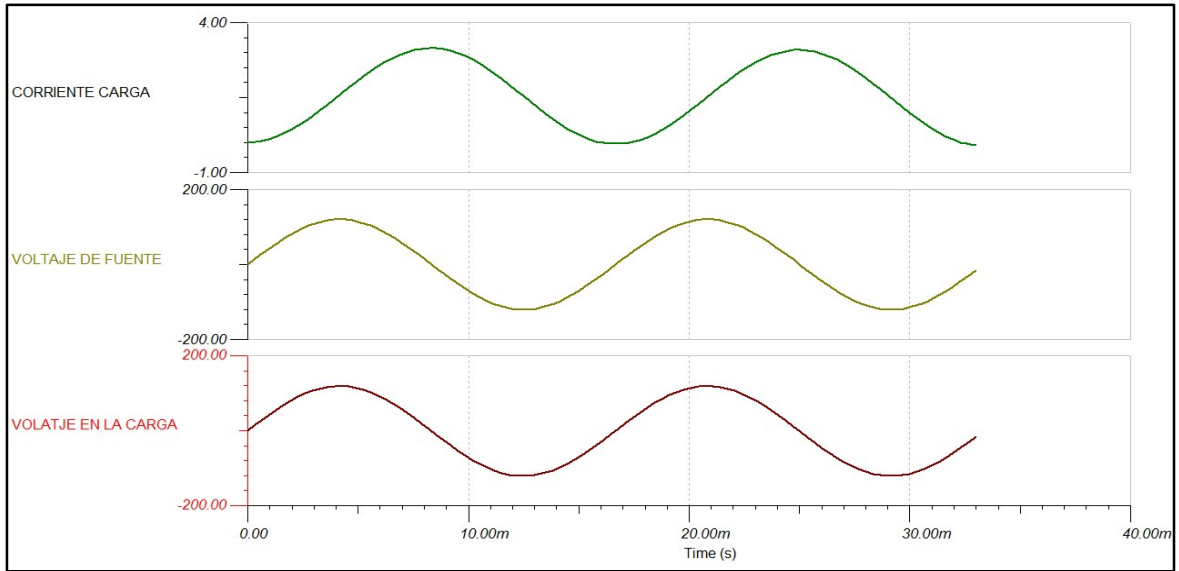


Figura 2.7 Factor de potencia con carga inductiva (Fuente autores)

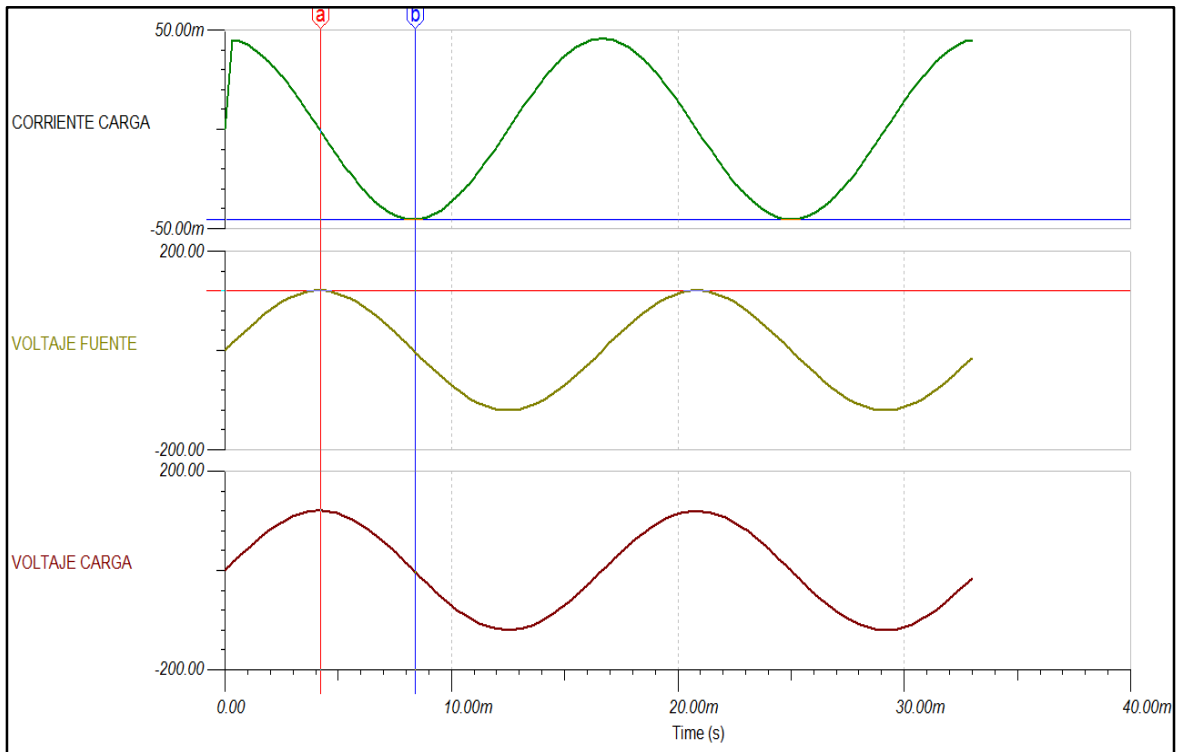


Figura 2.8 Factor de potencia con carga capacitiva. (Fuente autores)

2.6. POTENCIA ACTIVA, REACTIVA Y APARENTE



En la figura 2.9 se observa el triángulo de potencia, en la cual el factor de potencia con su ángulo θ influye para la potencia reactiva KVAR.

En una carga inductiva la corriente se retrasa más respecto al voltaje por lo tanto θ crece y la potencia reactiva aumenta.

En una carga capacitiva la corriente se adelanta más respecto al voltaje por lo tanto θ disminuye y la potencia reactiva decrece; teniendo presente que θ puede tomar valores negativos.

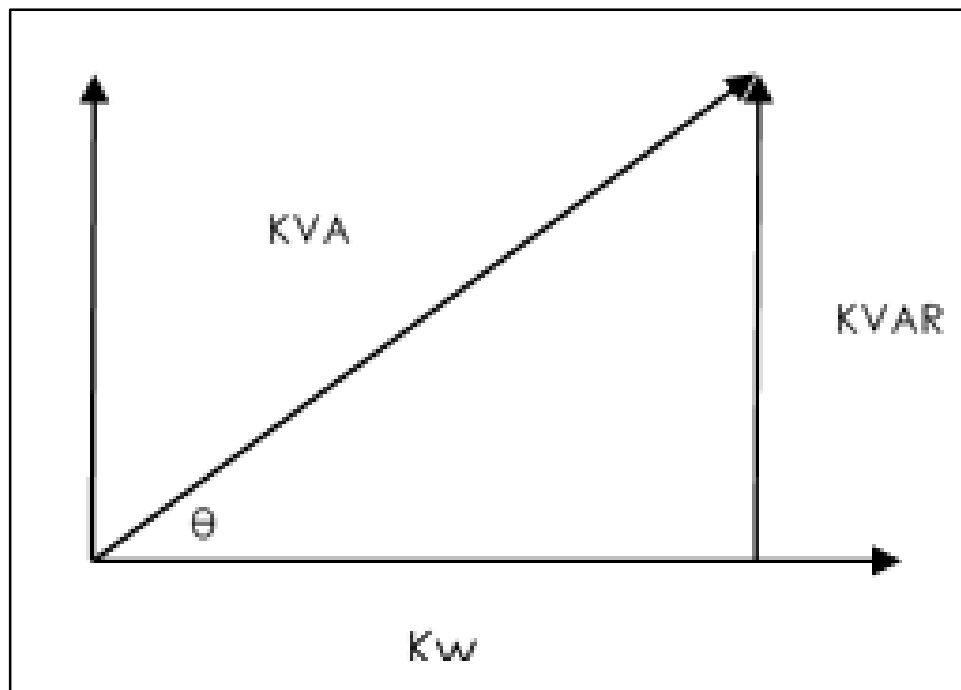


Figura 2.9 Triángulo de potencias. (Fuente autores)



2.7. PROTECCIONES MAGNETOTERMICAS EN BAJO VOLTAJE

2.7.1. Fusibles para bajo voltaje

Este es uno de los métodos más antiguos de protección, se basa en el sobrecalentamiento del conductor fusible causado por el efecto Joule, los fusibles que controlan pequeñas corrientes tienen una sección circular, mientras que los fusibles destinados al paso y fusión con altas corrientes tienen una sección rectangular tipo lámina.

Se distinguen dos tipos de fusibles, uno de empleo general y otro para los motores.

Los fusibles de tipo general, son usados para la protección de líneas conductoras, son de respuesta lenta en sobrecargas y rápidos en cortocircuitos.

Los fusibles que acompañan al motor, poseen una respuesta lenta en sobrecargas de corriente y rápidos frente a cortocircuitos. Estos fusibles protegen al motor a partir de 10 veces su corriente nominal.

El poder de corte y la capacidad nominal de los fusibles depende de la sección y del material con que son construidos ya sea plomo, estaño o zinc.

Los problemas que presentan los fusibles son su imprecisión y su incapacidad de actuar de forma independiente en un circuito trifásico, es decir se interrumpe una sola de las líneas causando problemas secundarios.

Cuando se usan fusibles es importante el escalamiento, para ello se usa la selectividad a través de las curvas de funcionamiento a una misma escala, las curvas entre ellas no deben de cortarse ni tampoco ser tangentes, debe haber un claro margen de actuación, esto es importante porque en corrientes elevadas los tiempos de fusión son cortos.

Cuando los fusibles están protegiendo a un motor, la corriente mínima del fusible puede ser igual a la corriente nominal del motor, esto por el tiempo de respuesta del fusible.

2.7.2. Interruptores magnéticos

Este tipo de protección es de carácter automático frente a sobrecorrientes de un valor determinado y tienen un alto índice de precisión.

En la Figura 2.10 se observa la curva característica de un interruptor magnético, el equipo trabaja en la zona A cuando la corriente llega al valor de I_1 el interruptor se desconecta.

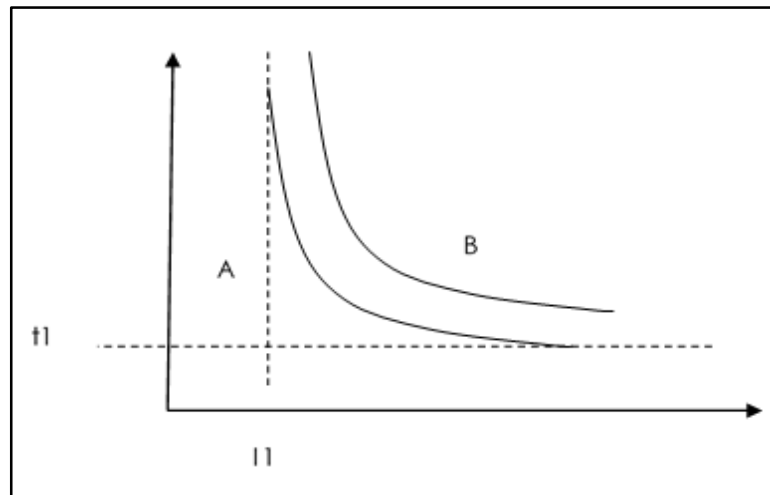


Figura 2.10 Curva de acción de una protección magnética. (Fuente autores)

2.7.3. Interruptores térmicos

Este tipo de interruptor es automático, reacciona en un corto tiempo frente a corrientes superiores a la nominal. Su construcción se basa en una lámina de bimetálica que se deforma por el calor producido con la corriente. En la Figura 2.11 se observa el funcionamiento de una protección térmica, para I_1 la protección se activa en un tiempo t_1 , para I_2 mayor a I_1 , la protección se activa en un tiempo t_2 menor a t_1 , por lo tanto, el bimetálica a mayor corriente se activa en un menor tiempo. Las curvas entre A y B son la tolerancia del equipo.

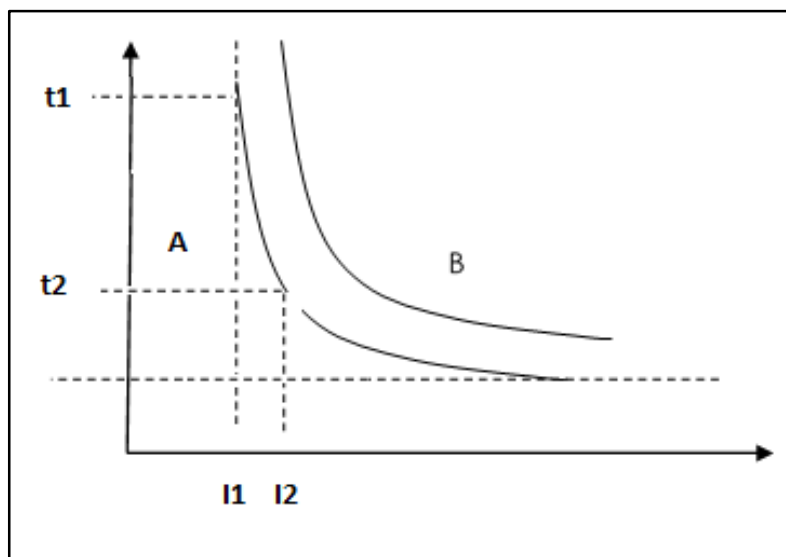


Figura 2.11 Curva de acción de una protección térmica.
(Fuente autores)

2.7.4. Interruptores termo-magnéticos

Los interruptores actuales combinan las propiedades de una protección magnética y una protección térmica, pudiendo ser accionados



de forma manual, térmica o magnética. Una de las ventajas de esta protección es que cuando una fase se ve afectada, se desconectan las otras fases del sistema en el circuito.

2.7.5. Curvas de disparo para las protecciones magneto-térmicas

Las curvas de disparo de las protecciones magneto térmicas están reguladas por la Norma Europea EN, las curvas son las que se muestran en las Tablas 2.2 – 2.7.

Curva tipo B

Tabla 2.2 Curva tipo B de disparo para protección magneto-térmica. (Donald G.Fink / H. Wayne Beaty, 1995)

CARACTERISTICAS CURVA TIPO B Norma EN		
ZONA TERMICA	ZONA MAGNETICA	USOS
1.1In -1.4In	3In – 5In o 3.2In – 4.8In	Líneas y generadores

Curva tipo C

Tabla 2.3 Curva tipo C de disparo para protección magneto-térmica. (Donald G.Fink / H. Wayne Beaty, 1995)

CARACTERISTICAS CURVA TIPO C Norma EN		
ZONA TERMICA	ZONA MAGNETICA	USOS
1.13In -1.45In	5In-10In o 7In - 10In	Líneas-receptores

Curva tipo D

Tabla 2.4 Curva tipo D de disparo para protección magneto-térmica. (Donald G.Fink / H. Wayne Beaty, 1995)

CARACTERISTICAS CURVA TIPO D Norma EN		
ZONA TERMICA	ZONA MAGNETICA	USOS
1.1In -1.4In	10In - 14In	Receptores con picos de arranque



Curva tipo MA

Tabla 2.5 Curva tipo MA de disparo para protección magneto-térmica. (Donald G.Fink / H. Wayne Beaty, 1995)

CARACTERISTICAS CURVA TIPO MA Norma EN		
ZONA TERMICA	ZONA MAGNETICA	USOS
-	12In	Motores

Curva tipo Z

Tabla 2.6 Curva tipo Z de disparo para protección magneto-térmica. (Donald G.Fink / H. Wayne Beaty, 1995)

CARACTERISTICAS CURVA TIPO MA Norma EN		
ZONA TERMICA	ZONA MAGNETICA	USOS
-	2.4In-3.6In	Receptores electrónicos

Curva UNEZA (ICP)

Tabla 2.7 Curva tipo ICP de disparo para protección magneto-térmica. (Donald G.Fink / H. Wayne Beaty, 1995)

CARACTERISTICAS CURVA TIPO MA Norma UNESA: RU6101B		
ZONA TERMICA	ZONA MAGNETICA	USOS
1.13In-1.45In	3.9In-8.9In	Controles para control de potencia,

2.7.6. Protección mediante relé térmico

El relé térmico, es un dispositivo ubicado en serie con la bobina de control para el accionamiento de un motor. Está conformado por un bimetálico.

Cuando se presenta una sobrecarga en el motor, por un tiempo determinado, los bimetálicos accionan un mecanismo de disparo, que

provoca la apertura de un contacto que desenergiza la bobina del contactor de carga.

El relé-térmico también posee la característica de un relé diferencial. El relé térmico se muestra en la Figura 2.12.

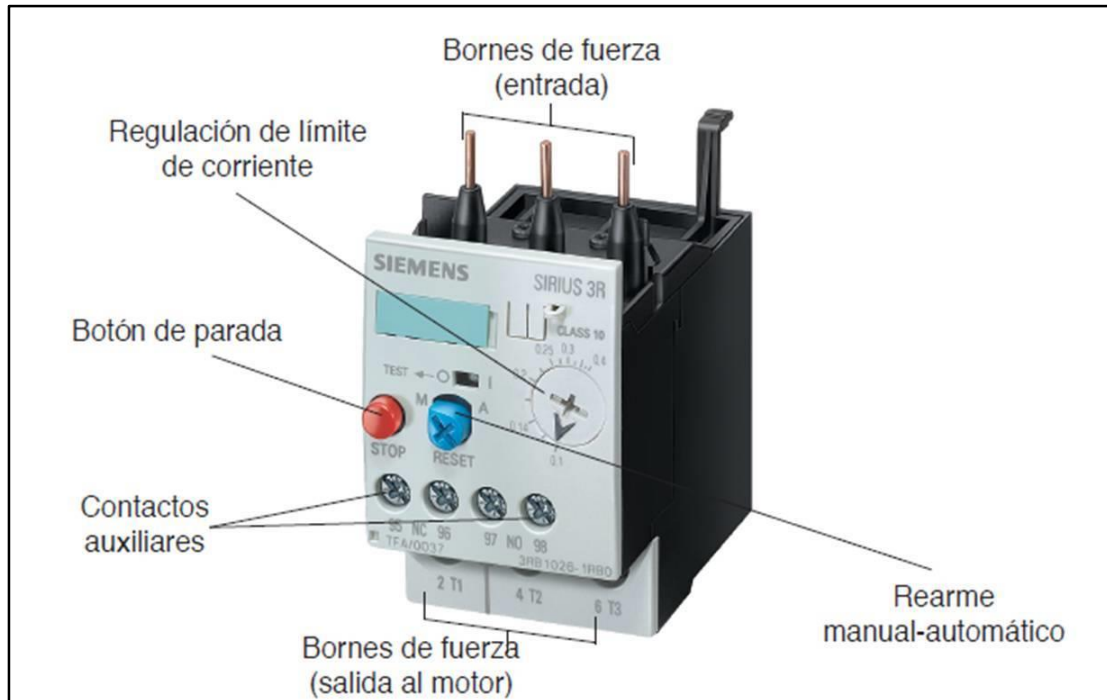


Figura 2.12 Relé Térmico. Fuente (4.0, 2018)

2.8. PROTECCIONES DE MOTORES ELECTRICOS

Según el Código Eléctrico Nacional, basado en la norma INEN 19:2001 establece la protección de motores como se detalla en la Figura 2.13.

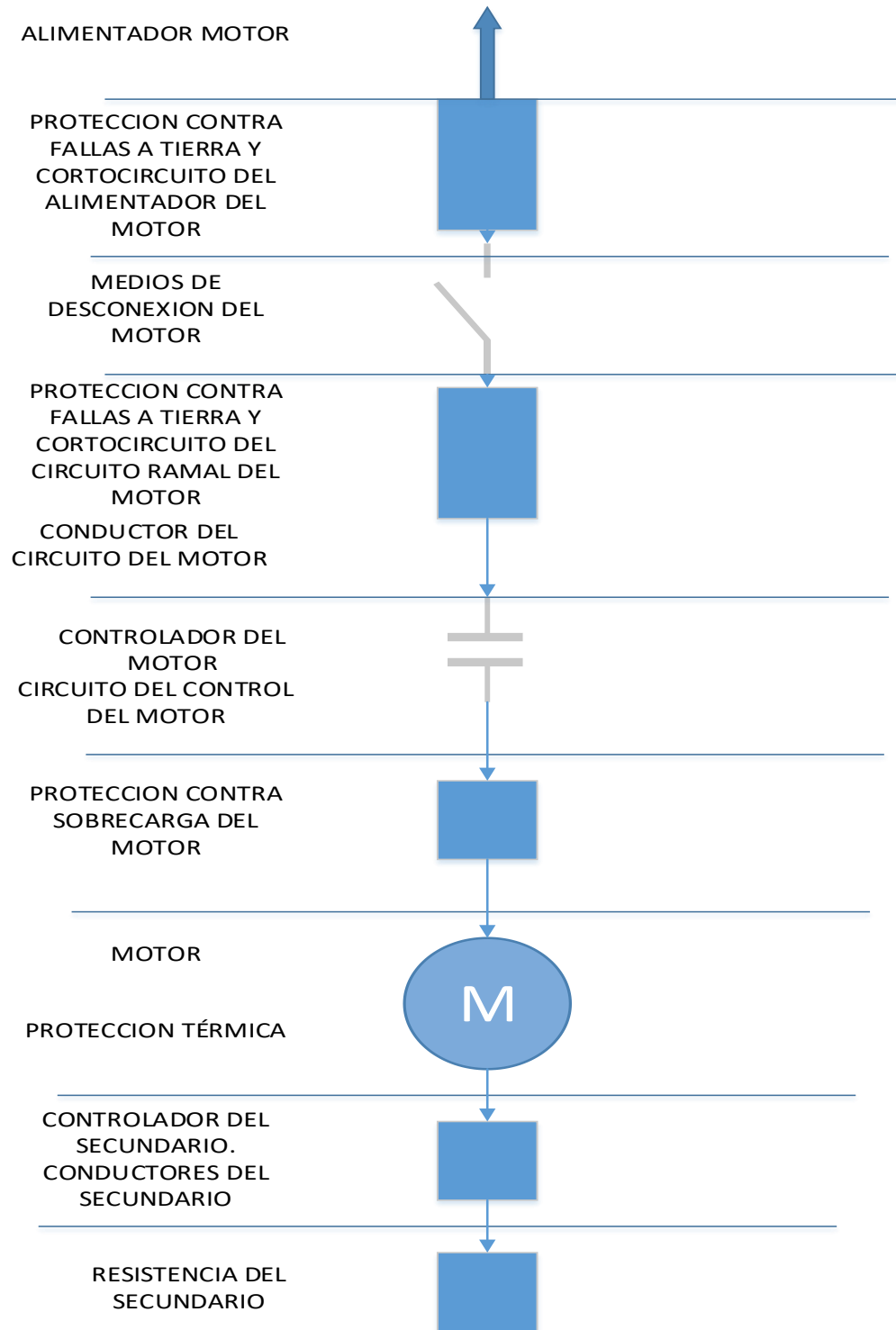


Figura 2.13. Protección de un motor eléctrico. (Code, 1997)



2.9. ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Según la norma IEC 61000-4-30 establece los procedimientos de medición para variables eléctricas que determinan la calidad del suministro de energía eléctrica a una carga.

Los efectos que causan una mala calidad de energía eléctrica se presentan en la Figura 2.14.

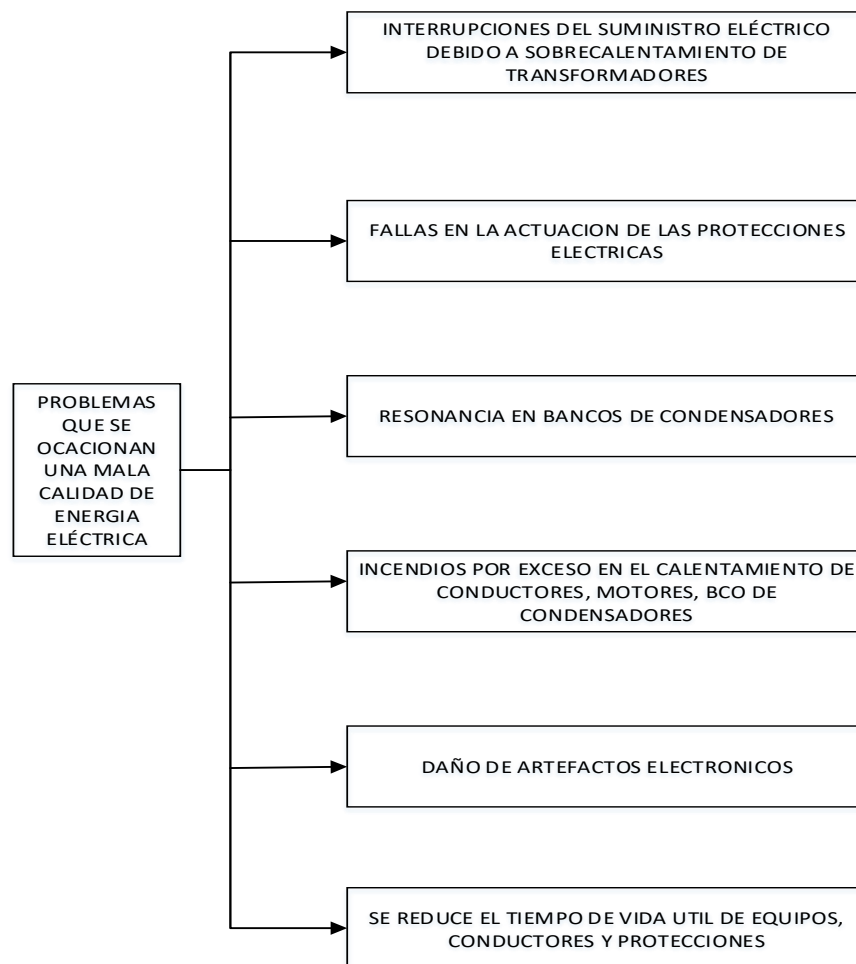


Figura 2.14. Efectos de una mala calidad de energía eléctrica. (Association, 2016)



Las variables de medición fundamentales para el análisis de la calidad de energía eléctrica se muestra en la Figura 2.15.

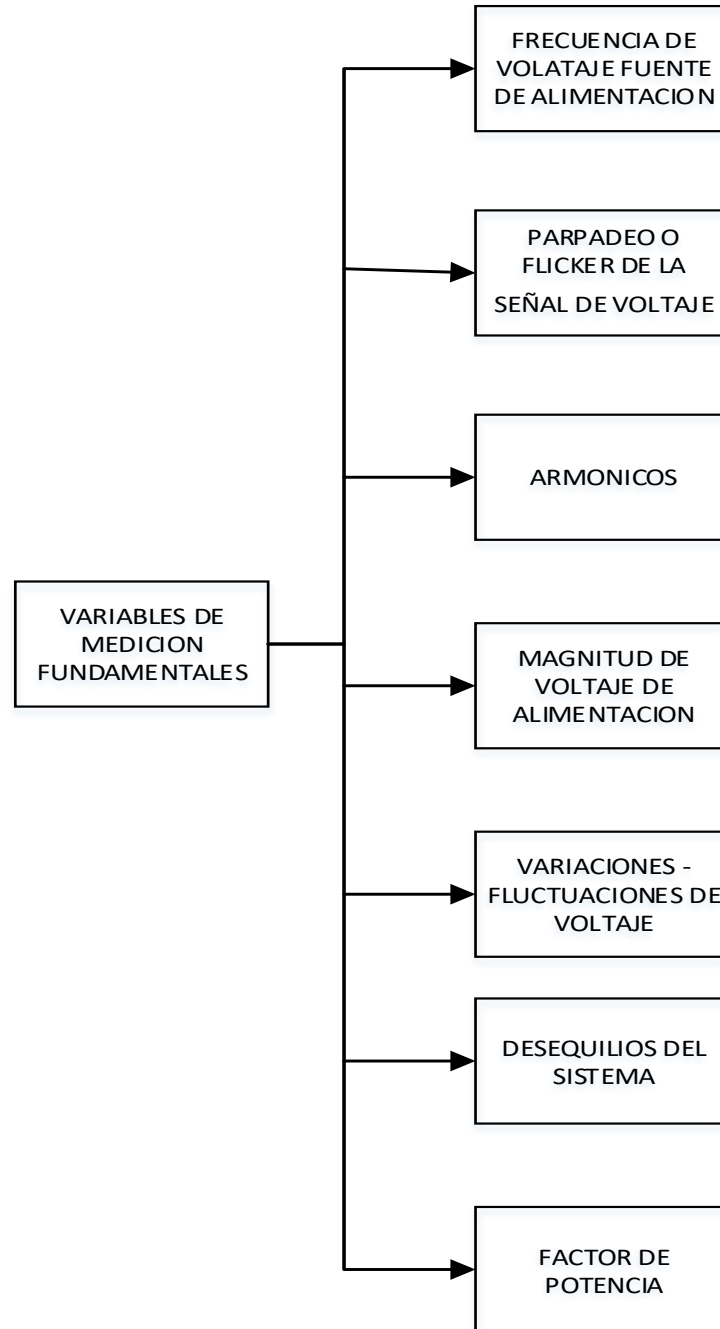


Figura 2.15. Variables de medición fundamentales para el análisis de calidad de energía eléctrica. (Association, 2016)



Las normas que establecen los procedimientos de medición y los requerimientos para equipos se detallan en la Tabla 2.8.

Tabla 2.8 Normas para medición de la calidad de energía eléctrica. (4.0, 2018)

NORMA	DESCRIPCIÓN
IEC 61000-4-30	Establece para la Calidad de Potencia los métodos de medición e interpretación de los resultados
IEC 61000-4-7	Establece los requerimientos para los instrumentos usados para medir componentes espectrales en frecuencias hasta 9 kHz
IEC 61000-4-15	Establece los requerimientos para medidores de parpadeo o Flicker

La Norma IEC 61000-4-30, establece dos clases de medición dependiendo el equipo profesional usado para tal efecto.

La medición clase A, es una forma precisa de medición, que cumple con una mínima incertidumbre, para cumplir con este requerimiento el instrumento de medición debe poseer características estrictas en cuanto a ancho de banda y frecuencia de muestreo.

La medición clase B, es una medición usada para estadísticas y resolución de problemas y otras aplicaciones donde no es necesaria una baja incertidumbre.



2.9.1. Medición de frecuencia

La medición de frecuencia, según la Norma IEC 61000-4-30, establece los métodos de medición para los parámetros de calidad de la potencia eléctrica en clase A.

La medición de la frecuencia, se calcula en función de la Ecuación 2.7. donde la incertidumbre de medición no debe exceder el ∓ 0.01 HZ.

$$f_{1med} = \frac{\text{Número de ciclos enteros}}{\text{duración de ciclo enteros}}$$

Ecuación 2.7; Medición de frecuencia. (Carranza, 2018)

La repetición de medición de f_{1med} es cada 10 minutos, y el intervalo de medición cada 10 segundos como se muestra en la Figura 2.16.



Figura 2.16; Calculo de la frecuencia. (Carranza, 2018)

$$f_{1med} = \frac{599 \text{ Ciclos enteros}}{9.96 \text{ S}} = 60.14 \text{ Hz}$$

2.9.2. Medición del parpadeo o Flicker

El parpadeo o Flicker se produce por la variación de las cargas conectadas que recrean una variación de tensión de forma repetitiva y permanente, la magnitud puede oscilar entre un 90% y un 10% del voltaje nominal, su comportamiento es como el mostrado en la Figura 2.17. según la Norma IEC 61000-4-30 las mediciones pueden ser efectuadas en un periodo de 10 minutos para mediciones puntuales.

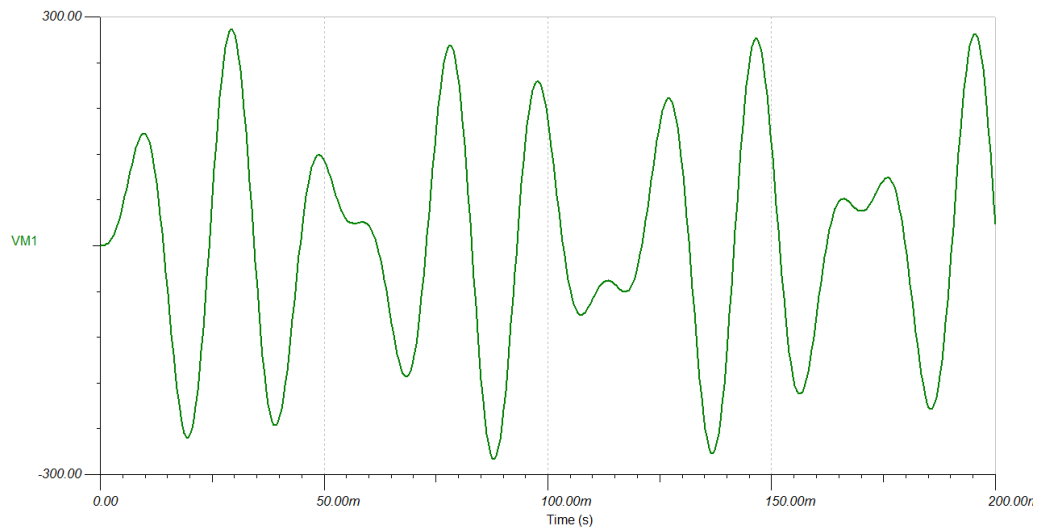


Figura 2.17; Flicker en una señal de voltaje. (Carranza, 2018)

La Norma IEC 61000-4-15 define al Flicker como el nivel de molestia percibida por el ojo humano frente a la variación de luminosidad de una lámpara incandescente, el diagrama funcional de un medidor de Flicker es el de la Figura 2.18.

Los bloques de la Figura 2.18 se detallan a continuación.



El Transformador de entrada: Adapta el nivel de voltaje y produce un aislamiento galvánico del voltaje de la red hacia el equipo con valores admisibles.

Bloque 1: Calibra la ganancia de entrada.

Bloque 2: Simula el comportamiento de una lámpara incandescente frente a las fluctuaciones en el voltaje.

Bloque 3: En este bloque se disponen de dos filtros en cascada que simulan un bulbo con núcleo enrollado de 60 W y el comportamiento del ojo ante fluctuaciones en la iluminación.

Bloque 4: Representa la sensación de Flicker instantáneo.

Bloque 5: Realiza el análisis estadístico en tiempo real de los datos muestreados para proporcionar los índices de severidad del Flicker.

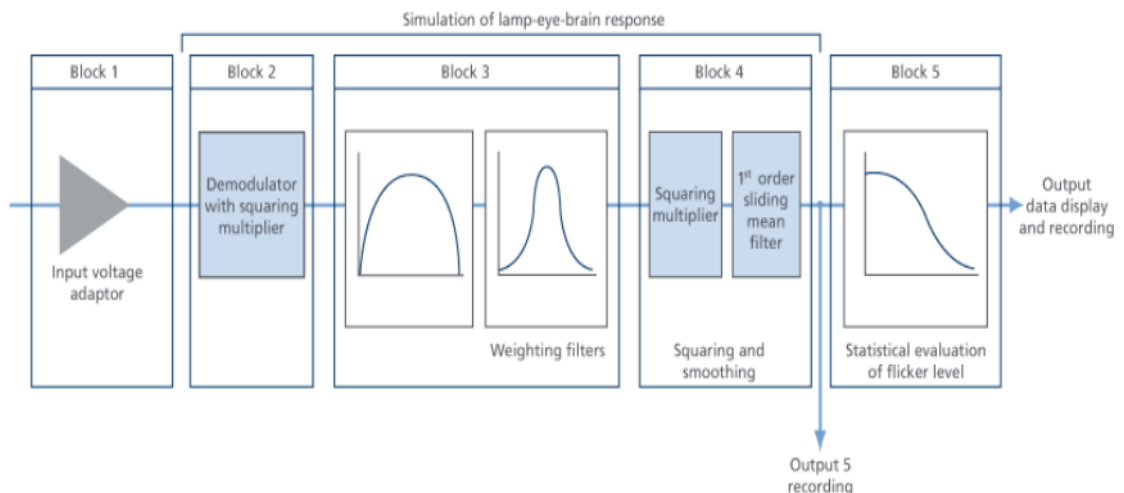


Figura 2.18: Diagrama funcional de un medidor de Flicker. (Carranza, 2018)



2.9.3. Medición de armónicos

La norma IEC 61000-4-7, establece los requerimientos de medición para las componentes armónicas. La norma IEC 61000-4-30, señala que mediciones de un solo día el periodo de intervalos para la medición es de tres segundos.

El algoritmo que establece la norma IEC 61000-4-7 para la medición de armónicos es el mostrado en la Figura 2.19.

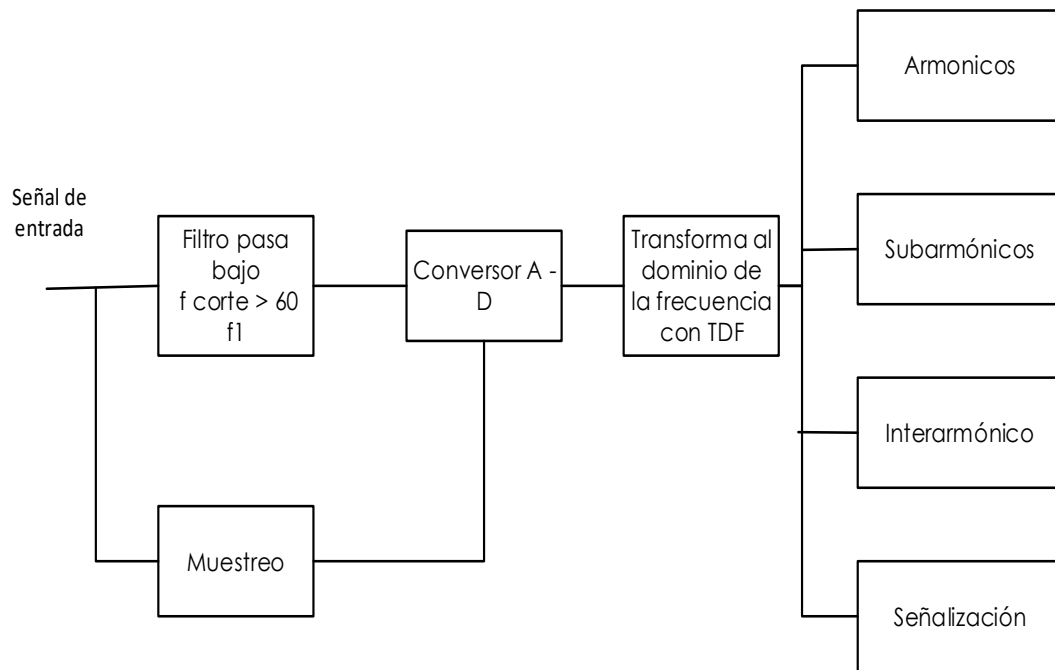


Figura 2.19. Algoritmo para la medición de armónicos
(Fuente autores)

2.9.4. Medición de la magnitud de voltaje de alimentación

La norma IEC 61000-4-30 señala para la medición de la magnitud de voltaje dos clases.



