



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

**ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO
MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TERMOGRAFÍA INDUSTRIAL EN
LOS MOTORES ELÉCTRICOS DE LA PLANTA DE EUROLIT EN LA
EMPRESA TUBASEC C.A.**

ABARCA SIGCHO DIEGO FERNANDO

IGLESIAS VASCO FRANCISCO JAVIER

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

RIOBAMBA – ECUADOR

2012

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS DE GRADO

Noviembre, 29 de 2012

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

DIEGO FERNANDO ABARCA SIGCHO

Titulada:

**ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO
MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TERMOGRAFÍA INDUSTRIAL EN LOS
MOTORES ELÉCTRICOS DE LA PLANTA DE EUROLIT EN LA EMPRESA
TUBASEC C.A.**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

Ing. Geovanny Novillo A.
DECANO DE LA FACULTAD DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Marco Almendáriz
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Marco Santillán
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS DE GRADO

Noviembre, 29 de 2012

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

FRANCISCO JAVIER IGLESIAS VASCO

Titulada:

**ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO
MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TERMOGRAFÍA INDUSTRIAL EN LOS
MOTORES ELÉCTRICOS DE LA PLANTA DE EUROLIT EN LA EMPRESA
TUBASEC C.A.**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

Ing. Geovanny Novillo A.
DECANO DE FACULTAD DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Marco Almendáriz
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Marco Santillán
ASESOR DE TESIS

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS DE GRADO

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: **DIEGO FERNANDO ABARCA SIGCHO**

TÍTULO DE LA TESIS:

**ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO
MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TERMOGRAFÍA INDUSTRIAL EN LOS
MOTORES ELÉCTRICOS DE LA PLANTA DE EUROLIT EN LA EMPRESA
TUBASEC C.A.**

Fecha de Examinación: Noviembre 29, del 2012

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Hernán Samaniego (PRESIDENTE TRIB. DEFENSA)			
Ing. Marco Almendáriz (DIRECTOR DE TESIS)			
Ing. Marco Santillán (ASESOR DE TESIS)			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Presidente del Tribunal

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS DE GRADO

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: FRANCISCO JAVIER IGLESIAS VASCO

TÍTULO DE LA TESIS:

ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE TERMOGRAFÍA INDUSTRIAL EN LOS MOTORES ELÉCTRICOS DE LA PLANTA DE EUROLIT EN LA EMPRESA TUBASEC C.A.

Fecha de Examinación: Noviembre 29, del 2012

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Hernán Samaniego (PRESIDENTE TRIB. DEFENSA)			
Ing. Marco Almendáriz (DIRECTOR DE TESIS)			
Ing. Marco Santillán (ASESOR DE TESIS)			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Presidente del Tribunal

DERECHOS DE AUTORÍA

La presente Tesis de Grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos – científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Diego Fernando Abarca Sigcho

Francisco Javier Iglesias Vasco

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar un sincero agradecimiento a todas las personas que colaboraron de una u otra forma para nuestra formación profesional y para el desarrollo de la presente tesis.

A Dios por habernos dado la mayor serenidad para culminar este gran reto y etapa de nuestra vida.

A nuestros padres que son los mayores ejemplos de sacrificio, entrega y amor, al brindarnos siempre todo el apoyo incondicional a pesar de las dificultades que se nos han presentado.

A nuestros hermanos por estar presentes cuando realmente los necesitábamos y guiarnos siempre por buen camino.

A todos los maestros docentes en la vida académica por compartir todos sus conocimientos y regalarnos su tiempo para nuestra formación profesional, en especial al Ing. Marco Almendáriz e Ing. Marco Santillán para el desarrollo y culminación de este proyecto.

A la empresa TUBASEC C.A con su gerente general el señor ingeniero Moisés Fierro por confiar en nosotros y brindarnos todo el apoyo y colaboración en la presente tesis.

A todos nuestros amigos que con su amistad desinteresada estuvieron permanentemente apoyándonos y que confiaron en nosotros.

Diego Fernando Abarca Sigcho

Francisco Javier Iglesias Vasco

DEDICATORIA

Terminando esta etapa en mi vida académica, dedico todo el mayor esfuerzo a mis padres Segundo y Noemí que con su comprensión, paciencia, y apoyo estuvieron día a día exigiéndome el mayor rendimiento para así poder alcanzar esta meta tan anhelada.

A mis hermanos por estar siempre pendientes de mí en las alegrías y también en los momentos más difíciles.

Se lo dedico también a todos los docentes de la Escuela de Mantenimiento que compartieron sus conocimientos académicos y en nuestra formación personal, para así ser unos buenos profesionales y excelentes personas.

Francisco Javier Iglesias Vasco

Dedico esta tesis a Dios y a mi Madre Dolorosa quienes me dieron fortaleza para seguir adelante en los momentos más difíciles y nunca me abandonaron, a mis padres Julio y Ana por su ejemplo además del apoyo que me brindaron hasta la culminación de mi carrera, a mis hermanos quienes día a día me dieron ánimos para salir adelante.

Diego Fernando Abarca Sigcho

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	1
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	2
2. MARCO TEÓRICO	
2.1 Reseña histórica.....	3
2.2 Ubicación geográfica.....	3
2.3 Objetivo de la calidad de la empresa.....	5
2.4 Proceso productivo.....	5
2.5 Temperatura y calor.....	6
2.5.1 <i>Temperatura</i>	6
2.5.2 <i>Calor</i>	6
2.5.2.1 <i>Tipos de calor</i>	6
2.6 Escalas de temperaturas y unidades.....	7
2.6.1 <i>Escalas relativas</i>	7
2.6.1.1 <i>Escalas Celsius</i>	7
2.6.1.2 <i>Escala Fahrenheit</i>	7
2.6.2 <i>Escalas absolutas</i>	7
2.7 Fundamentos de la teoría térmica.....	7
2.7.1 <i>Transferencia de calor</i>	7
2.7.1.1 <i>Métodos de transferencia de calor</i>	7
2.7.1.2 <i>Conducción</i>	8
2.7.1.3 <i>Convección</i>	8
2.7.1.4 <i>Radiación</i>	9
2.7.1.5 <i>Leyes básicas de la radiación infrarroja</i>	9
2.7.1.6 <i>La Radiación no precisa de contacto</i>	10
2.7.1.7 <i>Espectro electromagnético</i>	10
2.7.1.8 <i>Emisión térmica de los cuerpos naturales</i>	11
2.7.1.9 <i>Emisividad</i>	11
2.7.2 <i>Propiedades de la radiación</i>	12
2.7.2.1 <i>Cuerpo negro</i>	13
2.7.2.2 <i>Cuerpos reales</i>	13
2.7.2.3 <i>Cuerpo gris</i>	14
2.8 Termografía.....	14
2.8.1 <i>Termografía infrarroja</i>	15
2.8.1.1 <i>Características de la termografía infrarroja</i>	15
2.9 Tipos de termografía.....	15
2.9.1 <i>Termografía comparativa</i>	15
2.9.2 <i>Termografía inicial</i>	16
2.9.2.1 <i>Tendencia térmica</i>	16
2.9.3 <i>Termografía cualitativa</i>	16
2.10 Aplicaciones de la termografía infrarroja.....	17
2.10.1 <i>Sistemas eléctricos</i>	17
2.10.2 <i>Sistemas mecánicos</i>	18

2.10.3	<i>Otras aplicaciones</i>	18
2.11	Motores eléctricos.....	19
2.11.1	<i>Motores de corriente continua</i>	19
2.11.2	<i>Motores de corriente alterna</i>	19
2.11.3	<i>Componentes de un motor trifásico asíncrono jaula de ardilla</i>	19
2.11.3.1	<i>Estator</i>	19
2.11.3.2	<i>Rotor</i>	19
2.11.3.3	<i>Caja de conexiones</i>	20
2.11.3.4	<i>Carcasa</i>	21
2.11.3.5	<i>Platillos</i>	22
2.11.3.6	<i>Ventilador</i>	22
2.11.3.7	<i>Caperuza</i>	22
2.11.3.8	<i>Regleta de bornes</i>	22
2.11.3.9	<i>Rodamientos</i>	22
2.11.3.10	<i>Bobinados</i>	23
2.12	Orientación del mantenimiento.....	24
2.12.1	<i>Tipos de mantenimiento</i>	24
2.12.2	<i>Mantenimiento Predictivo</i>	25
2.12.2.1	<i>Características del Mantenimiento Predictivo</i>	25
2.12.2.2	<i>Ventajas del Mantenimiento Predictivo</i>	26
2.12.2.3	<i>Desventajas del Mantenimiento Predictivo</i>	26
2.12.2.4	<i>Acotaciones del Mantenimiento Predictivo</i>	27
2.13	Equipo termográfico, conocimiento y funcionamiento.....	28
2.13.1	<i>Cámara termográfica</i>	28
2.13.2	<i>Partes básicas de una cámara IR</i>	29
2.13.3	<i>Termograma</i>	30
2.13.4	<i>Características técnicas necesarias para operar el equipo</i>	30
2.13.4.1	<i>Enfoque</i>	30
2.13.4.2	<i>Perspectiva</i>	31
2.13.4.3	<i>Composición</i>	31
2.13.4.4	<i>Rango</i>	31
2.13.4.5	<i>Rango térmico</i>	32
2.13.4.6	<i>“Span” térmico</i>	32
2.13.4.7	<i>Nivel térmico</i>	32
2.13.4.8	<i>Ángulo de visión</i>	32
2.13.4.9	<i>Reflejos</i>	33
2.13.4.10	<i>Resolución</i>	34
2.13.4.11	<i>Tipos de resolución</i>	34
2.13.4.12	<i>Resolución espacial</i>	34
2.13.4.13	<i>Resolución de medición</i>	35
2.13.4.14	<i>Distancia</i>	35
2.13.4.15	<i>Relación distancia – tamaño del objeto</i>	35
2.13.4.16	<i>Foco</i>	35
2.13.4.17	<i>Distancia focal</i>	36
2.13.4.18	<i>Condiciones ambientales</i>	36
2.13.4.19	<i>Radiación solar</i>	36
2.13.4.20	<i>Carga solar</i>	36
2.13.4.21	<i>Reflexión solar</i>	37
2.13.4.22	<i>Temperatura de fondo</i>	37
2.13.4.23	<i>Velocidad del viento</i>	38

2.13.4.24	<i>Lluvia y humedad.</i>	38
2.13.4.25	<i>Enfriamiento</i>	38
2.13.4.25	<i>Atenuación</i>	38
2.13.5	<i>Análisis y estudio de la cámara termográfica Satir E8-GN utilizada para las inspecciones.</i>	39
2.13.5.1	<i>Características técnicas de la cámara Satir E8-GN</i>	39
2.13.5.2	<i>Partes de la cámara termográfica Satir E8-GN</i>	39
2.13.5.3	<i>Introducción a los botones de la cámara termográfica</i>	39
2.13.5.4	<i>Interface gráfica de la cámara termográfica.</i>	41
2.13.5.5	<i>Acerca del indicador de operación.</i>	41
2.13.5.6	<i>Ajustes de disparo.</i>	42
2.13.5.7	<i>Menú principal.</i>	43
2.13.5.8	<i>Pasos de encendido y calibración de la cámara termográfica.</i>	46
2.13.5.9	<i>Software de medición termográfica Satir Report.</i>	46
2.13.5.10	<i>Diseño y presentación.</i>	46
2.13.5.11	<i>Barras de menús del software.</i>	47
2.13.5.12	<i>Íconos generales del software.</i>	49
2.13.5.13	<i>Proceso de análisis de una imagen termográfica.</i>	50
2.13.5.14	<i>Análisis del punto más caliente en un termograma.</i>	50
2.13.5.15	<i>Análisis del punto más frío en un termograma.</i>	50

3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS EQUIPOS

3.1	Identificación de equipos.	52
3.1.1	<i>Molino crisotilo.</i>	52
3.1.2	<i>Silos.</i>	53
3.1.3	<i>Almacenamiento de agua.</i>	53
3.1.4	<i>Celulosa.</i>	54
3.1.5	<i>Báscula.</i>	54
3.1.6	<i>Hidrolizador.</i>	55
3.1.7	<i>Noria.</i>	55
3.1.8	<i>Preagitadores y agitadores.</i>	56
3.1.9	<i>Cilindro tamiz.</i>	56
3.1.10	<i>Cortadoras.</i>	57
3.1.11	<i>Túnel de fraguado.</i>	57
3.1.2	<i>Desmoldeadora.</i>	58
3.1.3	<i>Planta de vacío, bombas bell.</i>	58
3.1.4	<i>Centralina.</i>	59
3.1.5	<i>Puente grúa.</i>	59
3.1.6	<i>Aspiración de polvos.</i>	60
3.2	Codificación máquinas y equipos.	60
3.2.1	<i>Ubicación técnica.</i>	60
3.2.2	Instalación de equipos.	61
3.2.3	<i>Códigos maquinaria – equipo.</i>	62
3.2.4	<i>Ubicación técnica motores eléctricos de la planta de Eurolit.</i>	63
3.2.5	<i>Diagrama de flujo de la elaboración de placas.</i>	66
3.3	Diagnóstico de equipos.	67
3.4	Análisis del sistema actual de mantenimiento.	67
3.5	Análisis de bitácoras de mantenimiento.	67
3.6	Análisis de recursos existentes para el mantenimiento.	68

4.	PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA MOTORES ELÉCTRICOS	
4.1	Criterios de diseño para el plan Mantenimiento Predictivo.....	69
4.1.1	<i>Metodologías para la inspección.....</i>	69
4.1.2	<i>Determinación de estrategias de mantenimiento.....</i>	70
4.1.2.1	<i>Matriz de criticidad.....</i>	70
4.1.2.2	<i>Análisis de criticidad máquinas y equipos de la planta de Eurolit.....</i>	73
4.2	Análisis de zonas de fallas de motores eléctricos.....	74
4.2.1	<i>Fallas de motores eléctricos relacionados con la temperatura.....</i>	74
4.2.1.1	<i>Causas de fallas en el estator - sobrecarga térmica.....</i>	74
4.2.1.2	<i>Causas de fallas en el rotor - sobrecarga térmica.....</i>	75
4.2.1.3	<i>Rangos de temperatura para inspecciones termográficas.....</i>	79
4.2.1.4	<i>Inspector de termografía – termógrafo.....</i>	79
4.3	Proceso de inspección.....	80
4.4	Frecuencias típicas de inspección termográfica.....	81
4.5	Rutas de inspección termográfica.....	82
4.5.1	<i>Determinación de la rutas de inspección.....</i>	82
4.5.1.1	<i>Rutas de inspección de motores de la planta de Eurolit.....</i>	83
4.6	Práctica de inspección de termografía para motores eléctricos de Eurolit.....	85
4.7	Plan operativo de inspecciones termográficas y análisis de imágenes.....	87
4.7.1	<i>Tomas realizadas.....</i>	87
4.7.2	<i>Imágenes obtenidas durante la inspección.....</i>	88
4.7.3	<i>Análisis de un termograma.....</i>	92
4.7.3.1	<i>Análisis del área de un termograma.....</i>	92
4.8	Reportes del análisis termográfico en los motores eléctricos de la planta de Eurolit.....	95
4.8.1	<i>Motor de crisotilo.....</i>	96
4.8.2	<i>Motor desfibrador.....</i>	98
4.8.3	<i>Motor aspiración de mezclas.....</i>	100
4.8.3.1	<i>Sumario de reportes termográficos de los motores eléctricos ruta 1.....</i>	102
4.8.4	<i>Motor hidrolizador 2.....</i>	103
4.8.5	<i>Motor de bomba refinadora.....</i>	105
4.8.5.1	<i>Sumario de reportes termográficos de los motores eléctricos ruta 2.....</i>	108
4.8.6	<i>Motor de báscula de crisotilo.....</i>	109
4.8.7	<i>Motor de la báscula de cemento.....</i>	110
4.8.7.1	<i>Sumario de reportes termográficos de los motores eléctricos ruta 3.....</i>	112
4.8.8	<i>Motor hidrolizador de mezclas.....</i>	113
4.8.9	<i>Motor de bomba de envío a noria.....</i>	115
4.8.9.1	<i>Sumario de reportes termográficos de los motores eléctricos ruta 4.....</i>	117
4.8.10	<i>Motor de noria 1.....</i>	118
4.8.10.1	<i>Sumario de reportes termográficos de los motores eléctricos ruta 5.....</i>	120
4.8.11	<i>Motor de preagitador de entrada.....</i>	121
4.8.12	<i>Motor de bomba rociadores.....</i>	122
4.8.13	<i>Motor de bomba agua conos.....</i>	125

4.8.14	<i>Motor agitador de entrada</i>	127
4.8.15	<i>Motor agitador 1</i>	129
4.8.16	<i>Motor agitador 2</i>	130
4.8.17	<i>Motor bate fieltro</i>	132
4.8.17.1	<i>Sumario de reportes termográficos de los motores eléctricos ruta 6</i>	134
4.8.18	<i>Motor línea de corte 1</i>	136
4.8.19	<i>Motor de línea de corte 1</i>	137
4.8.20	<i>Motor de línea de corte 2</i>	139
4.8.21	<i>Motor de línea de corte 2</i>	140
4.8.21.1	<i>Sumario de reportes termográficos de los motores eléctricos ruta 7</i>	142
4.8.22	<i>Motor de la bomba de circulación de aceite</i>	143
4.8.23	<i>Motor del ventilador</i>	145
4.8.24	<i>Motor de la bomba de diesel</i>	146
4.8.24.1	<i>Sumario de reportes termográficos de los motores eléctricos ruta 8</i>	148
4.8.25	<i>Motor de ventosa de molde</i>	149
4.8.26	<i>Motor de ventosa de placa</i>	150
4.8.27	<i>Motor de transporte de carros</i>	152
4.8.28	<i>Motor de banda transportadora</i>	153
4.8.29	<i>Motor de rodillos de corte – motor 01</i>	154
4.8.30	<i>Motor de los rodillos de corte – motor 02</i>	156
4.8.31	<i>Motor de la cortadora transversal – motor 03</i>	157
4.8.32	<i>Motor de la cortadora transversal – motor 04</i>	159
4.8.33	<i>Motor de la cortadora transversal – motor 05</i>	160
4.8.34	<i>Motor de la cortadora transversal – motor 06</i>	162
4.8.35	<i>Motor de la cortadora longitudinal – motor 07</i>	163
4.8.36	<i>Motor de la cortadora longitudinal – motor 08</i>	165
4.8.37	<i>Motor de la cadena transportadora – 01</i>	166
4.8.38	<i>Motor de la cadena transportadora – 02</i>	168
4.8.39	<i>Motor de rodillos de limpieza 01</i>	169
4.8.40	<i>Motor de rodillos de limpieza 02</i>	171
4.8.41	<i>Motor de rodillos de limpieza 03</i>	172
4.8.42	<i>Motor de rodillos de limpieza 04</i>	174
4.8.43	<i>Motor de la bomba de lubricación</i>	175
4.8.44	<i>Motor alveolar de la aspiración</i>	177
4.8.45	<i>Motor de paletas de caída de polvo</i>	179
4.8.45.1	<i>Sumario de reportes termográficos de los motores eléctricos ruta 9</i>	181
4.8.46	<i>Motor de bomba bell 01</i>	188
4.8.47	<i>Motor de bomba bell 02</i>	189
4.8.48	<i>Motor de bomba bell 03</i>	191
4.8.49	<i>Motor de llenado bomba bell 01</i>	192
4.8.49.1	<i>Sumario de reportes termográficos de los motores eléctricos ruta 10</i>	194
4.8.50	<i>Motor de la centralina</i>	196
4.8.50.1	<i>Sumario de reportes termográficos de los motores eléctricos ruta 11</i>	198
4.9	<i>Reporte en los tableros eléctricos de la planta de Eurolit</i>	199
4.9.1	<i>Tablero de mezclas – relé térmico A1</i>	200
4.9.2	<i>Tablero de mezclas – interruptor hidro 2</i>	201
4.9.3	<i>Contactador noria 1</i>	202
4.9.4	<i>Bornera bomba agua conos</i>	203
4.9.5	<i>Interruptor magnetotérmico</i>	204
4.9.6	<i>Interruptor de cortadora disco 2</i>	205

4.9.7	<i>Interruptor avance molde R12.....</i>	206
4.9.8	<i>Sumario de reportes termográficos de los tableros eléctricos.....</i>	207
5.	RESULTADOS	
5.1	Evaluación de resultados.....	209
5.2	Análisis cualitativo.....	209
5.2.1	<i>Características del principio cualitativo.....</i>	209
5.3	Análisis cuantitativo.....	210
5.3.1	<i>Características del principio cuantitativo.....</i>	210
5.4	Delta t o variación de la temperatura.....	210
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
6.1	<i>Conclusiones.....</i>	211
6.2	<i>Recomendaciones.....</i>	212

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA

LINKOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

		Pág.
1	Barra de menú software Satir Report.....	48
2	Comandos y herramientas generales del software satir Report.....	49
3	Codificación máquinas – equipos de la planta de Eurolit.....	62
4	Ubicación técnica motores eléctricos de la planta de Eurolit.....	63
5	Matriz de criticidad.....	71
6	Análisis de criticidad planta Eurolit	73
7	Causas y efectos de las fallas más frecuentes en un motor eléctrico debido a temperatura	76
8	Temperatura máxima permitida para el aislamiento atendiendo a su clase	77
9	Temperatura del aire de refrigeración de un motor en función de la altitud del lugar de emplazamiento.....	79
10	Tabla de prioridades norma ASNT – TC – 1A	79
11	Niveles de certificación para termógrafos.....	81
12	Frecuencia de inspecciones en equipos y máquinas.....	82
13	Lista de equipos críticos de la planta Eurolit	83
14	Ruta1: Molino.....	83
15	Ruta 2: Celulosa.....	83
16	Ruta 3: Báscula.....	84
17	Ruta 4: Hidrolizador de mezcla.....	84
18	Ruta 5: Noria.....	84
19	Ruta 6: Formadores de láminas.....	84
20	Ruta 7: Sistema de corte.....	85
21	Ruta 8: Túnel de fraguado.....	85
22	Ruta 9: Desmoldeo.....	85
23	Ruta10: Sistema de vacío.....	86
24	Ruta 11: Equipos y máquinas.....	86
25	Imágenes obtenidas.....	88

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
1	Disposición de la planta industrial TUBASEC C.A.....	4
2	Métodos de transferencia de calor.....	8
3	Espectro electromagnético.....	11
4	Representación de la radiación que incide sobre un objeto real.....	13
5	Componentes de un motor trifásico jaula de ardilla.....	20
6	Cajas de conexiones.....	21
7	Carcasa del motor.....	22
8	Regleta de bornes.....	23
9	Rodamientos.....	23
10	Técnicas a utilizar en el dominio del predictivo según modo de fallo.....	27
11	Esquema simplificado del proceso de una cámara IR.....	29
12	Partes básicas de una cámara IR.....	29
13	Imagen desenfocada.....	30
14	Imagen térmica salida de perspectiva.....	31
15	Composición de imagen térmica.....	31
16	Ángulo de visión de una imagen IR en función de la emisividad..	33
17	Reflejos detectados en un termograma.....	33
18	IFOV y FOV de una cámara termográfica.....	34
19	Relación distancia – tamaño del objeto.....	36
20	Reflexión solar causando una alta temperatura.....	37
21	Cámara Satir E8-GN.....	40
22	Botón de encendido y apagado.....	40
23	Pantalla principal de la cámara termográfica.....	41
24	Indicador de funcionamiento de la cámara termografía.....	41
25	Tecla de selección menú/enter.....	42
26	Tecla de selección flecha hacia la derecha.....	42
27	Menú Principal de la cámara termográfica.....	43
28	Imagen térmica mezclada IR y real.....	44
29	Satir versión estándar.....	47
30	Página principal del software Satir Report.....	47
31	Ventana para abrir una imagen de análisis.....	50
32	Punto más alto en el análisis del termograma.....	51
33	Punto más bajo en el análisis del termograma.....	51
34	Molino crisotilo.....	52
35	Silos.....	53
36	Tanque de almacenamiento de agua.....	53
37	Tanque celulosa.....	54
38	Básculas.....	54
39	Hidrolizador.....	55
40	Norias.....	55
41	Preagitadores.....	56
42	Cilindro tamiz.....	56
43	Cortadoras.....	57
44	Túnel de fraguado y caldero.....	57
45	Desmoldeadora.....	58

46	Bombas bell.....	58
47	Centralina.....	59
48	Puente grúa.....	59
49	Aspiración de polvos.....	60
50	Flujograma de placas.....	66
51	Flujograma de criticidad.....	72
52	Estudio de fallas en motores eléctricos.....	74
53	Niveles de temperatura para las diferentes clases.....	78
54	Diagrama de flujo del proceso de inspección termográfico.....	81
55	Tomas realizadas en la planta industrial.....	87
56	Tomas realizadas en la planta industrial.....	87
57	Cargar imágenes termográficas al software.....	92
58	Selección de imágenes termográficas.....	93
59	Selección de la herramienta adecuada.....	93
60	Parámetros de temperatura del área seleccionada.....	94
61	Diagnóstico de temperaturas.....	94
62	Motor del molino de crisotilo	96
63	Imagen termográfica del eje del motor del molino de crisotilo.....	96
64	Imagen termográfica de la carcasa del motor del molino de crisotilo.....	97
65	Imagen fusionada de las conexiones del motor del molino de crisotilo.....	97
66	Motor molino desfibrador.....	98
67	Imagen fusionada del motor desfibrador.....	98
68	Imagen termográfica de la carcasa del motor desfibrador.....	99
69	Imagen fusionada de conexiones del motor desfibrador.....	99
70	Motor de aspiración de mezclas.....	100
71	Imagen termográfica de la carcasa del motor de aspiración de mezclas.....	100
72	Imagen termográfica de las conexiones del motor de aspiración de mezclas.....	101
73	Motor hidrolizador 2.....	103
74	Imagen fusionada de la carcasa del motor hidrolizador 2.....	103
75	Imagen termográfica de la carcasa del motor hidrolizador 2.....	104
76	Imagen fusionada del eje del motor hidrolizador 2.....	104
77	Imagen fusionada de las conexiones del motor hidrolizador 2.....	105
78	Motor de bomba refinadora.....	105
79	Imagen termográfica de la carcasa del motor de bomba refinadora.....	106
80	Imagen termográfica de las conexiones del motor de bomba refinadora.....	106
81	Imagen termográfica del eje del motor de bomba refinadora.....	107
82	Motor de la báscula de crisotilo.....	109
83	Imagen termográfica de la carcasa del motor de báscula de crisotilo.....	109
84	Imagen termográfica de la conexión del motor de báscula de crisotilo.....	110
85	Motor de báscula de cemento.....	110
86	Imagen termográfica de la carcasa del motor de báscula de cemento.....	111

87	Imagen termográfica de las conexiones del motor de báscula de cemento.....	111
88	Motor hidrolizador de mezclas.....	113
89	Imagen termográfica de la carcasa del motor hidrolizador de mezclas.....	114
90	Imagen termográfica de las conexiones del motor hidrolizador de mezclas.....	114
91	Motor de bomba de envío a noria.....	115
92	Imagen termográfica de la carcasa del motor de bomba de envío a noria.....	115
93	Imagen termográfica de las conexiones del motor de bomba de envío a noria.....	116
94	Motor de noria 1.....	118
95	Imagen termográfica de la carcasa de motor de noria 1.....	118
96	Imagen termográfica de las conexiones de motor de noria 1.....	119
97	Motor preagitador de entrada.....	121
98	Imagen termográfica de la carcasa del motor preagitador de entrada.....	121
99	Imagen termográfica de las conexiones del motor preagitador de entrada.....	122
100	Motor de la bomba de rociadores.....	123
101	Imagen termográfica de la carcasa del motor de la bomba de rociadores.....	123
102	Imagen termográfica de las conexiones del motor de la bomba de rociadores.....	124
103	Imagen termográfica del eje del motor de la bomba de rociadores.....	124
104	Motor de la bomba de agua conos.....	125
105	Imagen termográfica de la carcasa del motor de la bomba de agua conos.....	126
106	Imagen termográfica de las conexiones del motor de la bomba de agua conos.....	126
107	Imagen termográfica del eje del motor de la bomba de agua conos.....	127
108	Motor agitador de entrada.....	127
109	Imagen termográfica de la carcasa del motor agitador de entrada..	128
110	Imagen termográfica de las conexiones del motor agitador de entrada.....	128
111	Motor agitador 1.....	129
112	Imagen termográfica de la carcasa del motor agitador 1.....	129
113	Imagen termográfica de las conexiones del motor agitador 1.....	130
114	Motor agitador 2.....	130
115	Imagen termográfica de la carcasa motor agitador 2.....	131
116	Imagen termográfica de las conexiones del motor agitador 2.....	131
117	Motor bate fieltro.....	132
118	Imagen termográfica de la carcasa del motor bate fieltro.....	132
119	Imagen termográfica de las conexiones del motor bate fieltro.....	133
120	Motor de línea de corte 1.....	136
121	Imagen termográfica de la carcasa del motor de línea de corte 1...	136
122	Imagen termográfica de las conexiones del motor de línea de corte 1.....	137

123	Motor de corte longitudinal 1	137
124	Imagen termográfica de la carcasa del motor de corte longitudinal 1	138
125	Imagen termográfica de las conexiones del motor de corte longitudinal 1	138
126	Motor de corte longitudinal 2	139
127	Imagen termográfica de la carcasa del motor de corte longitudinal 2	139
128	Imagen termográfica de la carcasa del motor de corte longitudinal 2	140
129	Motor de corte longitudinal 2	140
130	Imagen termográfica de la carcasa del motor de corte longitudinal 2	141
131	Imagen termográfica de la carcasa del motor de corte longitudinal 2	141
132	Motor de bomba de circulación de aceite	143
133	Imagen termográfica de la carcasa del motor de bomba de circulación de aceite	143
134	Imagen termográfica del eje del motor de bomba de circulación de aceite	144
135	Imagen termográfica de las conexiones del motor de bomba de circulación de aceite	144
136	Motor del ventilador	145
137	Imagen termográfica de la carcasa del motor del ventilador	145
138	Motor de la bomba de diesel	146
139	Imagen termográfica de la carcasa del motor de la bomba de diesel	146
140	Imagen termográfica del eje del motor de la bomba de diesel	147
141	Motor de ventosa de molde	149
142	Imagen termográfica de la carcasa del motor de ventosa de molde	149
143	Imagen de las conexiones del motor de ventosa de molde	150
144	Motor de ventosa de placa	150
145	Imagen termográfica del motor de ventosa de placa	151
146	Imagen termográfica conexiones del motor de ventosa de placa	151
147	Motor de transporte de carros	152
148	Imagen termográfica de la carcasa del motor de transporte de carros	152
149	Imagen termográfica conexiones de motor de transporte de carros	153
150	Motor de banda transportadora	153
151	Imagen termográfica de la carcasa del motor de banda transportadora	154
152	Imagen termográfica de las conexiones del motor de banda transportadora	154
153	Motor de rodillos de corte 01	155
154	Imagen termográfica del motor de rodillos de corte 01	155
155	Imagen termográfica de conexiones del motor de rodillos de corte 01	155
156	Motor de rodillos de corte 02	156
157	Imagen termográfica del motor de rodillos de corte 02	156

158	Imagen termográfica de conexiones del motor de rodillos de corte 02.....	157
159	Motor de cortadora transversal 03.....	158
160	Imagen termográfica del motor de cortadora transversal 03.....	158
161	Imagen termográfica de conexiones de motor de cortadora transversal 03.....	158
162	Motor de cortadora transversal 04.....	159
163	Imagen termográfica de carcasa del motor de cortadora transversal 04.....	159
164	Motor de cortadora transversal 05.....	160
165	Imagen termográfica de la carcasa del motor de cortadora transversal 05.....	160
166	Imagen termográfica de la carcasa del motor de cortadora transversal 05.....	161
167	Motor de cortadora transversal 06.....	162
168	Imagen termográfica de carcasa del motor de cortadora transversal 06.....	162
169	Imagen termográfica de conexiones del motor de cortadora transversal 06.....	163
170	Motor de cortadora longitudinal 07.....	163
171	Imagen termográfica de la carcasa de motor de cortadora longitudinal 07.....	164
172	Imagen termográfica de la carcasa de motor de cortadora longitudinal 07.....	164
173	Motor de cortadora transversal 08.....	165
174	Imagen termográfica de carcasa de motor de cortadora transversal 08.....	165
175	Imagen termográfica de conexiones de motor de cortadora transversal 08.....	166
176	Motor cadena transportadora 01.....	166
177	Imagen termográfica de carcasa de motor de cortadora transversal 08.....	167
178	Imagen termográfica de conexiones de motor de cortadora transversal 08.....	167
179	Motor de cadena transportadora 02.....	168
180	Imagen termográfica de carcasa de motor de cadena transportadora 02.....	168
181	Imagen termográfica de conexiones de motor de cadena transportadora 02.....	169
182	Motor de rodillos de limpieza 01.....	169
183	Imagen termográfica de la carcasa de rodillos de limpieza 01.....	170
184	Imagen termográfica fusionada de conexiones de rodillos de limpieza 01.....	170
185	Imagen termográfica de la carcasa de rodillos de limpieza 01.....	170
186	Motor de rodillos de limpieza 02.....	171
187	Imagen termográfica de carcasa del motor de rodillos de limpieza 02.....	171
188	Imagen fusionada de conexiones del motor de rodillos de limpieza 02.....	172

189	Motor de rodillos de limpieza 03.....	172
190	Motor de rodillos de limpieza 03.....	173
191	Imagen fusionada de conexiones del motor de rodillos de limpieza 03.....	173
192	Motor de rodillos de limpieza 04.....	174
193	Imagen termográfica de carcasa del motor de rodillos de limpieza 04.....	174
194	Imagen fusionada de conexiones del motor de rodillos de limpieza 04.....	175
195	Motor de bomba de lubricación.....	175
196	Imagen termográfica de la carcasa del Motor de bomba de lubricación.....	176
197	Imagen termográfica de la carcasa del motor de bomba de lubricación.....	176
198	Motor de alveolar de la aspiración.....	177
199	Imagen termográfica de la carcasa del motor de alveolar de la aspiración.....	177
200	Imagen fusionada de las conexiones del motor de alveolar de la aspiración.....	178
201	Imagen termográfica del eje del motor de alveolar de la aspiración.....	178
202	Motor de paletas de caída de polvo.....	179
203	Imagen termográfica de la carcasa del motor de paletas de caída de polvo.....	179
204	Imagen fusionada de conexiones del motor de paletas de caída de polvo.....	180
205	Motor de bomba bell 1.....	188
206	Imagen termográfica de la carcasa del motor de bomba bell 1.....	188
207	Imagen termográfica de las conexiones del motor de bomba bell 1.....	189
208	Motor de bomba bell 2.....	189
209	Imagen termográfica de la carcasa del motor de bomba bell 2.....	190
210	Imagen termográfica de las conexiones del motor de bomba bell 2.....	190
211	Motor de bomba bell 3.....	191
212	Imagen termográfica de la carcasa del motor de bomba bell 3.....	191
213	Imagen termográfica de las conexiones del motor de bomba bell 3.....	192
214	Motor de llenado de bomba bell.....	192
215	Imagen termográfica de la carcasa motor de llenado de bomba bell.....	193
216	Imagen termográfica de las conexiones del motor de llenado de bomba bell.....	193
217	Motor de la centralina.....	196
218	Imagen fusionada de la carcasa del motor de la centralina.....	196
219	Imagen termográfica de la carcasa del motor de la centralina.....	197
220	Imagen termográfica de las conexiones del motor de la centralina	197
221	Relé térmico A1.....	200
222	Imagen termográfica relé térmico A1.....	200
223	Interruptor Hidro 2.....	201

224	Imagen termográfica del Interruptor Hidro 2.....	201
225	Contactador Noria 1.....	202
226	Imagen termográfica contactador noria 1.....	202
227	Bornera bomba agua conos.....	203
228	Imagen termográfica bornera bomba agua conos.....	203
229	Interruptor magneto térmico bomba bell vacío 3.....	204
230	Interruptor de cortadora disco 2.....	205
231	Imagen termográfica del interruptor de cortadora disco 2.....	205
232	Interruptor avance molde R12.....	206
233	Imagen termográfica del interruptor avance molde R12.....	206

LISTA DE ABREVIACIONES

Ton	Tonelada
3F	Trifásico
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
Nm	Nanómetro
IR	Infrarrojo (a)
FOV	Campo de visión (Field of view)
IFOV	Campo de visión instantáneo (Instantaneous Field of view)
IFOV_m	Campo de visión instantáneo de medida
kV	Kilo Volt (1,000 Volt). Medida de la tensión
RCM	Mantenimiento centrado en la confiabilidad (Reability Centered Maintenance)
HP	Caballos de fuerza (Horse Power)

LISTA DE ANEXOS

- A Tabla de emisividades
- B Norma ASTN para análisis termográfico
- C Tabla de características técnicas de la cámara SATIR E8-GN
- D Clase de aislamiento y clasificación térmica
- E Cronograma

GLOSARIO

Ángulo de medición.- Es aquel ángulo relativo entre el objeto analizado y el equipo de medición empleado

Armónicos.- Son distorsiones de las ondas senoidales de tensión y/o corriente de los sistemas eléctricos.

ASNT.- American Society for Nondestructive Testing". Sociedad Americana para Ensayos no destructivos.

Cámara termográfica.- Es un equipo que se utiliza para obtener las imágenes termográficas de los objetos analizados, opera en el rango infrarrojo, es decir, de la radiación térmica de un cuerpo.

Corriente de Foucault.- Corrientes parásitas, Se producen cuando un conductor atraviesa un campo magnético variable, o viceversa.

Crisotilo.- Es una fibra mineral que no se quema ni se pudre, resiste a la mayoría de los productos químicos, es flexible y tiene una gran resistencia a la tracción, también se lo conoce con el nombre de amianto.

Emisividad.- Se denota con la letra (ϵ), y es un número adimensional relacionado con la capacidad de un objeto real para irradiar energía térmica, como si éste fuera un cuerpo negro.

Enfoque.- Es el proceso a través del cual se ajusta el lente de la cámara termográfica para obtener la imagen más nítida posible del objeto observado.

Espectro.- Serie de colores semejante aun arco iris que se produce al dividir una luz compuesta como la luz blanca en sus colores constituyentes. Puede lograrse un efecto similar haciendo pasar luz solar a través de un prisma de vidrio.

Historial de fallas.- Son reportes de la ocurrencia de fallas indicando sus características descriptivas.

IFOV.- Por sus siglas en inglés: Instantaneous Field Of View, que significa campo instantáneo de imagen, como una medida para indicar que tan bueno es un sistema desde este punto de vista.

Isoterma.- Es una función para medir temperatura que tienen algunas cámaras termográficas, la isoterma sustituye algunos colores de la escala de la cámara, por otros de elevado contraste; de esta forma marca un intervalo de igual temperatura aparente.

Longitud de onda.- Distancia entre dos puntos consecutivos de una onda que tienen el mismo estado de vibración, la longitud de onda representa un concepto fundamental en la resolución de cualquier tipo de movimiento ondulatorio.

Mantenimiento autónomo.- Es el mantenimiento llevado a cabo por los operadores y preparadores del equipo, puede y debe contribuir significativamente a la eficacia del equipo mediante limpieza diaria, inspección de la máquina o componente, lubricaciones y pequeños ajustes.

Nivel.- Es el punto medio del campo. Otra forma de entender el nivel es como el “brillo térmico”.

Ondas electromagnéticas.- Proceso por el que se propaga energía de un lugar a otro sin transferencia de materia y son las únicas ondas que no requieren un medio material para su propagación.

Radiación.- Proceso de transmisión de ondas o partículas a través de la materia, como las ondas de sonido.

Radiación mecánica.- Corresponde a ondas que sólo se transmiten a través de la materia, como las ondas de sonido.

Radiación electromagnética.- Es independiente de la materia para su propagación: sin embargo, la velocidad, intensidad y dirección de su flujo de energía se ven influidos por la presencia de materia

Rayos infrarrojos.- Forma de ondas electromagnéticas en la zona del espectro situada inmediatamente después de la zona roja de la radiación visible. Los rayos infrarrojos se utilizan para obtener imágenes de objetos lejanos ocultos por la bruma atmosférica.

Termografía infrarroja.- Es la ciencia de adquisición y análisis de las imágenes térmicas obtenidas mediante los dispositivos de adquisición a distancia.

Termograma.- Se refiere a cada píxel de imagen, se le asocia un color o nivel de gris, el cual representará una imagen de temperatura dada, de acuerdo a una escala predeterminada.

Valor Delta T.- Es una medida de diferencia de temperaturas entre la temperatura actual del componente bajo observación, y alguna temperatura de referencia, se utiliza para determinar cuánto se aleja una anomalía del valor “normal”. A esto se le llama medida, cualitativa, comparativa.

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo la verificación de un Plan de Mantenimiento Predictivo Mediante la Aplicación de Termografía Industrial en los Motores Eléctricos de la Planta de Eurolit de la Empresa Tubasec C.A., con la finalidad de determinar el estado en que se encuentran operando los motores y dar un diagnóstico de los equipos en mención, conocer los problemas que generan las altas temperaturas en los componentes para así evitar paros imprevistos y pérdidas de la producción.

El estudio contempla, conceptos teóricos, funcionamiento de la cámara termográfica, conocimiento del software para el análisis de las imágenes infrarrojas, efectuando los monitoreos de los equipos de la planta, elaboración de reportes de termografía estableciendo comentarios y recomendaciones a cerca de lo que se debe realizar de las imágenes. Contiene recopilación de información técnica de las máquinas en la planta de producción especialmente de los motores eléctricos, la codificación de los equipos, el análisis de criticidad en todo el proceso de producción de la planta, la correcta estructuración de las rutas de inspección y la elaboración del plan de mantenimiento.

En base al análisis efectuado y a los datos recopilados en cada uno de los motores del Centro Productivo se implementó una adecuada Planificación del Mantenimiento Predictivo basada en los factores que ayudaron en la detección de problemas, se recomienda tanto al personal administrativo como técnico la utilización de este trabajo investigativo como fuente de consulta, para lograr evitar daños imprevistos y alcanzar un óptimo rendimiento y eficiencia de la maquinaria.

ABSTRACT

This research work had as a main goal to verify a Predictive Maintenance Plan by Industrial Thermography Application in Electric Motors of Eurolit Plant at the Tubasec C.A. Enterprise, with the purpose of determining the state in which are operating the motors and giving a diagnosis of the equipment, knowing the problems caused by high temperatures in components to avoid unexpected downtime and production losses.

The study includes theoretical concepts, thermographic camera operation, software knowledge for analyzing infrared images, making the monitoring of plant equipment, thermography-reporting establishing comments and recommendations about what should be done of the images. Containing technical information gathering machine in the production plant particularly electric motors, encoding equipment, criticality analysis throughout the production process of the plant, the proper structuring of inspection routes and preparation maintenance plan.

Due the analysis carried out and the data collected in each of the motors the Production Center was implemented an adequate Predictive Maintenance Planning based on the factors which helped in identifying problems. It is recommended both administrative and technical staff using this research work as a reference, for achieving to avoid unexpected damage and achieve optimal performance and efficiency of the machine.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Hoy en día toda organización y/o empresa ya sea de servicios o de producción deben realizar gestiones adecuadas para recopilar de mejor manera el mercado a través del tiempo para así obtener una rentabilidad en la misma.

TUBASEC. C.A. es una de las empresas ecuatorianas conformadas según las disposiciones legales vigentes, se encuentra en la provincia de Chimborazo cantón Riobamba en la Av. Circunvalación y Av. Leopoldo Freire, inició sus operaciones desde 1980, producía tuberías de fibro-cemento o cemento crisotilo. Actualmente se fabrica productos de fibro-cemento tales como planchas, tejas, y planchas de policarbonato, área de Eurolit en la cual se ha centrado para el análisis de los motores eléctricos.

La empresa cuenta con un departamento de mantenimiento que se dedica al correcto funcionamiento de los equipos y máquinas, motivo por el cual se implementará un plan de mantenimiento predictivo para evitar la consecuencia de los fallos en dichos equipos para poder diagnosticarlos, evaluarlos y así evitar tareas imprevistas de mantenimiento correctivo.

1.2 Justificación

Es indispensable que las máquinas y equipos que realizan la producción en la planta industrial de Eurolit se encuentren en funcionamiento el tiempo requerido, por lo cual se ha creído conveniente realizar un monitoreo en base al análisis termográfico en busca de fallas potenciales que indicarán de una manera exacta la propensión del deterioro de la funcionalidad que tienen los diferentes componentes y así realizar las correcciones que sean necesarias hasta alcanzar la disponibilidad de los sistemas.

Para ello es conveniente la elaboración del plan de mantenimiento predictivo en base al análisis termográfico que permita conocer las diferentes salidas de servicio inesperadas, grandes costos de mantenimiento y daños de equipos se reducen por la detección de fallas incipientes mucho antes que se transformen en fallas que causan interrupciones en la producción de la empresa.

El análisis de termografía industrial infrarroja permitirá conocer los gradientes de temperaturas para así saber si existen sobrecalentamientos en los motores, cojinetes calientes, rodillos sospechosos, eje del motor sobrecalentado, conexiones eléctricas deterioradas, soldadura, y poder evitar paros en la producción.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general. Elaborar un plan de mantenimiento predictivo mediante la aplicación de termografía industrial en los motores eléctricos de la planta de Eurolit en la Empresa TUBASEC C.A.

1.3.2 Objetivos específicos

Conocer y manejar el equipo de inspección adecuadamente estableciendo métodos y técnicas de prueba.

Preparar fichas de datos técnicos de los motores eléctricos de la planta de Eurolit.

Diseñar un procedimiento adecuado para realizar inspecciones termográficas y dar parámetros de las variaciones de temperatura.

Realizar inspecciones termográficas.

Interpretar, analizar y evaluar resultados con respecto a códigos y especificaciones aplicables para definir la existencia de variaciones de temperatura en motores eléctricos de la planta de Eurolit.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Reseña histórica

TUBASEC. C.A. es una de las empresas ecuatorianas conformadas según las disposiciones legales vigentes en cuanto a constitución de su capital social.

El 12 de Marzo de 1980 TUBASEC inició su operación, donde se dedicaba netamente a la producción de tuberías de FIBRO-CEMENTO o CEMENTO CRISOTILO en diferentes diámetros y en las más variadas presiones de trabajo conforme a la norma internacional ISO-160 y nacional INEN 485.

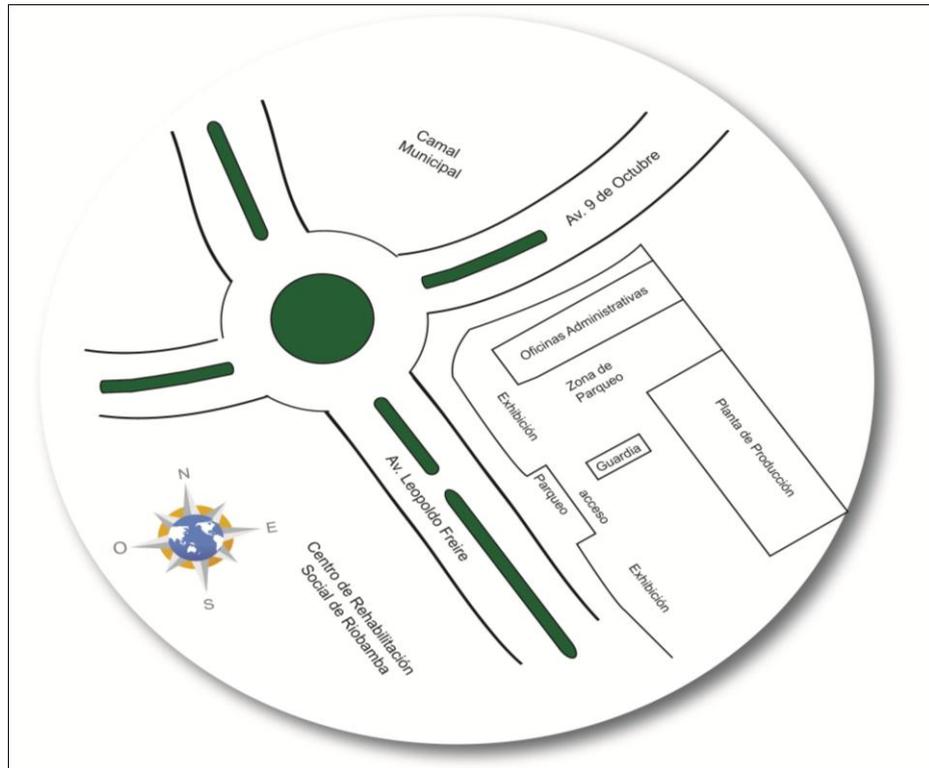
En noviembre de 1993 TUBASEC se diversificó y utilizando las mismas instalaciones existentes empezó también la producción en cemento-crisotilo de láminas onduladas para cubiertas, perreras, floreros, etc. del mismo nombre comercial Eurolit y productos nuevos como Eurotablero y Europanel con grandes resultados y con una alta calidad en sus productos ya que se rigen a normas y controles de calidad lo que hace que los productos sean de mucha aceptación en el mercado.

En la actualidad TUBASEC C.A. ha innovado otras líneas de producción de tejas de microconcreto y con planchas de policarbonato denominadas Ecuateja y Techoluz.

2.2 Ubicación geográfica

TUBASEC C.A. es una empresa ecuatoriana ubicada en la zona centro, Provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba en la Av. Circunvalación y Av. Leopoldo Freire, específicamente en el sur de la ciudad.

Figura 1. Disposición de la planta industrial TUBASEC C.A.



Fuente: Autores

2.3 Objetivo de la calidad de la empresa

Los objetivos principales de calidad de TUBASEC C.A. se basan principalmente en la seguridad, el ambiente, y calidad de los productos.

TUBASEC C.A. para cumplir con la misión y visión debe mantener los siguientes objetivos:

- Reducir el nivel de polución a 0,1 fibras en los puestos de trabajo (con respecto al 1% de fibras/m² permitido por las normas INEN) en el proceso Eurolit durante los años venideros.
- Implementar ayudas mecánicas en el puesto de trabajo placa plana para reducir el riesgo ergonómico de importante a tolerable en el futuro.
- Reducir el 5% del consumo medido de agua potable con respecto a los años anteriores.
- Reducir en un 25% el consumo de papel de oficina en los años próximos.

2.4 Proceso productivo

En el proceso productivo de Eurolit, TUBASEC ha conseguido que todas las partículas finas del cemento sean enviadas en las hojas primarias, obteniendo mayor resistencia, menos desperdicios y por lo tanto mayor rendimiento de las materias primas y la no contaminación del medio ambiente.

La hoja primaria obtenida se arrolla bajo una presión controlada y uniforme a lo largo de la generatriz de un mandril de acero hasta alcanzar el espesor normado, se consigue esto por medio de un control electrónico instalado para el efecto. En este proceso las hojas se unen compactamente entre todas las hojas, obteniendo productos de una densidad alta y uniforme.

Una vez formada la lámina en el mandril se lleva a las máquinas de corte transversal y longitudinal y posteriormente a las moldeadoras para darle la longitud y la altura de onda como también al largo y ancho normados, dependiendo su perfil. Luego de permanecer en los moldes correspondientes durante 24 horas, las planchas son desmoldadas y almacenadas en los sitios respectivos para su fraguado el mismo que

dura de 7 a 14 días y dependiendo de los resultados de laboratorio para su distribución y venta final.

Las placas para su venta final corresponden a dimensiones tales como 1,80 x 1,10m; 2,44 x 1,10m; y 3,00 x 1,10m.

2.5 Temperatura y calor [1]

2.5.1 Temperatura. La temperatura es una medida de la energía cinética promedio de los átomos y moléculas individuales de una sustancia. Se dice que dos objetos están en equilibrio térmico sí y solo sí tienen la misma temperatura. Entonces, la temperatura es una medida de la actividad molecular.

2.5.2 Calor. El calor se define como la energía cinética total de todos los átomos o moléculas de una sustancia. El calor y la temperatura están relacionados entre sí, pero son conceptos diferentes. El calor es la energía total del movimiento molecular en una sustancia, mientras que la temperatura es una medida de la energía molecular promedio.

El calor depende de la velocidad de las partículas, su número, su tamaño y su tipo. La temperatura no depende del tamaño, del número o del tipo.

2.5.2.1 Tipos de calor. En toda la naturaleza cuando se transfiere calor a un cuerpo, éste puede experimentar diferentes cambios los cuales definen el tipo de calor. Los tipos de calor más comunes son:

- **Calor sensible:** Durante la transferencia de calor ocurre un cambio de entalpía directamente asociada a un cambio en la temperatura.
- **Calor latente:** El cambio de entalpía es caracterizado por un cambio de fase a temperatura constante.
- **Calor de reacción:** El calor es liberado o requerido por una reacción química.
- **Calor eléctrico:** Es el calor que se transfiere a causa del paso de una corriente eléctrica a través de un material.

2.6 Escalas de temperaturas y unidades

Las escalas de medición de la temperatura se dividen fundamentalmente en dos tipos, las relativas y absolutas.

2.6.1 Escalas relativas

2.6.1.1 Escala Celsius. La medición de temperatura más ampliamente utilizada en trabajos científicos es la escala Celsius ya que hay cien divisiones entre el punto de ebullición y su punto de congelamiento, es llamada con frecuencia escala centígrada.

2.6.1.2 Escala Fahrenheit. Toma divisiones entre el punto de congelación y el punto de ebullición del agua en 180 divisiones, es decir, desde los 32° F y los 212° F.

2.6.2 Escalas absolutas. La escala absoluta de temperaturas parte de la existencia del “0” absoluto ($0^{\circ}\text{K} = -273,15^{\circ}\text{C}$) una temperatura hipotética caracterizada por una ausencia, la escala Kelvin es el estándar mundial, y su unidad es el Kelvin, (K).

La escala Rankin se define midiendo en grados Fahrenheit sobre el cero absoluto, por lo que carece de valores negativos. Esta escala fue propuesta por el físico escocés William Rankin en 1859. El grado Rankin tiene su punto de cero absoluto a -459.67°F , y los intervalos de grado son idénticos al intervalo de grado Fahrenheit.

2.7 Fundamentos de la teoría térmica

2.7.1 Transferencia de calor. La transferencia de calor es el paso de la energía térmica desde un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura, producido por dicha diferencia.

2.7.1.1 Métodos de transferencia de calor. La energía térmica se puede transferir por tres métodos distintos: por conducción, por convección o por radiación.

En la figura 2 se pueden observar los tres métodos de transferencia de calor, conducción, convección y radiación.

Figura 2. Métodos de transferencia de calor



Fuente: Análisis termográfico Nivel I, IVAN BOHMAN C.A.

2.7.1.2 Conducción. Es la transferencia de energía desde cada porción de materia a la materia adyacente por contacto directo, sin intercambio, mezcla o flujo de cualquier material. La transmisión de calor por conducción puede tener lugar entre diferentes objetos que están en contacto, y en el lugar interior de los objetos. No importa el tipo de material.

2.7.1.3 Convección. Es la transferencia de energía mediante la mezcla íntima de distintas partes del material: se produce mezclado e intercambio de materia.

Para una persona que vaya a tomar temperaturas a base de termografía es de suma importancia comprender la transmisión de calor por convección, porque aunque siempre se suele estudiar sólidos, los campos de temperatura en los sólidos se ven muy afectados también por la convección, puesto que la mayoría de gases son invisibles para la cámara infrarroja, en las pocas ocasiones en las que se puede visualizar el proceso de convección directamente es en la superficie de los líquidos.

Existen dos tipos de convección y son: convección natural y convección forzada.

- **Convección natural:** El origen del mezclado es la diferencia de densidades que acarrea una diferencia de temperatura.
- **Convección forzada:** La causa del mezclado es un agitador mecánico o una diferencia de presión (ventiladores, compresores, etc.) impuesta externamente.

2.7.1.4 Radiación. La radiación es la transferencia de energía emitida por la materia que se encuentra a una temperatura dada, esta energía es producida por los cambios de los átomos o moléculas constitutivas y transportadas por ondas electromagnéticas o fotones, por lo que recibe el nombre de radiación electromagnética.

- *Radiación térmica.* La radiación térmica es una forma de radiación electromagnética. Los cuerpos emiten radiación térmica como consecuencia de su temperatura. Puesto que todos los objetos tienen una temperatura, todos emiten radiación térmica. A una mayor temperatura, mayor será la cantidad de radiación térmica emitida. La radiación térmica fácilmente se propaga a través de los gases, pero con mucha alta dificultad, ó incluso bloqueada por la mayoría de los líquidos y sólidos.
- *Radiación infrarroja.* Las radiaciones infrarrojas se encuentran entre las zonas visibles e invisibles del espectro electromagnético. La principal fuente de radiación infrarroja es el calor o radiación térmica.

Cualquier objeto que tenga una temperatura por encima del cero absoluto (-273.15°C ó 0°K) emite una radiación en la zona de infrarrojos. Incluso aquellos objetos que se pudiera pensar están fríos como el hielo, emiten radiación. Existe exposición a la radiación infrarroja cada día. El calor que se siente por el sol, por el fuego o por un radiador también es infrarrojo. Cuanto más caliente esté el objeto, mayor cantidad de radiación infrarroja emitirá.

2.7.1.5 Leyes básicas de la radiación infrarroja. Las leyes de la física permiten convertir la medición de la radiación infrarroja en medición de temperatura, esto se logra midiendo la radiación auto emitida en la porción del espectro electromagnético desde la superficie del objeto y convirtiendo estas mediciones en señales eléctricas.

2.7.1.6 *La radiación no precisa de contacto.* Tanto la conducción como la convección requieren la presencia de materia para transferir calor. El calor es una forma de radiación como la luz pero la longitud de onda más larga conocida como radiación.

Como tal radiación es capaz de transmitirse a la velocidad de la luz, sin el soporte de ningún medio material y de ser reflejado. Es entonces de esta forma como el calor del sol llega a la tierra.

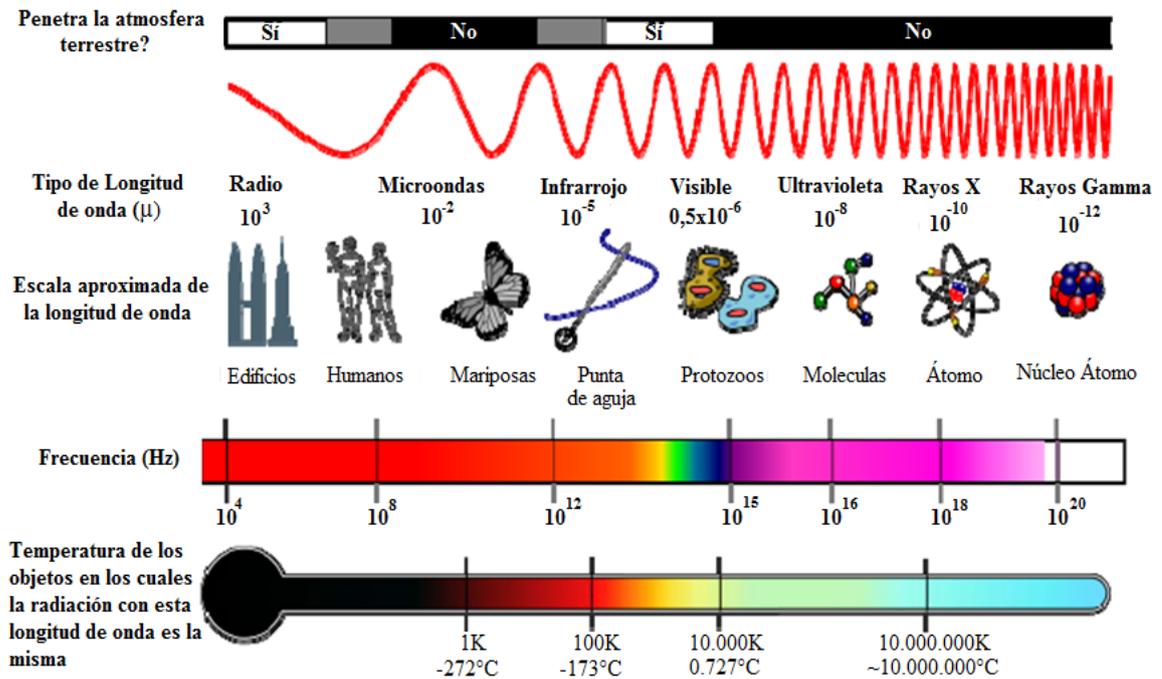
2.7.1.7 *Espectro electromagnético.* Se denomina espectro electromagnético a la distribución energética del conjunto de las ondas electromagnéticas. Refiriéndose a un objeto se denomina espectro electromagnético o simplemente espectro a la radiación electromagnética que emite (espectro de emisión) o absorbe (espectro de absorción) una sustancia. Dicha radiación sirve para identificar la sustancia de manera análoga a una huella dactilar.

Los espectros se pueden observar mediante espectroscopios que, además de permitir observar el espectro, permiten realizar medidas sobre éste, como la longitud de onda, la frecuencia y la intensidad de la radiación.

Es conveniente considerar algunos de estos tipos de radiación electromagnética con más detalle y tenemos las siguientes:

- La luz visible
- Infrarrojo
- Microondas
- Ondas de radio
- Ultravioleta
- Rayos X
- Rayos gamma

Figura 3. Espectro electromagnético



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_electromagn%C3%A9tico

2.7.1.8 Emisión térmica de los cuerpos naturales. Temperatura radiactiva de un cuerpo: normalmente se relaciona la medida de temperatura con un instrumento en contacto con un cuerpo determinado al que se le quiere medir la temperatura. En realidad, lo que se está haciendo es medir la temperatura cinética que es una manifestación interna de la energía de traslación promedio de las moléculas del cuerpo. Sin embargo los cuerpos irradian energía en función de su temperatura. Esta energía emitida en una manifestación externa del estado de energía de dicho cuerpo, que puede ser detectado mediante técnicas de teledetección y usado para determinar la temperatura radiactiva del cuerpo.