Clase A: En la medición para estos equipos, se señala las siguientes características:

Incertidumbre $\pm 0.1 \%$

El periodo de medición es de 12 ciclos para 60 Hz, estos intervalos no deben traslaparse.

Método usado en señales en estado cuasi-estacionario, no apto para medir abatimientos, incremento, interrupciones o transitorios.

Clase B: Para determinar el voltaje nominal en RMS sobre un ciclo se usa la Ecuación 2.8

$$V_{rms} = \sqrt{\int_t^{t+T} \frac{V^2(t)}{T} dt}$$

Ecuación 2.8 Voltaje RMS. (Carranza, 2018)

Donde:

V_{rms} = Voltaje RMS

T = Periodo

2.9.5. Medición de las fluctuaciones de voltaje

Las Fluctuaciones de voltaje pueden ser temporales con un nivel superior o inferior del voltaje nominal, como se observa en las Figuras 2.20 y 2.21 para las cuales la histéresis es del 2% del voltaje denominado como U_{din} y la incertidumbre es menor 0.2 del voltaje.

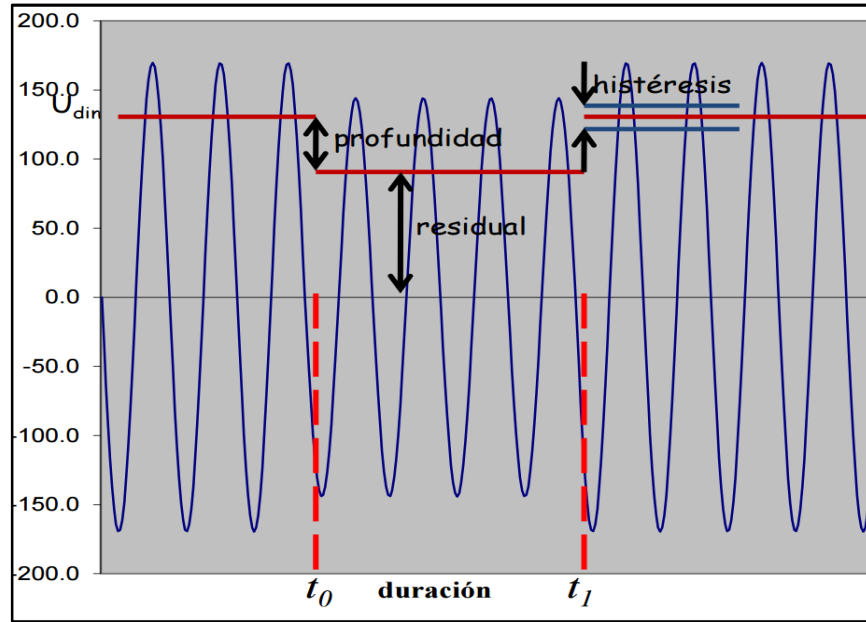


Figura 2.20. Fluctuación de voltaje reducido. (Carranza, 2018)

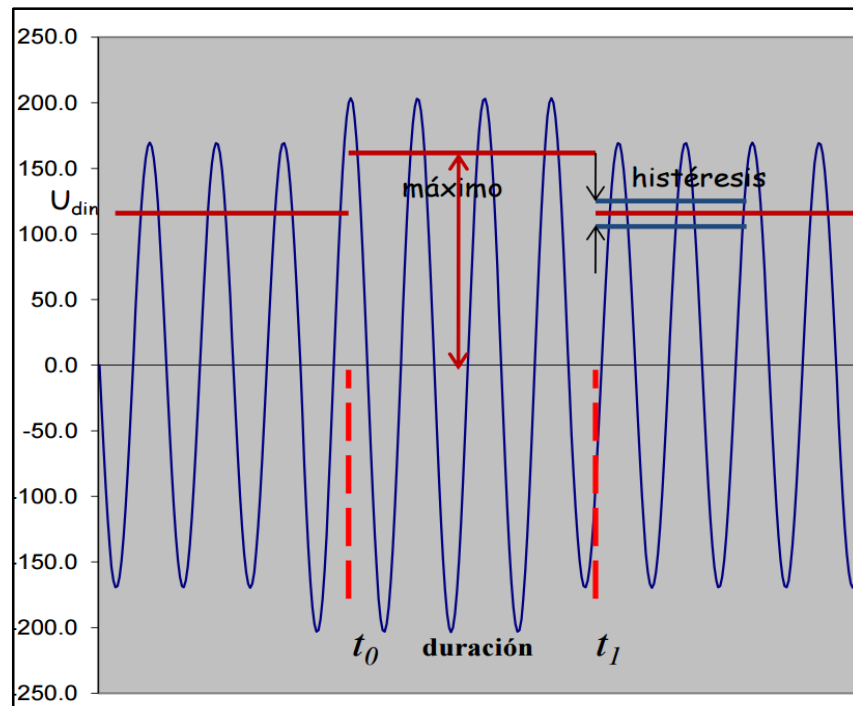


Figura 2.21. Fluctuación de voltaje amplificado. (Carranza, 2018)



El modelo matemático de la señal de fluctuación de voltaje es la Ecuación 2.9.

$$V(t) = V_A(t)V_{RMS} \sin(\varphi_A(t))$$

Ecuación 2.9 Fluctuación de voltaje. (Carranza, 2018)

2.9.6. Medición de desequilibrio del sistema

Esta medición se basa en el método de las componentes simétricas. En el desequilibrio siempre está presente la componente de secuencia positiva a más de una de las componentes de secuencia negativa o cero, las Ecuaciones 2.10 y 2.11 muestran el cálculo. El método usado para determinar las componentes consiste en medir la componente fundamental de RMS de la señal de entrada en intervalos de tiempo de 12 ciclos.

Componentes de secuencia negativa

$$V_2 = \frac{\textit{secuencia negativa}}{\textit{secuencia positiva}} \times 100\%$$

Ecuación 2.10 Fluctuación de voltaje. (Carranza, 2018)

Componentes de secuencia cero

$$V_0 = \frac{\textit{secuencia cero}}{\textit{secuencia positiva}} \times 100\%$$

Ecuación 2.11 Fluctuación de voltaje. (Carranza, 2018)



Mediciones según la Norma IEC 61000-4-30

Clase A: La secuencia negativa V_2 se obtienen en función de los términos de las fases como se muestra en las Ecuaciones 2.12 y 2.13.

$$V_2 = \frac{V_2}{V_1} \times 100\% = \sqrt{\frac{1 - \sqrt{3 - 6\beta}}{1 + \sqrt{3 - 6\beta}}} \times 100\%$$

Ecuación 2.12 Fluctuación de voltaje. (Carranza, 2018)

$$\beta = \frac{V_{12fundamental}^4 + V_{23fundamental}^4 + V_{31fundamental}^4}{(V_{12fundamental}^4 + V_{23fundamental}^4 + V_{31fundamental}^4)^2}$$

Ecuación 2.13 Fluctuación de voltaje. (Carranza, 2018)

2.10. AISLAMIENTO EN MOTORES ELECTRICOS DE INDUCCION

El aislamiento eléctrico es la capacidad de un material de imponerse a la circulación de corriente eléctrica a determinada diferencia de potencial. El aislamiento eléctrico en los motores de inducción se basa en el aislamiento de sus bobinados de campo que consiste en un recubrimiento a los conductores eléctrico que conforman las bobinas.

No existe un aislamiento eléctrico perfecto, este se pierde sus propiedades con el tiempo, y en un motor los esfuerzos y las condiciones ambientales reducen el tiempo de vida útil de un aislamiento eléctrico.

Los agentes de falla para el aislamiento eléctrico se detallan en la Figura 2.22.

2.11. VALORACIÓN DEL AISLAMIENTO ELÉCTRICO DE UN MOTOR

El aislamiento eléctrico, es posible cuantificarlo en base a dos métodos:

- Cálculo del índice de polarización
- Cálculo del índice de absorción

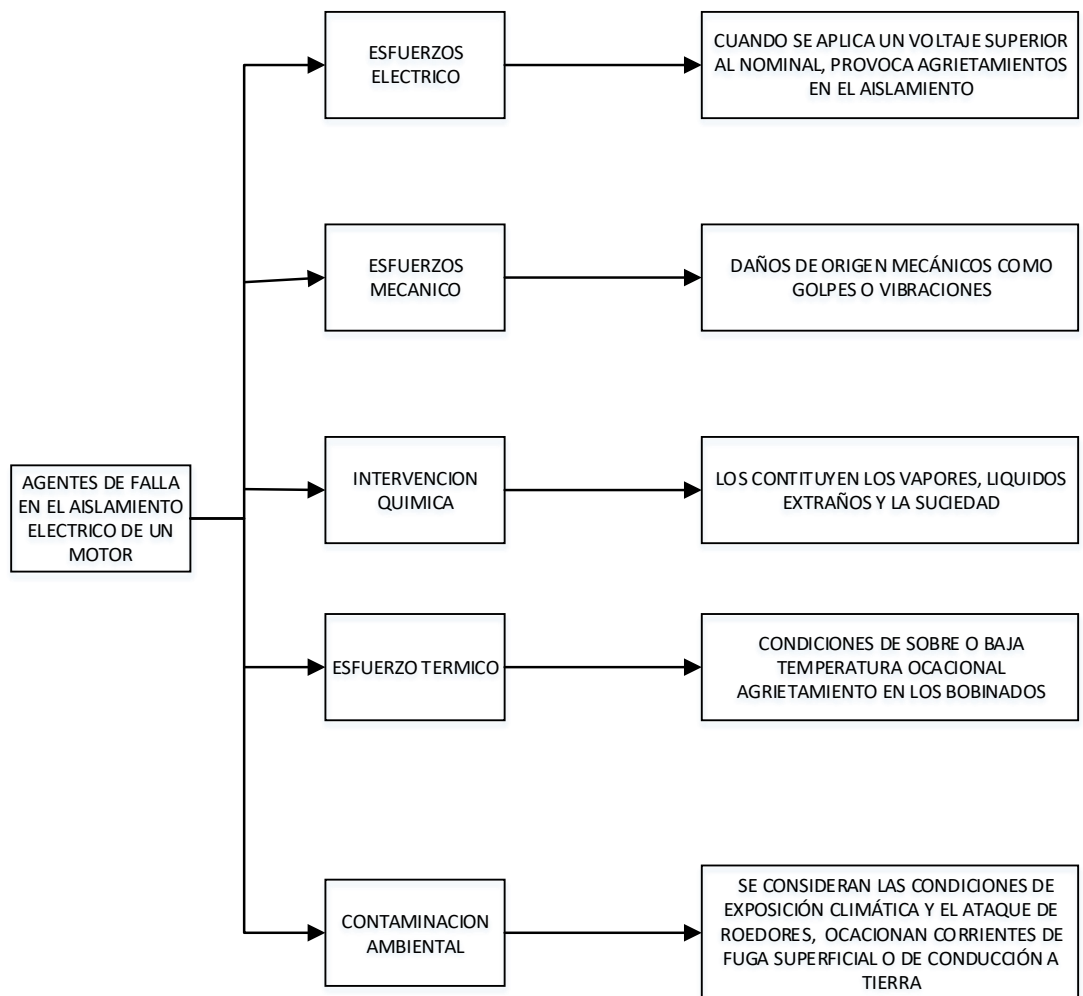


Figura 2.22. Agentes de falla del aislamiento eléctrico.
(INTERNATIONAL, 2000)



2.11.1. Índice de polarización

El índice de Polarización IP, es un valor que resulta de la división de la resistencia de aislamiento a tierra medida en diez minutos sobre la resistencia de aislamiento a tierra medida en un minuto.

El índice de polarización se basa en la absorción de la corriente del motor en función del tiempo, (esta corriente debe anularse luego de aplicar la diferencia de potencial entre la bobina y tierra con el equipo medidor de aislamiento), por tal motivo, el valor de la resistencia de aislamiento a tierra deberá crecer con el tiempo. Los rangos del IP se establecen en la Tabla 2.9.

Tabla 2.9 Rangos del índice de polarización. Fuente (INTERNATIONAL, 2000)

IP<1	RAZON DE PELIGO
1<IP<2	RAZON REGULAR
2<IP<4	RAZON DE PRECAUCIÓN
4<IP	RAZON DE BUEN ESTADO

Un bajo nivel del IP indica presencia de humedad y agentes contaminantes en los bobinados, por ende, fugas de corriente fuera de lo permitido.

2.11.2. Índice de absorción

El índice de absorción IA, es un valor que resulta de la división de la resistencia de aislamiento a tierra medida en un minuto sobre la resistencia de aislamiento a tierra medida en treinta segundos.



El índice de absorción, refleja el grado de contaminación en los bobinados al determinar la rapidez de absorción de la corriente.

Los valores nominales para determinar el IA se expresan en Tabla 2.10.

Tabla 2.10 Rangos del índice de absorción. Fuente (INTERNATIONAL, 2000)

IA<1	RAZON DE PELIGO
1<IA<1.25	RAZON REGULAR
1.4<IA<1.6	RAZON DE PRECAUCIÓN
1.6<IA	RAZON DE BUEN ESTADO

2.12. TERMOGRAFÍA

La termografía es el proceso de medir la temperatura a distancia mediante la asignación de colores en función de su grado. Se basa en la radiación infrarroja que es la emisión de energía natural de todos los objetos.

La intensidad de la luz infrarroja depende de la temperatura, y de las propiedades de la superficie que dependen de la emotividad del material. Las escalas de temperatura usadas para la medición son Fahrenheit y Celsius.

La transferencia de calor se da desde lo más caliente a lo más frío hasta alcanzar la temperatura de equilibrio, en la termografía no interesa la temperatura de equilibrio. Los periodos de transferencia de calor pueden ser estático o dinámico, cuando es estático se producen puntos calientes.

La transferencia de calor se puede dar por:

- Conducción: Transferencia de calor entre sólidos



- Convección: Transferencia de calor entre líquidos y gases
- Radiación: Transferencia de calor a través de medios no físicos

Otro factor a tener presente en la termografía es la capacidad térmica que es la capacidad de un cuerpo para almacenar calor y varía en función del medio, esto puede ocasionar cambios en los patrones de medición.

La termografía es usada para inspeccionar:

- Equipo Eléctrico
- Circuitos Eléctrico
- Equipos Mecánicos
- Equipo de calefacción o enfriamiento
- Aislamiento en obra civiles
- Equipo electrónico

En el área eléctrica la termografía cumple una función importante en:

- Análisis de cargas desbalanceadas
- Análisis de armónicos de corriente
- Sobrecargas de corriente



- Problemas de aislamiento eléctrico
- Problemas de contactos eléctricos

Las mediciones termo-graficas se realizan en base a tres métodos, comparativo, inicial y de tendencia. El método comparativo que es el más usado, se basa en comparar componentes similares con condiciones similares. El método comparativo puede ser cuantitativo o cualitativo, es decir con valores de medidas o sin valores de medida.

En la Figura 2.23 se observa una foto térmica cuantificada.



Figura 2.23. Foto térmica cuantificada. (Fuente autores)



CAPÍTULO 3

AUDITORIA ENERGETICA

3.1. AUDITORIA ENERGÉTICA

La Auditoría Energética, es una herramienta regida a un proceso estricto de principios que dan a la auditoría la calidad fiable y eficaz para ser usada en la toma de decisiones y controles de gestión, el objetivo de la Auditoría Energética, es el propiciar un mejor desempeño energético.

Los principios energéticos son la base en una Auditoría Energética, mismos que son comunes para los Auditores Energéticos que conllevan a una comunión de conclusiones.

Es importante señalar en base a la ética que el Auditor debe cumplir con ciertas directrices que las señala La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 50002 y que se listan a continuación.

- Tener una preparación académica adecuada, con las habilidades, experiencia y/o capacitación en el área a auditar
- Mantenerse actualizado en los requerimientos legales necesarios para una intervención de auditoría energética



- Conocimiento de la norma técnica vigente para auditar

El líder de la auditoría energética debe cumplir con las habilidades para gestionar y liderar al equipo de auditoría energética.

Cuando exista un solo auditor, este será considerado como Auditor Líder. Todo Auditor está llamado a una preparación y actualización continua.

Las auditorías energéticas tienen un alcance, límites y objetivos.

La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 50002 (50002, 2016), señala que la Auditoría Energética es el “Análisis sistemático del uso y consumo de la energía dentro de un alcance de la auditoría energética definida, con el fin de identificar, cuantificar e informar sobre las oportunidades para la mejora del desempeño energético”.

En referencia a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 50002 es importante señalar que el uso de la energía se relaciona con el uso o tipo de aplicación, el consumo de la energía es la cantidad de energía utilizada, el alcance de una auditoría energética está relacionado con los usos y de las diferentes actividades derivadas que se incluyen en la auditoría energética, ya sean organización, instalaciones, equipos o procesos de sistemas. El desempeño energético nos entrega los indicadores medibles de la eficiencia energética, el uso y el consumo de energía.

3.2. PRINCIPIOS DE AUDITORÍA ENERGÉTICA

La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 50002 (50002, 2016) detalla los siguientes principios de una auditoría energética:



- a) la auditoría es coherente con el alcance, límite y objetivo(s),
- b) las medidas y observaciones son las adecuadas para el uso y el consumo de energía;
- c) los datos del desempeño energético tomados son representativos de las actividades, procesos, equipos y sistemas;
- d) los datos utilizados para la cuantificación del desempeño energético y la identificación de oportunidades de mejora son coherentes y únicos;
- e) el proceso de recopilación, validación y análisis de los datos es trazable;
- f) el informe de auditoría energética proporciona oportunidades de mejora del desempeño energético.

Los principios antes señalados se aplican en las diferentes etapas para la realización de la Auditoría Energética.

3.3. METODOLOGÍA DE LA AUDITORÍA ENERGÉTICA

La metodología es un proceso técnico y sistemático para el desarrollo de la Auditoría Energética.

En la auditoría energética propuesta a las Plantas de Trituración y Asfalto de la Constructora THOT. Cía. Ltda. se empleará el proceso recomendado por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 50002, cuyo flujograma se muestra en la Figura 3.1.

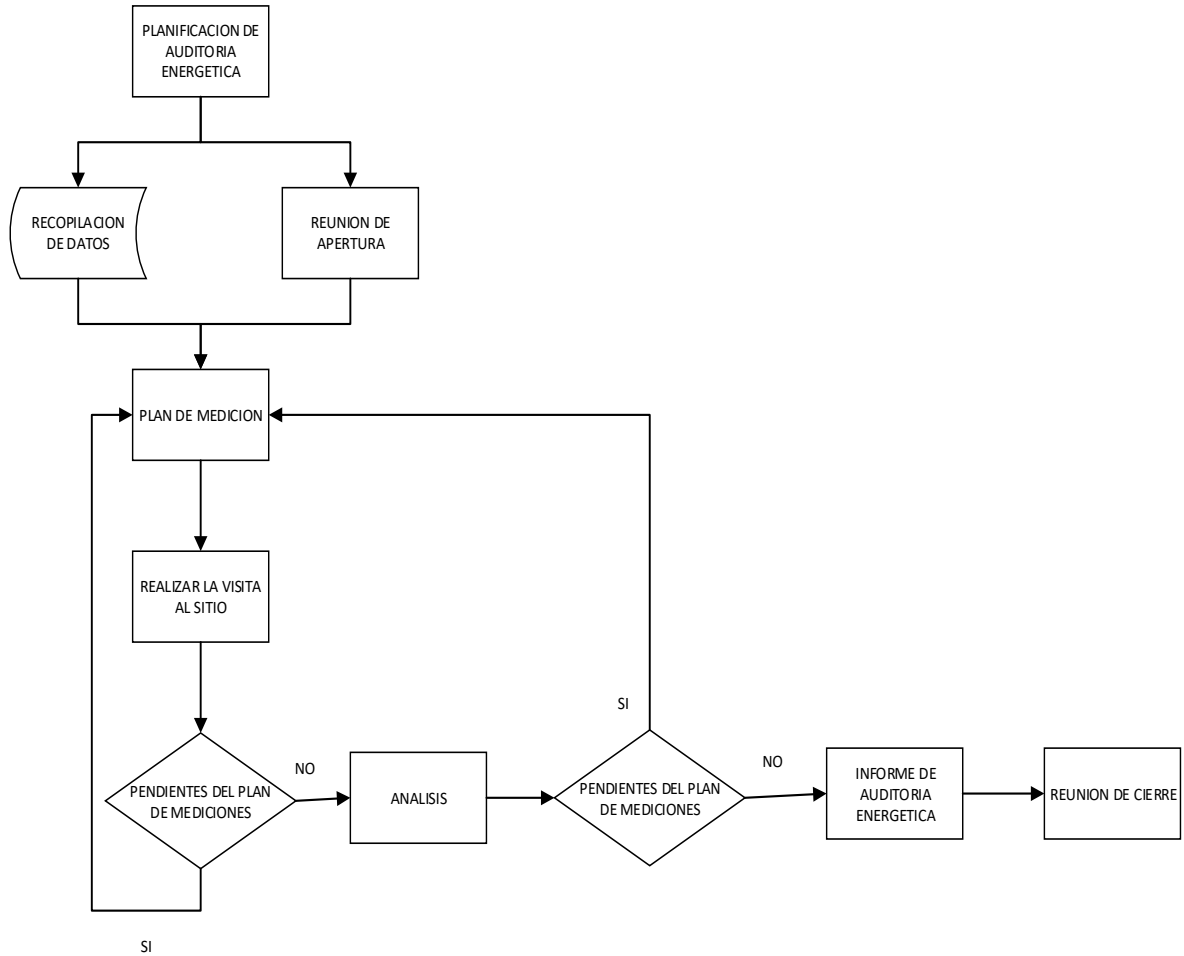


Figura 3.1 Flujograma de Una Auditoría Energética. (50002, 2016)

3.3.1. Planificación de la auditoría energética

La planificación de las actividades está en función de los objetivos propuestos para la Auditoría Energética, en esta etapa también se recaba la información preliminar que ha de servir como sustento inicial.

En la planificación se establece el alcance de la Auditoría Energética, sus los límites y se confirman o se reestructuran los objetivos, acorde al nivel de detalle requerido; es importante detallar los periodos de tiempo en las diferentes etapas de la Auditoría Energética de forma comprometida con



su cumplimiento. Se establecen los indicadores que evalúan y muestran las oportunidades de mejora en el desempeño energético.

Las oportunidades de mejora del desempeño energético no siempre incluyen beneficios energéticos.

La Planificación energética esboza a futuro, los resultados esperados y la forma de presentación de la información.

El auditor energético debe tener una visión global de las variables que afecten a su estudio, y en la etapa de planificación se solicita la información técnica necesario, legal, ambiental o la que se considere necesaria.

3.3.2. Reunión de apertura de la auditoría energética

En esta, se informa a la empresa contratante o al interesado de los objetivos de la Auditoría Energética, el alcance, los tiempos, los límites, en esta reunión de preferencia se hará in situ y se evalúan las condiciones de seguridad y acceso.

En la Reunión de apertura se puede solicitar a la organización o empresa contratante los medios que ayuden al proceso de auditoría, ya sean recursos de seguridad, recursos materiales o recursos humanos. Los recursos humanos solicitados deberán tener capacidad y competencia para actuar o delegar de forma directa sobre los equipos, instalaciones o sistemas a auditar en función de los objetivos propuestos.

Los responsables de la reunión de apertura deben informar a toda la organización de la presencia de la auditoría, sus objetivos y la relación con la cooperación, roles, compromisos y responsabilidades de las personas



internas y externas que participan en la auditoría. En esta misma se debe prever de las posibles afectaciones en que se incurre en los procesos con la intervención de la auditoría.

Las reglas que se imponen en la reunión de apertura por parte de la organización como seguridad industrial, confidencialidad, procedimientos especiales, todos los aspectos deben ser tomados a cabalidad por el Auditor.

3.3.3. Recopilación de datos

Este proceso incluye el abastecimiento de información que debe ser tabulada, comparada y organizada. Para esto la Norma INEN ISO 50002 (50002, 2016), establece en la recopilación de datos teniendo presente los criterios de la Figura 3.2.

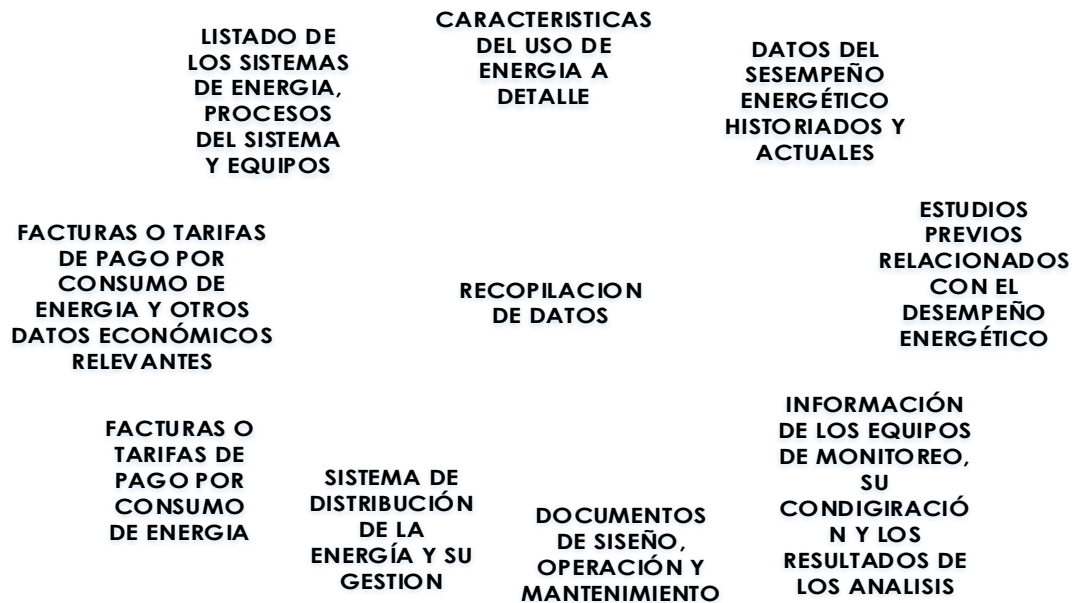


Figura 3.2 Recopilación de datos para una Auditoría Energética. (50002, 2016)



3.3.4. Plan de medición

Previo acuerdo entre el Auditor y la Organización en pro del cumplimiento de objetivos, se establece el plan de mediciones, se señala que los hallazgos encontrados en el proceso de la Auditoría deben ser dados a conocer de forma urgente a la Organización.

El plan de mediciones recomendado por la Norma NTE INEN-ISO 50002 se detalla en el Figura 3.3.

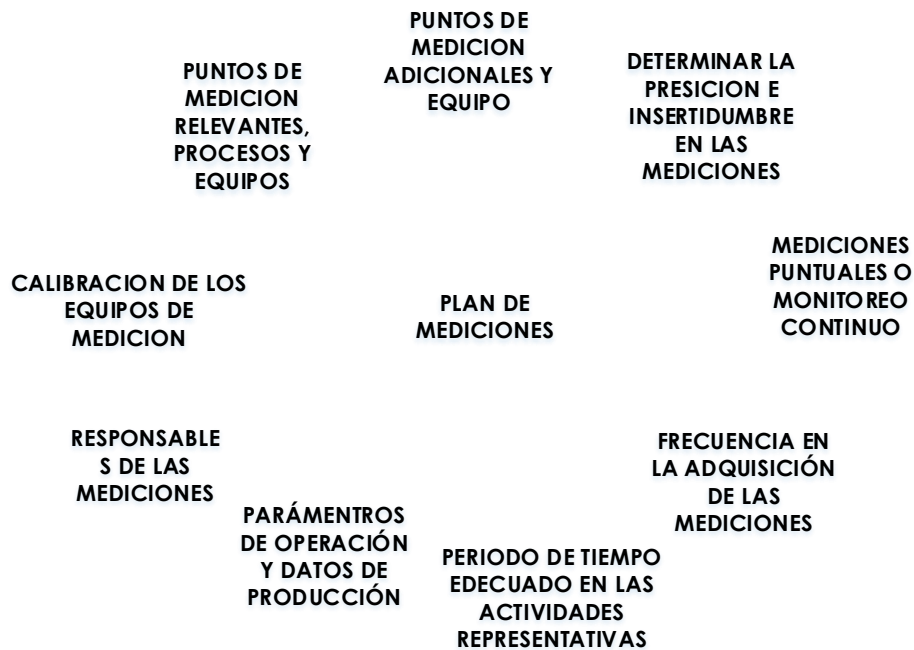


Figura 3.3 Plan de mediciones para la Auditoría Energética. (50002, 2016)



3.3.5. Realización de la visita al sitio

En la visita al sitio la observación técnica es indispensable, ya que se debe tener presente los usos de la energía y se evalúa su uso en función de los objetivos de la auditoría planteados, comprender cabalmente el comportamiento de los sistemas y equipos, establecer los sitios que requieren de mediciones especiales para un mejor análisis, es importante tener presente que es factible ejecutar mediciones en momentos de inactividad para contrastar conjeturas e hipótesis futuras.

Previa y Durante la visita al sitio, es indispensable la coordinación con la persona que ha de servir de guía con la capacidad de gestión y toma de decisiones en cuanto a maquinaria y procesos, a más de permitir la instalación de los equipos registradores para la medición.

3.3.6. Análisis

El análisis fehaciente de los datos e información debe transparentar los cálculos y procedimientos con el uso de criterios técnicos adecuados, estándares y vigentes, esta información es necesario documentarla con todas las variables e incertidumbres que se reflejen en los resultados.

El desempeño energético, es el sustento principal para las conclusiones y recomendaciones finales, para lo cual es importante obedecer las directrices de la Norma NTE INEN-ISO 50002.

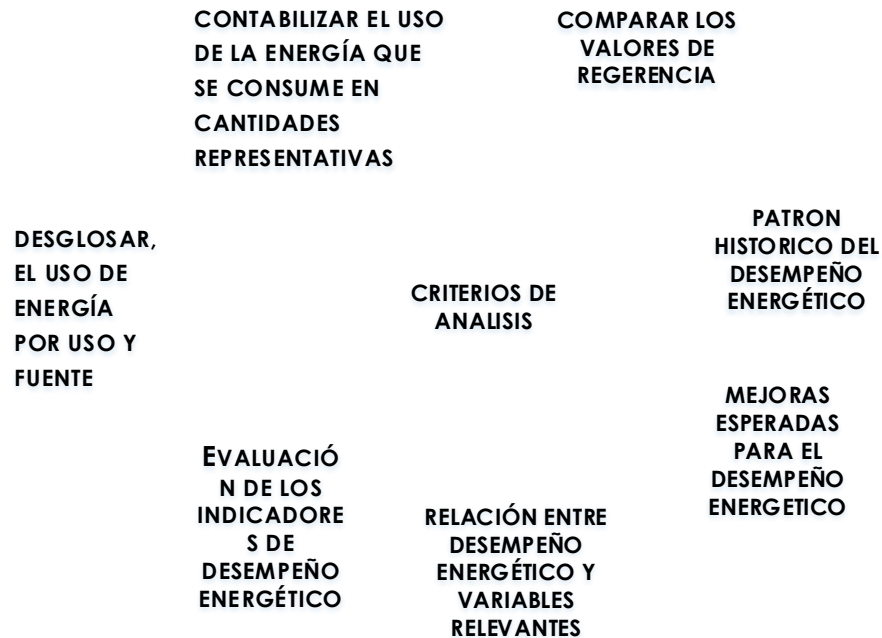


Figura 3.4 Criterios de análisis para una Auditoría Energética. (50002, 2016)

3.3.7. Informe de auditoría energética

El informe final de la auditoría energética debe plasmar el cumplimiento de objetivos, métodos y formatos planteados, se incluyen las mediciones efectuadas con el detalle de Frecuencia, precisión, consistencia; la justificación de las medidas y la forma de cómo estas contribuyen al análisis, las dificultades encontradas para efectuar las mediciones.

En los resultados, se deberá indicar si la base para el análisis son cálculos, simulaciones o estimaciones, presentar un resumen final de mediciones y resultados, es necesario en el caso de precisión indicar los límites para el ahorro y los costos, las propuestas de mejora del desempeño energético se deberán priorizar y su detalle está en función de lo acordado.



Dentro del informe final de la auditoría energética deberá enlistarse los siguientes puntos de acuerdo con la norma NTE INEN-ISO 50002:

El Resumen Ejecutivo, el cual deberá plasmar el uso y consumo de energía, las oportunidades para mejorar el desempeño energético y un programa a implementar.

Los Antecedentes, deberá constar: La información sobre la Organización o empresa que ha sido auditada, información del auditor e incluir los métodos que han sido usados en la auditoría, la información legal correspondiente a la auditoría energética, la declaración de confidencialidad, el contexto de auditoría energética, la descripción general de la auditoría energética, el alcance, los límites definidos y los objetivos.

La información referente a recopilación de datos como plan de medición, clasificación de los datos usados (Voltaje, Corriente, frecuencia, factor de potencia); estos datos tabulados deberán reflejar los indicadores del desempeño energético, los cálculos efectuados para este efecto deben ser presentados y finalmente mostrar las opciones de mejora del desempeño energético.

Al final se incluirán las conclusiones y recomendaciones.

3.3.8. Reunión de cierre

La presentación de la información es motivo de la reunión de cierre, la misma está presentada de forma legible y de fácil comprensión capaz de



provocar la satisfacción en el cumplimiento de objetivos, que propenda a la toma de decisiones.

La información entregada debe tener la capacidad de liberar las inquietudes que se presenten en la reunión.



CAPITULO 4

DESARROLLO DE LA AUDITORÍA ENERGÉTICA

4.1. PLANIFICACIÓN DE LA AUDITORÍA ENERGÉTICA

Se proyecta la auditoría energética en las plantas de asfalto y planta de trituración de la constructora THOT Cía. Ltda., según se muestra en el cronograma tipo Gantt de la Tabla 4.1 de acuerdo con lo establecido en el punto 3.3.1, se realiza una matriz que contiene la planificación de la Auditoría Energética en función de los objetivos, delimitando su alcance.

El diagrama Tipo Gantt, es una herramienta gráfica que se usa para la planificación y programación de tareas en un periodo de tiempo.

La planificación de la Auditoría Energética está determinada por indicadores o Key performance indicator (KPI), que muestran el nivel desempeño.



Tabla4.1. Planificación de Auditoria Energética

OBJETIVOS	ALCANCE	INDICADORES A MANEJAR	SEM 1	SEM 2	SEM3	SEM 4	SEM5	SEM6	SEM7
Generar la planimetría eléctrica actualizada de las plantas de trituración y planta de asfalto de la constructora THOT. Cía. Ltda.	Diagramas Eléctricos Unifilares de la Planta de Asfalto, Planta de Trituración 1 y Planta de Trituración2. Reconocimiento in situ del funcionamiento eléctrico total del sistema,	Capacidad instalada de motores, generadores, conductores eléctricos, protecciones eléctricas, y procesos.							
Proponer sistemas eléctricos de maniobra y protección tecnológicamente actualizados.	Validar la data y la performance de los sistemas eléctricos instalados, en función de criterios técnicos de optimización y economía - proponer su remplazo con equipos eléctricos o electrónicos de última generación.	Tiempo de Vida útil de equipos, valores de medidor de aislamiento, valores de cámara termo-gráfica, valores de analizador de calidad de energía.							
Proponer un sistema de interconexión eléctrico de rápido y fácil manejo, para contribuir a que las plantas de trituración y asfalto sean móviles.	Aplicar criterios de modularidad para sistemas de potencia y de control eléctricos, para cumplir con el objetivo en función de las opciones disponibles en el mercado.	Potencia eléctrica consumida por cada equipo.							



UNIVERSIDAD DE CUENCA

OBJETIVOS	ALCANCE	INDICADORES A MANEJAR	SEM 1	SEM 2	SEM3	SEM 4	SEM5	SEM6	SEM7
Proponer sistemas eléctricos para la optimización del consumo de energía eléctrica.	Analizar la información proveniente de las mediciones efectuadas con analizador de calidad de energía, cámara termo-gráfica y medidor de aislamiento.	Factor de Potencia, Potencia Reactiva, Puntos Calientes, Armónicos.							
Obtener un conocimiento fiable del consumo energético.	Cuantificar los valores de consumo de energía por sistemas.	Potencia Eléctrica Reactiva de Trituradora y Planta de Asfalto.							
Cuantificar los costos de implementación en los sistemas eléctricos propuestos de maniobra, protección, y optimización del consumo de energía eléctrica.	Proforma general de equipos, mano de obra u mantenimiento	Menor costos en el mercado. Prestaciones de los equipos.							

4.2. RECOPIACIÓN DE DATOS

Los datos entregados por el contratante, no cumplen con los requerimientos mínimos necesarios para establecer un plan de medición, por lo que se visita al sitio con el objeto de levantar la información como: planimetría eléctrica e identificación de equipos y sistemas eléctricos.

4.2.1. Planta de Asfalto

En la Figura 4.1 se observa la Planta de Asfalto, el diagrama unifilar del levantamiento eléctrico se muestra en la Figura 4.2 y Anexo 4.1.



Figura 4.1. Planta de asfalto. (Fuente autores)

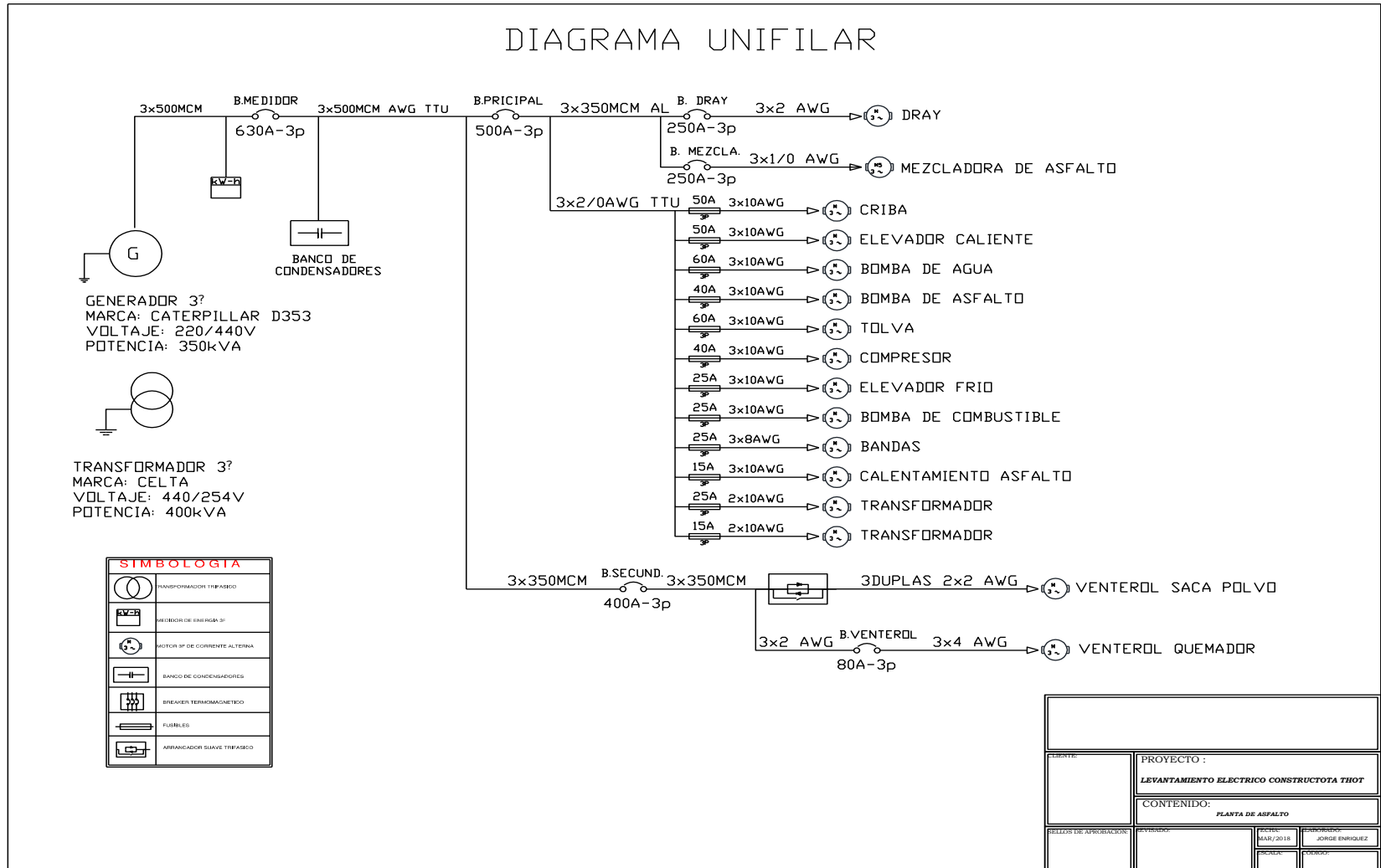


Figura 4.2 Diagrama unifilar Planta de Asfalto. (Fuente autores)



La planta de asfalto, posee un transformador de alimentación trifásico T1 cuyas características se muestran en la Tabla 4.2, se indica que este equipo no se encuentra en uso por disposiciones internas. Por lo tanto, la planta de asfalto, se alimenta eléctricamente desde un grupo electrógeno, las características del grupo electrógenos se muestran en la Tabla 4.3.

Tabla 4.2. Datos de Transformador de la Planta de Asfalto.
(Fuente autores)

DENOMINACION	TRANSFORMADOR TRIFASICO
MARCA	CELTA
MODELO	N/A
POTENCIA EN KVA	400 kVA
CORRIENTE MAXIMA	656 A
VOLTAJE	440V
CALIBRE DE CONDUCTOR INSTALADO EN BAJA TENSION	3(500MCM)
DISTANCIA DE TRANSFORMADOR A TDP	100 m

La alimentación eléctrica de la red pública a través del transformador T1 no energizado, posee un sistema de compensación de energía reactiva compuesto por un banco de condensadores con las características de la Tabla 4.4.

En el Anexo 1. se presenta la planimetría eléctrica con el detalle de diagramas unifilares desde la fuente de energía, tablero principal de distribución (TDP), sub-tableros, sistemas de control, protecciones eléctricas y motores.



Tabla 4.3. Características de Grupo Electrónico de la Planta de Asfalto. (Fuente autores)

DENOMINACION	GRUPO ELECTROGENO PLANTA DE ASFALTO
MARCA	CATERPILLAR
MODELO	D353
POTENCIA EN KW	300 KW
VOLTAJE	220V-440V
CALIBRE DE CONDUCTOR INSTALADO	3 X 350 MCM – 3 (3/0)
OBSERVACIONES	LOS DATOS MENCIONADOS SON LOS ENCONTRADOS, NO POSEE TODAS LAS PLACAS DE INFORMACIÓN

Tabla 4.4. Datos Banco de Capacitores de la Planta de Asfalto. (Fuente autores)

BANCO DE CONDENSADORES	
N° DE CAPACITORES	17
MARCA	SIEMENS
CAPACIDAD UNITARIA	8,3 / 10kVAR
CAPACIDAD TOTAL	141,1/170 KVAR
VOLTAJE	440/480V

El procedimiento de encendido de los motores, se establece de forma secuencial, consiste en depositar el material pétreo (graba $\frac{3}{4}$) en las tolvas, este material es entregado al Dray por medio de unas bandas y un elevador frío. En el Dray la mezcla de materiales pétreos es homogeneizada en el tambor rotatorio y calentada por el quemador, para luego ser transportada por medio del elevador caliente hacia la mezcladora, en la cual se crea el asfalto con los componentes de material pétreo y la brea.



La brea que permanece almacenada en un estado no líquido, es calentada por medio de un serpentín de aceite para convertirla en un estado líquido y pueda ser bombeada hacia la mezcladora.

El compresor es usado para activar los sistemas neumáticos de las compuertas dosificadoras en la mezcladora.

El motor del Venterol Saca Polvo cumple la función de absorber el polvo generado en el Dray y llevarlo hasta un tanque, aquí es humedecido el polvo y llevado a tierra, esta labor de humedecimiento del polvo la realiza la bomba de agua.

A continuación, en la Tabla 4.5 se ubica un resumen de los motores que componen la Planta de Asfalto con sus características, tipo de arranque y los conductores eléctricos usados para la alimentación.



Tabla 4.5. Resumen de motores eléctricos y conductor de alimentación de la P. de Asfalto.
(Fuente autores)

N° MOTOR	DENOMINACION	MARCA	MODELO	POTENCIA EN KW	FP	In	EFICIENCIA	POTENCIA EN KVA	ARRANQUE	CALIBRE DE CONDUCTOR INSTALADO
1	BANDAS	NO SE OBSERVA	SIN DATOS	6	0.8	7.882.291.119	0.95	7.5	DIRECTO	3X10 AWG
2	ELEVADOR FRIO	WESTINGHOUSE	T80P	11.18	0.82	14.733.579	0.88	13.63	DIRECTO	3X10 AWG
3	DRAY	SIN DATOS	SIN DATOS	60	0.8	78.9	0.81	75	DIRECTO	3X2/0 AWG
4	BOMBA COMBUSTIBLE	NO SE OBSERVA	NHL32S.A	3	0.8	3.94	0.95	3.75	DIRECTO	3X10 AWG
5	VENTEROL SACA POLVO	WESTINGHOUSE	SIN DATOS	93.2	0.9	122.4	0.919	103.5	RESISTENCIAS ESTATÓRICAS	3DUPLAS 2AWG
6	VENTEROL QUEMADOR	WESTINGHOUSE	ABFC	30	0.8	394.114.556	0.88	37.5	ESTRELLA - TRIÁNGULO	3X4 AWG
7	ELEVADOR CALIENTE	ALLIS-CHARMERS	RG	14.9	0.8	19.5	0.9	18.63	DIRECTO	3X10 AWG
8	CRIBA	SIEMENS	1LA7 164-4YA70	14.9	0.84	19.5	0.82	17.73	DIRECTO	3X10 AWG
9	MEZCLADORA	WESTINGHOUSE	AUFC	56	0.79	73.5	0.81	70.89	ESTRELLA - TRIANGULO	3X1/0 AWG
10	COMPRESOR	SIN DATOS	SIN DATOS	3.7	0.8	4.86	0.8	4.6	DIRECTO	3X10 AWG



N° MOTOR	DENOMINACION	MARCA	MODELO	POTENCIA EN KW	FP	In	EFICIENCIA	POTENCIA EN KVA	ARRANQUE	CALIBRE DE CONDUCTOR INSTALADO
11	BOMBA DE SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE ASFALTO	SIN DATOS	SIN DATOS	11.1	0.8	14.58	0.81	13.875	ESTRELLA - TRIANGULO	3X10 AWG
12	BOMBA DE ASFALTO	SIN DATOS	SIN DATOS	6	0.8	7.88	0.81	7.5	ESTRELLA - TRIANGULO	3X1/0 AWG
13	BOMBA DE AGUA	NO SE OBSERVA	NO SE OBSERVA	15	0.8	19.75	0.8	18.75	DIRECTO	3X10 AWG
14	VIBRADORES (TOLVA)	SIN DATOS	SIN DATOS							
15	QUEMADOR DE SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE ASFALTO	SIN DATOS	SIN DATOS							



4.2.2. Planta trituradora 1

La Trituradora 1 de la Figura 4.3 de momento se encuentra deshabilitada, se procede a la recolección de información de la misma. su uso se centra en la producción de material pétreo de 3/4 y 3/8 de pulgada.



Figura 4.3. Planta Trituradora 1. (Fuente autores)

El Diagrama Unifilar se muestra en la Figura 4.4 y Anexo 4.2. La información levantada de la Trituradora 1 se ubica en la Tabla 4.6.

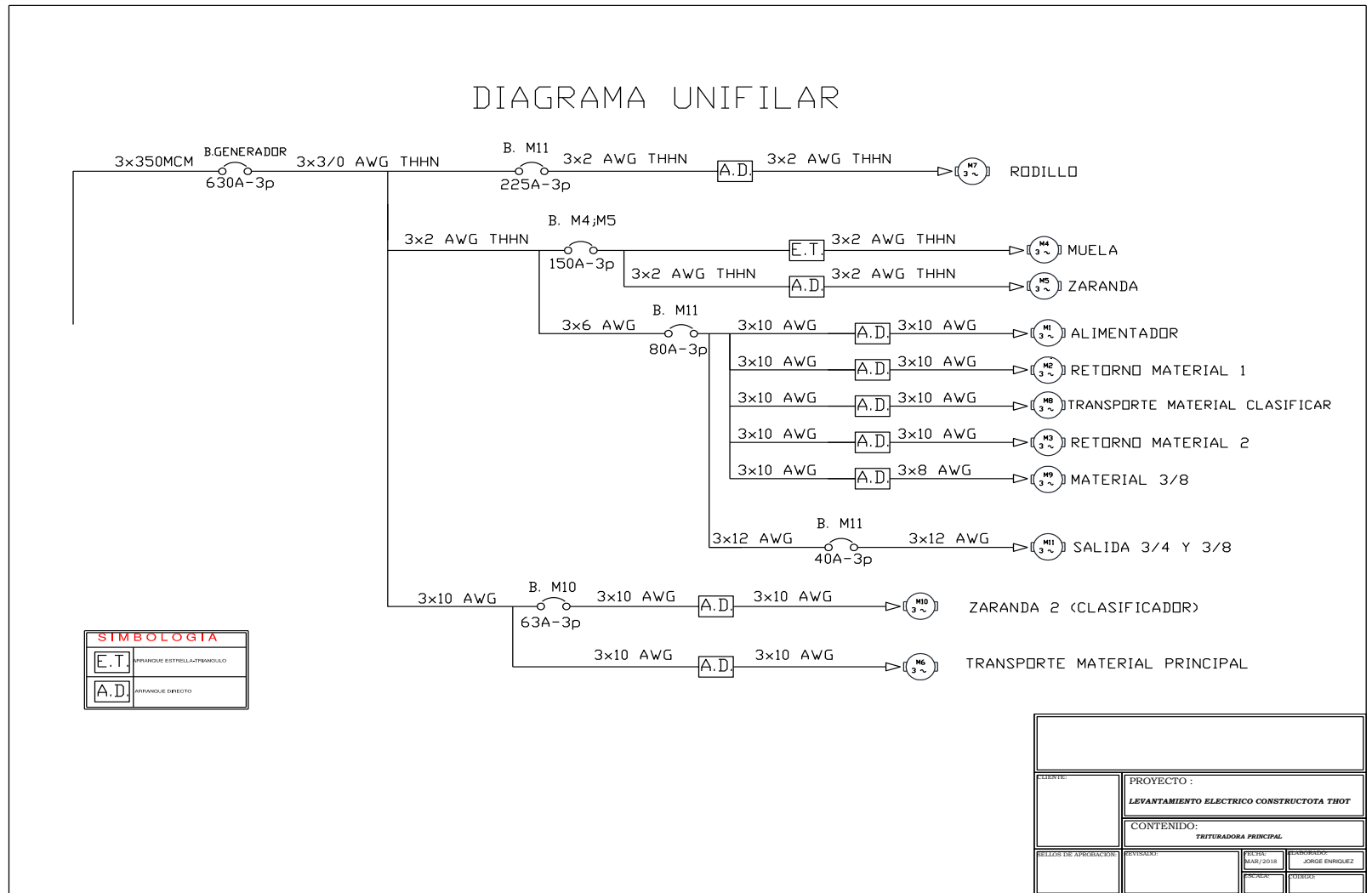


Figura 4.4 Diagrama unifilar Planta Trituradora 1. (Fuente autores)



Tabla 4.6 Resumen de motores eléctricos y conductor de alimentación de la P. Trituradora 1.
(Fuente autores)

NUMERO DE MOTOR	DENOMINACION	MARCA	MODELO	POTENCIA EN KW	FP	In	EFICIENCIA	POTENCIA EN KVA	ARRANQUE	CALIBRE DE CONDUCTOR INSTALADO
1	ALIMENTADOR	HITACHI	EFOUP	5.5	0.8	72.25 4	0.95	6.875	DIRECTO	3X10 AWG
2	RETORNO MATERIAL 1	WEQ	CD75409	5.5	0.82	72.25 4	0.88	67.073.17 1	DIRECTO	3X10 AWG
3	RETORNO MATERIAL 2	SIEMENS	1LA7 114-4YA60	5.6	0.79	73.56 8	0.81	70.886.07 6	DIRECTO	3X10 AWG
4	MUELA	NO SE OBSERVA	D364TSTDS8361AN WF2	60	0.82	78.82 3	0.95	73.170.73 2	ESTRELLA TRIANGULO	3X2 AWG THHN
5	ZARANDA 1	DELCO	ECS154	22.4	0.9	29.42 7	0.919	24.888.88 9	DIRECTO	3X2 AWG THHN
6	TRANSPORTADOR A DE MATERIAL PRINCIPAL	SIN DATOS	SIN DATOS	5.5	0.8	72.25 4	0.88	6.875	DIRECTO	3X10 AWG
7	RODILLO	TOSHIBA	B2004VGF4V3R	149.2	0.88	196.0 1	0.9	16.954.54 5	ESTRELLA TRIANGULO	3X2 THHN
8	TRANSPORTADOR A DE MATERIAL PARA CLASIFICAR	WEQ	BB85448	7.5	0.83	98.52 9	0.89	90.361.44 6	DIRECTO	3X10 AWG
9	MATERIAL 3/8	SIEMENS	1LA7 114-4YA60	5.6	0.79	73.56 8	0.81	70.886.07 6	DIRECTO	3X8 AWG



UNIVERSIDAD DE CUENCA

NUMERO DE MOTOR	DENOMINACION	MARCA	MODELO	POTENCIA EN KW	FP	In	EFICIENCIA	POTENCIA EN KVA	ARRANQUE	CALIBRE DE CONDUCTOR INSTALADO
10	ZARANDA 2	WEATINGHOUSE	68OB640G89	11.2	0.8	14.714	0.865	14	DIRECTO	3X10 AWG
11	MATERIAL 3/4 Y 3/8	SIEMENS	112-4YB60	3.7	0.78	48.607	0.81	47.435.897	DIRECTO	3X10 AWG

4.2.3. Planta Trituradora 2

La Planta Trituradora 2 se muestra en la Figura 4.5, cumple con la función de producir el material pétreo (mediante la trituración de piedra) que se usará en la producción de Asfalto.



Figura 4.5 Planta Trituradora 2. (Fuente autores)

La alimentación eléctrica de la Planta Trituradora 2 proviene desde un grupo electrógeno cuyas características se muestran en la Tabla 4.7.



Tabla 4.7. Datos de Grupo Electrónico de la Planta Trituradora 2. (Fuente autores)

DENOMINACION	GRUPO ELECTROGENO DE TRITURADORA 2
MARCA	VOLVO
MODELO	N/A
POTENCIA EN KVA	350 KVA
CORRIENTE MAXIMA	570 A
VOLTAJE	220V-440V
CALIBRE DE CONDUCTOR OPTIMO	3 X 350 MCM
CALIBRE DE CONDUCTOR INSTALADO	3(500MCM) – 3(350MCM)
CORRIENTE CONSUMIDA	217
CAPACIDAD DE GENERADOR CONSUMIDA (PORCENTUAL)	40 %
DISTANCIA DE GENERADOR A TDP	12m
OBSERVACIONES	Elaborar plan de mantenimiento

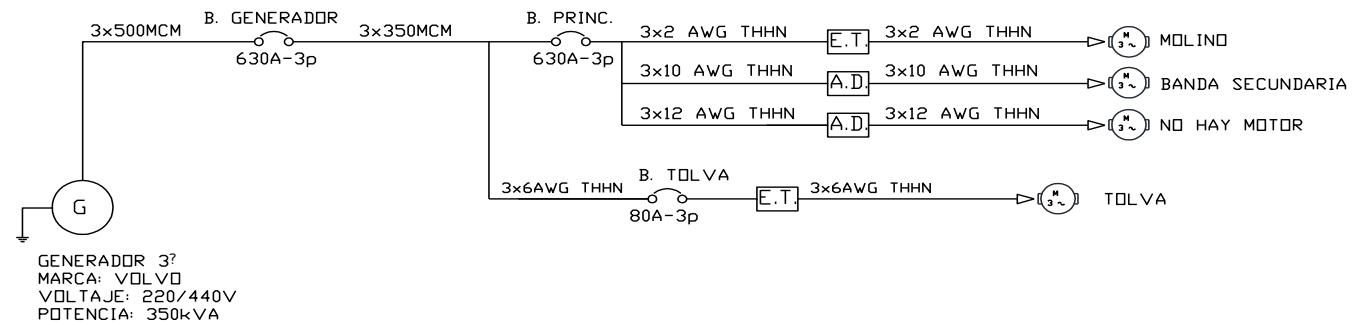
La Trituradora 2, posee una tolva en la cual se almacena el material pétreo que será llevado por bandas hacia el molino, desde ahí se transporta hacia el exterior el material procesado.

El diagrama Unifilar de la Plata Trituradora 2 se muestra en la Figura 4.6 y en el Anexo 4.3.

En la Tabla 4.8 se detallan los motores eléctricos, sus características y conductores de alimentación.



DIAGRAMA UNIFILAR TRITURADORA 2



SIMBOLOGIA	
E.T.	ARRANQUE ESTRELLA/TRIANGULO
A.D.	ARRANQUE DIRECTO

PROYECTO :			
LEVANTAMIENTO ELECTRICO CONSTRUCTOTA THOT			
CONTENIDO:			
TRITURADORA SECUNDARIA			
BELLEROS DE APROBACION:	FECHA:	FECHA:	FECHA:
	MAR/2018		JORGE ENRIQUEZ

Figura 4.6 Diagrama unifilar Planta Trituradora 2. (Fuente autores)



Tabla 4.8. Resumen de motores eléctricos y conductores de alimentación de la Planta Trituradora 2. (Fuente autores)

N DE MOTOR	DENOMINACION	MARCA	MODELO	POTENCIA EN KW	FP	In	EFICIENCIA	POTENCIA EN KVA	ARRANQUE	CALIBRE DE CONDUCTOR INSTALADO
1	MOTOR TOLVA	CANADIAN GENERAL	60BC03J	30	0.82	394.114.556	0.9	36.58	ESTRELLA - TRIANGULO	3X10 AWG
2	MOTOR MOLINO	ELECTRIM	SUE314M4	132	0.82	173.410.405	0.88	160.9	ESTRELLA - TRIANGULO	3X2 AWG /THHN
3	MOTOR BANDA SECUNDARIA	SIEMENS	1LA7 112-4YA60	3.7	0.78	48.9	0.794	4.7	DIRECTO	3X10 AWG



4.3. PLAN DE MEDICIONES

El Plan de Mediciones señalado en el numeral 3.3.4 se detalla en la Tabla 4.9.

Las mediciones que se efectúan son:

- Mediciones del ajuste en los contactos eléctricos y pérdidas por efecto Joule que se determinan con el uso de una cámara termográfica en la Planta de Asfalto y Planta Trituradora 2
- Mediciones de aislamiento eléctrico de los motores, se efectúan con ayuda de un equipo medidor de aislamiento Greenlee 5882 en: Planta de Asfalto, Planta Trituradora 1, Planta Trituradora 2
- Medición de variables para determinar la calidad de energía con un equipo analizador de calidad de energía Fluke 435-II, en: Planta de Asfalto, Planta Trituradora 2
- Los puntos de medición son los lugares físicos donde se toman los registros de medida

Las mediciones según el requerimiento de la variable a obtener son tipo puntual o tipo registro.



Tabla 4.9. Resumen de motores eléctricos y conductores de alimentación de la Planta Trituradora 2. (Fuente autores)

PLAN DE MEDICIONES			
PUNTOS DE MEDICION	EQUIPO USADO PARA LA MEDICION	PRECISION	MEDICION PUNTUAL O CONTINUA
FUENTES DE ENERGIA (GRUPOS ELECTROGENOS)	Analizador calidad de energía Fluke 435 - II. Medidor de Aislamiento eléctrico Greenlee 5882. Cámara termo-gráfica Flir.	DATA POR EL EQUIPO: Analizador calidad de energía Fluke 435 - II 0,1% - Medidor de Aislamiento eléctrico Greenlee 5882 ± (3% + 0,05 MΩ) - Cámara termo-gráfica Flir. 0.15 grados.	REGISTRO - PUNTUAL
PROTECCIONES ELÉCTRICAS	Cámara termo-gráfica Flir.	Cámara termo-gráfica Flir. 0.15 grados.	PUNTUAL
SISTEMAS DE CONTROL ELECTRICO	Pinza Amperimétrica Fluke 381. Multímetro Fluke 289.	Pinza Amperimétrica Fluke 381 0.1%. Multímetro Fluke 289. 0.1%	PUNTUAL
MOTORES ELECTRICOS	Analizador calidad de energía Fluke 435 - II. Medidor de Aislamiento eléctrico Greenlee 5882, Cámara termo-gráfica Flir.	DATA POR EL EQUIPO: Analizador calidad de energía Fluke 435 - II 0,1% - Medidor de Aislamiento eléctrico Greenlee 5882 ± (3% + 0,05 MΩ) - Cámara termo-gráfica Flir. 0.15 grados.	REGISTRO - PUNTUAL
CONDUCTORES ELECTRICOS	Medidor de Aislamiento eléctrico Greenlee 5882 Cámara termo-gráfica Flir.	DATA POR EL EQUIPO: Medidor de Aislamiento eléctrico Greenlee 5882 ± (3% + 0,05 MΩ) - Cámara termo-gráfica Flir. 0.15 grados.	PUNTUAL



4.4. VISITA AL SITIO

Las mediciones de calidad de energía en el sitio se efectúan en condiciones de trabajo de la Planta de Trituración 2 y Planta de Asfalto en horas del día, por petición del administrador se efectúa mediciones tipo registro con el analizador de calidad de energía por el lapso de una hora por cada planta en operación, estas mediciones incluyen los procesos de arranque de los motores y el trabajo en marcha que es continuo y estable.

Las mediciones tipo puntuales como medición de aislamiento se efectúa con el levantamiento de información.

4.5. ANALISIS MEDIANTE EL USO DE TERMOGRAFÍA

El procedimiento consiste en hacer un seguimiento con la cámara termo-gráfica de las máquinas eléctricas, equipos de control y maniobra a más de los alimentadores de todos los circuitos eléctricos presentes.

Para el análisis termo-gráfico se aplica el método de comparación que diferencia los niveles de temperatura generados por conducción.

Cuando existe una diferencia de temperatura entre la temperatura patrón y la temperatura de un punto de medición se procese según el algoritmo de la figura 4.7 que ayuda a discriminar una falla detectada.

Para verificar el balance entre las fases se verifica el nivel de voltaje entre fases y la corriente de cada fase, sus valores deben ser similares en vista que todos los motores son trifásicos.



El cálculo del valor porcentual de la diferencia de temperatura se realiza con la Ecuación 4.1.

$$D_T = \frac{T_p - T_m}{T_m} \times 100\%$$

Ecuación 4.1 Valor porcentual de diferencia de temperatura

Donde:

D_T = Diferencia de temperatura porcentual

T_p = Temperatura patrón

T_m = Temperatura en el punto de medición

El valor de T_p es el valor de la temperatura patrón. Es el mínimo valor de temperatura entre puntos similares y se debe observar una menor diferencia de temperatura con la masa o tierra.

En la Tabla 4.10 se detallan las mediciones que presentan una diferencia de temperatura por conducción.

Con el uso del algoritmo de la Figura 4.7 se discrimina el problema encontrado por conducción térmica.

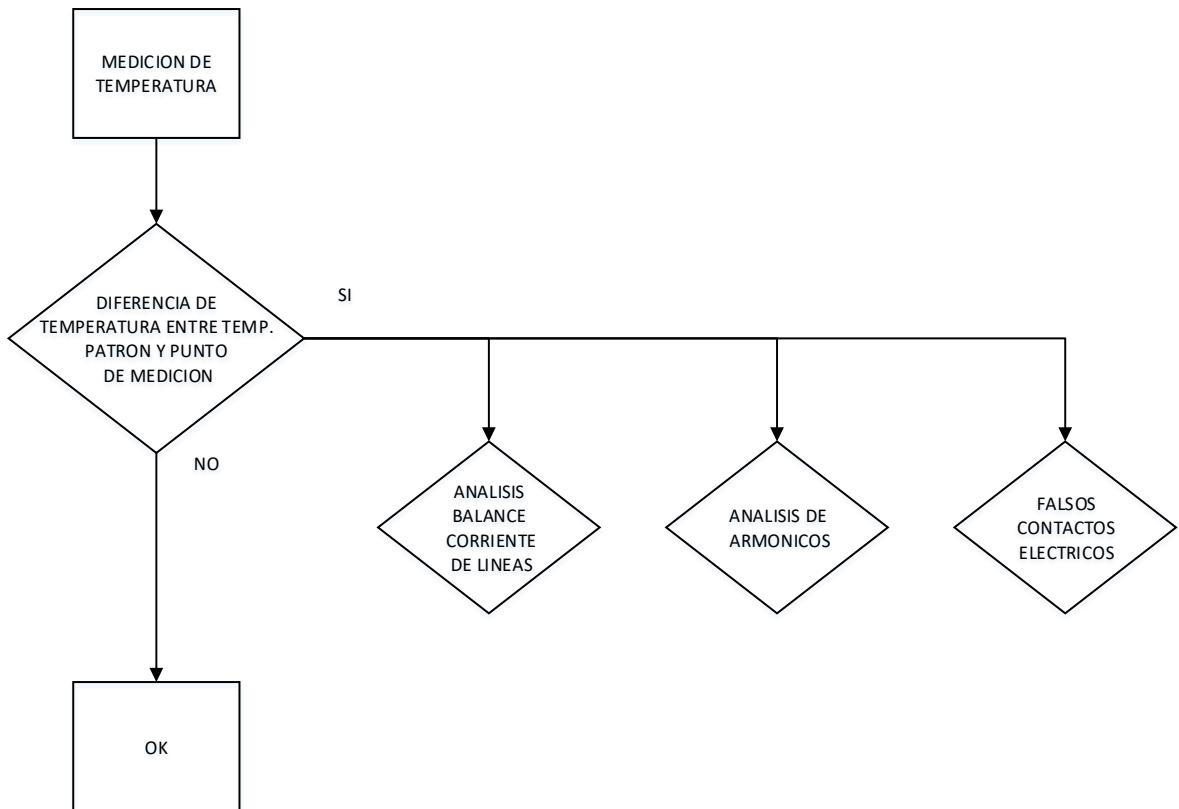
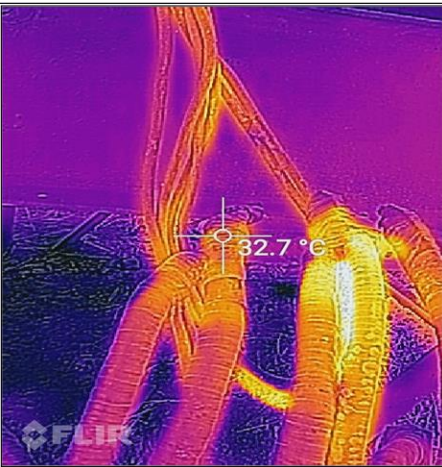

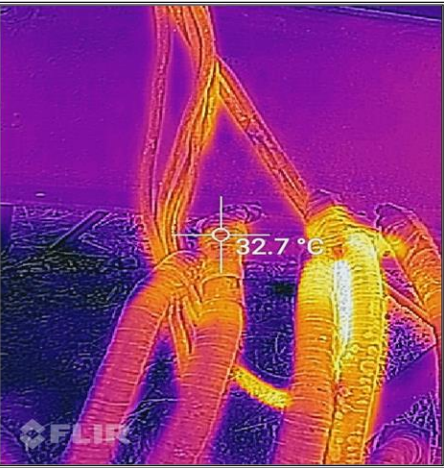








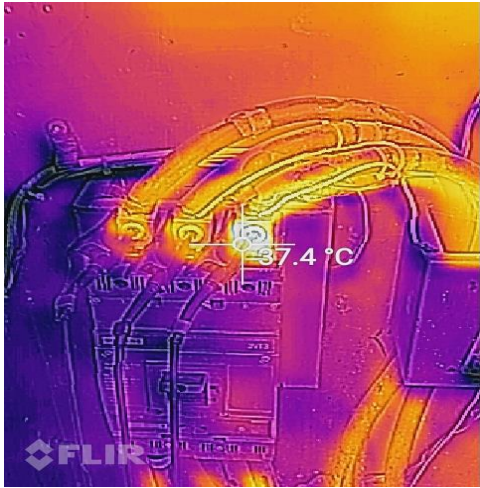
Figura 4.7 Algoritmo para medición termo-gráfica.
(Fuente autores)

Tabla 4.10. Resumen de motores eléctricos y conductores de alimentación de la Planta Trituradora 2. (Fuente autores)





EQUIPO O SISTEMA	TEMPERATURA DE MEDIDA PATRON	TEMPERATURA EN PUNTO DE MEDICION	PROBLEMA DISCRIMINADO
<p>GRUPO ELECTROGEN O CATERPILLAR D353</p>			<p>Problemas por mal contacto eléctrico en el empalme de la fase 1 entre terminales de generador y alimentador, con un $D_T=26.86\%$</p>







<p>GRUPO ELECTROGENO CATERPILLAR D353</p>			<p>Problema de contacto eléctrico en terminales de generador, en el empalme entre la fase 2 y alimentador a Planta de Asfalto, con un $D_T=18.66\%$</p>
<p>TDP DE PLANTA DE ASFALTO</p>			<p>Problema de contacto eléctrico en entrada de fase 3 de contactor del motor Criba, con un $D_T=13.12\%$</p>

<p>TDP PLANTA ASFALTO</p> <p>DE DE</p>			<p>Problema de contacto eléctrico en entrada de fase 2 de contactor del motor Bandas, con un $D_T=13.9\%$</p>
<p>TDP PLANTA ASFALTO</p> <p>DE DE</p>			<p>Problema de contacto eléctrico en entrada de fase 3 de breaker del motor Dray, con un $D_T=13.33\%$</p>







<p>TDP PLANTA ASFALTO</p> <p>DE DE</p>	 <p>33.0 °C</p> <p>FLIR</p>	 <p>52.0 °C</p> <p>FLIR</p>	<p>Problema de contacto eléctrico en entrada de fase 2 de breaker del Motor Mezcladora, con un $D_T=57.58\%$</p>
<p>TDP PLANTA ASFALTO</p> <p>DE DE</p>	 <p>35.2 °C</p> <p>FLIR</p>	 <p>42.6 °C</p> <p>FLIR</p>	<p>Problema de contacto eléctrico en entrada de fase 2 de breaker principal, con un $D_T=21.02\%$</p>



<p>TDP PLANTA ASFALTO</p> <p>DE DE</p>	 <p>FLIR</p>	 <p>FLIR</p>	<p>Problema de contacto eléctrico en de fase 1 del fusible del Motor Elevador Frio, con un $D_T=39.76\%$</p>
<p>TDP PLANTA ASFALTO</p> <p>DE DE</p>	 <p>FLIR</p>	 <p>FLIR</p>	<p>Problema de contacto eléctrico en la fase 1 del fusible del Motor Tolva, con un $D_T=68.6\%$</p>



<p>TDP DE PLANTA DE ASFALTO</p>	 <p>~30.5 °C</p>	 <p>46.5 °C</p>	<p>Problema de contacto eléctrico en la fase 3 de breaker principal del Motor Dray, con un $D_T=52.4\%$</p>
<p>MOTORES TRITURADORA 2</p>	 <p>~30.6 °C</p>	 <p>30.58 °C</p>	<p>Las conexiones y protecciones del Trituradora 2 no presentan problemas al ser inspeccionados con la cámara térmica</p>



4.6. MEDICIÓN DEL AISLAMIENTO DE MOTORES ELÉCTRICOS

El aislamiento eléctrico determinado por los índices de polarización IP y el índice de absorción IA, se calculan en función de las Ecuaciones 4.2 y 4.3 respectivamente.

$$IP = \frac{\text{Medición aislamiento eléctrico en 10 min}}{\text{Medición aislamiento eléctrico en 60 seg}}$$

Ecuación 4.2 Índice de Polarización

$$IA = \frac{\text{Medición aislamiento eléctrico en 60 seg}}{\text{Medición aislamiento eléctrico en 30 seg}}$$

Ecuación 4.3 Índice de absorción

El equipo usado para la medición de aislamiento tiene un rango de 0 a 2000 MΩ, por lo que las medidas superiores a este rango no se registran.

4.6.1. Planta de Asfalto

En la tabla 4.11 se calculan los valores de las Ecuaciones 4.2 y 4.3 incluyendo la observación del estado del aislamiento según las Tablas 2.9 y 2.10 además se determina la capacidad de los conductores en función de la corriente de demanda de los motores, indicando de ser el caso el conductor con el que se debe remplazar, la leyenda de los calibres de conductores es clasificada con colores verde optimo, naranja sobredimensionado y rojo subdimensionado, este análisis se hace en la Planta de asfalto y Plantas de trituración.