No todos los cuerpos cuando aumentan su temperatura pueden irradiar energía de la misma forma, esta dependerá del tipo del material, de las condiciones superficiales que presente y de la temperatura. Por lo tanto todos los materiales tienen diferente factor de emisividad.

2.7.1.9 Emisividad. Es un factor que describe la eficiencia de irradiar energía de un objeto en comparación con un cuerpo negro a la misma temperatura. Por lo tanto, la

emisividad es una medida de la eficiencia con la que un objeto o superficie emite radiación infrarroja.

Sus valores se encuentran entre 0 y 1, y es un factor importante en la medición de temperatura superficial del objeto observado. Por lo general no se pueden esperar buenos valores en la medición de temperatura cuando la emisividad de un valor de 0,7. La tabla de emisividades se muestra en Anexo A.

En general, hay tres tipos de fuentes de radiación que se caracteriza por la radiación emitida:

- Cuerpo negro, para lo cual, posee una emisividad = 1.
- Cuerpo gris, para lo cual, posee una emisividad < 1.
- Radiador selectivo, por lo que la emisividad varía con la longitud de onda.

Variaciones de emisividad a considerar

Alta emisividad: Superficies no brillantes son regularmente de alta emisividad.

- Pintura (cualquier color).
- Cinta de aislar
- Mucha oxidación

Medición de temperatura confiable y repetible.

Baja emisividad: Superficies de baja emisividad son de baja emisión.

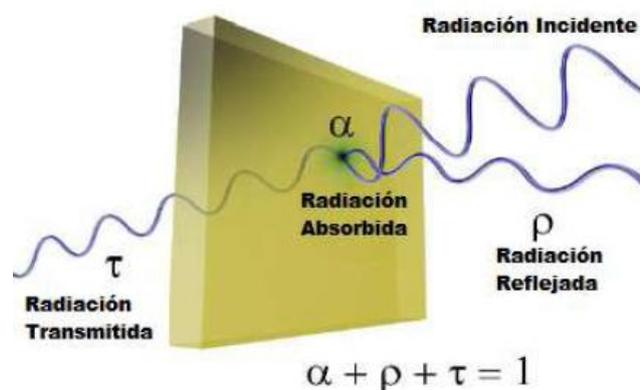
- Alta reflexión térmica
- Debe tener en cuenta el fondo

2.7.2 Propiedades de la radiación

- **Absorción α (alfa):** Es la fracción de la radiación que es absorbida por un material.
- **Reflectividad ρ (rho):** Fracción de la radiación incidente reflejada por una superficie.

- **Transmisividad τ (tau):** Es la relación entre la energía transmitida por un cuerpo a la radiación incidente sobre el mismo.
- **Flujo radiante:** Cantidad de energía radiante emitida, transmitida o recibida por unidad de tiempo.
- **Densidad de flujo radiante Φ :** Flujo radiante por unidad de área.
- **Irradiancia:** Densidad de flujo radiante incidente sobre una superficie.
- **Emitancia radiante (ϵ):** Densidad de flujo radiante emitido por una superficie.

Figura 4. Representación de la radiación que incide sobre un objeto real.



Fuente: Análisis termográfico Nivel I, IVAN BOHMAN C.A.

La suma de las tres es siempre 1

$$\alpha + \rho + \tau = 1$$

2.7.2.1 Cuerpo negro. Se define como un objeto ideal que absorbe toda la radiación incidente sobre él, emitiendo la máxima cantidad de radiación, cuya emisividad es igual a la unidad, y a su vez es un radiador ideal de energía.

Cuando un objeto está en equilibrio térmico con sus alrededores, irradia y absorbe energía con la misma rapidez, permaneciendo constante su temperatura.

Cuando el cuerpo está más caliente que sus alrededores, irradia más energía de lo que absorbe, y por lo tanto, se enfría.

2.7.2.2 Cuerpos reales. En el trabajo práctico, jamás se encontraron cuerpos negros, sino “cuerpos reales”. Los cuerpos reales pueden tener todas las características, esto es la habilidad de emitir, absorber, reflejar y transmitir radiación infrarroja. La mayoría de los cuerpos no son transparentes, sino opacos.

La radiación es emitida y reflejada pero varía con respecto a su largo de onda.

La radiación reflejada depende del largo de la onda.

Los cuerpos reales tienen color.

2.7.2.3 *Cuerpo gris.* Los cuerpos con emisividades entre $0 < \epsilon < 1$ se llaman cuerpos grises, son los objetos reales. La radiación emitida es idéntica de un cuerpo negro pero con menos amplitud. Dado que la práctica la transmisividad juega un papel apreciable, la variable τ se omite.

2.8 Termografía [2]

El término “termografía” se deriva de raíces semánticas que significan “imagen de la temperatura”.

La termografía es una técnica que permite medir temperaturas exactas a distancia y sin necesidad de contacto físico con el objeto a estudiar. Mediante la captación de la radiación infrarroja del espectro electromagnético, utilizando cámaras termográficas o de termovisión, se puede convertir la energía radiada en información sobre temperatura.

El análisis termográfico es una técnica de mantenimiento predictivo cada vez más usada en las industrias la cual permite, a distancia y sin ningún contacto, medir y visualizar temperaturas de superficie con precisión. La física permite convertir las mediciones de la radiación infrarroja en medición de temperatura y pueden ser aplicadas en cualquier situación donde un problema o condición pueda ser visualizado por medio de una diferencia de temperatura.

La energía ni se crea ni se destruye, solamente se transforma.

La primera ley de la termodinámica es una ley física que dice que cuando el trabajo mecánico se transforma en calor, o cuando el calor se transforma en trabajo, la cantidad de trabajo y de calor son siempre iguales. También es llamada la *ley de la conservación de la energía*.

La segunda ley de la termodinámica dice que cuando existe una diferencia de temperatura entre dos objetos, la energía térmica se transfiere de las zonas más calientes (mayor energía) hasta alcanzar el equilibrio térmico.

La tercera ley de la termodinámica afirma que el cero absoluto no puede alcanzarse por ningún procedimiento que conste de un número finito de pasos. Es posible acercarse indefinidamente al cero absoluto, pero nunca se puede llegar a él.

2.8.1 Termografía infrarroja. La termografía por infrarrojos es la ciencia que estudia el uso de dispositivos óptico electrónico para detectar y medir radiación a partir de la cual se obtiene la temperatura de las superficies bajo estudio.

La temperatura y el comportamiento térmico de la maquinaria es un factor crítico en el mantenimiento industrial. La medición de temperatura por no contacto usando sensores infrarrojos ha llegado a ser una alternativa creciente sobre otros métodos convencionales. La termografía o imágenes térmicas infrarrojas se utilizan como un método eficaz de ensayo no destructivo y forma parte importante del mantenimiento predictivo.

2.8.1.1 Características de la termografía infrarroja. Es una forma de radiación electromagnética

- Es parte de espectro electromagnético

Es muy similar a la luz visible

- Viaja a la velocidad de la luz
- La diferencia entre ambas es la longitud de la onda
- Las ondas infrarrojas son más largas que la luz visible

2.9 Tipos de termografía [3]

2.9.1 Termografía comparativa. Es un proceso utilizado para comparar componentes en condiciones similares para así evaluar el estado del equipo que se está inspeccionando. Cuando la termografía comparativa se utiliza de forma correcta, las diferencias entre los equipos analizados suelen ser indicadores de su estado. Es de suma importancia establecer el margen de error aceptable antes de empezar una inspección y trabajar con mucho cuidado para no salirse de esos límites, mediante la comparación del objeto de

interés con otros similares, suelen ser fácil de detectar una anomalía, la formación y la experiencia son fundamentales para el proceso de inspección puesto que puede haber muchas variables que deban tenerse en cuenta.

La habilidad de obtener medidas cuantitativas se basa en un sistema de imágenes radiométricas, cómo se moviliza el calor, cuáles son los factores que afectan su transferencia, la física implicada en la información infrarroja obtenida, característica del objeto, sensor de la cámara, atmósfera que rodea al objeto.

Aspectos que pueden influir de forma directa en el valor de las medidas cuantitativas:

- La emisividad menor de 0,6
- Temperatura reflejada de fondo
- Estado de calibración de la cámara
- Condiciones ambientales (velocidad del viento, lluvia, etc.).
- Los reflejos.

2.9.2 Termografía inicial. Con una inspección inicial se pretende establecer un punto de referencia del equipo cuando funciona en condiciones normales y sin problemas. Es importante determinar el estado del equipo normal y utilizarlo como firma térmica inicial con la que comparar imágenes posteriores.

2.9.2.1 Tendencia térmica. La tendencia térmica es un proceso utilizado por el analista para comparar la distribución de la temperatura en el mismo componente en función del tiempo, se utiliza sobre todo en inspecciones de equipos mecánicos en los que las formas térmicas habituales pueden resultar complejas. Es útil también cuando las firmas térmicas con las que se detectan las averías se suelen desarrollar con lentitud.

2.9.3 Termografía cualitativa. Identifican y localizan los problemas existentes en los diferentes sistemas inspeccionados, basado en el método comparativo de sus rasgos anormales de operación.

No cuantifica la cantidad de pérdida de calor. Una diferencia entre similares sistemas o áreas podría significar un problema potencial, un ejemplo patrón de un techo y terminales eléctricos. Más del 90% de los trabajos de inspección se realizan por comparación. En la práctica se debe obtener información de la estructura, sistema,

objeto o proceso a través de observarlo con imágenes de la radiación infrarroja, grabarlas y presentar la información.

2.10 Aplicaciones de la termografía infrarroja [4]

La técnica mediante termografía es utilizada para ver la temperatura de las superficies con precisión sin tener contacto con las mismas. Las diferencias de temperatura se muestran en escalas de grises o color, donde por lo regular blanco representa el área más caliente y negro la más fría, a menos que se invierta la paleta de colores.

2.10.1 *Sistemas eléctricos.* Las cámaras termográficas se utilizan para inspeccionar los componentes y sistemas eléctricos de todos los tamaños y formas. La gran variedad de posibles aplicaciones de la termografía en los rangos de estos sistemas se puede dividir en dos categorías: Instalaciones de Alto voltaje e instalaciones de bajo voltaje.

Instalaciones de alta tensión

- Inspecciones de subestaciones eléctricas
- Oxidación de los seccionadores
- Conexiones mal fijadas o recalentadas
- Defectos de aislamiento
- Conexiones sobrecalentadas o mal aseguradas
- Inspección en líneas de alta tensión
- Conexiones de alta tensión defectuosas
- Inspecciones en interruptores de potencia
- Verificación después de una reparación

Instalaciones de baja tensión

- Conexiones de alta resistencia
- Conexiones corroídas
- Daños en internos en los fusibles
- Mala conexión y daños internos
- Fallos ruptores internos
- Conexiones de cables sueltas

- Inspección de tableros de control y fuerza de maquinaria en general
- Inspección de motores eléctricos
- Inspección acometidas

2.10.2 *Sistemas mecánicos.* Las cámaras termográficas se utilizan para inspeccionar los componentes y elementos mecánicos.

Instalaciones mecánicas

- Problemas de lubricación
- Errores de alineación
- Motores recalentados
- Rodillos sospechosos
- Bombas sobrecargadas
- Ejes de motor recalentados
- Rodamientos calientes

2.10.3 *Otras aplicaciones.* Las cámaras termográficas se utilizan para inspeccionar distintas aplicaciones industriales como en bombas, tuberías, soldaduras, edificaciones e incluso en la medicina humana.

Varias aplicaciones

- Tuberías
- Fugas en bombas, tuberías y válvulas
- Averías de aislamiento
- Obstrucciones en tuberías
- Detección de llamas
- Detección de nivel de depósitos
- Detección de humedad en construcción
- Localización de puntos calientes en robots de soldadura
- Inspección de material aeronáutico
- Inspección de moldes
- Comprobación de la distribución térmica en pavimentos asfálticos
- Inspecciones en fábricas de papel

- Detección de tumores en el cuerpo humano

2.11 Motores eléctricos [5]

Los motores eléctricos son máquinas que transforman energía eléctrica en energía mecánica por medio de campos electromagnéticos variables. Algunos de los motores eléctricos son reversibles, pueden transformar energía eléctrica funcionando como generadores.

2.11.1 Motores de corriente continua

- De excitación independiente
- De excitación serie
- De excitación (shunt) o derivación
- De excitación compuesta (compound).

2.11.2 Motores de corriente alterna

- Motores Síncronos
- Motores Asíncronos:
- Monofásicos.
- Trifásicos

Todos los motores de corriente continua así como los síncronos de corriente alterna incluidos en la clasificación anterior tienen una utilización y unas aplicaciones muy específicas.

2.11.3 Componentes de un motor trifásico asíncrono jaula de ardilla

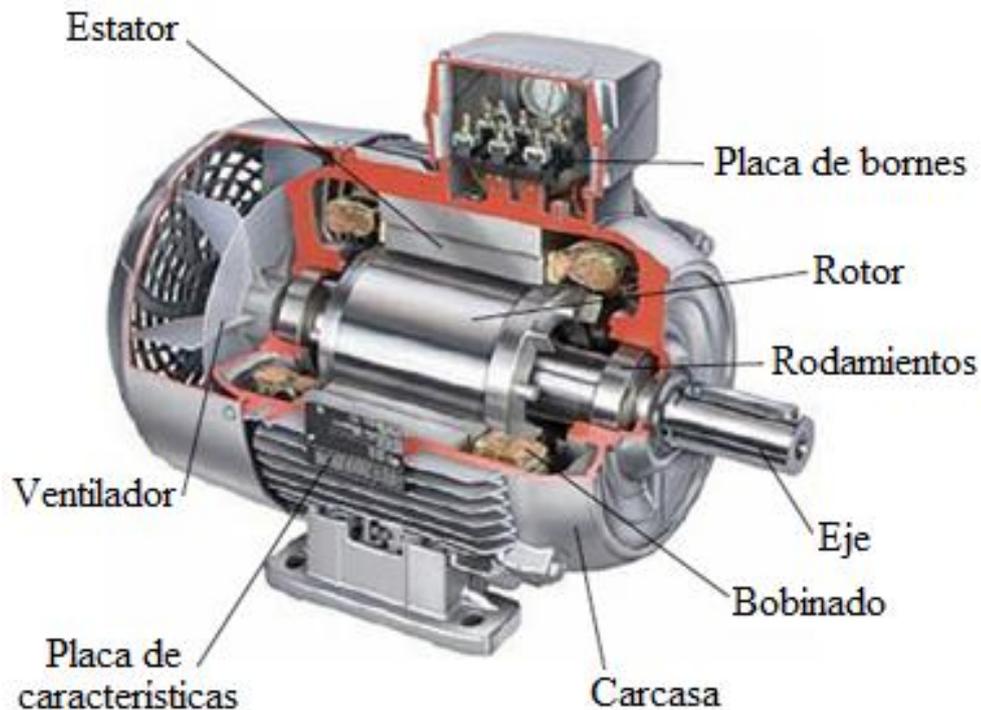
2.11.3.1 Estator. El estator en un motor es la parte fija de una máquina rotativa, es el inductor, es decir el encargado de crear el campo magnético. Estos devanados son tres bobinas desfasadas en 120° . Cada dos conductores diametralmente opuestos y el estator precisa para alojarlos.

2.11.3.2 Rotor. Es el componente giratorio en una máquina eléctrica ya sea de un motor o un generador eléctrico, generalmente montada en un eje. Junto con su contraparte fija,

el estator, forma el conjunto fundamental para la transmisión de potencia en motores y máquinas eléctricas en general.

En el caso de los motores jaula de ardilla: En su interior contiene barras conductoras a lo largo, de aluminio o de cobre con surcos y conectados juntos en ambos extremos poniendo en cortocircuito los anillos que forman la jaula.

Figura 5. Componentes de un motor trifásico jaula de ardilla



Fuente: <http://pelandintecno.blogspot.com/2011/03/motor-electrico-partes-y-funcionamiento.html>

2.11.3.3 Caja de conexiones. En los motores poseen caja de conexiones en la parte superior de la carcasa; en los demás motores va instalada a la derecha. Para la conexión a tierra se dispone de un borne en la caja de conexiones, debidamente marcado, en los motores de tamaño considerable tiene adicionalmente bornes a tierra en las bases.

Los motores se suministran con los puentes correspondientes para las diferentes conexiones de sus bobinas.

Figura 6. Cajas de conexiones



Fuente: TUBASEC C.A.

2.11.3.4 Carcasa. Es la parte que protege y cubre al estator y al rotor, en ésta van alojados todos los componentes y a su vez adjunto la caja de conexiones, el material que por lo general que están hechas es de hierro fundido gris y elevada resistencia estructural en aplicaciones de trabajo pesado, también contamos existen carcasas de aluminio inyectado para los más pequeños, las carcasas pueden ser:

- Totalmente cerrada
- Abierta
- A prueba de explosions
- De tipo sumergible

A continuación en la figura 7 de la página siguiente, se ilustra la imagen de la carcasa en este caso desmontado el ventilador y la tapa correspondiente donde se alojan las conexiones de la bornera.

Figura 7. Carcasa del motor



Fuente: TUBASEC C.A.

2.11.3.5 *Platillos*. Presenta resistencias a exigencias mecánicas elevadas. Son los encargados de asegurar el rotor con el estator y al eje.

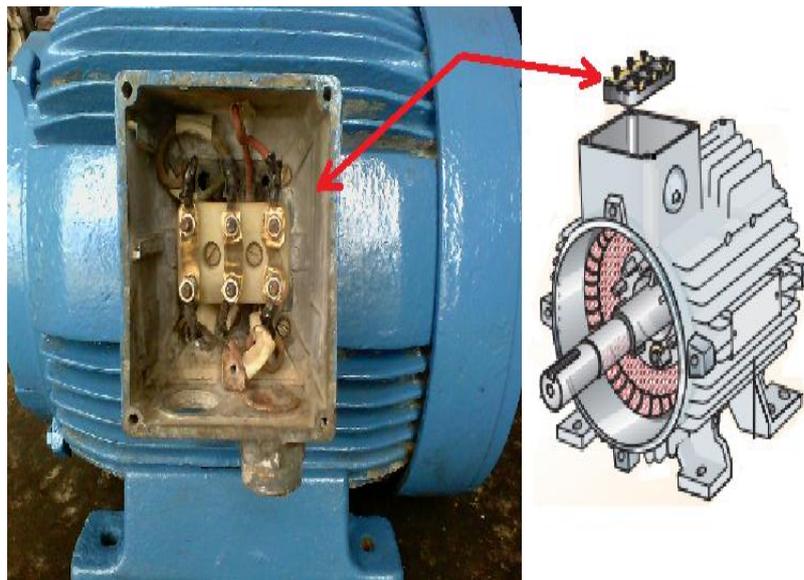
2.11.3.6 *Ventilador*. Su función principal es la de refrigerar los devanados del motor, son de plástico y su acción refrigerante es complementada con la caperuza.

2.11.3.7 *Caperuza*. En los motores en general son los que sirven de protección del motor y a la vez de conducción del aire de ingreso al ventilador del motor, es decir para su respectiva refrigeración.

2.11.3.8 *Regleta de bornes*. En la regleta de bornes van alojados los contactos principales de las conexiones del motor como se ilustra en la figura 8.

2.11.3.9 *Rodamientos*. Los rodamientos son tipos de cojinetes que son elementos mecánicos que reducen la fricción entre el eje y el rotor por medio de rodadura, que sirve de apoyo y facilita su desplazamiento, ilustrado en la figura 9.

Figura 8. Regleta de bornes



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 9. Rodamientos



Fuente: TUBASEC C.A.

2.11.3.10 Bobinados. También llamados devanados o arrollamientos, los bobinados en el estator al ingresar las corrientes generan una inducción en la cual las fuerzas eléctricas crean un campo magnético con las chapas metálicas del rotor se cruzan y esto hace que el rotor empiece a girar.

2.12 Orientación del mantenimiento [6]

El mantenimiento en motores eléctricos, se puede orientar principalmente a la mantenibilidad y disponibilidad a la cual está ajustada los requerimientos de los proceso de producción, para la consecución de los objetivos planteados en el departamento de mantenimiento se tiene varias alternativas tales como el Mantenimiento Productivo Total (TPM) y el mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM2).

El TPM es una filosofía del mantenimiento que se refiere a la calidad total en el trabajo, pero que exige cero fallas, cero averías y el modo de cambiar la mentalidad de todos los trabajadores en la organización o empresa que sea implantado.

El RCM es un sistema de mantenimiento que se basa en la confiabilidad, es decir que si existe un paro en algún componente o máquina, el proceso debe seguir manteniéndose con su trabajo normal, y esto se logra mediante el remplazo de dicho componente en el sistema.

En forma general el mantenimiento es un conjunto de actividades realizadas en un equipo, sistema o componente para asegurar que éste continúe desempeñando las funciones deseadas dentro de un contexto operacional determinado.

2.12.1 Tipos de mantenimiento

Según el estado del activo

- Mantenimiento Operacional
- Mantenimiento Mayor

Según las actividades realizadas

- Mantenimiento Preventivo
 - Mantenimiento en uso (m.u.s)
 - Mantenimiento hard time (m.h.t)

- Mantenimiento “on condition” (m.o.c)
- Mantenimiento Correctivo
- Mantenimiento Predictivo
- Mantenimiento Detectivo
- Mantenimiento Proactivo

2.12.2 Mantenimiento Predictivo. Es un mantenimiento on condition automático, evolucionado, planificado y programado que se fundamenta en el análisis técnico, programas de inspección y reparación de equipos, el cual se adelanta al suceso de las fallas en funcionamiento.

Existen muchas técnicas que se pueden aplicar en el área del mantenimiento predictivo, siendo algunas de ellas las siguientes:

- Termografía infrarroja
- Ultrasonido
- Análisis de vibraciones
- Análisis de aceites
- Análisis espectral de intensidad de corriente
- Análisis del flujo de dispersión
- Ensayos no destructivos (END)
- Otras

2.12.2.1 Características del Mantenimiento Predictivo

- El Mantenimiento Predictivo se lo realiza mediante inspecciones continuas o periódicas; las periódicas se basan en la programación recomendada por el fabricante o por criterio propio, dependiendo del tipo de equipo, máquina o elemento considerado.
- Disminuye considerablemente las posibilidades de error a la hora de establecer diagnósticos de fallas.
- Establece patrones de comparación exactos y confiables que permiten de una manera rápida definir las fallas de los equipos.

- Utiliza para su detección y análisis, técnicas de trabajo muy sofisticadas, y de fácil aplicación.
- Permite establecer con amplio margen de seguridad cuando se requiere cambiar un elemento o equipo.
- Permite la inspección con el equipo en funcionamiento sin necesidad de detener el proceso.

2.12.2.2 Ventajas del Mantenimiento Predictivo

- Incrementa la seguridad de la empresa, debido al monitoreo permanente y preciso por medio de instrumentos avanzados que permiten detectar fallas prematuras en el nivel de aislamiento y equipos, altas temperaturas.
- Reducción de los costos del mantenimiento, ya que este tipo de mantenimiento garantiza una disminución del costo en equipos de monitoreo como una función real de la condición del equipo. El inventario de repuestos puede ser reducido si el sistema, máquina o componente son monitoreados apropiadamente.
- Aumento de la vida útil de los equipos presentes en la empresa debido a su constante inspección de sus partes esenciales los cuales podrán operar continuamente hasta que la condición real de funcionamiento óptimo indique el fin de la vida útil de los mismos.
- Mayor disponibilidad operativa de los equipos presentes en la empresa; por lo tanto, las paradas serán programadas solo cuando sea estrictamente necesario, sin interrupción sorpresiva de la producción y sin problemas de mantenimiento.
- El personal de mantenimiento de la empresa está obligado a dominar las diferentes fases del proceso realizado y obtener técnicas que permiten aplicar un método científico de trabajo riguroso y objetivo.

2.12.2.3 Desventajas del Mantenimiento Predictivo

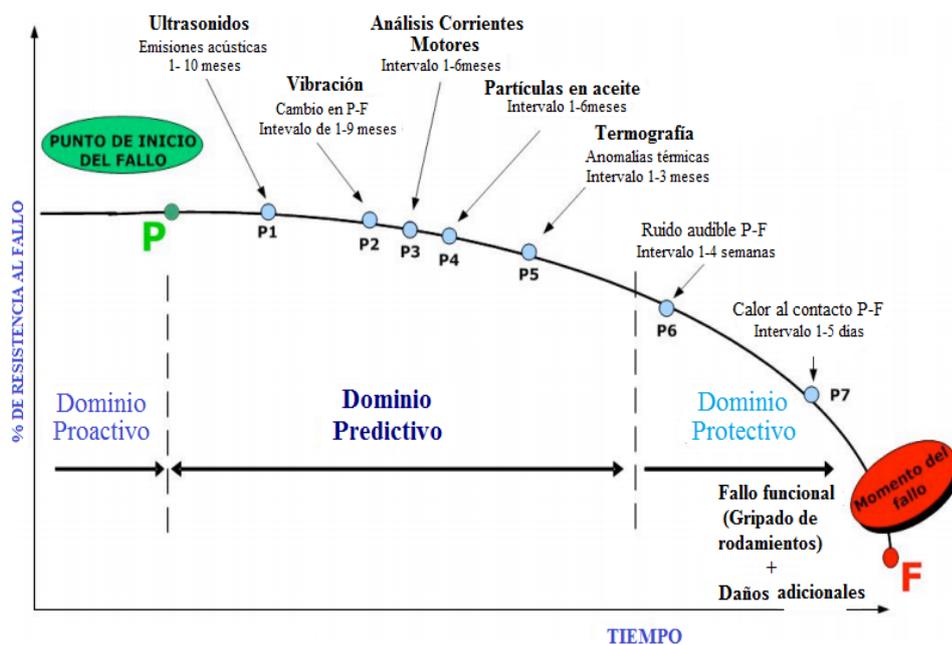
- Su principal desventaja del mantenimiento predictivo es la alta inversión inicial en instrumentos y equipos avanzados de medición portátil.
- Para realizar este tipo de mantenimiento se requiere disponer en la empresa del personal técnico calificado y con experiencia, que sea capaz de interpretar los datos

que generan los equipos de monitoreo y emitir conclusiones en base a ellos, este trabajo requiere un conocimiento técnico elevado de la aplicación.

- La implantación de este tipo de mantenimiento se justifica en máquinas, equipos o instalaciones, donde los paros repentinos del proceso o servicio prestado ocasionan grandes pérdidas, o donde las paradas innecesarias tienen un alto costo para la empresa.

2.12.2.4 Acotaciones del mantenimiento predictivo. Las tecnologías predictivas activan el mantenimiento basado en la condición, que no es más que intervenir la maquinaria industrial solo cuando así se lo requiera, además se coloca en una posición favorable en cuanto a la disposición oportuna de los recursos necesarios para el mantenimiento (repuestos, servicios, hora/hombre, herramientas, etc.). El mantenimiento on condition se enfoca hacia soluciones puntuales y no hacia la intervención general de la maquinaria.

Figura 10. Técnicas a utilizar en el dominio del predictivo según modo de fallo.



Fuente: <http://www.preditec.com/repositorio/ca41/pdf>

En función del modo de fallo que se esté desarrollando, será necesario utilizar una u otra técnica o bien una combinación de ellas para asegurar la detección. Cuanto más tiempo nos anticipemos al fallo, más tiempo dispondremos para la necesaria tarea de planificar y programar la acción correctora antes de que se llegue al fallo total. La termografía

industrial en motores eléctricos debe ir conjuntamente con un análisis vibracional para complementar y tener un diagnóstico eficiente y resultados satisfactorios.

2.13 Equipo termográfico, conocimiento y funcionamiento [7]

La termografía infrarroja nos permite visualizar y medir temperaturas con precisión a distancia y sin necesidad de contacto físico con la superficie del objeto a realizar su estudio.

Como necesidad para realizar estas mediciones es necesaria la utilización de cámaras termográficas infrarrojas, las cuales son capaces de medir dicha energía de radiación que emiten las superficies y determinar la temperatura en la cual se encuentran estos objetos a cierta distancia y en tiempo real.

Los problemas generados por las variaciones o fluctuaciones de temperatura pueden ser detectados por las cámaras termográficas, el termógrafo o la persona a tomar estas medidas debe estar capacitado, tomar sus respectivas seguridades, realizar las mediciones, analizarlas donde pueden haber fallas potenciales en los equipos que conllevaran a una falla funcionales de los mismos.

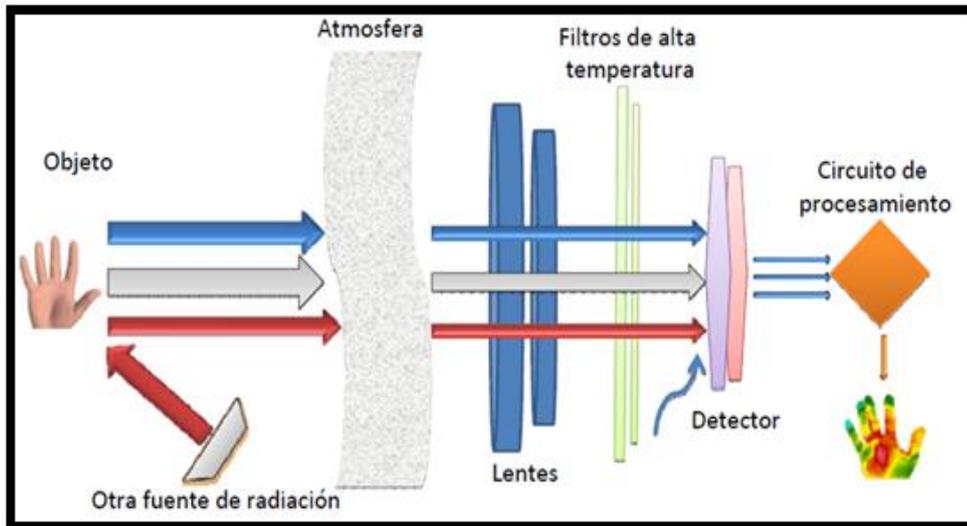
2.13.1 Cámara termográfica. El proceso por el cual una cámara térmica transforma la energía térmica en la luz visible se compone de la siguiente manera:

Cuando se mide la temperatura mediante la cámara termográfica, la radiación IR emitida por el objeto converge debido a los lentes (óptica) de la cámara, el detector realiza un cambio de tensión o de resistencia eléctrica, la cual es leída por los elementos electrónicos de la cámara termográfica.

La señal producida por la cámara se convierte en una imagen electrónica llamada termograma o mapa de temperatura.

En la figura 11 se representa un esquema simplificado del proceso de una cámara termográfica en la cual se obtiene la imagen infrarroja.

Figura 11. Esquema simplificado del proceso de una cámara IR.



Fuente: Análisis termográfico Nivel I, IVAN BOHMAN C.A.

2.13.2 Partes básicas de una cámara IR. Consta de lentes, filtro, detector o micro bolómetro, circuito de procesado de la imagen, interfaz de usuario (pantalla, salida de video, memoria, etc.). Dependiendo de la marca y modelos las funciones de cada cámara variarán de acuerdo a las necesidades que presenten los usuarios y empresas.

Figura 12. Partes básicas de una cámara IR.



Fuente: Análisis termográfico Nivel I, IVAN BOHMAN C.A.

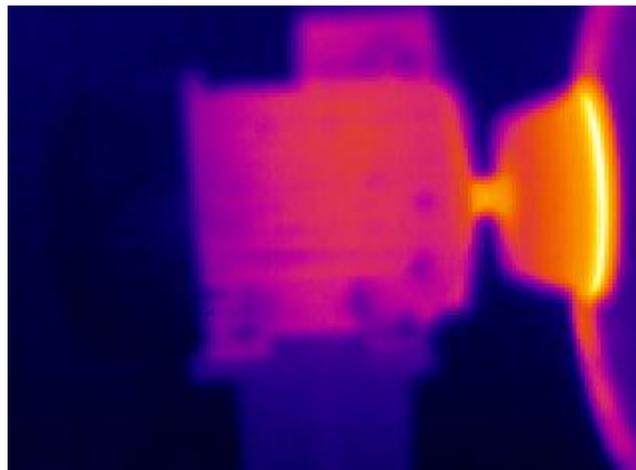
2.13.3 Termograma. Un termograma es una imagen de un objeto electrónicamente procesado y mostrado en la pantalla en donde las distintas tonalidades de colores corresponden con la distribución de la radiación infrarroja que emite la superficie del objeto. Con este proceso la persona encargada de tomar las mediciones será capaz de observar la temperatura del objeto mediante el termograma, que corresponde con la energía irradiada procedente de la superficie del objeto.

El objeto es la máquina, mecanismo o pieza que va a ser inspeccionado con una cámara termográfica.

2.13.4 Características técnicas necesarias para operar el equipo. La elección correcta de la cámara IR para inspeccionar cada equipo y componente dependen de ciertas características técnicas en la que se va a operar dicho equipo, el medio ambiente en que se desenvuelve, el lugar y el tipo de inspección.

2.13.4.1 Enfoque. Los problemas más comunes con la mayoría de imágenes son debidas a la captura de una imagen desenfocada. Esto hace que el análisis y la evaluación sea cada vez más difícil porque una imagen termográfica desenfocada puede generar una disminución de la temperatura real sobre todo si se está midiendo puntos muy calientes.

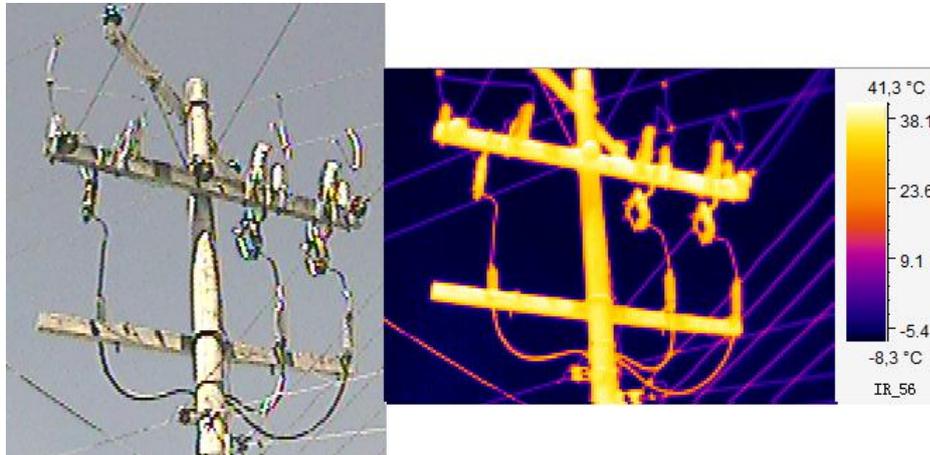
Figura 13. Imagen desenfocada



Fuente: Autores

2.13.4.2 Perspectiva. Mantener el objeto de interés lo más grande posible y mantener también la perspectiva de la imagen conforme a sus alrededores.

Figura 14. Imagen térmica salida de perspectiva



Fuente: Autores

2.13.4.3 Composición. Es muy similar a tomar una fotografía, es importante mostrar la relación con el área circundante y asegurarse que se muestre el problema y sus causas.

Figura 15. Composición de imagen térmica



Fuente: Análisis termográfico Nivel I, IVAN BOHMAN C.A.

2.13.4.4 Rango. Se refiere a los rangos de temperatura que una cámara infrarroja puede medir con precisión. La cámara que requiera en sus aplicaciones elevadas temperaturas, debe estar calibrada en su rango más alto del rango de temperatura.

2.13.4.5 Rango térmico. La mayoría de sistemas infrarrojos requieren un rango térmico, los objetos fuera de rango pueden ser difíciles de ver, además no podrán ser medidos con precisión. Pueden existir imágenes de temperatura confusas, por ejemplo, si el objeto tiene la temperatura más caliente de 300°C y se usa un nivel de temperatura que va de -40° a 120°C sólo se verá una imagen en blanco en la pantalla de la cámara. El uso de un nivel adecuado de temperatura le proporcionará una mejor imagen para su análisis y para la posterior determinación de la fuente del problema.

2.13.4.6 “Span” térmico. Es la diferencia entre el ajuste de temperatura alto y bajo de una imagen infrarroja.

El control del “Spam” puede ser ajustado para manual o automático.

- *Manual.* Remueve o satura las áreas con temperaturas altas o bajas que no están relacionadas con el objeto de interés.
- *Automático.* Los problemas potenciales se pueden ver parcialmente ocultos por altas temperaturas.

2.13.4.7 Nivel térmico. El nivel térmico es el punto medio del “Spam”. Las zonas calientes en los elementos que trabajen a un nivel térmico medio o alto, se corresponden normalmente

- Degradación o pérdida de aislamiento, tanto interno (refractarios), como externos (calor fugado).
- Zonas afectadas por presencia de corrosión.

La identificación de las zonas afectadas, así mismo como el nivel térmico de los daños, constituyen la información necesaria para decidir sobre su posterior reparación.

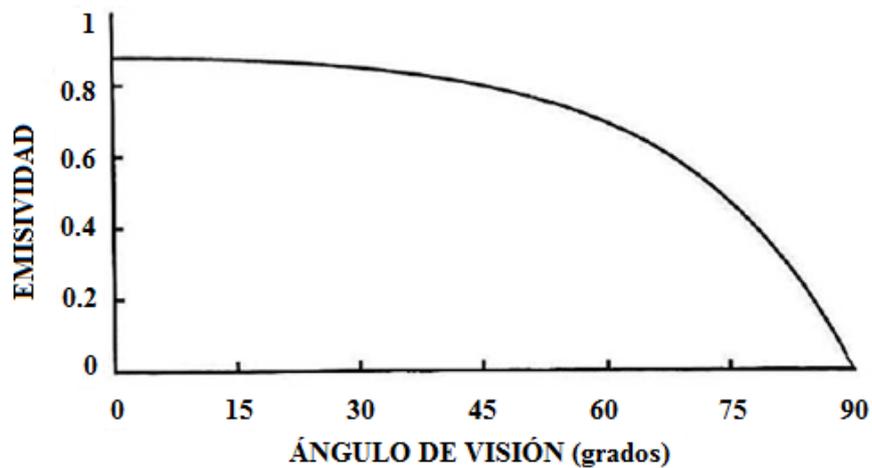
2.13.4.8 Ángulo de visión. Mantener el ángulo de la cámara tan cerca de la perpendicularidad como sea posible.

Permanecer atento a los cambios de temperatura radiante debido a:

- Cambios en el ángulo de visión
- Variación de forma de su objetivo.
- Orillas de objetos curvos a menudo parecen estar a temperatura ambiente.

La emisividad de una superficie disminuye al aumentar el ángulo de visión con respecto a su normal, y las mediciones de temperatura precisas se logran con ángulos inferiores a 30°. Si se mide con un ángulo de 30° a 60° se introduce un pequeño error a partir de 60° el error se hace muy grande, como se ilustra a continuación.

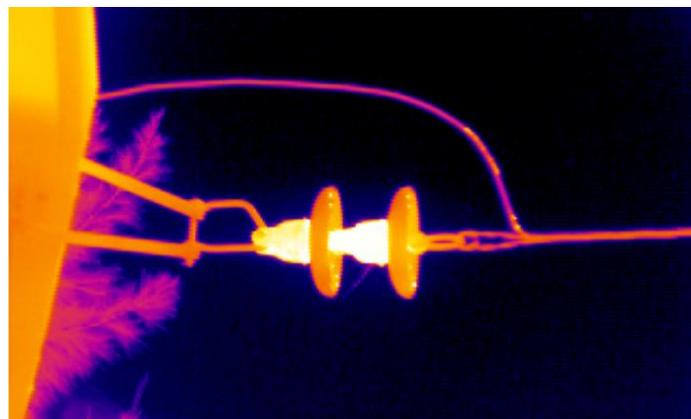
Figura 16. Ángulo de visión de una imagen IR en función de la emisividad [2].



Fuente: <http://www.mediprec.es/inspecciones-fotovoltaicas>

2.13.4.9 Reflejos. Una vez identificado un posible problema, este debe ser revisado desde diversos ángulos o perspectivas para confirmar que el diagnóstico dado sea correcto. Existen diversas causas, por las que un problema aparece en una imagen, para observarlo desde otro ángulo desaparece o se mueve, esto se lo conoce como reflejos. Evite los reflejos moviéndose de un lugar a otro.

Figura 17. Reflejos detectados en un termograma



Fuente: Análisis termográfico Nivel I, IVAN BOHMAN C.A.

2.13.4.10 Resolución. La resolución de una cámara infrarroja dependerá del detector, el lente y la trayectoria óptica.

- resolución 120 x 120
- resolución 120 x 160 (detector)
- resolución 320 x 240 (lente)
- resolución 640 x 480 (trayectoria óptica)

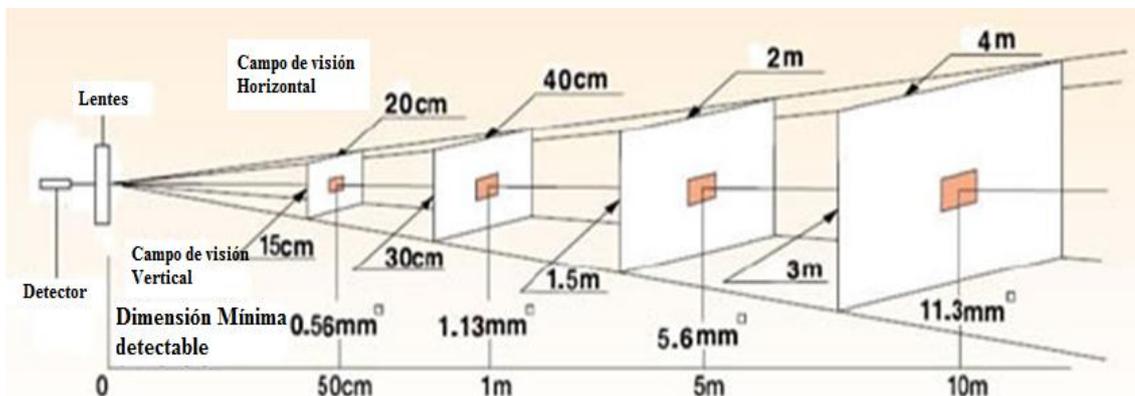
2.13.4.11 Tipos de resolución. Existen dos tipos de resolución: espacial y de medición.

2.13.4.12 Resolución espacial. El más pequeño detalle puede ser resuelto, el tamaño del detector de los lentes y las distancias definen el tamaño mínimo de lo que se puede ver y de lo que se puede medir. La mayoría de las veces se especifica en radianes y se define como campo de visión instantáneo (instantaneous field of view-IFOV).

- **Campo de visión instantáneo (IFOV)**

Es la característica usada para describir la capacidad de una cámara termográfica para resolver detalles espaciales (resolución espacial). Es equivalente a la proyección de un píxel en la superficie observada y la suma de todos los IFOV's que forma el Campo de Visión (FOV). Cuando se proyecta desde un detector a través de un lente, el campo de visión instantáneo da el tamaño de un objeto que puede verse a una cierta distancia.

Figura 18. IFOV y FOV de una cámara termográfica



Fuente: Análisis termográfico Nivel I, IVAN BOHMAN C.A.

- **Campo de visión (FOV)**

Es una característica que define el tamaño de lo que se observa en la imagen térmica, define el área total que puede ser visto por la cámara. El lente es el componente de mayor influencia en la conformación del (FOV), independientemente del tamaño de la matriz.

2.13.4.13 Resolución de medición. Define al objeto más pequeño del que puede medirse su temperatura con precisión a una cierta distancia. Se puede ver el punto caliente y ser medido. Al acercarse se puede medir resolviendo en parte el problema de la resolución de medición.

- **Campo de visión instantáneo de medida (IFOV_m)**

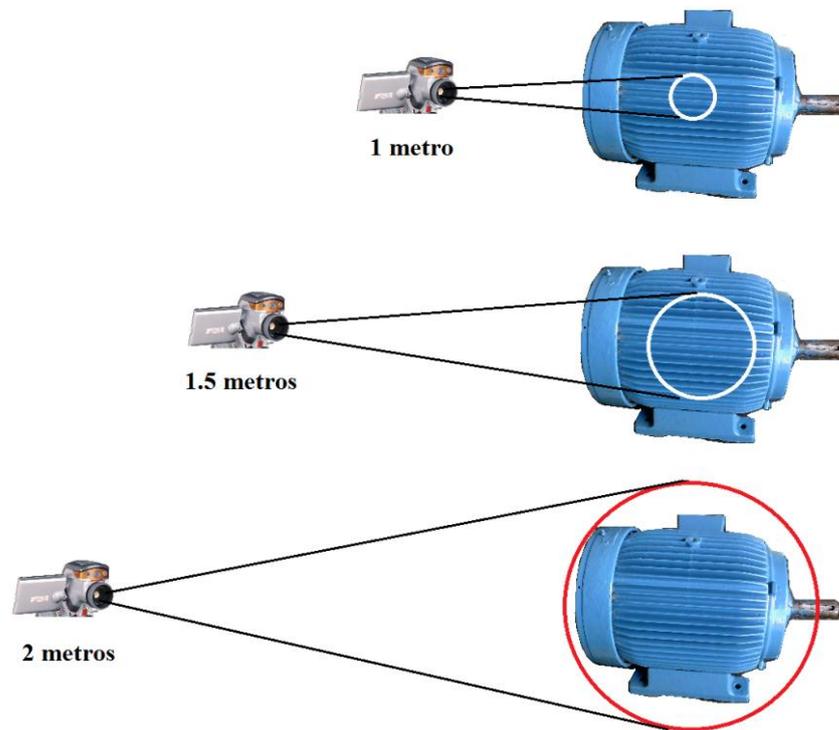
La resolución de medida de una cámara termográfica describe el tamaño mínimo que debe tener un objeto, para que pueda medirse a una cierta distancia, el (IFOV_m) se expresa en radianes, aunque generalmente es tres veces mayor que el *campo de visión instantáneo* (IFOV). Esto se debe a que una cámara termográfica necesita más información sobre la radiación del blanco para medirlo que para detectarlo.

2.13.4.14 Distancia. Es un factor sumamente importante, se relaciona con dos cosas, primero con la resolución espacial de la cámara y segundo con la condición atmosférica.

2.13.4.15 Relación distancia – tamaño del objeto. Los errores de medición ocurren cuando el objeto es más pequeño que el área mínima observable, las temperaturas del medio son integradas a las lecturas del instrumento, para eso el termógrafo debe asegurarse de estar a una distancia propia para la medición.

2.13.4.16 Foco. El correcto enfoque de la imagen es fundamental para la interpretación de la imagen y la exacta medición de la temperatura del objeto. Un mal enfoque impide distinguir correctamente el objeto bajo observación y distorsiona la emisividad que llega a la cámara atenuándola, por tanto la temperatura del objeto parecerá menor. En conclusión, un mal enfoque llevará a un diagnóstico erróneo.

Figura 19. Relación distancia – tamaño del objeto



Fuente: Autores

2.13.4.17 Distancia focal. Se debe usar lentes apropiados para la aplicación. Es de gran utilidad, además de contar con el lente estándar de la cámara, tener lentes ángulo ancho y telefotos.

Cada lente debe ser calibrado en forma particular a la cámara termográfica.

2.13.4.18 Condiciones ambientales. El medio ambiente donde se realiza las inspecciones de termografía son de suma importancia para evaluar los resultados.

La radiación emitida por el sol, el factor de transmisión atmosférica, el viento, la lluvia y la humedad relativa puede afectar la inspección en los motores eléctricos.

2.13.4.19 Radiación solar. La mayor parte de equipos y componentes al aire libre, están expuestos a la radiación solar, el cual influye de dos formas en una inspección.

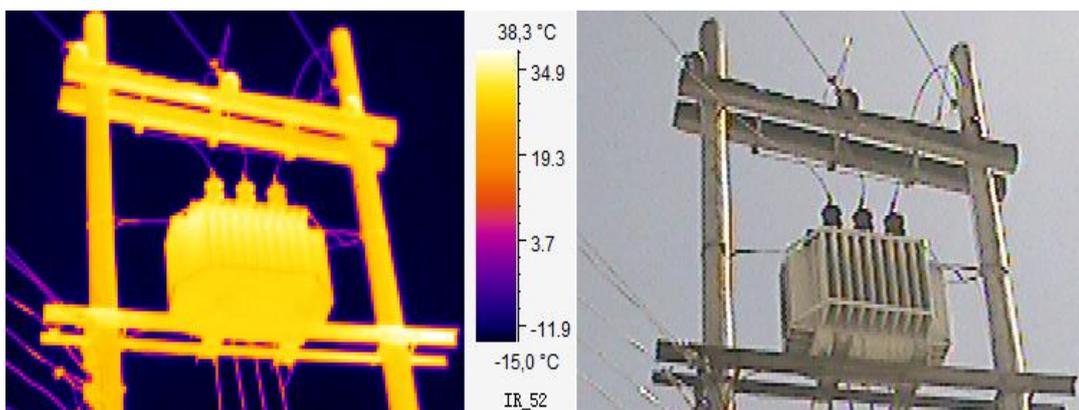
2.13.4.20 Carga solar. La carga afecta a los componentes aumentando la temperatura y dificultando la distinción de un componente defectuoso y uno normal.

El nivel de carga depende de la temporada que se realice la inspección termográfica, se recomienda hacer la inspección en períodos libres de radiación solar, es decir, entre el anochecer y la madrugada, o en días con el cielo nublado en equipos que estén expuestos al aire libre.

En la necesidad de llevar a cabo las inspecciones termográficas con días de alta carga solar, el efecto puede ser minimizado mediante la toma de las lecturas de temperatura en contra de la incidencia solar.

2.13.4.21 Reflexión solar. La radiación que llega al detector de la cámara en su mayor parte puede provenir de una fuente de calor cercana o de la radiación solar reflejada por la misma superficie del componente.

Figura 20. Reflexión solar causando una alta temperatura



Fuente: Autores

Como se puede observar en la figura 20, el brillo del sol incide en la imagen, al no tener la experiencia necesaria se puede diagnosticar situaciones normales como una falla inminente y, por lo tanto, solicitar una parada innecesaria para el mantenimiento urgente. Para eliminar esta reflexión solar, se recomienda llevar a cabo la inspección en la noche o en días con cielo nublado. Si la inspección se recomienda un cambio de ángulo entre la cámara termográfica y el equipo o componente que se inspecciona, para así eliminar el problema presente.

2.13.4.22 Temperatura de fondo. Las cámaras termográficas miden la radiación procedente por los objetos para calcular su temperatura, sin embargo, es la radiación

emitida por la superficie del objeto y no la reflejada por el mismo procedente del entorno la que determina su temperatura. Por ello, las cámaras termográficas a través del ajuste del parámetro denominado “temperatura de fondo o del entorno” compensan el efecto de la radiación emitida por el entorno y reflejada en la superficie del objeto.

2.13.4.23 *Velocidad del viento.* El viento influye en las mediciones en particular sobre superficies expuestas al exterior, como los motores, transformadores, fachadas de edificios, puentes, etc.

La pérdida de calor por convección por influencia del viento puede ser importante y enmascarar el calentamiento de un elemento defectuoso. Para trabajar con el efecto del viento que puede enmascarar las fallas debe tenerse en cuenta que la temperatura de fondo varía siendo el invierno la estación más favorable y las horas de la noche las que dan mayor contraste.

2.13.4.24 *Lluvia y humedad.* La humedad es la concentración de vapor de agua en el aire libre, por encima del límite de saturación (punto de rocío), la cantidad de agua en exceso se precipita en forma de niebla o de gotitas de agua (lluvia).

Las cuales pueden influir de dos maneras en una inspección termográfica.

2.13.4.25 *Enfriamiento.* En ambiente con alta humedad producido por las precipitaciones de agua y la alta conductividad térmica del agua, ayuda a disipar el calor producido, el resultado es una reducción considerable de la temperatura del componente que se inspecciona.

2.13.4.25 *Atenuación.* El vapor de agua en la atmósfera provoca una absorción de la radiación infrarroja reduciendo así la transmitancia atmosférica.

En caso de neblina, la atenuación es mayor debido a la dispersión de la radiación por las partículas suspendidas en el ambiente. Se recomienda no realizar inspecciones termográficas bajo niebla, lluvia, llovizna o humedad relativa demasiado alta.

2.13.5 Análisis y estudio de la cámara termográfica SATIR E8-GN utilizada para las inspecciones [9]

Para realizar los estudios se utilizó la cámara termográfica de marca SATIR E8-GN, cuyas especificaciones técnicas son las siguientes:

2.13.5.1 Características técnicas de la cámara SATIR E8-GN

Ver la tabla de características en Anexo C

2.13.5.2 Partes de la cámara termográfica SATIR E8-GN

En la figura 21, se detalla las partes de la cámara numeradas a continuación:

1. Luz de iluminación
2. Cámara visual CCD
3. Puntero láser
4. Lente térmico
5. Botón para capturar imagen
6. Soporte multifuncional
7. Anillo de enfoque
8. Lente anillo de bloqueo
9. Teclado
10. Batería / Ranura de tarjeta SD
11. Terminal de salida de video
12. Terminal USB
13. Pantalla LCD

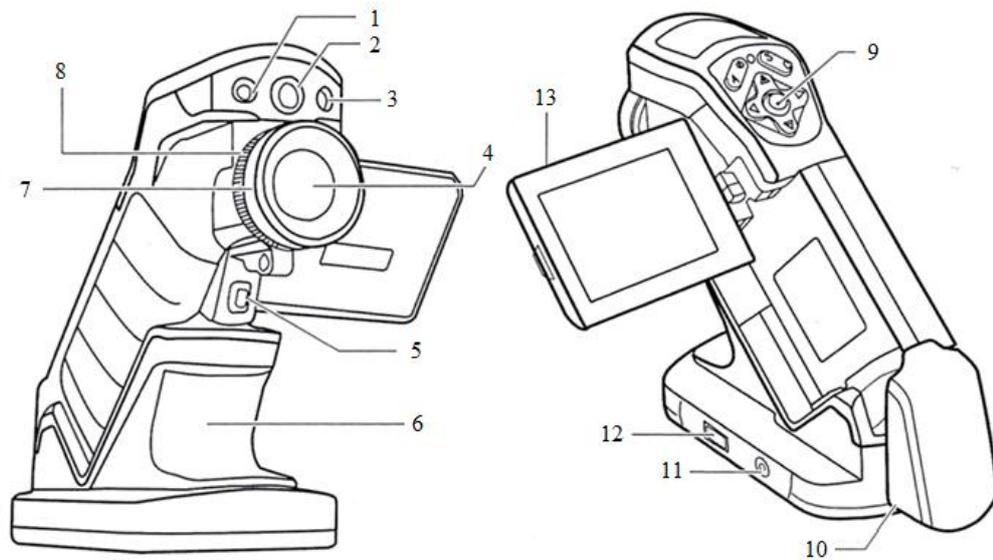
2.13.5.3 Introducción a los botones de la cámara termográfica

Botón power on/off: Control de encendido y apagado. Presione y mantenga el botón de encendido durante 3 segundos para encender o apagar la cámara.

Botón A. El botón “A” hace referencia a la tecla de ajuste automático.

Botón S. El botón “S” da acceso a la opción de activación de congelado (es decir se mantiene inmóvil la imagen de referencia).

Figura 21. Cámara SATIR E8-GN



Fuente: Catálogo Satir E8 series

Figura 22. Botón de encendido y apagado



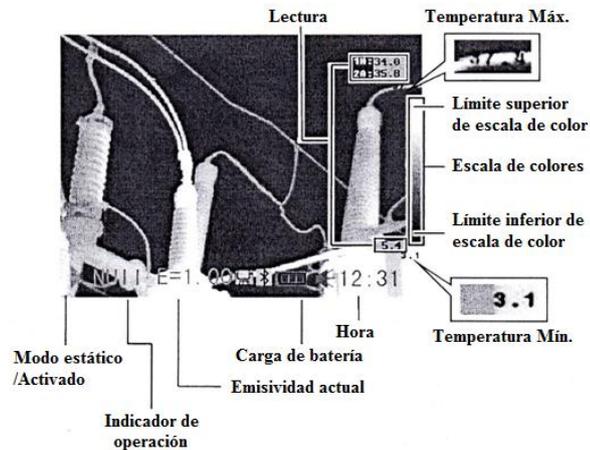
Fuente: Autores

Botón C. El botón C se utiliza para cancelar un menú, acceder a una función deseada o para volver a la pantalla principal de la imagen térmica, mixta o real.

Botón Menú / Enter. Permite ingresar al menú principal, y al seguir presionándolo permite ingresar a cada una de las herramientas de análisis de la cámara con la ayuda de las flechas alrededor de este botón.

2.13.5.4 Interface gráfica de la cámara termográfica. La pantalla LCD tiene un campo de visión del 100% de la imagen de tiro real. Las siguientes pantallas en vista de la información.

Figura 23. Pantalla principal de la cámara termográfica

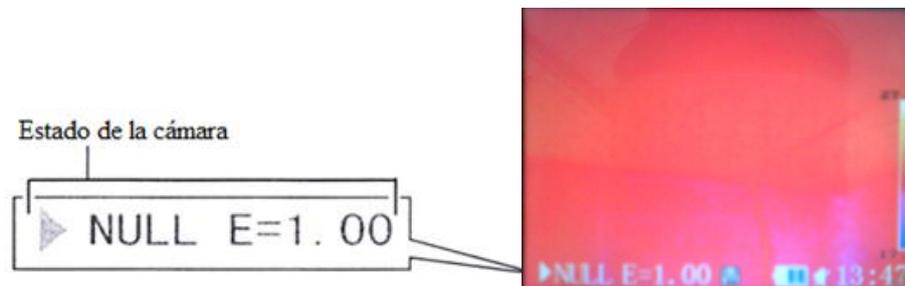


Fuente: Catálogo Satir E8 series

2.13.5.5 Acerca del indicador de operación

El indicador de funcionamiento muestra el estado actual de operación de la cámara.

Figura 24. Indicador de funcionamiento de la cámara termográfica



Fuente: Catálogo Satir E8 series

Menú Representa el código de menú

Null Representa que esta seleccionado el menú de no-modo y sin herramientas de análisis.

***SP1...9** Representa que la herramienta de análisis actual y va del punto1 hasta 9.

CAP. Representa que la herramienta de análisis actual es de auto seguimiento.

ARI.5 Representa la corriente de la herramienta de análisis esta de zona 1, 2... ó 5.

***PRO** Representa la herramienta de análisis de corriente y es el "perfil".

- *ISO Representa la herramienta de análisis de corriente y es el análisis isotérmico.
- E Es el valor actual de la emisividad
-  Tarjeta SD ha sido insertada
-  Auricular Bluetooth se ha emparejado

2.13.5.6. Ajustes de disparo

Menú.- Presionando la tecla de Menú/Enter aparecerá el menú principal.

Figura 25. Tecla de selección Menú/Enter.



Fuente: Autores

Para ingresar a cada una de las herramientas del menú principal presione la tecla de la flecha hacia la derecha.

Figura 26. Tecla de selección flecha hacia la derecha.



Fuente: Autores

Para salir de cada menú y/o herramienta de análisis presione la tecla C.

2.13.5.7 Menú Principal

Figura 27. Menú Principal de la cámara termográfica.



Fuente: Autores

Archivo

- Abrir.- abre todas o cada una de las imágenes capturadas anteriormente.
- Conservar.- guarda las imágenes que se encuentran en la tarjeta SD de la cámara.
- Borrar.- borra una o todas las imágenes almacenadas.
- Voice Rec (grabación de voz). No disponible en software versión estándar.
- Voice Play (reproducción de voz). No disponible en software versión estándar.
- File setup.- muestra la configuración (nombre, directorio, número del archivo guardado).

Análisis

- **Punto.-** Puede cargar 9 puntos de referencia para sus diferentes análisis.
- **Área.-** Puede analizar 5 áreas en una toma termográfica.
- **Profile (Perfil).-** Aparece la distribución de temperatura en el objeto seleccionado.
- **Isoterma.-** Sustituye algunos colores de la escala de la cámara, por otros de elevado contraste.
- **Remove spot (Borrar puntos) - remove área (borrar área/s) - remove profile (borrar perfil).-** sirve para eliminar las herramientas de análisis de la pantalla en el termograma.
- **Object parameters (parámetros del objeto).-** Son las configuraciones del objeto a analizar tal como los puntos, emisividad, distancia y sus configuraciones globales

como la temperatura del ambiente, humedad, composición del objeto1 y composición del objeto de referencia (referencia de temperatura, punto, o área), Temperatura de referencia.

- **Analysis setup.-** Configuraciones de análisis que vienen incluido alerta, alerta de temperatura, corrección de temperatura, color de saturación, ancho del isoterma, color del isoterma, tipo de isoterma y alerta de isoterma.

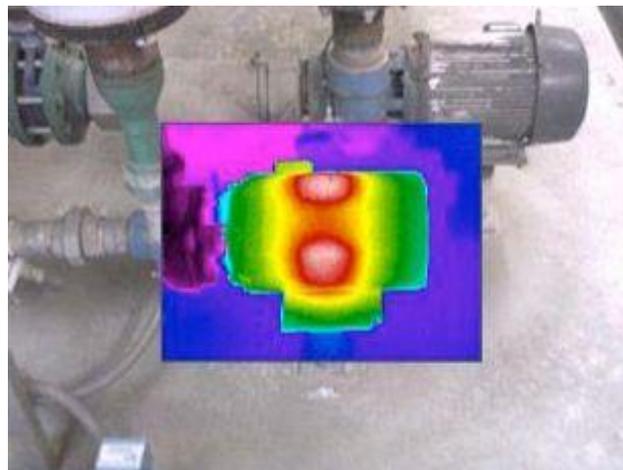
Regulación manual

- Nivel
- Alcance
- Temperatura esfera: -20-250

IR/Visible

- **IR only.-** se muestra solamente en la pantalla completa la imagen infrarroja.
- **Visión only.-** se muestra en toda la pantalla la imagen real.
- **Mix.-** se muestra en un cuadro la imagen infrarroja y el resto de la pantalla se observará la imagen real.

Figura 28. Imagen térmica mezclada IR y real.



Fuente: Autores

Paleta de colores.- Los colores presentes en la paleta son los siguientes.