Tabla 4.11 Medición de IP e IA, determinación del calibre de conductores de Planta de Asfalto. (Fuente autores)

NUMERO DE MOTOR	DENOMINACION	MARCA	MODELO	POTENCIA EN KW	FP	CORRIENTE DE LINEA MEDIDA (A)	CALIBRE DE CONDUCTOR INSTALADO	CALIBRE DE CONDUCTOR OPTIMO	VALOR DE AISLAMIENTO A 30 S (Ω)	VALOR DE AISLAMIENTO A 60 S (Ω)	VALOR DE AISLAMIENTO A 10 MIN (Ω)	INDICE DE POLARIZACION IP	OBSERVACION DE IP	INDICE DE ABSORCION IA	OBSERVACION DE IA
1	BANDAS	NO SE OBSERVA	SIN DATOS	6	0.8	10.3	3X10 AWG	3X10 AWG	>2000MΩ	>2000MΩ	>2000MΩ				
2	ELEVADOR FRIO	WESTINGHOUSE	T80P	11.18	0.82	20.3	3X10 AWG	3X10 AWG	391.2	467	986	2.111	REGULAR	1.193	REGULAR
3	DRAY	SIN DATOS	SIN DATOS	60	0.8	121.6	3X2/0 AWG	3X2/0 AWG	>2000MΩ	>2000MΩ	>2000MΩ				
4	BOMBA COMBUSTIBLE	NO SE OBSERVA	NHL32 S.A	3	0.8	5.1	3X10 AWG	3X10 AWG	>2000MΩ	>2000MΩ	>2000MΩ				
5	VENTEROL SACA POLVO	WESTINGHOUSE	SIN DATOS	93.2	0.9	148	(3X2)X 2AWG	(3X2)X 2AWG	0.48	0.48	0.51	1.06	REGULAR	1.0	REGULAR
6	VENTEROL QUEMADOR	WESTINGHOUSE	ABFC	30	1.15	38.9	3X4 AWG	3X4 AWG	>2000MΩ	>2000MΩ	>2000MΩ				
7	ELEVADOR CALIENTE	ALLIS-CHARMERS	RG	14.9	0.84	18.9	3X10 AWG	3X10 AWG	23.92	23.56	28.64	1.215	REGULAR	0.984	PELIGRO
8	CRIBA	SIEMENS	1LA7 164-4YA70	14.9	0.72	28.4	3X10 AWG	3X10 AWG	53.3	54.9	63.9	1.163	REGULAR	1.030	REGULAR
9	MEZCLADORA	WESTINGHOUSE	AUFC	56	0.79	114.9	3X1/0 AWG	3X1/0 AWG	746	966	2000	2.070	PRECAUCIÓN	1.294	REGULAR



UNIVERSIDAD DE CUENCA

NUMERO DE MOTOR	DENOMINACION	MARCA	MODELO	POTENCIA EN KW	FP	CORRIENTE DE LINEA MEDIDA (A)	CALIBRE DE CONDUCTOR INSTALADO	CALIBRE DE CONDUCTOR OPTIMO	VALOR DE AISLAMIENTO A 30 S (Ω)	VALOR DE AISLAMIENTO A 60 S (Ω)	VALOR DE AISLAMIENTO A 10 MIN (Ω)	INDICE DE POLARIZACION IP	OBSERVACION DE IP	INDICE DE ABSORCION IA	OBSERVACION DE IA
10	COMPRESOR	SIN DATOS	SIN DATOS	3.7	0.8	7.9	3X10 AWG	3X10 AWG	>2000MΩ	>2000MΩ	>2000MΩ				
11	BOMBA DE SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE ASFALTO	SIN DATOS	SIN DATOS	11.1	0.8	22.5	3X10 AWG	3X10 AWG	>2000MΩ	>2000MΩ	>2000MΩ				
12	BOMBA DE ASFALTO	SIN DATOS	SIN DATOS	6	0.8	12.1	3X1/0 AWG	3X1/0 AWG	1115	1330	1835	1.37	REGULAR	1.19	REGULAR
13	BOMBA DE AGUA	NO SE OBSERVA	NO SE OBSERVA	15	0.8	30.79	3X10 AWG	3X10 AWG	>2000MΩ	>2000MΩ	>2000MΩ				
14	VIBRADORES (TOLVA)	SIN DATOS	SIN DATOS	NO HAY ACCESO											
15	QUEMADOR DE SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE ASFALTO	SIN DATOS	SIN DATOS	NO HAY ACCESO											



De las mediciones efectuadas en la Planta de Asfalto según la Tabla 4.11, los motores Elevador Frio, Venterol Saca Polvo, Elevador Caliente, Criba, Mezcladora, y Bomba de Asfalto presentan observaciones en el IP e IA que se analizan a continuación:

Análisis de aislamiento del motor Elevador Frio

El IP es de 2.11 y el IA de 1.19 lo cual señala la presencia de polvo y humedad con grado de contaminación regular, por lo tanto, la pendiente de la curva en la Figura 4.8 no crece con rapidez.

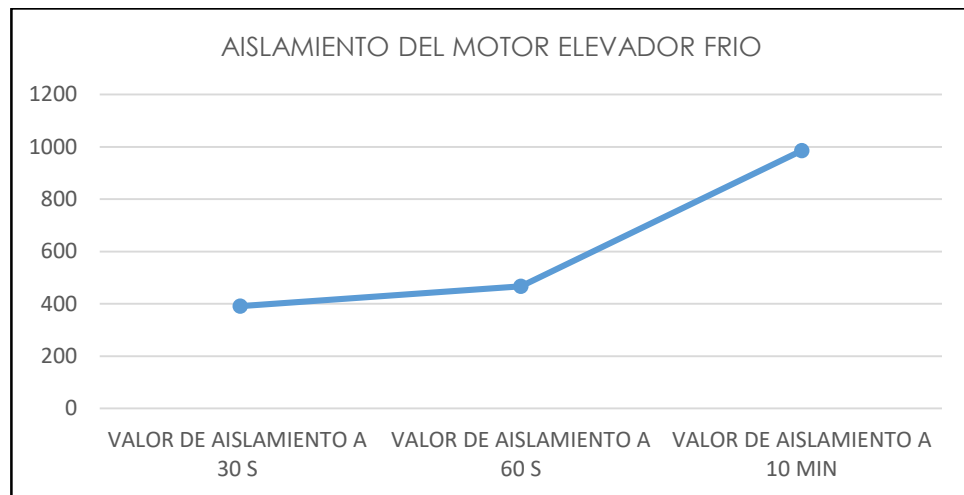


Figura 4.8 Medición de aislamiento del motor Elevador Fio. (Fuente autores)

Análisis de aislamiento del motor Venterol Saca Polvo

El IP es de 1.06 y el IA de 1 lo cual señala la presencia de polvo y humedad en alto grado de contaminación, por lo tanto, la pendiente de la curva en la Figura 4.9 del IA no crece con rapidez.

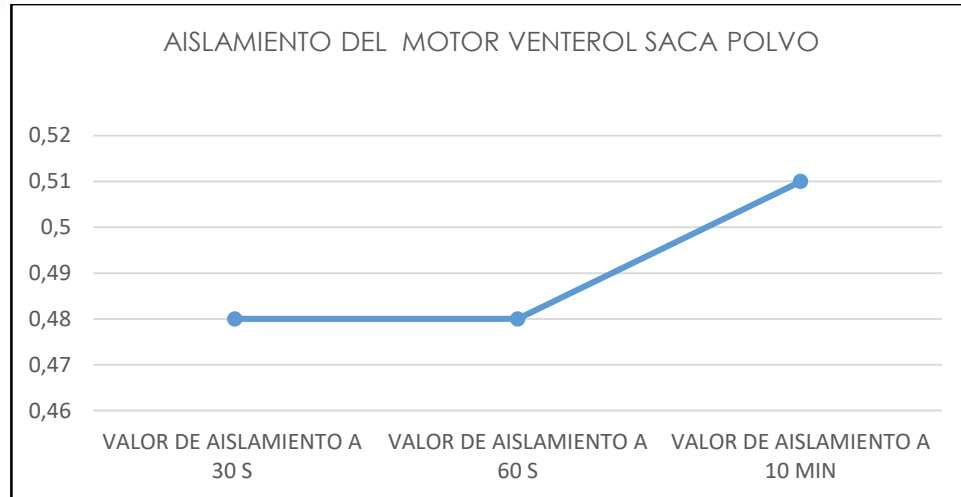


Figura 4.9 Medición de aislamiento del motor Saca Polvo. (Fuente autores)

Análisis de aislamiento del motor Elevador Caliente

El IP es de 1.21 y el IA de 0.9 lo cual señala la presencia de polvo y humedad con grado de contaminación extremo, por lo tanto, la pendiente de la curva en la Figura 4.10 del IA no crece con rapidez.

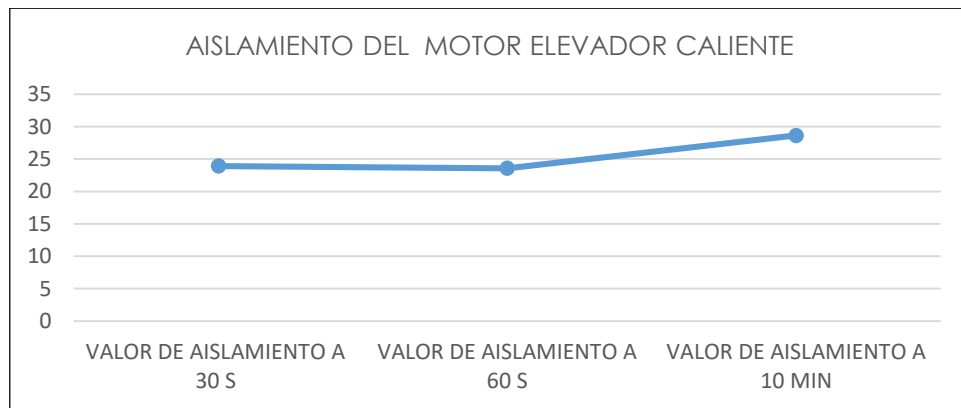


Figura 4.10 Medición de aislamiento del motor Elevador Caliente. (Fuente autores)



Análisis de aislamiento del motor Criba

El IP es de 1.16 y el IA de 1 lo cual señala la presencia de polvo y humedad con grado de contaminación alto, por lo tanto, la pendiente de la curva en la Figura 4.11 del IA no crece con rapidez.

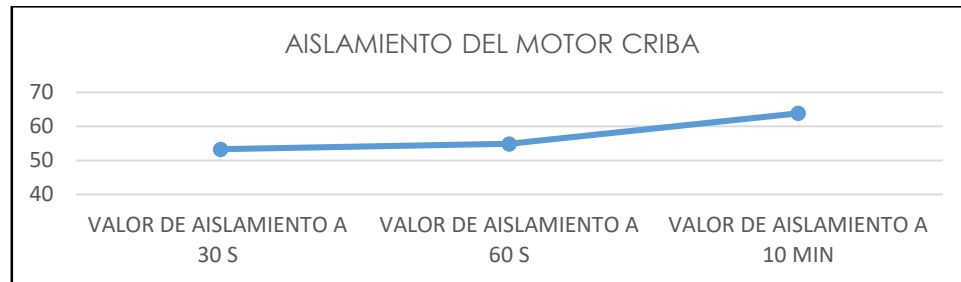


Figura 4.11 Medición de aislamiento del motor Criba. (Fuente autores)

Análisis de aislamiento del motor Mezcladora

El IP es de 2 y el IA de 1.29 lo cual señala la presencia de polvo y humedad con grado de contaminación medio, por lo tanto, la pendiente de la curva en la Tabla 4.12 del IA crece con rapidez.

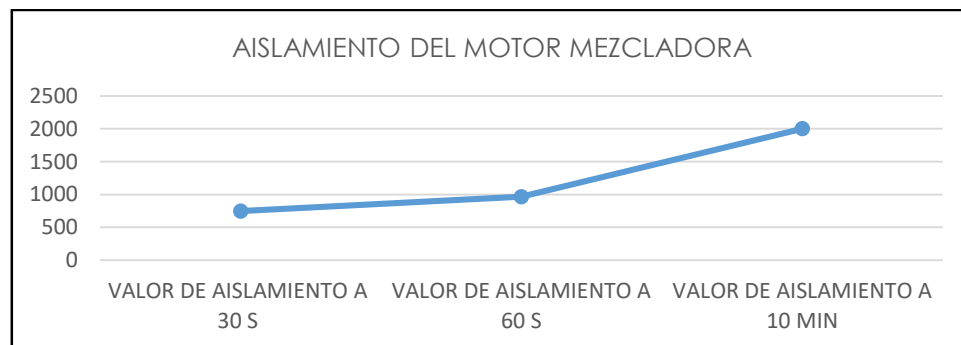


Figura 4.12 Medición de aislamiento del motor Mezcladora. (Fuente autores)



Análisis de aislamiento del motor Bomba de Agua

El IP es de 1.37 y el IA de 1.19 lo cual señala la presencia de polvo y humedad con grado de contaminación medio, por lo tanto, la pendiente de la curva en la Tabla 4.13 del IA crece con rapidez.

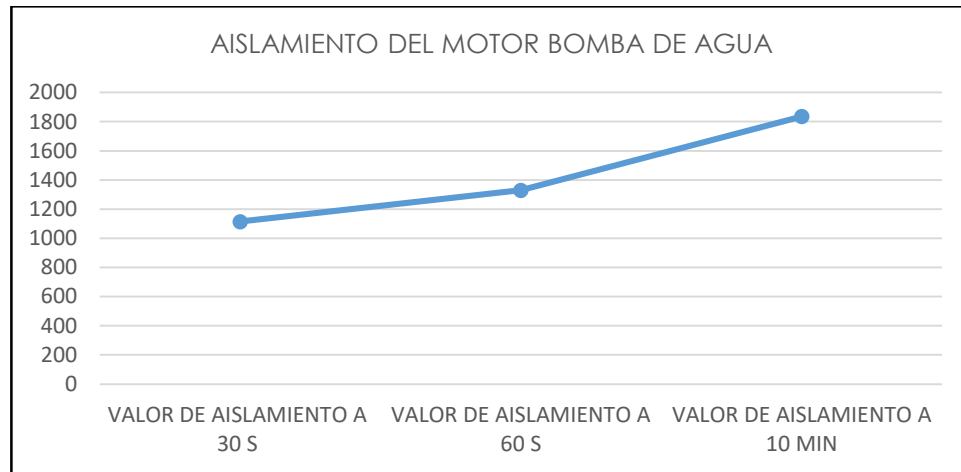


Figura 4.13 Medición de aislamiento del motor Bomba de Agua. (Fuente autores)

4.6.2. Trituradora 1

En la Tabla 4.12 se muestran los valores de medición de IP y IA de los motores de la Trituradora 1 además del análisis de los calibres de conductores.



Tabla 4.12 Medición de IP e IA, determinación del calibre de conductores de Trituradora 1.
(Fuente autores)

NUMERO DE MOTOR	DENOMINACION	MARCA	MODELO	POTENCIA EN KW	FP	CORRIENTE DE LINEA MEDIDA (A)	CALIBRE DE CONDUCTOR INSTALADO	CALIBRE DE CONDUCTOR OPTIMO	VALOR DE AISLAMIENTO A 30 S	VALOR DE AISLAMIENTO A 60 S	VALOR DE AISLAMIENTO A 10 MIN	IP DE AISLAMIENTO	OBSERVACION IP	IA DE AISLAMIENTO	OBSERVACION IA
1	ALIMENTADOR	HITACHI	EFOUP	5.5	0.8	9.45	3X10 AWG	3X10 AWG	>2000M Ω	>2000M Ω	>2000M Ω	N/A		N/A	
2	RETORNO MATERIAL 1	WEQ	CD75409	5.5	0.82	10	3X10 AWG	3X10 AWG	>2000M Ω	>2000M Ω	>2000M Ω				
3	RETORNO MATERIAL 2	SIEMENS	1LA7 114-4YA60	5.6	0.79	11.5	3X10 AWG	3X10 AWG	987	1000	1068	1.07	REGULAR	1.01	REGULAR
4	MUELA	NO SE OBSERVA	D364TSTD S8361AN WF2	60	0.82	101.0	3X2 AWG THHN	3X1/0 AWG	0.1	0.12	0.13	1.08	REGULAR	1.2	REGULAR
5	ZARANDA 1	DELCO	ECS154	22.4	0.9	35.5	3X2 AWG THHN	3X6 AWG	>2000M Ω	>2000M Ω	>2000M Ω				
6	TRANSPORTADORA DE MATERIAL PRINCIPAL	SIN DATOS	SIN DATOS	5.5	0.8	10.2	3X10 AWG	3X10 AWG	>2000M Ω	>2000M Ω	>2000M Ω				
7	RODILLO	TOSHIBA	B2004VGF 4V3R	149.2	0.88	247.6	3X2 THHN	3(3X1/0) AWG	>2000M Ω	>2000M Ω	>2000M Ω				
8	TRANSPORTADORA DE MATERIAL PARA CLASIFICAR	WEQ	BB85448	7.5	0.83	13.3	3X10 AWG	3X10 AWG	>2000M Ω	>2000M Ω	>2000M Ω				



UNIVERSIDAD DE CUENCA

NUMERO DE MOTOR	DENOMINACION	MARCA	MODELO	POTENCIA EN KW	FP	CORRIENTE DE LINEA MEDIDA (A)	CALIBRE DE CONDUCTOR INSTALADO	CALIBRE DE CONDUCTOR OPTIMO	VALOR DE AISLAMIENTO A 30 S	VALOR DE AISLAMIENTO A 60 S	VALOR DE AISLAMIENTO A 10 MIN	IP DE AISLAMIENTO	OBSERVACION IP	IA DE AISLAMIENTO	OBSERVACION IA
9	MATERIAL 3/8	SIEMENS	1LA7 114-4YA60	5.6	0.79	11.4	3X8 AWG	3X10 AWG	>2000M Ω	>2000M Ω	>2000M Ω				
10	ZARANDA 2	WEATING HOUSE	68OB640G89	11.2	0.8	21.3	3X10 AWG	3X10 AWG	>2000M Ω	>2000M Ω	>2000M Ω				
11	MATERIAL 3/4 Y 3/8	SIEMENS	112-4YB60	3.7	0.78	7.7	3X10 AWG	3X10 AWG	181.2	852	942	1.11	REGULAR	4.701986755	OK



De las mediciones efectuadas en la Planta Trituradora 1 según la Tabla 4.12, los motores Retorno Material 2 y Muela, Material $\frac{3}{4}$ y $\frac{3}{8}$ presentan observaciones en el IP e IA que se analizan a continuación, además del calibre de conductor de motor Muela está subdimensionado.

Análisis de aislamiento del motor Retorno de Material 2

El IP es de 1.07 y el IA de 1.01 lo cual señala la presencia de polvo y humedad con grado de contaminación regular, por lo tanto, la pendiente de la curva en la Tabla 4.14 no crece de forma acelerada.

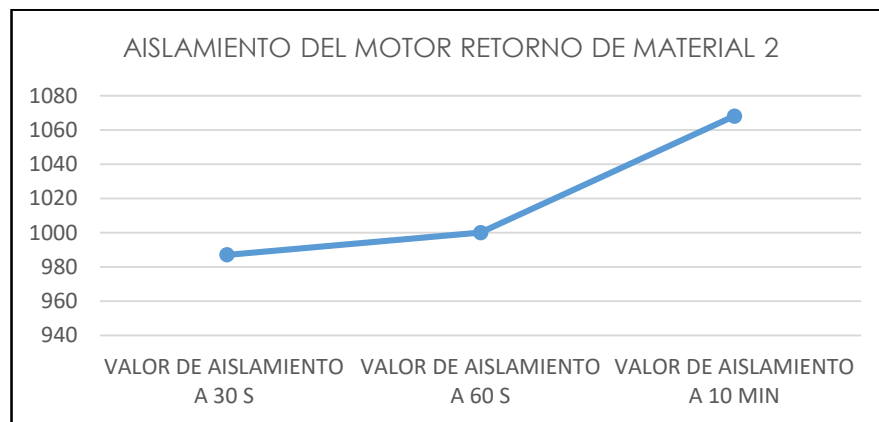


Figura 4.14 Medición de aislamiento del motor Retorno de Material 2. (Fuente autores)

Análisis de aislamiento del motor Muela

El IP es de 1.07 y el IA de 1.2 lo cual señala la presencia de polvo y humedad con grado de contaminación regular, por lo tanto, la pendiente de la curva en la Tabla 4.15 crece de forma regular.

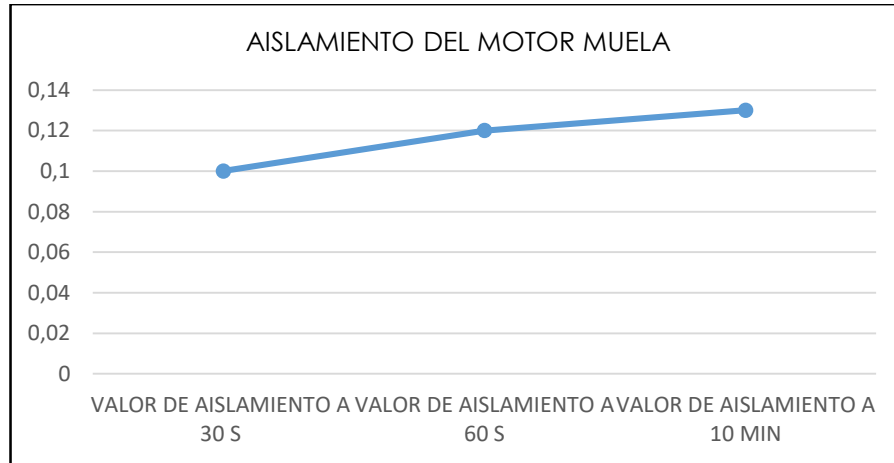


Figura 4.15 Medición de aislamiento del motor Muela.
(Fuente autores)

Análisis de aislamiento del motor Material $\frac{3}{4}$ y $\frac{3}{8}$

El IP es de 1.1 y el IA de 4 lo cual señala la presencia de polvo y humedad con un bajo grado de contaminación, por lo tanto, la pendiente de la curva en la Tabla 4.16 muestra una velocidad de absorción de la corriente rápida.

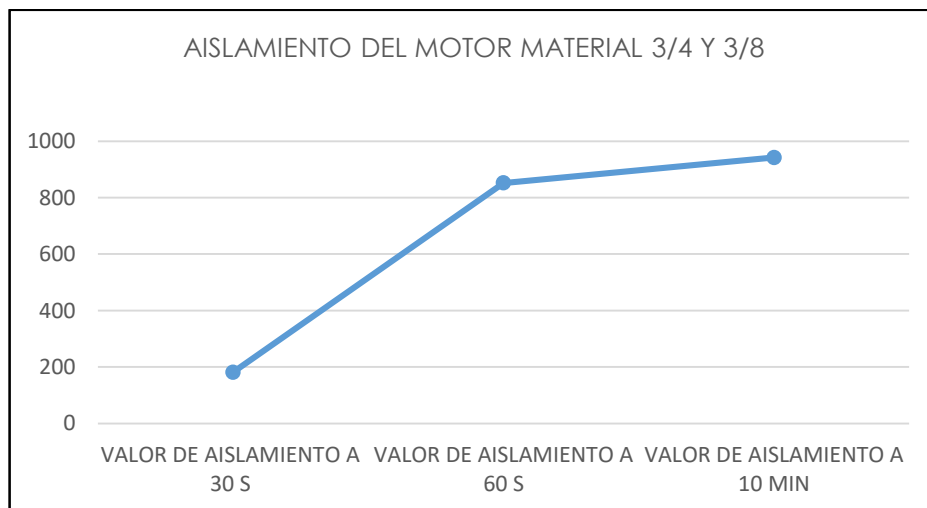


Figura 4.16 Medición de aislamiento del motor Material $\frac{3}{4}$ y $\frac{3}{8}$. (Fuente autores)



4.6.3. Trituradora 2

De las mediciones efectuadas en la Planta Trituradora 2 según la Tabla 4.13, el motor Banda Secundaria presenta observaciones en el IP e IA que se analizan a continuación, además del calibre de conductor de motor Molino subdimensionado.

Análisis de aislamiento del motor Banda Secundaria

El IP es de 1.12 y el IA de 1.02 lo cual señala la presencia de polvo y humedad con un bajo grado de contaminación, por lo tanto, la pendiente de la curva en la Tabla 4.17 muestra una un crecimiento escalonado.

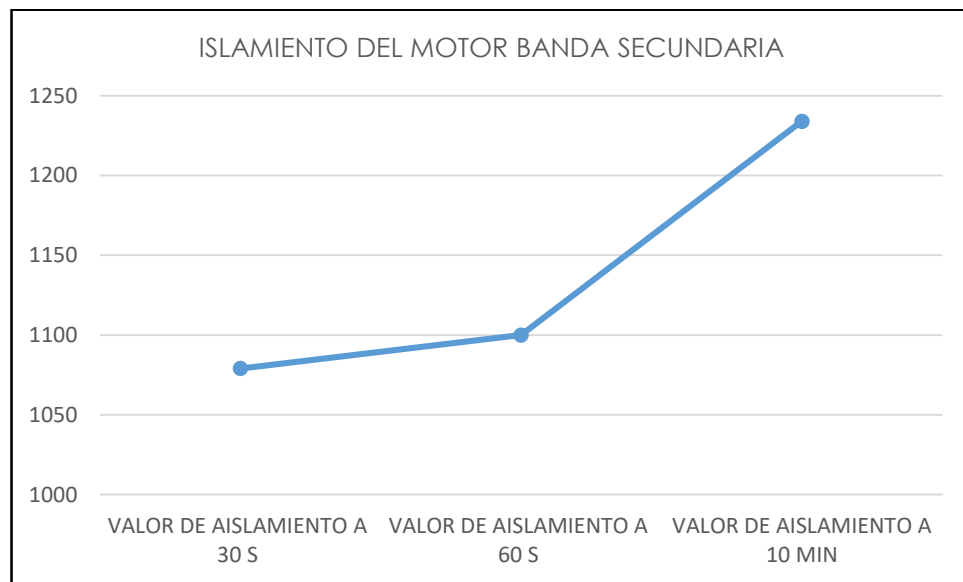


Figura 4.17 Medición de aislamiento del motor Banda Secundaria. (Fuente autores)



Tabla 4.13 Medición de IP e IA, determinación del calibre de conductores de Trituradora 1.
(Fuente autores)

NUMERO DE MOTOR	DENOMINACION	MARCA	MODELO	POTENCIA EN KW	FP	CORRIENTE DE LINEA MEDIDA (A)	CALIBRE DE CONDUCTOR INSTALADO	CALIBRE DE CONDUCTOR OPTIMO	VALOR DE AISLAMIENTO A 30 S	VALOR DE AISLAMIENTO A 60 S	VALOR DE AISLAMIENTO A 10 MIN	IP DE AISLAMIENTO	OBSERVACION IP	IA DE AISLAMIENTO	OBSERVACION IA
1	MOTOR TOLVA	CANADIAN GENERAL	60BC03J	30	0.82	53.4	3X10 AWG	3X10 AWG	>2000MΩ	>2000MΩ	>2000MΩ				
2	MOTOR MOLINO	ELECTRIM	SUE314M4	132	0.82	240.3	3X2 AWG /THHN	3X1/0 AWG/THHN	>2000MΩ	>2000MΩ	>2000MΩ				
3	MOTOR BANDA SECUNDARIA	SIEMENS	1LA7112-4YA60	3.7	0.78	7.84	3X10 AWG	3X10 AWG	1079	1100	1234	1.12	REGULAR	1.02	REGULAR



4.7. ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Metodología

La metodología empleada para la medición de Calidad de Energía, se basa en las normas NTE INEN-ISO 50002 y, IEC 61000-4-30 con la medición de variables señaladas en la Figura 2.15.

4.8. ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LA PLANTA DE ASFALTO

En la Tabla 4.14 se observa los parámetros de calibración para el analizador de calidad de energía Fluke 435-II para las mediciones en la Planta de Asfalto alimentada por el grupo electrógeno Caterpillar D353.

Tabla 4.14 Calibración del analizador de calidad de energía Fluke 435-II. (Fuente autores)

CALIBRACION EL EQUIPO FLUKE 435-II	
TOPOLOGIA DE MEDICION	3Ø EN ESTRELLA
MODO DE APLICACIÓN	REGISTRADOR
TENSION NOMINAL DE FASE	254 V
CORRIENTE NOMINAL	300 A
FRECUENCIA NOMINAL	60 HZ

En la Gráfica 4.18, se observa el proceso de arranque del grupo electrógeno Caterpillar D353 con un trasciente de voltaje y corriente que es atenuado de forma instantánea por el control del (AVR).



4.8.1. Medición de frecuencia

El histograma de frecuencia del grupo electrógeno Caterpillar D353 alimentando a la Planta de asfalto se muestra en la Figura 4.19, estos datos son entregados por el Analizador de Calidad de Energía en modo registrador por el lapso de 1 hora, cuando la Planta de Asfalto trabaja a plena carga.

En la Tabla 4.15 se extraen los datos del histograma de la Figura 4.19 para obtener la variación porcentual (%) de frecuencia con respecto a la frecuencia base de 60 Hz. El promedio de variación de frecuencia es de 0.5 %, por lo que se indica que la frecuencia eléctrica de alimentación a la Planta de Asfalto es estable.

Tabla 4.15 Variación de frecuencia porcentual (%) de grupo electrógeno Caterpillar D353

TIEMPO	FRECUENCIA BASE (Hz)	FRECUENCIA MEDIDA (Hz)	VARIACION EN (%)
1	60	60.43	0.716
2	60	60.56	0.933
3	60	60.29	0.483
4	60	59.99	0.016
5	60	59.78	0.366
6	60	59.67	0.55
7	60	59.64	0.6
8	60	59.68	0.533
9	60	59.68	0.533
10	60	60.31	0.516
% promedio de la variación de frecuencia			0.525

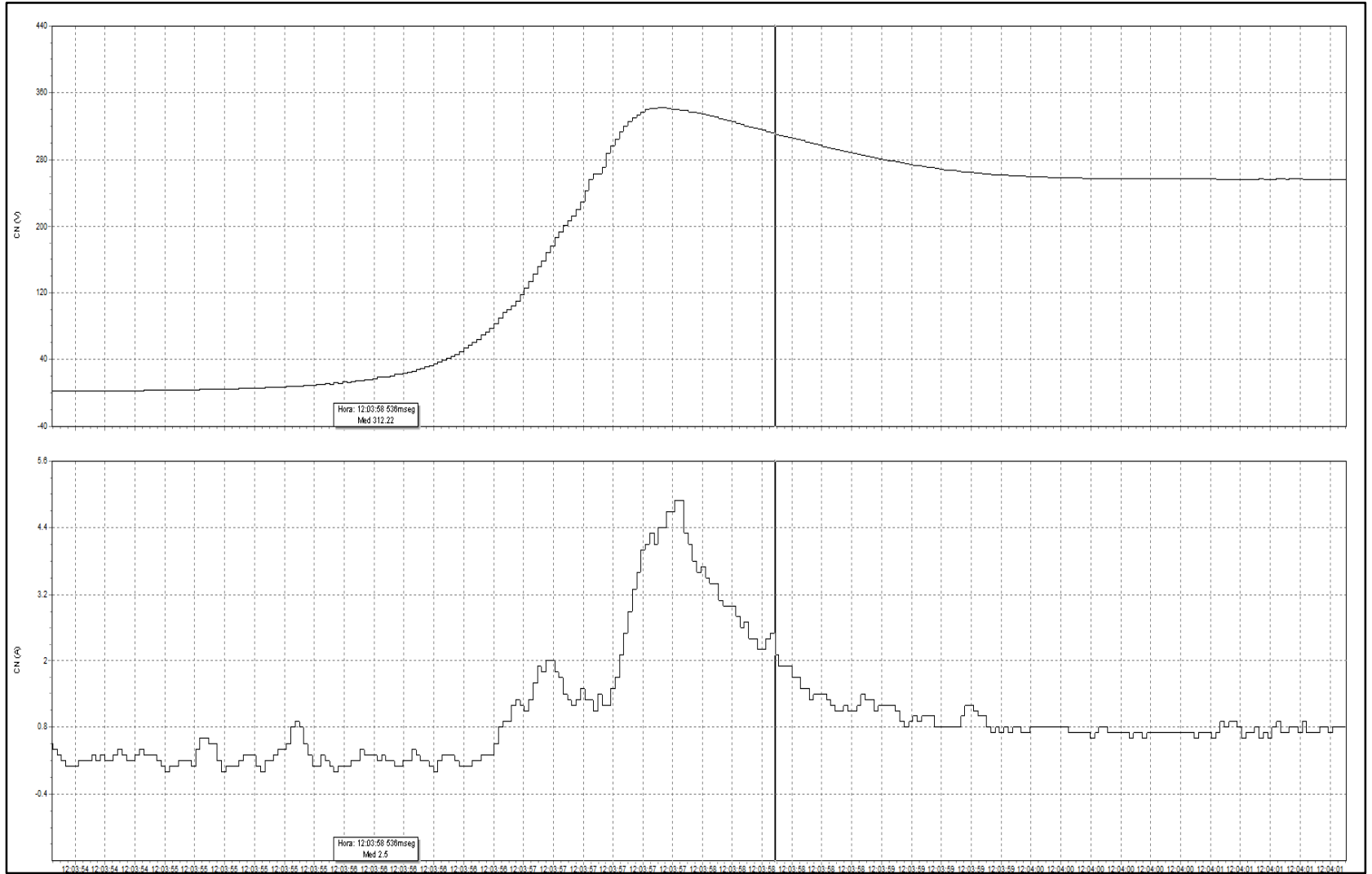


Figura 4.18 Arranque de Grupo electrógeno Caterpillar D353. (Fuente autores)

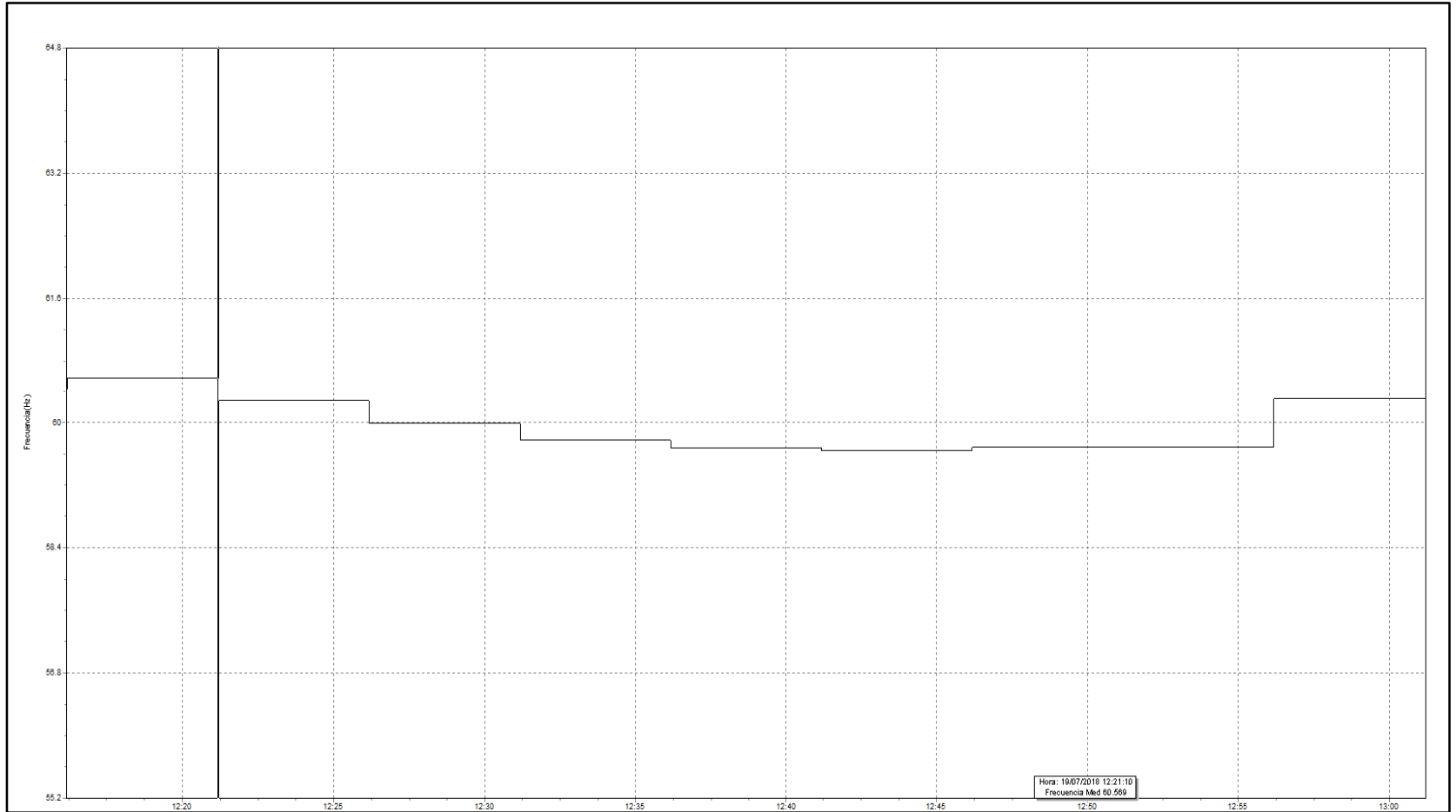


Figura 4.19 Histograma temporal de Frecuencia del Grupo electrógeno Caterpillar D353 alimentando la Planta de Asfalto. (Fuente autores)



4.8.2. Medición de la variación de voltaje

En la Figura 4.20 se muestra el histograma del comportamiento de la variación de voltaje de alimentación en la Planta de Asfalto.

En la Tabla 4.16, se muestra el porcentaje promedio de la variación de voltaje, con un valor de 4.16%, los momentos iniciales del arranque de la planta presentan variaciones de voltaje superiores al 10% por el proceso de encendido de los motores.

En el proceso de pruebas se presenta un hallazgo en el tiempo 9 de la Figura 4.20 y Tabla 4.17, al producirse un cortocircuito en el motor de Elevador Frio por falla de aislamiento en la protección tipo Fusible que de forma previa ya fue alertado con las mediciones termo-gráficas. El cortocircuito recorre por la Fase 1, Fase 3 y Neutro como se observa en la Figura 4.20.

El comportamiento de voltaje y corriente total en la Planta de Asfalto se muestra en la Figura 4.21.

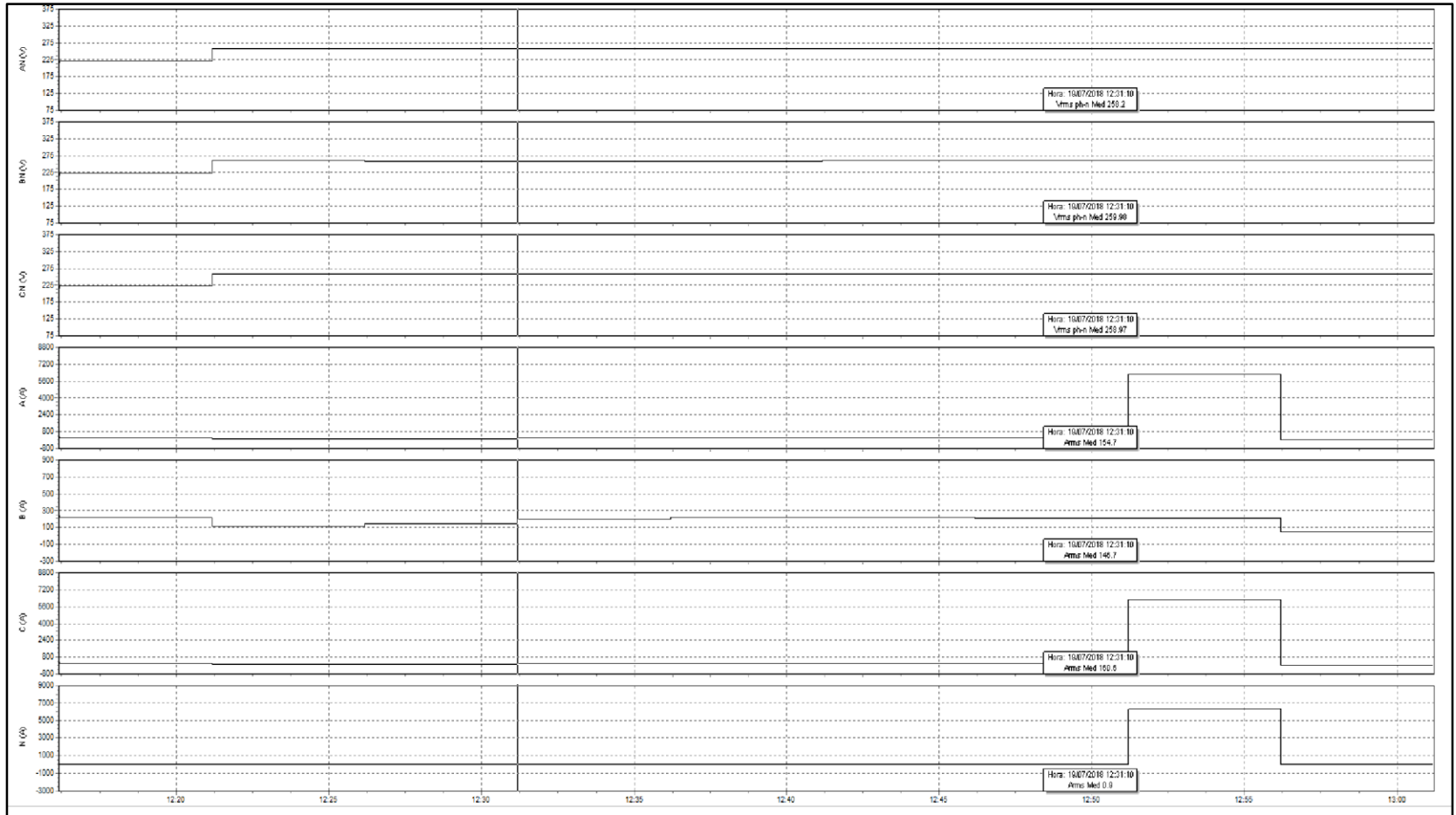


Figura 4.20 Histograma temporal de voltaje del Grupo electrógeno Caterpillar D353 alimentando la Planta de Asfalto. (Fuente autores)



Tabla 4.16 Variación de voltaje porcentual (%) en la Planta de Asfalto. (Fuente autores)

TIEMPO	VOLTAJE DE FASE ESTANDAR (V)	VOLTAJE MEDIDO FASE A (V)	VARIACION FASE A EN %	VOLTAJE MEDIDO FASE B (V)	VARIACION FASE B EN %	VOLTAJE MEDIDO FASE C (V)	VARIACION FASE C EN %
1	254	213.3	16.02	215.01	15.35	213.84	15.81
2	254	220.46	13.20	221.44	12.82	221.07	12.96
3	254	259.04	1.98	261.16	2.82	259.71	2.25
4	254	258.2	1.65	259.98	2.35	258.97	1.96
5	254	258.34	1.71	259.95	2.34	259.03	1.98
6	254	258.52	1.78	260.2	2.44	259.32	2.09
7	254	259.08	2.00	260.69	2.63	259.08	2.00
8	254	259.49	2.16	261.13	2.81	260.2	2.44
9	254	259.59	2.20	261.23	2.85	260.3	2.48
10	254	259.69	2.24	260.7	2.64	260.11	2.41
			4.50			4.91	4.64
% promedio de la variación de Voltaje			4.68				



Tabla 4.17 Voltaje y Corriente total en la planta de Asfalto

TIEMPO	VOLTAJE MEDIDO FASE A (V)	CORRIENTE EN FASE A (A)	VOLTAJE MEDIDO FASE B (V)	CORRIENTE EN FASE B (A)	VOLTAJE MEDIDO FASE C (V)	CORRIENTE EN FASE C (A)	CORRIENTE EN N (A)
1	213.3	225	215.01	246.6	213.84	259.8	0
2	220.46	226.7	221.44	218.1	221.07	227.4	0
3	259.04	116.4	261.16	106.4	259.71	123.4	0
4	258.2	154.7	259.98	146.7	258.97	160.6	0
5	258.34	197.2	259.95	190.6	259.03	203	0
6	258.52	218	260.2	212	259.32	223.5	0
7	259.08	222	260.69	215.9	259.08	227.5	0
8	259.49	214.3	261.13	207.8	260.2	219.9	0
9	259.59	6276.7	261.23	208.2	260.3	6276.7	6276.7
10	259.69	58.8	260.7	51.6	260.11	64.8	0

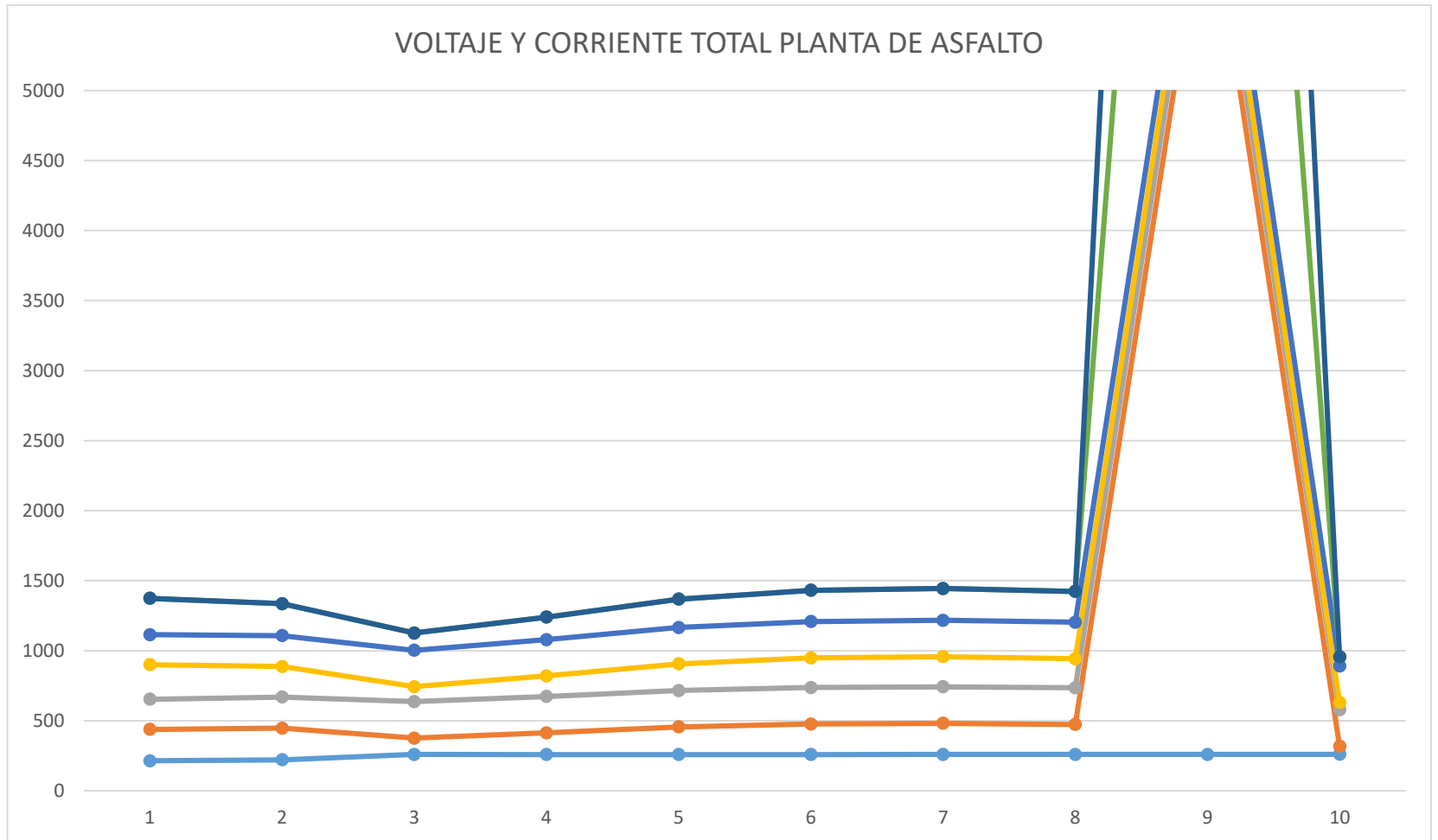


Figura 4.21 Comportamiento de Voltaje y corriente en la Planta de Asfalto. (Fuente autores)

Jorge Luis Enríquez López

Byron Alcívar Bermeo Iñiguez



4.8.3. Medición de Flicker

El analizador de calidad de energía Fluke 435-II posee la capacidad de medición de Flicker que lo determina en un histograma, si el valor es igual o mayor a 1 existe presencia de Flicker.

En la Tabla 4.18 se muestra los valores de las variaciones de Flicker, que se extraen del histograma de la Figura 4.22 con lo que se demuestra parpadeos instantáneos cuando trabaja con carga, el generador en el punto 10 de la Tabla 4.18 está sin carga de la Planta de Asfalto, por lo que se observa el buen estado del generador.

Tabla 4.18 Mediciones de Flicker. (Fuente autores)

TIEMPO	VALOR FLICKER FASE A	VALOR FLICKER FASE B	VALOR FLICKER FASE C
1	6.55	5.38	6.44
2	13.33	8.43	9.82
3	5.89	5.89	5.88
4	1.94	1.91	1.96
5	1.98	1.91	1.97
6	1.16	1.07	1.18
7	1.15	1.06	1.17
8	1.08	1	1.1
9	3.61	3.69	3.07
10	0.52	0.51	0.53

En la Figura 4.23 se observa el comportamiento de Flicker en la Planta de Asfalto, cuyos valores máximos se presentan en el momento de arranque de la planta.

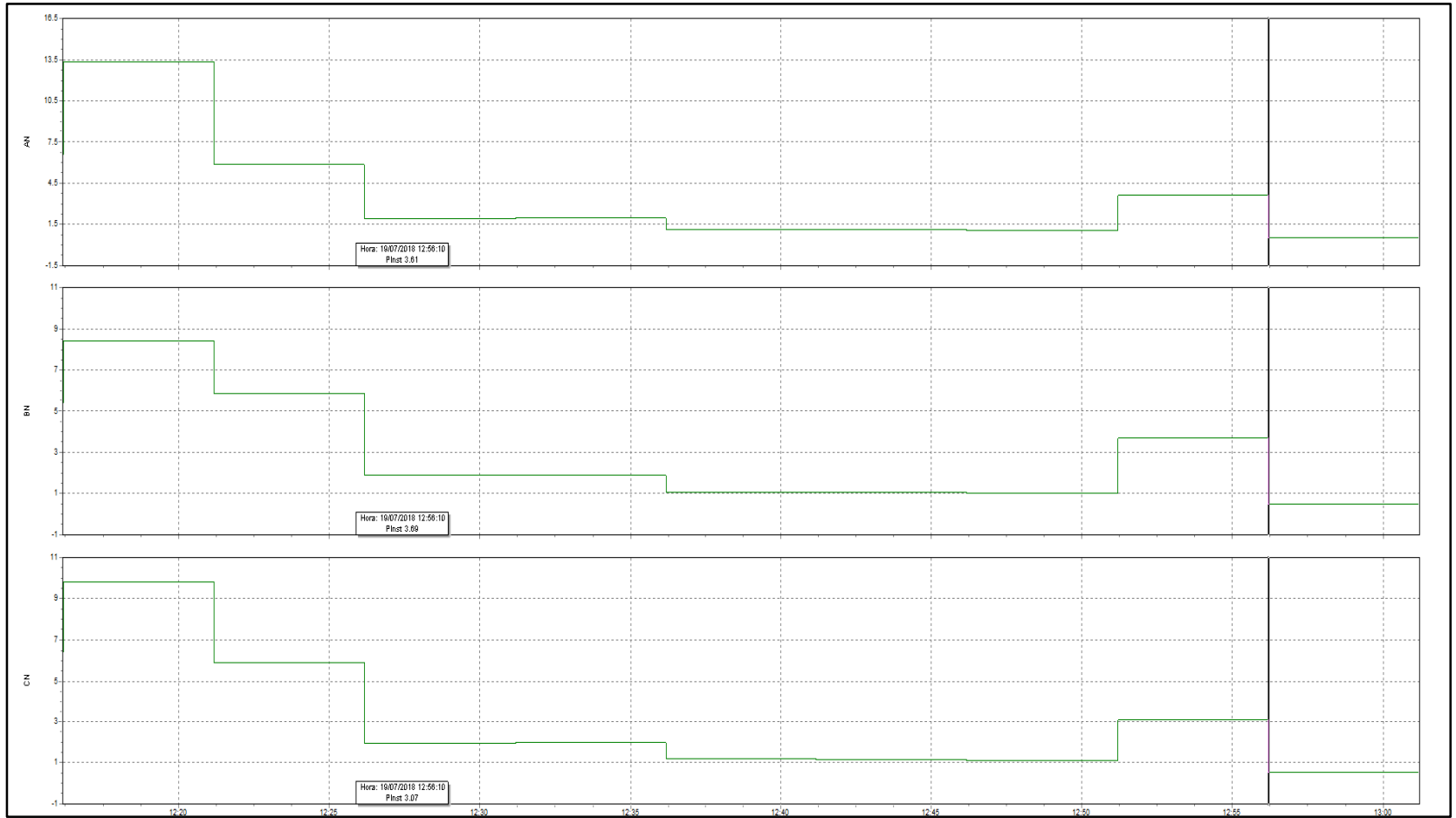


Figura 4.22 Histograma de Flicker en la Planta de Asfalto. (Fuente autores)

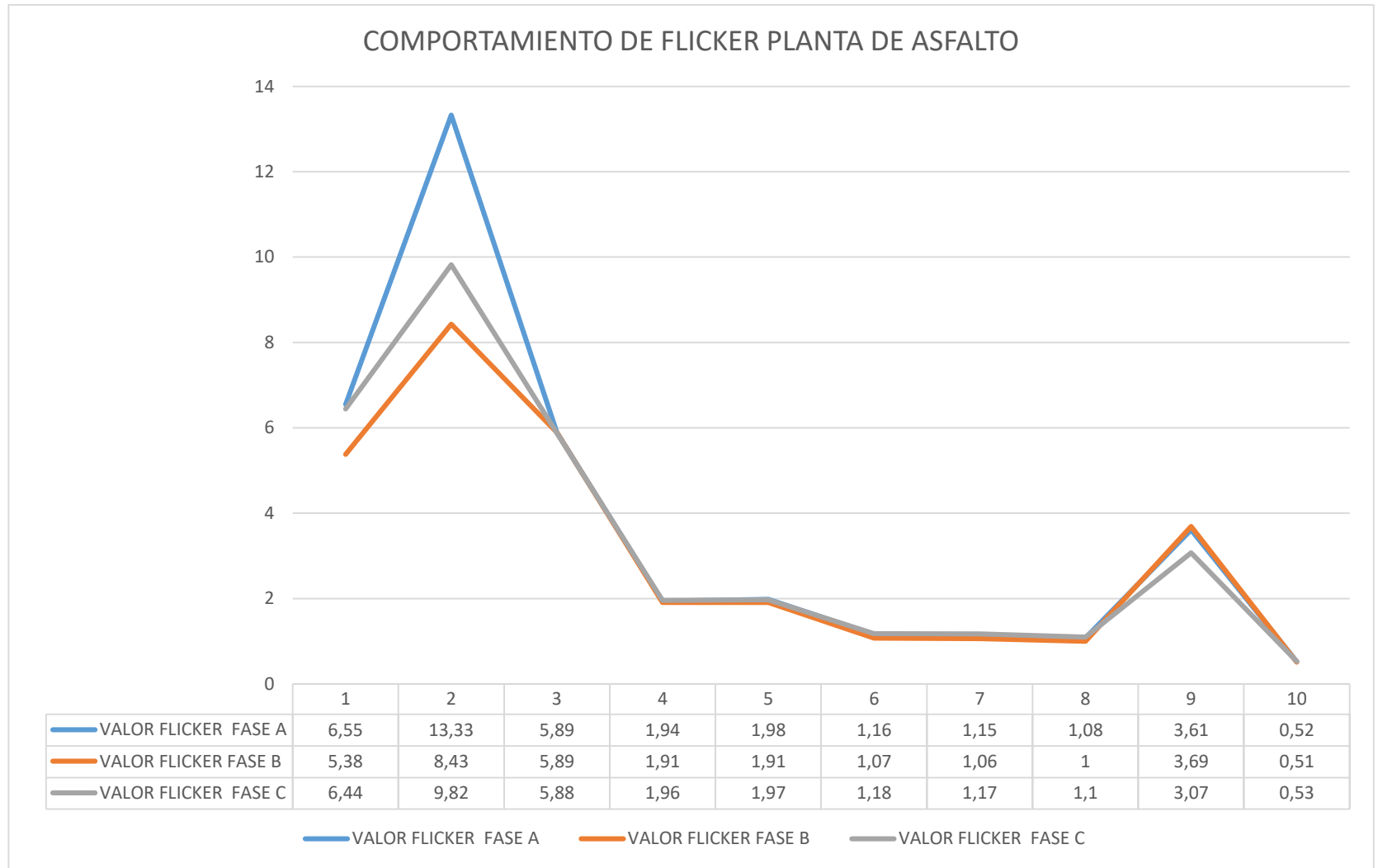


Figura 4.23 Comportamiento de Flicker en la Planta de Asfalto. (Fuente autores)



4.8.4. Medición de los armónicos de voltaje y corriente

La Tabla 4.19 recoge los valores de armónicos en voltaje y corriente del histograma de la Figura 4.24.

La presencia de armónicos de voltaje y de corriente es baja, el THD porcentual no supera el 3%.

Tabla 4.19 Armónicos de voltaje y corriente en la Planta de Asfalto. (Fuente autores)

MEDICION DE ARMICOS						
VOLTAJE				CORRIENTE		
NÚMERO DE ARMONICO	FASE A (V)	FASE B (V)	FASE C (V)	FASE A (V)	FASE B (V)	FASE C (V)
1	246.4	248.07	247	197.8	190.22	202.9
3	3.2	3.4	3.5	1.7	1.6	1.8
5	1.13	0.7	1.16	1.3	0.8	1.03
7	1.5	1.13	1.5	1.2	1.06	1.23
9	1.37	1.42	1.7	0.4	0.23	0.48
11	0.56	0.25	0.57	0.47	0.25	0.004
THD	2.16%	1.90%	2.30%	2.06%	2.38%	2.87%

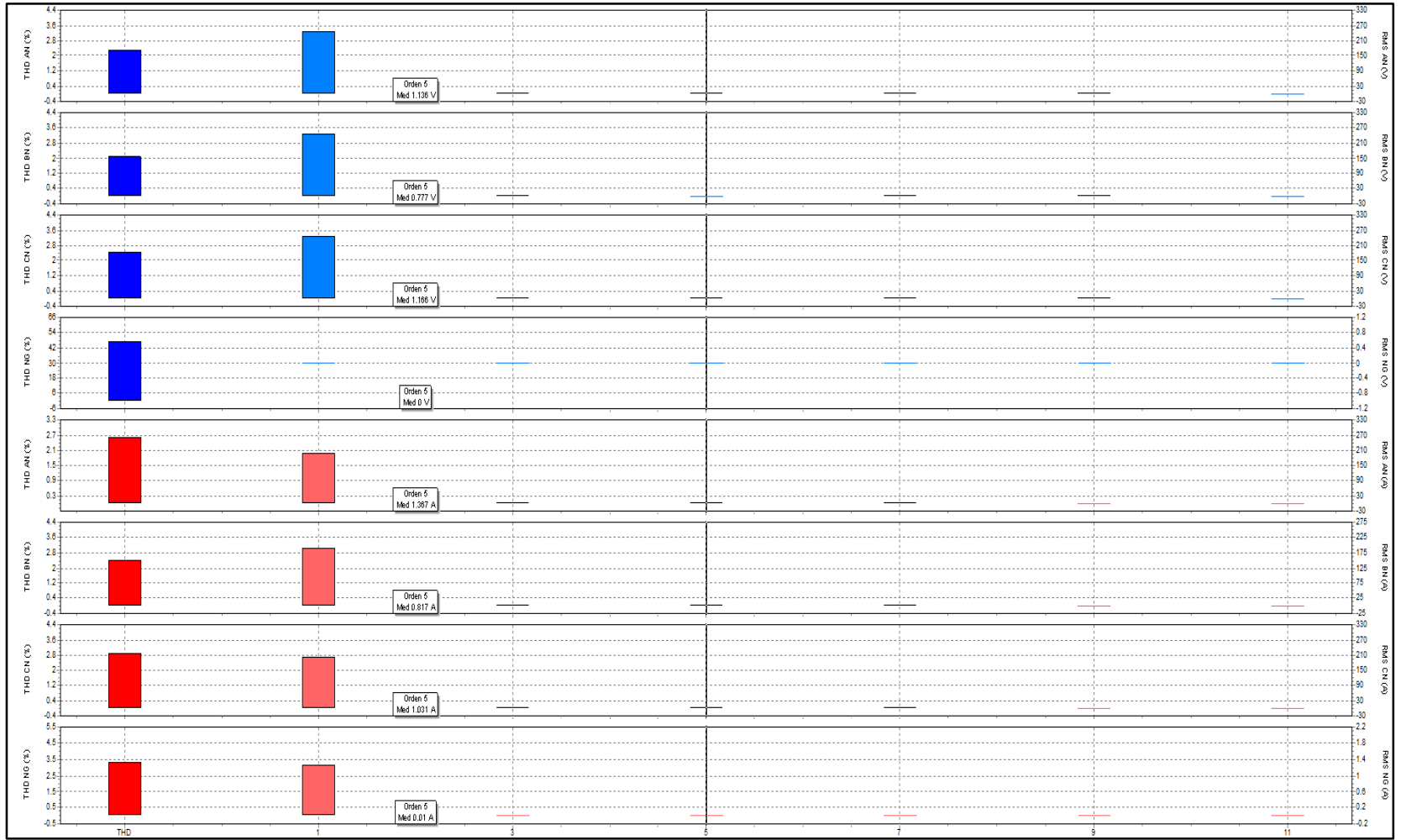


Figura 4.24 Histograma de los armónicos en la Planta de Asfalto. (Fuente autores)



4.8.5. Medición del factor de potencia

En la Tabla 4.20 se muestra el factor de potencia por fase y total de la Planta de Asfalto, estos valores son tomados del histograma de la Figura 2.25, el factor de Potencia total en operación de la planta según la Figura 4.26 es de 0.6 lo cual indica una potencia reactiva considerable.

Tabla 4.20 Factor de potencia de la Planta de Asfalto.
(Fuente autores)

Cos ϕ				
TIEMPO	Cos ϕ FASE A	Cos ϕ FASE B	Cos ϕ FASE C	Cos ϕ TOTAL
1	0.39	0.52	0.36	0.42
2	0.28	0.54	0.07	0.32
3	0.58	0.7	0.71	0.67
4	0.65	0.71	0.72	0.69
5	0.61	0.65	0.66	0.64
6	0.58	0.61	0.62	0.6
7	0.58	0.61	0.62	0.6
8	0.57	0.6	0.61	0.6
9	0.57	0.6	0.61	0.6
10	0.62	0.77	0.77	0.68

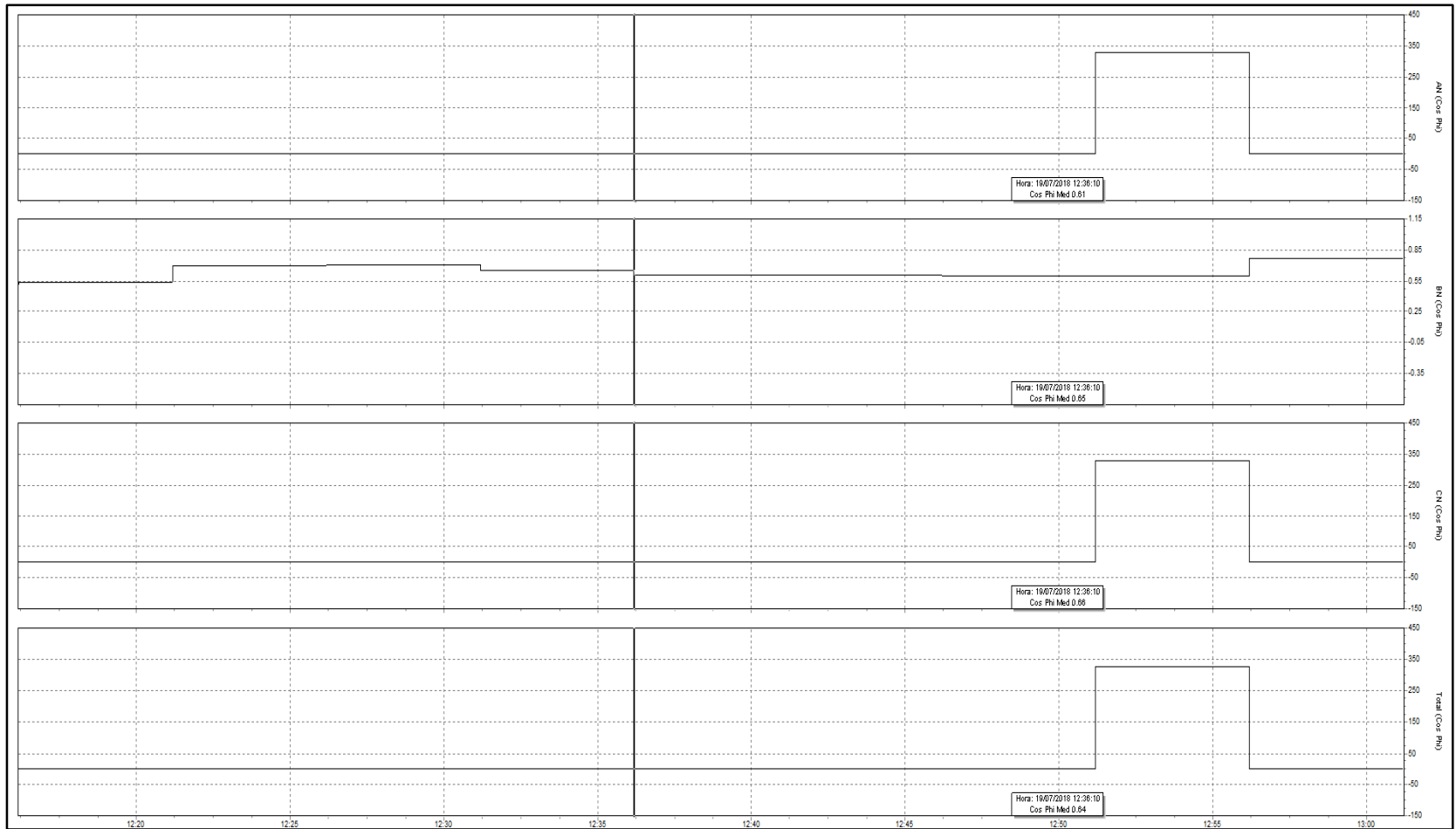


Figura 4.25 Histograma del factor de potencia en la Planta de Asfalto. (Fuente autores)

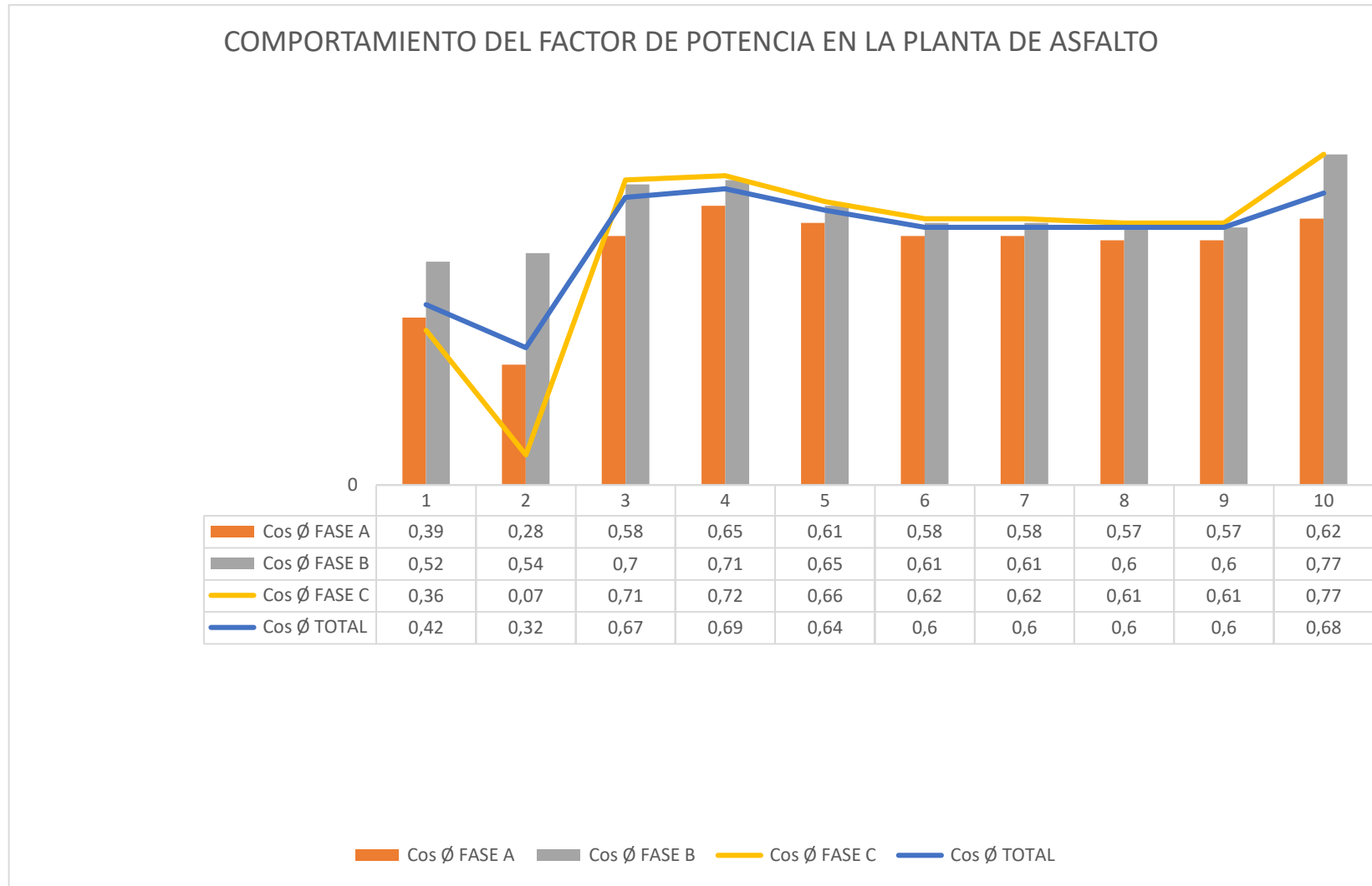


Figura 4.26 Comportamiento del factor de potencia en la Planta de Asfalto. (Fuente autores)



4.9. ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA TRITURADORA 2

Metodología

La metodología empleada para la medición de Calidad de Energía, se basa en las normas NTE INEN-ISO 50002 y, IEC 61000-4-30 con la medición de variables señaladas en la Figura 2.15.

4.9.1. Análisis de la calidad de energía eléctrica de la trituradora 2

En la Tabla 4.21 se observa los parámetros de calibración para el analizador de calidad de energía Fluke 435-II para las mediciones en la Planta Trituradora 2 alimentada por el grupo electrógeno Volvo.

Tabla 4.21 Calibración del analizador de calidad de energía en la Planta Trituradora 2. (Fuente autores)

CALIBRACION EL EQUIPO FLUKE 435-II	
TOPOLOGIA DE MEDICION	3Ø EN TRIANGULO
MODO DE APLICACIÓN	REGISTRADOR
VOLTAJE NOMINAL DE FASE	440 V
CORRIENTE NOMINAL	300 A
FRECUENCIA NOMINAL	60 HZ

4.9.2. Medición de frecuencia

El histograma de frecuencia del grupo electrógeno Volvo alimentando a la Planta Trituradora 2 se muestra en la Figura 4.25, estos datos son entregados por el Analizador de Calidad de Energía en modo registrador por el lapso de 1 hora, cuando la Planta Trituradora 2 trabaja a plena carga.



En la Tabla 4.2 se extraen los datos del histograma de la Figura 4.27 para obtener la variación porcentual (%) de frecuencia con respecto a la frecuencia base de 60 Hz. El promedio de variación de frecuencia es de 2.17 %.

Tabla 4.22 Variación de frecuencia porcentual (%) de Planta Trituradora 2. (Fuente autores)

TIEMPO	FRECUENCIA BASE (Hz)	FRECUENCIA MEDIDA (Hz)	VARIACION EN %
1	60.00	59.13	1.45
2	60.00	50.57	15.72
3	60.00	58.30	2.83
4	60.00	59.99	0.02
5	60.00	59.80	0.33
6	60.00	59.85	0.25
7	60.00	59.90	0.17
8	60.00	59.80	0.33
9	60.00	59.80	0.33
10	60.00	59.80	0.33
% promedio de la variación de frecuencia			2.176

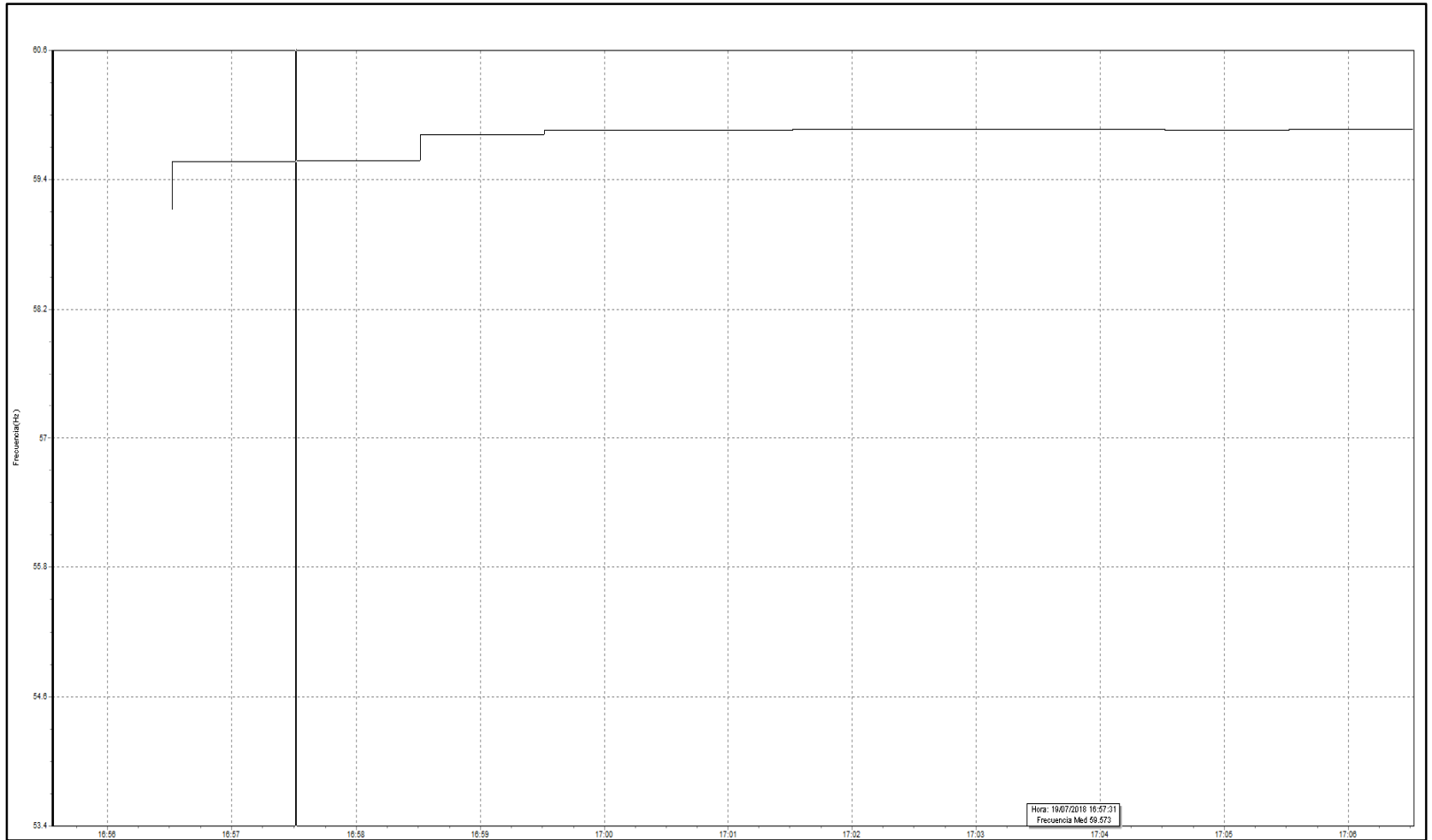


Figura 4.27 Histograma de frecuencia Planta Trituradora 2. (Fuente autores)



4.9.3. Medición de la variación de voltaje

En la Figura 4.28 se muestra el histograma del comportamiento de la variación de voltaje de alimentación en la Planta Trituradora 2.