- Hierro
- Hierro invertido

- Arco iris
- Pluma
- Gris
- Gris invertido

Save file (guardar archivos) - **freeze/live** (paraliza la imagen) - **laser on** (encender láser) – **lightning on** (encender Luz) – **auto reajuste** (realiza auto ajuste de la imagen).
system setup.- Son las configuraciones del sistema la cual consta de:

- **Fecha & tiempo.-** Ajusta la fecha y hora.
- **Local setup.-** Ajustan el idioma, salida de video, unidad de temperatura, unidades de distancia.
- **Camera setup.**
 1. Auto reajuste.- alcance, nivel y alcance, nivel.
 2. Continuo reajuste.- nivel y alcance, Nada, Nivel.
 3. Obturador personal.- normal, off, corto.
 4. Revelación de LCD.- nunca, 30s, 60s, 2min.
 5. Cerrar.- nunca, 2min, 5min, 10min.
 6. Laser reajuste.- Off, On
 7. Menu Style (estilo del menú).- normal, translucence, lucency.
- **Información del sistema.-** Proporciona la información de la cámara termográfica.

<p>Guangzhou SAT Infrared</p> <p>Technology Co., Ltd.</p> <p>Núm. de serie: E810024</p> <p>Fecha de Producción: 2012.05.05</p> <p>Versión: 1.1.33ST.</p>

2.13.5.8 Pasos de encendido y calibración de la cámara termográfica. Antes de que encienda la cámara termográfica debe asegurarse que la batería este cargada en su totalidad y que la tarjeta se encuentre insertada correctamente:

- a) Presione el botón  durante 3 segundos para encender la cámara.
- b) Espere que aparezca la imagen de inicio en la pantalla y proceda a quitar la tapa del lente.
- c) Configure los parámetros de la cámara termográfica emisividad, humedad relativa, distancia.
- d) Apunte la cámara al objetivo.
- e) Gire el anillo de enfoque para ajustar la imagen correctamente hasta que ésta aparezca lo más nítida posible.
- f) Capture la imagen en modo real, infrarroja o mixta con el botón del gatillo de la cámara, para esto deberá estar en la opción de guardar archivo en el menú principal (save file).

2.13.5.9 Software de medición termográfica SATIREPORT. El software SATIR report (estándar) es el que viene incorporado con la cámara y está diseñado para el análisis de la temperatura de la superficie de dispositivos industriales.

Las principales características tecnológicas del software son las siguientes: realizar el análisis de la temperatura con los datos de imagen térmica estáticas; completar la acción de convertir el formato de imagen (AVI, JPG, BMP) con la imagen térmica, generar informes o reportes de análisis, y la salida de datos de temperatura de imágenes térmicas. Proporciona suficientes herramientas de análisis de temperatura, de conformidad con los requisitos de detección de temperatura de fallo en diversas industrias.

El software USB, All, PRO, NET no vienen incluidos, para ellos se los deberá adquirir por separado.

2.13.5.10 Diseño y presentación. En la página inicial principal del software aparecerá una imagen como la de la Figura 30 en la cual analiza las imágenes tomadas por la

Tabla 1. Barra de menú software SATIREPORT

MENÚ	ÍTEM	SU FUNCIÓN
Archivo (File)	Abrir Guardar como Abrir y cerrar imágenes Abrir y cerrar hojas de reportes Salir	Abre un archivo ya existente. Guarda imágenes y/o reportes en formato *.SAT, *.CCD. Abre y cierra archivos Abre y cierra hojas de reportes. Cierra el SATIREPORT software
Imagen (image)	Configuración de imagen IR Fusión Acercar Alejar Tamaño original	Puede configurar la paleta, ajuste de imagen, área de la isoterma, parámetros de temperatura, y etiqueta de temperatura. Fusiona la imagen real con la imagen térmica. Agrandando el tamaño de la imagen. Disminuye el tamaño de la imagen. Regresa al tamaño original de la imagen.
Herramientas	Herramienta Nivel de temperatura Análisis gráfico Exportar datos	Selecciona la herramienta punto, línea, vernier, poli-línea, círculo rectángulo o polígono. Selecciona la máxima temperatura, mínima temperatura, cursor o información de puntos. Se puede obtener una distribución grafica de la temperatura. Puede exportar los datos de la imagen.
Reporte	Nuevo Guardar reporte Línea de flecha Cuadro de texto Tabla Imprimir	Crea un nuevo reporte Guarda el reporte actual creado. Agrega una flecha como guía o herramienta. Puede agregar texto. Inserta una tabla Imprime el reporte creado por el usuario.
Editar	Deshacer Rehacer Cortar Copiar Pegar	Vuelve al último cambio realizado en el archivo. Regresa al último cambio realizado en el archivo. Corta texto o imagen seleccionada. Realiza copia de texto o imagen seleccionada. Pega un elemento o texto previamente seleccionado
Ver	Horizontal Vertical Cascada	Puede seleccionar para la vista de las imágenes abiertas ordenando por nombre, fecha o predeterminada.
Sistema	Idioma Escalas de temperatura Lista de emisividades	Selecciona un idioma Permite seleccionar una temperatura en escala Celsius, fahrenheit o kelvin. Presenta un listado de materiales y sus respectivas emisividades.
Ayuda	Contenido A cerca de Activar	Abre el contenido del catálogo del software. Proporciona la información del software Puede activar las versiones PRO, USB, NET y ALL (en este caso solamente se posee la versión STD).

Fuente: SatirReport Software

2.13.5.12 Íconos generales del software

Tabla 2. Comandos y herramientas generales del software SATIREPORT

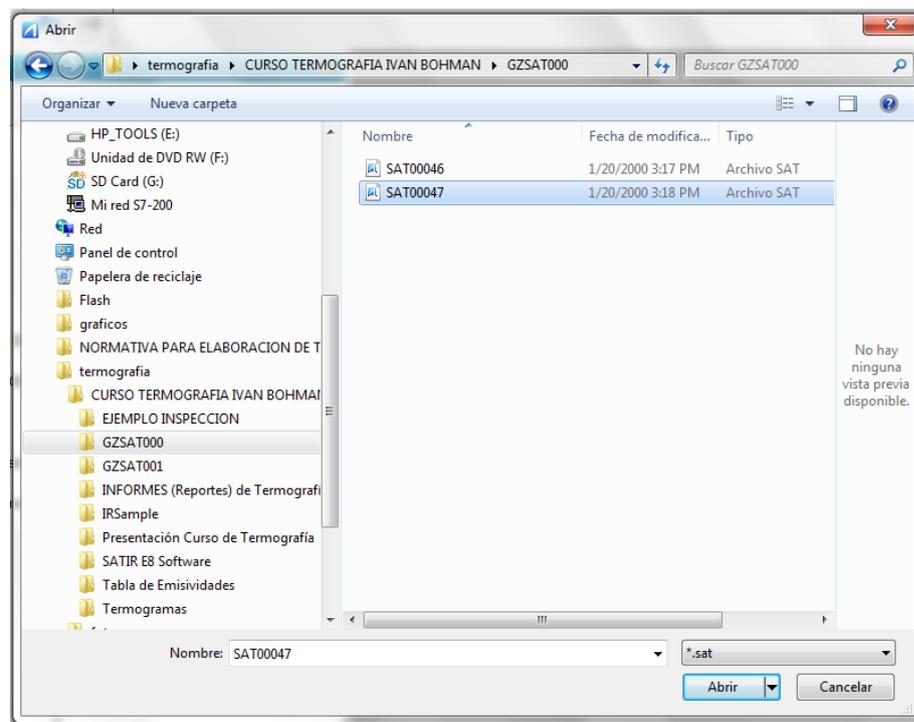
 Abrir	 Temperatura Máxima
 Guardar como	 Temperatura Mínima
 Nuevo	 Cursor
 Guardar Reporte	 Información del punto
 Cerrar imagen actual	 Exportar datos
 Cerrar todas las imágenes	 Fusión
 Punto	 Paleta
 Vernier	 Ajustes de imagen
 Línea	 Área Isotérmica
 Poli línea	 Parámetros de temperatura
 Círculo	 Nivel de temperatura
 Rectángulo	 Deshacer
 Polígono	 Rehacer
 Distribución	

Fuente: SatirReport Software

2.13.5.13 *Proceso de análisis de una imagen termográfica.* Para analizar una imagen termográfica se deberá realizar los siguientes pasos:

- Seleccionar **File** ➔ **Open** en la barra del menú. Una ventana nueva es abierta.

Figura 31. Ventana para abrir una imagen de análisis.



Fuente: SatirReport Software

- Nombre del archivo, por ejemplo “SAT00047.”
- Seleccionar la imagen termográfica para ser analizada.

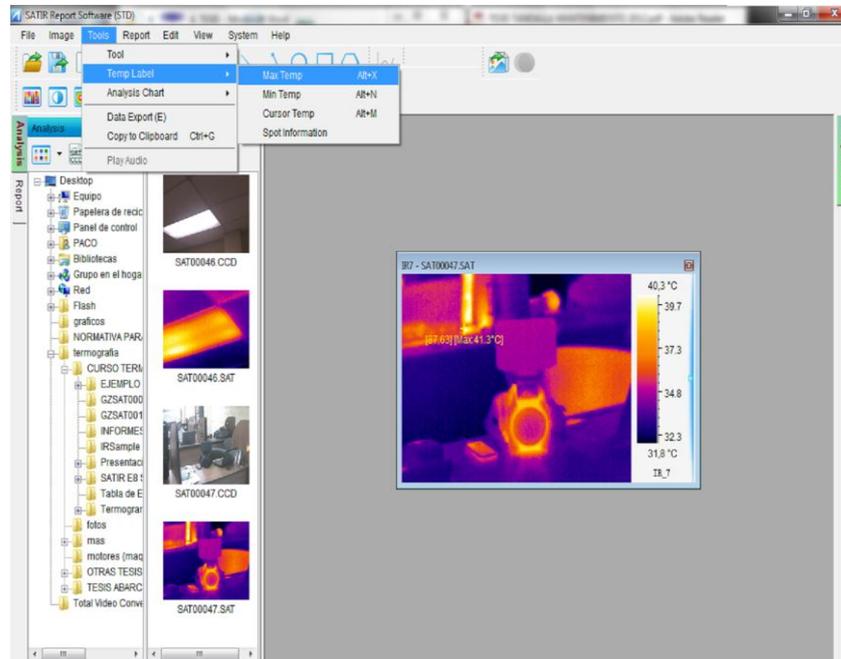
2.13.5.14 *Análisis del punto más caliente en un termograma.* Para poder realizar este análisis debemos realizar lo siguiente:

- Dar Click en **Tools** ➔ **Temp label** ➔ **Max Temp.** Aparecerá automáticamente el punto de temperatura más alto en el termograma.

2.13.5.15 *Análisis del punto más frío en un termograma.* Para poder realizar este análisis debemos realizar lo siguiente:

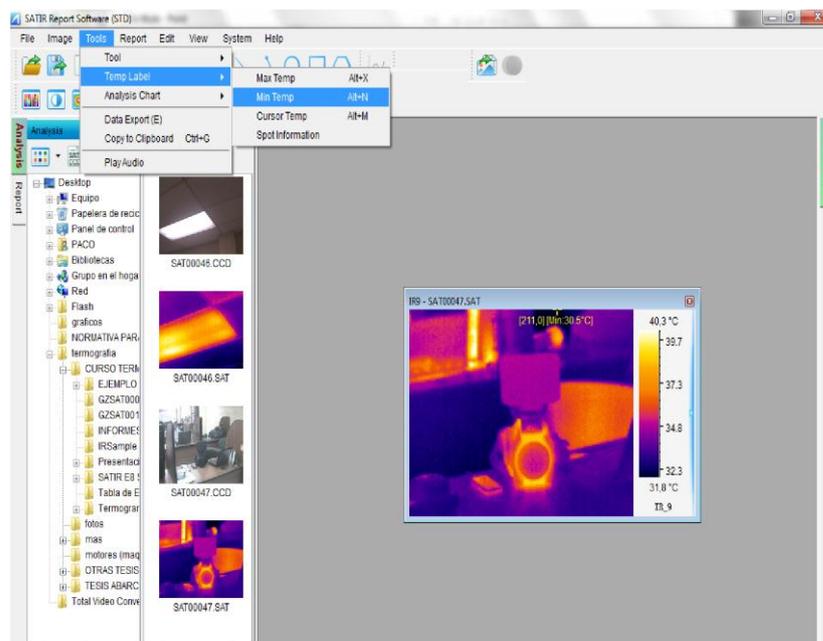
- Click en **Tools** → **Temp label** → **Min Temp**. Aparecerá automáticamente el punto de temperatura más alto en el termograma.

Figura 32. Punto más alto en el análisis del termograma.



Fuente: SatirReport Software

Figura 33. Punto más bajo en el análisis del termograma.



Fuente: SatirReport Software

CAPÍTULO III

3. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS EQUIPOS

El diagnóstico para realizar el plan de mantenimiento consiste en obtener todos los datos necesarios con el fin de conocer cuál es el estado técnico, mantenibilidad y disponibilidad de los motores a analizar, evitando así los paros imprevistos y reduciendo las frecuencias de mantenimiento, con el fin de proporcionar una herramienta eficaz para el desarrollo del departamento de mantenimiento de la organización.

3.1 Identificación de equipos

Los equipos y máquinas presentes en el proceso de producción de Eurolit son los siguientes:

3.1.1 Molino de crisotilo. Este equipo es el destinado para desfibrar el crisotilo, su capacidad es de 350 kg provisto de piedras móviles verticales de granito que están movidas por un motor eléctrico, la velocidad que se proporciona al eje del molino es de 16 r.p.m.

Figura 34. Molino de crisotilo



Fuente: Tubasec C.A.

3.1.2 Silos. Son tolvas metálicas que sirven para el almacenamiento del cemento a granel, su capacidad es de 60 y 90 toneladas respectivamente, y la duración de almacenamiento en los mismos es de 72 horas hasta la próxima producción.

Figura 35. Silos



Fuente: Tubasec C.A.

3.1.3 Almacenamiento de agua. En un reservorio se almacena el agua, la cual es utilizada para dosificar la mezcla. Cabe recalcar que esta nunca se desperdicia ya que los desperdicios se vuelven a utilizar mediante un sistema de tubería continua.

Figura 36. Tanque de almacenamiento de agua



Fuente: Tubasec C.A.

3.1.4 Celulosa. Consta de un hidrolizador de papel donde se tritura el cartón mediante agua y una especie de alabes que están en continuo movimiento circular el cual es producido por un motor de 60 hp y una bomba refinadora, el mismo que es enviado al hidrolizador de mezclas para la láminas onduladas.

Figura 37. Tanque celulosa



Fuente: Tubasec C.A.

3.1.5 Báscula. Son balanzas automáticas para el pesaje tanto de crisotilo como para el cemento, la balanza de crisotilo tiene una capacidad de 200 kg mientras que la balanza de cemento posee un capacidad de 2000 kg en su parte inferior acopladas a tolvas de la balanza.

Figura 38. Básculas



Fuente: Tubasec C.A.

3.1.6 Hidrolizador. Es un estanque donde se realiza toda la mezcla de la materia prima como el crisotilo, cemento, celulosa y agua que intervienen en la formación de láminas, este hidrolizador está en continuo movimiento circular para evitar el endurecimiento de la mezcla, el movimiento está provisto por un motor de 60 hp, la mezcla es impulsada por una bomba de envío a noria

Figura 39. Hidrolizador



Fuente: Tubasec C.A.

3.1.7 Noria. Es un dispositivo mecánico utilizado para el almacenamiento y agitación de la mezcla mediante palas, las mismas que están accionadas a un sistema de engranajes. En la pared de la noria existen cubetas utilizadas para recoger la pasta y los transporta al preagitador.

Figura 40. Noria



Fuente: Tubasec C.A.

3.1.8 Preagitadores y agitadores. Los preagitadores ayudan de la alimentación de mezcla a la máquina, poseen un agitador que se mueve a una velocidad constante lo que evita que la pasta o mezcla endurezca, para poder ser distribuida con la misma densidad a la ante tina de la máquina, esto se realiza por tres canales de alimentación, donde se puede controlar la pasta por compuertas en cada uno de estos tres canales, el propio Preagitador.

Figura 41. Preagitadores



Fuente: Tubasec C.A.

3.1.9 Cilindro tamiz. Es capaz de captar la pasta de la tina y adherirla al fieltro. Este cilindro el eje es construido en acero y las barreras y aros en acero fundido, el número de barreras es de 216 las mismas que están fijadas a unos aros interiores formando un solo cuerpo.

Figura 42. Cilindro tamiz



Fuente: Tubasec C.A.

3.1.10 Cortadoras. Las cortadoras son herramientas que sirven para cortar las láminas de crisotilo y darles una forma cuadrada, el corte se lo realiza tanto longitudinalmente como en sentido contrario, esto se realiza antes de que las mismas pasen al cuarto de fraguado para el respectivo secado.

Figura 43. Cortadoras



Fuente: Tubasec C.A.

3.1.11 Túnel de fraguado. Tiene por objeto endurecer la lámina ondulada una vez que ésta ha sido fabricada conservando su geometría, para poder manipularla posteriormente sin deformarla, en este túnel se produce el fraguado mediante el vapor generado por el caldero de la planta.

Figura 44. Túnel de fraguado y caldero



Fuente: Tubasec C.A.

3.1.12 Desmoldeadora. Es una máquina que se encarga de separar el molde metálico del producto terminado después de salir del cuarto de fraguado, es un sistema neumático el cual se encarga por medio de ventosas de separar la lámina ondulada del molde y por medio de bandas transportadoras estas láminas son enviadas para su almacenamiento.

Figura 45. Desmoldeadora



Fuente: Tubasec C.A.

3.1.13 Planta de vacío, bombas bell. Tiene por objeto producir la aspiración necesaria para el secado de la hoja primaria depositada sobre el fieltro y el secado del propio fieltro durante su acondicionamiento. Estas 3 bombas trabajan a 340 r.p.m.

Figura 46. Bombas bell



Fuente: Tubasec C.A.

3.1.14 Centralina. Es una unidad de control que verifica el nivel de aceite de un circuito hidráulico que se utiliza en el proceso, consta de motores eléctricos que controlan el funcionamiento de todas las centralinas.

Figura 47. Centralina



Fuente: Tubasec C.A.

3.1.15 Puente grúa. Es un equipo utilizado en el interior de la nave de la planta de Eurolit para transportar cargas muy pesadas en montajes, reparaciones de maquinaria en desplazamientos horizontales y verticales.

Figura 48. Puente grúa



Fuente: Tubasec C.A.

3.1.16 Aspiración de polvos. Es un proceso en el cual se absorbe o se capta los polvos que se encuentran en la planta durante el proceso productivo, tiene como propósito precautelar la integridad de todos quienes se encuentran laborando este sistema cuenta con mangas o filtros de aspiración.

Figura 49. Aspiración de polvos



Fuente: Tubasec C.A.

3.2 Codificación máquinas y equipos

3.2.1 Ubicación técnica. Todo activo tiene una sola ubicación, para este caso el espacio físico se lo conoce como ubicación técnica: es el espacio físico donde se ubica el activo.

Toda ubicación técnica se encuentra dentro de un centro de costos.

- **Centro de costos**

Es una subdivisión organizacional de una empresa, cuyo criterio de conformación dependerá de cada realidad empresarial; pero para facilitar su comprensión, se dirá que la agrupación quedará definida por la existencia de un proceso. Por lo tanto se puede decir que a cada proceso se le asigna un centro de costo.

- **Indicador de estructura**

La identificación para ubicaciones técnicas se crea mediante un indicador de estructura.

El indicador de estructura está formado por dos campos de entrada.

3.2.3 Códigos maquinaria – equipo

Tabla 3. Codificación máquinas – equipos de la planta de Eurolit

SECCIÓN	CÓDIGO	DETALLE
MEZCLA		SM: Sección de mezclas
Molino de Crisotilo	EU-SM-MOL-01	
Silos de cemento.#1	EU-SM-SIL-01	
Silos de cemento.#2	EU-SM-SIL-02	
Silos de cemento.#3	EU-SM-SIL-03	
Celulosa	EU-SM-CEL-01	
Bascula	EU-SM-BAS-01	
Hidrolizador	EU-SM-HID-01	
Noria #1	EU-SM-NOR-01	
Noria #2	EU-SM-NOR-02	
FORMADOR DE LÁMINAS		SMO: Sección de moldeo
Formador de láminas	EU-SMO-FOL-01	
Corte de láminas transversales	EU-SMO-COL-01	
Moldeado de ondas internas	EU-SMO-MOI-01	
Corte de láminas longitudinales	EU-SMO-COL-01	
Túnel de fraguado	EU-SMO-TFR-01	
Desmolde de láminas	EU-SMO-DEL-01	
MÁQUINA		SV: Sistemas de vacío
Bomba bell #1	EU-SV-BEL-01	
Bomba bell #2	EU-SV-BEL-02	
Bomba bell #3	EU-SV-BEL-03	
MÁQUINA		SC: Sistema de corte
Corte transversal de placas	EU-SC-TRA-01	
Corte longitudinal de placas	EU-SC-LON-01	
MÁQUINA		SD: Sistema de desmoldeo
Ventosa de láminas	EU-SD-VEN-01	
Transporte de carros	EU-SD-TRC-01	
Rodillo de corte	EU-SD-ROC-01	
Cortadoras	EU-SD-COR-01	
Cadena de transportadora	EU-SD-CAT-01	
Rodillo de limpieza de molde	EU-SD-RLM-01	
Bomba lubricación	EU-SD-BOL-01	
		EM: Equipos máquinas
Centralina 1, central oleodinámica.	EU-EM-CEN-01	
Centralina 2,cilindro matriz prensa	EU-EM-CEN-02	
EQUIPOS ADICIONALES		SA: Sistemas adicionales
Caldero	EU-SA-CAL-01	
Puente Grúa	EU-SA-PGR-01	

Fuente: Autores

3.2.4 Ubicación técnica motores eléctricos de la planta de Eurolit

Tabla 4. Ubicación técnica motores eléctricos de la planta de Eurolit

SECCIÓN	CÓDIGO	DETALLE
MEZCLAS	SM	
Molino de Crisotilo	EU-SM-MOL-01	(Potencia HP)
Motor de crisotilo	EU-SM-MOL-ME-01	30
Motor del molino de crisotilo	EU-SM-MOL-ME-02	5,425
Motor desfibrador	EU-SM-MOL-ME-03	5
Motor cadena de molino crisotilo	EU-SM-MOL-ME-04	5
Motor de báscula de crisotilo	EU-SM-MOL-ME-05	5.425
Motor reductor bis	EU-SM-MOL-ME-06	5.425
Motor de aspiración de mezclas	EU-SM-MOL-ME-07	5.425
Báscula de cemento	EU-SM-MOL-ME-08	5.425
Silos	EU-SM-SIL	Potencia HP
Motor de silos	EU-SM-SIL-ME-01	5,425
Motor de silos	EU-SM-SIL-ME-02	2,95
Motor de silos	EU-SM-SIL-ME-03	5,425
Motor de silos	EU-SM-SIL-ME-04	5
Celulosa	EU-SM-CEL-01	Potencia HP
Motor hidrolizador 2 (papel)	EU-SM-CEL-ME-01	60
Motor de bomba refinadora	EU-SM-CEL-ME-02	40
Motor de banda transportadora	EU-SM-CEL-ME-01	2,96
Motor elevador	EU-SM-CEL-ME-02	1,5
Motor vibrador	EU-SM-CEL-ME-03	1
Hidrolizador	EU-SM-HID-01	Potencia HP
Motor hidrolizador 1 (mezclas)	EU-SM-HID-ME-01	60
Motor de la bomba de envío a noria	EU-SM-HID-ME-02	60
Norias	EU-SM-NOR-01	Potencia HP
Motor noria 1	EU-SM-NOR-ME-01	6,16
Motor noria 2	EU-SM-NOR-ME-02	5
MÁQUINA CARTONERA 1		
MOLDEO	SM	
Formador de Láminas	EU-SM-FOL-01	Potencia HP
Motor preagitador de entrada	EU-SM-PRA-ME-01	5
Motor de rociadores	EU-SM-ROC-ME-01	20
Motor de bomba de agua de conos	EU-SM-BOC-ME-01	25
Motor de agitador de entrada	EU-SM-AGE-ME-01	5
Motor de agitador 1	EU-SM-AGI-ME-01	5
Motor de agitador 2	EU-SM-AGI-ME-02	5
Motor de bate fieltro	EU-SM-BFI-ME-01	5

MÁQUINA CARTONERA 2		
MOLDEO	SM	
Formador de láminas	EU-SM-FOL-01	Potencia HP
Motor de bomba de agua de achique	EU-SM-BOA-ME-01	10
Motor del cilindro motriz	EU-SM-AGI-ME-01	10
Motor de cuchillas de corte	EU-SM-CUC-ME-01	3
Motor de cuchillas de corte	EU-SM-CUC-ME-02	3
Motor de la centralina	EU-SM-CEN-ME-01	14,794
Motor de la banda transportadora	EU-SM-BAT-ME-01	5
Motor de la banda transportadora	EU-SM-BAT-ME-02	5
Motor de la banda transportadora	EU-SM-BAT-ME-03	5
Motor de la banda transportadora	EU-SM-BAT-ME-04	5
Motor del alveolar 1	EU-SM-ALV-ME-01	3
Motor del alveolar 2	EU-SM-ALV-ME-02	3
Motor del alveolar 3	EU-SM-ALV-ME-03	2,96
Motor del transporte de los carros	EU-SM-TRC-ME-01	3
Motor del transporte de los carros	EU-SM-TRC-ME-02	3
EM: Equipos máquinas		
Centralinas	EU-EM-CEN	Potencia HP
Motor de la centralina pequeña	EU-EM-CEN-ME-01	100
Motor de la centralina grande	EU-EM-CEN-ME-02	40
Motor de la centralina grande	EU-EM-CEN-ME-03	40
Motor de la centralina grande	EU-EM-CEN-ME-04	40
Máquina SV: Sistemas de vacío		
Bombas bell	EU-SV-BEL-01	Potencia HP
Motor de la bomba bell	EU-SV-BEL-ME-01	60
Motor de la bomba bell	EU-SV-BEL-ME-02	60
Motor de la bomba bell	EU-SV-BEL-ME-03	60
Motor de llenado de las bombas bell	EU-SV-BLL-ME-01	5
Máquina SV: Sistemas de corte		
Corte	EU-SC-01	Potencia HP
Motor de corte transversal	EU-SC-TRA-ME-01	3
Motor de corte transversal	EU-SC-TRA-ME-02	3
Motor de corte transversal	EU-SC-TRA-ME-03	3
Motor de corte transversal	EU-SC-TRA-ME-04	3
Motor de corte transversal	EU-SC-TRA-ME-05	3
Motor de corte transversal	EU-SC-TRA-ME-06	3
Motor de corte transversal	EU-SC-TRA-ME-07	3
Motor de corte transversal	EU-SC-TRA-ME-08	3
Motor de corte longitudinal	EU-SC-LON-ME-01	5
Motor de corte longitudinal	EU-SC-LON-ME-02	5
Motor de corte longitudinal	EU-SC-LON-ME-03	5
Motor de corte longitudinal	EU-SC-LON-ME-04	5
Máquina SD: Sistemas de desmoldeo		
Motor de ventosa del molde	EU-SD-VEN-ME-01	7,397
Motor de ventosa de placa	EU-SD-VEN-ME-02	7,397
Motor de transporte de carros	EU-SD-TRC-ME-01	15

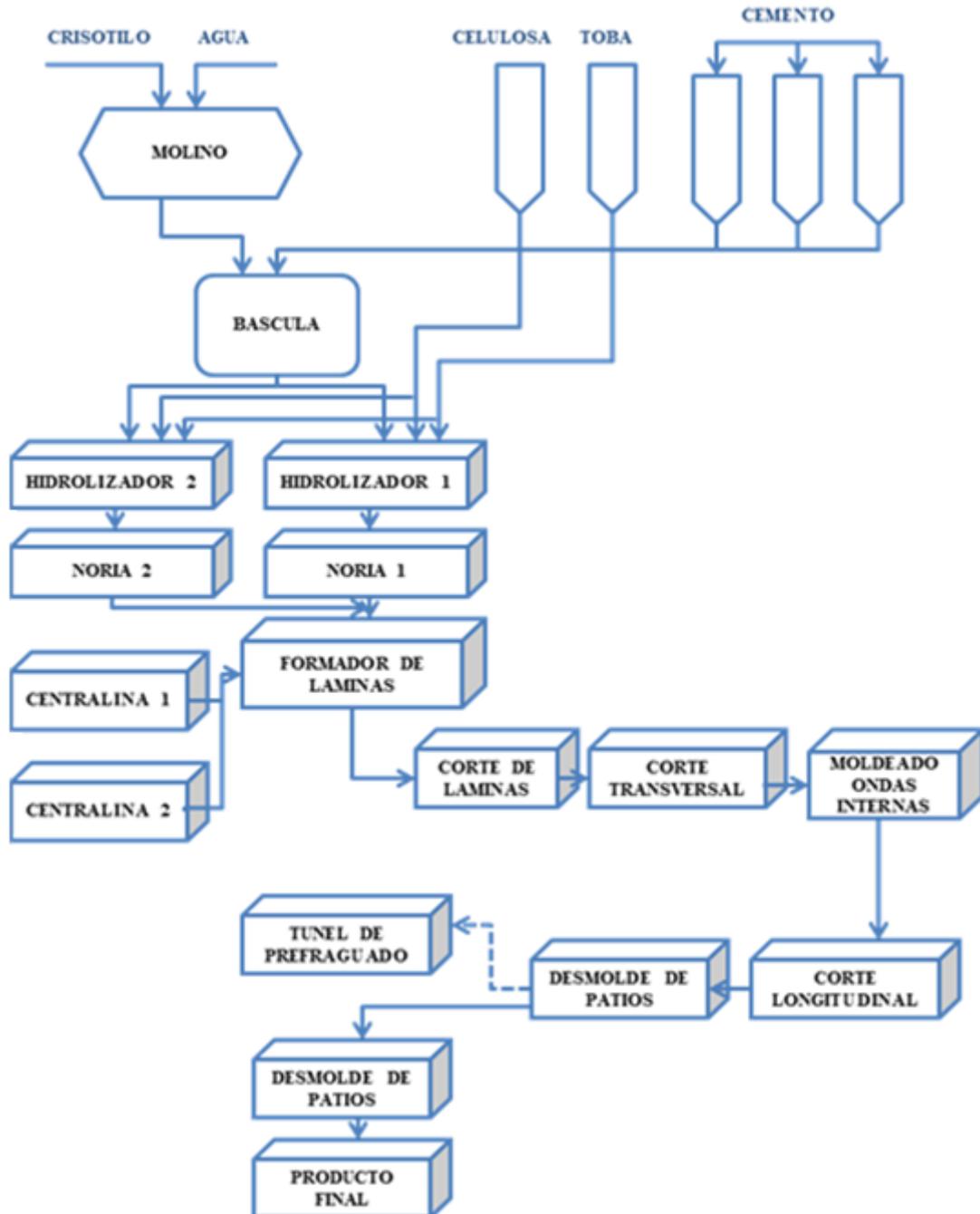
Motor de banda transportadora	EU-SD-TRC-ME-02	3
Motor de rodillos de corte	EU-SD-ROC-ME-01	5
Motor de rodillos de corte	EU-SD-ROC-ME-02	5
Motor de cortadoras transversal	EU-SD-COR-ME-03	3
Motor de cortadoras transversal	EU-SD-COR-ME-04	3
Motor de cortadoras transversal	EU-SD-COR-ME-05	5
Motor de cortadoras transversal	EU-SD-COR-ME-06	5
Motor de cortadoras longitudinal	EU-SD-COR-ME-07	3
Motor de cortadoras longitudinal	EU-SD-COR-ME-08	3
Motor de cadena transportadora	EU-SD-CAD-ME-01	5
Motor de cadena transportadora	EU-SD-CAD-ME-02	3
Motor de cadena transportadora	EU-SD-CAD-ME-03	5
Motor de rodillos de limpieza	EU-SD-RLM-ME-01	5
Motor de rodillos de limpieza	EU-SD-RLM-ME-02	5
Motor de rodillos de limpieza	EU-SD-RLM-ME-03	5
Motor de rodillos de limpieza	EU-SD-RLM-ME-04	5
Motor de la bomba de lubricación	EU-SD-BOL-ME-01	2
Equipos adicionales		
		SA: Sistemas adicionales
Motor de la bomba de aceite	EU-SA-CAL-ME-01	3
Motor del ventilador	EU-SA-CAL-ME-02	5
Motor de la bomba de bunker	EU-SA-CAL-ME-03	1
Motor de la bomba de diesel	EU-SA-CAL-ME-04	1
Motor de la bomba de aceite	EU-SA-CAL-ME-05	23,17
Motor de la bomba de diesel	EU-SA-CAL-ME-06	0,73
Motor de la bomba de diesel	EU-SA-CAL-ME-07	0,73
Motor del recorrido longitudinal	EU-SA-PGR-ME-01	3,82
Motor del recorrido longitudinal	EU-SA-PGR-ME-02	3,82
Motor del recorrido transversal	EU-SA-PGR-ME-03	3
Motor del recorrido transversal	EU-SA-PGR-ME-04	3
Motor del control del gancho	EU-SA-PGR-ME-05	10
Motor del control del gancho	EU-SA-PGR-ME-06	3

Fuente: Autores

En las respectivas codificaciones se tomó en cuenta normas y se especificó las ubicaciones técnicas de los motores anteriormente citados con el afán de adquirir su ubicación exacta de dónde se encuentra cada componente a ser monitoreado.

3.2.5 Diagrama de flujo de la elaboración de placas

Figura 50. Flujograma de placas.



Fuente: Tubasec C.A.

3.3 Diagnóstico de equipos

Para determinar cómo y en qué estado se encuentran los equipos no es necesario realizar un diagnóstico del estado técnico del equipo ya que mediante termografía solamente se deben realizar mediciones para detectar los problemas en los motores en funcionamiento sin necesidad de parar el proceso de producción.

3.4 Análisis del sistema actual de mantenimiento

En la actualidad la empresa está orientada a ejecutar el mantenimiento preventivo mediante el SISMAC que tiene por objetivo mejorar la eficiencia en todos los procesos productivos y de aumentar a la vez el rendimiento de los equipos, ya que a sus inicios la empresa solo realizaba un mantenimiento correctivo neto.

Se está tratando de innovar el mantenimiento predictivo, pero para ello es un impedimento el recurso económico ya que el mismo es muy elevado, dependerá de la dirección de la empresa abrir las puertas a los estudiantes para que mediante tesis de grado o pasantías pre profesional se realice este mantenimiento

3.5 Análisis de bitácoras de mantenimiento

En la empresa ya no se necesitan de archivos, bitácoras e historiales de cada máquina porque posee el programa de mantenimiento SISMAC donde se lleva un registro que contiene toda la información de la maquinaria existente, además se registran todas las actividades efectuadas por los técnicos con el objetivo de prevenir el desgaste prematuro de piezas vitales de funciones críticas en el proceso de trabajo, de pronosticar probables daños o determinar defectos en el funcionamiento.

Para lo cual se deben considerar las recomendaciones realizadas de reparaciones programadas con anticipación a la falla o inmediatas antes de la falla.

3.6 Análisis de recursos existentes para el mantenimiento

Lo concerniente a recursos siempre ha sido responsabilidad de la dirección de la empresa la misma que se encarga de programar y presupuestar la maquinaria para el siguiente año, nunca ha existido problema en lo que se refiere a mantenimiento de la planta y a lo que es abastecimiento del stock de repuestos, existe además una constante innovación de máquinas cuando éstas ya han cumplido su vida útil.

CAPÍTULO IV

4. PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA MOTORES ELÉCTRICOS

Una vez que se ha realizado el análisis de la empresa y de los equipos y máquinas existentes, se ha llegado a la conclusión de que se debe realizar un Mantenimiento Predictivo “on condition” y además que la línea de producción más importante de la empresa es la de Eurolit, y por consiguiente el siguiente paso es el de proceder a realizar el plan de mantenimiento para esta línea de producción.

Dentro de la elaboración del plan de mantenimiento se van a realizar varias propuestas, la primera de ellas será el análisis de criticidad para conocer cuáles son los equipos o máquinas con más severidad y por consiguiente realizar las mediciones termográficas y las evaluaciones respectivas a las mismas.

4.1 Criterios de diseño para el plan Mantenimiento Predictivo [10]

4.1.1 Metodologías para la inspección. Los especialistas en termografía utilizan tres métodos para realizar inspecciones con cámaras termográficas para encontrar algún daño severo en el termograma, estos métodos son comparativo, el inicial y el de tendencia. Cada método dependerá de lo que se desee inspeccionar y los datos que se necesiten.

En cada instalación se realizará una inspección minuciosa a todos los equipos con sus respectivos componentes, empalmes, uniones y bornes, para efectuar un análisis comparativo de las tomas por áreas tomando como referencia la temperatura de un elemento u objeto en condiciones normales frente a otro elemento que presente anomalías.

Con la finalidad de descartar falsos puntos calientes, todo punto caliente encontrado será analizado, considerando el tipo de material, parámetros del medio ambiente y enfoques desde diferentes ángulos para eliminar factores distorsionantes.

En caso de encontrarse puntos calientes se realizarán los correspondiente reportes termográficos, los mismos que serán entregados al personal autorizado.

4.1.2 Determinación de estrategias de mantenimiento. El RCM es una estrategia basada en la gestión de mantenimiento, que trata de optimizar la confiabilidad operacional de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo definidas, estableciendo las tareas de mantenimiento más efectivas, en base a la criticidad de los activos.

Dada la importancia que tiene la función del activo dentro del contexto operacional del sistema, se debe definir las funciones del mismo enmarcadas dentro de ciertos patrones de desempeño, con el fin de realizar un análisis de fallas funcionales, es decir las que conllevan a una disminución total o parcial del activo para desempeñar su función en un período de tiempo. Para esto, se debe realizar un análisis de jerarquización de cada activo, sistema e instalación dentro de un contexto operacional en función de su impacto global, con el fin de lograr la identificación del equipo crítico, mediante el análisis de criticidad, con el fin de facilitar la toma de decisiones.

4.1.2.1 Matriz de criticidad. La matriz de criticidad envuelve aspectos gerenciales y criterios de decisión que tratan de abordar los aspectos de impacto global con miras a descubrir los ítems. El análisis se efectúa a través de una matriz (Tabla 5) que contiene siete áreas de impacto con los criterios respectivos que ubica a cada ítem en una de las tres posibilidades:

- a) Riesgo alto
- b) Riesgo medio
- c) Riesgo Bajo

Las áreas de impacto mencionadas anteriormente, son las siguientes:

- S&S → Seguridad y salud
- MA → Medio ambiente
- C&P → Calidad y productividad
- P → Productividad
- TO → Tiempos operacionales

- TBF → Intervalos entre actividades
- MT → Tiempos y costos de mantenimiento

Tabla 5. Matriz de criticidad

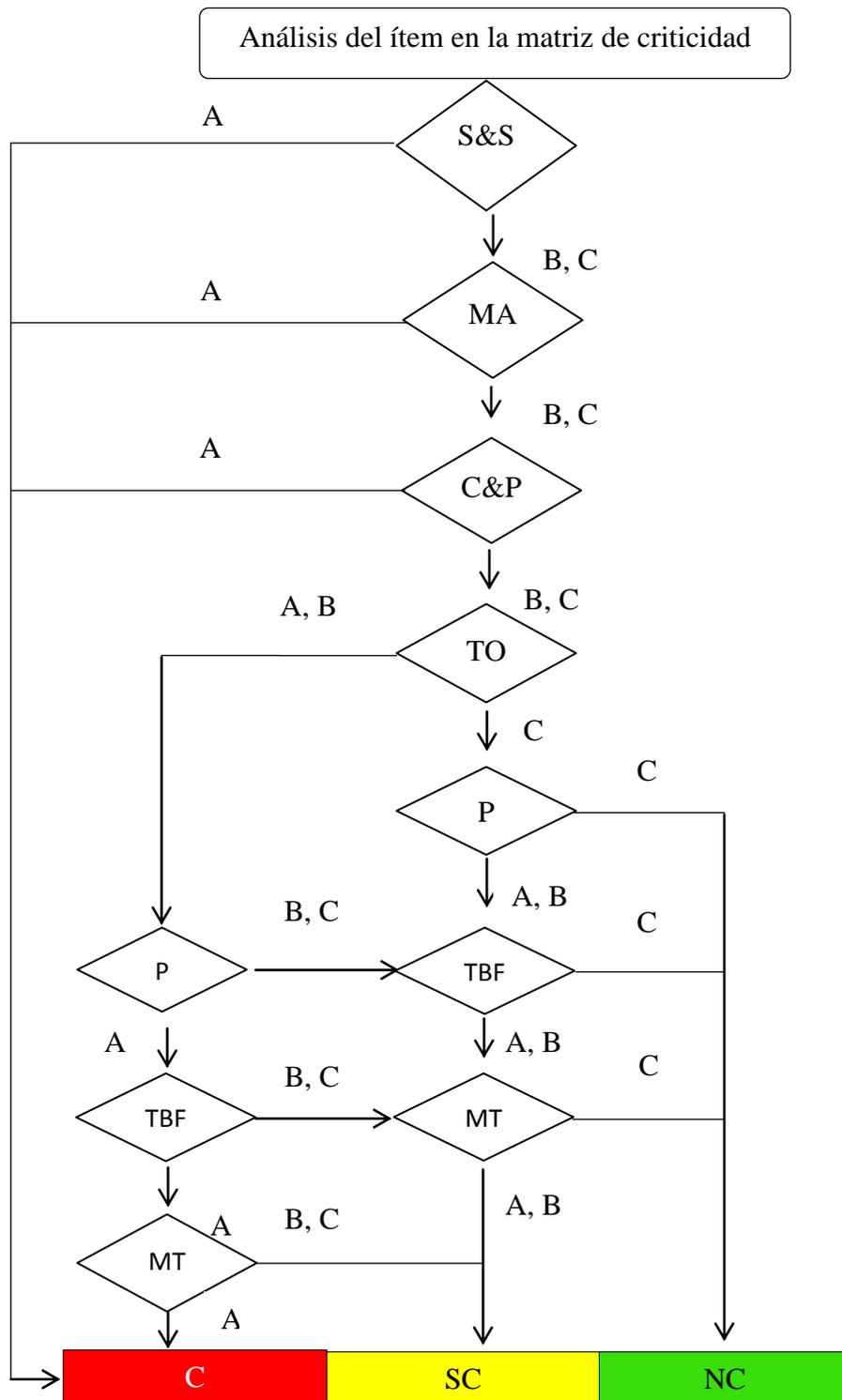
MATRIZ DE CRITICIDAD			
CAUSAS DE PARADAS NO PLANEADAS			
ÁREA DE IMPACTO	A RIESGO ALTO	B RIESGO MEDIO	C RIESGO BAJO
Seguridad y salud (S&S)	Alto riesgo de vida del personal	Riesgo de vida significativa del personal	No existe riesgo ni de salud ni de daños del personal
	Daños graves en la salud del personal	Daños menores en la salud del personal	
Medio ambiente (MA)	Alto excedente de los límites permitidos de derrame y fugas	Excedente de los límites permitidos y repetitivos de derrame y fugas	Emisiones normales de la planta dentro de los límites permitidos
Calidad y productividad (C&P)	Defectos de producción	Variaciones en las especificaciones de calidad y producción	Sin efectos
	Reducción de velocidad		
	Reducción de producción		
Producción (P)	Parada de todo el proceso	Parada de una parte del proceso	Sin efectos
OPERACIÓN DE EQUIPOS			
ÁREA DE IMPACTO	A RIESGO ALTO	B RIESGO MEDIO	C RIESGO BAJO
Tiempos de operación (TO)	24 hora diarias	2 turnos u horas normales de trabajo	Ocasionalmente o no es un equipo de producción
Intervalos entre actividades (TBF)	Menos de 6 meses	En promedio una vez al año	Raramente
Tiempos y costos de mantenimiento (MT)	Tiempo y/o costos de reparación altos	Tiempo y/o costos de reparación razonables	Tiempo y/o costos de reparación irrelevantes

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/60544366/3-Presentacion-MatrizCriticidad>

Para evaluar la matriz de criticidad se debe seguir las áreas de impacto para así obtener los riesgos que cada uno de los componentes que posee la fábrica y evaluarlos con el flujograma de criticidad descrito en la figura 51.

- Evaluación de la matriz de criticidad

Figura 51. Flujograma de criticidad



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/60544366/3-Presentacion-MatrizCriticidad>

4.1.2.2 Análisis de criticidad máquinas y equipos de la planta de Eurolit

Tabla 6. Análisis de criticidad planta Eurolit

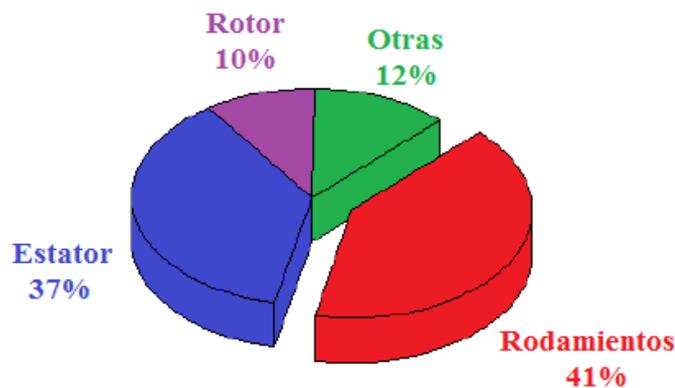
Sección	Proceso	Código	Seguridad y salud (S & S)	Medio ambiente (MA)	Calidad y productividad (C & P)	Tiempos de operación (TO)	Producción (P)	Intervalos entre actividades (TBF)	Tiempo costos mantenimiento (MT)	Criticidad
SM	MOL	01	C	C	A	A	A	C	A	C
SM	SIL	01	C	C	C	B	A	C	B	NC
SM	SIL	02	C	C	C	B	A	C	B	NC
SM	SIL	03	C	C	C	B	A	C	B	NC
SM	CEL	01	C	C	A	B	A	C	B	C
SM	BAS	01	C	C	A	A	A	B	B	C
SM	HID	01	C	C	A	A	A	B	B	C
SM	HID	02	C	C	C	C	C	B	C	NC
SM	NOR	01	C	C	A	A	A	B	C	C
SM	NOR	02	C	C	C	B	B	B	C	NC
SMO	FOL	01	C	C	A	A	A	B	B	C
SC	COL	01	C	C	A	A	A	B	B	C
SC	MOI	01	C	C	B	A	A	C	C	NC
SC	COT	01	C	C	A	A	A	B	B	C
SM	TFR	01	C	C	A	B	A	B	B	C
SD	DES	01	C	B	A	A	A	B	B	C
SV	BELL	01	C	C	A	A	A	B	B	C
SV	BELL	02	C	C	A	A	A	B	B	C
SV	BELL	03	C	C	A	A	A	B	B	C
EM	CEN	01	C	C	A	A	A	B	A	C
SA	PGR	01	C	C	C	C	C	C	C	NC

Fuente: Autores.

4.2. Análisis de zonas de fallas de motores eléctricos [11]

El personal de mantenimiento se encuentra limitado al tratar de diagnosticar las fallas en los motores eléctricos. Las herramientas comunes utilizadas han sido un ohmímetro y un medidor de aislamiento.

Figura 52. Estudio de fallas en motores eléctricos



Fuente: http://www.termogram.com/pdf/nov14_03/Paper_IEEE_Concapan_XXI.PDF

4.2.1 Fallas de motores eléctricos relacionados con la temperatura. En la mayoría de motores eléctricos la mayor parte de fallas pueden ser de aislamiento y fallas mecánicas.

Las fallas de aislamiento son caracterizadas por dañar las espiras del estator, conocidas como cortocircuito en el enrollamiento del estator.

Mientras que las fallas mecánicas, en su mayoría están asociadas a daños en el rotor o componentes relacionados al mismo. Dentro de las principales fallas mecánicas se pueden destacar las siguientes: daños en rodamientos, quiebre de barras y anillos del rotor, irregularidades en el entrehierro (excentricidades estáticas y dinámicas) y desbalanceos.

4.2.1.1 Causas de fallas en el estator - sobrecarga térmica. Las variaciones de tensión afectan la performance del motor y la temperatura de los bobinados. A la hora de diseñar motores, se suele utilizar un criterio que permita la operación satisfactoria del mismo con $\pm 10\%$ de variaciones de tensión.

Tensión de fase desbalanceada. Un pequeño desbalanceo de fase causará un aumento de temperatura en los bobinados del estator. Se ha constatado que cada 3.5% de desbalanceo por fase, la temperatura del bobinado aumenta en un 25% en la fase de

mayor corriente. Por ello se deben mantener las 3 fases lo mejor balanceadas posibles, con el fin de evitar la ocurrencia de este problema.

Arranques cíclicos. Si el motor es sometido a sucesivos arranques en un corto período de tiempo, la temperatura de los bobinados aumentará rápidamente debido a las altas corrientes de arranque. Otra consecuencia de los arranques cíclicos es la contracción y expansión del aislante de las bobinas, tornándolo frágil y susceptible a quebraduras con el pasar del tiempo.

Sobrecarga muchos motores de inducción son fabricados con una cierta holgura en la carga máxima de operación en régimen continuo, caracterizado como factor de servicio (no debe ser confundido con la sobrecarga momentánea del motor, la cual vale para cortos períodos de tiempo).

La utilización del factor de servicio implica una vida útil del motor menor a aquella en que el motor se encuentre operando con carga nominal.

Obstrucción del sistema de ventilación. El calor generado en el rotor y estator se disipa al exterior por medio de un sistema de ventilación, el cual, si por alguna circunstancia se encontrara obstruido o dañado, causaría un sobrecalentamiento en los bobinados del estator. Es importante recalcar la necesidad de utilización de un sistema de ventilación adicional si el motor opera con sobrecalentamiento en régimen normal.

4.2.1.2 Causas de fallas en el rotor - sobrecarga térmica. Puede ocurrir durante la partida, régimen permanente o en condiciones de rotor bloqueado, siendo esta última la condición responsable por lo mayores daños en el rotor.

Las causas más comunes de falla por sobrecarga térmica son enumeradas a continuación:

- Gran número de arranques consecutivos ocasionando altas temperaturas en las barras y los anillos del rotor
- Rotor bloqueado debido a grandes cargas impuestas en el eje del motor
- Fricción entre estator y rotor debido a fallas en el sistema de rodamientos o condiciones de altas vibraciones
- Rotura de barras del rotor debido a la fatiga

- Ventilación insuficiente

El sobrecalentamiento es un problema bastante común en motores de inducción, con la ventaja de que puede ser fácilmente detectado y corregido. Medidas simples de mantenimiento pueden contribuir de forma significativa a solucionar este problema.

Desbalance térmico. El desbalance térmico puede tener su origen ya en el proceso de fabricación del rotor o puede ocurrir debido a condiciones de operación que traspasen los límites de trabajo del mismo. Las causas más comunes de fallas por desbalance térmico son las siguientes:

- Arranques frecuentes del motor, pudiendo esto ocasionar diferentes temperaturas en las barras del rotor
- Transferencia de calor desigual entre el centro y las barras del rotor
- Gradientes de temperatura debido a la circulación de corriente desigual generada por rotura de barras.

Así como es relativamente sencilla la identificación de problemas de vibración en máquinas eléctricas, también lo es la identificación de desbalances térmicos, no así la identificación de la causa del problema.

Tabla 7. Causas y efectos de las fallas más frecuentes en un motor eléctrico debido a temperatura

Perturbación	Causa de la perturbación	Efecto de la perturbación
Aumento de la temperatura	<ul style="list-style-type: none"> • Suciedad de las partes del motor. • Aislamiento s térmicos defectuosos. • Cuchillas gastadas en molinos. • Sobrecarga de control desconfigurados. • Operación inadecuada de protecciones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Calentamiento excesivo. • Destrucción de equipos. • Conatos de incendio. • Pérdidas de energía. • Paros indebidos. • Sobre corrientes. • Caídas de tensión. • Ineficiencia en el proceso. • Extra costos en operación y mantenimiento.

Fuente: <http://www.ingeborda.com.ar>

Los motores se dimensionan normalmente para una vida teórica del orden de 25.000 horas de servicio (aproximadamente 10 años) con el aislamiento sometido a una temperatura máxima admisible en permanencia (120°C para clase B).

- **Las normas [NEMA Standars Publication, 1993]**

Indican que por cada 10°C que el motor opere sobre su valor límite de elevación de temperatura, la vida útil de su aislamiento se reduce a la mitad.

Aislamiento. Cuando hablamos de la condición de aislamiento nos referimos a la resistencia que existe entre este a tierra, indica que tan limpio ó sano esta un aislamiento.

La máxima temperatura de operación de un motor/generador depende principalmente de los materiales usados en su construcción, existen varias clases de aislamiento. A continuación se señala el alcance de temperatura máxima permitida para el aislamiento de un devanado, atendiendo a su clase, ver en el Anexo D. Se pueden observar los materiales en que son construidos estos aislamientos.

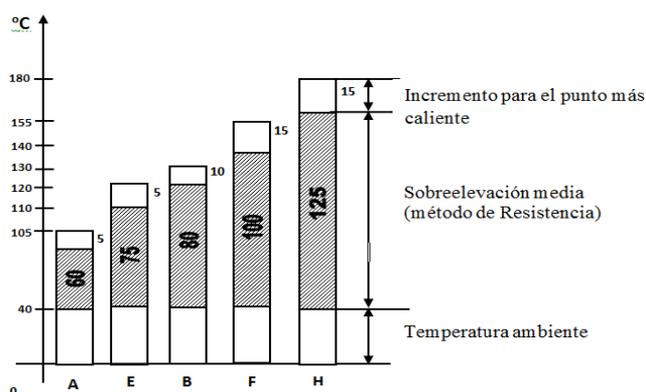
Tabla 8. Temperatura máxima permitida para el aislamiento atendiendo a su clase

Basado para temperatura ambiente de 40°C

Clase	Temperatura máxima	
Y	90°C	194°F
A	105°C	221°F
E	120°C	248°F
B	130°C	266°F
F	155°C	311°F
H	180°C	356°F
C	Más de 180°C	Más de 356°F

Fuente: Clases de aislamiento y clasificación térmica (doc)

Figura 53. Niveles de temperatura para las diferentes clases.



Fuente: Clases de aislamiento y clasificación térmica (doc)

Dichas temperaturas máximas, son a las cuales el aislamiento podría colapsar.

En la termografía es posible detectar una falla en el aislamiento de un motor si se tiene la clase de aislamiento del mismo (dato de placa). Generalmente al medir la temperatura de la carcasa del motor, asumimos que el aislamiento está en 20°C más alto que ésta.

Por ejemplo, si observamos que la temperatura de la carcasa de un motor es de 120°C, podría estar muy seguro que la temperatura del aislamiento está a por lo menos 140°C excediendo la temperatura máxima permitida para esa clase de aislamiento.

Temperatura Ambiente. Con temperatura ambiente nos referimos a la temperatura del medio empleado para enfriamiento, directo ó indirecto, esta temperatura se resta de la temperatura medida en la máquina para determinar el aumento de temperatura bajo condiciones específicas de prueba.

- **IEEE 43-2000 (Institute of electrical and electronic engineers)**

La norma de la IEEE basa los límites de aislamiento a una temperatura de 40°C.

- **IEC 85 (Internacional electrotechnical commission)**

Según esta norma todos los motores deberán estar diseñados de forma que los calentamientos en las diferentes partes del mismo no superen los límites establecidos.

Por ejemplo la IEC 34-1 para la clase B de aislamiento la temperatura ambiente máxima es de 40°C y cuando el motor esté trabajando a su tensión y frecuencia nominales y suministrando su potencia nominal, la máxima temperatura permisible alcanzada en el punto más caliente de los devanados del motor, será de 125°C.

Tabla 9. Temperatura del aire de refrigeración de un motor en función de la altitud del lugar de emplazamiento.

Altitud en metros	Temperatura máxima del aire de refrigeración
0 – 1000	40°C
1000 – 2000	35°C
2000 – 3000	30°C
3000 – 4000	25°C

Fuente: Análisis termográfico Nivel I, IVAN BOHMAN C.A.

4.2.1.3 Rangos de temperatura para inspecciones termográficas. Para realizar los informes y/o reportes en el presente análisis para el plan de mantenimiento se basaron en las normas ASNT –TC – 1A dedicada a los ensayos no destructivos.

Tabla 10. Tabla de prioridades norma ASNT – TC – 1A

Tabla de prioridades	
AAA mayor que 100 °C	Severo sobrecalentamiento Atención inmediata.
A 50°C - 99°C	Agudo sobrecalentamiento Tan pronto como sea posible.
B 30°C - 49°C	Desarrollado sobrecalentamiento Atender a la primera oportunidad
C 10°C - 29°C	Segundo paso de sobrecalentamiento Programar cuando sea posible
D menor de 10°C	Siguiente mantenimiento programado.

Fuente: Análisis termográfico Nivel I, IVAN BOHMAN C.A.

4.2.1.4 Inspector de termografía – termógrafo. Los resultados en una inspección dependen principalmente del analista de termografía (termógrafo) el cual interfiere directamente, respecto a la cantidad de anomalías detectadas, y la cantidad de imágenes obtenidas. Además debe conocer el funcionamiento, características del equipo termográfico usado y las operaciones de los equipos que se inspeccionen en una planta

industrial. Para obtener resultados concisos cada inspector deberá estar capacitado, certificado y calificado para la inspección, obviamente debe tener un alto nivel de formación y los conocimientos para detectar las posibles consecuencias de las fallas y buscar las soluciones.

Orientaciones para inspectores de termografía basadas en normas las cuales son las siguientes:

- SNT-TC-1A – Sociedad Americana de pruebas no destructivas – ASNT
- ISO-9712 – Organización Internacional de normalización – ISO
- ISO-18436 – Organización Internacional de normalización – ISO

De igual forma para trabajar con termografía se deben realizar una serie de cursos para las certificaciones nivel I (nivel mínimo) nivel II y nivel III (máximo nivel y necesario para impartir cursos para el acceso a nivel II), pero al ser titulaciones no homologadas por ningún organismo oficial se observa que muchas empresas dedicadas a la termografía no disponen de ninguna certificación, por lo cual se observa en la red informes y repotes con imágenes mal enfocadas, con errores en la interpretación correcta de la imagen, con lo cual la información que recibe el cliente no es la correcta.

4.3 Proceso de Inspección [12]

El proceso de inspección consiste en seguir los pasos con respecto al proceso productivo y las rutas especificadas en el plan, inclusive con las limitaciones e influencias de la termografía por infrarrojos es de suma importancia poseer un procedimiento de las inspecciones termográficas para su aplicación, el siguiente diagrama de flujo es un ejemplo de cómo la termografía puede encajar lógicamente en un programa de mantenimiento que incluye otras tecnologías de Mantenimiento Predictivo.

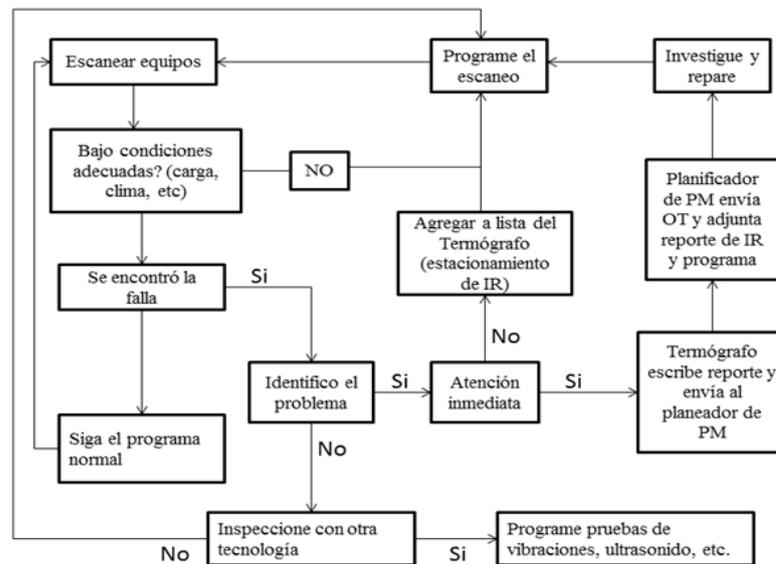
En la tabla 11 se encuentran los niveles de certificación para termógrafos con sus respectivos niveles con sus conocimientos a los que se enfocan éstos.

Tabla 11. Niveles de certificación para termógrafos

Niveles de certificación de termógrafos	
NIVEL 1	Está enfocado a la termografía cualitativa (interpretación de imágenes térmicas, sin análisis de las temperaturas) y realización de reportes.
NIVEL 2	Está enfocado a la termografía cuantitativa, correcta medición de las temperaturas y la correcta evaluación de la severidad de los problemas en instalaciones y equipos eléctricos, mecánicos y edificación.
NIVEL 3	Está enfocado a la administración de un programa de los procedimientos de trabajo termográfico, conocimiento de otras técnicas de ensayos no destructivos y a la formación.

Fuente: Análisis termográfico Nivel I, IVAN BOHMAN C.A.

Figura 54. Diagrama de flujo del proceso de inspección termográfico



Fuente: Snell, J. Fundamentos para un programa de inspección infrarroja

4.4 Frecuencias típicas de inspección termográfica

Las frecuencias recomendables para la inspección deben ser fijadas por la necesidad de los equipos. Algunas circunstancias como el uso, carga pesada ó un mantenimiento necesitado pueden sugerir una frecuencia apresurada de la inspección.

Las frecuencias representativas de la inspección termográfica se organizan de acuerdo a varios factores. El factor principal es la seguridad, la criticidad del equipo, el gasto de

una falla y de la frecuencia con la cual los problemas han estado impactando la producción y/o el mantenimiento en el pasado. Este último es trascendental para dedicar más tiempo a investigar las fallas en el pasado.

A largo plazo, son el resultado de sus inspecciones que mejoraran los cambios en sus frecuencias, el resultado de un programa planeado de mantenimiento basado en monitoreo de condición, las frecuencias de inspección para muchos activos se pueden extender. Es esencial, por lo tanto, para documentar todas sus conclusiones y para acumular y analizar estos datos periódicamente.