En la Tabla 4.24, se muestra el porcentaje promedio de la variación de voltaje, con un valor de 1.24%.

El comportamiento de voltaje y corriente total en la Planta Trituradora 2 se muestra en la Figura 4.29.

En la Tabla 4.23 se muestra la variación de la corriente en la Planta Trituradora 2 con una corriente de arranque de 154.5 A que posterior se estabiliza en 79 A.

Tabla 4.23 Variación corriente en Planta Trituradora 2

TIEMPO	VOLTAJE MEDIDO FASE A (V)	CORRIENTE EN FASE A (A)	VOLTAJE MEDIDO FASE B (V)	CORRIENTE EN FASE B (A)	VOLTAJE MEDIDO FASE C (V)	CORRIENTE EN FASE C (A)
1	431.74	151	431.74	156.9	431.74	154.5
2	444.68	101.8	444.68	105.7	444.68	104.2
3	444.7	101.4	444.7	104.3	444.7	103.8
4	445.58	80.4	445.58	82.4	445.58	81.9
5	445.6	80.4	445.6	82.4	445.8	79.9
6	445.6	78.6	445.6	80.4	445.6	80
7	445.8	78.5	446	80.3	445.8	79.8
8	445.6	78.3	445.2	80.2	445.6	79.7
9	445.9	78.4	445.9	80.2	445.8	79.7
10	445.97	78.2	445.9	80.1	445.9	79.6

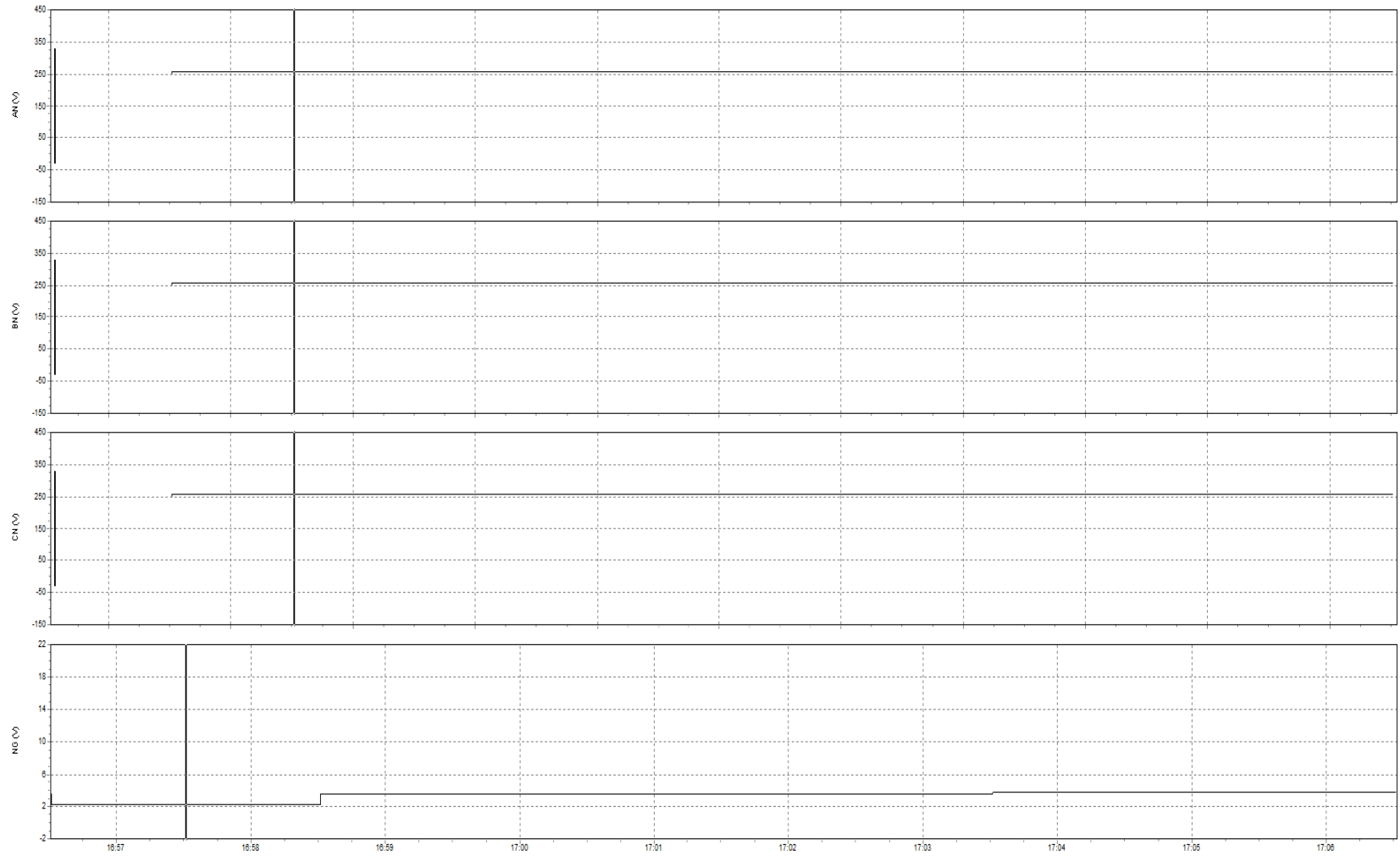


Tabla 4.28 Histograma variación de voltaje en la Planta Trituradora 2. (Fuente autores)

Tabla 4.24 Variación voltaje en la Planta Trituradora 2. (Fuente autores)

Jorge Luis Enríquez López

Byron Alcívar Bermeo Iñiguez



TIEMPO	VOLTAJE DE FASE ESTANDAR (V)	VOLTAJE MEDIDO FASE A (V)	VARIACION FASE A EN %	VOLTAJE MEDIDO FASE B (V)	VARIACION FASE B EN %	VOLTAJE MEDIDO FASE C (V)	VARIACION FASE C EN %
1	440	431.74	1.88	431.74	1.88	431.74	1.88
2	440	444.68	1.06	444.68	-1.06	444.68	1.06
3	440	444.7	1.07	444.7	1.07	444.7	1.07
4	440	445.58	1.27	445.58	1.27	445.58	1.27
5	440	445.6	1.27	445.6	1.27	445.8	1.32
6	440	445.6	1.27	445.6	1.27	445.6	1.27
7	440	445.8	1.32	446	1.36	445.8	1.32
8	440	445.6	1.27	445.2	1.18	445.6	1.27
9	440	445.9	1.34	445.9	1.34	445.8	1.32
10	440	445.97	1.36	445.9	1.34	445.9	1.34
			1.31		1.09		1.31
% promedio de la variación de Voltaje			1.24				

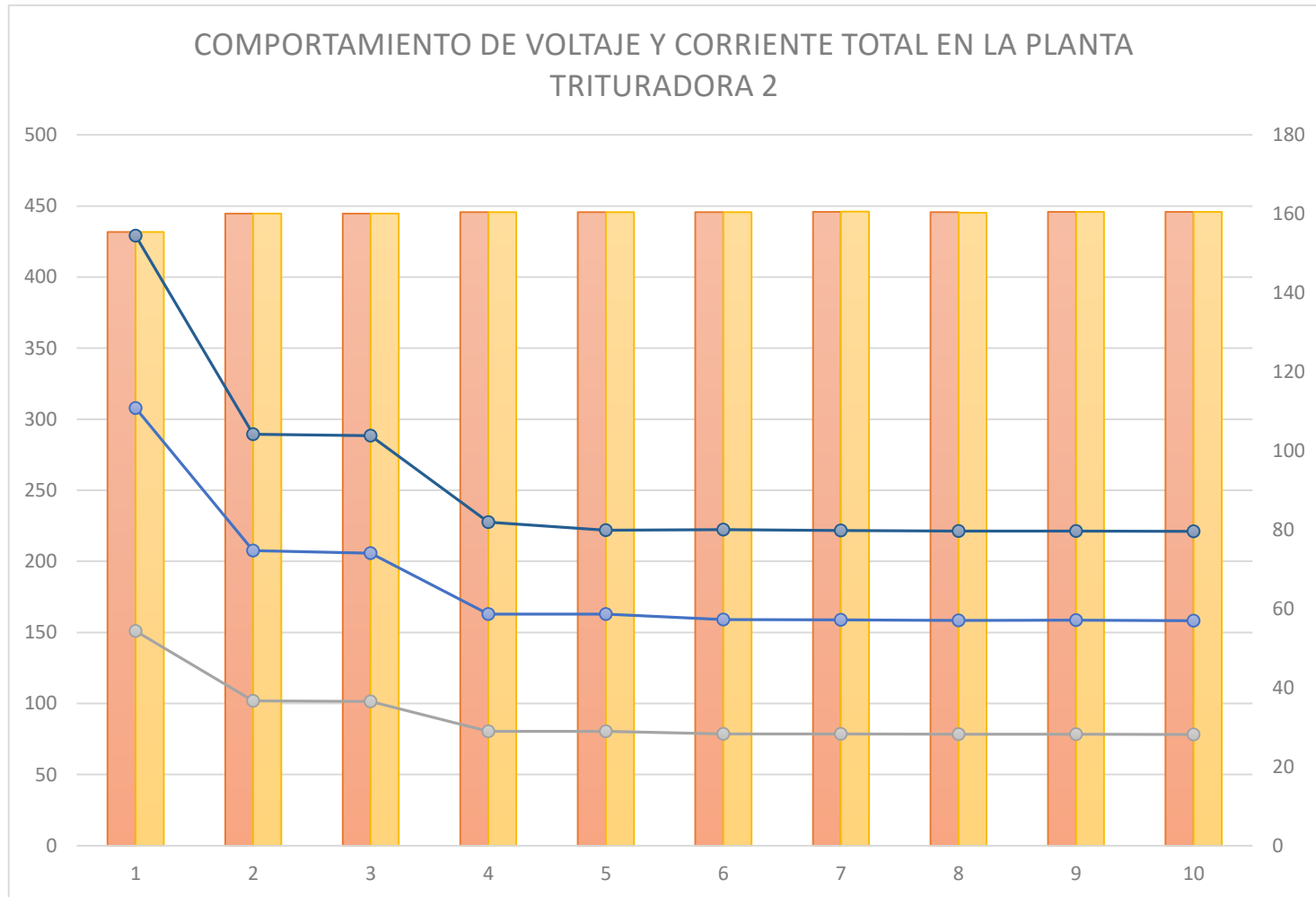


Tabla 4.29 Comportamiento de voltaje y corriente en la Planta Trituradora 2. (Fuente autores)

Jorge Luis Enríquez López

Byron Alcívar Bermeo Iñiguez



4.9.4. Medición de Flicker

El analizador de calidad de energía Fluke 435-II posee la capacidad de medición de Flicker que lo determina en un histograma, si el valor es igual o mayor a 1 existe presencia de Flicker.

En la Tabla 4.26 se muestra los valores de las variaciones de Flicker, que se extraen del histograma de la Figura 4.30, en proceso de arranque de los motores, este generador presenta perturbaciones, cuando la Planta Trituradora 2 está en marcha no existe presencia de Flicker.

Tabla 4.26 Flicker en Panta Trituradora 2. (Fuente autores)

TIEMPO	VALOR FLICKER FASE A	VALOR FLICKER FASE B	VALOR FLICKER FASE C
1	3	2.94	2.94
2	1.11	1.1	1.09
3	0.5	0.49	0.49
4	0.43	0.42	0.42
5	0.39	0.38	0.38
6	0.38	0.37	0.37
7	0.38	0.37	0.37
8	0.43	0.42	0.42
9	0.45	0.41	0.43
10	0.41	0.41	0.41

En la Figura 4.31 se observa el comportamiento de Flicker en la Planta de Asfalto, cuyos valores máximos se presentan en el momento de arranque de la planta.

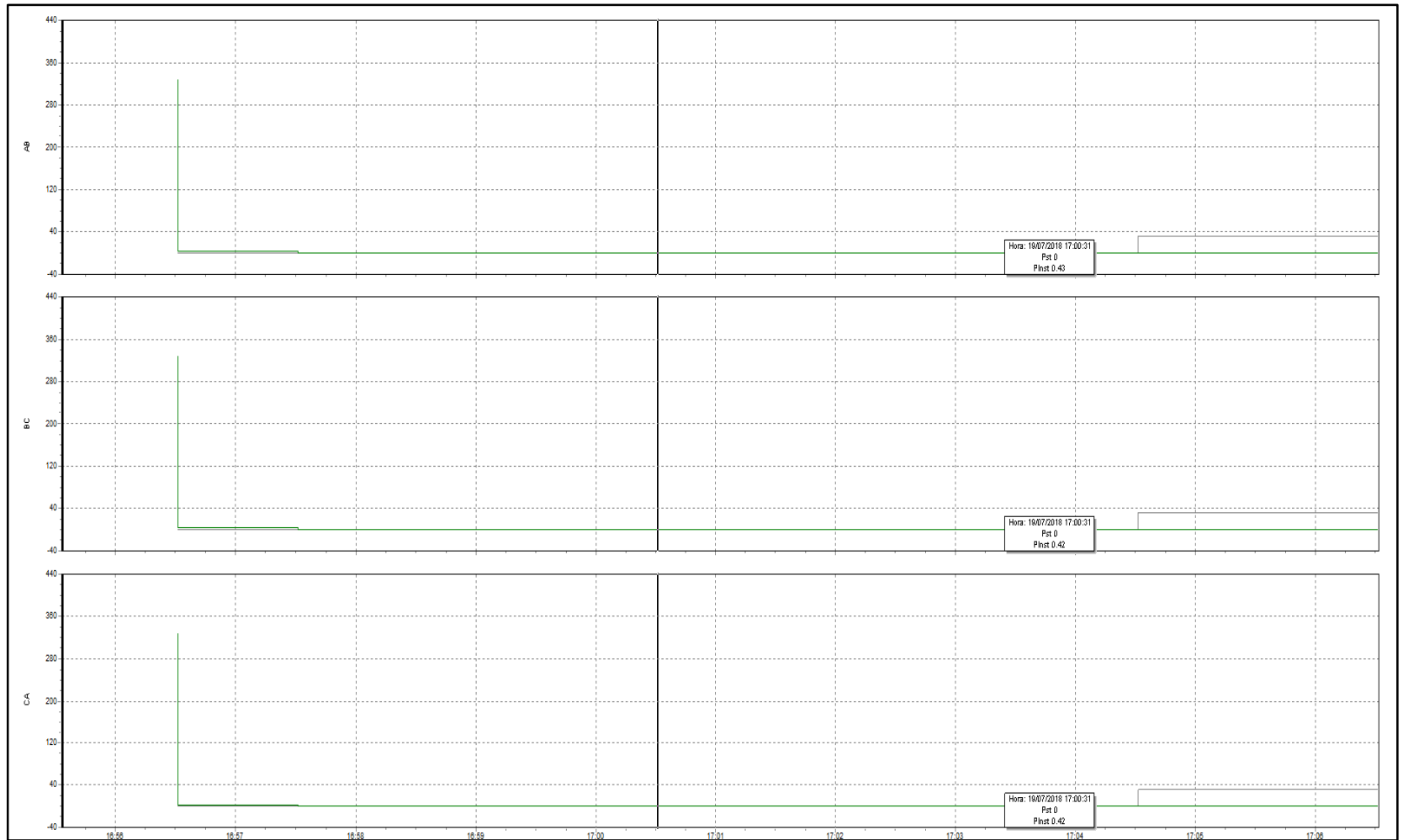


Figura 4.30 Histograma Flicker en la Planta Trituradora 2. (Fuente autores)

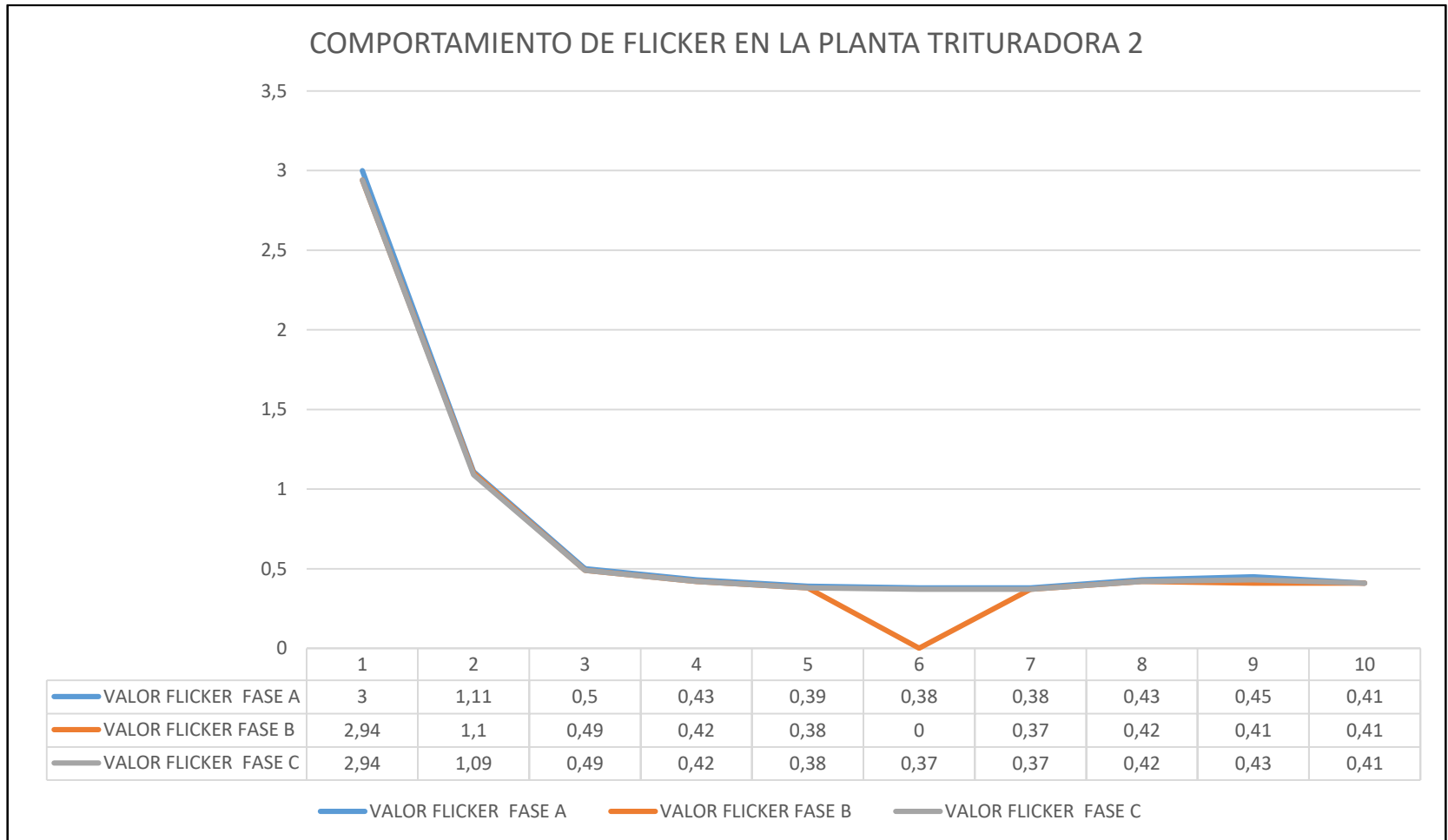


Figura 4.31 Comportamiento de Flicker en la Planta Trituradora 2. (Fuente autores)



4.9.5. Medición de los armónicos de voltaje y corriente

La Tabla 4.27 recoge los valores de armónicos en voltaje y corriente del histograma de la Figura 4.32.

La presencia de armónicos de voltaje y de corriente es baja, el THD porcentual no supera el 3%.

Tabla 4.27 Armónicos en la Planta Trituradora 2. (Fuente autores)

MEDICION DE ARMICOS						
VOLTAJE				CORRIENTE		
NÚMERO DE ARMONICO	FASE A (V)	FASE B (V)	FASE C (V)	FASE A (V)	FASE B (V)	FASE C (V)
1	443.4	443.6	443.5	86.9	89.2	88.5
3	0.58	0.45	0.45	0.34	0.34	0.41
5	4.85	4.9	4.8	3.3	3.4	3.4
7	4.6	4.6	4.6	2.8	2.8	2.9
9	0.25	0.13	0.15	0.091	0.1	0.12
11	0.17	0.17	0.7	0.108	0.11	0.12
THD	1.92%	1.90%	2.30%	2.06%	2.38%	2.87%



Figura 4.32 Armónicos en la Planta Trituradora 2. (Fuente autores)



4.9.6. Medición del factor de potencia

En la Tabla 4.28 se muestra el factor de potencia por fase y total de la Planta Trituradora 2, estos valores son tomados del histograma de la Figura 4.33, el factor de Potencia total en operación de la planta según la Figura 4.34 es de 0.22 lo cual indica una potencia reactiva muy elevada.

Tabla 4.28 Comportamiento del factor de potencia en el tiempo. (Fuente autores)

Cos ϕ				
TIEMPO	Cos ϕ FASE A	Cos ϕ FASE B	Cos ϕ FASE C	Cos ϕ TOTAL
1	0.45	0.44	0.42	0.44
2	0.38	0.38	0.37	0.37
3	0.37	0.37	0.37	0.37
4	0.25	0.24	0.24	0.24
5	0.23	0.23	0.23	0.23
6	0.23	0.23	0.22	0.23
7	0.23	0.23	0.22	0.23
8	0.23	0.22	0.22	0.22
9	0.23	0.23	0.22	0.22
10	0.23	0.22	0.22	0.22



Figura 4.33 Factor de Potencia en la Planta Trituradora 2. (Fuente autores)

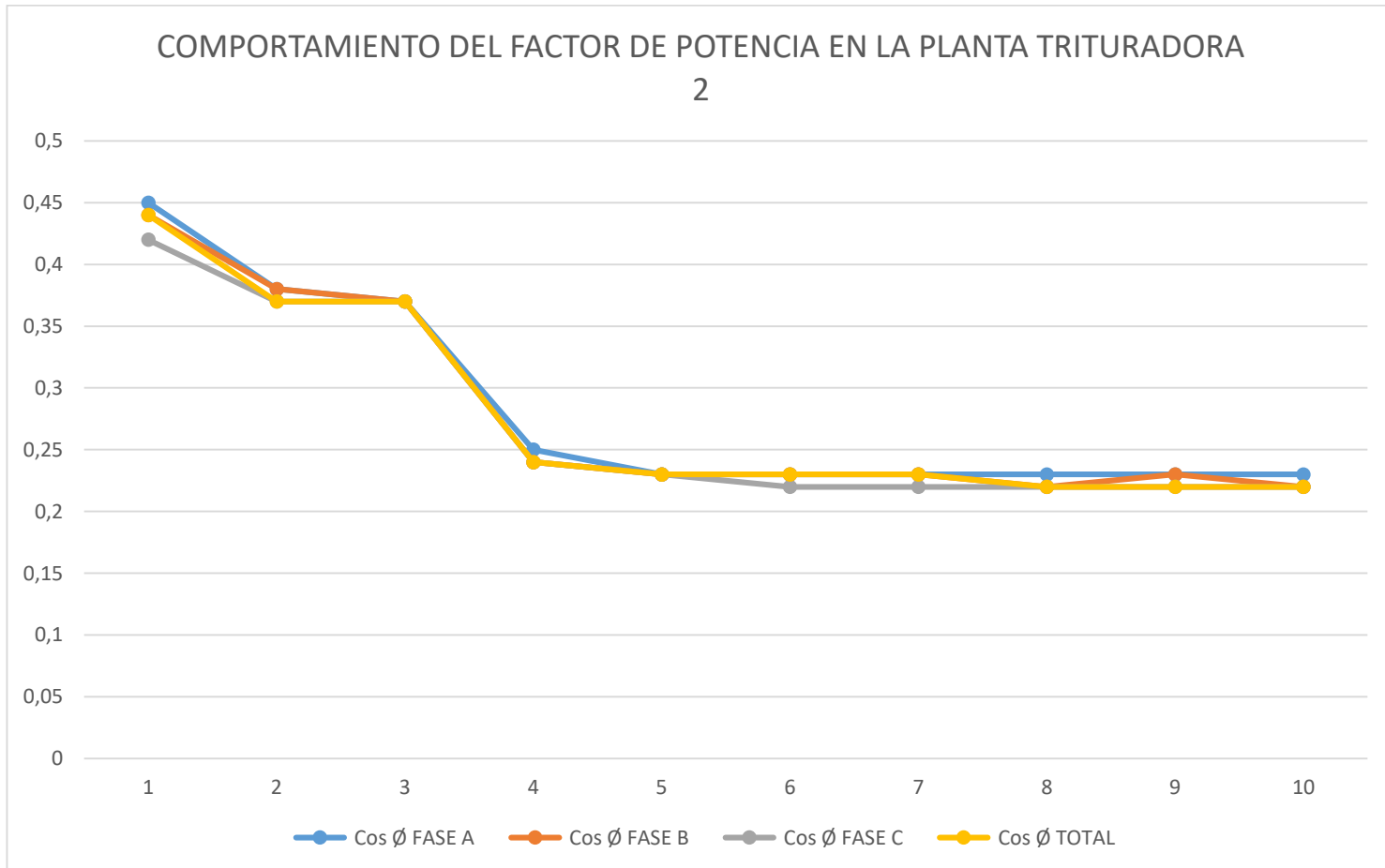


Figura 4.34 Comportamiento de factor de potencia en la Planta Trituradora 2. (Fuente autores)



4.10. INFORME DE AUDITORIA ENERGETICA

En base a la planificación de la auditoría energética, plan de mediciones y el análisis, se establece el informe de auditoría energética.

En la Tabla 4.30 se detalla el Informe de Auditoría Energética respecto al levantamiento eléctrico, termografía, medición de aislamiento eléctrico de motores y análisis de la calidad de energía eléctrica en la Planta de Trituración 1, Planta de Trituración 2 y Planta de Asfalto.

Del levantamiento eléctrico se obtiene la información de las protecciones eléctricas de los motores. El TDP de la Planta de Asfalto incluye fusibles de protección para los motores como se muestra en el diagrama unifilar de la Figura 4.2, y plano del Diagrama de Tableros en el Anexo 4.1.

En referencia a las ventajas descritas en el punto 2.7.4 de los breakers termo-magnéticos frente a los fusibles. La Tabla 4.29 detalla los fusibles usados en la protección de motores de la Planta de Asfalto y se muestra el breaker termo-magnético que reemplaza al fusible.

En la Figura 4.35 se muestra un elemento disparador de un breaker termo-magnético marca SIEMENS, este es un circuito basado en un microprocesador que procesa una señal muestreada desde el circuito de alimentación y la recalcula para obtener un valor efectivo, este tipo de disparadores es efectivo para señales de alimentación distorsionadas, todos los disparadores protegen los circuitos contra sobrecargas, las curvas de este tipo de disparador no son afectadas por la temperatura ambiente.



Tabla 4.29 Fusibles usados en la Planta de asfalto y su reemplazo por Breaker Termo-magnético. (Fuente autores)

MOTOR	FUSIBLE	ARRANQUE	CORRIENTE NOMINAL	REEMPLAZO DE FUSIBLE CON BREAKER TERMOMAGNÉTICO	
				BREAKER TERMOMAGNETICO O FIJO CURVA TIPO MA	BRAKER TERMOMAGNETICO O REGULABLE
CRIBA	3X50 A	DIRECTO	19.5		20-25
BOMBA DE AGUA	3X60 A	DIRECTO	19.75		20-25
TOLVA	3X60 A	DIRECTO	7.8	10	
ELEVADOR FRIO	3X25 A	DIRECTO	14.7		16 - 20
BANDAS	3X50 A	DIRECTO	7.8	10	
TRANSFORMADOR	2X25 A	DIRECTO	6	10	
ELEVADOR CALIENTE	3X50 A	DIRECTO	19.5		20-25
BOMBA DE ASFALTO	3X40 A	ESTRELLA TRIANGULO	7.8		CURVA TIPO MA
COMPRESOR	3X 40 A	DIRECTO	6.1	10	
BOMBA DE COMBUSTIBLE	3X 25 A	DIRECTO	4	6	
CALENTADOR DE ASFALTO	3 X 50 A	DIRECTO	7.8	10	
TRANSFORMADOR 1	2X15 A	DIRECTO	6	10	



Figura 4.35 Unidad de disparo de breaker termo-magnético SIEMENS. (Fuente autores)

La curva del comportamiento del disparador señalado en la Figura 4.35 se muestra en la Figura 4.36 de la cual la región L es el área de protección térmica de bajas corrientes y la región I es la zona de altas corrientes que actúa frente a sobre intensidades por cortocircuito.

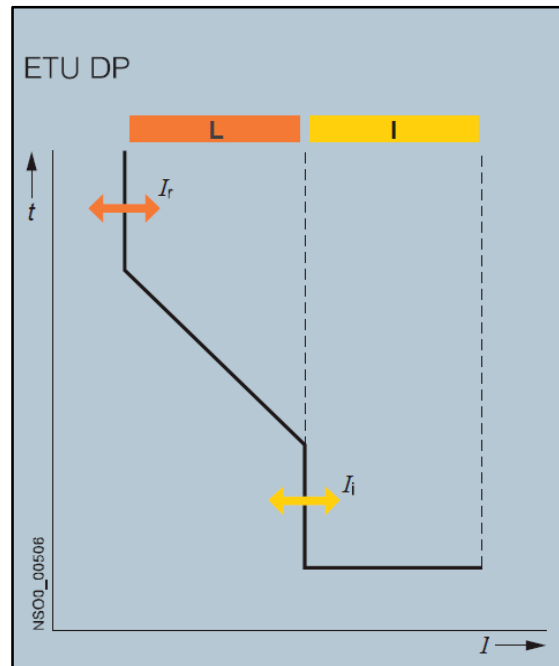


Figura 4.36 Curva de comportamiento del disparador de Breaker Termo-magnético. (4.0, 2018)

El Sistema de interconexión eléctrica de rápido y fácil manejo se detalla a continuación:

Se opta por conectores de conductor tipo Clavija como los mostrados en la Figura 4.37. tipo Macho y Hembra con las siguientes características:

- Transmiten eficientemente la corriente eléctrica a través de las dos partes desprendibles.



- Las partes hembra y macho están diseñadas para que con un pequeño giro se mantengan firmemente unidas.
- Construcción total de una aislación de cobre, procurando la mayor conductividad eléctrica y rigidez del material.
- Las cubiertas del conector están aisladas eléctricamente a más de 600 V y además el material resiste calor, frío, abrasión, ozono, aceite y solventes.
- Norma de impermeabilización IP68.



Figura 4.37 Conectores rápidos tipo clavija. (Okila, 2018)

Para la ejecución del sistema propuesto se debe observar lo indicado en la Figura 4.38.

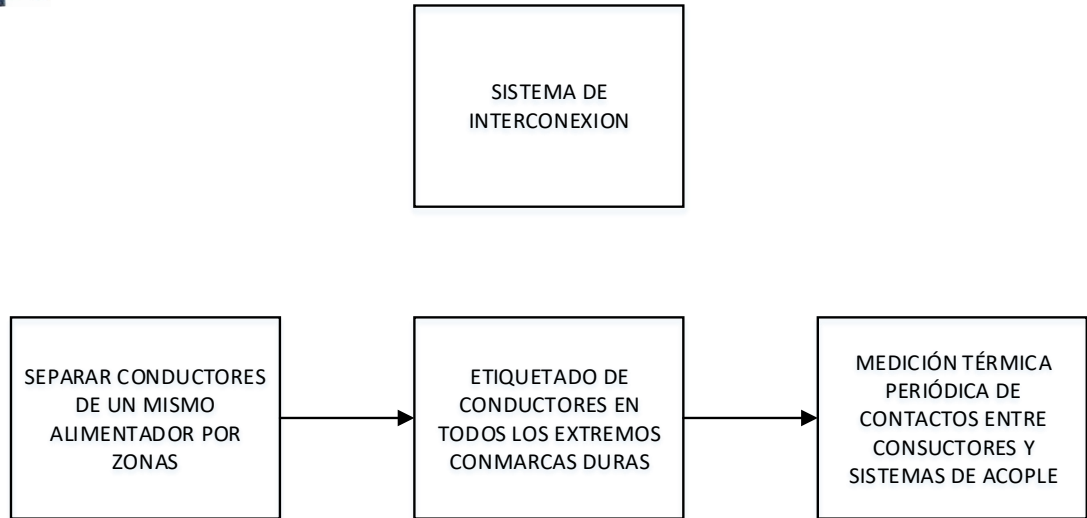


Figura 4.38 Implementación sistema de conectores rápidos. (Fuente autores)



Tabla 4.30 Informe de auditoría energética in situ. (Fuente autores)

INFORME DE AUDITORIA ENERGETICA			
DENOMINACION	EQUIPO O SISTEMA	DESCRIPCION	OBSERVACION
LEVANTAMIENTO ELÉCTRICO	PLANTA DE ASFALTO	DIAGRAMA UNIFILAR	ANEXO 1
		CIRCUITO DE FUERZA	
		DIAGRAMA DE TABLEROS ELECTRICOS	
		CIRCUITOS DE CONTROL	
		DIAGRAMA DE VIVRADORES DE TOLVAS	
		DIAGRAMA SISTEMA PARA CALENTAMIENTO DE ASFALTO	
	TRITURADORA 1	DIAGRAMA UNIFILAR	ANEXO 2
		CIRCUITO DE FUERZA	
		CIRCUITO DE CONTROL	
		CIRCUITO DE CONTROL ESTRELLA TRIANGULO	
	TRITURADORA 2	DIAGRAMA UNIFILAR	ANEXO 3
		CIRCUITO DE FUERZA	
		CIRCUITO DE CONTROL	
CIRCUITO DE CONTROL ESTRELLA TRIANGULO			



TERMOGRAFIA	PLANTA DE ASFALTO - GRUPO ELECTROGENO CATERPILLAR D353	Problemas por mal contacto eléctrico en el empalme de la fase 1 entre los terminales de generador y el alimentador, con un DT=26.86%	Limpieza de conductor y terminales, aplicación de grasa conductiva, retorque, encintado y vulcanización
	PLANTA DE ASFALTO - GRUPO ELECTROGENO CATERPILLAR D353	Problema de contacto eléctrico en terminales de generador, en el empalme entre la fase 2 y alimentador a Planta de Asfalto, con un DT=18.66%	Limpieza de conductor y terminales, aplicación de grasa conductiva, retorque, encintado y vulcanización
	PLANTA DE ASFALTO. TDP	Problema de contacto eléctrico en entrada en la fase 3 de contactor del motor Criba, con un DT=13.12%	Limpieza de conductor y terminales, retorque de terminales
	PLANTA DE ASFALTO. TDP	Problema de contacto eléctrico en entrada en la fase 2 de contactor del motor Bandas, con un DT=13.9%	Limpieza de conductor y terminales, retorque de terminales
	PLANTA DE ASFALTO. TDP	Problema de contacto eléctrico en entrada en la fase 3 de breaker del motor Dray, con un DT=13.33%	Limpieza de conductor y terminales, retorque de terminales
	PLANTA DE ASFALTO. TDP	Problema de contacto eléctrico en entrada de fase 2 de breaker del motor Mezcladora, con un DT=57.58%	Limpieza de conductor y terminales, retorque de terminales
	PLANTA DE ASFALTO. TDP	Problema de contacto eléctrico en entrada en la fase 2 de breaker principal, con un DT=21.02%	Limpieza de conductor y terminales, retorque de terminales



	PLANTA DE ASFALTO. TDP	Problema de contacto eléctrico en la fase 1 del fusible del motor Elevador Frio, con un DT=39.76%	Limpieza de conductor y terminales, retroque de terminales
	PLANTA DE ASFALTO. TDP	Problema de contacto eléctrico en la fase 1 del fusible del motor, Tolva, con un DT=68.6%	Limpieza de fusible y terminales, retroque de terminales
	PLANTA DE ASFALTO. TDP	Problema de contacto eléctrico en la fase 3 del breaker principal del motor Dray, con un DT=52.4%	Limpieza de conductor y terminales, retroque de terminales

MEDICION DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO	PLANTA DE ASFALTO. MOTOR ELEVADOR FRIO	El IP es de 2.11 y el IA de 1.19 lo cual señala la presencia de polvo y humedad con grado de contaminación regular	LIMPIEZA DE MOTOR CON SOLVENTE DIELECTRICO, SECADO AL HORNO, BARNIZADO, Y MEDICIÓN DE LA RECUPERACIÓN DE AISLAMIENTO
	PLANTA DE ASFALTO. MOTOR SACA POLVO	El IP es de 1.06 y el IA de 1 lo cual señala la presencia de polvo y humedad con grado de contaminación es alto	LIMPIEZA DE MOTOR CON SOLVENTE DIELECTRICO, SECADO AL HORNO, BARNIZADO, Y MEDICIÓN DE LA RECUPERACIÓN DE AISLAMIENTO
	PLANTA DE ASFALTO. MOTOR	El IP es de 1.21 y el IA de 0.9 lo cual señala la presencia de polvo y humedad con grado de contaminación extremo	LIMPIEZA DE MOTOR CON SOLVENTE DIELECTRICO, SECADO AL HORNO,



	ELEVADOR CALIENTE		BARNIZADO, Y MEDICIÓN DE LA RECUPERACIÓN DE AISLAMIENTO
	PLANTA DE ASFALTO. MOTOR CRIBA	El IP es de 1.16 y el IA de 1 lo cual señala la presencia de polvo y humedad con grado de contaminación alto	LIMPIEZA DE MOTOR CON SOLVENTE DIELECTRICO, SECADO AL HORNO, BARNIZADO, Y MEDICIÓN DE LA RECUPERACIÓN DE AISLAMIENTO
	PLANTA DE ASFALTO. MOTOR MEZCLADORA	El IP es de 2 y el IA de 1.29 lo cual señala la presencia de polvo y humedad con grado de contaminación medio	LIMPIEZA DE MOTOR CON SOLVENTE DIELECTRICO, SECADO AL HORNO, BARNIZADO, Y MEDICIÓN DE LA RECUPERACIÓN DE AISLAMIENTO

	PLANTA DE ASFALTO. MOTOR BOMBA DE AGUA	El IP es de 1.37 y el IA de 1.19 lo cual señala la presencia de polvo y humedad con grado de contaminación medio	LIMPIEZA DE MOTOR CON SOLVENTE DIELECTRICO, SECADO AL HORNO, BARNIZADO, Y MEDICIÓN DE LA RECUPERACIÓN DE AISLAMIENTO
	PLANTA DE ASFALTO. MOTOR BOMBA DE AGUA	El IP es de 1.37 y el IA de 1.19 lo cual señala la presencia de polvo y humedad con grado de contaminación medio	LIMPIEZA DE MOTOR CON SOLVENTE DIELECTRICO, SECADO AL HORNO, BARNIZADO, Y MEDICIÓN DE LA RECUPERACIÓN DE AISLAMIENTO



MEDICION DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO	PLANTA DE TRITURADORA 1. MOTOR RETORNO DE MATERIAL 2	El IP es de 1.07 y el IA de 1.01 lo cual señala la presencia de polvo y humedad con grado de contaminación regular	LIMPIEZA DE MOTOR CON SOLVENTE DIELECTRICO, SECADO AL HORNO, BARNIZADO, Y MEDICIÓN DE LA RECUPERACIÓN DE AISLAMIENTO
	PLANTA DE TRITURADORA 1. MOTOR MUELA	El IP es de 1.07 y el IA de 1.2 lo cual señala la presencia de polvo y humedad con grado de contaminación regular	LIMPIEZA DE MOTOR CON SOLVENTE DIELECTRICO, SECADO AL HORNO, BARNIZADO, Y MEDICIÓN DE LA RECUPERACIÓN DE AISLAMIENTO
	PLANTA DE TRITURADORA 1. MOTOR MATERIAL 3/4 y 3/8	El IP es de 1.07 y el IA de 1.2 lo cual señala la presencia de polvo y humedad con grado de contaminación regular	LIMPIEZA DE MOTOR CON SOLVENTE DIELECTRICO, SECADO AL HORNO, BARNIZADO, Y MEDICIÓN DE LA RECUPERACIÓN DE AISLAMIENTO
MEDICION DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO	PLANTA DE TRITURADORA 2. MOTOR MATERIAL 3/4 y 3/8	El IP es de 1.12 y el IA de 1.02 lo cual señala la presencia de polvo y humedad con un bajo grado de contaminación	LIMPIEZA DE MOTOR CON SOLVENTE DIELECTRICO, SECADO AL HORNO, BARNIZADO, Y MEDICIÓN DE LA RECUPERACIÓN DE AISLAMIENTO
MEDICION DE LA CALIDAD DE ENERGIA	PLANTA DE ASFALTO - MEDICIÓN DE FRECUENCIA	El promedio de variación de frecuencia es de 0.5 %, por lo que se indica que la frecuencia eléctrica de alimentación a la Planta de Asfalto es estable	OK



	PLANTA DE ASFALTO - MEDICIÓN DE LA VARIACIÓN DE VOLTAJE	El porcentaje promedio de la variación de voltaje es de 4.16%. Los momentos iniciales del arranque de la planta presentan variaciones de voltaje superiores al 10% por el proceso de encendido de los motores.	OK
	PLANTA DE ASFALTO - MEDICION DE FLICKER	Presencia de Flicker por el arranque de los motores eléctricos	OK
	PLANTA DE ASFALTO - MEDICIÓN DE ARMÓNICOS	La presencia de armónicos de voltaje y de corriente es baja, el THD porcentual no supera el 3%	OK
	PLANTA DE ASFALTO - FP	FACTOR DE POTENCIA 0.6	NO-OK
MEDICION DE LA CALIDAD DE ENERGIA	PLANTA TRITURADORA 1 - MEDICIÓN DE FRECUENCIA	El promedio de variación de frecuencia es de 2.17 %, por lo que se indica que la frecuencia eléctrica de alimentación a la Planta de Asfalto es estable	AJUSTE DE TARJETA AVR



	PLANTA TRITURADORA 1 - MEDICIÓN DE LA VARIACIÓN DE VOLTAJE	El porcentaje promedio de la variación de voltaje es de 1.24%.	OK
	PLANTA TRITURADORA 1 - MEDICION DE FLICKER	Presencia de Flicker iniciales es por el arranque de los motores eléctricos	OK
	PLANTA TRITURADORA 1 - MEDICIÓN DE ARMÓNICOS	La presencia de armónicos de voltaje y de corriente es baja, el THD porcentual no supera el 3%	OK
	PLANTA TRITURADORA 1 - MEICIÓN DE FACTOR DE POTENCIA	FACTOR DE POTENCIA 0.22	NO-OK



La capacidad de los bancos de condensadores para corregir el factor de potencia se detalla a continuación:

El banco de condensadores necesario para compensar la carga reactiva de la Planta de Asfalto, se diseña para el total de la potencia reactiva consumida por la planta.