Las frecuencias siguientes de la tabla 12, incluso si son irrealmente genéricas, son buenos objetivos a largo plazo.

Tabla 12. Frecuencia de inspecciones en equipos y máquinas

Tipo de equipo	Frecuencia de inspecciones
Subestaciones de alto voltaje	1-3 años
Transformadores	Anualmente
Aire acondicionado	6-12 meses
Equipos de distribución eléctrica	4-6 meses
Motores eléctricos	4-6 meses

Fuente: Snell, J. Fundamentos para un programa de inspección infrarroja

Es importante que todo equipo sea inspeccionado, como parte del proceso de aprobación, para implantar la referencia de los datos térmicos.

4.5. Rutas de inspección termográfica

Dentro de la fábrica TUBASEC C.A. se ha considerado el proceso de Eurolit debido a la capacidad de producción que tiene la fábrica en la elaboración de sus productos, es por eso que para este monitoreo se ha tomado en cuenta a los motores eléctricos de los equipos críticos debido a su funcionamiento dentro de todo el proceso de producción.

4.5.1 Determinación de la Rutas de Inspección. Se realizó un listado general de los componentes a inspeccionar que se encuentran en la tabla 14 y el cronograma en el

Anexo E servirá para tomar en cuenta la frecuencia de inspección y posteriormente elaborar los informes o reportes de los mismos.

Tabla 13. Lista de equipos críticos de la planta Eurolit.

Sección	Nombre	Proceso	Código	Criticidad
SM	Molino	MOL	01	C
SM	Celulosa	CEL	01	C
SM	Báscula	BAS	01	C
SM	Hidrolizador	HID	01	C
SM	Noria	NOR	01	C
SMO	Formador láminas	FOL	01	C
SMO	Cortadora longitudinal	COL	01	C
SMO	Túnel de fraguado	TFR	01	C
SD	Desmoldeadora	DES	01	C
SV	Bomba bell 1	BELL	01	C
SV	Bomba bell 2	BELL	02	C
SV	Bomba bell 3	BELL	03	C
EM	Centralina	CEN	01	C

Fuente: Autores

4.5.1.1 Rutas de inspección de motores de la planta de Eurolit

Tabla 14. Ruta1. Molino

Ruta 1: Molino de materia prima		
Trituración de la materia prima		
Id. Equipo	Motor	Desc. de Potencia (HP)
EU-SM-MOL-ME-01	Motor del molino crisotilo	30
EU-SM-MOL-ME-02	Motor desfibrador	5,425
EU-SM-MOL-ME-06	Motor de aspiración de mezclas	24,65

Fuente: Autores

Tabla 15. Ruta 2. Celulosa

Ruta 2: Celulosa		
Humedecimiento y descomposición del cartón en partículas finas		
Id. Equipo	Motor	Desc. de Potencia (HP)
EU-SM-CEL-ME-01	Motor hidro 2 papel	60
EU-SM-CEL-ME-02	Motor de bomba refinadora	40

Fuente: Autores

Tabla 16. Ruta 3. Báscula

Ruta 3: Báscula		
Pesaje de la materia prima		
Id. Equipo	Motor	Desc. de Potencia (HP)
EU-SM-MOL-ME-04	Motor de báscula crisotilo	5
EU-SM-MOL-ME-07	Motor de báscula de cemento	5,425

Fuente: Autores**Tabla 17.** Ruta 4. Hidrolizador de mezcla

Ruta 4: Hidrolizador de mezcla		
Mezclador de la materia prima		
Id. Equipo	Motor	Desc. de Potencia (HP)
EU-SM-HID-ME-01	Motor hidro 1 mezcla	60
EU-SM-HID-ME-02	Motor de la bomba de envío a noria	60

Fuente: Autores**Tabla 18.** Ruta 5. Noria

Ruta 5: Noria		
Recipiente que mantiene en estado semilíquido la pasta para la formación de la masa		
Id. Equipo	Motor	Desc. de Potencia (HP)
EU-SM-NOR-ME-01	Motor noria 1	6,16

Fuente: Autores**Tabla 19.** Ruta 6. Formadores de láminas

Ruta 6: Formadores de láminas		
Realización de láminas		
Id. Equipo	Motor	Desc. de Potencia (HP)
EU-SM-PRA-ME-01	Motor preagitador entrada	5
EU-SM-ROC-ME-01	Motor bomba rociadores	20
EU-SM-BOC-ME-01	Motor bomba agua conos	25
EU-SM-AGE-ME-01	Motor de agitador de entrada	5
EU-SM-AGI-ME-01	Motor de agitador 1	5
EU-SM-AGI-ME-02	Motor de agitador 2	5
EU-SM-BFI-ME-01	Motor de bate fieltro	5

Fuente: Autores

Tabla 20. Ruta 7. Sistema de corte

Ruta 7: Sistema de corte		
Corte de láminas		
Id. Equipo	Motor	Desc. de Potencia (HP)
Línea de corte 1		
EU-SC-LON-ME-01	Motor de corte longitudinal	5
EU-SC-LON-ME-02	Motor de corte longitudinal	5
Línea de corte 2		
EU-SC-LON-ME-03	Motor de corte longitudinal	5
EU-SC-LON-ME-04	Motor de corte longitudinal	5

Fuente: Autores**Tabla 21.** Ruta 8. Túnel de fraguado

Ruta 8: Túnel de fraguado		
Generación de vapor para el proceso de secado de las placas		
Id. Equipo	Motor	Desc. de Potencia (HP)
EU-SA-CAL-ME-02	Motor del ventilador	5
EU-SA-CAL-ME-04	Motor de la bomba de diesel	1
EU-SA-CAL-ME-05	Motor de la bomba de circulación de aceite	23,17

Fuente: Autores**Tabla 22.** Ruta 9. Desmoldeo

Ruta 9: Desmoldeo		
Separación del molde de la lámina ondulada		
Id. Equipo	Motor	Desc. de Potencia (HP)
EU-SD-VEN-ME-01	Motor de ventosa de molde	7,397
EU-SD-VEN-ME-02	Motor de ventosa de placa	7,397
EU-SD-TRC-ME-01	Motor de transporte de carro	15
EU-SD-TRC-ME-02	Motor de banda transportadora	3
EU-SD-ROC-ME-01	Motor de rodillos de corte	5
Id. Equipo	Motor	Desc. de Potencia (HP)
EU-SD-ROC-ME-02	Motor de rodillos de corte	5
EU-SD-COR-ME-03	Motor de cortadora transversal	3
EU-SD-COR-ME-04	Motor de cortadora transversal	3
EU-SD-COR-ME-05	Motor de cortadora transversal	5
EU-SD-COR-ME-06	Motor de cortadora transversal	5
EU-SD-COR-ME-07	Motor de cortadora longitudinal	3
EU-SD-COR-ME-08	Motor de cortadora longitudinal	3
EU-SD-CAD-ME-01	Motor de cadena transportadora	5
EU-SD-CAD-ME-02	Motor de cadena transportadora	3
EU-SD-RLM-ME-01	Motor de rodillos de limpieza	5
EU-SD-RLM-ME-02	Motor de rodillos de limpieza	5
EU-SD-RLM-ME-03	Motor de rodillos de limpieza	5
EU-SD-RLM-ME-04	Motor de rodillos de limpieza	5

EU-SD-BOL-ME-01	Motor de la bomba de lubricación	2
EU-SD-ASP-ME-01	Motor alveolar de la aspiración	40
EU-SD-ASP-ME-02	Motor de paletas caída de polvo	5

Fuente: Autores

Tabla 23. Ruta10. Sistema de vacío

Ruta 10: Sistema de vacío		
Id. Equipo	Motor	Desc. de Potencia (HP)
EU-SV-BEL-ME-01	Motor de la bomba bell	60
EU-SV-BEL-ME-02	Motor de la bomba bell	60
EU-SV-BEL-ME-03	Motor de la bomba bell	60
EU-SV-BLL-ME-01	Motor de llenado de las bombas bell	5

Fuente: Autores

Tabla 24. Ruta 11. Equipos y máquinas

Ruta 11: Equipos y Máquinas		
Id. Equipo	Motor	Desc. de Potencia (HP)
EU-EM-CEN-ME-01	Motor centralina pequeña	100

Fuente: Autores

4.6 Práctica de inspección de termografía para motores eléctricos de Eurolit.

Se detalla brevemente a continuación la rutina de la práctica de inspección de condición:

1. Se verifica la ruta previamente establecida a inspeccionar.
2. Revisar la cámara para comprobar el estado y correcto funcionamiento (batería cargada, tarjeta SD debidamente insertada).
3. Llevar los accesorios necesarios para ejecutar la ruta de monitoreo.
4. Se debe tomar en cuenta las debidas protecciones y seguridades posibles.
5. En la cámara se debe ajustar los parámetros a los que se va a realizar la inspección.
6. Realizar las tomas termográficas desde diferentes ángulos posibles evitando que se produzcan reflejos en la imagen capturada.
7. Continuar con la inspección del siguiente componente o unidad.
8. Una vez que se hayan realizado la toma de la ruta completa, se descargan las imágenes en el software SatirReport y se continúa con el análisis de los termograma

para establecer la severidad en la que se encuentran los componentes.

9. Posteriormente se elaboran reportes o informes de las imágenes analizadas.

4.7 Plan operativo de inspecciones termográficas y análisis de imágenes

4.7.1 Tomas realizadas

Figura 55. Tomas realizadas en la planta industrial.



Fuente: Autores

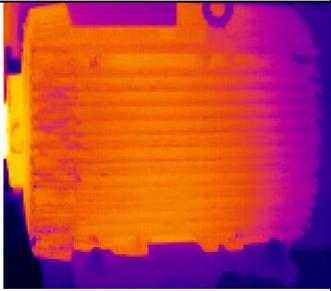
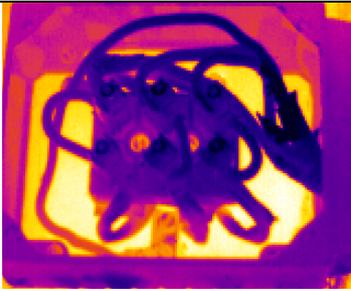
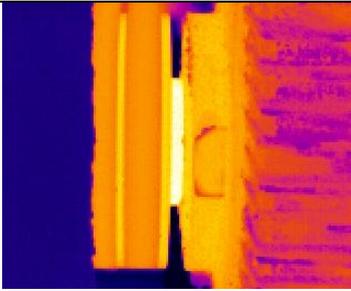
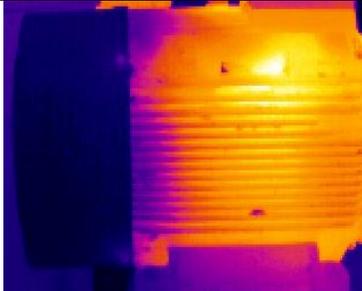
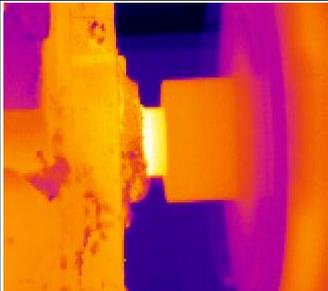
Figura 56. Tomas realizadas en la planta industrial.

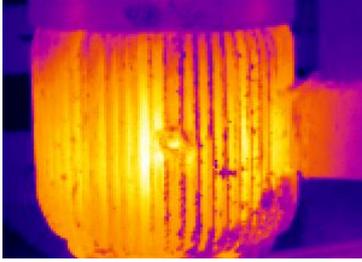
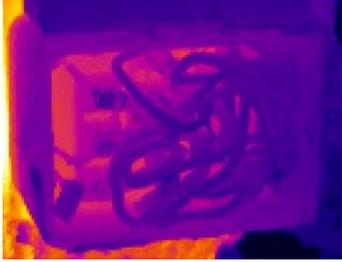
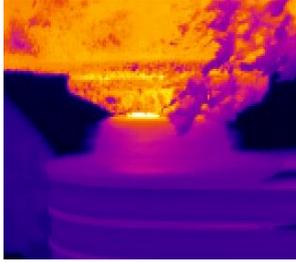
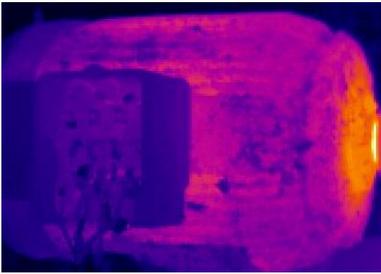
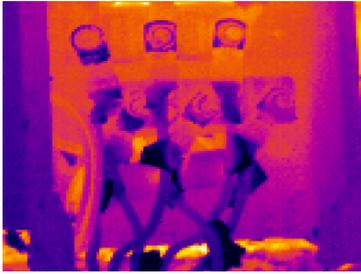
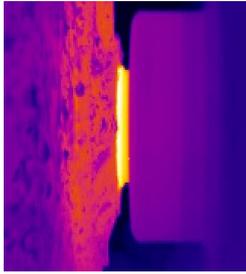


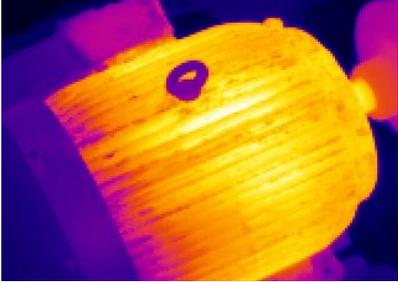
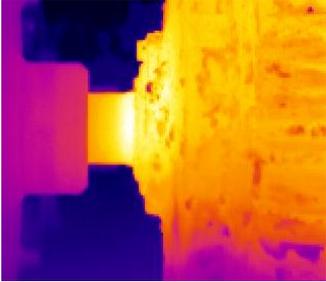
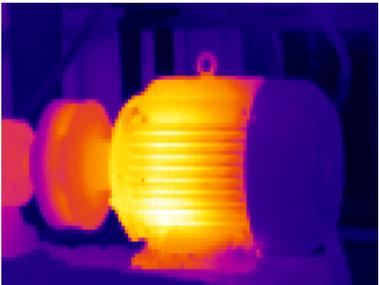
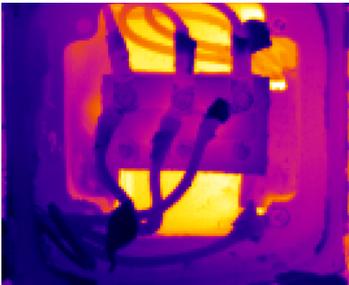
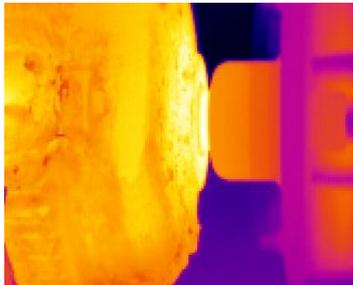
Fuente: Autores

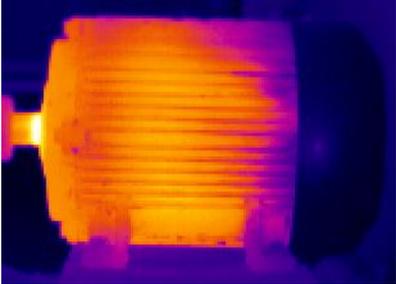
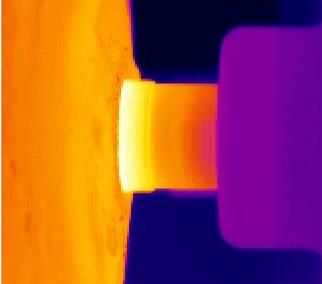
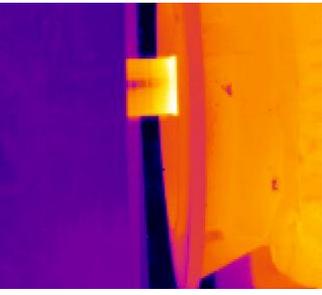
4.7.2 *Imágenes obtenidas durante la inspección.* Luego de realizar las tomas en los motores eléctricos en la planta Eurolit se procedió a descargar las imágenes.

Tabla 25. Imágenes obtenidas.

Molino de crisotilo		
Fotografía de la carcasa	Fotografía de las conexiones	Fotografía del eje
		
<p>Experiencia positiva durante la inspección Fácil acceso para la realización de las tomas y no se encontró suciedad acumulada.</p> <p>Experiencia negativa durante la inspección La luz exterior reflejó directamente al lente de la cámara IR. Se produjeron reflejos en las tomas, es por eso que se procedió a cambiar el ángulo para obtener una imagen correcta.</p>		
Motor de la bomba refinadora		
Fotografía de la carcasa	Fotografía de las conexiones	Fotografía del eje
		
<p>Experiencia positiva durante la inspección Luz y factores climáticos perfectos durante la inspección.</p> <p>Experiencia negativa durante la inspección Para la captura de imágenes en este motor la inaccesibilidad fue un factor que preponderó en éste debido al desmontaje de las protecciones de seguridad del motor.</p>		

Motor hidrolizador de mezcla		
Fotografía de la carcasa	Fotografía de las conexiones	Fotografía del eje
		
<p>Experiencia positiva durante la inspección La luz fue la adecuada para la inspección.</p> <p>Experiencia negativa durante la inspección Para la captura de imágenes en este motor la temperatura ambiental fue elevada, inaccesibilidad y peligrosidad fueron factores que dificultaron la captura de imágenes.</p>		
Motor bomba envío a noria		
Fotografía de la carcasa	Fotografía de las conexiones	Fotografía del eje
		
<p>Experiencia positiva durante la inspección La luz fue la adecuada para la inspección.</p> <p>Experiencia negativa durante la inspección En este motor presentó una operación continua por lo que realizar un mantenimiento de limpieza de la unidad fue sumamente dificultoso como también peligroso al momento de extraer las protecciones ya que eran de un tamaño considerable, es por eso que las tomas efectuadas presentaron presencia de polvo y mezcla. Se tomó en cuenta la emisividad del material y la temperatura ambiente así como la humedad relativa.</p>		

Motor de la bomba agua conos		
Fotografía de la carcasa	Fotografía de las conexiones	Fotografía del eje
		
<p>Experiencia positiva durante la inspección La luz fue la adecuada para la inspección.</p> <p>Experiencia negativa durante la inspección En este motor presentó una operación continua por lo que realizar las tomas fue sumamente dificultoso y peligroso además teníamos presencia de agua en interior del conjunto de la unidad</p>		
Motor de la bomba rociadores		
Fotografía de la carcasa	Fotografía de las conexiones	Fotografía del eje
		
<p>Experiencia positiva durante la inspección Accesibilidad adecuada, no presentó suciedad acumulada.</p> <p>Experiencia negativa durante la inspección Se encontró dificultades para desmontar la carcasa debido a la caja de seguridad, también problemas al momento de retirar la tapa de las conexiones, los pernos estaban aislados por lo cual nos llevó demasiado tiempo para la inspección.</p>		

Motor de la bomba de circulación de aceite		
Fotografía de la carcasa	Fotografía de las conexiones	Fotografía del eje
		
<p>Experiencia positiva durante la inspección La luz fue la adecuada para la inspección.</p> <p>Experiencia negativa durante la inspección Dificultades para realización de las inspecciones ya que el motor se encontraba junto a la pared, no se lograba encontrar el ángulo adecuado para capturar la imagen. La temperatura ambiente elevada.</p>		
Motor alveolar de la aspiración de mezclas		
Fotografía de la carcasa	Fotografía de las conexiones	Fotografía del eje
		
<p>Experiencia positiva durante la inspección No presentó suciedad acumulada</p> <p>Experiencia negativa durante la inspección El inconveniente fue la altura de esta unidad era de consideración por lo que se tomó las precauciones necesarias, se colocó una escalera, de igual forma para la toma del eje del motor, se interpuso en el camino el conducto de la aspiración, también la luz solar que reflejaba y nos arrojaba imágenes erróneas por lo cual procedimos a realizar en horas del atardecer.</p>		

4.7.3 Análisis de un termograma. Antes de analizar una imagen ésta se debe seleccionar que contenga el enfoque y distancia correctos; A continuación se selecciona la imagen que más se ajuste correctamente:

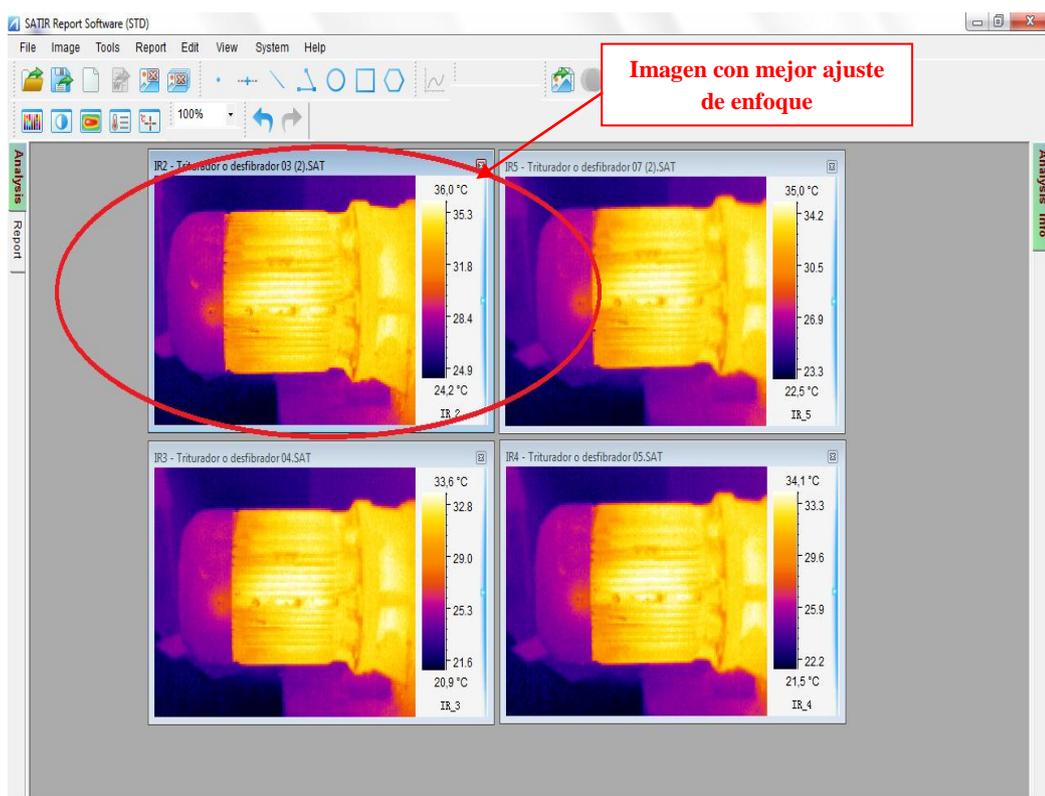
Dar clic en: File (archivo) → Open (abrir) → triturador o desfibrador 03 (2).sat; triturador o desfibrador 04.sat; triturador o desfibrador 05.sat; triturador o desfibrador 07 (2).sat.

Posteriormente se selecciona la imagen con mejor enfoque para ser analizada y se cierra las otras previamente abiertas.

4.7.3.1 Análisis del área de un termograma. Para analizar un termograma se abre el software y la imagen que se desea realizar su análisis de la siguiente manera:

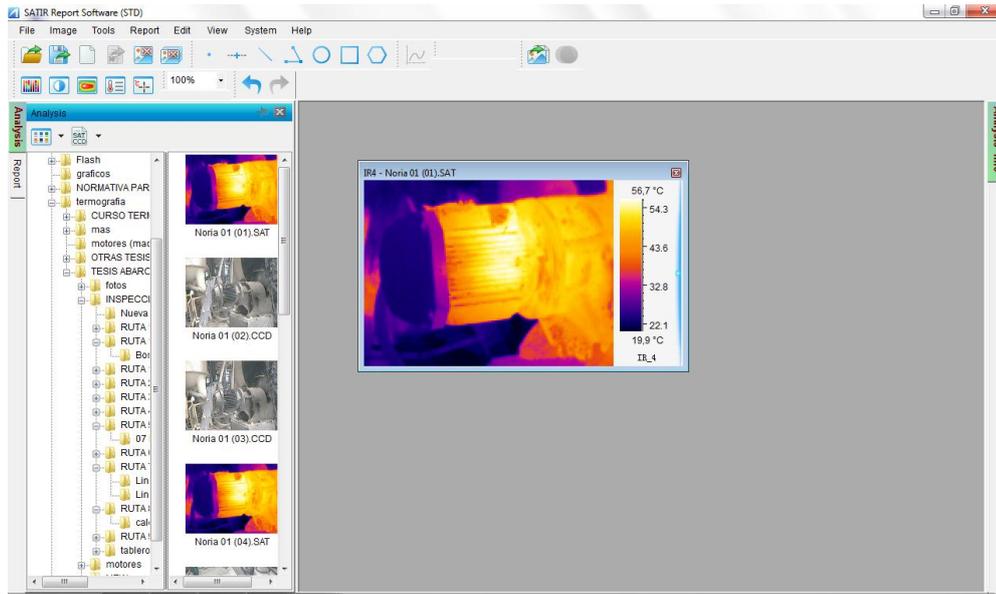
Dar clic en: File (archivo) → Open (abrir) → Noria01 (01).SAT

Figura 57. Cargar imágenes termográficas al software



Fuente: SatirReport Software

Figura 58. Selección de imágenes termográficas

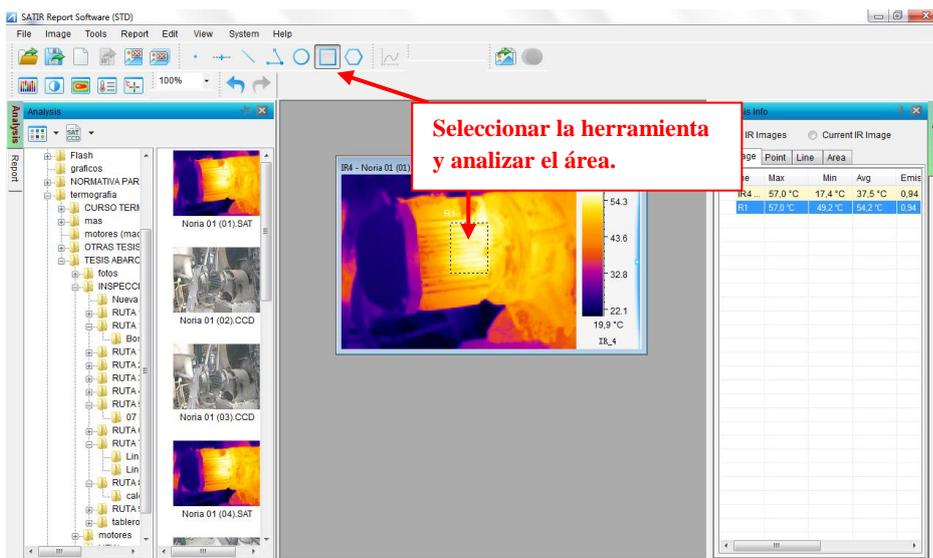


Fuente: SatirReport Software

Se analiza las áreas o puntos sobre la superficie de la imagen y se copia en el reporte:
Para determinar el área. Dar clic en:

Tools (herramientas) → Tool (herramienta) → Rectangle (rectángulo) o en el icono , y seleccionar el área de análisis.

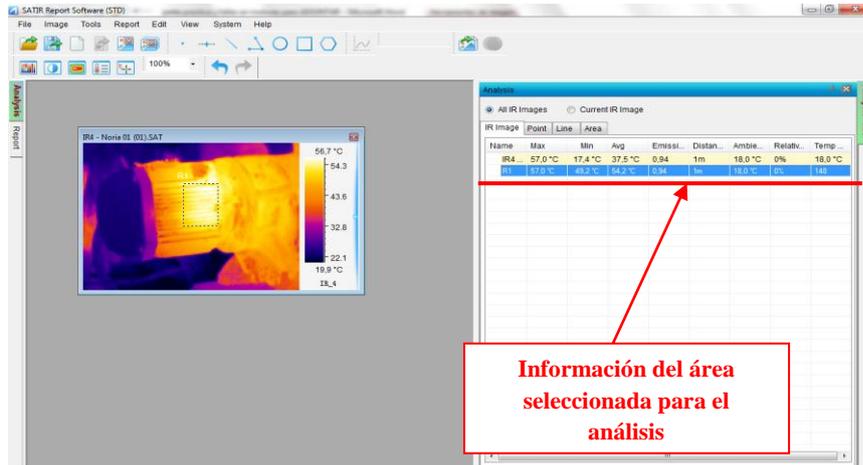
Figura 59. Selección de la herramienta adecuada



Fuente: SatirReport Software

En un recuadro derecho denominado “Analysis info” aparecerá toda la información necesaria del área o puntos seleccionados con sus temperaturas máxima, mínima, promedio, emisividad, distancia que se puede copiar donde se requiera en este caso será en el reporte.

Figura 60. Parámetros de temperatura del área seleccionada

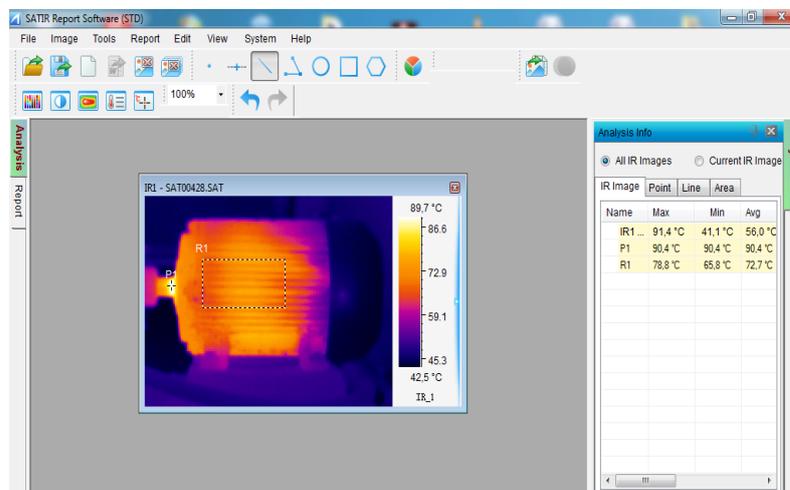


Fuente: SatirReport Software

Posterior al análisis se realiza el reporte o informe especificando cuáles son las áreas o puntos calientes o con elevada temperatura para establecer según las normas si el componente se encuentra en severidad crítica o en normal funcionamiento.

Para así entregar un diagnóstico final del equipo o componente.

Figura 61. Diagnóstico de temperaturas



Fuente: SatirReport Software

4.8 Reportes del análisis termográfico en los motores eléctricos de la planta de Eurolit

Reporte de condición de motores eléctricos

TUB-EU

TERMOGRAFÍA

Agosto-Noviembre 2012

Contacto:

Téc. Gustavo Cajas
Líder de Mantenimiento

Riobamba - Ecuador

La inspección de los equipos se realizó bajo la norma

ASNT - TC - 1A

Tabla de Prioridades	
AAA mayor que 100 °C	Severo sobrecalentamiento Atención inmediata.
A 50°C - 99°C	Agudo sobrecalentamiento Tan pronto como sea posible.
B 30°C - 49°C	Desarrollado sobrecalentamiento Atender a la primera oportunidad
C 10°C - 29°C	Segundo paso de sobrecalentamiento Programar cuando sea posible
D menor de 10°C	Siguiente mantenimiento programado

Preparado por:

Diego Abarca

Francisco Iglesias

4.8.1

Motor de crisolito

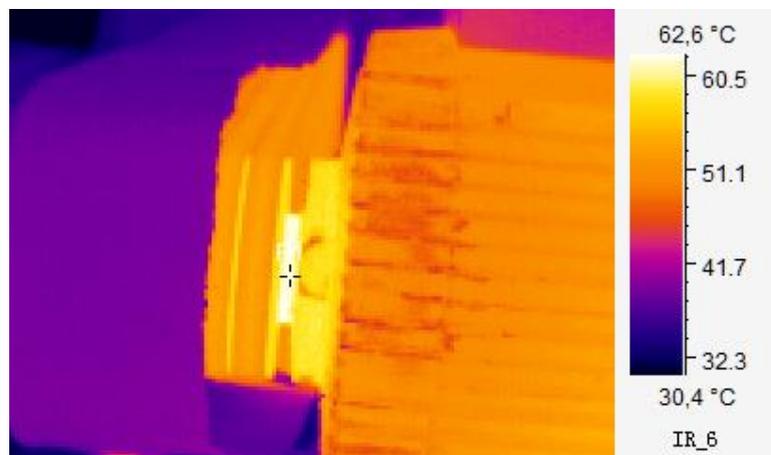
Fecha de inspección: 02-10-2012
Área: Sistema Mezclas
Unidad: Molino crisolito
Componente: Motor eléctrico 01
Nivel de Criticidad: C.

Figura 62. Motor del molino de crisolito



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 63. Imagen termográfica del eje del motor del molino de crisolito



Fuente: TUBASEC C.A.

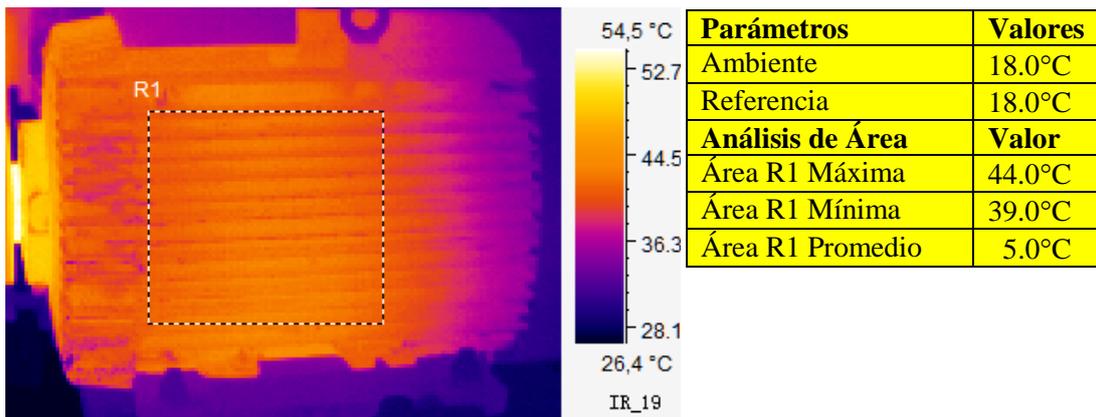
Comentario: En la figura 63, el punto P1 señalado representa el eje de polea para bandas donde tiene una temperatura de 62,2°C en referencia al resto del motor, ubicándose en un nivel de severidad **C** con respecto a la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: Desalineamiento y falta de lubricación.

Recomendaciones:

Revisar y lubricar los rodamientos acoplados en el eje del motor semestralmente.
 Revisar alineación con motor semestralmente.

Figura 64. Imagen termográfica de la carcasa del motor del molino de crisotilo



Fuente: TUBASEC C.A.

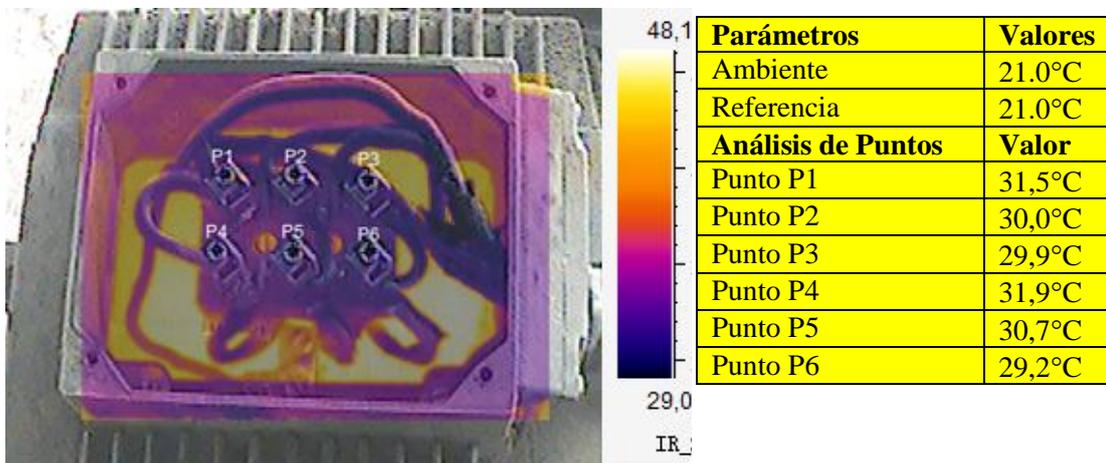
Comentario: En la figura 64, el área presenta una diferencia de temperatura de 5,0°C en referencia al resto del motor, ubicándose en un nivel de severidad **D** con respecto a la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: Ligero calentamiento en los devanados debido a defecto en rodamiento.

Recomendaciones:

Verificar rodamiento semestralmente. Realizar tareas de mantenimiento autónomo, de limpieza trimestralmente.

Figura 65. Imagen fusionada de las conexiones del motor del molino de crisotilo



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: En la Figura 65, los puntos P1 a P6 la temperatura de tomas de conexiones de trabajo se encuentra en normales condiciones.

Diagnóstico: No presenta problemas en las conexiones.

Recomendaciones:

Verificar aprietes en conexiones mensualmente.

4.8.2

Motor desfibrador

Fecha de inspección: 02-10-2012

Área: Sistema Mezclas

Unidad: Molino desfibrador

Componente: Motor eléctrico 02

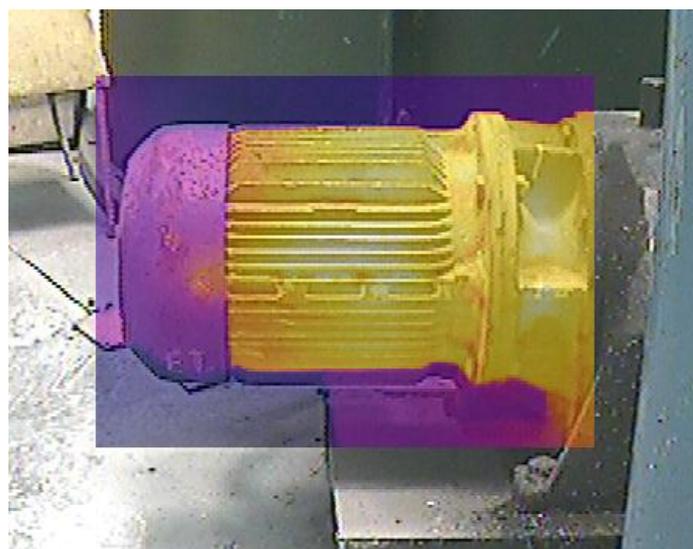
Nivel de Criticidad: C.

Figura 66. Motor molino desfibrador



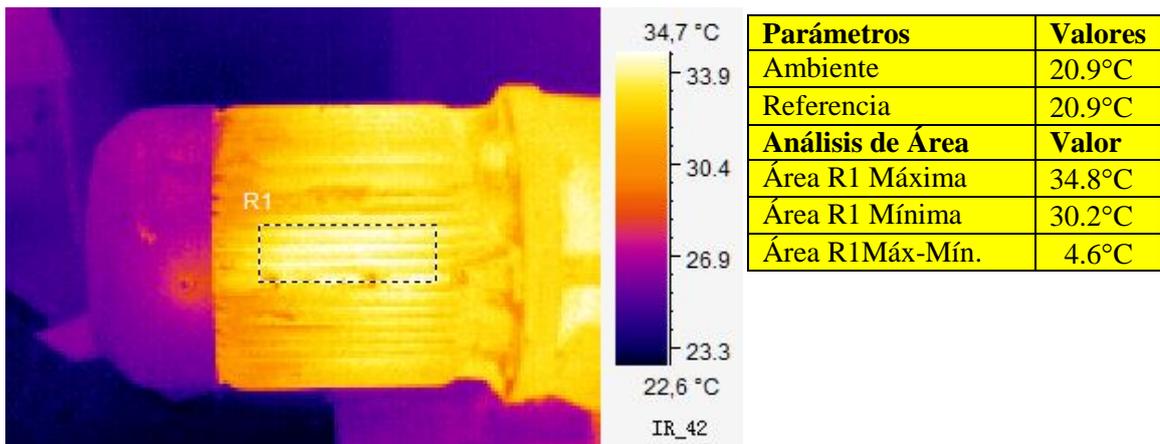
Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 67. Imagen fusionada del motor desfibrador



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 68. Imagen termográfica de la carcasa del motor desfibrador

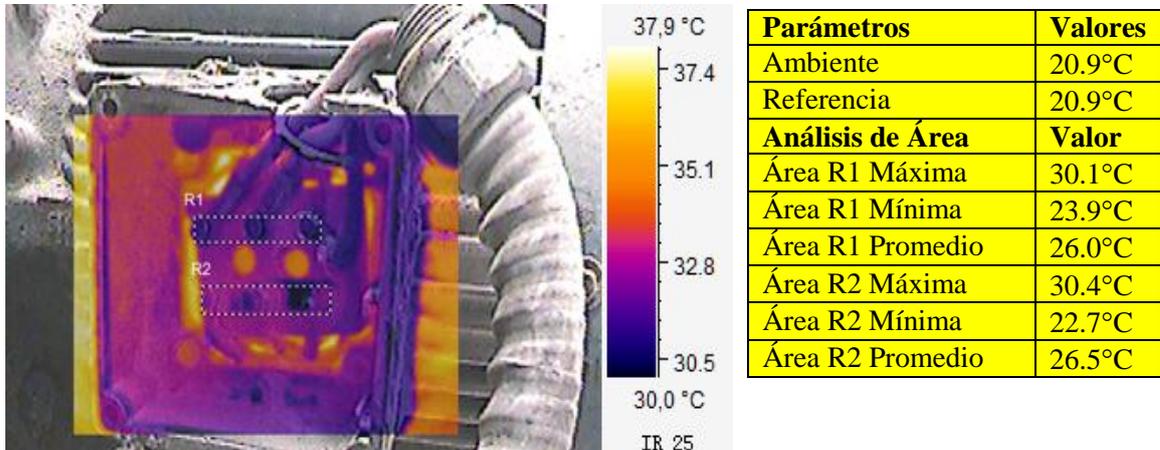


Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: En la figura 68, el área R1 señalada representa la parte más caliente de la carcasa del motor con un diferencial de temperatura de 4,6°C en referencia al resto del motor, ubicándose en un nivel de severidad **D** con respecto a la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: No posee problemas relevantes.

Figura 69. Imagen fusionada de conexiones del motor desfibrador



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: En la figura 69, el área R1 y R2 presentan una diferencia de temperatura de 0,3°C en referencia al resto del motor, ubicándose en un nivel de severidad **D** con respecto a la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: Ligerasoltura en cables de conexiones.

Recomendaciones:

Ajustar adecuadamente.

Realizar tareas de limpieza, y revisión de conexiones trimestralmente.

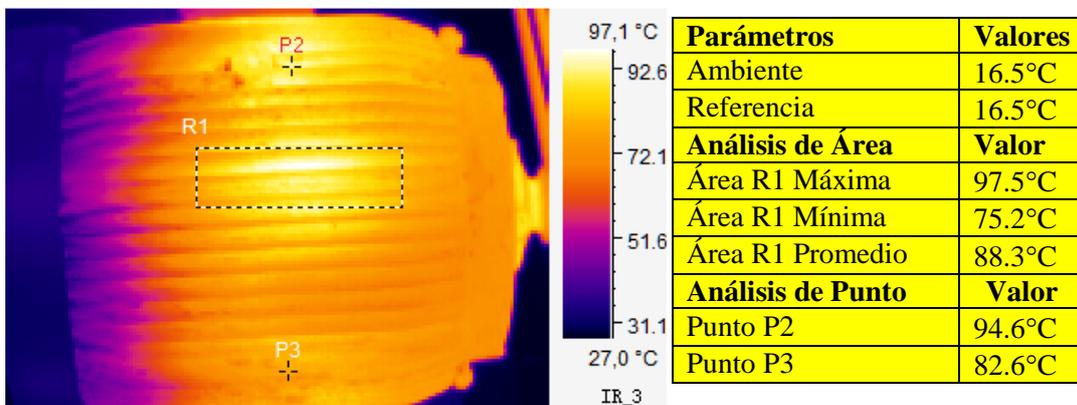
Fecha de inspección: 02-10-2012
Área: Sistema Mezclas
Unidad: Motor de aspiración de mezclas
Componente: Motor eléctrico 06
Nivel de Criticidad: C.

Figura 70. Motor de aspiración de mezclas



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 71. Imagen termográfica de la carcasa del motor de aspiración de mezclas



Fuente: TUBASEC C.A.

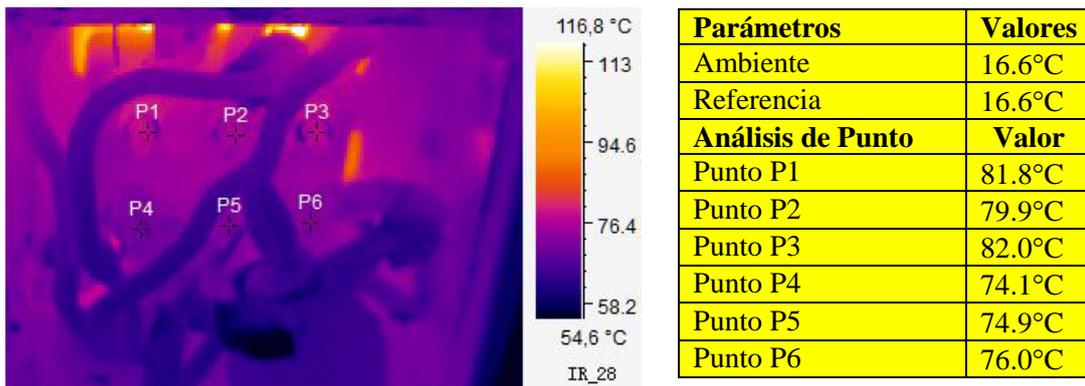
Comentario: El área R1 de la figura 71 presenta un diferencial de temperatura de 22,3°C lo que nos indica que se encuentra en un nivel de criticidad **C** con respecto a la tabla ASNT-TC-1A. Posee una excesiva temperatura del motor

Diagnóstico: Sobrecarga externa.

Recomendaciones:

Debe ser revisado o seguido. Revisar temple en bandas mensualmente. Aplicar análisis de vibraciones conjuntamente con termografía semestralmente.

Figura 72. Imagen termográfica de las conexiones del motor de aspiración de mezclas



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: Los puntos P1, P2, P3, P4, P5 Y P6 seleccionados en la figura 72 en la bornera de conexión se hallan en una temperatura promedio de 78,1°C lo que nos indica que se encuentra en un nivel de criticidad **A** con respecto a la tabla ASNT-TC-1A.

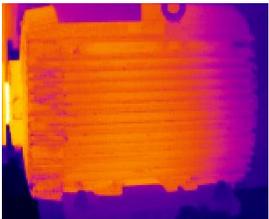
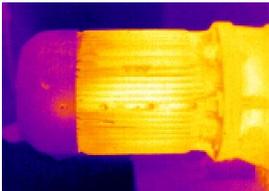
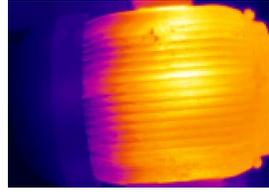
Diagnóstico: Desbalanceo en cargas y soldadura en conexiones.

Recomendaciones:

Se recomienda verificar los ajustes de cables en la bornera mensualmente.

Balancear cada una de las fases semestralmente.

4.8.3.1 Sumario de reportes termográficos de los motores eléctricos Ruta 1

UBICACIÓN TÉCNICA	INSPECCIÓN	IMAGEN IR	PROBLEMA	ACCIÓN	CONDICIÓN
EU-SM-MOL-ME-01	02-10-2012 8:12		Desalineamiento y falta de lubricación.	Revisar y lubricar los rodamientos acoplados en el eje del motor semestralmente. Revisar alineación con motor semestralmente.	Leve
EU-SM-MOL-ME-02	02-10-2012 8:25		No presenta problemas	No requiere acción. Realizar limpieza trimestralmente.	Normal
EU-SM-MOL-ME-06	02-10-2012 8:45		Sobrecarga extrema	Revisar temple en bandas mensualmente. Aplicar análisis de vibraciones conjuntamente con termografía semestralmente.	Grave

4.8.4

Motor hidrolizador 2

Fecha de inspección: 03-10-2012

Área: Sistema Mezclas

Unidad: Molino hidrolizador 2 (Hidrolizador de papel)

Componente: Motor eléctrico 01

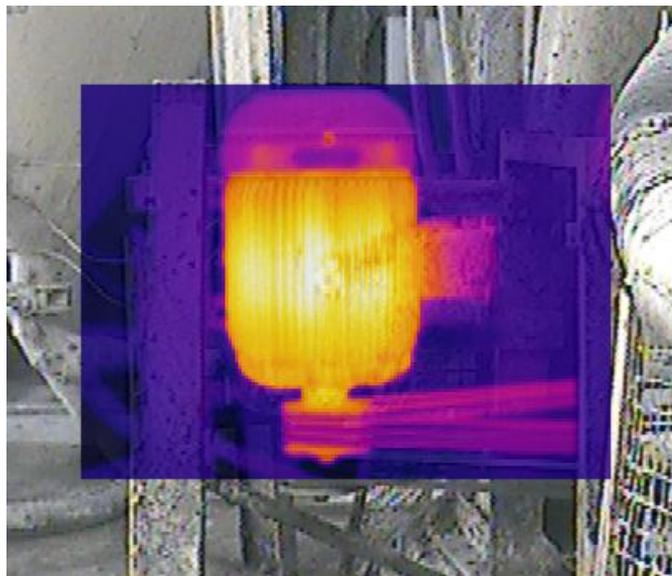
Nivel de Criticidad: C.

Figura 73. Motor hidrolizador 2



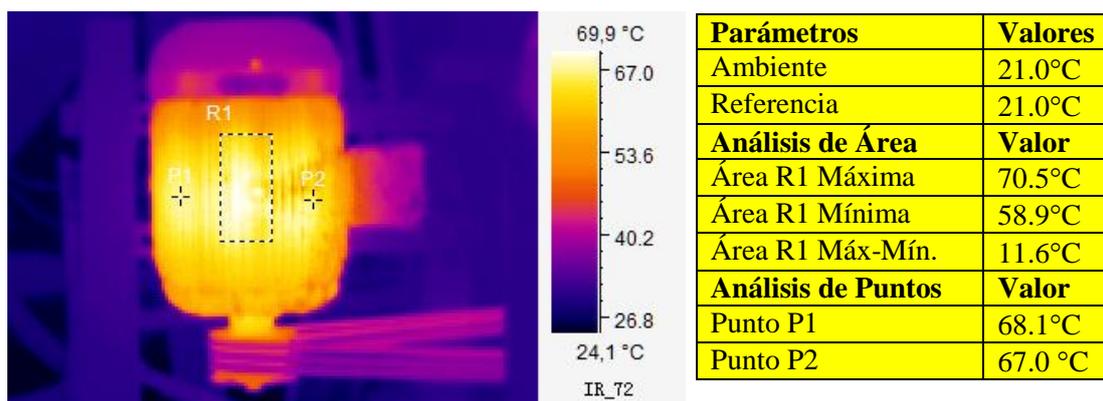
Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 74. Imagen fusionada de la carcasa del motor hidrolizador 2



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 75. Imagen termográfica de la carcasa del motor hidrolizador 2



Fuente: TUBASEC C.A.

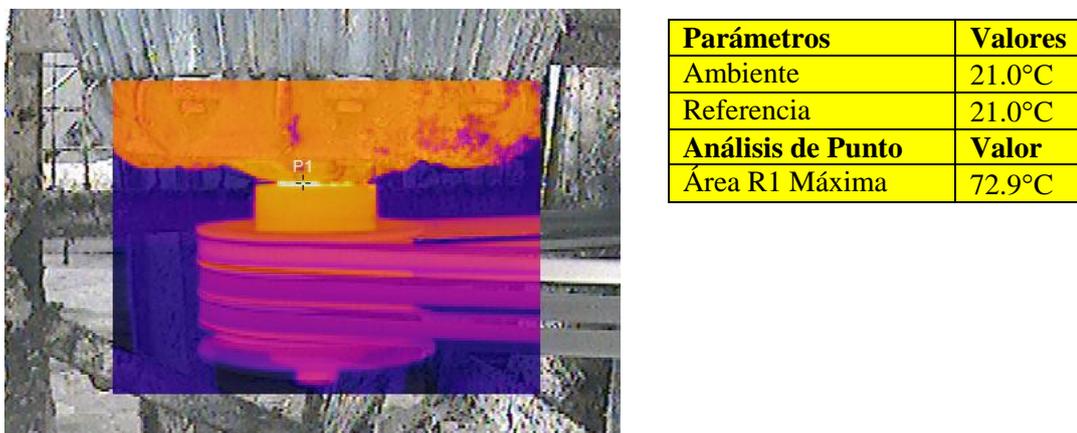
Comentario: En la figura 75, el área R1 seleccionada posee un diferencial de temperatura de 11,6°C, con respecto a los puntos P1 y P2 con valores de 68,1°C y 67,0°C respectivamente, lo cual se encuentran en prioridad de severidad C según la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: Desalineamiento en bandas y ventilación dificultosa.

Recomendaciones:

Revisar y lubricar los cojinetes acoplados en el eje del motor mensualmente. Verificar tensión en bandas mensualmente. Efectuar un análisis vibracional anualmente. Verificar el estado del ventilador cada mantenimiento planificado.

Figura 76. Imagen fusionada del eje del motor hidrolizador 2



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario:

En la figura 76, el punto P1 seleccionado presenta una temperatura de 72,9°C media-alta.

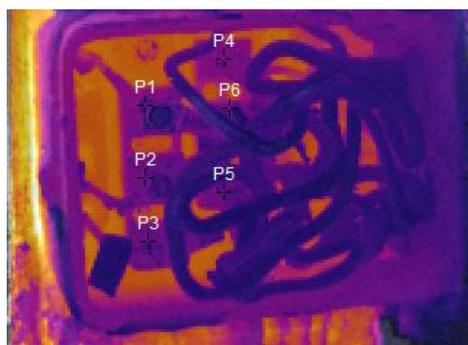
Diagnóstico: Presencia de vibraciones y sonidos agudos. Posible desalineamiento.

Recomendaciones:

Verificar acoples de las bandas quincenalmente.

Ejecutar un análisis vibracional anualmente conjunto con termografía.

Figura 77. Imagen fusionada de las conexiones del motor hidrolizador 2



Parámetros	Valores
Ambiente	21,0°C
Referencia	21,0°C
Análisis de Puntos	Valor
Punto P1	34,5°C
Punto P2	33,6°C
Punto P3	34,2°C
Punto P4	36,4°C
Punto P5	34,5°C
Punto P6	35,5°C

Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: Temperatura de tomas de conexiones de trabajo normales. No se presentan sobrecalentamientos en los puntos P1, P2, P3, P4, P5 y P6.

Diagnóstico: No posee soldadura, ni defectuosos.

Recomendaciones: Verificar aprietes de conexiones en cada mantenimiento programado y/o mensualmente. Realizar limpieza en la bornera de conexiones

4.8.5

Motor de la bomba refinadora

Fecha de inspección: 03-10-2012

Área: Sistema Mezclas

Unidad: Bomba refinadora

Componente: Motor eléctrico 02

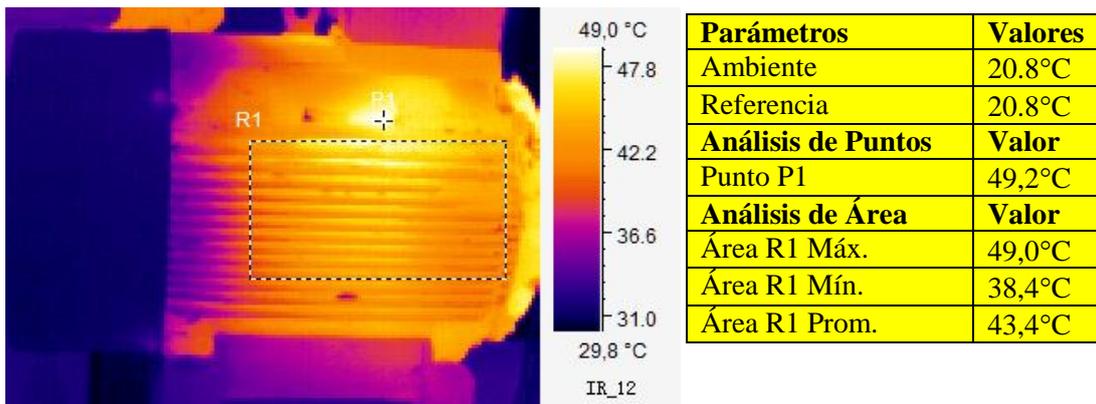
Nivel de Criticidad: C.

Figura 78. Motor de bomba refinadora



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 79. Imagen termográfica de la carcasa del motor de bomba refinadora



Fuente: TUBASEC C.A.

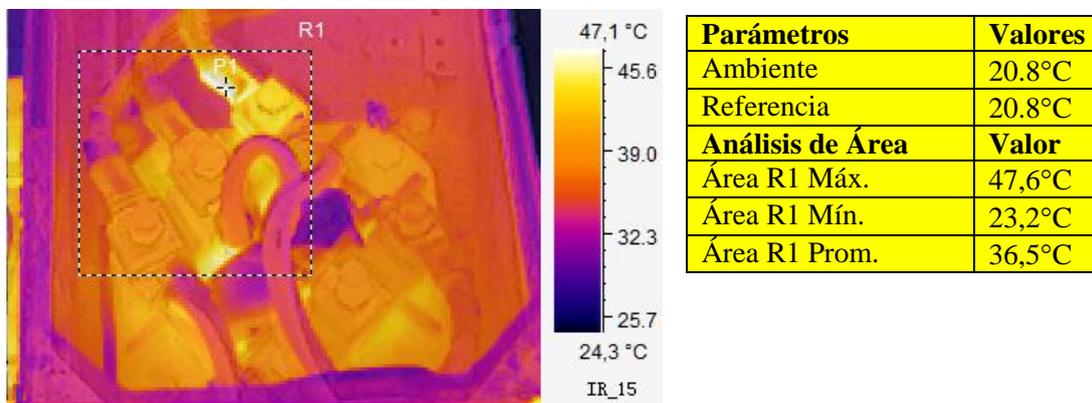
Comentario:

El área R1 presenta un diferencial de temperatura de 10,6°C, lo que nos indica que se encuentra en un nivel de criticidad **D**, según la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: El motor se encuentra en condiciones normales de operación.

Recomendaciones: Se recomienda realizar engrases y lubricación mensualmente. Ejecutar limpieza semanalmente.

Figura 80. Imagen termográfica de las conexiones del motor de bomba refinadora



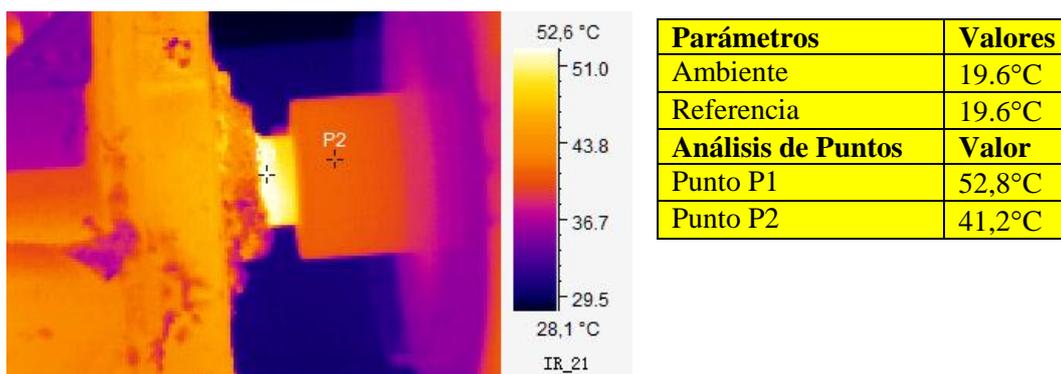
Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: La conexión en la bornera representada presenta una variación de temperatura entre la tercera conexión que se encuentra con 47,1°C **B**, la segunda conexión con 40,5°C, y la tercera conexión con 38,6°C, con una diferencia de 36,5°C lo que se encuentra en un nivel de criticidad **B** según la tabla ASNT-C-1A.

Diagnóstico: Presencia de soldura en el punto P1. Empalme defectuoso.

Recomendaciones: Verificar ajustes del cable en la bornera y/o realizar un apriete adecuado. Balancear cada una de las fases semestralmente. Realizar el apriete adecuado para evitar soldura en las conexiones y evitar calentamientos mensualmente.

Figura 81. Imagen termográfica del eje del motor de bomba refinadora



Fuente: TUBASEC C.A.

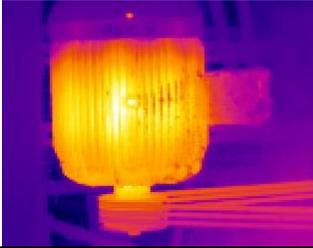
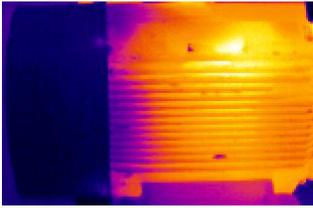
Comentario: Los puntos P1 y P2 presentan temperaturas de trabajo normales.

Diagnóstico: Condiciones normales de operación.

Recomendaciones:

Continuar con la operación del componente.

4.8.5.1 Sumario de reportes termográficos de los motores eléctricos Ruta 2

UBICACIÓN TÉCNICA	INSPECCIÓN	IMAGEN IR	PROBLEMA	ACCIÓN	CONDICIÓN
EU-SM-CEL-ME-01	03-10-2012 8:26		Desalineamiento en bandas y ventilación defectuosa.	Revisar y lubricar los cojinetes acoplados en el eje del motor mensualmente. Verificar tensión en bandas mensualmente. Efectuar un análisis vibracional anualmente. Verificar el estado del ventilador cada mantenimiento planificado.	Leve
EU-SM-CEL-ME-02	03-10-2012 9:50		Soltura en bornera de conexiones	Se recomienda realizar aprietes en las conexiones de la bornera. Balancear cada una de las fases.	Leve

4.8.6

Motor de la báscula de crisotilo

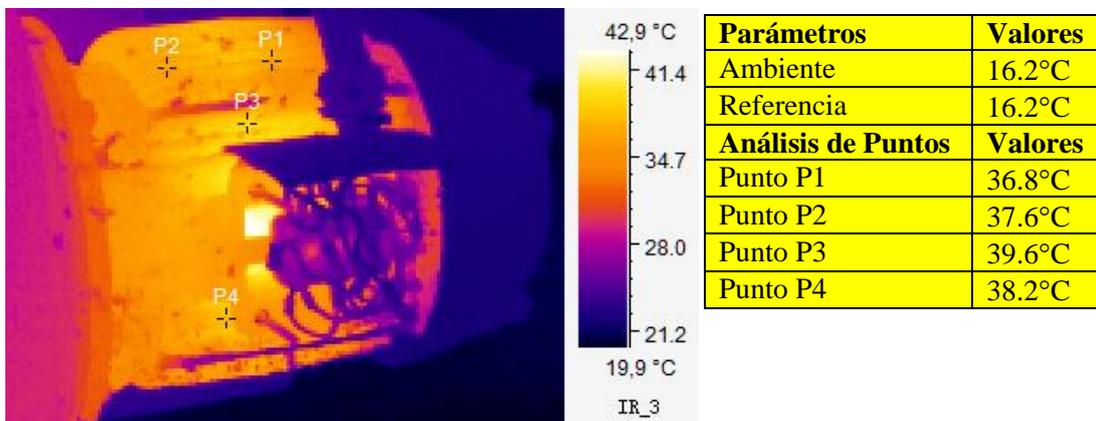
Fecha de inspección: 08-10-2012
Área: Sistema Mezclas
Unidad: Báscula de crisotilo
Componente: Motor eléctrico 04
Nivel de Criticidad: C.

Figura 82. Motor de la báscula de crisotilo



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 83. Imagen termográfica de la carcasa del motor de báscula de crisotilo



Fuente: TUBASEC C.A.

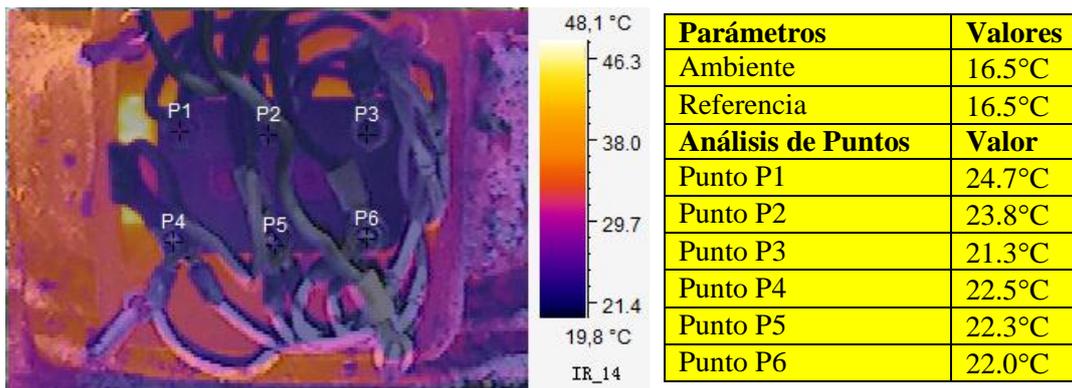
Comentario: Los puntos detallados de la figura 83 poseen un promedio de 38°C, lo que nos indica que se encuentra en normal funcionamiento con respecto a la operación de motores.

Diagnóstico: El motor se encuentra en un régimen de trabajo normal con respecto a la temperatura de funcionamiento de motores.

Recomendaciones:

Realizar limpieza semanalmente de carcasa y en cada mantenimiento programado.

Figura 84. Imagen termográfica de la conexión del motor de báscula de crisotilo



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: Los puntos P1, P2, P3, P4, P5, P6 de la frigura 84 no poseen ningún cambio o diferencia de temperatura drástica. La bornera se encuentra en condiciones normal de operación.

Diagnóstico: No existen anomalías.

Recomendaciones:

Realizar limpieza de bornera trimestralmente por presencia de polvo.

4.8.7 Motor de la báscula de cemento

Fecha de inspección: 09-10-2012

Área: Sistema Mezclas

Unidad: Báscula de cemento

Componente: Motor eléctrico 07

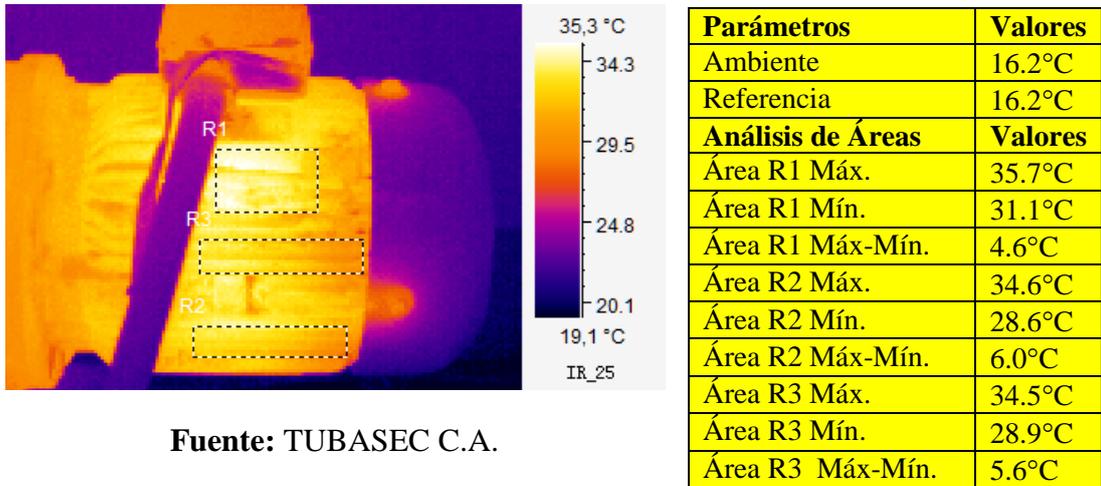
Nivel de Criticidad: C.

Figura 85. Motor de báscula de cemento



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 86. Imagen termográfica de la carcasa del motor de báscula de cemento



Fuente: TUBASEC C.A.

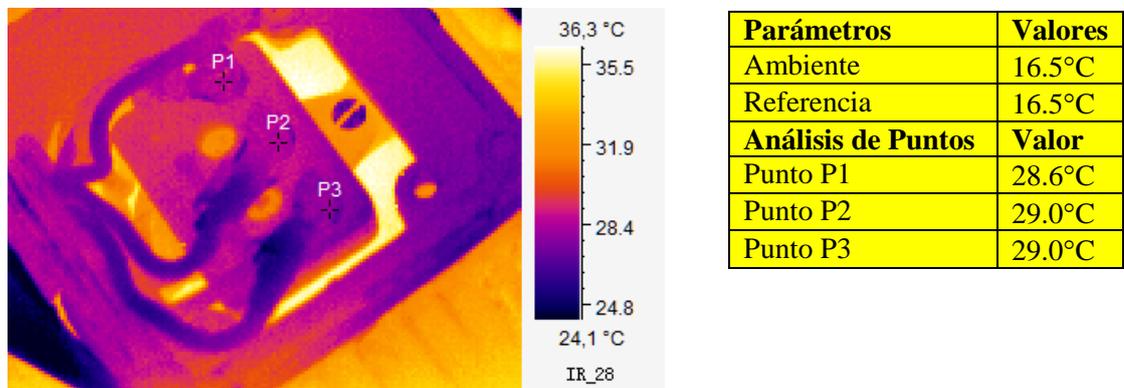
Comentario: Las tres áreas seleccionadas indican un diferencial de temperatura de 4,6 °C en el área 1; 6,0°C en el área 2 y de 5,6°C en el área 3 lo que nos indica que se encuentra en un nivel de criticidad **D** según la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: El motor se encuentra en un régimen de trabajo normal con respecto a la temperatura de funcionamiento de los motores.

Recomendaciones:

Revisar en el próximo mantenimiento programado las escobillas y devanados.

Figura 87. Imagen termográfica de las conexiones del motor de báscula de cemento



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario:

Los puntos P1, P2, P3 de la figura 87 no poseen ningún cambio o diferencia de temperatura drástica.

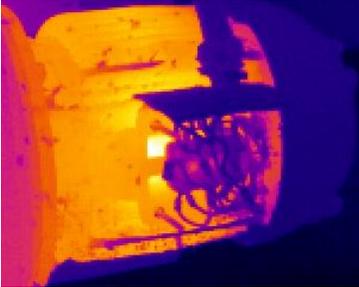
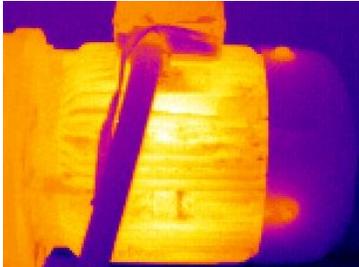
Diagnóstico: La bornera se encuentra en condiciones normal de operación.

Recomendaciones:

Realizar ajustes o aprietes en las tuercas de conexiones en las borneras mensualmente.

Continuar con su operación.

4.8.7.1 Sumario de reportes termográficos de los motores eléctricos Ruta 3

UBICACIÓN TÉCNICA	INSPECCIÓN	IMAGEN IR	PROBLEMA	ACCIÓN	CONDICIÓN
EU-SM-MOL-ME-04	08-10-2012 10:17		No presenta problemas	Realizar limpieza semanalmente de carcasa y en cada mantenimiento programado. Realizar limpieza de bornera trimestralmente por presencia de polvo.	Normal
EU-SM-MOL-ME-07	09-10-2012 10:33		No presenta problemas	Se recomienda revisar en el próximo mantenimiento programado las escobillas y devanados. Realizar ajustes o aprietes en las tuercas de conexiones en las borneras mensualmente. Hacer limpieza en la carcasa por presencia de polvo en exceso.	Normal

4.8.8

Motor hidrolizador de mezclas

Fecha de inspección: 09-10-2012

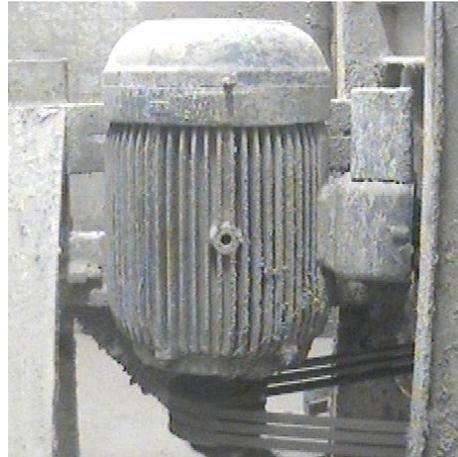
Área: Sistema Mezclas

Unidad: Hidrolizador de mezclas (Hidro 1)

Componente: Motor eléctrico 01

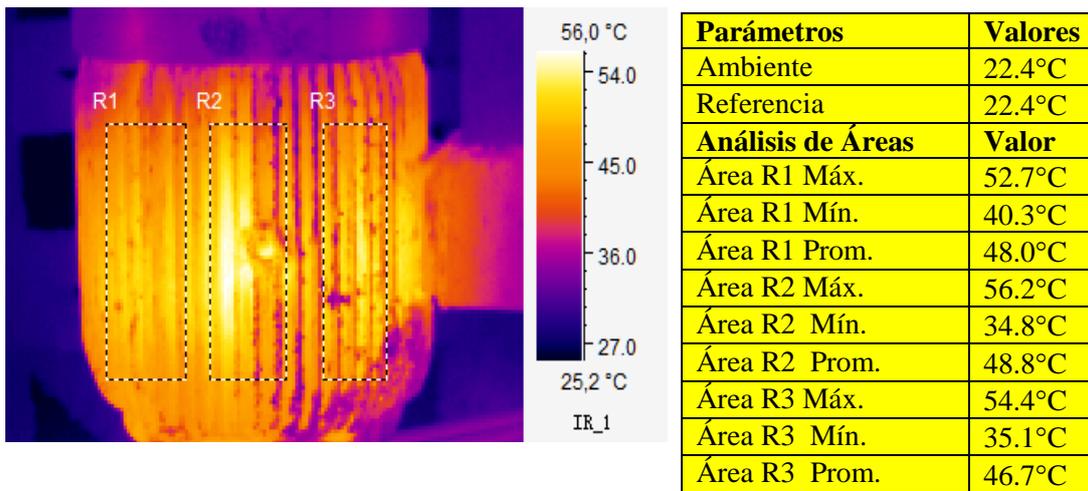
Nivel de Criticidad: C.

Figura 88. Motor hidrolizador de mezclas



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 89. Imagen termográfica de la carcasa del motor hidrolizador de mezclas



Fuente: TUBASEC C.A.

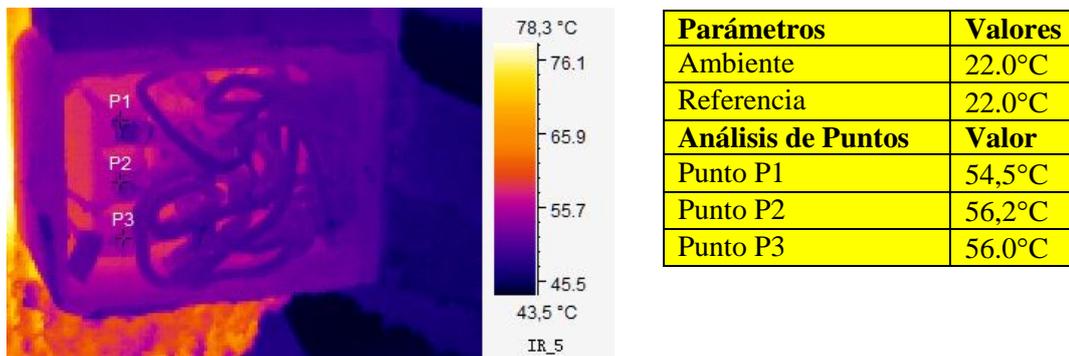
Comentario: Las tres áreas R1, R2 y R3 detalladas en la figura 89 presentan una variación de temperatura de 48,0°C en el área 1, 48,8°C en el área 2, y de 46,7°C en el área 3, lo que indica que se encuentra en un nivel de criticidad **D** según la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: Presenta un régimen de operación de trabajo normal.

Recomendaciones:

Realizar limpiezas de carcasa semanalmente. Verificar temple en bandas mensualmente.

Figura 90. Imagen termográfica de las conexiones del motor hidrolizador de mezclas



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: Los puntos P1, P2 y P3 detallados en la figura 90 presentan un ligero sobrecalentamiento y se encuentra en un nivel de criticidad **D** según la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: No existen variaciones drásticas de temperatura.

Recomendaciones:

Revisión de tablero de control y conexiones trimestralmente.

Apriete de tornillos en conexiones.

4.8.9

Motor de bomba de envío a noria

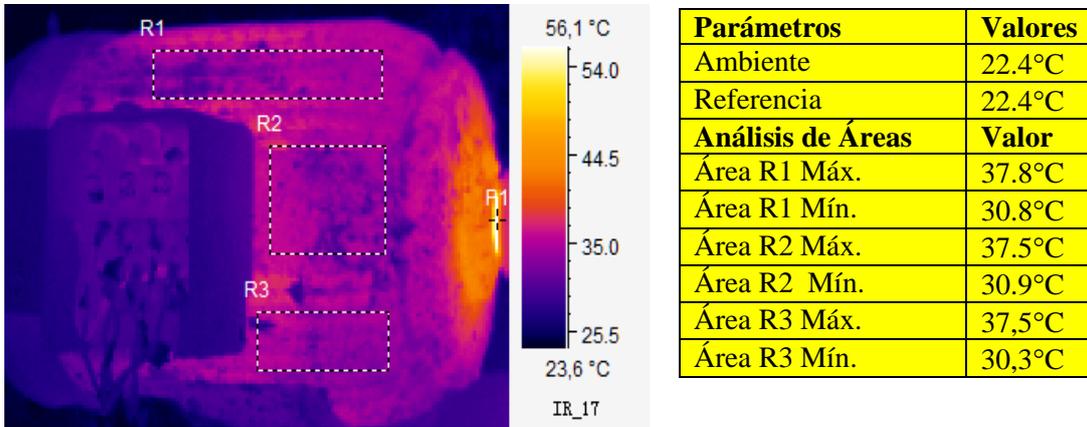
Fecha de inspección: 09-10-2012
Área: Sistema Mezclas
Unidad: Bomba de envío a noria
Componente: Motor eléctrico 02
Nivel de Criticidad: C.

Figura 91. Motor de bomba de envío a noria



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 92. Imagen termográfica de la carcasa del motor de bomba de envío a noria



Fuente: TUBASEC C.A.

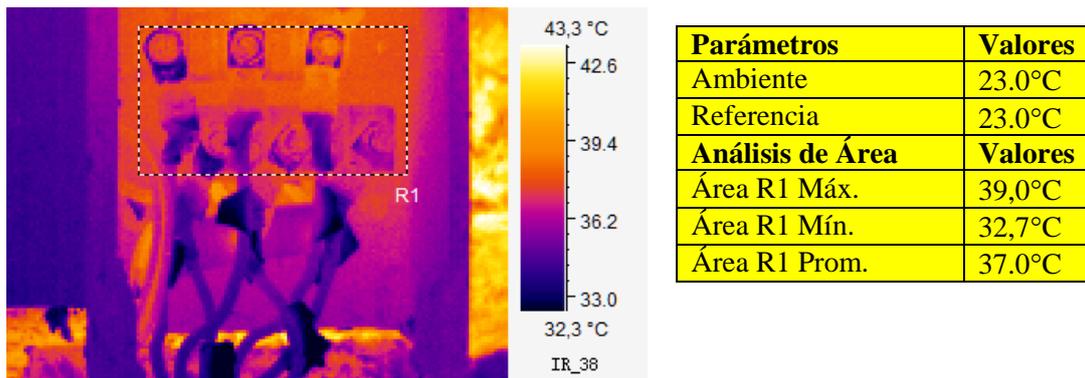
Comentario: Las tres áreas R1, R2 y R3 detalladas en la figura 92 presentan una variación de temperatura de 34.8°C en el área en las tres áreas, lo que indica que se encuentra en un nivel de criticidad **D** según la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: Aparentemente no presenta anomalías.

Recomendaciones:

Realizar limpieza de la carcasa ya que se pueden presentar mediciones de temperatura erróneas debido al incremento de la emisividad, con una frecuencia semanal.

Figura 93. Imagen termográfica de las conexiones del motor de bomba de envío a noria



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: La bornera de conexiones de la figura 93 presenta una variación de temperatura con una diferencia de 6.3°C lo que nos indica que se encuentra en un nivel de criticidad **D** según la tabla ASNT-TC-1A.

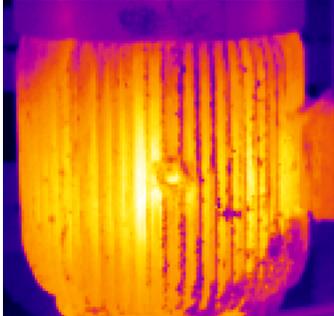
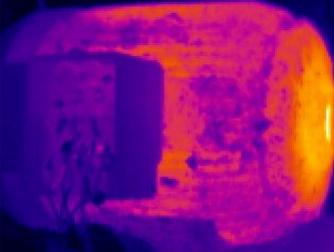
Diagnóstico: Soltura en conexión, empalme defectuoso.

Recomendaciones:

Realizar limpieza en bornera de conexión trimestralmente.

Revisar ajustes de tornillos en cada mantenimiento programado.

4.8.9.1 Sumario de reportes termográficos de los motores eléctricos Ruta 4

UBICACIÓN TÉCNICA	INSPECCIÓN	IMAGEN IR	PROBLEMA	ACCIÓN	CONDICIÓN
EU-SM-HID-ME-01	09-10-2012 9:20		Presenta un régimen de operación de trabajo normal.	Realizar limpiezas de carcasa semanalmente. Verificar temple en bandas mensualmente.	Leve
EU-SM-HID-ME-02	09-10-2012 9:37		Aparentemente no presenta anomalías.	Realizar limpieza de la carcasa ya que se pueden presentar mediciones de temperatura erróneas debido al incremento de la emisividad, con una frecuencia semanal.	Normal

4.8.10

Motor de noria 1

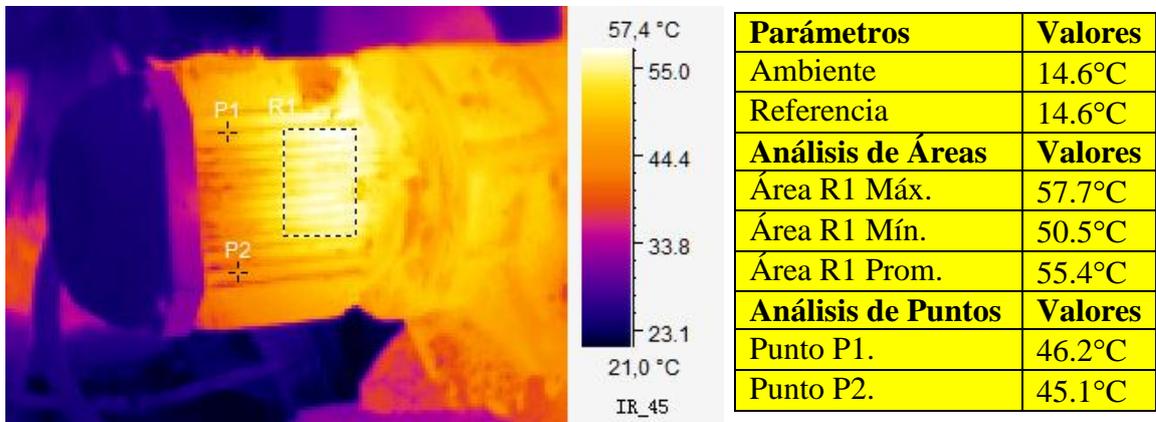
Fecha de inspección: 10-10-2012
Área: Sistema Mezclas
Unidad: Noria 1
Componente: Motor eléctrico 01
Nivel de Criticidad: C.

Figura 94. Motor de Noria 1



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 95. Imagen termográfica de la carcasa de motor de noria 1



Fuente: TUBASEC C.A.

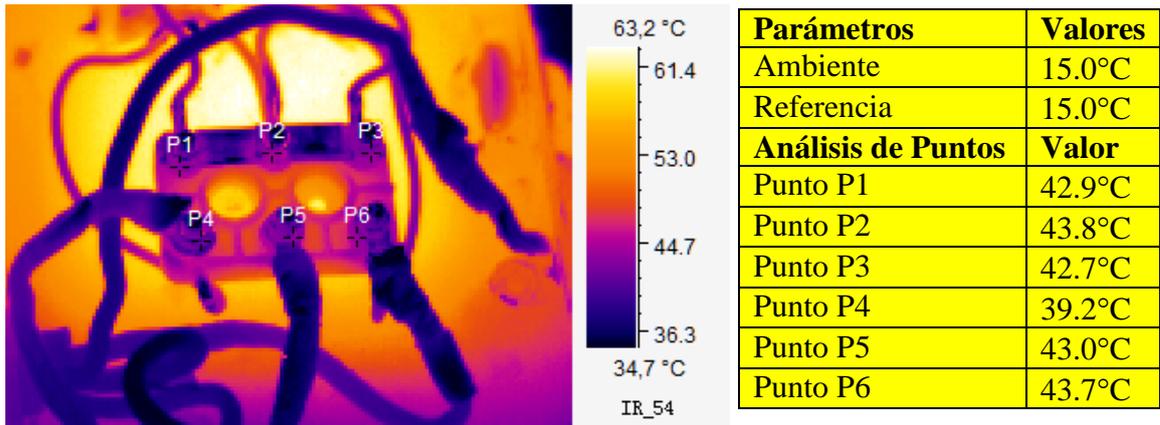
Comentario: El área R1 detallada de la figura 95 presenta una variación de temperatura de 17°C, lo que nos indica que se encuentra en un nivel de criticidad C según la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: Defecto en rodamiento.

Recomendaciones:

Revisar devanados en el próximo mantenimiento planificado y/o anualmente.
 Efectuar lubricación en cantidad y calidad mensualmente.

Figura 96. Imagen termográfica de las conexiones de motor de noria 1



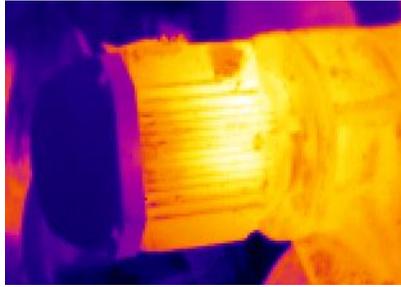
Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: Los puntos P1a P6 detallados en la figura 96 presentan un leve sobrecalentamiento y se encuentra en un nivel de criticidad **B** con respecto a la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: Soltura en conexiones.

Recomendaciones: Ajustar adecuadamente. Revisión de tablero de control y conexiones trimestralmente.

4.8.10.1 Sumario de reportes termográficos de los motores eléctricos Ruta 5

UBICACIÓN TÉCNICA	INSPECCIÓN	IMAGEN IR	PROBLEMA	ACCIÓN	CONDICIÓN
EU-SM-NOR-ME-01	10-10-2012 10:17		Defecto en rodamiento. Soltura en conexiones de bornera.	Revisar devanados en el próximo mantenimiento planificado y/o anualmente. Efectuar lubricación en cantidad y calidad mensual. Ajustar adecuadamente. Revisión de tablero de control y conexiones trimestralmente.	Leve

4.8.11

Motor preagitador de entrada

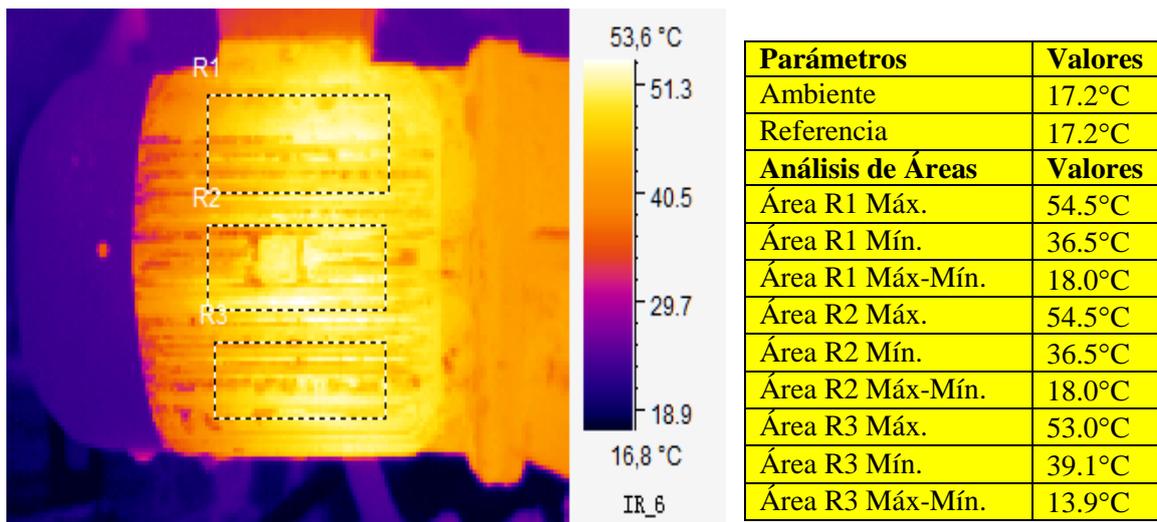
Fecha de inspección: 15-10-2012
Área: Sistema Mezclas
Unidad: Preagitador de entrada
Componente: Motor eléctrico 01
Nivel de Criticidad: C.

Figura 97. Motor preagitador de entrada



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 98. Imagen termográfica de la carcasa del motor preagitador de entrada



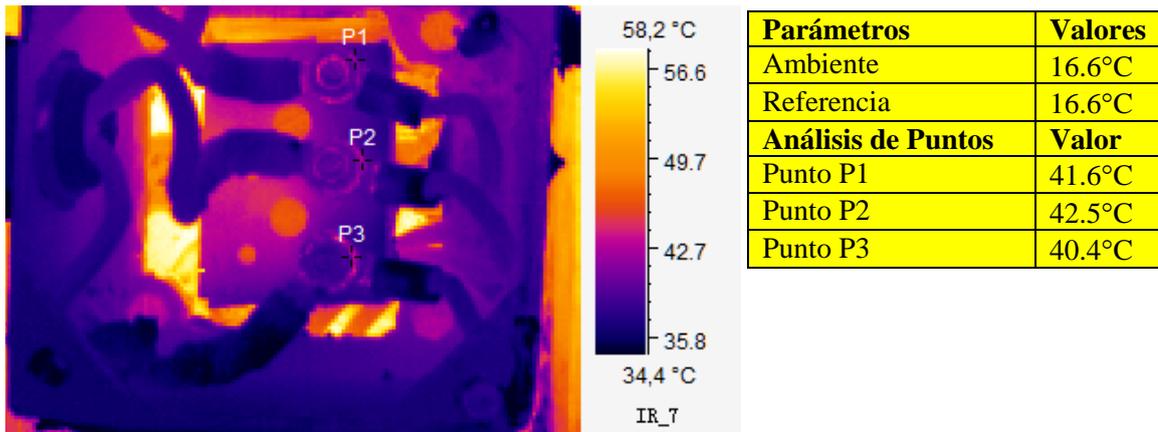
Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: Las tres áreas detalladas de la figura 98 poseen una diferencia de temperatura de 18,0°C, lo que nos indica que se encuentra en un nivel de criticidad C según la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: El motor se encuentra en un régimen de trabajo normal con respecto a la temperatura de funcionamiento de motores.

Recomendaciones: Realizar limpieza en carcasa semanalmente debido a presencia de polvo. Continuar con el régimen de funcionamiento del componente.

Figura 99. Imagen termográfica de las conexiones del motor preagitador de entrada



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: Los puntos P1, P2, P3 de la figura 99 no poseen ningún cambio o diferencia de temperatura drástica. La bornera se encuentra en condiciones normal de operación.

Diagnóstico: Presencia de soldadura en conexiones.

Recomendaciones:

Realizar limpieza por presencia de polvo trimestralmente. Verificar ajustes semestralmente.

4.8.12

Motor de bomba rociadores

Fecha de inspección: 15-10-2012

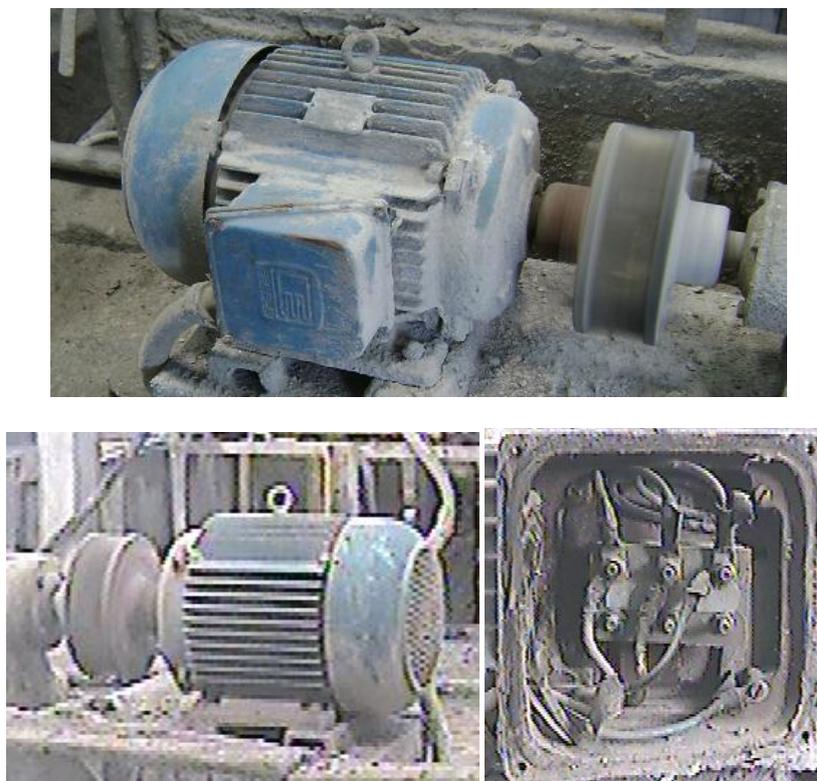
Área: Sistema Mezclas

Unidad: Motor de bomba rociadores

Componente: Motor eléctrico 01

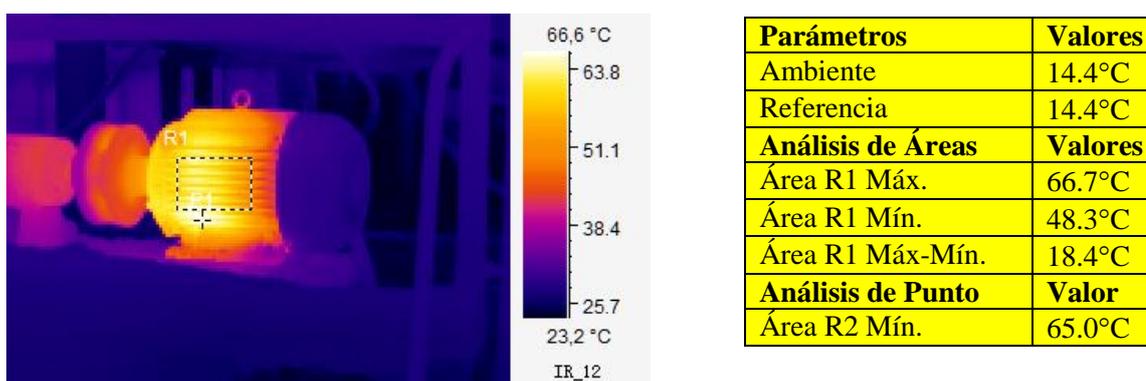
Nivel de Criticidad: C.

Figura 100. Motor de la bomba de rociadores



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 101. Imagen termográfica de la carcasa del motor de la bomba de rociadores.



Fuente: TUBASEC C.A.

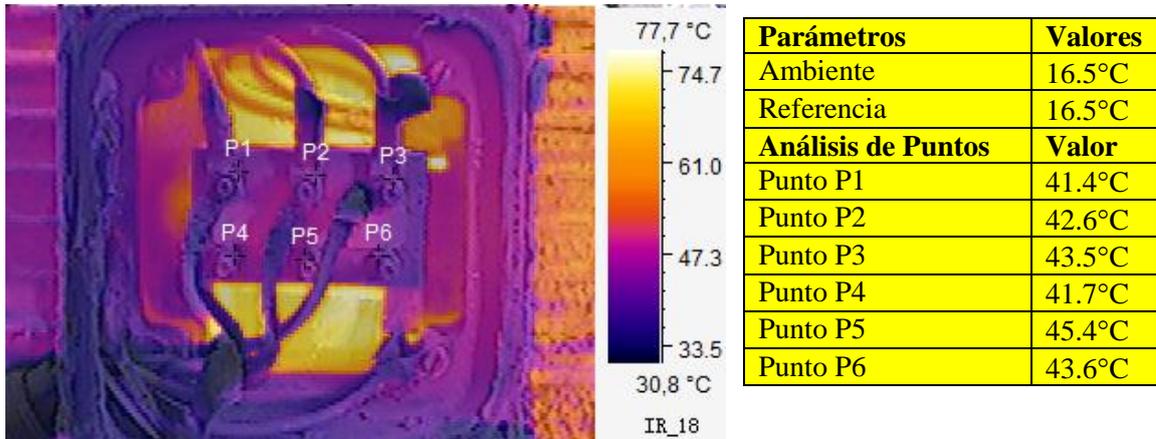
Comentario: El área seleccionada indica un diferencial de temperatura de 18,4°C lo que indica que se encuentra en un nivel de criticidad C según la tabla ASNT-TC-1A. Existe un leve sobrecalentamiento del motor en el estator. Temperatura anormal en el estator.

Diagnóstico: Deficiencia de aislamiento del estator.

Recomendaciones:

Ejecutar prueba de aislamiento eléctrico a los devanados del rotor y estator. Revisar en el próximo mantenimiento programado las escobillas y devanados o anualmente.

Figura 102. Imagen termográfica de las conexiones del motor de la bomba de rociadores



Fuente: TUBASEC C.A.

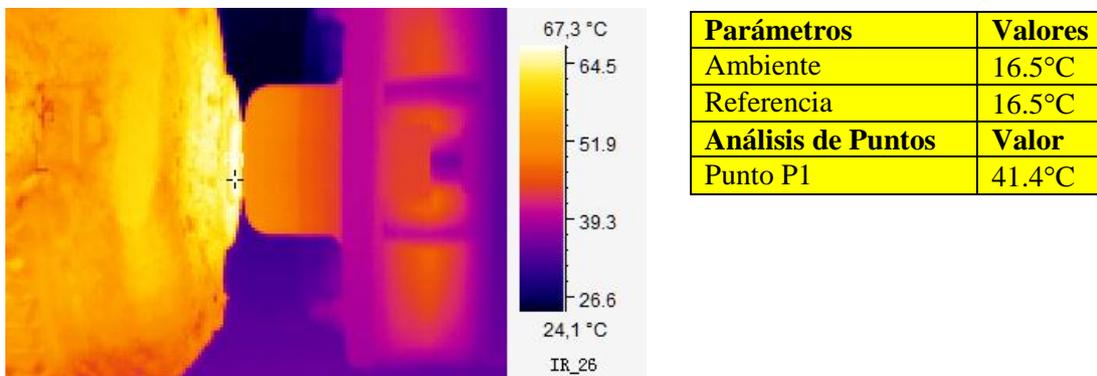
Comentario: Los puntos P1 a P6 de la figura 102 poseen leves variaciones de temperatura.

Diagnóstico: La bornera se encuentra en condiciones normal de operación.

Recomendaciones:

Realizar ajustes o aprietes en las tuercas de conexiones en las borneras semestralmente.

Figura 103. Imagen termográfica del eje del motor de la bomba de rociadores



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: El punto de la figura 103 posee una temperatura de trabajo normal.

Diagnóstico: No presenta problemas relevantes.

Recomendaciones:

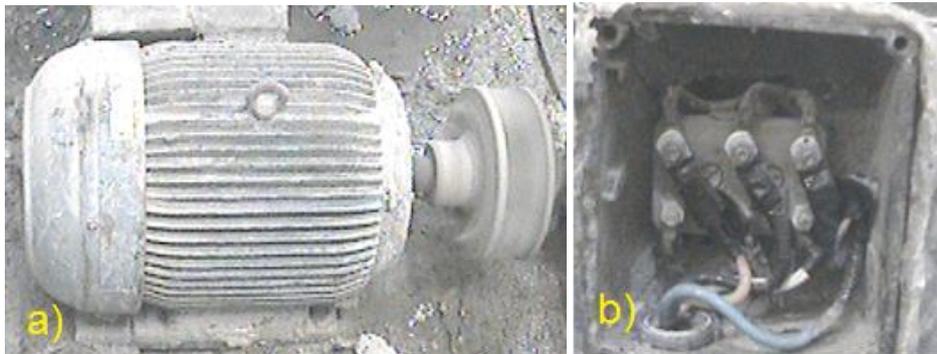
Realizar engrase y lubricación en los cojinetes en el próximo mantenimiento planificado.

4.8.13

Motor de bomba agua conos

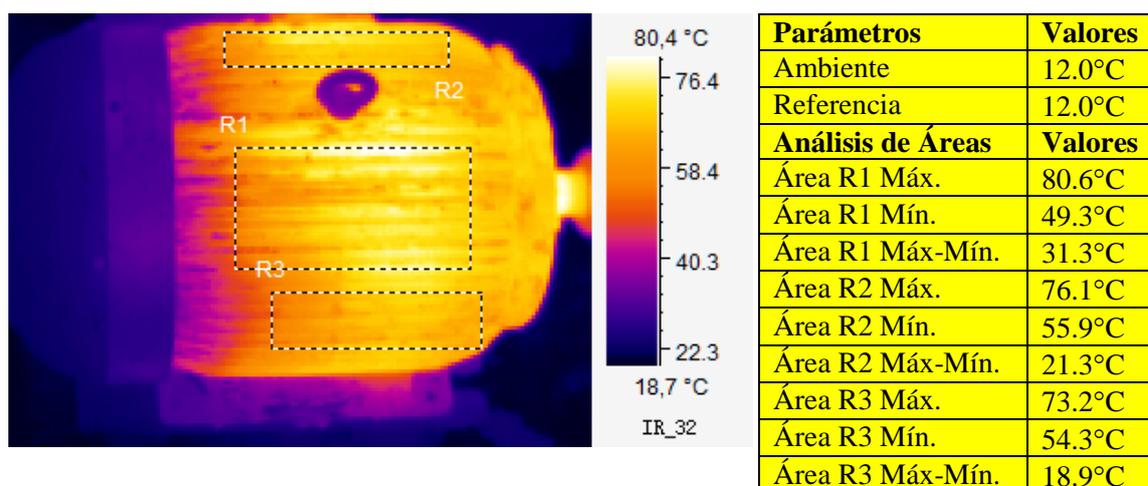
Fecha de inspección: 15-10-2012
Área: Sistema Mezclas
Unidad: Motor de bomba agua conos
Componente: Motor eléctrico 01
Nivel de Criticidad: C.

Figura 104. Motor de la bomba de agua conos



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 105. Imagen termográfica de la carcasa del motor de la bomba de agua conos



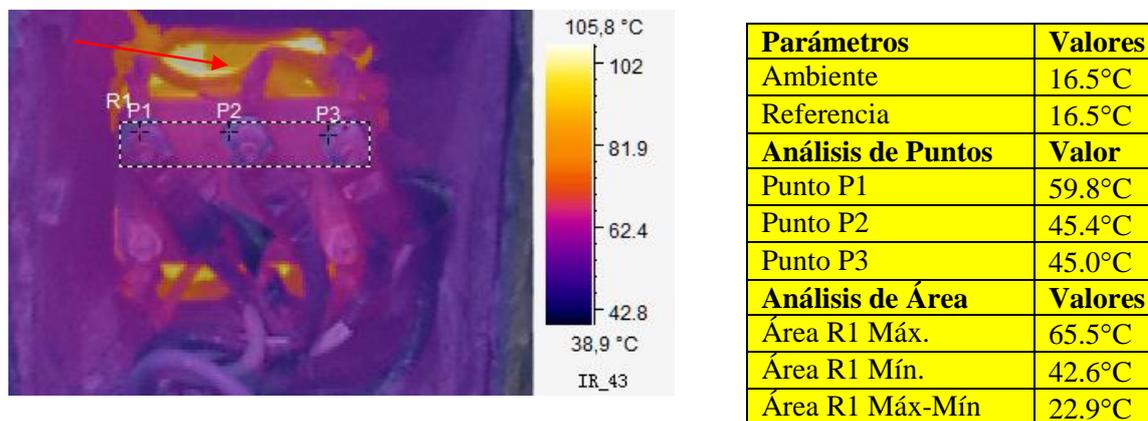
Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: Las áreas R1, R2, R3, seleccionadas presentan un diferencial de temperatura de 23,8°C lo que indica que se encuentra en un nivel de criticidad C según la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnostico: Existe un sobrecalentamiento del motor en el estator. Problemas en el rodamiento. Sobrecarga del motor.

Recomendaciones: Revisar en próximo mantenimiento planificado las escobillas y devanados. Realizar engrases y lubricaciones en rodamientos trimestralmente.

Figura 106. Imagen termográfica de las conexiones del motor de la bomba de agua conos



Fuente: TUBASEC C.A.

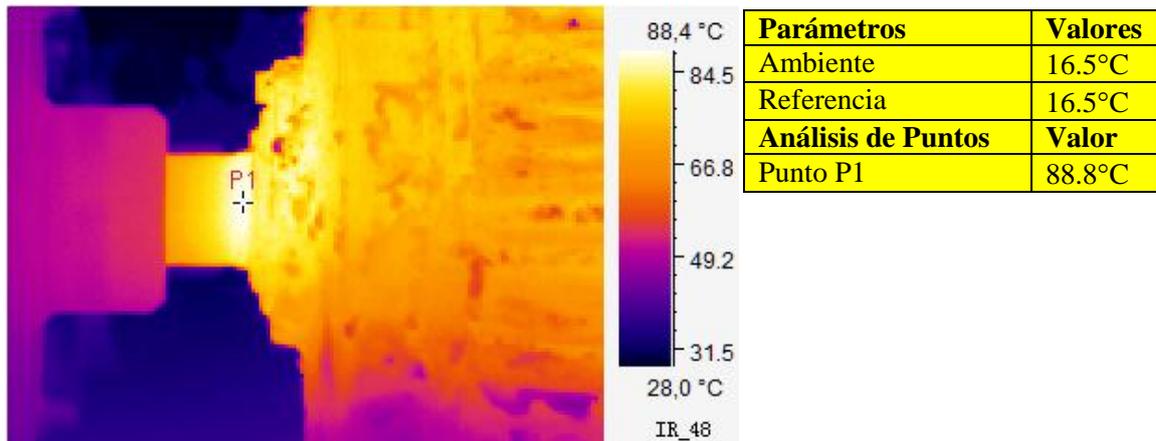
Comentario: Los puntos P1, P2 y P3 de la figura 106 poseen leves variaciones de temperatura. Presencia de soldura en el punto P1. Aparentemente se encuentra en normal funcionamiento pero existe una temperatura excesiva al interior del rotor bordeando los 106.8°C con los que se encuentra en severidad A según la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnostico: Soldura en conexión. Empalme defectuoso.

Recomendaciones:

Debe ser revisado o seguido. Verificar ajustes en la bornera semestralmente.

Figura 107. Imagen termográfica del eje del motor de la bomba de agua conos



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: El punto de la figura 107 posee una temperatura de trabajo media-alta.
Diagnóstico: Sobrecarga externa e interna impuesta por rodamientos con defectos.
Recomendaciones: Realizar engrase y lubricación en los cojinetes en el próximo mantenimiento planificado y/o mensualmente. Realizar un análisis de vibraciones a la par semestralmente.

4.8.14 Motor agitador de entrada

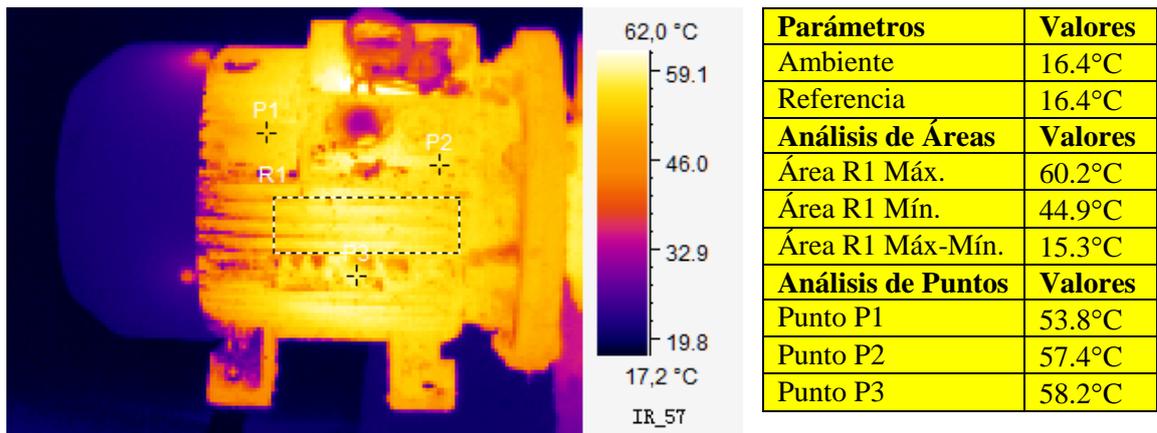
Fecha de inspección: 16-10-2012
Área: Sistema Mezclas
Unidad: Agitador de entrada
Componente: Motor eléctrico 01
Nivel de Criticidad: C.

Figura 108. Motor agitador de entrada



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 109. Imagen termográfica de la carcasa del motor agitador de entrada



Fuente: TUBASEC C.A.

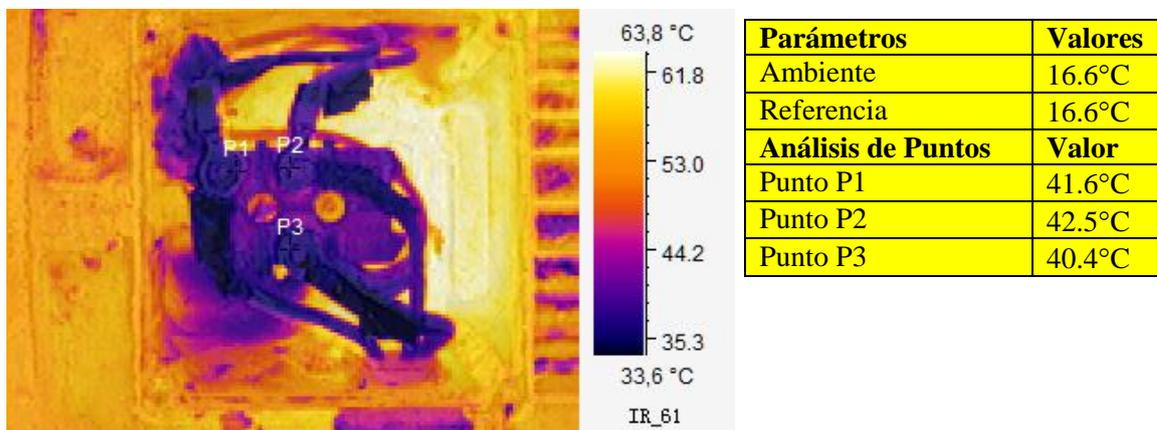
Comentario: El área R1 seleccionada en la figura 109 poseen una diferencia de temperatura de 15.3°C, lo que nos indica que se encuentra en un nivel de criticidad C según la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: El motor se encuentra en un régimen de trabajo normal con respecto a los puntos seleccionados ya que no presentan variaciones de temperatura drásticos.

Recomendaciones:

Realizar limpieza por presencia de polvo semanalmente. Continuar con el régimen de funcionamiento del componente.

Figura 110. Imagen termográfica de las conexiones del motor agitador de entrada



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: Los puntos P1, P2 y P3 de la figura 110 no poseen ningún cambio o diferencia de temperatura drástica.

Diagnóstico: La bornera se encuentra en condiciones normal de operación.

Recomendaciones:

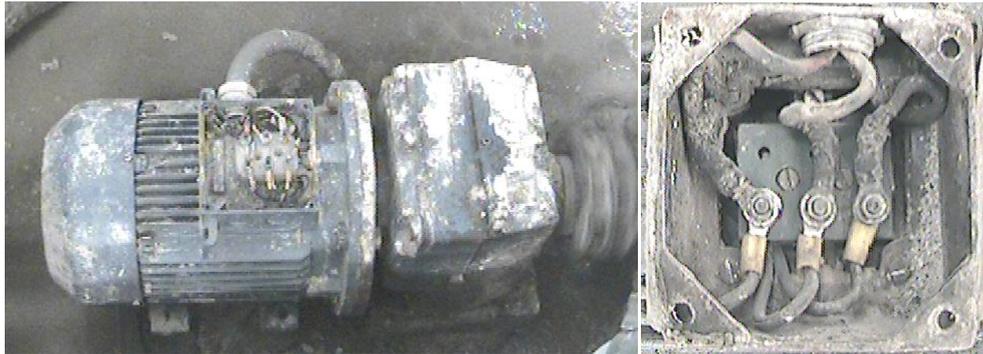
Realizar limpieza por presencia de polvo trimestralmente. Verificar ajustes semestralmente.

4.8.15

Motor agitador 1

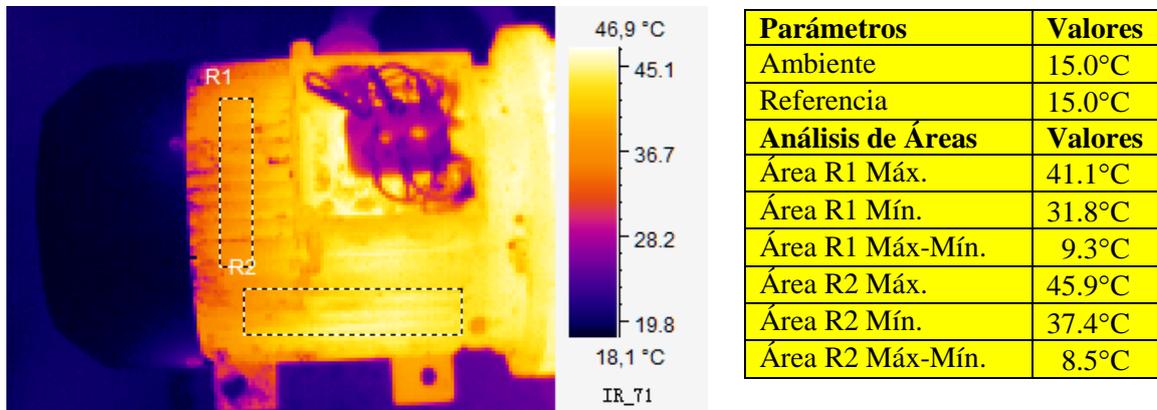
Fecha de inspección: 16-10-2012
Área: Sistema Mezclas
Unidad: Agitador 1
Componente: Motor eléctrico 01
Nivel de Criticidad: C.

Figura 111. Motor agitador 1



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 112. Imagen termográfica de la carcasa del motor agitador 1



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: Las áreas R1 y R2 seleccionadas en la figura 112 poseen una diferencia de temperatura de 9.3°C, lo que nos indica que se encuentra en un nivel de criticidad C según la tabla ASNT-TC-1A.

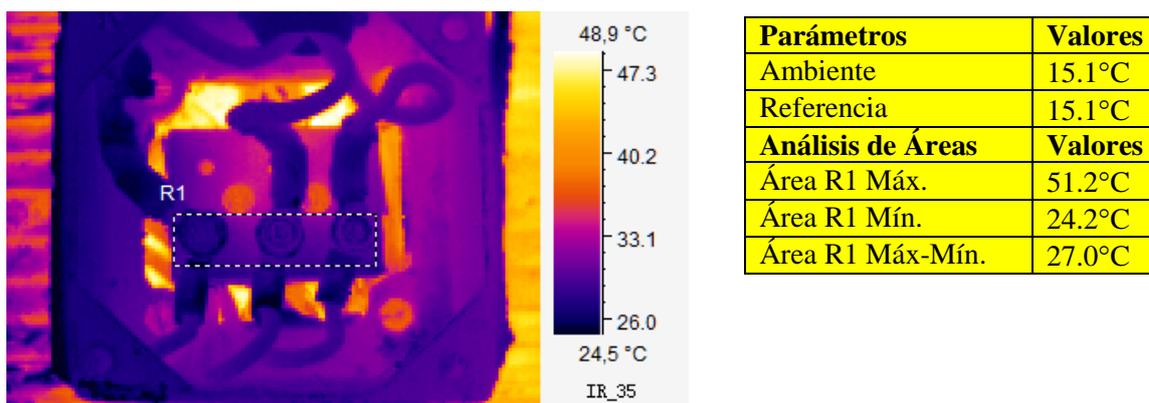
Diagnóstico: El motor se encuentra en un régimen de trabajo normal.

Recomendaciones:

Continuar con el régimen de funcionamiento del componente.

Realizar limpieza por presencia de polvo semanalmente.

Figura 113. Imagen termográfica de las conexiones del motor agitador 1



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: El área R1 de la figura 113 posee un cambio diferencia de temperatura de 27.0°C con lo que se encuentra en un nivel de criticidad **C** según la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: La bornera se encuentra en temperatura normal de operación.

Recomendaciones:

Realizar limpieza por presencia de polvo trimestralmente. Verificar ajustes semestralmente.

4.8.16

Motor agitador 2

Fecha de inspección: 16-10-2012

Área: Sistema Mezclas

Unidad: Agitador 2

Componente: Motor eléctrico 02

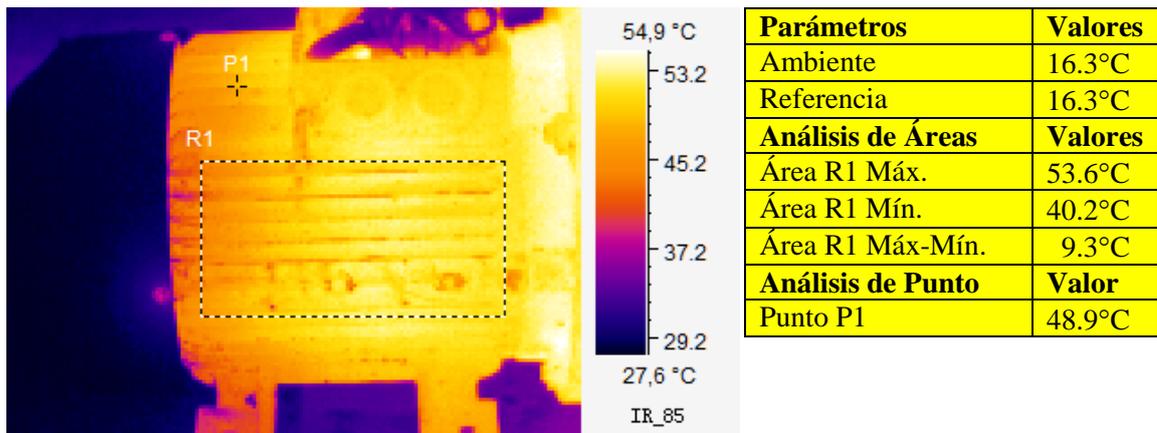
Nivel de Criticidad: C.

Figura 114. Motor agitador 2



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 115. Imagen termográfica de la carcasa motor agitador 2



Fuente: TUBASEC C.A.

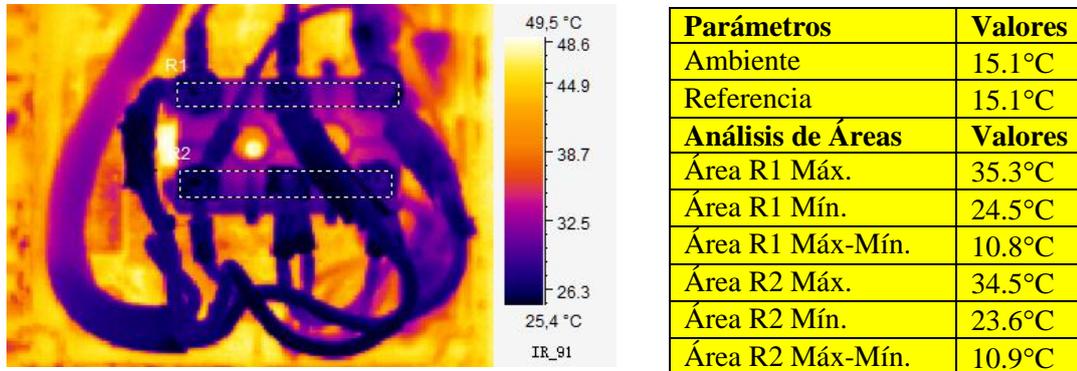
Comentario: El área R1 seleccionada en la figura 115 posee una diferencia de temperatura de 13.4°C, lo que nos indica que se encuentra en un nivel de criticidad **C** según la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: El motor se encuentra en un régimen de trabajo normal.

Recomendaciones:

Continuar con el régimen de funcionamiento del componente.

Figura 116. Imagen termográfica de las conexiones del motor agitador 2



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: El área R1 y R2 seleccionada en la figura 116 poseen una diferencia de temperatura de 10.9°C, lo que nos indica que se encuentra en un nivel de criticidad **C** según la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: La bornera se encuentra en condiciones normal de operación.

Recomendaciones:

Verificar ajustes de cables semestralmente.

4.8.17

Motor bate fieltro

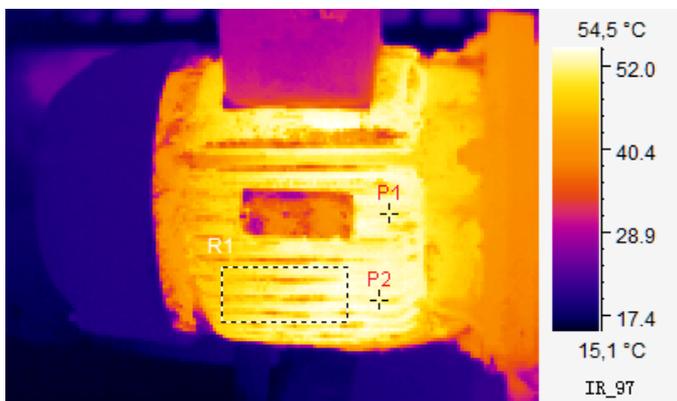
Fecha de inspección: 17-10-2012
Área: Sistema Mezclas
Unidad: Bate fieltro
Componente: Motor eléctrico 01
Nivel de Criticidad: C.

Figura 117. Motor bate fieltro



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 118 Imagen termográfica de la carcasa del motor bate fieltro



Parámetros	Valores
Ambiente	16.0°C
Referencia	16.0°C
Análisis de Áreas	Valores
Área R1 Máx.	54.5°C
Área R1 Mín.	39.9°C
Área R1 Máx-Mín.	14.6°C
Análisis de Puntos	Valores
Punto P1	52.6°C
Punto P2	52.9°C

Fuente: TUBASEC C.A.

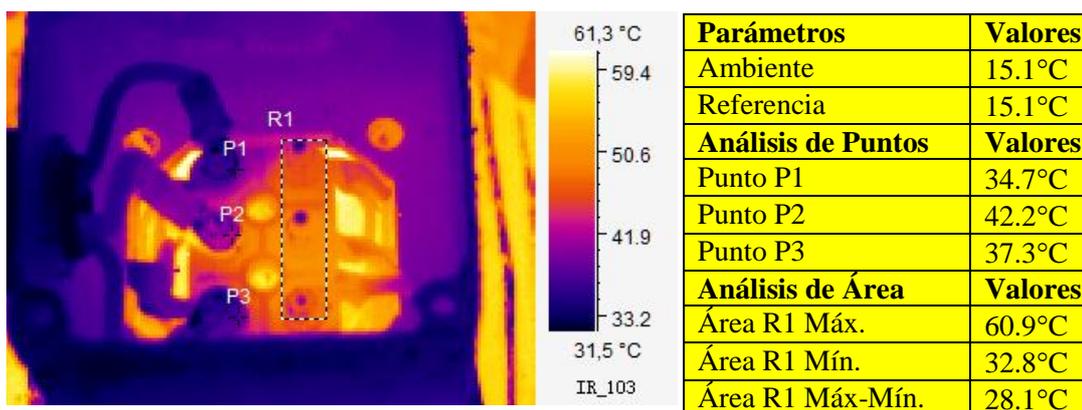
Comentario: El área seleccionada en la figura 118 posee una diferencia de temperatura de 14.6°C, lo que nos indica que se encuentra en un nivel de criticidad **C** según la tabla ASNT-TC-1A. Las temperaturas en los puntos P1 y P2 van acordes a la temperatura de distribución de los devanados

Diagnóstico: El motor se encuentra en un régimen de trabajo normal.

Recomendaciones:

Continuar con el régimen de funcionamiento del componente.

Figura 119. Imagen termográfica de las conexiones del motor bate fieltro



Fuente: TUBASEC C.A.

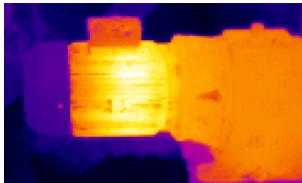
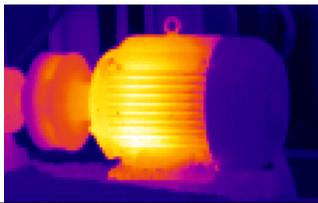
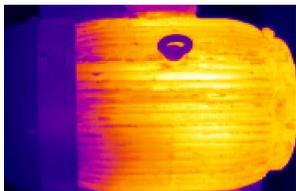
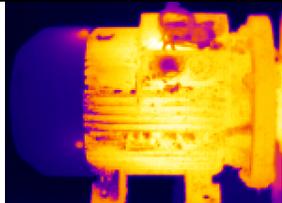
Comentario: El punto P2 de la figura 119, presenta soldadura en el terminal de conexión con respecto a los puntos P1 y P2. El área R1 presenta una temperatura media-alta con un diferencial de 28.1°C, lo que indica que se encuentra en un nivel de criticidad **C** según la tabla ASNT-TC-1A.

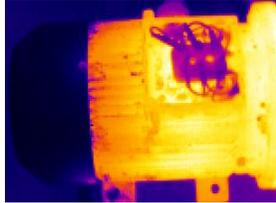
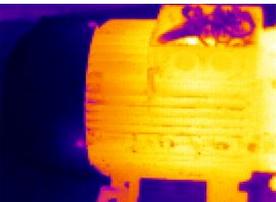
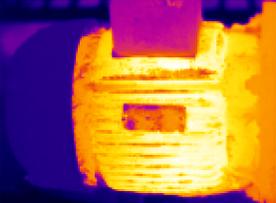
Recomendaciones:

Verificar el balance de las cargas en los cables semestralmente.

Verificar que las terminales se encuentren con el debido ajuste semestralmente.

4.8.17.1 Sumario de reportes termográficos de los motores eléctricos Ruta 6

UBICACIÓN TÉCNICA	INSPECCIÓN	IMAGEN IR	PROBLEMA	ACCIÓN	CONDICIÓN
EU-SM-PRA-ME-01	15-10-2012 8:07		No presenta problemas	Realizar limpieza en carcasa semanalmente debido a presencia de polvo.	Normal
EU-SM-ROC-ME-01	15-10-2012 8:19		Deficiencia de aislamiento del estator.	Ejecutar prueba de aislamiento eléctrico a los devanados del rotor y estator. Revisar en el próximo mantenimiento programado las escobillas y devanados o anualmente.	Leve
EU-SM-BOC-ME-01	15-10-2012 8:50		Existe un sobrecalentamiento del motor en el estator. Problemas en el rodamiento. Sobrecarga del motor. Soltura en conexión. Empalme defectuoso.	Revisar en próximo mantenimiento planificado las escobillas y devanados. Realizar engrases y lubricaciones en rodamientos trimestralmente.	Grave
EU-SM-AGE-ME-01	16-10-2012 9:46		No presenta problemas	Realizar limpieza por presencia de polvo semanalmente. Continuar con el régimen de funcionamiento del componente.	Normal

EU-SM-AGI-ME-01	16-10-2012 10:25		No presenta problemas	Realizar limpieza por presencia de polvo semanalmente y trimestralmente en borneras. Verificar ajustes semestralmente.	Normal
EU-SM-AGI-ME-02	16-10-2012 11:01		El motor se encuentra en un régimen de trabajo Normal.	Verificar ajustes de tuercas en las conexiones.	Leve
EU-SM-BFI-ME-01	17-10-2012 11:36		El motor se encuentra en un régimen de trabajo Normal.	Verificar el balance de las cargas en los cables semestralmente. Verificar que las terminales se encuentren con el debido ajuste semestralmente.	Normal

4.8.18

Motor de línea de corte 1

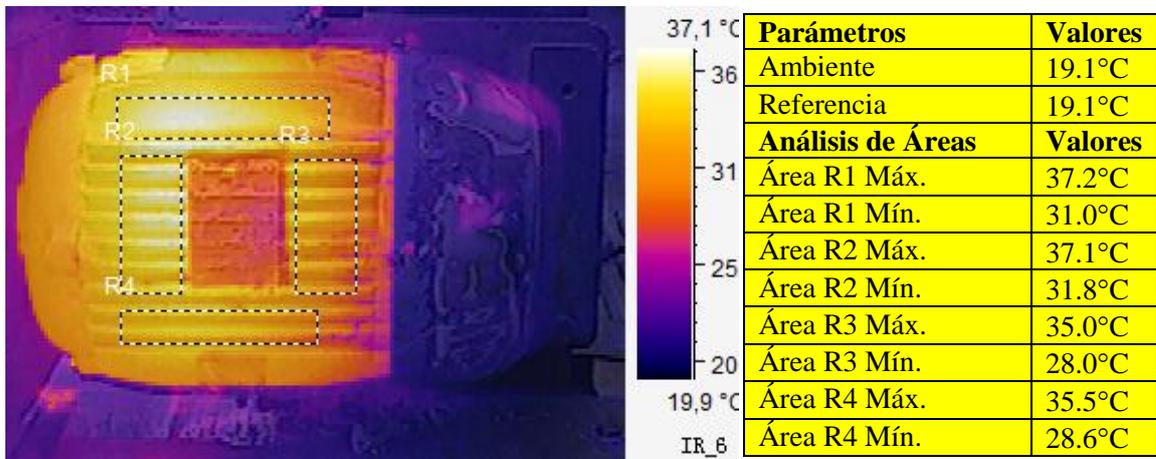
Fecha de inspección: 17-10-2012
Área: Sistema de Corte
Unidad: Línea de corte 1 (Corte longitudinal)
Componente: Motor eléctrico 01
Nivel de Criticidad: C.

Figura 120. Motor de línea de corte 1



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 121. Imagen termográfica de la carcasa del motor de línea de corte 1



Fuente: TUBASEC C.A

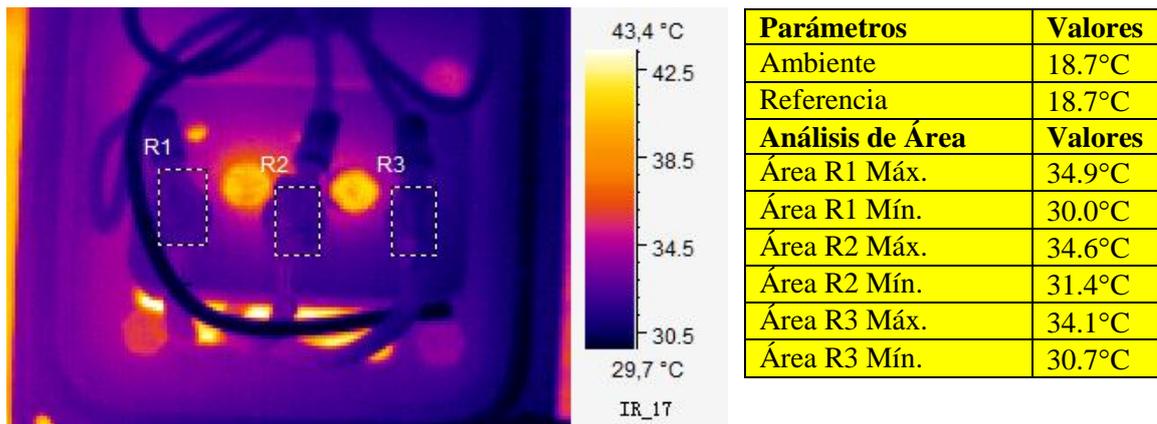
Comentario: El motor inspeccionado se encuentra bajo condiciones normales de operación. La unidad inspeccionada presenta una variación de 6,0°C con un nivel de prioridad **D**, según la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: Componente no presenta problemas relevantes.

Recomendaciones:

Revisar lubricaciones en rodamientos mensualmente y limpieza tanto interna como externa en mantenimiento programado.

Figura 122. Imagen termográfica de las conexiones del motor de línea de corte 1



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: El componente presenta una variación de temperatura de 4,0°C con respecto de las tres áreas de la figura 122, lo que nos indica que se encuentra en un nivel de criticidad **D** con respecto a la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: No presenta problemas la bornera de conexiones.

Recomendaciones: Verificar ajustes de cables en la bornera trimestralmente. Verificar la carga en cada una de las fases anualmente.

4.8.19 Motor de línea de corte 1

Fecha de inspección: 18-10-2012

Área: Sistema de Corte

Unidad: Línea de corte 1 (Corte longitudinal)

Componente: Motor eléctrico 02

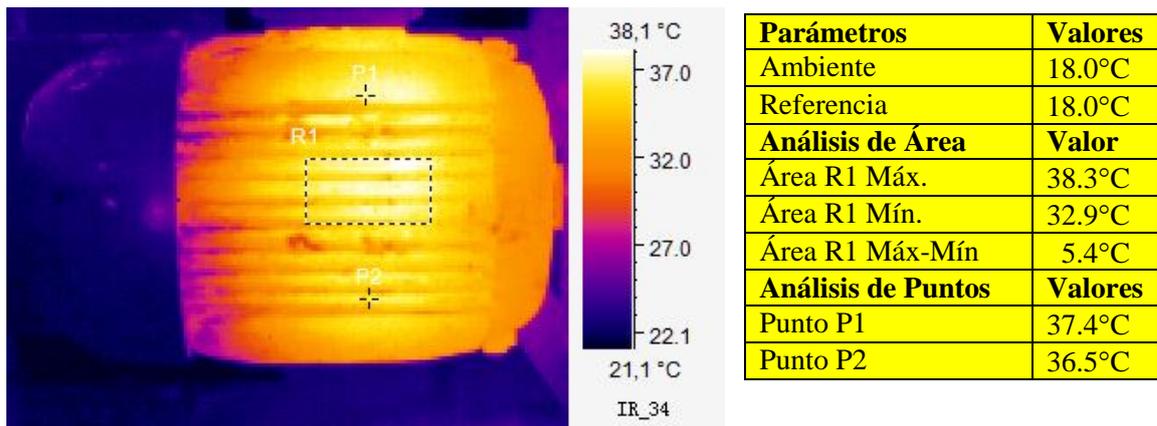
Nivel de Criticidad: C.

Figura 123. Motor de corte longitudinal 1



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 124. Imagen termográfica de la carcasa del motor de corte longitudinal 1



Fuente: TUBASEC C.A.

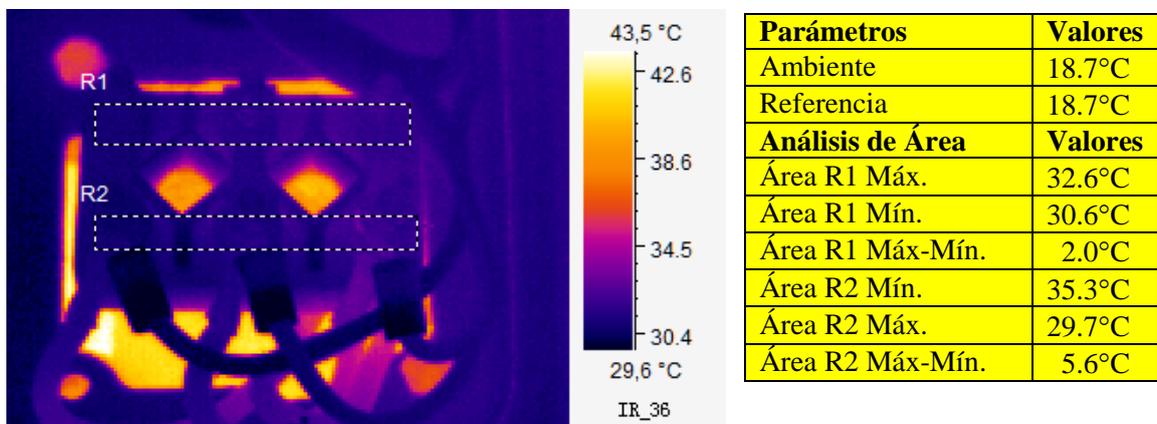
Comentario: La unidad inspeccionada presenta una variación de temperatura de 5,4°C en el área R1 con un nivel de prioridad **D**, según la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: El motor inspeccionado se encuentra bajo condiciones normales de operación.

Recomendaciones:

Verificar cargas y ajustes en las fases y bornera respectivamente semestralmente.

Figura 125. Imagen termográfica de las conexiones del motor de corte longitudinal 1



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: El componente presenta una variación de temperatura de 2,0°C en el área R1 y de 5.6°C en el área R2 lo que nos indica que se encuentra en un nivel de criticidad **D** con respecto a la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: Presenta una leve soldadura en conexión.

Recomendaciones:

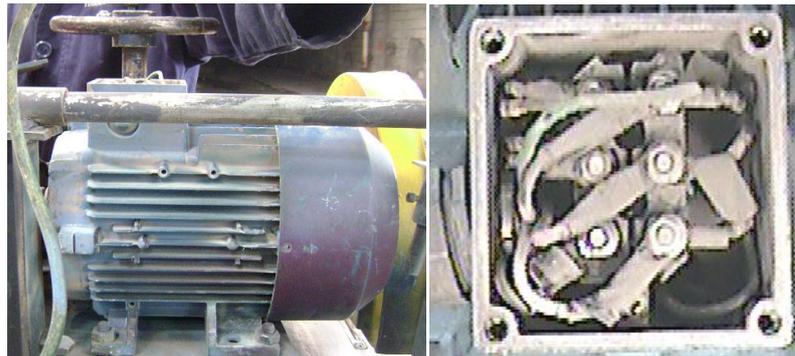
Verificar ajustes de cables en la bornera trimestralmente. Verificar la carga en cada una de las fases anualmente.

4.8.20

Motor de línea de corte 2

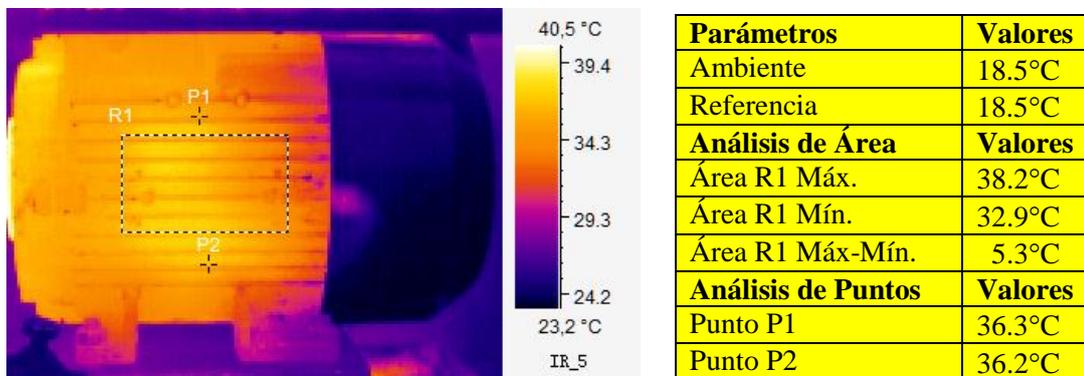
Fecha de inspección: 18-17-2012
Área: Sistema de Corte
Unidad: Línea de corte 2 (Corte Longitudinal)
Componente: Motor eléctrico 03
Nivel de Criticidad: C.

Figura 126. Motor de corte longitudinal 2



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 127. Imagen termográfica de la carcasa del motor de corte longitudinal 2



Fuente: TUBASEC C.A.

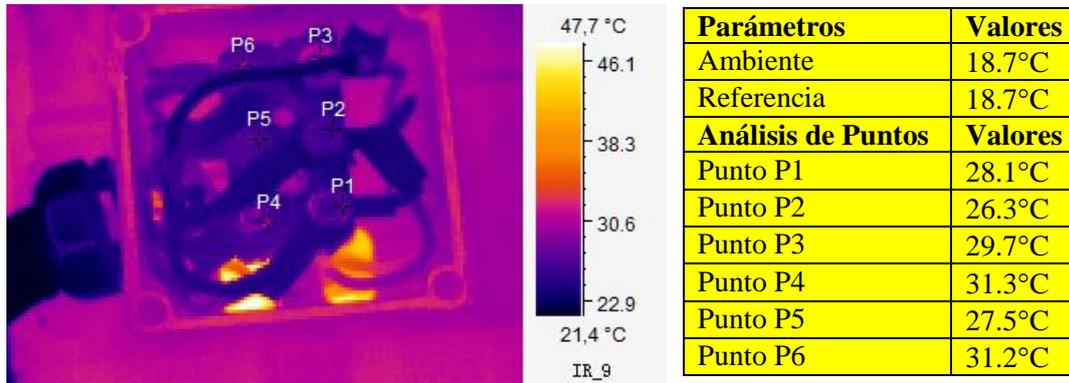
Comentario: La unidad inspeccionada presenta una variación en el área R1 de 5,3°C con un nivel de prioridad **D**, según la tabla ASNT-TC-1A. Los puntos P1 y P2 no presentan variaciones de temperatura con respecto al motor, es decir se encuentra en funcionamiento normal.

Diagnóstico: El motor inspeccionado se encuentra bajo condiciones normales de operación.

Recomendaciones:

Continuar con el régimen de operación del motor. Realizar mantenimiento autónomo, de limpieza semanalmente.

Figura 128. Imagen termográfica de la carcasa del motor de corte longitudinal 2



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: El componente presenta una leve variación de temperatura en los puntos 4 y 6 en la bornera de conexiones lo que nos indica que se encuentra en un nivel de criticidad **D** con respecto a la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: Soltura leve en conexiones.

Recomendaciones:

Verificar ajustes de cables en la bornera trimestralmente.

Verificar la carga en cada una de las fases anualmente.

Realizar limpieza en la bornera debido a presencia de polvo trimestralmente.

4.8.21

Motor de línea de corte 2

Fecha de inspección: 18-10-2012

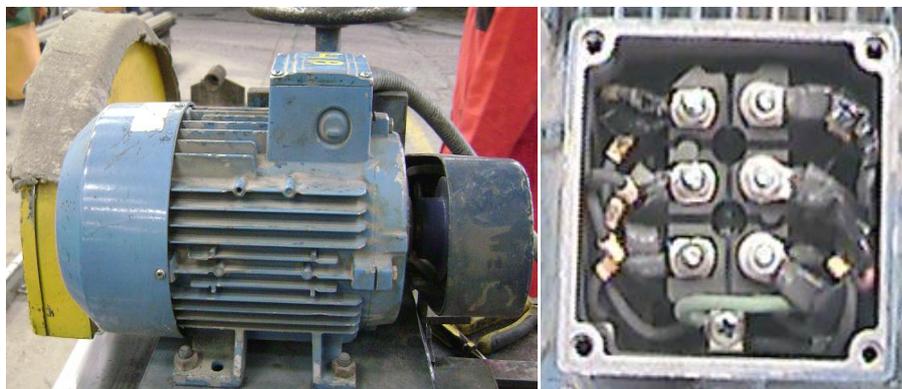
Área: Sistema de Corte

Unidad: Línea de corte 2 (Corte longitudinal)

Componente: Motor eléctrico 04

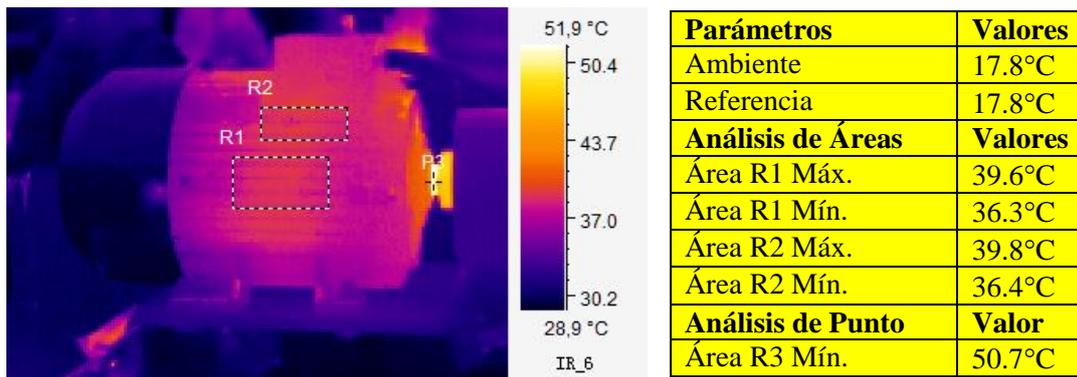
Nivel de Criticidad: C.

Figura 129. Motor de corte longitudinal 2



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 130. Imagen termográfica de la carcasa del motor de corte longitudinal 2



Fuente: TUBASEC C.A.

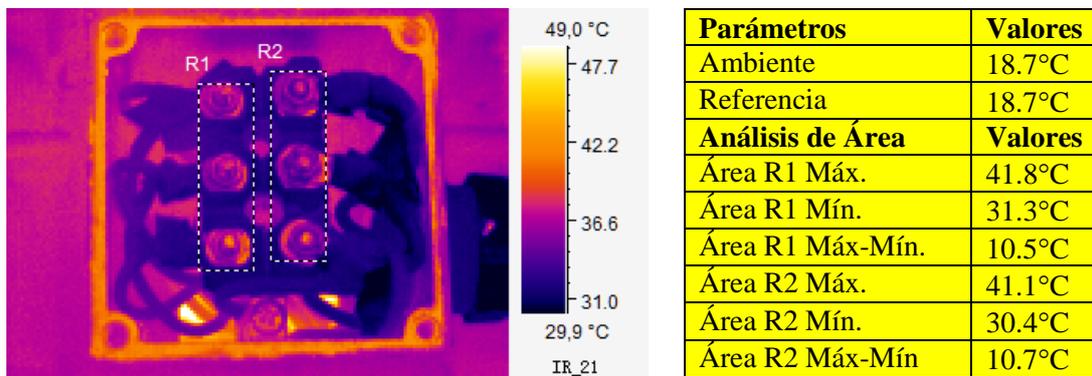
Comentario: La unidad inspeccionada presenta una variación de 3°C con un nivel de prioridad **D**, según la tabla ASNT-TC-1A. El punto seleccionado presenta un leve calentamiento con respecto a la carga.

Diagnóstico: El motor inspeccionado se encuentra bajo condiciones normales de operación.

Recomendaciones:

Revisar lubricaciones en rodamientos mensualmente.

Figura 131. Imagen termográfica de la carcasa del motor de corte longitudinal 2



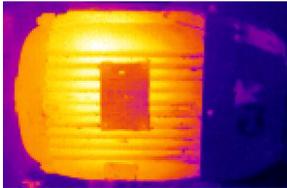
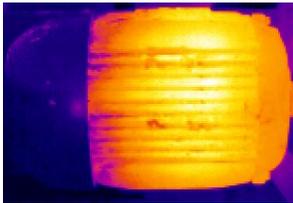
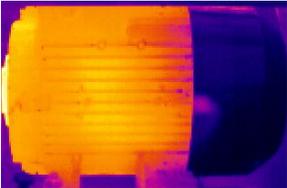
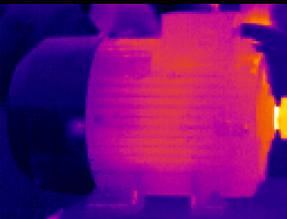
Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: El componente presenta una variación de temperatura con respecto de las áreas R1 y R2 de 10°C lo que nos indica que se encuentra en un nivel de criticidad **C** con respecto a la tabla ASNT-TC-1A.

Recomendaciones:

Verificar ajustes de cables en la bornera semestralmente. Verificar la carga en cada una de las fases anualmente.

4.8.21.1 Sumario de reportes termográficos de los motores eléctricos Ruta 8

UBICACIÓN TÉCNICA	INSPECCIÓN	IMAGEN IR	PROBLEMA	ACCIÓN	CONDICIÓN
EU-SC-LON-ME-01	17-10-2012 9:15		No presenta problemas	Verificar ajustes de cables en la bornera trimestralmente. Verificar la carga en cada una de las fases anualmente.	Normal
EU-SC-LON-ME-02	18-10-2012 9:26		Presenta soldaduras en conexiones.	Verificar ajustes de cables en la bornera trimestralmente. Verificar la carga en cada una de las fases anualmente.	Leve
EU-SC-LON-ME-03	18-10-2012 9:42		No presenta problemas	Realizar mantenimiento autónomo, de limpieza semanalmente.	Normal
EU-SC-LON-ME-04	18-10-2012 10:21		No presenta problemas	Revisar lubricaciones en rodamientos mensualmente.	Normal

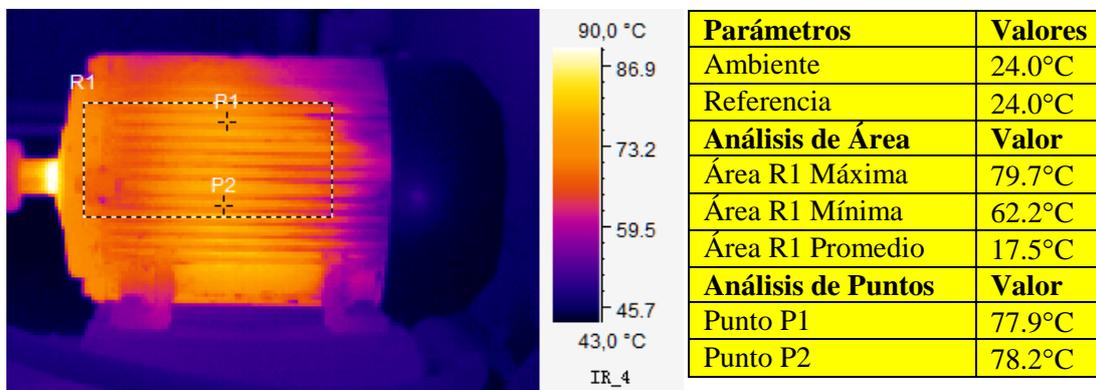
Fecha de inspección: 19-10-2012
Área: Sistemas Adicionales
Unidad: Bomba de circulación de aceite
Componente: Motor eléctrico 05
Nivel de Criticidad: C.

Figura 132. Motor de bomba de circulación de aceite



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 133. Imagen termográfica de la carcasa del motor de bomba de circulación de aceite



Fuente: TUBASEC C.A

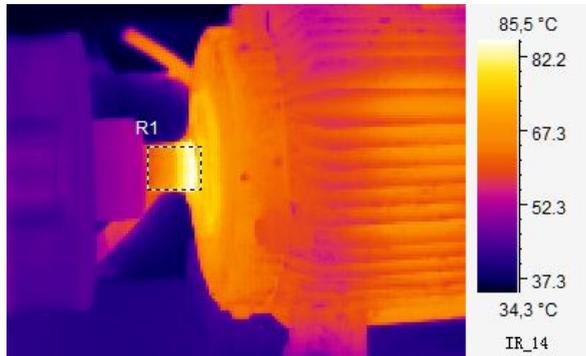
Comentario: En la figura 133, el área R1 presenta una diferencia de temperatura de 17.5°C en referencia al resto del motor, ubicándose en un nivel de severidad **C** con respecto a la tabla ASNT-TC-1A y se debe programar una inspección.

Diagnóstico: No presenta problemas relevantes.

Recomendaciones:

Revisar el motor para evitar un sobrecalentamiento severo en cada mantenimiento.

Figura 134. Imagen termográfica del eje del motor de bomba de circulación de aceite



Parámetros	Valores
Ambiente	24.0°C
Referencia	24.0°C
Análisis de Punto	Valor
Área R1 Máx	74.1°C
Área R1 Mín	47.7°C
Área R1 Máx-Mín.	26.7°C

Fuente: TUBASEC C.A

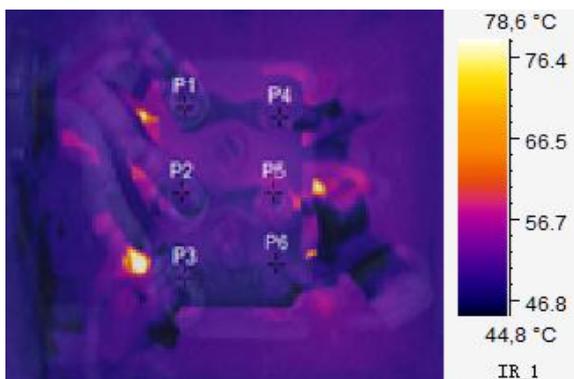
Comentario: En la figura 134, el área R1 presenta una diferencia de temperatura de 26.7°C en referencia al resto del motor, ubicándose en un nivel de severidad **C** con respecto a la tabla ASNT-TC-1A y se debe programar una inspección.

Diagnóstico: Desalineación, lubricación y problemas de desgaste se detectan antes que causen salida de servicio.

Recomendaciones:

Revisar el motor en cada mantenimiento programado para evitar un sobrecalentamiento severo.

Figura 135. Imagen termográfica de las conexiones del motor de bomba de circulación de aceite



Parámetros	Valores
Ambiente	24.0°C
Referencia	24.0°C
Análisis de Puntos	Valor
Punto P1	51.6°C
Punto P2	52.5°C
Punto P3	50.1°C
Punto P4	51.6°C
Punto P5	55.1°C
Punto P6	47.3°C

Fuente: TUBASEC C.A

Comentario: Temperatura de tomas de conexiones de trabajo normales.

Diagnóstico: No se presentan sobrecalentamientos en los puntos.

Recomendaciones:

Verificar aprietes semestralmente.

4.8.23

Motor del ventilador

Fecha de inspección: 19-10-2012

Área: Sistemas Adicionales

Unidad: Motor del ventilador

Componente: Motor eléctrico 02

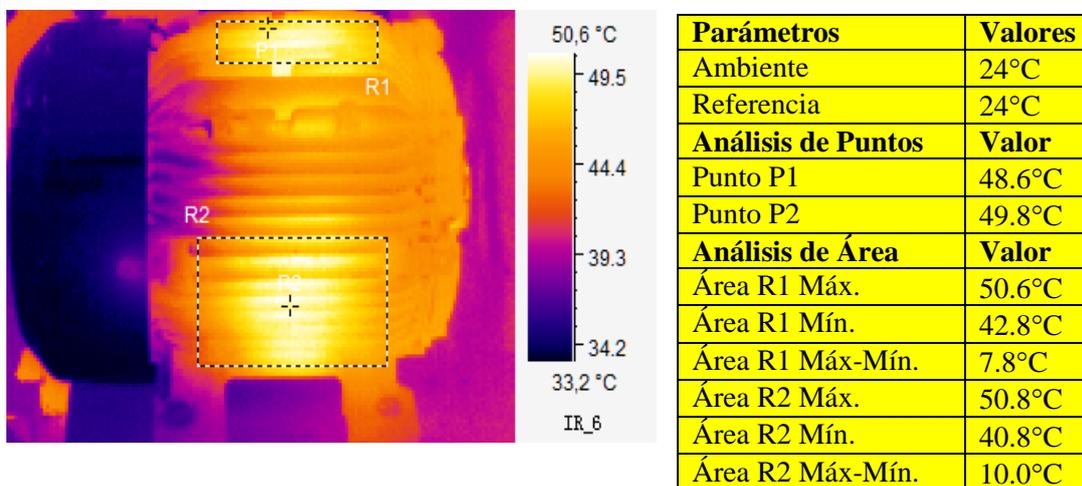
Nivel de Criticidad: C.

Figura 136. Motor del ventilador



Fuente: TUBASEC C.A

Figura 137. Imagen termográfica de la carcasa del motor del ventilador



Fuente: TUBASEC C.A

Comentario: El área R1 presenta un diferencial de temperatura de 7.8°C, lo que nos indica que se encuentra en un nivel de criticidad **D**, según la tabla ASNT-TC-1A,

Diagnóstico: El motor se encuentra en condiciones normales de operación.

Recomendaciones:

Se recomienda realizar limpiezas, engrases y lubricación.

Se aconseja un mantenimiento programado.

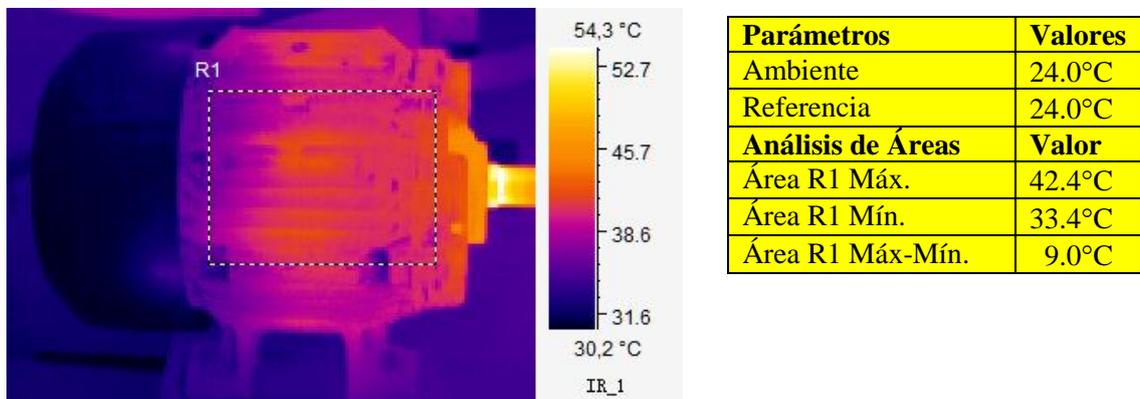
Fecha de inspección: 19-10-2012
Área: Sistemas Adicionales
Unidad: Motor de la bomba de diesel
Componente: Motor eléctrico 05
Nivel de Criticidad: C.

Figura 138. Motor de la bomba de diesel



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 139. Imagen termográfica de la carcasa del motor de la bomba de diesel



Fuente: TUBASEC C.A

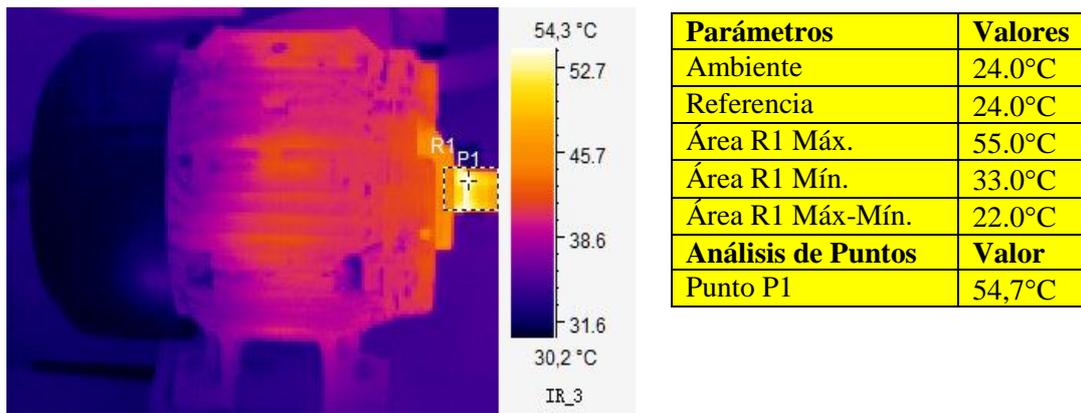
Comentario: En la figura 139, el área R1 presenta una diferencia de temperatura de 9,0°C en referencia al resto del motor, ubicándose en un nivel de severidad **D** según la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: No presenta problemas.

Recomendaciones:

Realizar tareas de mantenimiento autónomo, de limpieza semanalmente.

Figura 140. Imagen termográfica del eje del motor de la bomba de diesel



Fuente: TUBASEC C.A

Comentario:

En la figura 140, el área presenta una diferencia de temperatura de 22.0°C en referencia al resto del motor, ubicándose en un nivel de severidad **C** con respecto a la tabla ASNT-TC-1A y se debe programar una inspección.

En P1 tenemos una temperatura elevada de realizar acciones inmediatas.

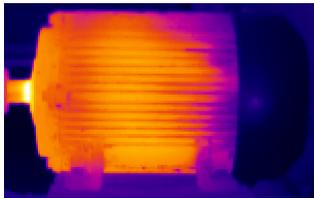
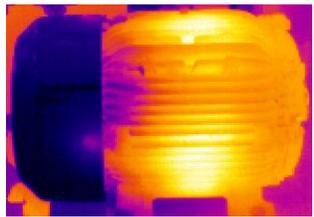
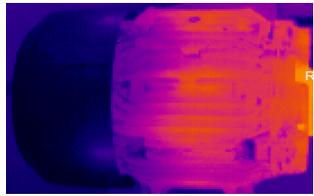
Diagnóstico: Problemas en el rodamiento.

Recomendaciones:

Revisar el motor para evitar un sobrecalentamiento severo.

Desalineación, lubricación y problemas de desgaste se detectan antes que causen salida de servicio.

4.8.24.1 Sumario de reportes termográficos de los motores eléctricos Ruta 8

UBICACIÓN TÉCNICA	INSPECCIÓN	IMAGEN IR	PROBLEMA	ACCIÓN	CONDICIÓN
EU-SA-CAL-ME-02	19-10-2012 8:15		No presenta problemas	Realizar limpieza, engrases y lubricación en cada mantenimiento planificado.	Normal
EU-SA-CAL-ME-04	19-10-2012 8:26		Temperatura media-alta en el eje con lo que requiere una acción inmediata.	Se recomienda realizar limpiezas, engrases y lubricación mensualmente. Se aconseja un mantenimiento programado.	Leve
EU-SA-CAL-ME-05	19-10-2012 8:39		Problemas en el rodamiento.	Realizar tareas de mantenimiento autónomo, de limpieza semanalmente. Desalineación, lubricación y problemas de desgaste se detectan antes que causen salida de servicio.	Grave

4.8.25

Motor de ventosa de molde

Fecha de inspección: 22-10-2012

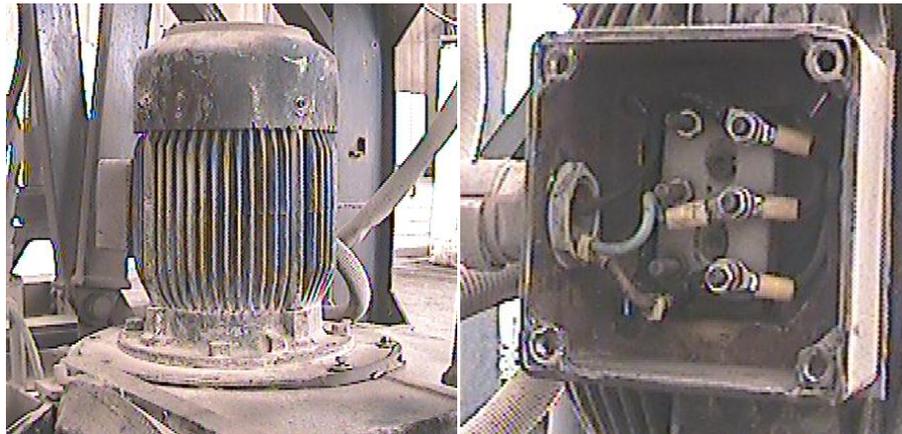
Área: Sistema Desmoldeo

Unidad: Ventosa de molde

Componente: Motor eléctrico 01

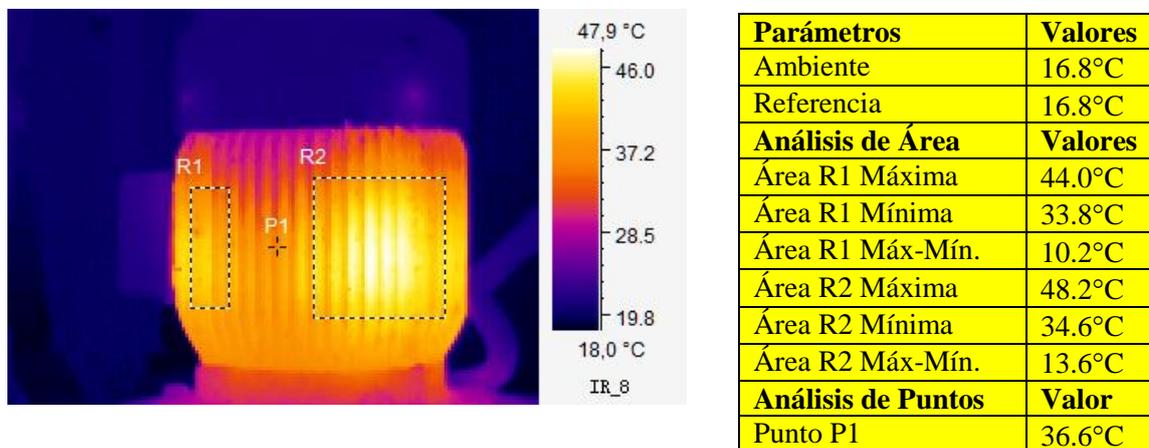
Nivel de Criticidad: C.

Figura 141. Motor de ventosa de molde



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 142. Imagen termográfica de la carcasa del motor de ventosa de molde



Fuente: TUBASEC C.A.

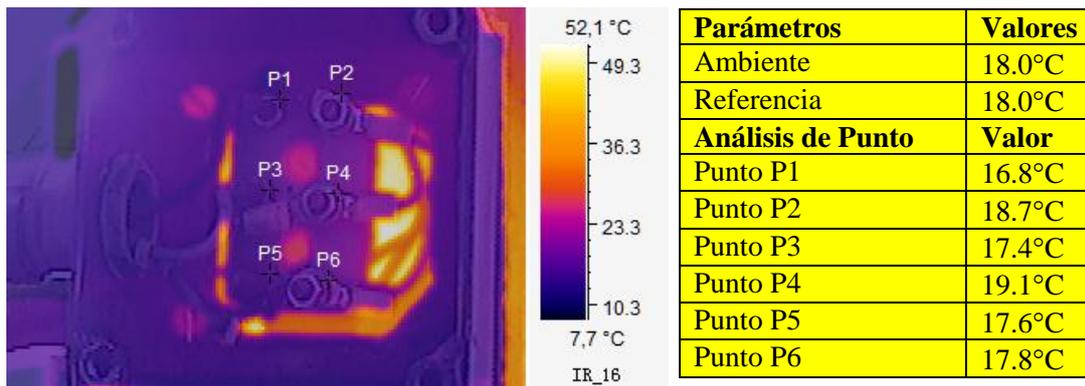
Comentario: En la figura 142, el área R1 seleccionada poseen un diferencial de temperatura de 10,2°C y el área R2 de 13,6°C lo cual se encuentran en prioridad de severidad C. El punto P1 seleccionado su temperatura se encuentra en un rango entre R1 y R2.

Diagnóstico: El componente se encuentra en funcionamiento normal.

Recomendaciones:

Realizar limpieza en la carcasa trimestralmente.

Figura 143. Imagen de las conexiones del motor de ventosa de molde



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: En la figura 143, los puntos P1 a P6 seleccionados no presentan variaciones de temperatura drásticas, encontrándose con un diferencial de temperatura de 2.3°C lo cual se encuentra en prioridad **D** según la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: Componente en normal funcionamiento.

Recomendaciones:

Verificar que las terminales se encuentren con el debido ajuste semestralmente. Verificar el balance de cargas en los cables anualmente. Realizar limpieza debido a presencia de polvo trimestralmente.

4.8.26

Motor de ventosa de placa

Fecha de inspección: 22-10-2012

Área: Sistema Desmoldeo

Unidad: Ventosa de placa

Componente: Motor eléctrico 02

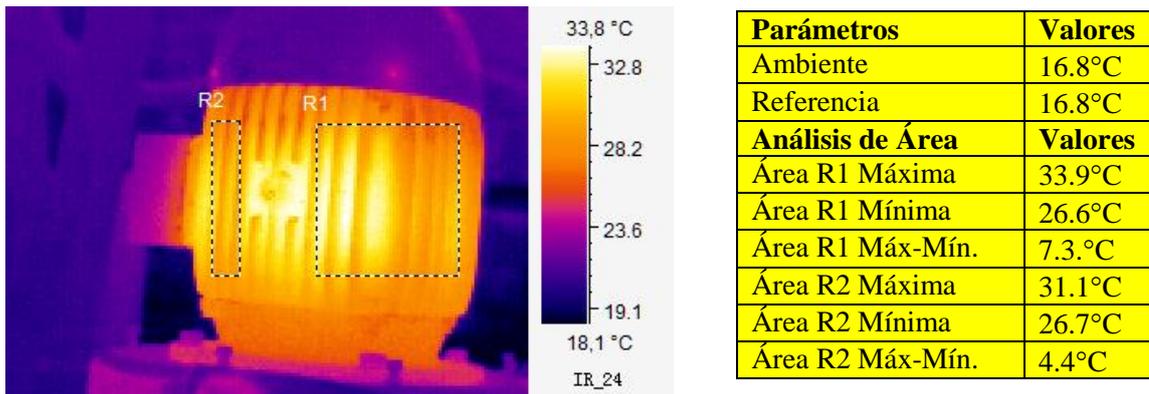
Nivel de Criticidad: C.

Figura 144. Motor de ventosa de placa



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 145. Imagen termográfica del motor de ventosa de placa



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: En la figura 145, el área R1 seleccionada poseen un diferencial de temperatura de 7,3°C y el área R2 de 4,4°C lo cual se encuentran en prioridad de severidad **D** con respecto a la tabla ASNT-TC-1A.

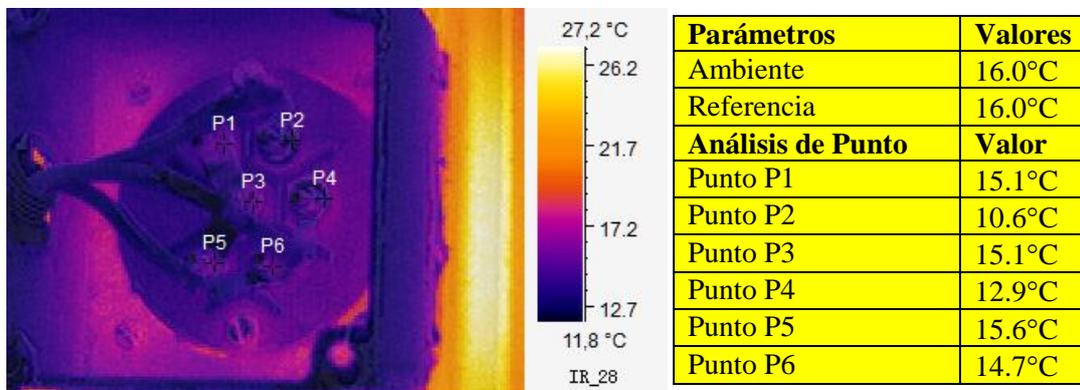
Diagnóstico: El componente se encuentra en funcionamiento normal.

Recomendaciones:

Continuar con el régimen de funcionamiento del componente.

Realizar limpieza en carcasa semanalmente.

Figura 146. Imagen termográfica conexiones del motor de ventosa de placa



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: En la figura 146, los puntos seleccionados no presentan variaciones de temperatura drásticas, encontrándose con un diferencial de temperatura de 4.5°C lo cual se encuentra en prioridad **D** según la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: Componente en normal funcionamiento.

Recomendaciones:

Verificar que las terminales se encuentren con el debido ajuste semestralmente.

Verificar el balance de cargas en los cables anualmente.

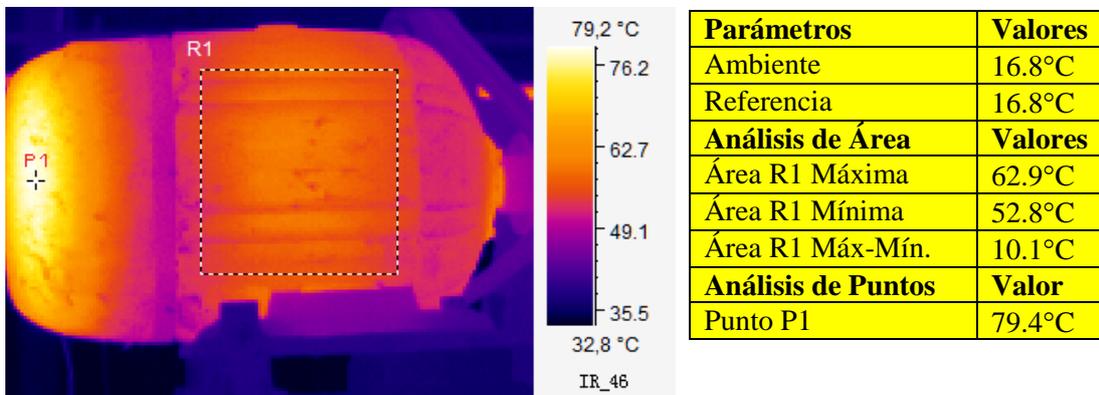
Fecha de inspección: 22-10-2012
Área: Sistema Desmoldeo
Unidad: Transporte de carros
Componente: Motor eléctrico 01
Nivel de Criticidad: C.

Figura 147. Motor de transporte de carros



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 148. Imagen termográfica de la carcasa del motor de transporte de carros



Fuente: TUBASEC C.A.

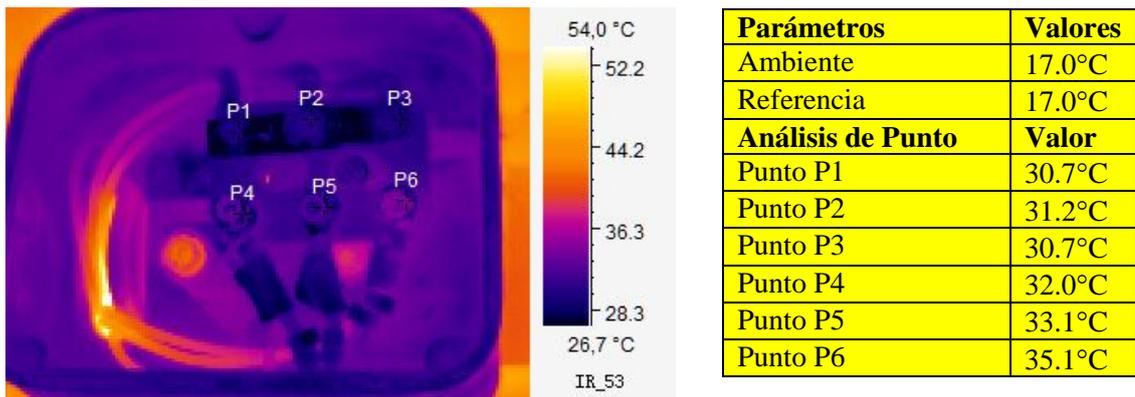
Comentario: En la figura 148, el área R1 seleccionada poseen un diferencial de temperatura de 10,1° lo cual se encuentran en prioridad de severidad C La carcasa presenta un calentamiento.

Diagnóstico: El componente se encuentra en funcionamiento normal.

Recomendaciones:

El componente debe ser seguido mensualmente.

Figura 149. Imagen termográfica conexiones de motor de transporte de carros



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: En la figura 149, los puntos seleccionados presentan una leve variación de temperatura.

Diagnóstico: Componente aparentemente en normal funcionamiento. Posee soldadura en el punto P5.

Recomendaciones:

Verificar que las terminales se encuentren con el debido ajuste semestralmente. Verificar el balance de cargas en los cables una vez por año. Realizar limpieza debido a presencia de polvo trimestralmente.

4.8.28 Motor de banda transportadora

Fecha de inspección: 22-10-2012

Área: Sistema Desmoldeo

Unidad: Banda transportadora

Componente: Motor eléctrico 02

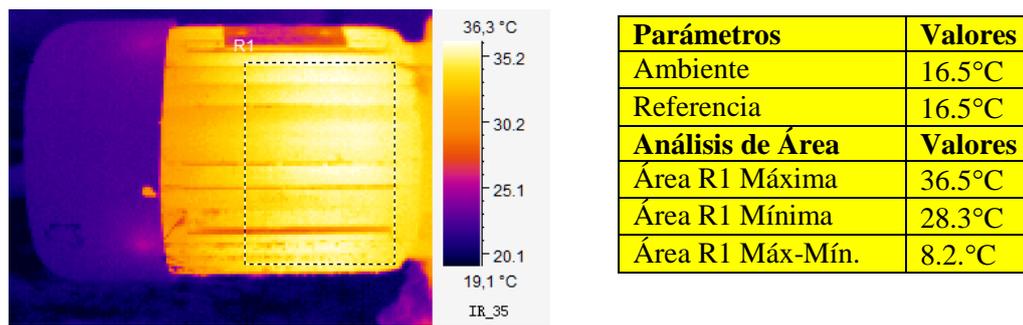
Nivel de Criticidad: C.

Figura 150. Motor de banda transportadora



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 151. Imagen termográfica de la carcasa del motor de banda transportadora



Fuente: TUBASEC C.A.

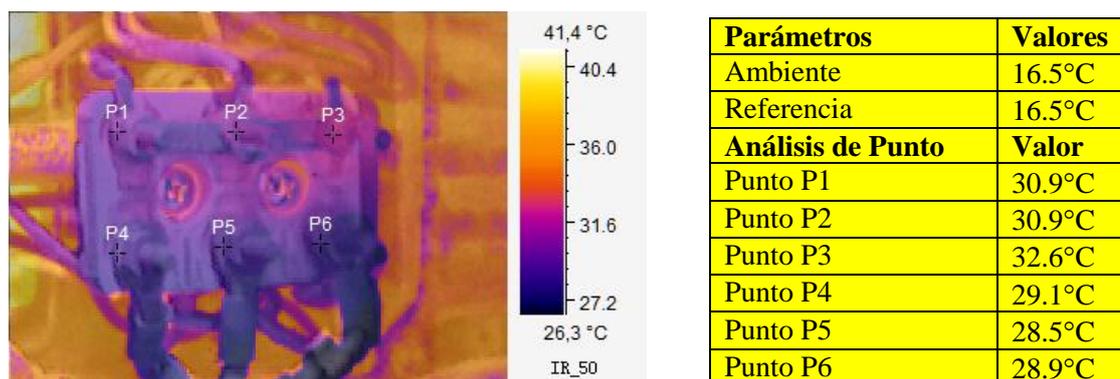
Comentario: En la figura 151, el área R1 seleccionada posee un diferencial de temperatura de 8,2° lo cual se encuentran en prioridad de severidad **D** con respecto a la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: El componente se encuentra en normal funcionamiento.

Recomendaciones:

Continuar con el régimen de funcionamiento del componente.

Figura 152. Imagen termográfica de las conexiones del motor de banda transportadora



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: En la figura 152, los puntos P1 a P6 seleccionados no presentan variaciones de temperatura drásticas.

Diagnóstico: Componente en normal funcionamiento.

Recomendaciones:

Verificar que las terminales se encuentren con el debido ajuste semestralmente.
Verificar el balance de cargas en los cables anualmente.

4.8.29

Motor de rodillos de corte – 01

Fecha de inspección: 23-10-2012

Área: Sistema Desmoldeo

Unidad: Rodillos de corte

Componente: Motor eléctrico 01

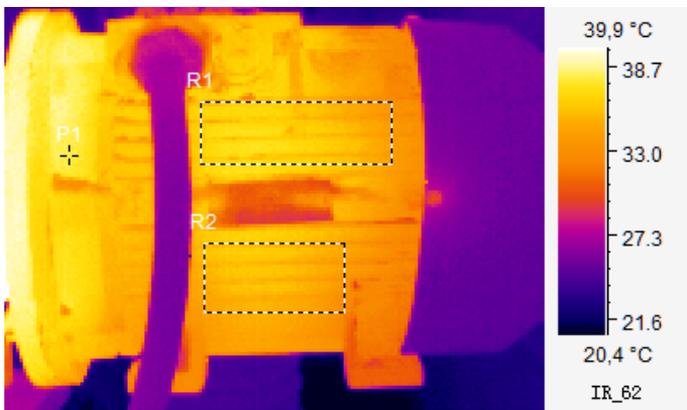
Nivel de Criticidad: C.

Figura 153. Motor de rodillos de corte 01



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 154. Imagen termográfica del motor de rodillos de corte 01



Parámetros	Valores
Ambiente	15.7°C
Referencia	15.7°C
Análisis de Área	Valores
Área R1 Máxima	37.9°C
Área R1 Mínima	33.7°C
Área R1 Máx-Mín.	4.2°C
Área R2 Máxima	37.0°C
Área R2 Mínima	33.2°C
Área R2 Máx-Mín.	3.8°C
Análisis de Punto	Valores
Punto P1	38.2°C

Fuente: TUBASEC C.A.

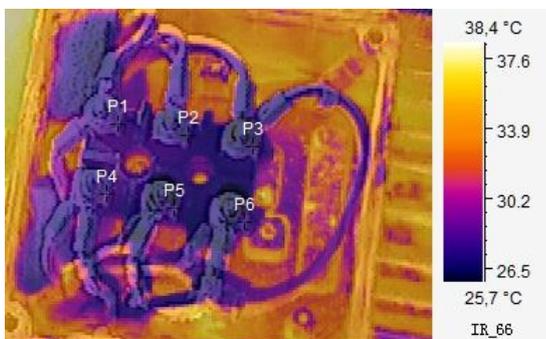
Comentario: En la figura 154, el área R1 seleccionada posee un diferencial de temperatura de 2,0°C lo cual se encuentran en prioridad de severidad **D** según la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: El componente se encuentra en funcionamiento normal.

Recomendaciones:

Continuar con el régimen de funcionamiento del componente.

Figura 155. Imagen termográfica de conexiones del motor de rodillos de corte 01



Parámetros	Valores
Ambiente	16.5°C
Referencia	16.5°C
Análisis de Punto	Valor
Punto P1	26.6°C
Punto P2	27.0°C
Punto P3	25.0°C
Punto P4	28.5°C
Punto P5	29.1°C
Punto P6	27.7°C

Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: En la figura 155, los puntos P1 a P6 seleccionados en la bornera no presentan variaciones de temperatura drásticas.

Diagnóstico: Componente en normal funcionamiento.

Recomendaciones:

Verificar que las terminales se encuentren con el debido ajuste semestralmente.
Verificar el balance de cargas en los cables anualmente.

4.8.30 Motor de los rodillos de corte – 02

Fecha de inspección: 23-10-2012

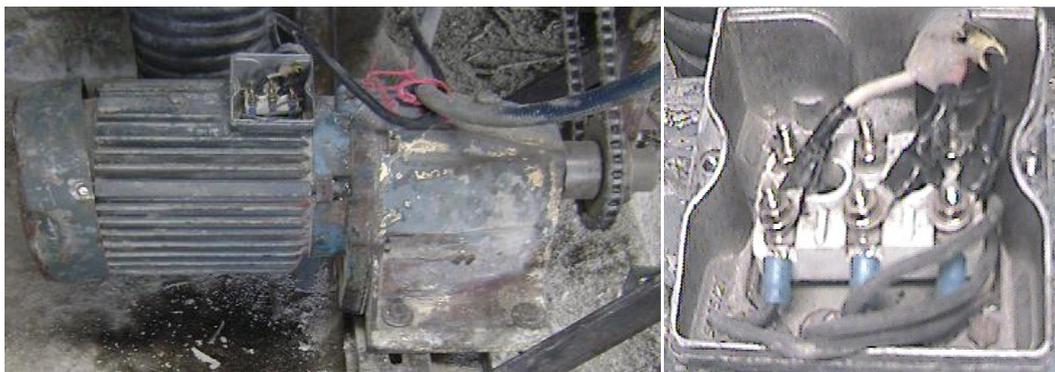
Área: Sistema Desmoldeo

Unidad: Rodillos de corte

Componente: Motor eléctrico 02

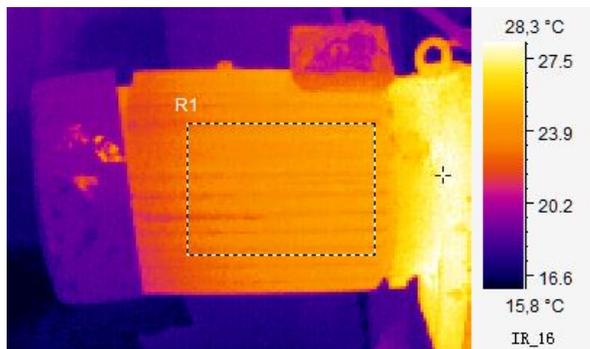
Nivel de Criticidad: C.

Figura 156. Motor de rodillos de corte 02



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 157. Imagen termográfica del motor de rodillos de corte 02

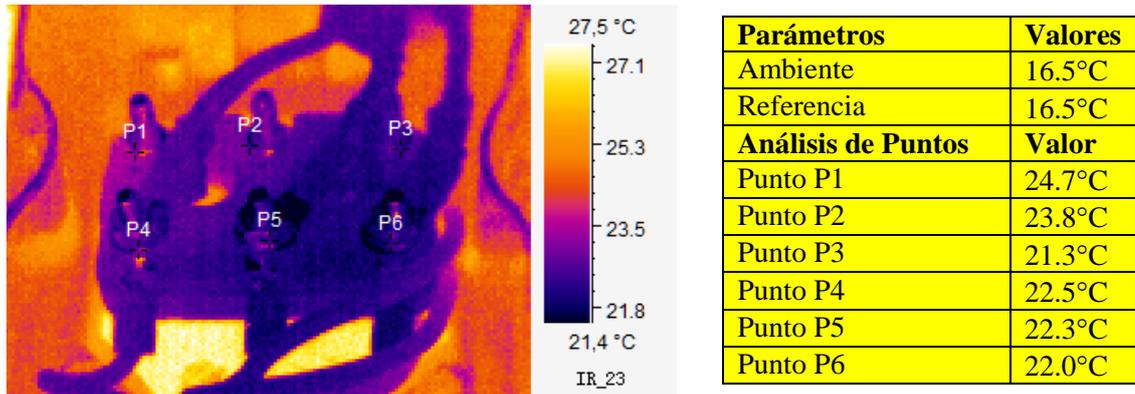


Parámetros	Valores
Ambiente	16.6°C
Referencia	16.6°C
Análisis de Área	Valores
Área R1 Máx.	25.3°C
Área R1 Mín.	21.7°C
Área R1 Máx-Mín.	3.6°C

Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: El área R1 de la figura 157 posee un diferencial de temperatura de 3,6°C lo cual se encuentran en prioridad de severidad **D** según la tabla ASNT-TC-1A.
Diagnóstico: El motor se encuentra en un régimen de trabajo Normal.
Recomendaciones:
Realizar limpieza semanalmente o en cada mantenimiento programado.

Figura 158. Imagen termográfica de conexiones del motor de rodillos de corte 02



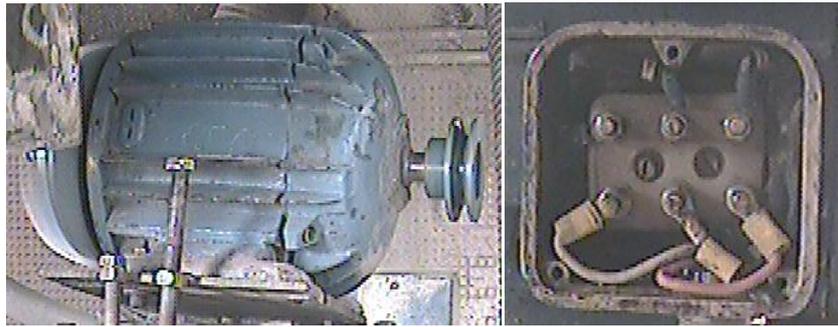
Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: Los puntos P1, P2, P3, P4, P5, P6 de la figura 158 no poseen ningún cambio o diferencia de temperatura drástica.
Diagnóstico: La bornera se encuentra en condiciones normal de operación.
Recomendaciones:
Realizar limpieza continuamente.
Continuar con su operación.

4.8.31 Motor de cortadora transversal – 03

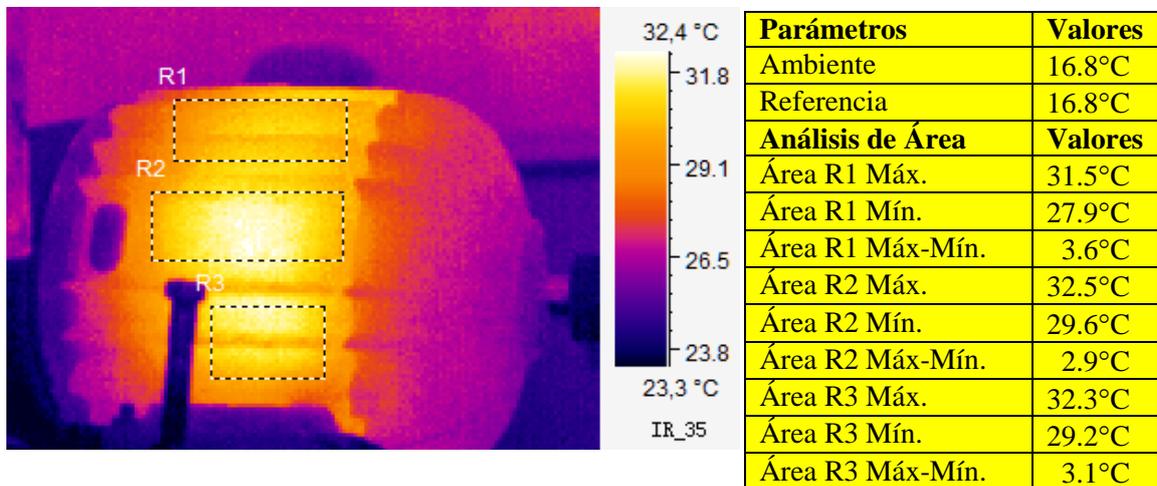
Fecha de inspección: 23-10-2012
Área: Sistema Desmoldeo
Unidad: Cortadora transversal
Componente: Motor eléctrico 03
Nivel de Criticidad: C.

Figura 159. Motor de cortadora transversal 03



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 160. Imagen termográfica del motor de cortadora transversal 03



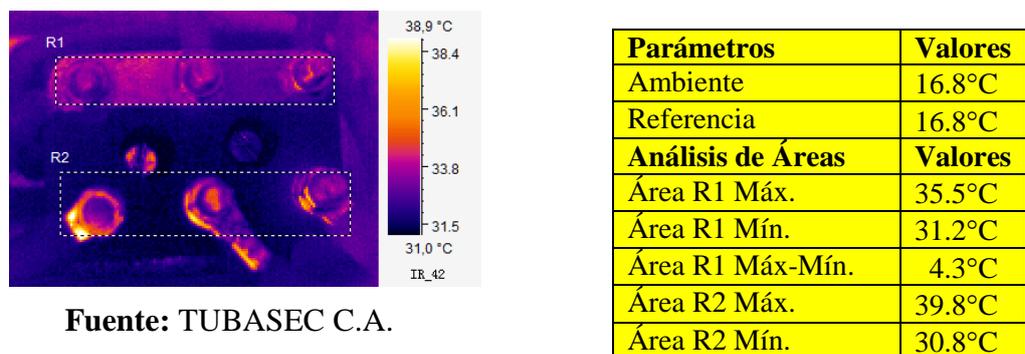
Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: En la figura 160, el área R1 seleccionada poseen un diferencial de temperatura de 3,6°C y el área R2 de 2,9°C y el área R3 de 3,1°C lo cual se encuentran en prioridad de severidad **D** según la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: El componente se encuentra en funcionamiento normal.

Recomendaciones: Continuar con el régimen de trabajo.

Figura 161. Imagen termográfica de conexiones de motor de cortadora transversal 03



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: En la figura 161, las áreas seleccionadas R1 y R2 no presentan variaciones de temperatura drásticas, encontrándose con un diferencial de temperatura de 9,0°C lo cual se encuentra en prioridad **D** según la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: Componente en normal funcionamiento.

Recomendaciones:

Verificar que las terminales se encuentren con el debido ajuste semestralmente.
Verificar el balance de cargas en los cables anualmente.

4.8.32 Motor de la cortadora transversal – 04

Fecha de inspección: 23-10-2012

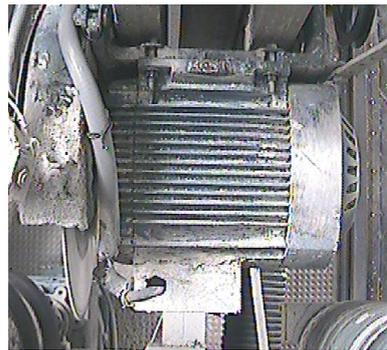
Área: Sistema Desmoldeo

Unidad: Cortadora transversal

Componente: Motor eléctrico 04

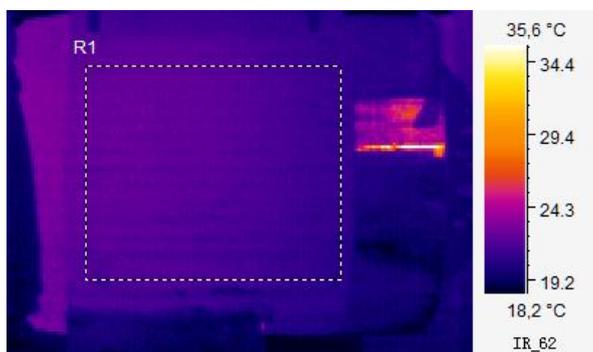
Nivel de Criticidad: C.

Figura 162. Motor de cortadora transversal 04



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 163. Imagen termográfica de carcasa del motor de cortadora transversal 04



Parámetros	Valores
Ambiente	16.8°C
Referencia	16.8°C
Análisis de Área	Valores
Área R1 Máx.	23.1°C
Área R1 Mín.	19.9°C
Área R1 Máx-Mín.	3.2°C

Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: En la Figura 163, el área R1 seleccionada posee un diferencial de temperatura de 3,2°C lo cual se encuentran en prioridad de severidad **D** según la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: El componente se encuentra en funcionamiento normal.

Recomendaciones:

Continuar con el régimen de trabajo.

4.8.33

Motor de la cortadora transversal – 05

Fecha de inspección: 24-10-2012

Área: Sistema Desmoldeo

Unidad: Cortadora Transversal

Componente: Motor Eléctrico 05

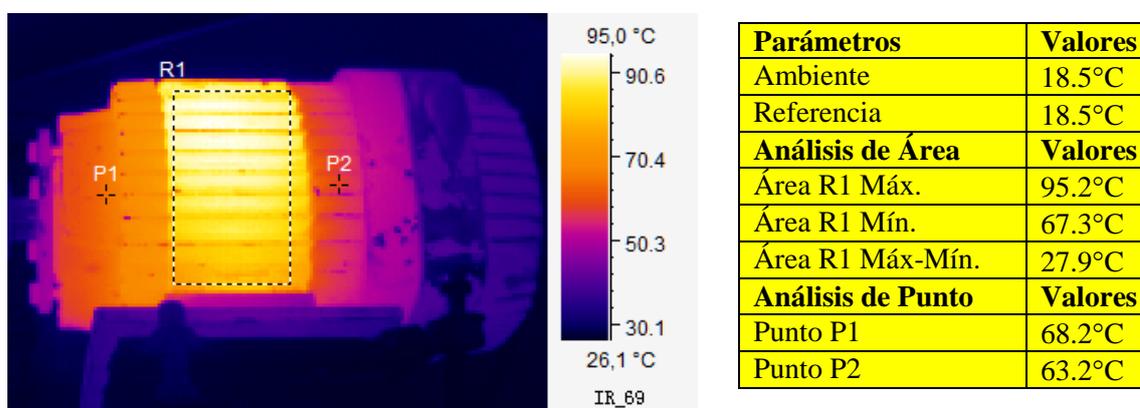
Nivel de Criticidad: C.

Figura 164. Motor de cortadora transversal 05



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 165. Imagen termográfica de la carcasa del motor de cortadora transversal 05



Fuente: TUBASEC C.A.

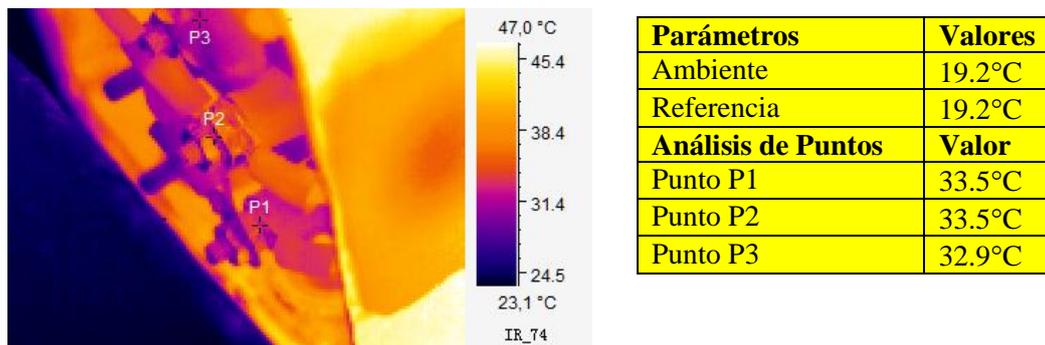
Comentario: En la figura 165, el área R1 seleccionada posee un diferencial de temperatura de 27,9°C lo cual se encuentran en prioridad de severidad **C** según la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: Los devanados del componente se encuentran con una elevada temperatura con respecto al resto del motor.

Recomendaciones:

Realizar un mantenimiento al componente trimestralmente. Verificar las barras o chapas del estator semestralmente. Verificar las cargas en las fases anualmente.

Figura 166. Imagen termográfica de la carcasa del motor de cortadora transversal 05



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: En la figura 166, los puntos seleccionados no presentan variaciones de temperatura drásticas.

Diagnóstico: Componente en normal funcionamiento.

Recomendaciones:

Verificar que las terminales se encuentren con el debido ajuste trimestralmente. Verificar el balance de cargas en los cables anualmente.

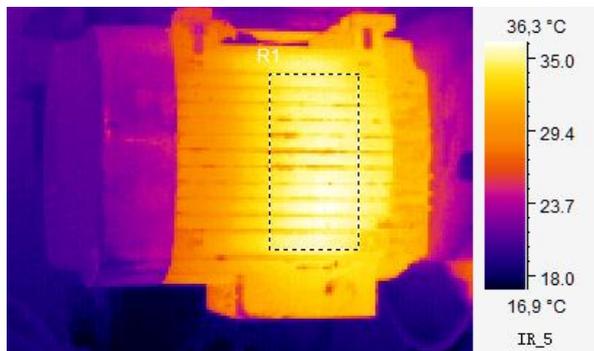
Fecha de inspección: 24-11-2012
Área: Sistema Desmoldeo
Unidad: Cortadora transversal
Componente: Motor eléctrico 06
Nivel de Criticidad: C.

Figura 167. Motor de cortadora transversal 06



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 168. Imagen termográfica de carcasa del motor de cortadora transversal 06



Parámetros	Valores
Ambiente	18.5°C
Referencia	18.5°C
Análisis de Área	Valores
Área R1 Máx.	36.4°C
Área R1 Mín.	28.8°C
Área R1 Máx-Mín.	7.6°C

Fuente: TUBASEC C.A.

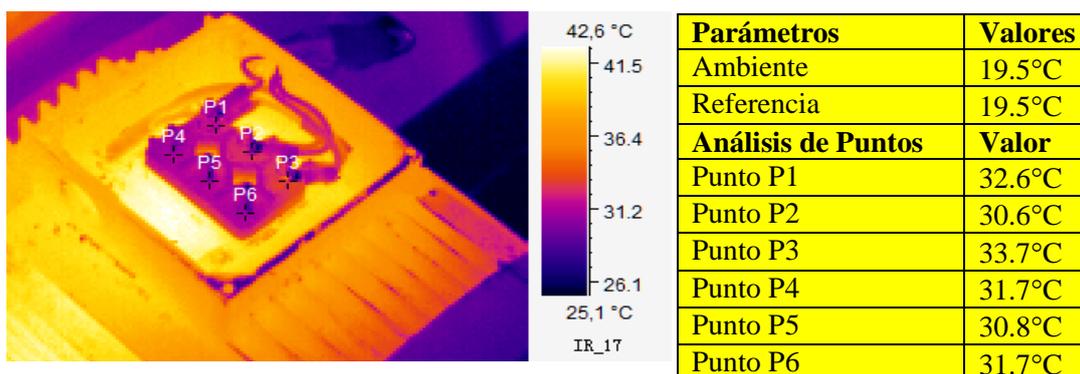
Comentario: En la figura 168, el área R1 seleccionada posee un diferencial de temperatura de 7,6°C lo cual se encuentran en prioridad de severidad **D** según la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: Los devanados del componente se encuentran en normal funcionamiento.

Recomendaciones:

Realizar limpieza al componente semanalmente. Continuar con el régimen de funcionamiento.

Figura 169. Imagen termográfica de conexiones del motor de cortadora transversal 06



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: En la figura 169, los puntos seleccionados no presentan variaciones de temperatura drásticas.

Diagnóstico: Componente en normal funcionamiento.

Recomendaciones:

Verificar que las terminales se encuentren con el debido ajuste semestralmente.

Verificar el balance de cargas en los cables anualmente.

4.8.35

Motor de cortadora longitudinal – 07

Fecha de inspección: 24-11-2012

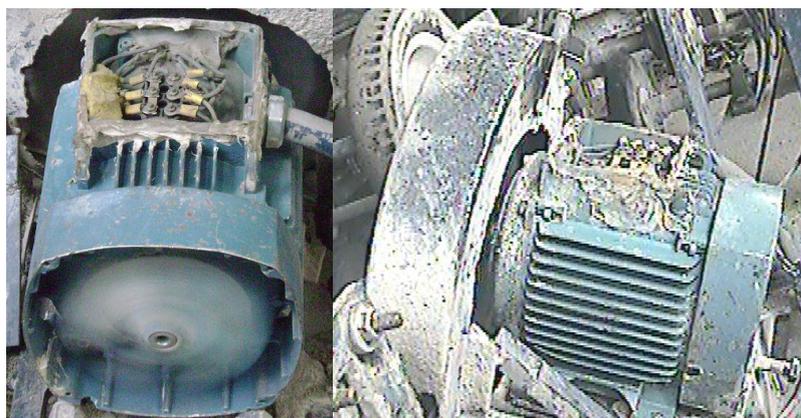
Área: Sistema Desmoldeo

Unidad: Cortadora longitudinal

Componente: Motor eléctrico 07

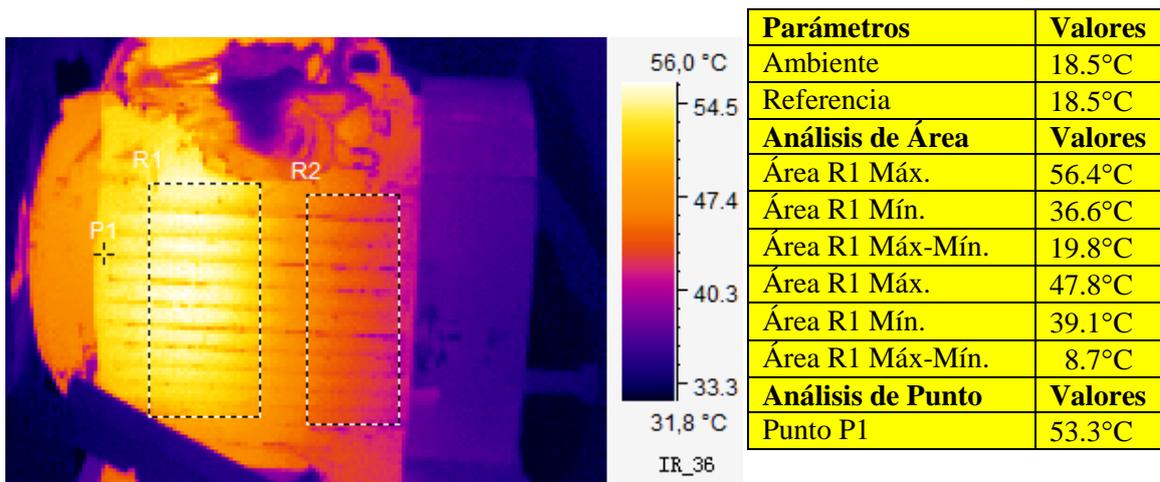
Nivel de Criticidad: C.

Figura 170 Motor de cortadora longitudinal 07



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 171. Imagen termográfica de la carcasa de motor de cortadora longitudinal 07



Fuente: TUBASEC C.A.

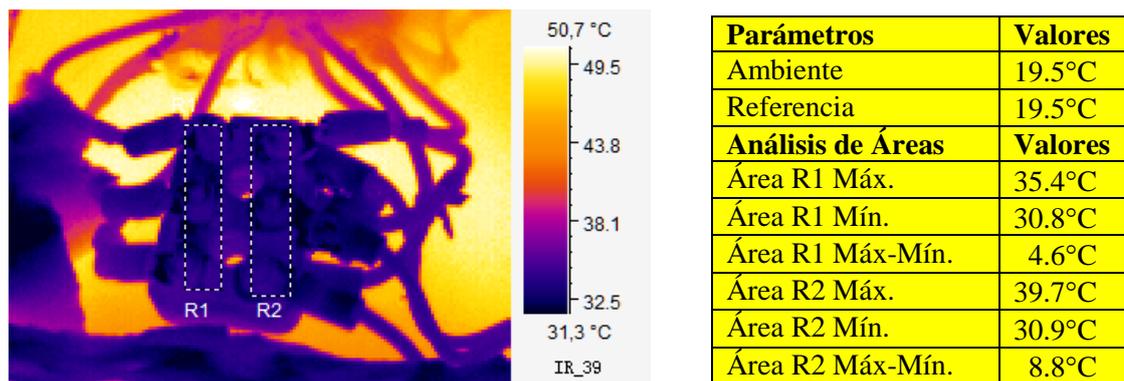
Comentario: En la figura 171, el área R1 seleccionada posee un diferencial de temperatura de 19,8°C lo cual se encuentran en prioridad de severidad **C** según la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: Los devanados presentan un calentamiento moderado.

Recomendaciones:

Realizar mantenimiento al componente semanalmente. Continuar con el régimen de funcionamiento.

Figura 172. Imagen termográfica de la carcasa de motor de cortadora longitudinal 07



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: En la figura 172 no presentan cambios drásticos de temperatura, La unidad inspeccionada presenta una variación de 4,3°C con un nivel de prioridad **D**, según la tabla ASNT-TC-1A. En el área R1 y R2.

Diagnóstico: La unidad se encuentra bajo condiciones normales de operación.

Recomendaciones:

Realizar limpieza de la unidad por presencia de polvo trimestralmente.

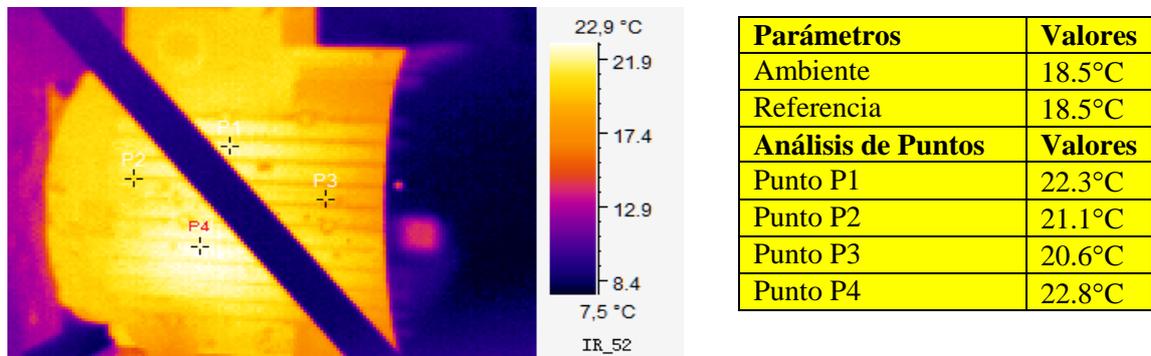
Fecha de inspección: 24-11-2012
Área: Sistema Desmoldeo
Unidad: Cortadora longitudinal
Componente: Motor eléctrico 08
Nivel de Criticidad: C.

Figura 173. Motor de cortadora transversal 08



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 174. Imagen termográfica de carcasa de motor de cortadora transversal 08



Fuente: TUBASEC C.A.

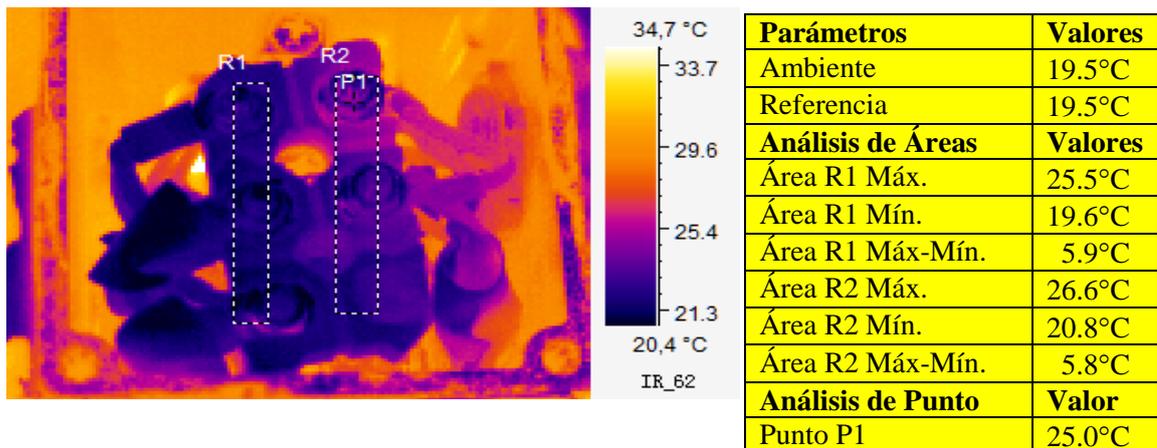
Comentario: En la figura 174, los puntos P1 a P4 seleccionados no presentan variaciones de temperatura drásticas.

Diagnóstico: Componente en normal funcionamiento.

Recomendaciones:

Realizar limpieza al componente semanalmente. Continuar con el régimen de funcionamiento.

Figura 175. Imagen termográfica de conexiones de motor de cortadora transversal 08



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: En la figura 175 no presentan cambios drásticos de temperatura, La unidad inspeccionada presenta una variación de 1,0°C con un nivel de prioridad **D**, según la tabla ASNT-TC-1A. En el área R1 y R2.

Diagnóstico: La unidad se encuentra bajo condiciones normales de operación.

Recomendaciones:

Verificar que las terminales se encuentren con el debido ajuste semestralmente.
Realizar limpieza de la unidad por presencia de polvo trimestralmente.

4.8.37 Motor de cadena transportadora – 01

Fecha de inspección: 25-11-2012

Área: Sistema Desmoldeo

Unidad: Cadena transportadora

Componente: Motor eléctrico 01

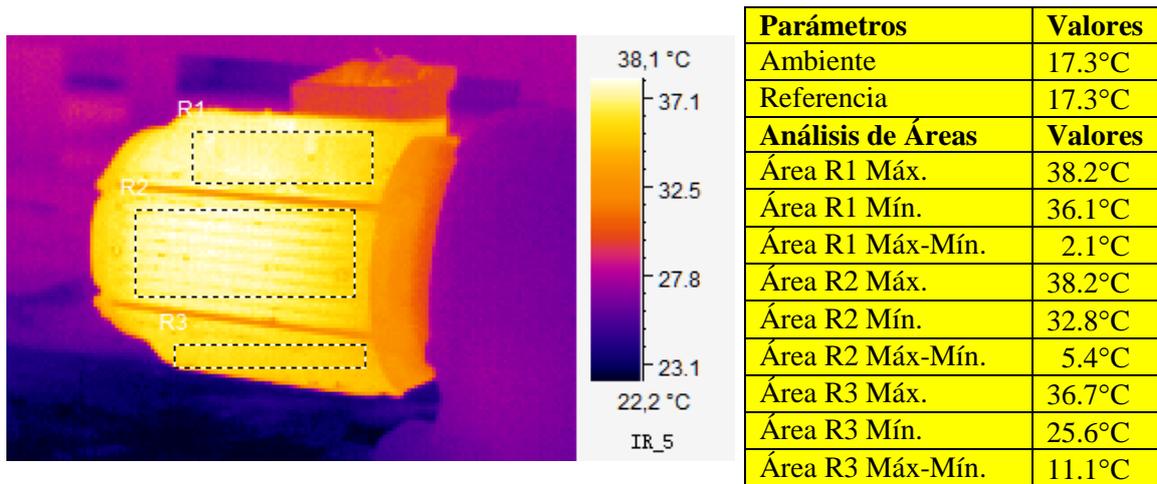
Nivel de Criticidad: C.

Figura 176: Motor cadena transportadora 01



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 177. Imagen termográfica de carcasa de motor de cortadora transversal 08



Fuente: TUBASEC C.A.

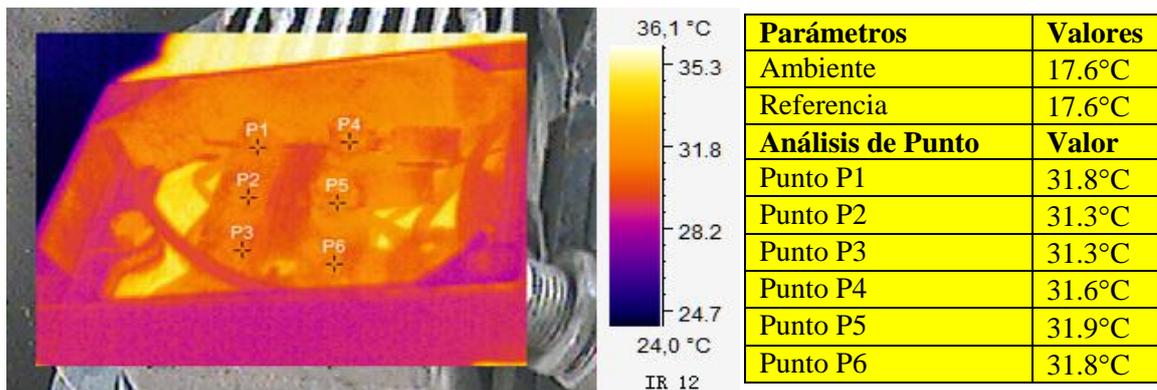
Comentario: En la figura 177, las áreas seleccionadas no presentan variaciones de temperatura drásticas. Los devanados se encuentran con temperatura normal.

Diagnóstico: Componente en normal funcionamiento.

Recomendaciones:

Continuar con el régimen de funcionamiento.

Figura 178. Imagen termográfica de conexiones de motor de cortadora transversal 08



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: En la figura 178 no presentan cambios drásticos de temperatura los puntos P1 a P6 seleccionados, La unidad inspeccionada presenta una variación de 1,0°C con un nivel de prioridad **D**, según la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: La unidad se encuentra bajo condiciones normales de operación.

Recomendaciones:

Verificar que las terminales se encuentren con el debido ajuste semestralmente.

Fecha de inspección: 25-11-2012

Área: Sistema Desmoldeo

Unidad: Cadena transportadora

Componente: Motor eléctrico 02

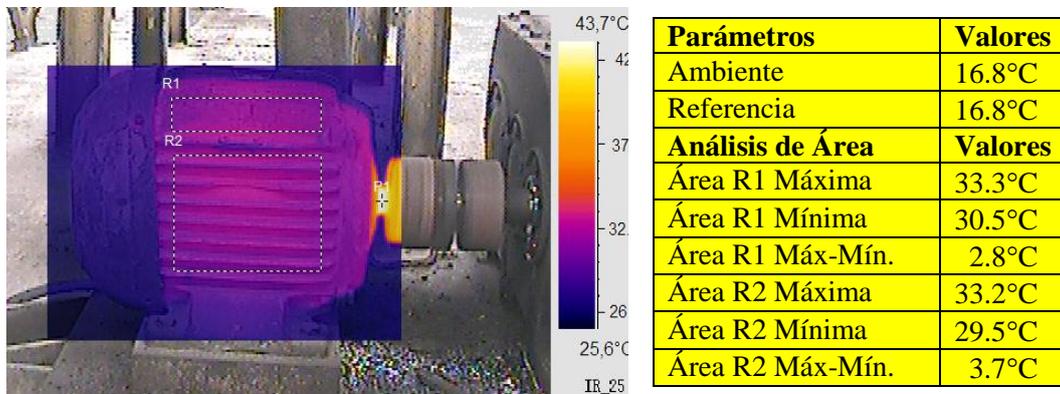
Nivel de Criticidad: C.

Figura 179. Motor de cadena transportadora 02



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 180. Imagen termográfica de carcasa de motor de cadena transportadora 02



Fuente: TUBASEC C.A.

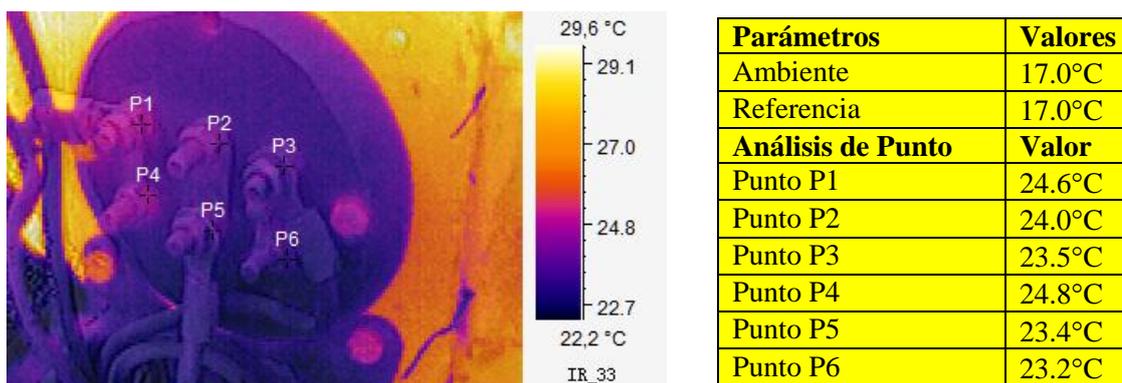
Comentario: En la figura 180, la unidad inspeccionada se encuentra bajo condiciones normales de operación. La unidad inspeccionada presenta una variación de 0.1°C lo cual se encuentran en prioridad de severidad **D** según la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: El componente se encuentra en funcionamiento normal.

Recomendaciones:

Continuar con el régimen de operación del componente.

Figura 181. Imagen termográfica de conexiones de motor de cadena transportadora 02



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: En la figura 181, los puntos P1 a P6 seleccionados no presentan variaciones de temperatura drásticas, encontrándose con un diferencial de temperatura de 2.3°C lo cual se encuentra en prioridad **D** según la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: Componente en normal funcionamiento.

Recomendaciones:

Verificar que las terminales se encuentren con el debido ajuste semestralmente. Verificar el balance de cargas en los cables anualmente. Realizar limpieza debido a presencia de polvo trimestralmente.

4.8.39

Motor de rodillos de limpieza 01

Fecha de inspección: 25-10-2012

Área: Sistema Desmoldeo

Unidad: Rodillos de limpieza

Componente: Motor eléctrico 01

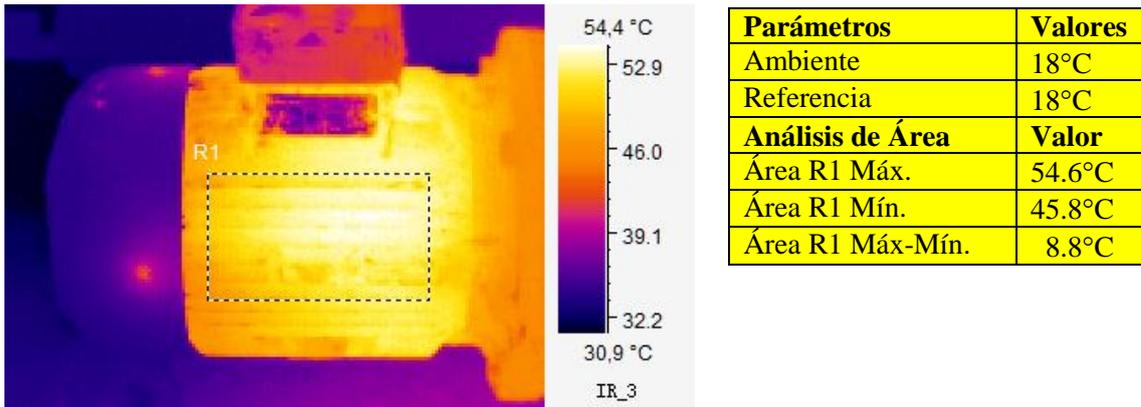
Nivel de Criticidad: C.

Figura 182. Motor de rodillos de limpieza 01



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 183. Imagen termográfica de la carcasa de rodillos de limpieza 01



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: El área R1 presenta un diferencial de temperatura de 8.8°C, lo que nos indica que se encuentra en un nivel de criticidad **D**, según la tabla ASNT-TC-1A.
Diagnóstico: El motor se encuentra en condiciones normales de operación.
Recomendaciones:
 Se recomienda realizar limpiezas semanalmente, y mensualmente engrases y/o lubricación.

Figura 184. Imagen termográfica fusionada de conexiones de rodillos de limpieza 01

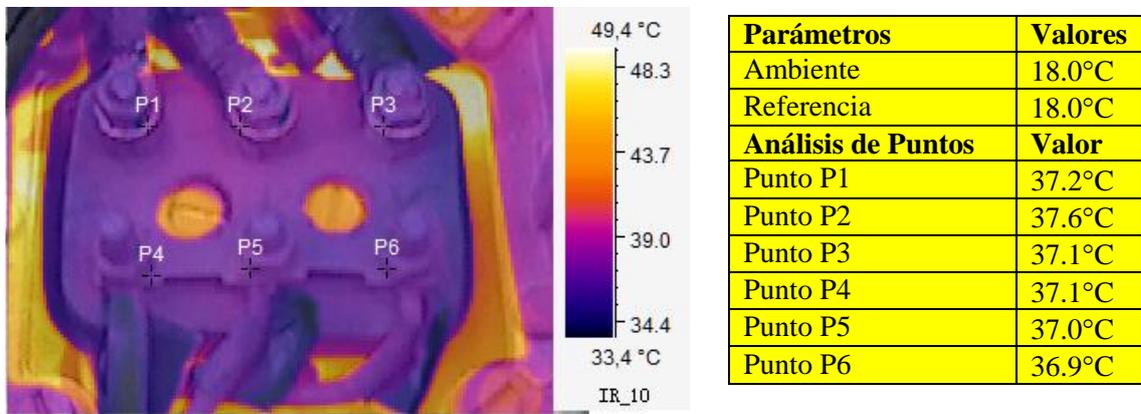


Figura 185. Imagen termográfica de la carcasa de rodillos de limpieza 01

Comentario: En la figura 185 se encuentra la temperatura de tomas de conexiones de P1 a P6 de trabajo normales.
Diagnóstico: No se presentan sobrecalentamientos en los puntos.
Recomendaciones:
 Verificar aprietes semestralmente.

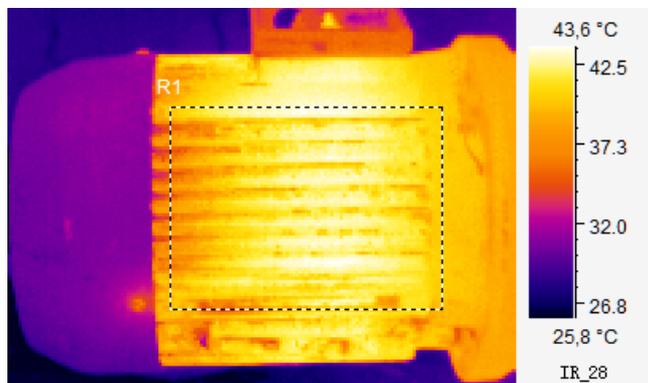
Fecha de inspección: 25-10-2012
Área: Sistema Desmoldeo
Unidad: Rodillos de limpieza
Componente: Motor eléctrico 02
Nivel de Criticidad: C.

Figura 186. Motor de rodillos de limpieza 02



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 187. Imagen termográfica de carcasa del motor de rodillos de limpieza 02



Parámetros	Valores
Ambiente	18°C
Referencia	18°C
Análisis de Área	Valor
Área R1 Máx.	43.8°C
Área R1 Mín.	34.7°C
Área R1 Máx-Mín.	9.1°C
Análisis de Puntos	Valor

Fuente: TUBASEC C.A.

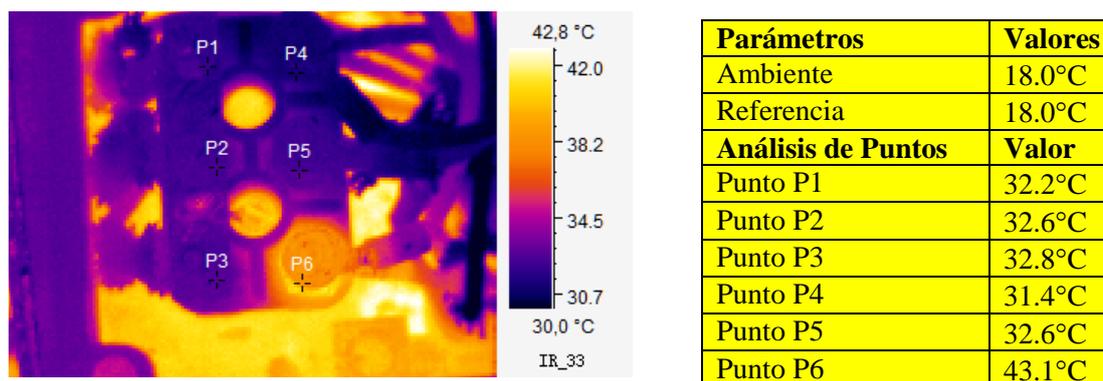
Comentario: El área R1 presenta un diferencial de temperatura de 2.2°C, lo que nos indica que se encuentra en un nivel de criticidad **D**, según la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: El motor se encuentra en condiciones normales de operación.

Recomendaciones:

Se recomienda realizar limpiezas semanalmente, y mensualmente engrases y/o lubricación.

Figura 188. Imagen fusionada de conexiones del motor de rodillos de limpieza 02



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: Como se observa en el punto P6 debido a un incremento de 9°C con respecto a los otros puntos de conexión se detecta presencia de temperatura anormal.

Diagnóstico: Soltura en conexión de punto P6, empalme defectuoso.

Recomendaciones:

Verificar aprietes en cables de conexiones de bornera semestralmente. Verificar balance de cargas en los cables anualmente.

4.8.41

Motor de rodillos de limpieza 03

Fecha de inspección: 26-10-2012

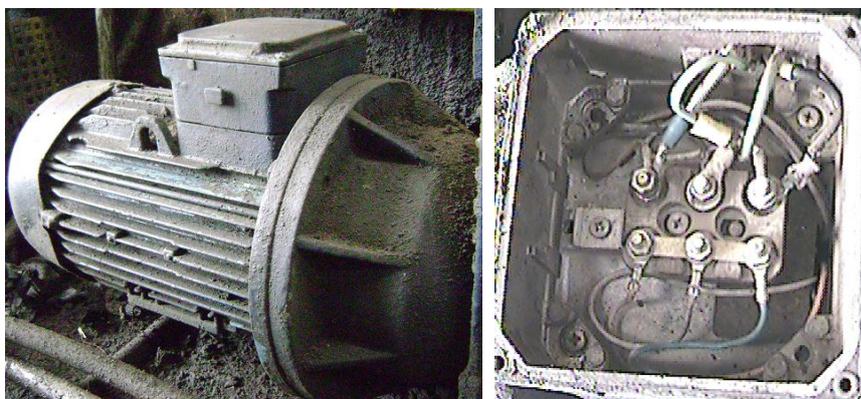
Área: Sistema Desmoldeo

Unidad: Rodillos de limpieza

Componente: Motor eléctrico 03

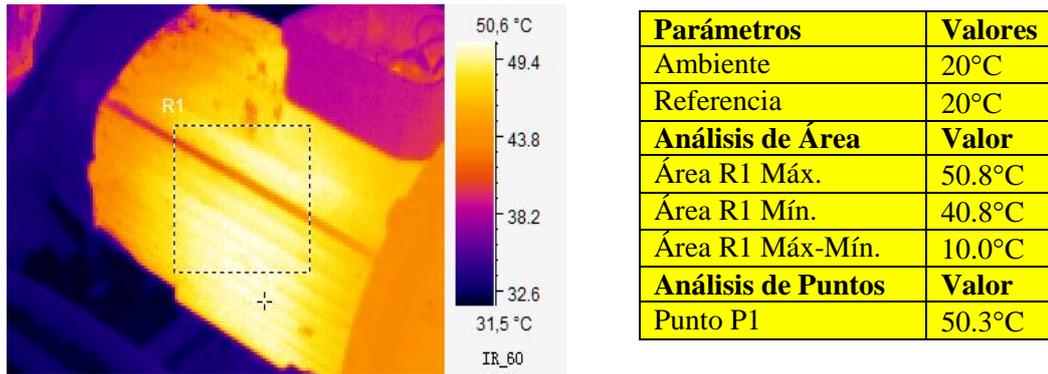
Nivel de Criticidad: C.

Figura 189. Motor de rodillos de limpieza 03



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 190. Motor de rodillos de limpieza 03



Fuente: TUBASEC C.A.

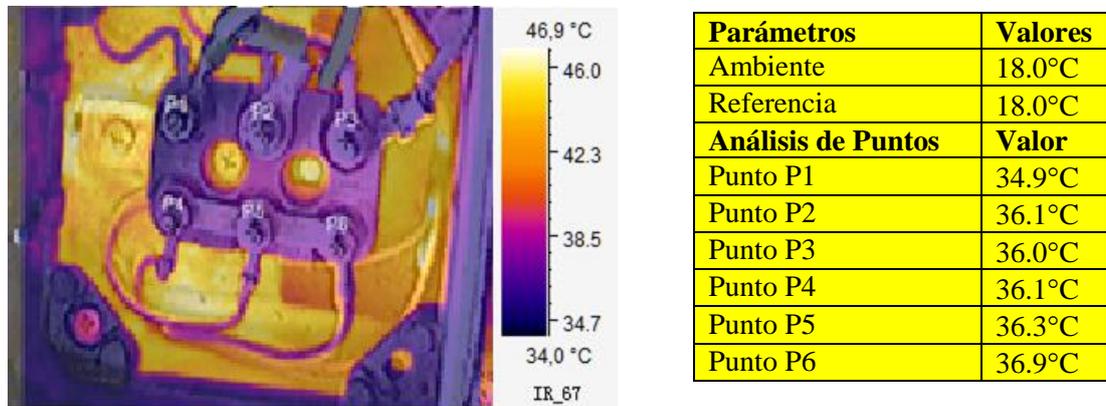
Comentario: En la figura 190, el área presenta una diferencia de temperatura de 9,0°C en referencia al resto del motor, ubicándose en un nivel de severidad **D** según la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: El motor se encuentra en condiciones normales de operación.

Recomendaciones:

Se recomienda realizar limpiezas semanalmente, y mensualmente engrases y/o lubricación.

Figura 191. Imagen fusionada de conexiones del motor de rodillos de limpieza 03



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: Temperatura de tomas de conexiones de trabajo normales.

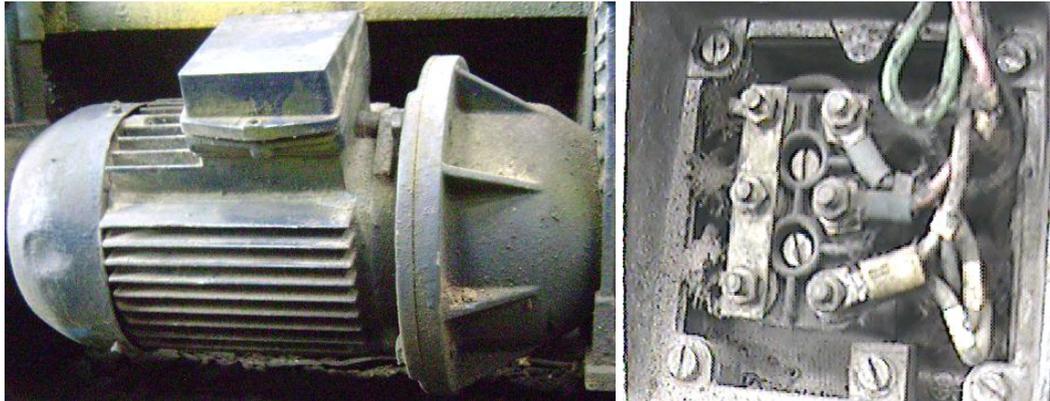
Diagnóstico: No se presentan sobrecalentamientos en los puntos.

Recomendaciones:

Verificar aprietes trimestralmente.

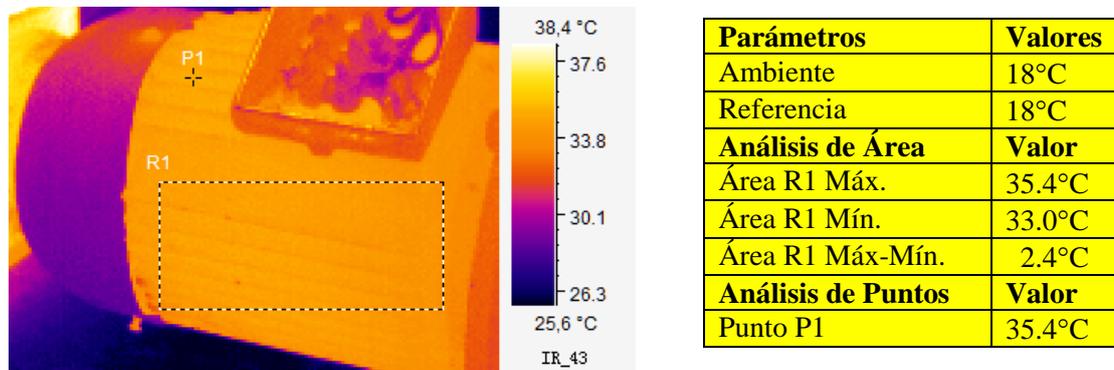
Fecha de inspección: 26-10-2012
Área: Sistema Desmoldeo
Unidad: Rodillos de limpieza
Componente: Motor eléctrico 04
Nivel de Criticidad: C.

Figura 192. Motor de rodillos de limpieza 04



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 193. Imagen termográfica de carcasa del motor de rodillos de limpieza 04



Fuente: TUBASEC C.A.

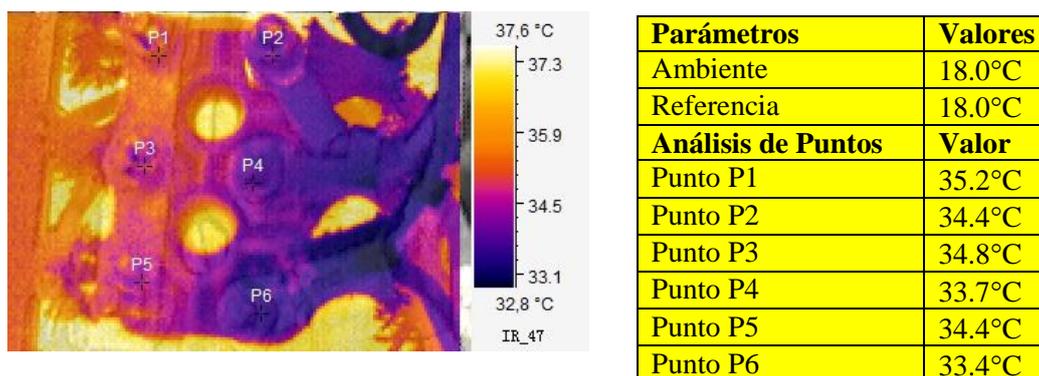
Comentario: En la figura 193, el área presenta una diferencia de temperatura de 2,4°C en referencia al resto del motor, ubicándose en un nivel de severidad **D** según la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: El motor se encuentra en condiciones normales de operación.

Recomendaciones:

Se recomienda realizar limpiezas semanalmente, y mensualmente engrases y/o lubricación.

Figura 194. Imagen fusionada de conexiones del motor de rodillos de limpieza 04



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: En la figura 194, los puntos de P1 a P6, la temperatura de tomas de conexiones poseen condiciones normales.

Diagnóstico: No se presentan sobrecalentamientos en los puntos.

Recomendaciones:

Verificar aprietes trimestralmente.

4.8.43

Motor de la bomba de lubricación

Fecha de inspección: 26-11-2012

Área: Sistema Desmoldeo

Unidad: Bomba de Lubricación

Componente: Motor Eléctrico 01

Nivel de Criticidad: C.

Figura 195. Motor de bomba de lubricación



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 196. Imagen termográfica de la carcasa del Motor de bomba de lubricación



Parámetros	Valores
Ambiente	18°C
Referencia	18°C
Análisis de Área	Valor
Área R1 Máx.	32.4°C
Área R1 Mín.	26.6°C
Área R1 Máx-Mín.	5.8°C
Área R2 Máx.	31.9°C
Área R2 Mín.	28.3°C
Área R2 Máx-Mín.	3.6°C

Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: En la figura 196, tanto el área R1 y R2 presenta una diferencia de temperatura menor a los 10,0°C en referencia al resto del motor, ubicándose en un nivel de severidad **D** según la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: No presenta problemas relevantes.

Recomendaciones:

Realizar tareas de mantenimiento autónomo, de limpieza semanalmente.

Figura 197. Imagen termográfica de la carcasa del motor de bomba de lubricación



Parámetros	Valores
Ambiente	18.0°C
Referencia	18.0°C
Análisis de Puntos	Valor
Punto P1	28.6°C
Punto P2	29.3°C
Punto P3	24.7°C
Punto P4	28.8°C
Punto P5	28.9°C
Punto P6	28.2°C

Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: Temperatura de tomas de conexiones de trabajo normales.

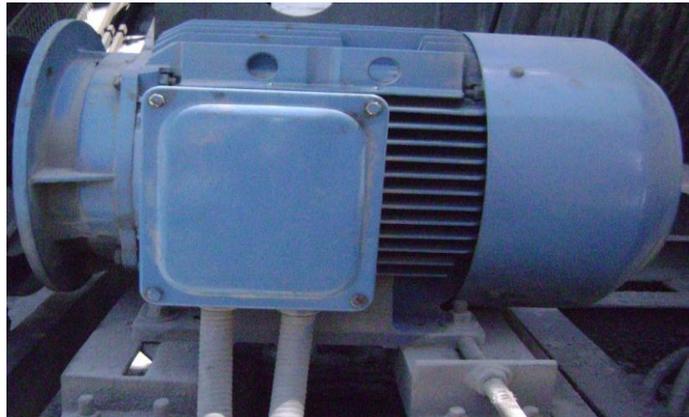
Diagnóstico: No se presentan sobrecalentamientos en los puntos.

Recomendaciones:

Verificar aprietes trimestralmente.

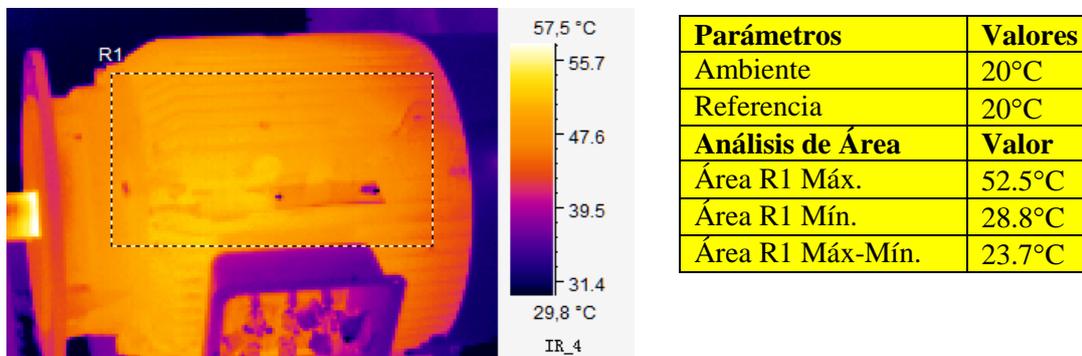
Fecha de inspección: 26-11-2012
Área: Sistemas Desmoldeo
Unidad: Alveolar de la aspiración
Componente: Motor eléctrico 01
Nivel de Criticidad: C.

Figura 198. Motor de alveolar de la aspiración



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 199. Imagen termográfica de la carcasa del motor de alveolar de la aspiración



Fuente: TUBASEC C.A.

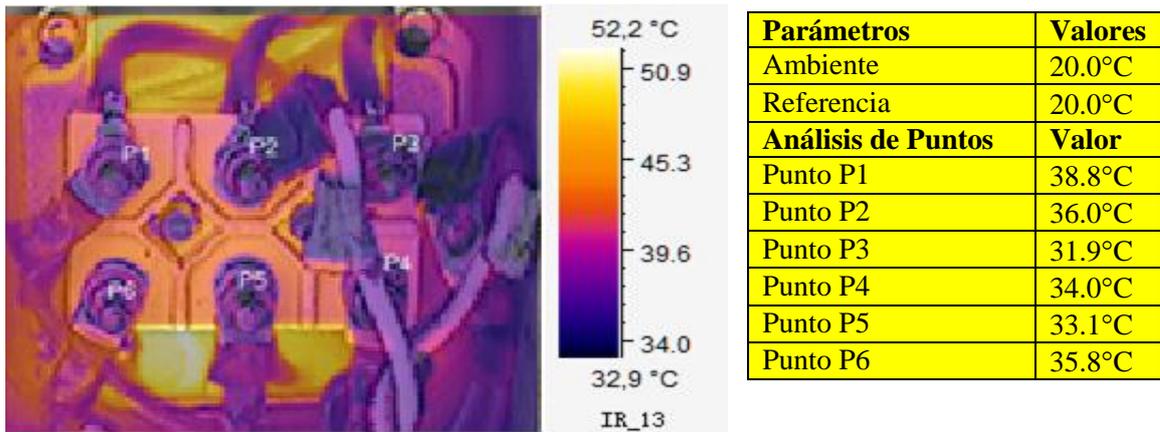
Comentario: En la figura 199, el área R1 presenta una diferencia de temperatura de 16.9°C en referencia al resto del motor, ubicándose en un nivel de severidad **C** y se debe programar una inspección.

Diagnóstico: El motor se encuentra en condiciones normales de operación.

Recomendaciones:

Se recomienda realizar limpiezas semanalmente, y mensualmente engrases y/o lubricación.

Figura 200. Imagen fusionada de las conexiones del motor de alveolar de la aspiración



Fuente: TUBASEC C.A.

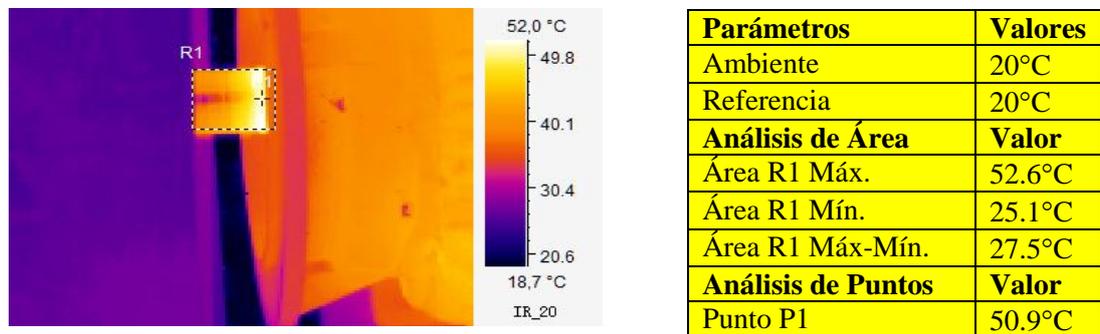
Comentario: Temperatura de tomas de conexiones de trabajo normales.

Diagnóstico: No se presentan sobrecalentamientos en los puntos.

Recomendaciones:

Verificar aprietes trimestralmente.

Figura 201. Imagen termográfica del eje del motor de alveolar de la aspiración



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: En la figura 201, el área R1 presenta una diferencia de temperatura de 27.5°C en referencia al resto del motor, ubicándose en un nivel de severidad **C** según la tabla ASNT-TC-1A y se debe programar una inspección.

Diagnóstico: En el punto P1 tenemos una temperatura elevada de rodamiento, realizar tareas inmediatas.

Recomendaciones:

Revisar el motor para evitar un sobrecalentamiento severo trimestralmente.

Realizar análisis de vibraciones semestralmente.

4.8.45

Motor de paletas de caída de polvo

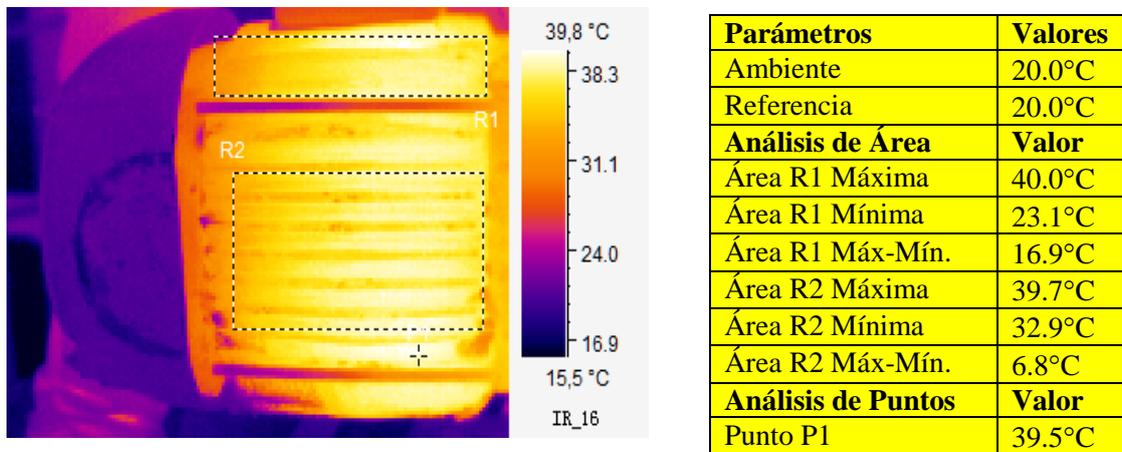
Fecha de inspección: 27-11-2012
Área: Sistema de Desmoldeo
Unidad: Paletas de caída de polvo
Componente: Motor eléctrico 02
Nivel de Criticidad: C.

Figura 202. Motor de paletas de caída de polvo



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 203. Imagen termográfica de la carcasa del motor de paletas de caída de polvo



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: En la figura 203, el área R1 presenta una diferencia de temperatura de 16.9°C en referencia al resto del motor, ubicándose en un nivel de severidad **C** y se debe programar una inspección. El área R2 presenta un diferencial de temperatura de 6.8°C, lo que nos indica que se encuentra en un nivel de criticidad **D**, según la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: El motor se encuentra en condiciones normales de operación.

Recomendaciones:

Revisar y lubricar los cojinetes acoplados en el eje del motor mensualmente.

Figura 204. Imagen fusionada de conexiones del motor de paletas de caída de polvo



Parámetros	Valores
Ambiente	20.0°C
Referencia	20.0°C
Análisis de Puntos	Valor
Punto P1	29.5°C
Punto P2	28.5°C
Punto P3	29.3°C
Punto P4	25.7°C
Punto P5	25.7°C
Punto P6	25.7°C

Fuente: TUBASEC C.A.

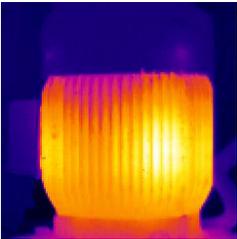
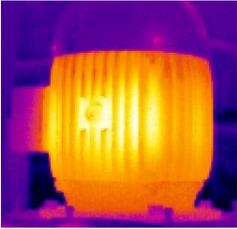
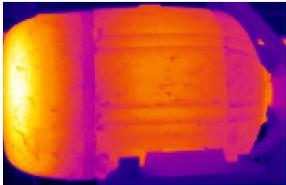
Comentario: En los puntos P1 a P6 la temperatura de tomas de conexiones de trabajo se encuentra en condiciones normales.

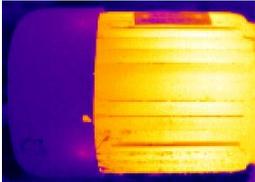
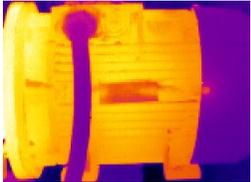
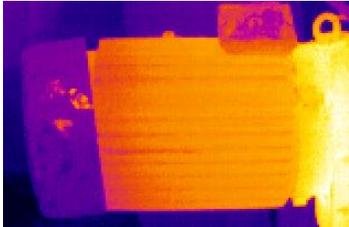
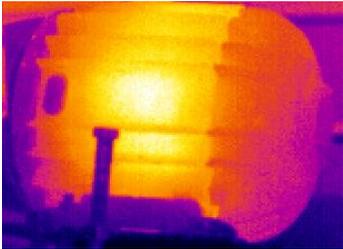
Diagnóstico: No se presentan sobrecalentamientos en los puntos.

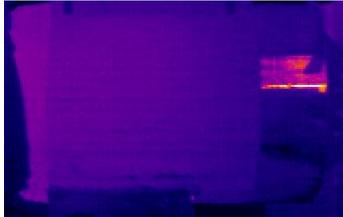
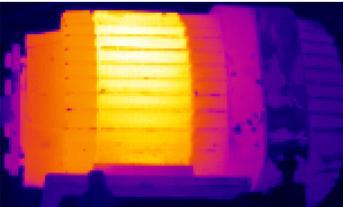
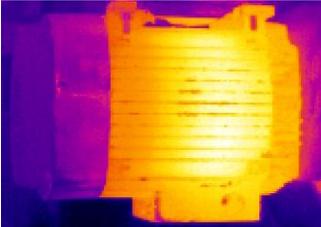
Recomendaciones:

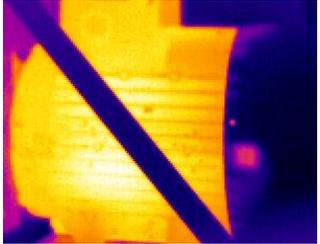
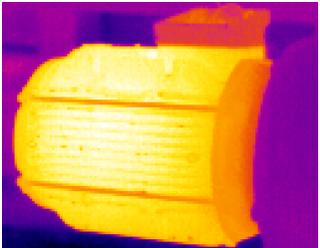
Verificar aprietes semestralmente.

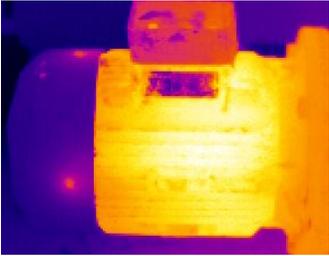
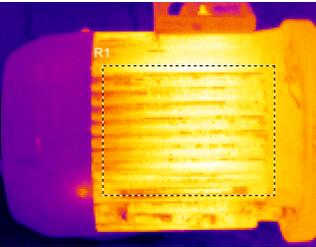
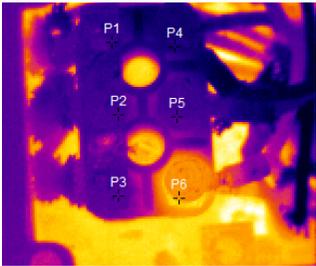
4.8.45.1 Sumario de reportes termográficos de los motores eléctricos Ruta 9

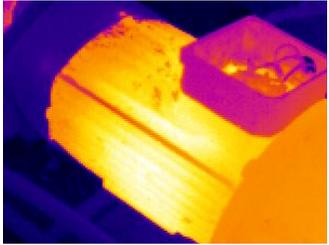
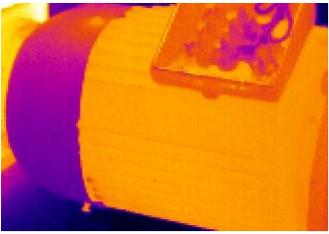
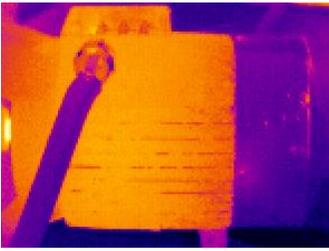
UBICACIÓN TÉCNICA	INSPECCIÓN	IMAGEN IR	PROBLEMA	ACCIÓN	CONDICIÓN
EU-SD-VEN-ME-01	22-10-2012 8:10		No presenta problemas	Realizar limpieza en la carcasa trimestralmente.	Normal
EU-SD-VEN-ME-02	22-10-2012 8:19		No presenta problemas	No requiere acción	Normal
EU-SD-TRC-ME-01	22-10-2012 8:50		Leve calentamiento en devanados	Debe ser seguido rigurosamente mensualmente. Verificar balance de cargas en cables de conexión del motor anualmente.	Leve

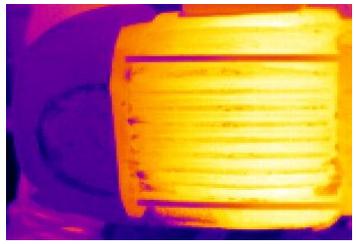
EU-SD-TRC-ME-02	22-10-2012 9:46		No presenta problemas	No requiere acción	Normal
EU-SD-ROC-ME-01	23-10-2012 8:13		No presenta problemas	Realizar limpieza por presencia de polvo en la carcasa y bornera.	Normal
EU-SD-ROC-ME-02	23-10-2012 8:24		No presenta problemas	Realizar limpieza en bornera por presencia de polvo semanalmente.	Normal
EU-SD-COR-ME-03	23-10-2012 8:57		Soltura en cables de conexiones de la bornera.	Verificar ajustes de tuercas en las conexiones semestralmente.	Leve

EU-SD-COR-ME-04	23-10-2012 9:27		No presenta problemas	No requiere acción	Normal
EU-SD-COR-ME-05	24-10-2012 8:18		Calentamiento al interior elevado con respecto al resto del motor.	Realizar un mantenimiento al componente.	Grave
EU-SD-COR-ME-06	24-11-2012 8:24		Los devanados del componente se encuentran con una elevada temperatura con respecto al resto del motor.	Realizar un mantenimiento al componente trimestralmente. Verificar las barras o chapas del estator semestralmente. Verificar las cargas en las fases anualmente.	Grave
EU-SD-COR-ME-07	24-11-2012 8:28		Los devanados presentan un calentamiento moderado.	Realizar mantenimiento al componente semanalmente. Continuar con el régimen de funcionamiento.	Leve

EU-SD-COR-ME-08	24-11-2012 8:35		No presenta problemas	Realizar limpieza en bornera por presencia de polvo. Verificar balance de cargas en cables.	Normal
EU-SD-CAD-ME-01	25-11-2012 8:48		No presenta problemas	Continuar con el régimen de funcionamiento.	Normal
EU-SD-CAD-ME-02	25-11-2012 9:06		No presenta problemas	No requiere acción	Normal

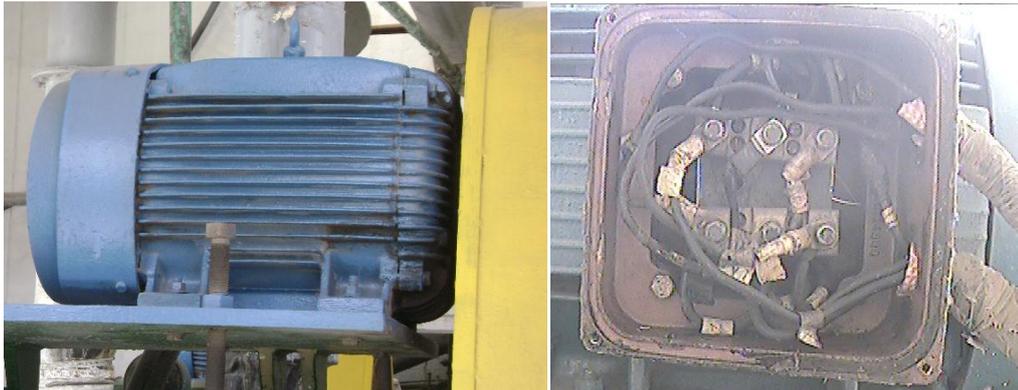
EU-SD-RLM-ME-01	25-11-2012 9:00		No presenta problemas	Se recomienda realizar limpiezas semanalmente, y mensualmente engrases y/o lubricación.	Normal
EU-SD-RLM-ME-02	25-11-2012 9:08	 	Soltura en conexión. Empalme defectuoso.	Verificar aprietes en cables de conexiones de bornera semestralmente. Verificar balance de cargas en los cables anualmente.	Grave

EU-SD-RLM-ME-03	26-11-2012 8:18		No presenta problemas	Se recomienda realizar limpiezas semanalmente, y mensualmente engrases y/o lubricación.	Normal
EU-SD-RLM-ME-04	26-11-2012 8:29		No presenta problemas	Se recomienda realizar limpiezas semanalmente, y mensualmente engrases y/o lubricación.	Normal
EU-SD-BOL-ME-01	26-11-2012 8:36		No presenta problemas	Realizar tareas de mantenimiento autónomo, de limpieza semanalmente.	Normal

EU-SD-ASP-ME-01	26-11-2012 9:25		No presenta problemas	Se recomienda realizar limpiezas semanalmente, y mensualmente engrases y/o lubricación.	Normal
EU-SD-ASP-ME-02	29-11-2012 9:36		No presenta problemas	Revisar y lubricar los cojinetes acoplados en el eje del motor mensualmente.	Normal

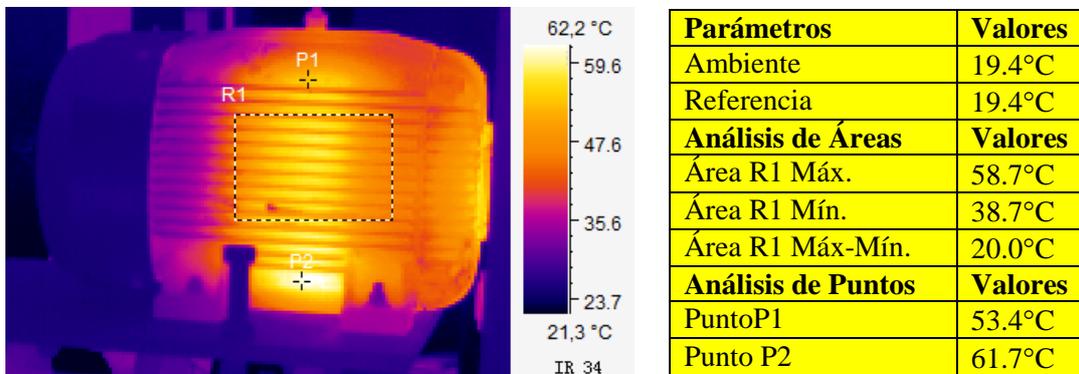
Fecha de inspección: 06-11-2012
Área: Sistema de Vacío
Unidad: Bomba bell
Componente: Motor eléctrico 01
Nivel de Criticidad: C.

Figura 205. Motor de bomba bell 1



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 206. Imagen termográfica de la carcasa del motor de bomba bell 1



Fuente: TUBASEC C.A.

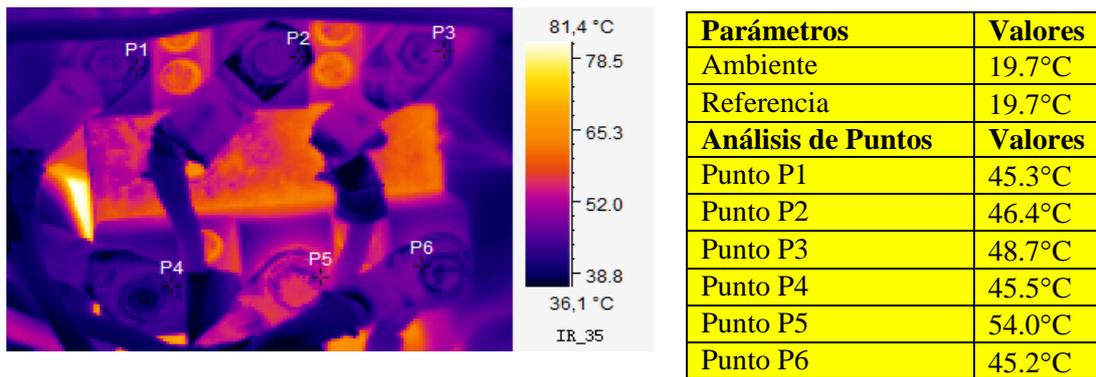
Comentario: El motor inspeccionado se encuentra bajo condiciones normales de operación. La unidad inspeccionada presenta una variación de 20,1°C con un nivel de prioridad C, según la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: Debe ser seguido constantemente en cada mantenimiento programado.

Recomendaciones:

Seguir en frecuencia normal de monitoreo.

Figura 207. Imagen termográfica de las conexiones del motor de bomba Bell 1



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: El componente presenta una variación de temperatura de 7.7°C del punto P5 con respecto de los otros 5 puntos lo que nos indica que se encuentra en un nivel de criticidad **D** con respecto a la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: Punto caliente P5 (soltura).

Recomendaciones:

Verificar ajustes de cables en la bornera de conexiones semestralmente. Verificar la carga en cada una de las fases anualmente.

4.8.47

Motor de bomba bell 02

Fecha de inspección: 06-11-2012

Área: Sistema de Vacío

Unidad: Bomba bell

Componente: Motor eléctrico 02

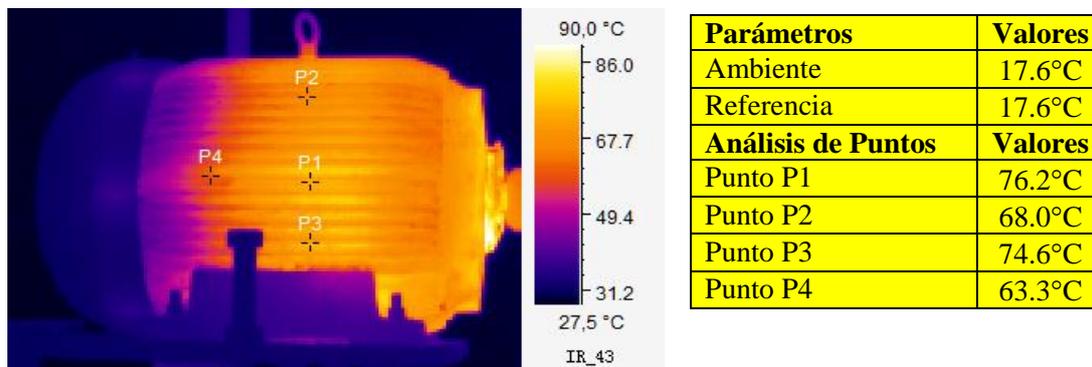
Nivel de Criticidad: C.

Figura 208. Motor de bomba bell 2



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 209. Imagen termográfica de la carcasa del motor de bomba bell 2



Fuente: TUBASEC C.A.

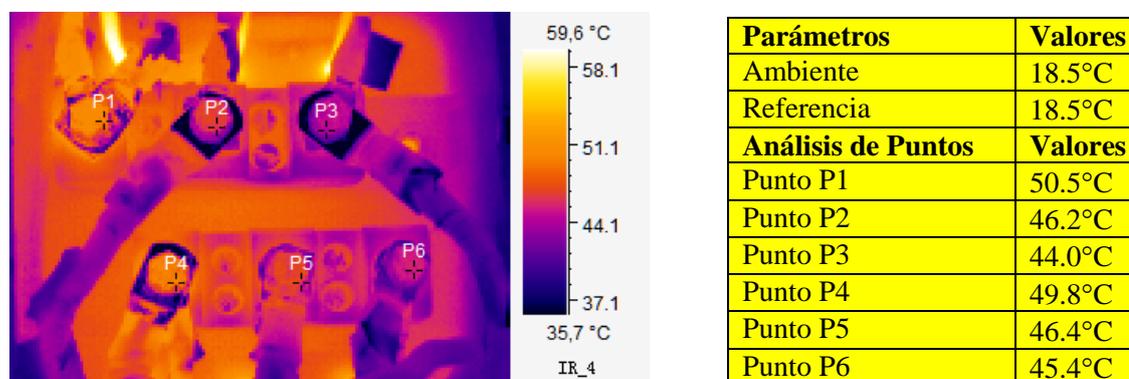
Comentario: La unidad inspeccionada presenta una variación de 20,1°C con un nivel de prioridad C, según la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: El motor inspeccionado se encuentra bajo condiciones normales de operación.

Recomendaciones:

Seguir en frecuencia normal de monitoreo. Debe ser seguido constantemente en cada mantenimiento programado.

Figura 210. Imagen termográfica de las conexiones del motor de bomba Bell 2



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: El componente se encuentra en estado normal de trabajo, con leves variaciones de temperatura entre las conexiones en la bornera.

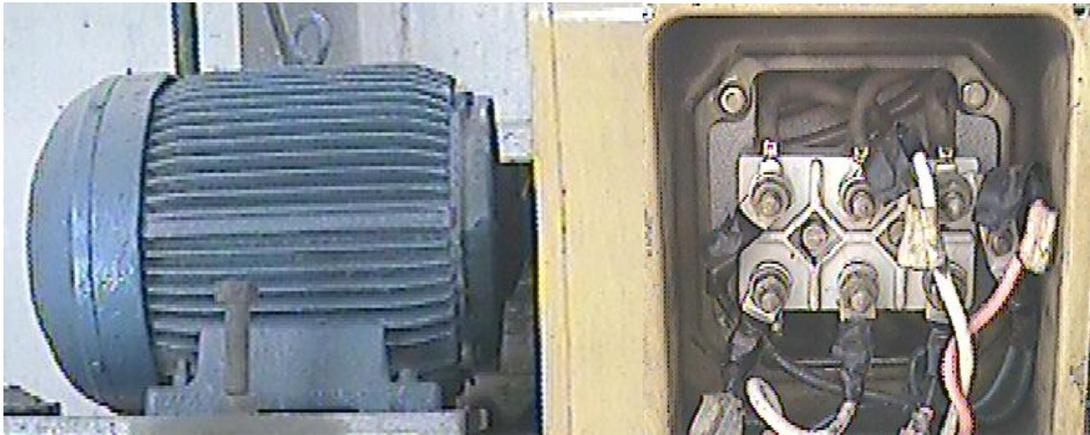
Diagnóstico: Soltura en puntos de conexión P1 y P4

Recomendaciones:

Verificar ajustes de cables en la bornera semestralmente.

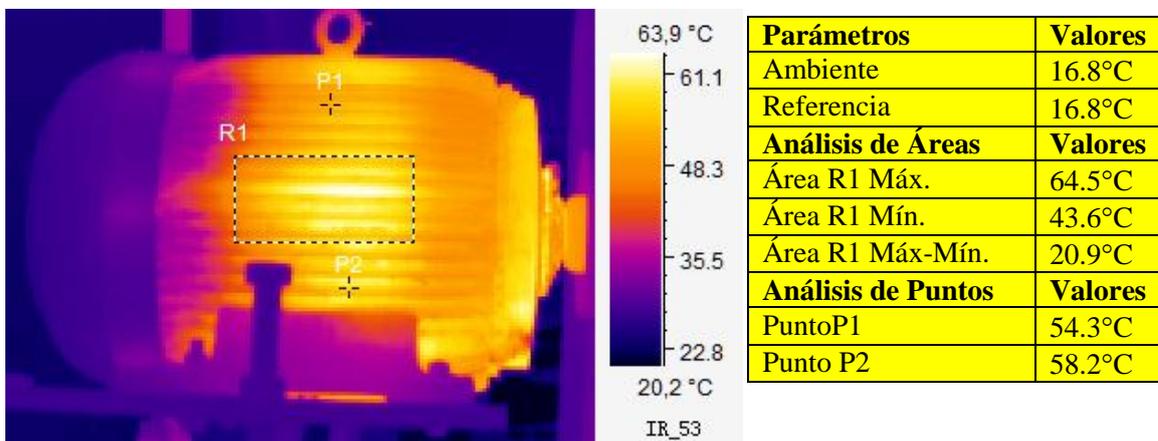
Fecha de inspección: 06-11-2012
Área: Sistema de Vacío
Unidad: Bomba bell
Componente: Motor eléctrico 03
Nivel de Criticidad: C.

Figura 211. Motor de bomba bell 3



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 212. Imagen termográfica de la carcasa del motor de bomba bell 3



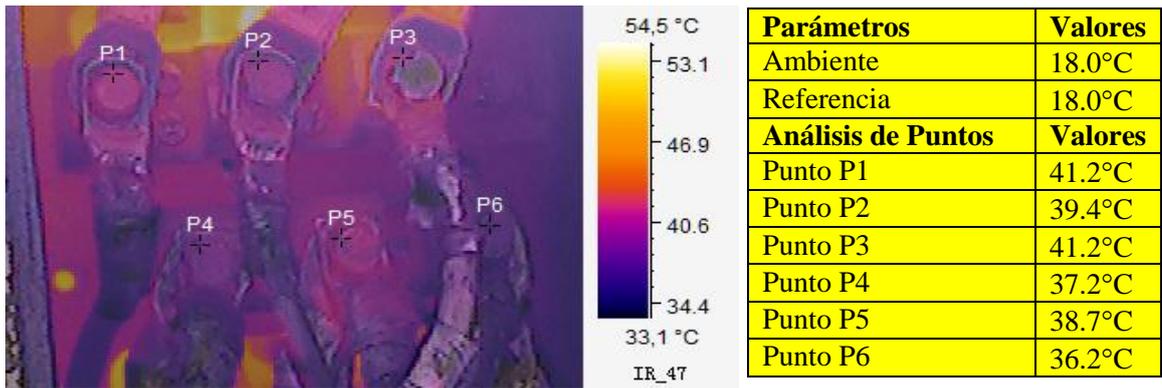
Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: La unidad inspeccionada presenta una variación de 20,9°C con un nivel de prioridad C, según la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: El motor inspeccionado se encuentra bajo condiciones normales de operación.

Recomendaciones:

Seguir en frecuencia normal de monitoreo. Debe ser seguido constantemente en cada mantenimiento programado.



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: Los puntos P1 a P6 de la figura 213 del componente se encuentran en estado normal de trabajo, con leves variaciones de temperatura entre las conexiones en la bornera.

Diagnóstico: Soltura en conexiones.

Recomendaciones:

Verificar ajustes de cables en la bornera semestralmente.

4.8.49

Motor de llenado bomba bell 01

Fecha de inspección: 06-11-2012

Área: Sistema de Vacío

Unidad: Llenado bomba bell

Componente: Motor eléctrico 01

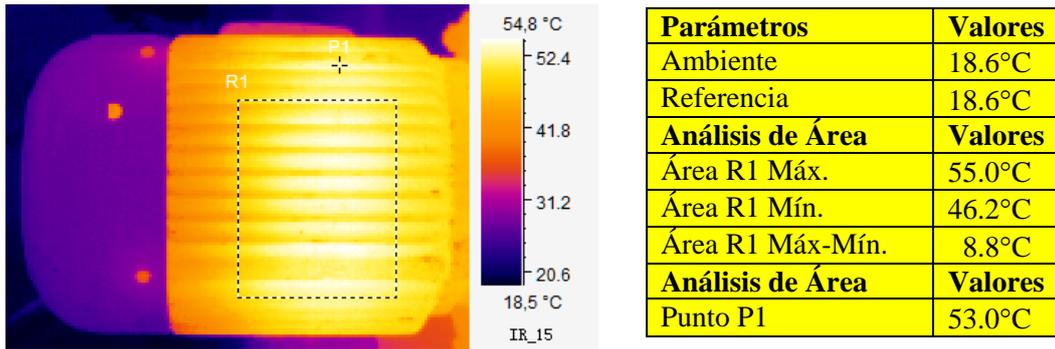
Nivel de Criticidad: C.

Figura 214. Motor de llenado de bomba bell



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 215. Imagen termográfica de la carcasa motor de llenado de bomba bell



Fuente: TUBASEC C.A.

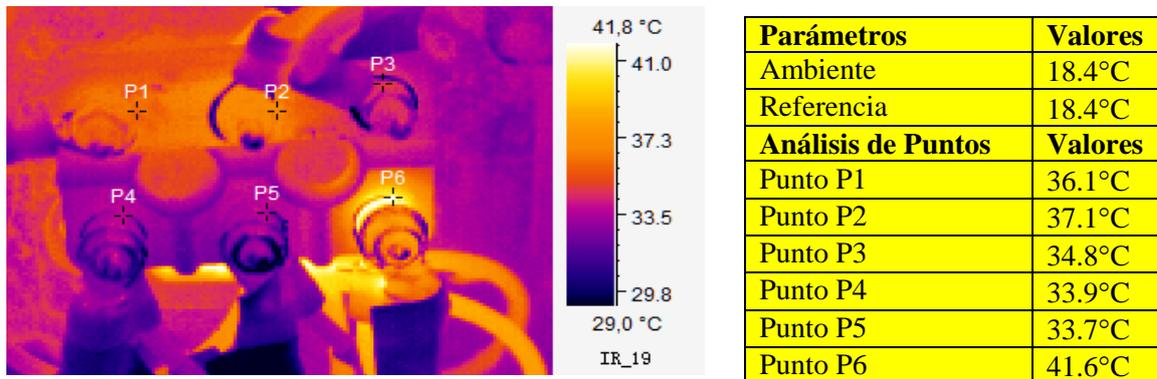
Comentario: El componente se encuentra en estado normal de trabajo, con una diferencia de temperatura de 8.8°C con un nivel de prioridad **D** con respecto a la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: No presenta problemas relevantes.

Recomendaciones:

Continuar con el régimen de funcionamiento del componente.

Figura 216. Imagen termográfica de las conexiones del motor de llenado de bomba bell



Fuente: TUBASEC C.A.

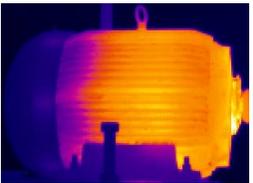
Comentario: En la figura 216, el componente presenta soltura en los cables de conexiones debido a un incremento en la temperatura en los puntos P1, P2 y P6 con respecto al resto de puntos.

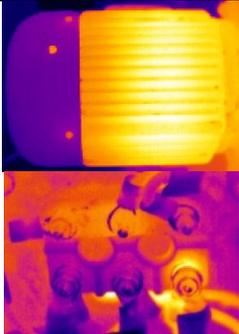
Diagnóstico: Presencia de soltura en cables P1, P2 y P6.

Recomendaciones:

Realizar aprietes en tuercas de conexiones de la bornera inmediatamente. Realizar aprietes e inspección semestralmente.

4.8.49.1 Sumario de reportes termográficos de los motores eléctricos Ruta 10

UBICACIÓN TÉCNICA	INSPECCIÓN	IMAGEN IR	PROBLEMA	ACCIÓN	CONDICIÓN
EU-SV-BEL-ME-01	29-11-2012 10:15		No presenta problemas Soltura en conexiones de bornera.	Se recomienda seguirlo constantemente en cada mantenimiento programado. Apriete de cables de conexiones de bornera.	Leve
EU-SV-BEL-ME-02	29-11-2012 10:37		Soltura en conexiones de bornera	Se recomienda verificar aprietes en los cables de conexión semestralmente.	Leve
EU-SV-BEL-ME-03	29-11-2012 10:45		El motor inspeccionado se encuentra bajo condiciones normales de operación. Soltura en cable de borneras.	Seguir en frecuencia normal de monitoreo. Debe ser seguido constantemente en cada mantenimiento programado. Verificar ajustes de cables en la bornera semestralmente.	Leve

EU-SV-BLL-ME-01	30-11-2012 11:07		Soltura en conexiones de cables.	Verificar aprietes en cables de conexión de bornera semestralmente. Verificar el balance de cargas en los cables anualmente. Realizar limpieza debido a presencia de polvo al interior de la bornera trimestralmente.	Grave
-----------------	------------------	--	----------------------------------	---	-------

4.8.50

Motor de la centralina

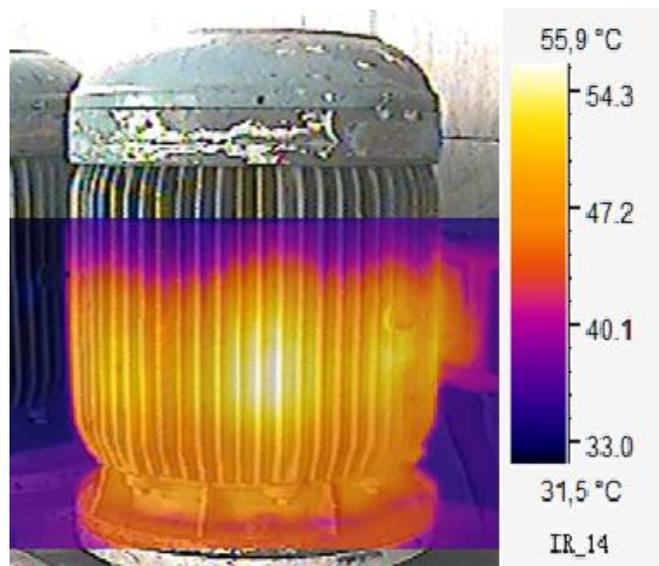
Fecha de inspección: 06-11-2012
Área: Equipos y Máquinas
Unidad: Centralina
Componente: Motor eléctrico 01
Nivel de Criticidad: C.

Figura 217. Motor de la centralina



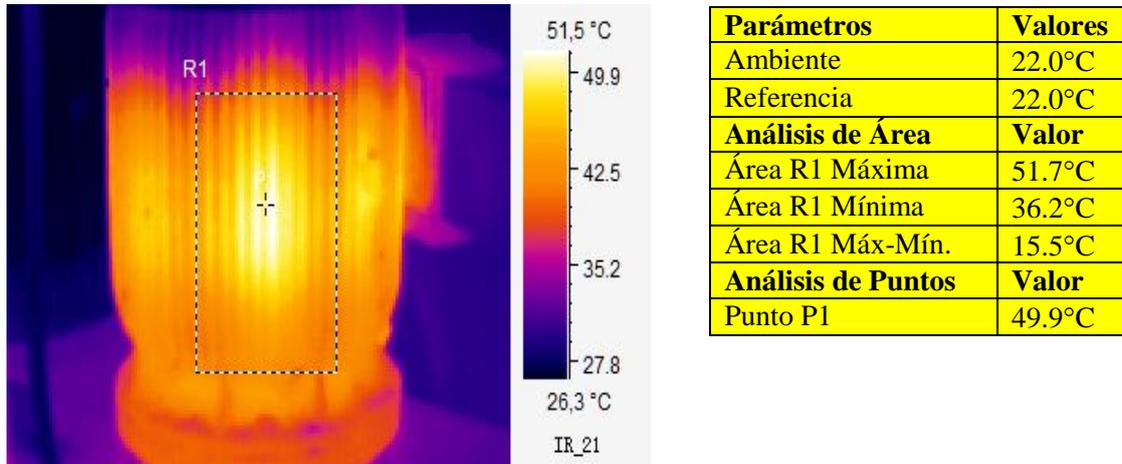
Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 218. Imagen fusionada de la carcasa del motor de la centralina



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 219. Imagen termográfica de la carcasa del motor de la centralina



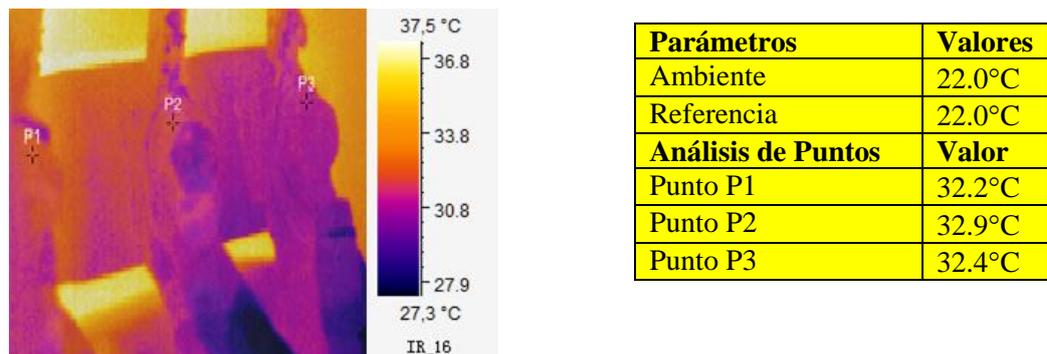
Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: En la Figura 219, el área R1 presenta una diferencia de temperatura de 15.5°C en referencia al resto del motor, ubicándose en un nivel de severidad **C** y se debe programar una inspección.

Recomendaciones:

Revisar el motor para evitar un sobrecalentamiento severo semestralmente. Desalineación, lubricación y problemas de desgaste se detectan antes que causen salida de servicio mensualmente.

Figura 220. Imagen termográfica de las conexiones del motor de la centralina



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: En la Figura 220, no se presentan sobrecalentamientos en los puntos P1, P2 y P3.

Diagnóstico: Temperatura de tomas de conexiones de trabajo normales.

Recomendaciones:

Verificar aprietes semestralmente.

4.8.50.1 Sumario de reportes termográficos de los motores eléctricos Ruta 11

UBICACIÓN TÉCNICA	INSPECCIÓN	IMAGEN IR	PROBLEMA	ACCIÓN	CONDICIÓN
EU-EM-CEN-ME-01	06-11-2012 12:15		No presenta problemas	Revisar el motor para evitar un sobrecalentamiento severo semestralmente. Desalineación, lubricación y problemas de desgaste se detectan antes que causen salida de servicio mensualmente.	Leve

4.9 Reporte en los tableros eléctricos de la planta de Eurolit

Reporte de Condición de Motores Eléctricos

TUB-EU

RUTA No. 12: TABLEROS ELÉCTRICOS

TERMOGRAFÍA

Agosto - Noviembre 2012

Contacto:

Téc. Gustavo Cajas
Líder de Mantenimiento

Riobamba – Ecuador

La inspección de los equipos se realizó bajo la norma

ASNT - TC - 1A

Tabla de Prioridades	
AAA mayor que 100 °C	Severo sobrecalentamiento Atención inmediata.
A 50°C - 99°C	Agudo sobrecalentamiento Tan pronto como sea posible.
B 30°C - 49°C	Desarrollado sobrecalentamiento Atender a la primera oportunidad
C 10°C - 29°C	Segundo paso de sobrecalentamiento Programar cuando sea posible
D menor de 10°C	Siguiente mantenimiento programado

Preparado por:

Diego Abarca

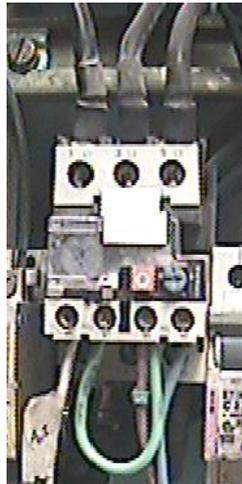
Francisco Iglesias

4.9.1

Tablero de mezclas – relé térmico A1

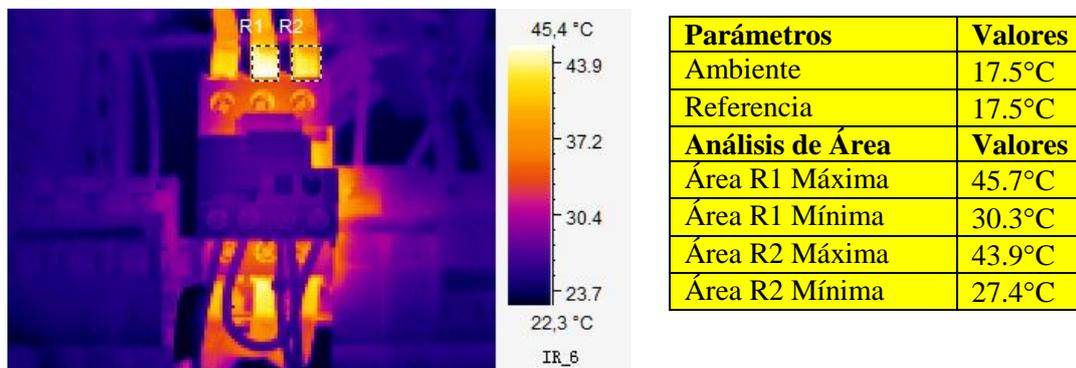
Fecha de inspección: 13-11-2012
Área: Sistema Mezclas
Unidad: Tablero de mezclas
Componente: Relé térmico A1

Figura 221. Relé térmico A1



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 222. Imagen termográfica relé térmico A1



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: La unidad inspeccionada se encuentra en condiciones normales de operación. La unidad presenta una variación de temperatura de 1,8°C con un nivel de prioridad **D**, según la tabla ASNT-TC-1A. En el área A1 y A2.

Diagnóstico: No presenta problemas relevantes.

Recomendaciones:

Realizar limpieza de la unidad por presencia de polvo trimestralmente.

4.9.2

Tablero de mezclas – Interruptor hidro 2

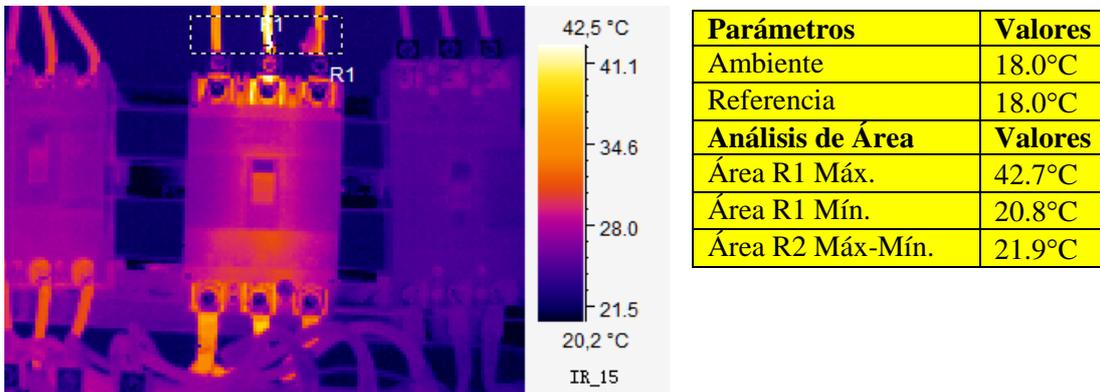
Fecha de inspección: 13-11-2012
Área: Sistema Mezclas
Unidad: Tablero de mezclas
Componente: Interruptor hidro 2

Figura 223. Interruptor Hidro 2



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 224. Imagen termográfica del Interruptor Hidro 2



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: En la figura 224, presentan una variación de temperatura entre el segundo cable y el tercer cable del área R1, encontrándose con un diferencial de temperatura de 21,9°C lo cual se encuentra en prioridad **B** según la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: Componente en normal funcionamiento.

Recomendaciones:

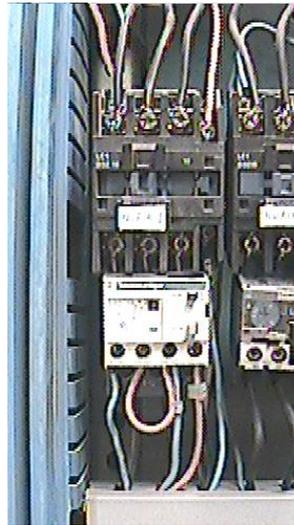
Verificar que las terminales se encuentren con el debido ajuste semestralmente.

4.9.3

Contactor noria 1

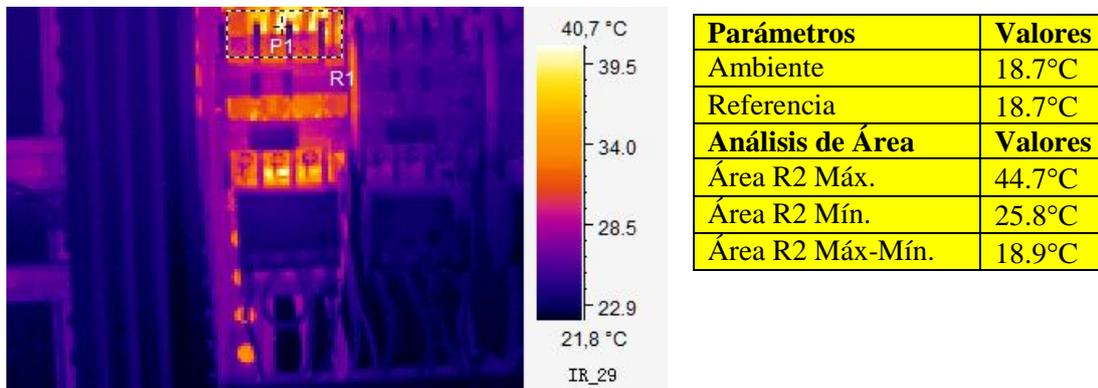
Fecha de inspección: 13-11-2012
Área: Sistema Mezclas
Unidad: Tablero de mezclas
Componente: Contactor noria 1

Figura 225. Contactor Noria 1



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 226. Imagen termográfica contactor noria 1



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: En la figura 226, presentan una variación de temperatura entre el segundo cable y el tercer cable, encontrándose con un diferencial de temperatura de 21,9°C lo cual se encuentra en prioridad C según la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: Componente en normal funcionamiento.

Recomendaciones:

Verificar que las terminales se encuentren con el debido ajuste.

Balancear cada una de las fases.

4.9.4

Bornera de bomba agua conos

Fecha de inspección: 13-11-2012
Área: Sistema Mezclas
Unidad: Tablero de mezclas
Componente: Bornera bomba agua conos

Figura 227. Bornera bomba agua conos



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 228. Imagen termográfica bornera bomba agua conos



Parámetros	Valores
Ambiente	19.5°C
Referencia	19.5°C
Análisis de Área	Valores
Área R1 Máxima	94.2°C
Área R1 Mínima	44.9°C
Área R1 Máx-Mín	49.3°C

Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: El componente inspeccionado presenta una variación de temperatura de 49,3°C lo que nos indica que se encuentra en un nivel de criticidad A, según la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: Soltura en conexión, empalme defectuoso.

Recomendaciones:

Atender a la primera oportunidad por presencia de agudo sobrecalentamiento. Verificar ajuste del cable en la bornera semestralmente. Balancear cada una de las fases anualmente.

4.9.5

Interruptor magnetotérmico

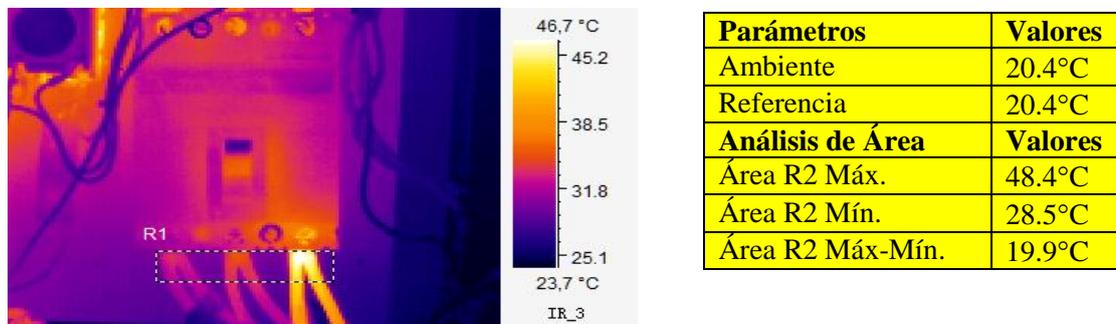
Fecha de inspección: 13-11-2012
Área: Sistema Mezclas
Unidad: Bomba bell vacío3
Componente: Interruptor magneto térmico

Figura 229. Interruptor magneto térmico bomba bell vacío 3



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura: 229. Imagen termográfica interruptor magneto térmico bomba bell vacío 3



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: En la Figura 229, presentan una variación de temperatura entre el segundo cable y el tercer cable del área R1, encontrándose con un diferencial de temperatura de 19,9°C lo cual se encuentra en prioridad **C** según la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: Soltura en conexión

Recomendaciones:

Mejorar contacto en empalme. Verificar que las terminales se encuentren con el debido ajuste semestralmente. Verificar la carga en cada una de las fases anualmente.

4.9.6

Interruptor de cortadora disco 2

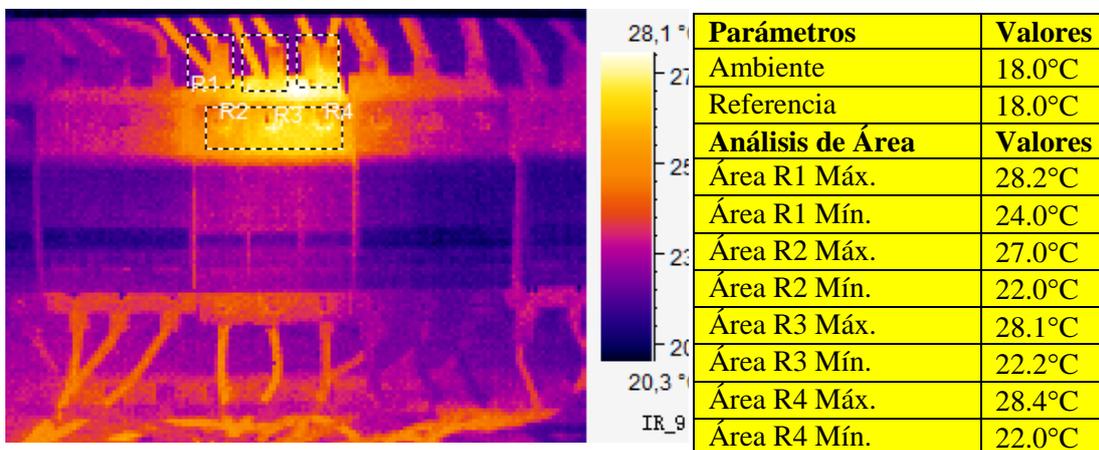
Fecha de inspección: 13-11-2012
Área: Desmoldeo
Unidad: Tablero de mando
Componente: Interruptor de cortadora disco 2

Figura 230. Interruptor de cortadora disco 2



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 231. Imagen termográfica del interruptor de cortadora disco 2



Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: En la Figura 231, la unidad inspeccionada se encuentra bajo condiciones normales de operación. La unidad presenta una variación de 1°C con un nivel de severidad C, según la tabla ASNT-TC-1A.

Diagnóstico: No descartar soldaduras en conexiones.

Recomendaciones:

Revisión de conexiones por inicio de incremento de temperatura en el próximo mantenimiento planificado.

4.9.7

Interruptor avance molde R12

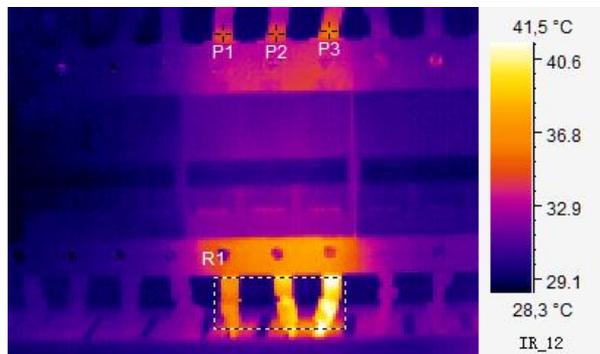
Fecha de inspección: 13-11-2012
Área: Desmoldeo
Unidad: Tablero de mando
Componente: Interruptor avance molde R12

Figura 232. Interruptor avance molde R12



Fuente: TUBASEC C.A.

Figura 233. Imagen termográfica del interruptor avance molde R12



Parámetros	Valores
Ambiente	18.0°C
Referencia	18.0°C
Análisis de Área	Valores
Área R1 Máx.	42.0°C
Área R1 Mín.	29.1°C
Análisis de Puntos	Valores
Punto P1	34.5°C
Punto P2	34.8°C
Punto P3	36.2°C

Fuente: TUBASEC C.A.

Comentario: En la Figura 233, la unidad inspeccionada presenta una variación de temperatura en el Área R1 de 12.9°C con un nivel de severidad **C**, según la tabla ASNT-TC-1A.

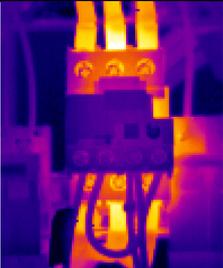
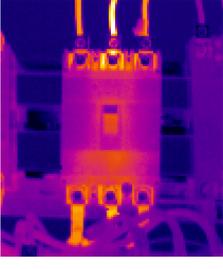
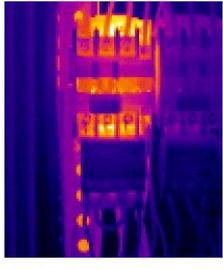
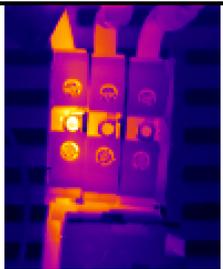
Diagnóstico: Presencia de soldura en cables de conexión.

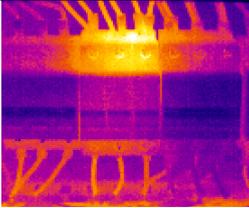
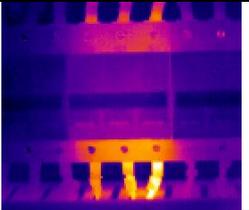
Recomendaciones:

Revisión de conexiones por inicio de incremento de temperatura en la primera oportunidad.

Verificar o inspeccionar el ajuste de cables en la bornera semestralmente.

4.9.8 Sumario de reportes termográficos de los tableros eléctricos

Ubicación	Inspección	Imagen IR	Problema	Acción	Condición
TABLERO DE MEZCLAS – RELÉ TÉRMICO A1	13-11-2012 8:07		No presenta problemas	Realizar limpieza por presencia de polvo en la unidad.	Normal
TABLERO DE MEZCLAS – INTERRUPTOR HIDRO 2	13-11-2012 8:19		Presenta un diferencial de temperatura de 21,9°C. con leve sobrecalentamiento.	Programar mantenimiento cuando sea posible. Verificar conexiones y balancear cada una de las cargas.	Leve
CONTACTOR NORIA 1	13-11-2012 8:50		No presenta problemas.	Verificar que las terminales se encuentren con el debido apriete. Balancear cada una de las cargas.	Leve
BORNERA BOMBA AGUA CONOS	13-11-2012 9:46		Presenta una variación de temperatura de 49,3°C con un sobrecalentamiento medio-alto.	Verificar ajuste de cables en la bornera. Balancear cada una de las fases.	Grave
INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO	13-11-2012 10:25		Sobrecalentamiento agudo	Verificar el apriete adecuado en las terminales. Verificar la carga en cada una de las fases.	Leve

<p>INTERRUPTOR DE CORTADORA DISCO 2</p>	<p>13-11-2012 11:01</p>		<p>No presenta problemas</p>	<p>Realizar apriete en los cables de las terminales. Balancear cargas en las fases.</p>	<p>Leve</p>
<p>INTERRUPTOR AVANCE MOLDE R12</p>	<p>13-11-2012 11:36</p>		<p>Desarrollo de sobrecalentamiento.</p>	<p>Verificar el ajuste de cables en la bornera.</p>	<p>Leve</p>

CAPÍTULO V

5. RESULTADOS.

5.1 Evaluación de Resultados

Para la evaluación del estado de un componente mediante las imágenes termográficas realizadas en la tesis se tomó en cuenta dos principios importantes de análisis distintos el cualitativo y cuantitativo.

Los resultados de todos los reportes termográficos arrojan efectos alentadores ya que en su gran mayoría los motores eléctricos de la planta de EUROLIT están realizando sus actividades en forma optima y eficiente. Con esto podemos llegar a la conclusión que el mantenimiento en los mismos es el apropiado y se da a la periodicidad adecuada para alargar la vida útil de cada elemento.

5.2 Análisis Cualitativo

Mediante este análisis cualitativo se logró en la imagen térmica revelar y localizar la existencia de posibles anomalías, y evaluarlas.

En todas las termografías se realizó un análisis cualitativo. Siempre que se miraba se estaba analizando, aunque solo fuese durante una fracción de segundo. Si algo parecía normal, se miraba otra componente. Si había algo que presentaba anomalías, se analizaba en mayor profundidad.

5.2.1 Características del principio cualitativo

- Se analizó PATRONES TÉRMICOS en la imagen.
- Se determinó SI hay una anomalía.
- Se miró DONDE está.

- Se basó SOLO en temperatura aparente.
- Generalmente se realizó primero.

5.3 Análisis Cuantitativo

Con la termografía cuantitativa se utilizó la medida de temperatura como criterio para determinar la gravedad de un problema, y así establecer su prioridad.

Cuando se localizaba una anomalía, se debía saber cuál es su gravedad. Normalmente no se tenía que tratar de reparar todos los problemas que se encontraba. Si hubiera sido ese el caso, con la termografía cualitativa se hubiera tenido suficiente, y la medida de temperatura no hubiera sido necesaria.

5.3.1 Características del Principio Cuantitativo

- Se utilizó para ayudar a CLASIFICAR la seriedad de una anomalía.
- Implicó la medida de Temperatura.
- Se realizó la compensación.
- No siempre era relevante.

5.4 Delta T o variación de la temperatura

La medida del Delta T se utilizó para determinar cuánto se aleja la temperatura actual de un componente “anomalía” y alguna temperatura de referencia valor “normal”. A esto se llamó una medida cuantitativa, comparativa.

Se necesitó establecer una referencia de lo que se consideraba como “normal”, y se utilizó como explicamos en el capítulo anterior especificaciones del fabricante (datos de placa) y el software SATIREPORT.

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Como conclusiones más importantes de las presentadas en esta tesis se destacan las siguientes:

La termografía infrarroja es una herramienta muy útil para detectar un sobrecalentamiento en los motores eléctricos, y aunque podría precisar el área donde se produce el calentamiento, es todavía limitada en su capacidad de indicar por qué se produce esto.

La termografía infrarroja es una herramienta indispensable en el mantenimiento predictivo y preventivo, al detectar anomalías invisibles al ojo humano, con el objetivo de prevenir errores y fallos que puedan suponer grandes pérdidas económicas.

La termografía infrarroja es una técnica que permite, a distancia y sin ningún contacto, medir y visualizar temperaturas de superficie con precisión.

Las rutas implementadas mediante termografía fueron una guía técnica práctica que permitió monitorear los motores eléctricos de la planta de Eurolit, para llevar tendencias confiables en busca de fallas prematuras que indicarán de manera exacta la tendencia del deterioro que tienen los diferentes componentes y en base a ello realizar las correcciones que sean necesarias para restablecer las condiciones normales de operación.

La resolución fue un factor importante para la selección de una cámara infrarroja ya que no todas las cámaras se pueden utilizar para todos los trabajos, a mayor resolución mejora la visualización de las imágenes térmicas.

Mediante la aplicación de la termografía industrial se pudo tener un beneficio como detectar problemas rápidamente sin interrumpir el funcionamiento del equipo e instalaciones o motores eléctricos.

El análisis termográfico ayudó a tener mayor seguridad para el operario por evitar la necesidad de contacto con el equipo y ayuda para la determinación de problemas en áreas de difícil acceso, como lo son las subestaciones eléctricas, transformadores en funcionamiento, equipos y maquinaria de gran dimensión.

6.2 Recomendaciones

Preparar al personal técnico y administrativo que para el estudio de termografía infrarroja en los motores eléctricos se debe realizar simultáneamente un análisis de vibraciones para tener mayores beneficios e información del por qué se originan los sobrecalentamientos.

Tener en cuenta varios aspectos y factores para realizar una correcta inspección termográfica como: emisividad, distancia, humedad relativa, temperatura ambiental, relativa, velocidad del viento y campos magnéticos.

Determinar la emisividad colocando sobre el objeto una cinta de un material cuya emisividad sea conocida por ejemplo: cinta aisladora negra (0.95), para luego dejarlo un tiempo prudente a fin de que adquieran ambos (cinta y objeto) la misma temperatura. Posteriormente se mide con la cámara la temperatura sobre la cinta, ajustando la emisividad en 0.95; después se mide la temperatura sobre el objeto y se ajusta la emisividad hasta que marque la temperatura medida sobre la cinta.

Evitar la luz directa del sol, incluso unas horas antes de la medición ya que esta puede calentar la superficie que va a ser inspeccionada.

Debe ser la humedad ambiente relativa lo suficientemente baja para que no haya condensación en el aire, ya que la humedad enfría la superficie del objeto al evaporarse.

No se sitúe directamente enfrente de su objetivo, evite reflejarse usted mismo.

Una vez identificado el posible problema, este debe ser revisado desde diversos ángulos o perspectivas para confirmar nuestro diagnóstico correcto.

Usar un correcto enfoque angular para tener un campo de visión más amplio ya que el ángulo de visión de la cámara termográfica describe el área visible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] HERRERA, L. Temperatura y procesos de transferencia de calor. Colombia, 2005 (pág. 13-41).
- [2] INGA, L. Análisis termográfico nivel I, Ecuador: IVAN BOHMAN C.A, 2011 (pág. 8-125).
- [3] THERMOGRAPHY. Guía técnica, Serie T200. Estados Unidos: FLIR Systems, 2011 (pág. 2-57).
- [4] ALMENDÁRIZ, M. Ensayos no destructivos. Ecuador: ESPOCH, 2010 (pág. 70- 80).
- [5] ASTUDILLO, C. Máquinas eléctricas. Ecuador: ESPOCH, 2007 (pág 65 - 96).
- [6] HERNÁNDEZ, E. Introducción al Mantenimiento. Ecuador: ESPOCH, 2011 (pág. 2-35).
- [7] TORRES, M. Principios básicos de termografía y funcionamiento de equipos termográficos, España, 2007(pág. 63-88).
- [8] FLUKE Corporation. Cámaras termográficas y parámetros de medición. Estados Unidos. 2011 (pág. 12-38).
- [9] SATIR. Guía de termografía para mantenimiento predictivo, catálogo y software, China. 2012 (pág. 3-105).
- [10] HERNÁNDEZ, E. Gestión del Mantenimiento. Ecuador: ESPOCH, 2011 (pág. 17-32).
- [11] HIDALGO, J. Análisis de Zonas de fallas de Motores Eléctricos. Costa Rica: Grupo Termogram, 2003 (pág. 1-8).
- [12] CUNALATA – CAJO. Tesis, Implementación de rutas óptimas de análisis termográfico para los equipos rotativos de la unidad no catalíticas II de la refinería de Esmeraldas, ESPOCH, 2008. (pág. 115-123).

BIBLIOGRAFÍA

- ALMENDÁRIZ, MARCO. Ensayos no destructivos. Ecuador: ESPOCH, 2010.
- ASTUDILLO, CESAR. Maquinas eléctricas. Ecuador: ESPOCH, 2007.
- HERNÁNDEZ, EDUARDO. Gestión del Mantenimiento. Ecuador: ESPOCH, 2011.
- HERNÁNDEZ, EDUARDO. Introducción al Mantenimiento. Ecuador: ESPOCH, 2011.
- HERRERA, LUIS FERNANDO. Procesos de Transferencia de Calor. Colombia, 2005.
- HIDALGO, JUAN. Análisis de Zonas de fallas de Motores Eléctricos. Costa Rica: Grupo Termogram, 2003.
- INGA, LUIS. Análisis termográfico Nivel I, Ecuador: IVAN BOHMAN C.A, 2011.
- JOSÁE, PERRAE SPITERI. Organización y Mantenimiento Preventivo. Guatemala: Universidad de San Carlos, 1997.
- MORROW, Manual de mantenimiento industrial. México: Continental, 1985.
- TORRES, Marco. Principios básicos de Termografía, España, 2007.

LINKOGRAFÍA

TERMOGRAFÍA INDUSTRIAL

<http://www.freedownload.is/doc/termografia-industrial>

2012-08-13

TERMOGRAFÍA INFRARROJA EN EL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

<http://www.termografia.com/paginas/aplicaciones/mantenimiento.htm>

2012-08-23

TERMOGRAFÍA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS EN PLANTA

<http://www.fluke.com/Fluke/eses/soluciones/camaras-termograficas/Termografia-en-sistemas-electricos-en-planta.htm>

2012-08-31

IMÁGENES TÉRMICAS

http://www.flir.com/uploadedFiles/Thermography/.../T820264_ES.pdf

2012-09-05

MANTENIMIENTO PREDICTIVO BASADO EN TEMPERATURA

http://www.books.google.com.ec/books?id=OzwXOAKv_QAC&pg=PA181&dq=TERMOGRAFIA+INDUSTRIAL&h

2012-09-12

MOTORES ASINCRÓNICOS TRIFÁSICOS

<http://www.taringa.net/posts/info/6222991/Motores-asincronos-trifasicos.html>

2019-09-13

ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

http://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_electromagnetico

2012-09-13

MOTORES TRIFÁSICOS DE INDUCCIÓN GENERALIDADES

http://www.cifp-mantenimiento.es/e-learning/index.php?id=9&id_sec=2

2012-09-17

MOTORES TRIFÁSICOS SIEMENS DE USO INDUSTRIAL

http://www.siemens.com.co/SiemensDotNetClient_Andina/Medias/PDFS/608_20080616193422.pdf

2012-09-19

MODOS DE FALLA EN MOTORES ELÉCTRICOS

<http://www.mantenimientoindustrial.renovetec.com/rcmfase3.html>

2012-09-25

ANÁLISIS DE LAS ZONAS DE FALLA DE MOTORES ELÉCTRICOS

http://www.termogram.com/pdf/nov14_03/Paper_IEEE_Concapan_XXI.PDF

2012-03-27