POTENCIA REACTIVA EN PLANTA DE ASFALTO	
Voltaje nominal de Operación (V)	440
Corriente nominal de Operación a plena carga (A)	230
factor de Potencia ($\cos\phi$)	0.6
KVAR	140.22
KW	105.170

El banco de condensadores existente detallado en la Tabla 4.4 es de tipo automático y posee un rango de capacitancia total de 141.1 KVAR a 440 V mismo que puede ser usado en el grupo electrógeno Caterpillar D353 para la corrección del factor de potencia.

El banco de condensadores necesario para compensar la carga reactiva de la Planta Trituradora 2, se diseña para el total de la potencia reactiva consumida por la planta.

POTENCIA REACTIVA EN PLANTA TRITURADORA 2	
Voltaje nominal de Operación (V)	440
Corriente nominal de Operación a plena carga (A)	80
factor de Potencia ($\cos\phi$)	0.22
KVAR	59.718
KW	13.41

Por lo tanto, se requiere instalar un banco de condensadores de 60 KVA de tipo automático.



CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- La ausencia de un plan de mantenimiento en las Plantas de asfalto y Trituradora produce falsos contactos eléctricos que han sido identificados con la ayuda de la termografía
- El sistema de arranque del motor Venterol Saca Polvo de la Planta de Asfalto posee un sistema de arranque suave mediante resistencias estáticas que provoca una caída de voltaje en el grupo electrógeno y una excesiva demanda de corriente
- Los fusibles de protección usados en los motores de la Planta de Asfalto son antiguos y su calibración no es la adecuada
- No existe presencia preponderante de armónicos de voltaje y corriente en las Plantas Trituradora y de Asfalto puesto que todos los motores se encuentran conectados en delta y no existen equipos no lineales como inversores, arrancadores suaves o variadores de frecuencia que ingresen armónicos a la red
- La presencia de Flicker se observa con preponderancia en los procesos de encendido de los motores eléctricos.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

- El factor de potencia de la Planta de Asfalto en trabajo continuo es de 0.6 produciendo una potencia reactiva de 140 KVAr y una potencia activa de 150 KW
- El factor de potencia de la Planta de Trituradora 1 en trabajo continuo es de 0.22 produciendo una potencia reactiva de 59.7 KVAr y una potencia activa de 13.4 KW



RECOMENDACIONES

- Se recomienda instalar el banco de capacitores existente para la corrección del factor de potencia en la Planta de Asfalto
- Se recomienda la adquisición de un banco de condensadores para corregir el factor de potencia de la Planta Trituradora 2
- Reajuste, encintado y vulcanizado de terminales eléctricos con falsos contactos inspeccionados con la cámara termo-gráfica
- Los motores que se han ubicado con problemas de aislamiento eléctrico deben ser intervenidos para la recuperación de su aislamiento a la brevedad posible
- Las protecciones eléctricas tipo fusible deben ser cambiadas con breaker termo-magnéticos como propuesta de actualización tecnológica
- El sistema de arranque del motor Venterol Saca Polvo de la Planta Trituradora es mediante resistencias estatóricas, este debe ser cambiado con un sistema de arrancador suave tipo electrónico
- Implementar un plan de mantenimiento eléctrico preventivo y correctivo para las pantas de trituración y Planta de Asfalto
- Con el objetivo de hacer móviles las plantas de trituración y Planta de Asfalto, se propone un sistema de conexión y desconexión rápido con el uso de clavijas industriales, los conductores de este sistema deben ser etiquetados y revisados los puntos de unión con termografía de forma permanente



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 4.0, F. p. (2018). Obtenido de <https://automatismoindustrial.com>
- 50002, I.-I. (2016). *AUDITORÍAS ENERGÉTICAS - REQUISITOS CON ORIENTACIÓN PARA SU USO (ISO 50002:2014, IDT)*. Quito: Servicio Ecuatoriano de Normalización.
- Association, N. E. (2016). *NEMA MG1*. Virginia: nema.
- Carranza, R. (2018). *Metrología de Calidad de la Potencia Eléctrica*. México: INACAL.
- Code, N. E. (1997). *Código Eléctrico Nacional* . EEUU.
- Chapman, S. J. (2004). *Máquinas Eléctricas*. México: Mc Graw Hill.
- Donald G.Fink / H. Wayne Beaty. (1995). *Manual de Ingeniería Eléctrica*. México: Mc Graw Hill.
- INTERNATIONAL, A. (2000). La guía completa para pruebas de aislamiento. *MEGGER*, 76.
- obeki. (2018). *Obeki brake motors* . Obtenido de <http://www.obeki.com/index.html>
- Okila. (2018). *Okila*. Obtenido de <https://okila.net/>

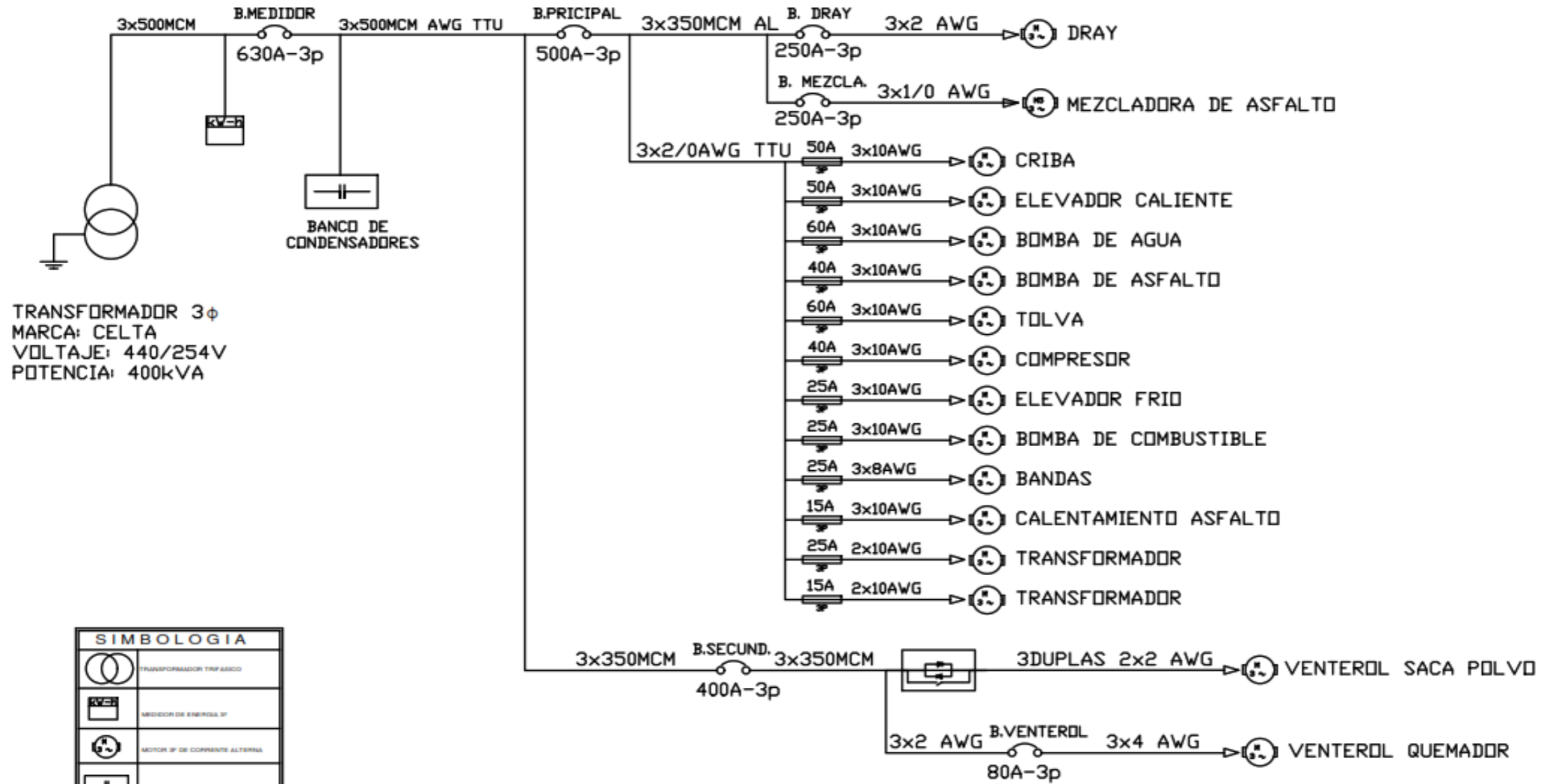


UNIVERSIDAD DE CUENCA

ANEXO 1: PLANOS ELÉCTRICOS

PLANTA DE ASFALTO

DIAGRAMA UNIFILAR



TRANSFORMADOR 3φ
 MARCA: CELTA
 VOLTAJE: 440/254V
 POTENCIA: 400kVA

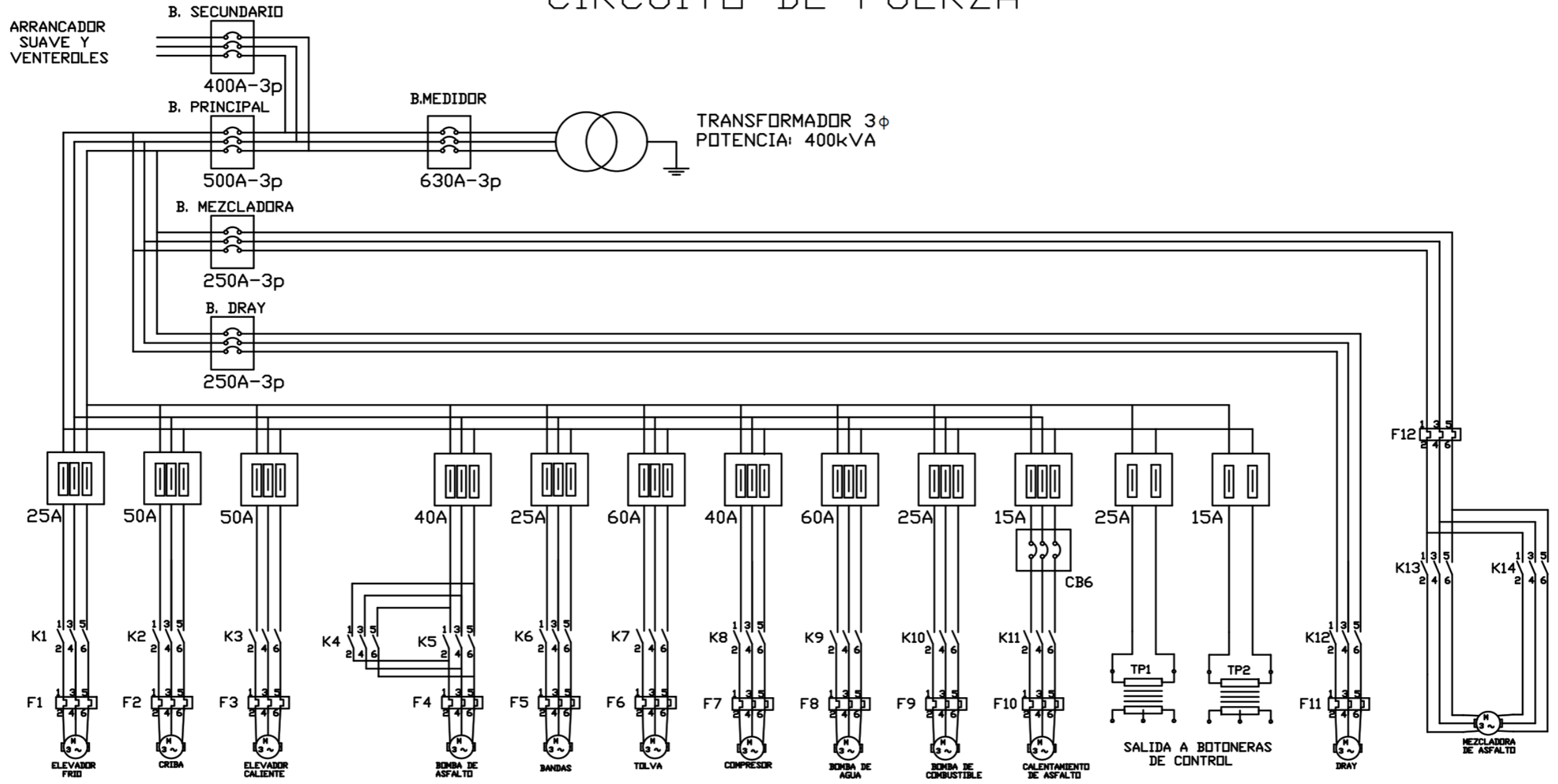
BANCO DE CONDENSADORES

SIMBOLOGIA	
	TRANSFORMADOR TRIFASICO
	MEDIDOR DE ENERGIA 3φ
	MOTOR 3φ DE CORRIENTE ALTERNIA
	BANCO DE CONDENSADORES
	BREAKER TERMOMAGNETICO
	FUSIBLES
	APRANCADOR LLAVE TRIFASICO

CLIENTE:		PROYECTO : LEVANTAMIENTO ELECTRICO CONSTRUCTORA THOT	
SELOS DE APROBACION:		CONTENIDO: PLANTA DE ASFALTO	
REVISADO:	FECHA: MAR/2018	ELABORADO: JORGE ENRIQUEZ	ESCALA: LOGRO:



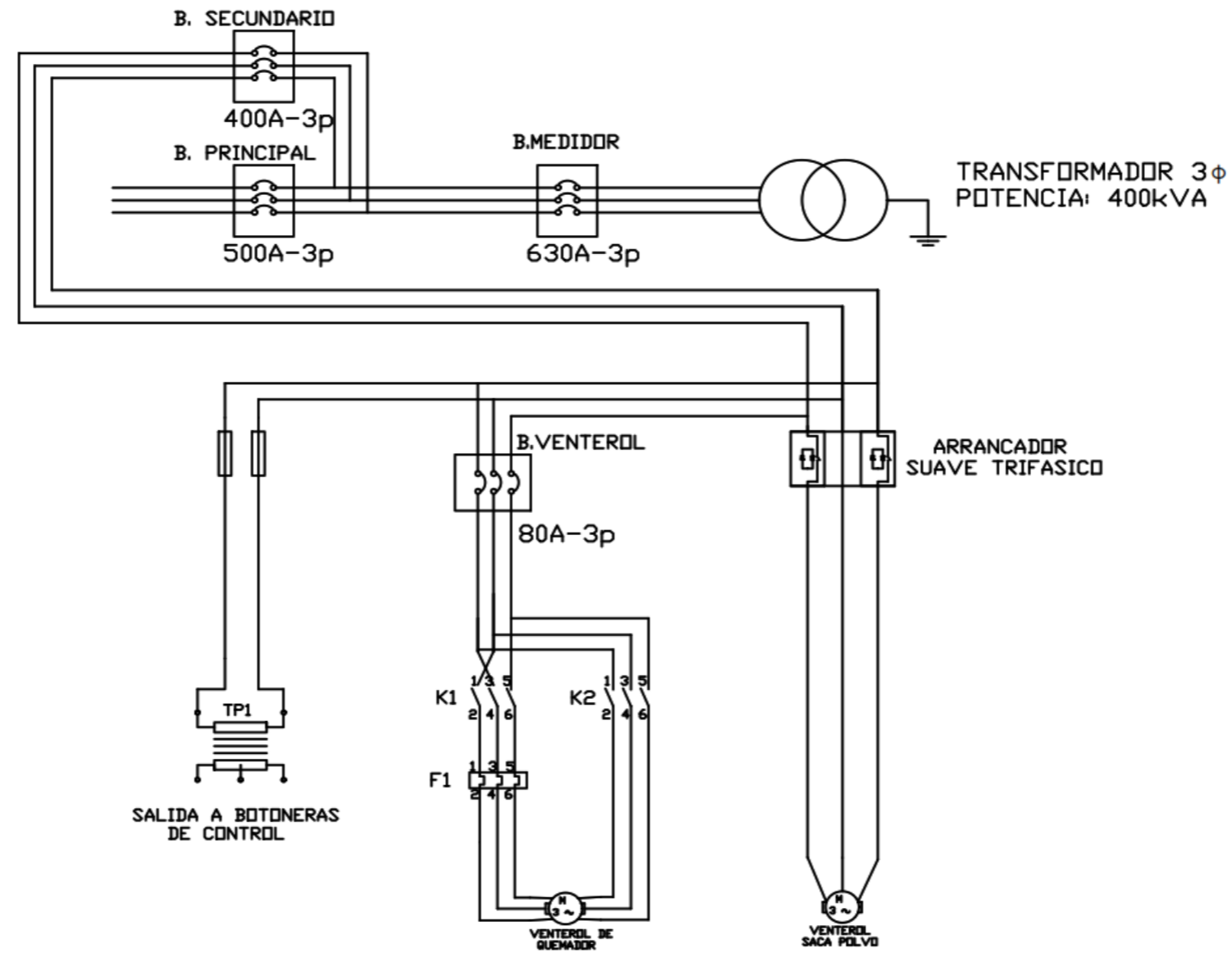
CIRCUITO DE FUERZA



SIMBOLOGIA	
	TRANSFORMADOR 3φ DE C.A
	MOTOR 3φ DE CORRENTE ALTERNA
	CONTACTOR
	BREAKER TERMOMAGNETICO
	RELE TERMICO
	TRANSFORMADOR DE POTENCIA 440/110.220V
	FUSILERA 3φ

CLIENTE:	PROYECTO : LEVANTAMIENTO ELECTRICO CONSTRUCTOTA THOT
	CONTENIDO: PLANTA DE ASFALTO
SELLOS DE APROBACIÓN:	REVISADO:
	FECHA: MAR/2018
	ELABORADO: JORGE ENRIQUEZ
	ESCALA:
	CÓDIGO:

CIRCUITO DE FUERZA

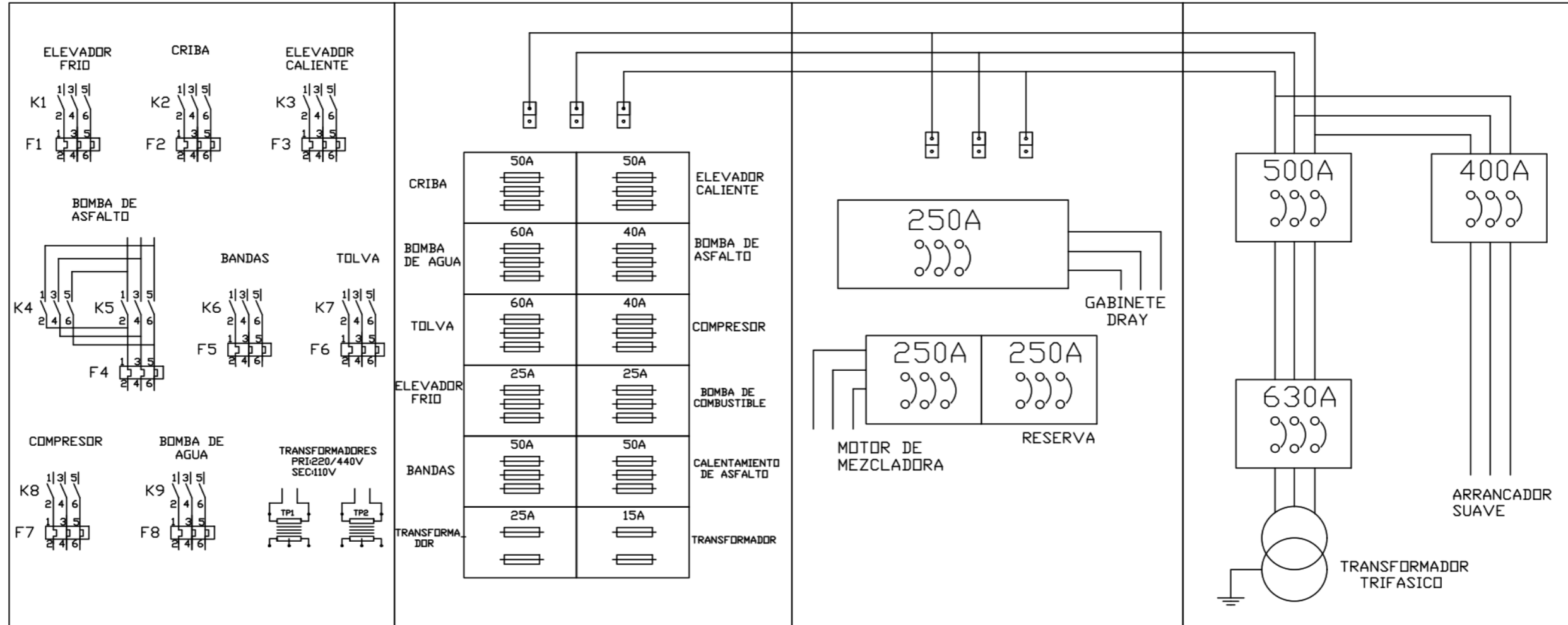


SIMBOLOGIA	
	TRANSFORMADOR 3φ DE C.A.
	MOTOR 3φ DE CORRIENTE ALTERNA
	CONTACTOR
	BREAKER TERMOMAGNETICO
	RELE TERMICO
	TRANSFORMADOR DE POTENCIA 440/110/220V
	ARRANCADOR SUAVE 3φ

CLIENTE:			
PROYECTO : LEVANTAMIENTO ELECTRICO CONSTRUCTOTA THOT			
CONTENIDO: ARRACADOR SUAVE, VENTEROL SACA POLVO, VENTEROL QUEMADOR			
SELLOS DE APROBACION:	REVISADO:	FECHA: MAR/2018	ELABORADO: JORGE ENRIQUEZ
		ESCALA:	CODIGO:



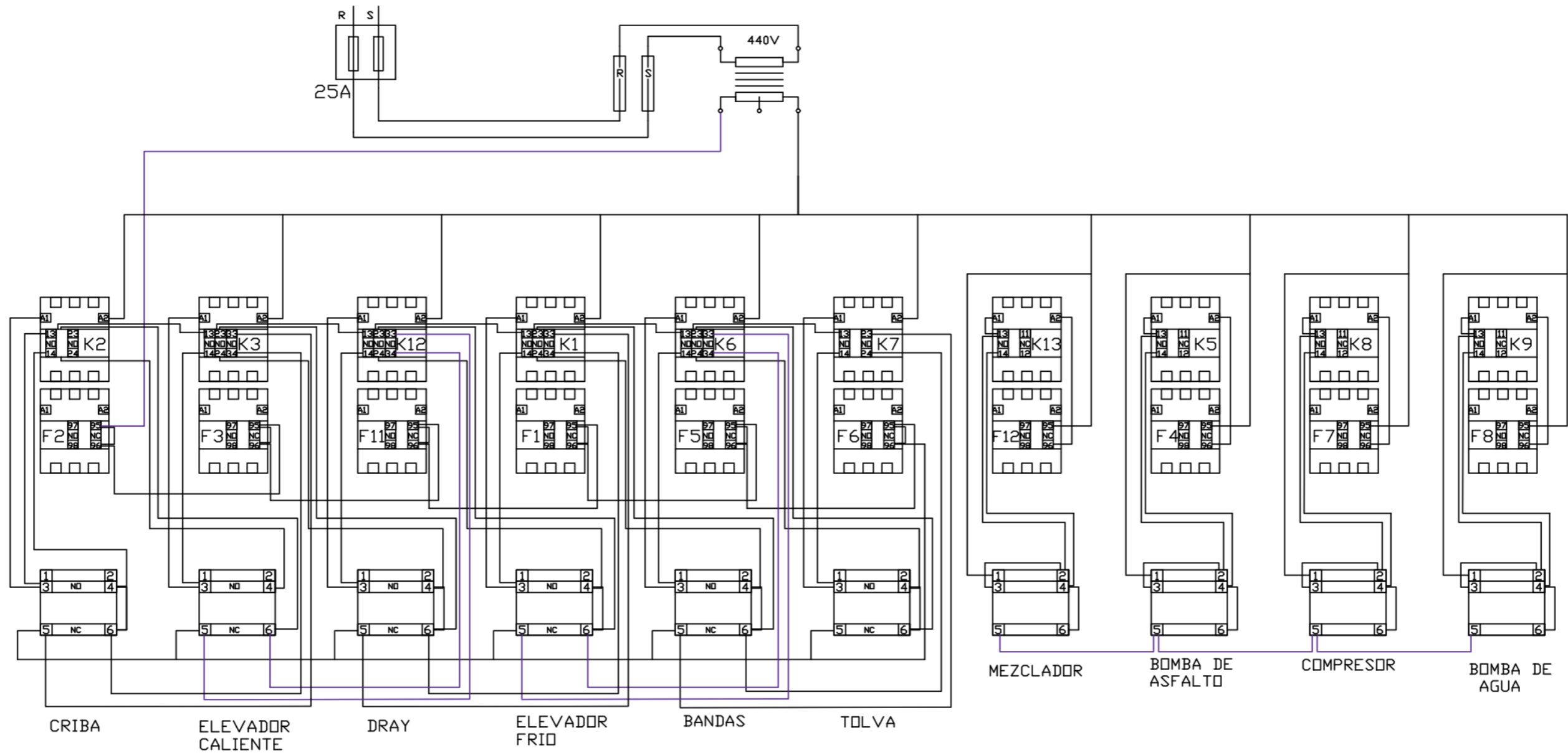
DIAGRAMA DE TABLEROS



CLIENTE:	PROYECTO : LEVANTAMIENTO ELECTRICO CONSTRUCTOTA THOT		
CONTENIDO: DIAGRAMA TABLEROS			
Sellos de Aprobación:	REVISADO:	FECHA: MAR/2018	ELABORADO: JORGE ENRIQUEZ
		ESCALA:	CODIGO:

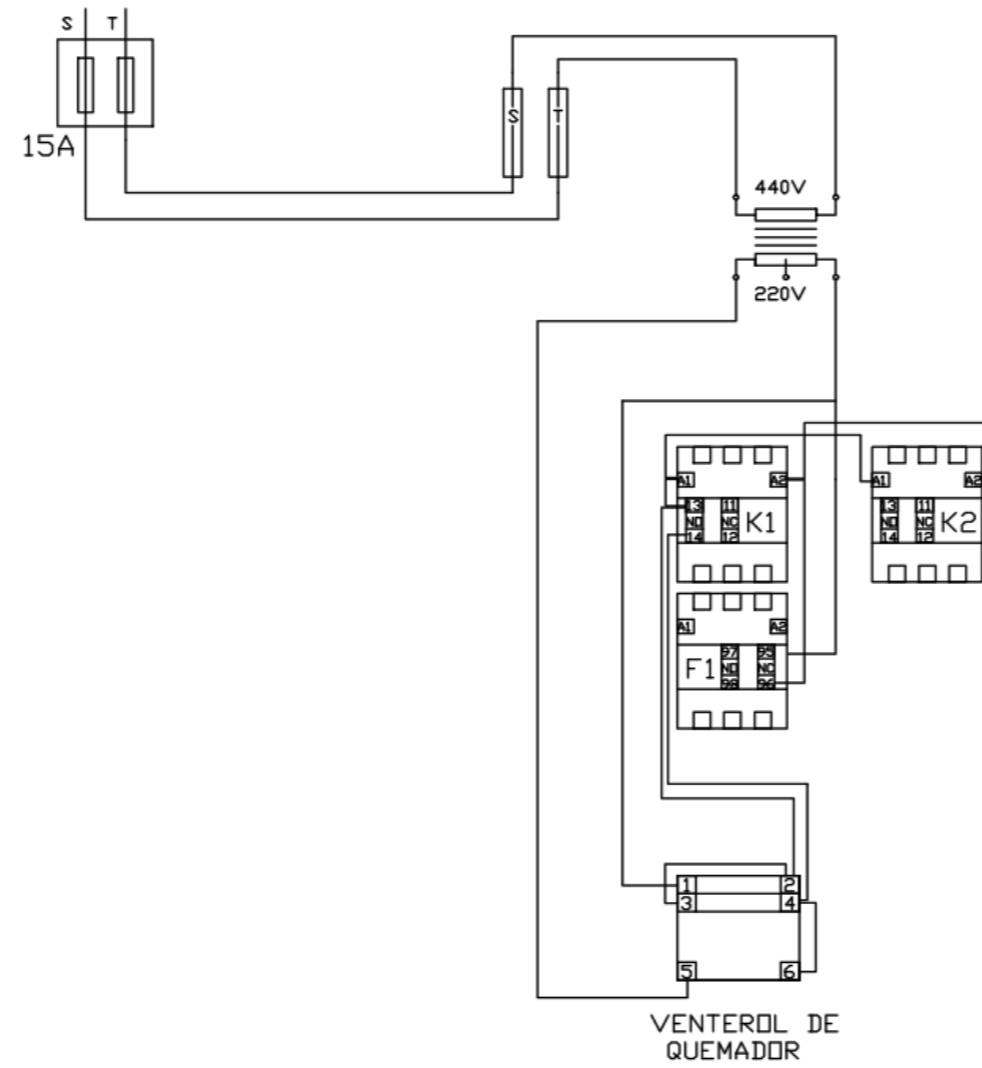


CIRCUITO DE CONTROL



CLIENTE:				PROYECTO : LEVANTAMIENTO ELECTRICO CONSTRUCTOTA THOT			
REVISADO:				CONTENIDO: PLANTA DE ASFALTO			
SELLOS DE APROBACION:		FECHA: MAR/2018		ELABORADO: JORGE ENRIQUEZ		CODIGO:	

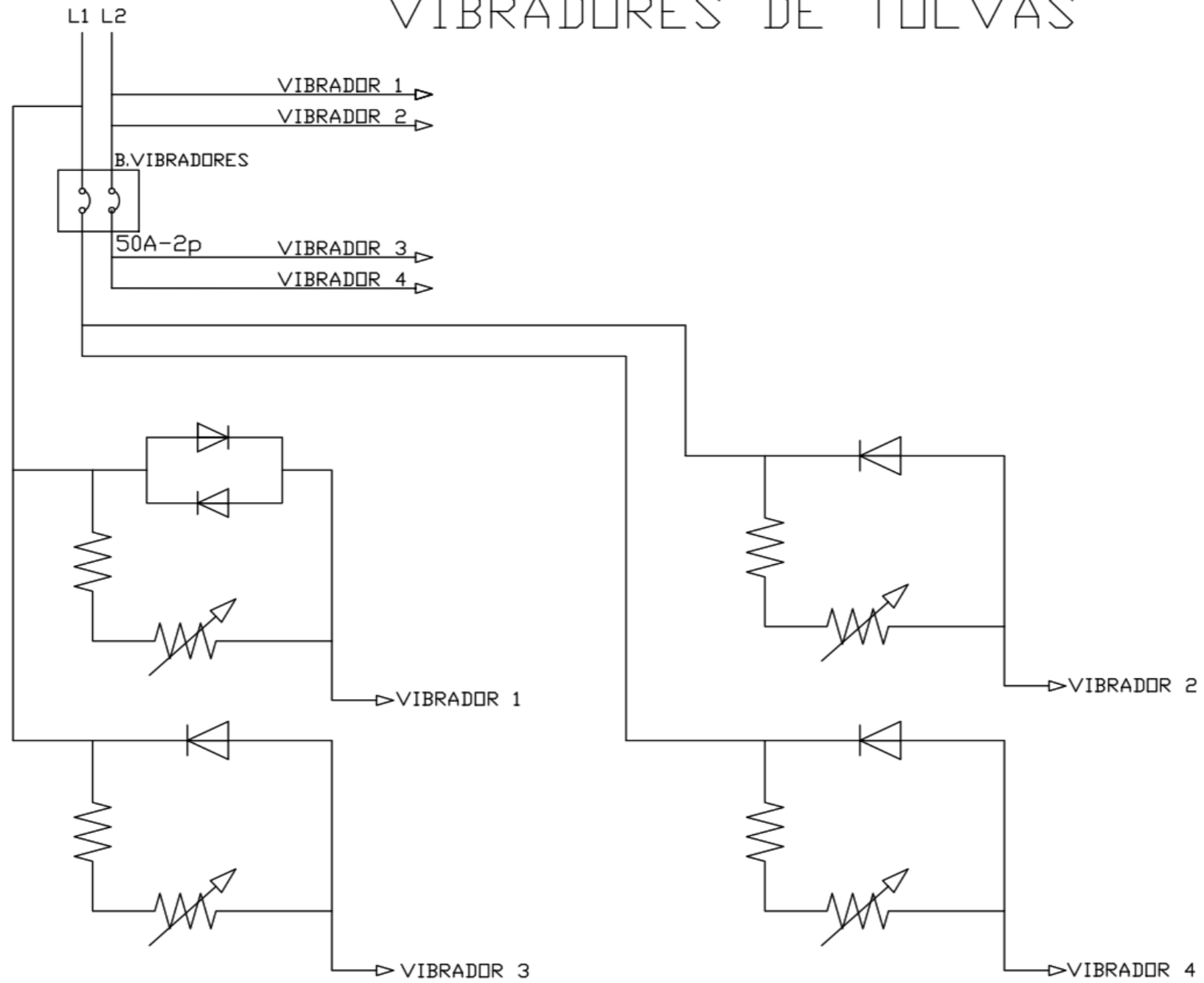
CIRCUITO DE CONTROL



CLIENTE:	PROYECTO : LEVANTAMIENTO ELECTRICO CONSTRUCTOTA THOT		
CONTENIDO: VENTEROL QUEMADOR			
SELLOS DE APROBACION:	REVISADO:	FECHA: MAR/2018	ELABORADO: JORGE ENRIQUEZ
		ESCALA:	CODIGO:



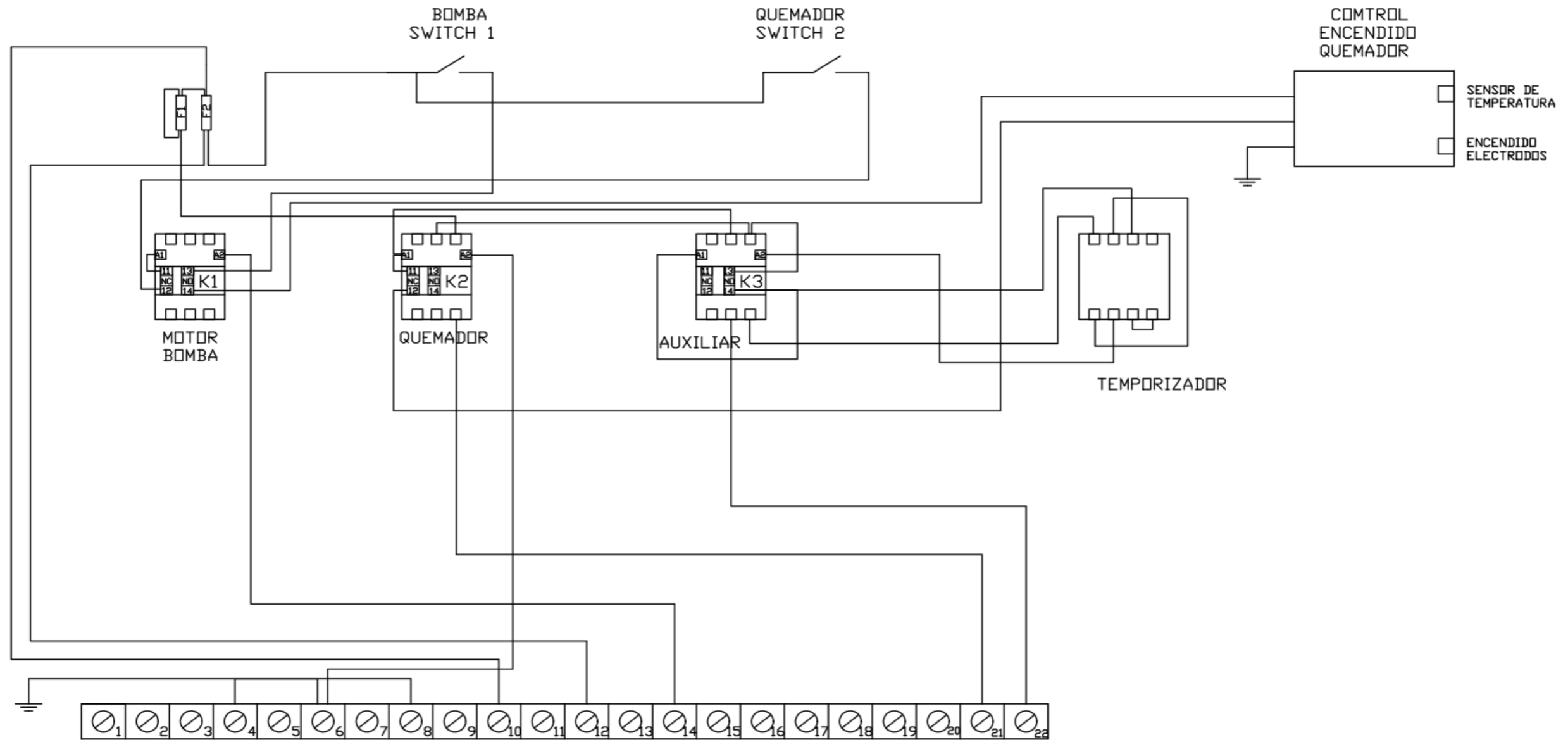
VIBRADORES DE TOLVAS



CLIENTE:	PROYECTO : LEVANTAMIENTO ELECTRICO CONSTRUCTOTA THOT		
	CONTENIDO: DIAGRAMA VIBRADORES		
SELLOS DE APROBACION:	REVISADO:	FECHA: MAR/2018	ELABORADO: JORGE ENRIQUEZ
		ESCALA:	CODIGO:



SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE SAFALTO

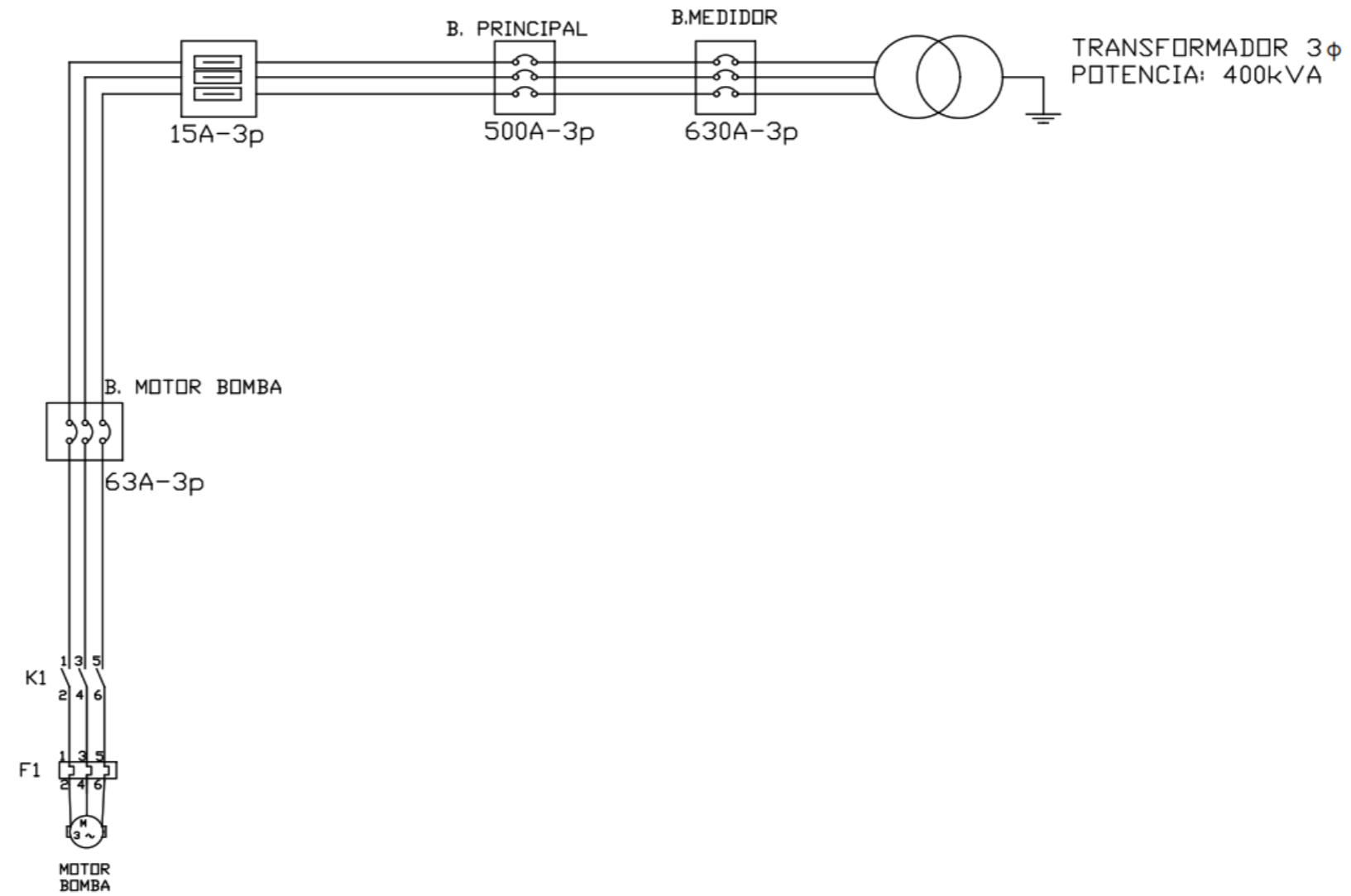


- 4;14= CONTACTO BOMBA ACEITE
- 12;8= COMUN 110V DE SENSOR DE TEMPERATURA DE PUERTA
- 10= 110V
- 6= QUEMADOR
- 12= 110V

CLIENTE:	PROYECTO : LEVANTAMIENTO ELECTRICO CONSTRUCTOTA THOT		
CONTENIDO: SISTEMA CALENTAMIENTO DE ASFALTO			
SELLOS DE APROBACION	REVISADO:	FECHA: MAR/2018	ELABORADO: JORGE ENRIQUEZ
		ESCALA:	CODIGO:



SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE SAFALTO



CLIENTE:	PROYECTO : LEVANTAMIENTO ELECTRICO CONSTRUCTOTA THOT		
	CONTENIDO: SISTEMA CALENTAMIENTO DE ASFALTO		
SELLOS DE APROBACION:	REVISADO:	FECHA: MAR/2018	ELABORADO: JORGE ENRIQUEZ
		ESCALA:	CODIGO:



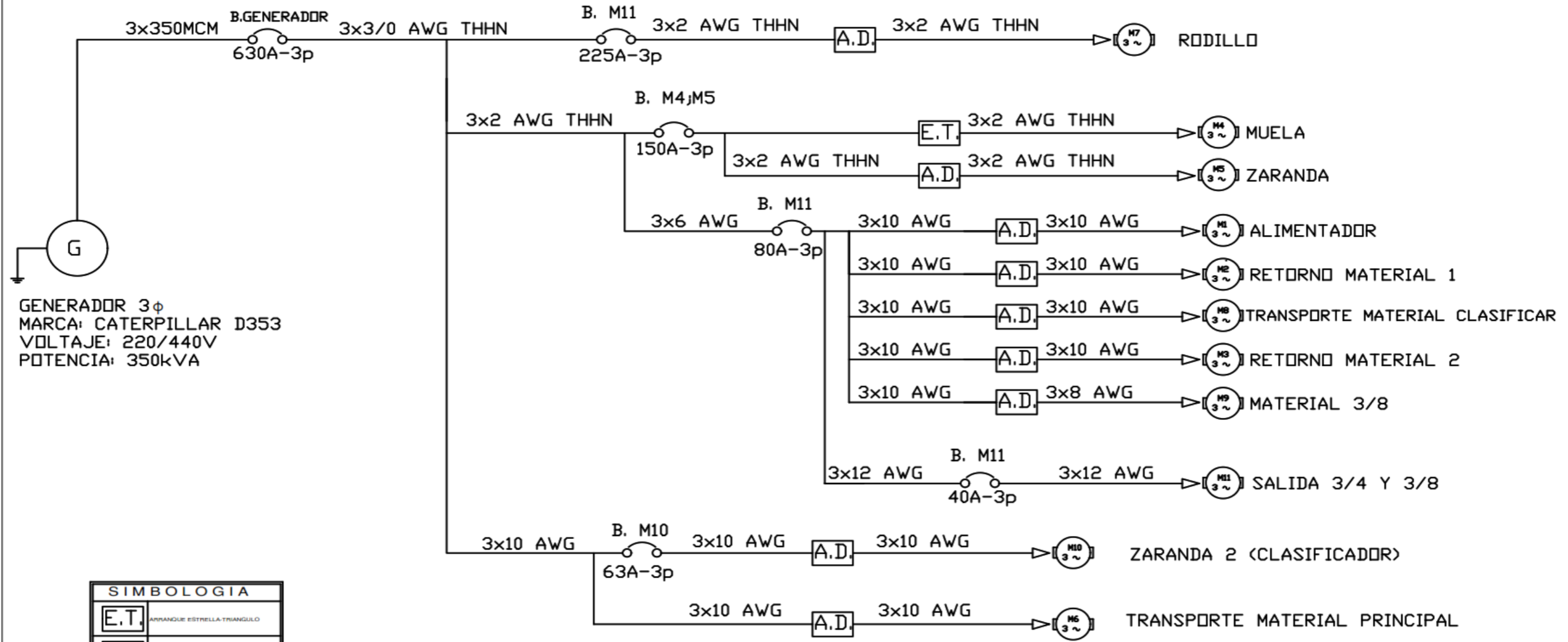
UNIVERSIDAD DE CUENCA

ANEXO 2: PLANOS ELÉCTRICOS

PLANTA TRITURADORA 1



DIAGRAMA UNIFILAR



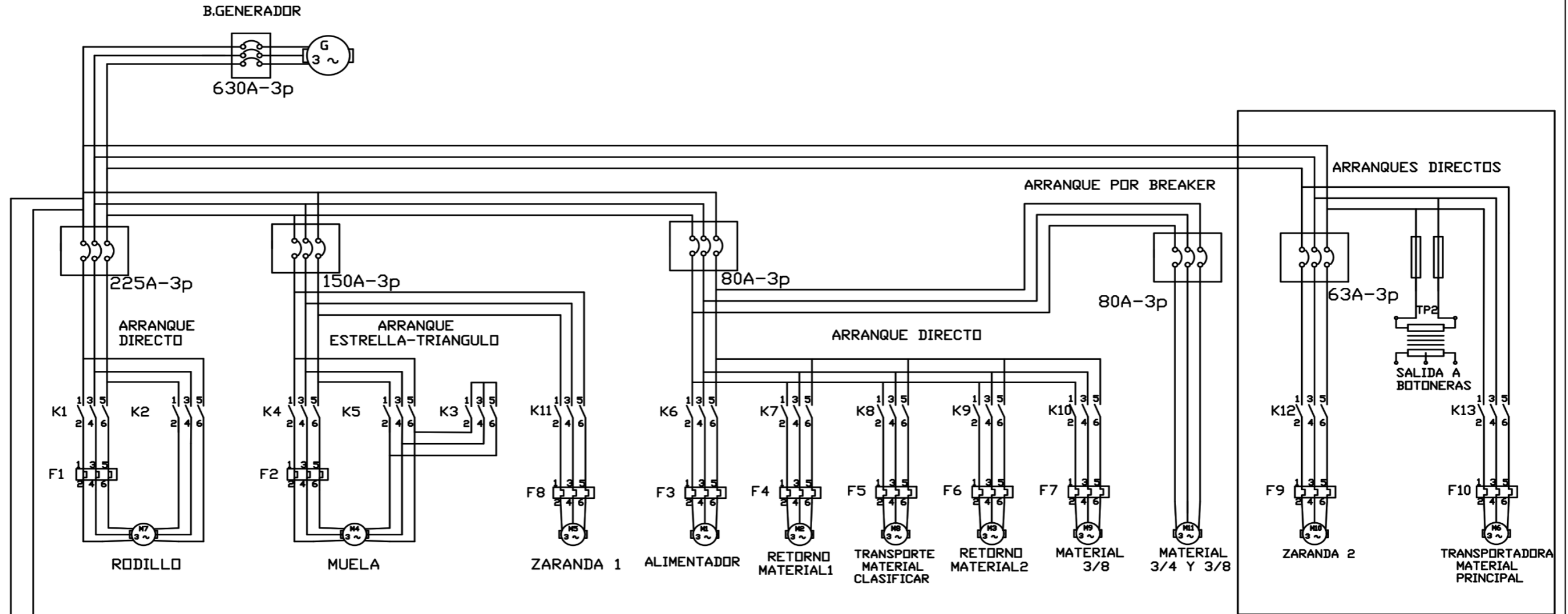
GENERADOR 3φ
 MARCA: CATERPILLAR D353
 VOLTAJE: 220/440V
 POTENCIA: 350kVA

SIMBOLOGIA	
E.T.	ARRANQUE ESTRELLA-TRIANGULO
A.D.	ARRANQUE DIRECTO

CLIENTE:			
PROYECTO : LEVANTAMIENTO ELECTRICO CONSTRUCTOTA THOT			
CONTENIDO: TRITURADORA PRINCIPAL			
SELLOS DE APROBACION	REVISADO:	FECHA: MAR/2018	ELABORADO: JORGE ENRIQUEZ
		ESCALA:	CODIGO:



CIRCUITO DE FUERZA

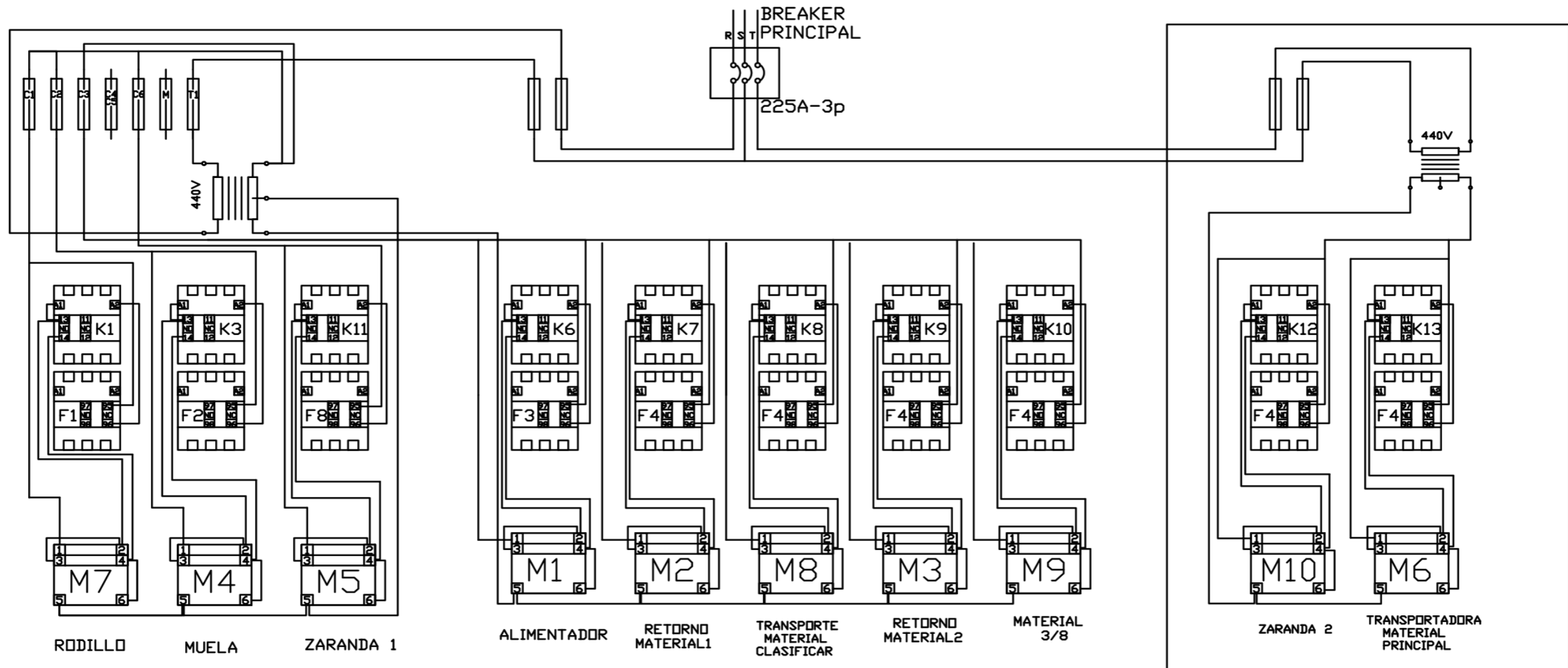


SIMBOLOGIA	
	GENERADOR 3F DE CORRENTE ALTERNA
	MOTOR 3F DE CORRENTE ALTERNA
	CONTACTOR
	BREAKER TERMOMAGNETICO
	RELE TERMICO
	TRANSFORMADOR DE POTENCIA 440/110/220V

CLIENTE:	PROYECTO : LEVANTAMIENTO ELECTRICO CONSTRUCTOTA THOT
CONTENIDO: TRITURADORA PRINCIPAL	
SELLOS DE APROBACIÓN:	REVISADO:
FECHA: MAR/2018	ELABORADO: JORGE ENRIQUEZ
ESCALA:	CÓDIGO:



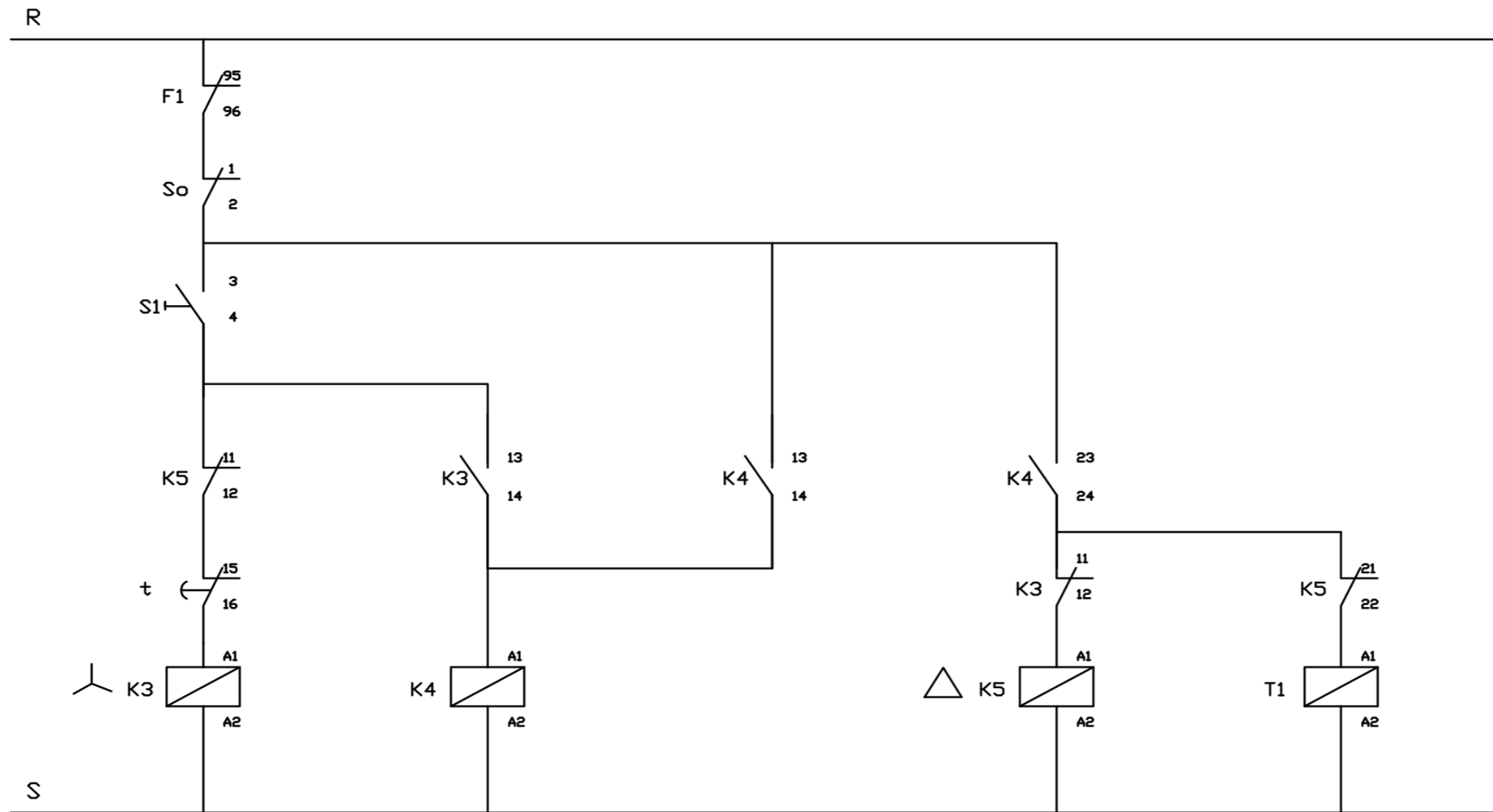
CIRCUITO DE MANDO



CLIENTE:				PROYECTO : LEVANTAMIENTO ELECTRICO CONSTRUCTOTA THOT			
SELOS DE APROBACION:				CONTENIDO: TRITURADORA PRINCIPAL			
REVISADO:		FECHA: MAR/2018	ELABORADO: JORGE ENRIQUEZ				
		ESCALA: S/E	CODIGO:				



CIRCUITO DE CONTROL ESTRELLA-TRIANGULO



CLIENTE:	PROYECTO : LEVANTAMIENTO ELECTRICO CONSTRUCTOTA THOT		
	CONTENIDO: ARRANQUE ESTRELLA-TRIANGULO		
BELLOS DE APROBACIÓN	REVISADO:	FECHA: MAR/2018	ELABORADO: JORGE ENRIQUEZ
		ESCALA:	CÓDIGO:



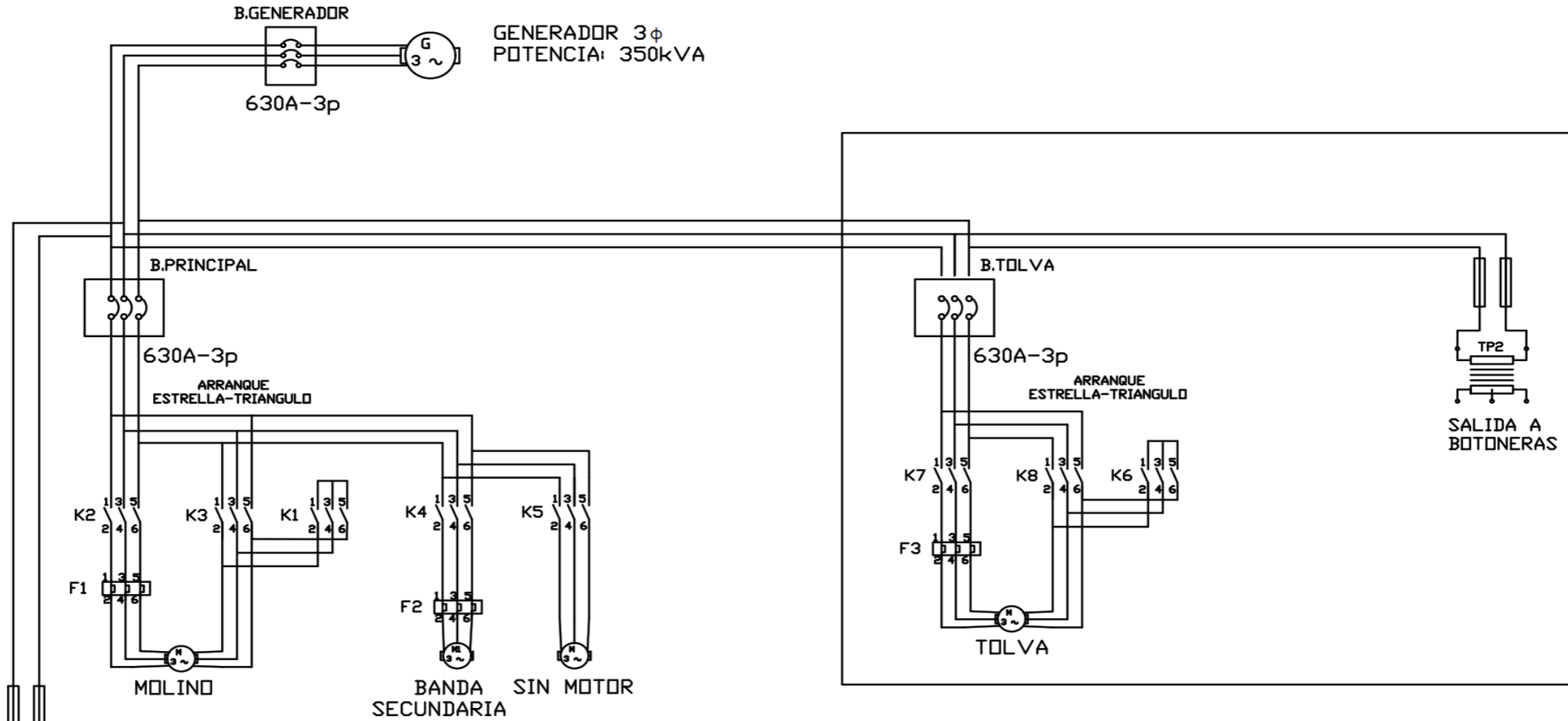
UNIVERSIDAD DE CUENCA

ANEXO 3: PLANOS ELÉCTRICOS

PLANTA TRITURADORA 2



CIRCUITO DE FUERZA

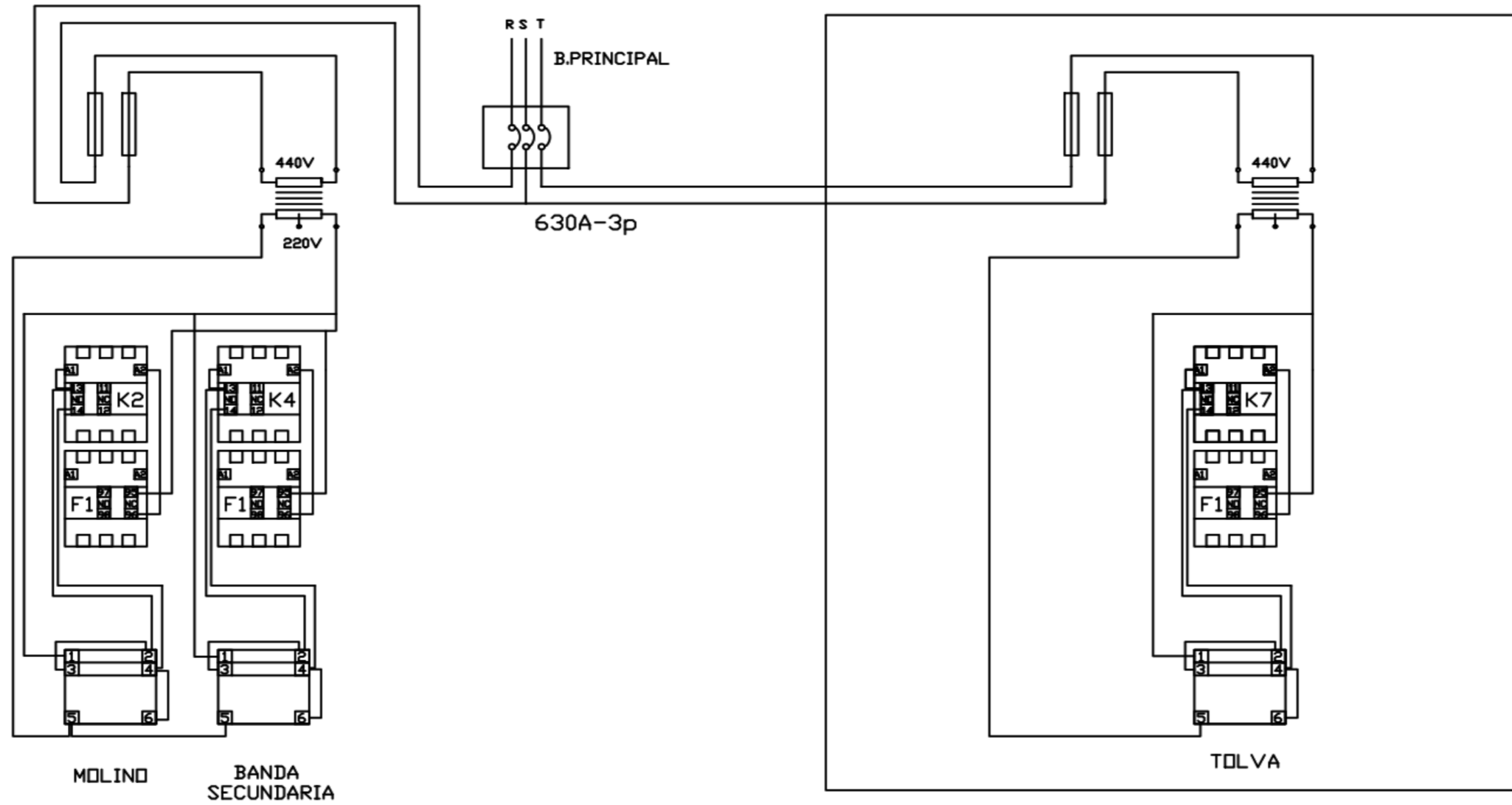


SIMBOLOGIA	
	GENERADOR 3φ DE CORRENTE ALTERNA
	MOTOR 3φ DE CORRENTE ALTERNA
	CONTACTOR
	BREAKER TERMOMAGNETICO
	RELE TERMICO
	TRANSFORMADOR DE POTENCIA 440/110/220V

CLIENTE:				PROYECTO : LEVANTAMIENTO ELECTRICO CONSTRUCTOTA THOT			
SELOS DE APROBACION:				CONTENIDO: TRITURADORA SECUNDARIA			
REVISADO:		FECHA: MAR/2018	ELABORADO: JORGE ENRIQUEZ		ESCALA:		CODIGO:



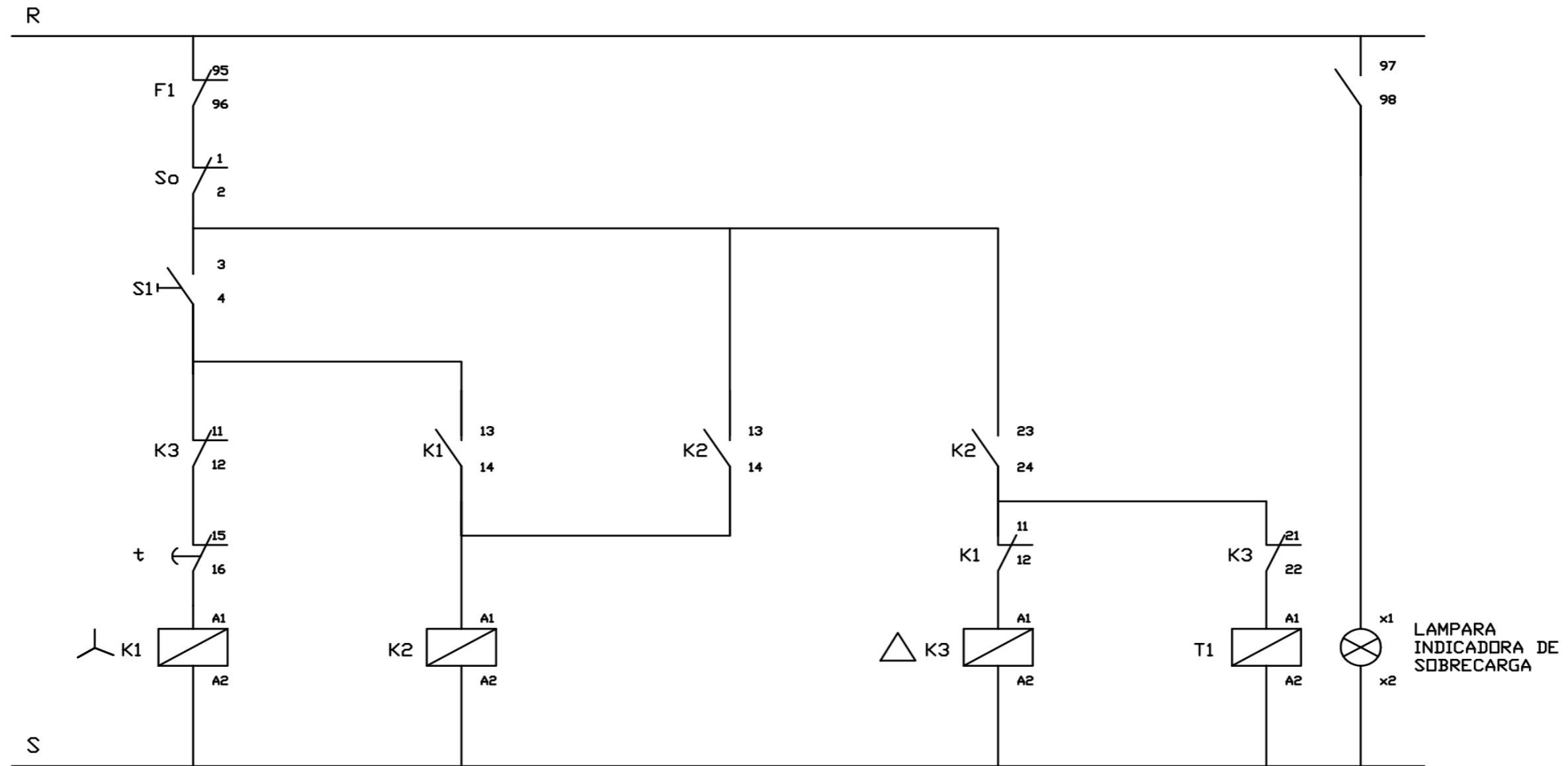
CIRCUITO DE MANDO



CUENTE:	PROYECTO : LEVANTAMIENTO ELECTRICO CONSTRUCTOTA THOT		
CONTENIDO: TRITURADORA SECUNDARIA			
SELLOS DE APROBACION:	REVISADO:	FECHA: MAR/2018	ELABORADO: JORGE ENRIQUEZ
		ESCALA:	CODIGO:



CIRCUITO DE CONTROL ESTRELLA-TRIANGULO



CLIENTE:	PROYECTO : LEVANTAMIENTO ELECTRICO CONSTRUCTOTA THOT		
	CONTENIDO: ARRANQUE ESTRELLA-TRIANGULO		
SELLOS DE APROBACION:	REVISADO:	FECHA: MAR/2018	ELABORADO: JORGE ENRIQUEZ
		ESCALA:	CODIGO: