



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

Facultad de Ciencias e Ingeniería
Departamento de Tecnología
Ingeniería Industrial

Monografía para optar al título de Ingeniero Industrial

Tema

“Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017”.

Elaborado Por: Eliezer Francisco Soto Baltodano

Tutor; MSc. David Cárdenas

Asesor Metodológico: MSc. Sergio Ramírez

Managua, Nicaragua 2017

i. Título:

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

ii. Dedicatoria:

Dedico la culminación de esta tesis primeramente a Jesús el Dios todo poderoso por ser la luz guía durante todo el proceso de mi educación y formación como ciudadano y como profesional.

A mi MAMA Teresa de Jesús Baltodano y PAPA Marvin Antonio Soto Gutiérrez y mis hermanos por ser la fuerza en medio de mis flaquezas.

Y por último a todas aquellas personas cercanas a mí que de alguna u otra manera han formado parte de mis logros.

iii. Agradecimientos:

A mi señor Jesús, a mis padres por todo su apoyo físico, económico y emocional, especialmente a mi madre Teresa Baltodano por ser la ayuda incondicional y la mejor madre que pudiere desear.

A mis docentes de primaria, secundaria y la universidad quienes con su labor forjaron el conocimiento que hoy me hace ser un ciudadano y futuro profesional con valores y ética, algunos muy importantes en la formación de mis conocimientos otros un tropiezo, pero todos ellos de una u otra manera dejaron algo importante en mi formación que siempre agradeceré.

A mi novia Tania Ñurinda por su apoyo y ayuda en mis últimos tres años de la universidad agradezco mucho su diligencia y su continuo animo hacia mí.



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
Recinto Universitario Rubén Darío
Facultad de Ciencias e Ingeniería
Departamento de Tecnología

Managua, 11 de noviembre del 2017

MSc. Elim Campo
Director
Departamento de Tecnología
Su Despacho

Sirva la presente para comunicarle que he dirigido y revisado detalladamente el trabajo monográfico titulado; Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

Le hago saber mis consideraciones:

1-Es notorio que el alumno llevo a la práctica los conocimientos adquiridos en las asignaturas a lo largo de la carrera, destacándose entre estas Mantenimiento Industrial.

2-Es notorio destacar el nivel científico y práctico con el cual el alumno desarrollo este trabajo, además de la tenacidad, disciplina y perseverancia en la investigación realizada.

3-La propuesta para la aplicación de la termografía en el mantenimiento predictivo de las industrias nicaragüense es de aplicación inmediata.

Por todo lo antes expuesto es que propongo como tutor de dicho trabajo, que el mismo puede ser defendido para la culminación de la carrera de Ingeniería Industrial por el Bachiller:

Eliezer Francisco Soto Baltodano

Agradeciéndole su atención a la presente, aprovecho la ocasión para saludarle.

Atentamente,

MSc. DAVID CARDENAS OLIVIER. (TUTOR)

Docente

Departamento de Tecnología.

Eliezer Francisco Soto Baltodano

iv. Resumen:

El siguiente estudio cuya temática es; “*Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017*”, se pretende ofrecer una guía técnica como se expresa en el lema, esto debido a que en el país no se aplican métodos de mantenimiento predictivo debido a que se considera el mantenimiento como costo y no como una inversión, además, no se cuenta con una herramienta que permita la facilidad de aplicación de la termografía

El estudio es del tipo *explicativo*, ya que se presentan las razones de la aplicación termográfica así como sus ventajas y desventajas, ofreciendo un razonamiento lógico de la forma en que se debe proceder para ejecutar el análisis basado en las normas de control establecidas para este tipo de método de mantenimiento, se considera como población todo equipo industrial presente en una industria nacional y el muestro se hizo por conveniencia tomándose como muestra los motores eléctricos, transformadores, calderas y tableros eléctricos, ya que estos se consideran una constante en las industrias nicaragüenses.

Como resultado final del estudio se presenta la ficha técnica de la aplicación de la termografía infrarroja tomando en cuenta los parámetros técnicos y legales internacionales, además se presenta el análisis de una encuesta aplicada entre el personal de mantenimiento de algunas industrias nacionales como CEMEX, ESQUIMO, Cola Chaler y otros, en estas encuestas se puede observar el nivel de interés en el método y la necesidad de conocer un poco más sobre este.

Tabla de contenido

Índice de Tablas:	3
Índice de Graficas	4
Índice de Ilustración	5
Capítulo I:	6
1. Introducción:	6
2. Planteamiento del problema	7
3. Justificación	8
4. Objetivos	9
Capítulo II:	10
5. Marco referencial	10
a. Antecedentes	10
b. Marco teórico	17
c. Marco conceptual	21
d. Marco legal	25
6. Preguntas directrices;	28
Capitulo III:	29
7. Diseño Metodológico	29
e. Tipo de Enfoque	29
f. Tipo de investigación	29
g. Población	30
h. Muestra	30
i. Métodos y técnicas de recolección de información	30
j. Matriz de Descriptores	32
Capítulo IV:	35

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

8. Análisis y Discusión de Resultados:	35
8.1. La termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo:	35
8.2. Características técnicas de los equipos industriales para una correcta aplicación de la termografía:	43
8.3. Estructura de guía técnica para la aplicación de la termografía propuesta:	55
Capítulo V:	57
9. Conclusiones:	57
10. Recomendaciones:	58
11. Bibliografía	59
12. Anexos	66
12.1. Encuesta:	67
12.2. Entrevista:	70
12.3. Resultados de encuesta:	72

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

Índice de Tablas:

TABLA 1. NORMAS REGULATORIAS DE LA TERMOGRAFÍA INFRARROJA	25
TABLA 2. MATRIZ DE DESCRIPTORES.....	32
TABLA 3 CLASIFICACIÓN DE FALLAS ELÉCTRICAS SEGÚN NETA	40
TABLA 4 CLASIFICACIÓN DE AISLAMIENTOS SEGÚN ESTÁNDAR NEMA.....	40
TABLA 5. SUB CLASIFICACIÓN DE LOS MOTORES.....	44
TABLA 6 COMPOSICIÓN DE LA TEMPERATURA EN FUNCIÓN DE LA CLASE DE AISLAMIENTO.....	45
TABLA 7. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS TRASFORMADORES	46
TABLA 8. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS TABLEROS ELÉCTRICOS.....	49
TABLA 9 PROPUESTA DE GUÍA TÉCNICA	56
TABLA 10. TIPOS DE EQUIPOS	72
TABLA 11. ESTADO DE LOS EQUIPOS	73
TABLA 12 TIPOS DE FALLAS	74
TABLA 13 NIVEL DE EFICIENCIA	75
TABLA 14 REQUERIMIENTOS DE MOTORES	76
TABLA 15 NIVEL DE IMPORTANCIA DEL EQUIPO	77
TABLA 16 CUENTAN CON TABLEROS ELÉCTRICOS.....	78
TABLA 17 IMPORTANCIA DE LOS TABLEROS ELÉCTRICOS.....	79
TABLA 18 REQUIEREN CALDERAS.....	80
TABLA 19 IMPORTANCIA DE LAS CALDERAS	81
TABLA 20 TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS.....	82
TABLA 21 IMPORTANCIA DE LOS TRANSFORMADORES.....	83
TABLA 22 MÉTODOS DE MANTENIMIENTOS QUE SE APLICAN	84
TABLA 23 TEMPERATURA DE TRABAJO.....	85
TABLA 24 EFICIENCIA DEL MÉTODO APLICADO.....	86
TABLA 25 CONOCEN LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS.....	87
TABLA 26. CUÁL MÉTODO DE MANTENIMIENTO ES EL MEJOR	88
TABLA 27. CONOCEN LA TERMOGRAFÍA	89
TABLA 28. NIVEL DE DIFICULTAD	90
TABLA 29. HAN APLICADO TERMOGRAFÍA.....	91
TABLA 30. QUISIERA CONTAR CON UNA HERRAMIENTA.....	92

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

Índice de Graficas

GRAFICO 1. TIPOS DE EQUIPOS _____	72
GRAFICO 2. ESTADO DE LOS EQUIPOS _____	73
GRAFICO 3. TIPOS DE FALLAS _____	74
GRAFICO 4. NIVEL DE EFICIENCIA _____	75
GRAFICO 5. REQUERIMIENTOS DE MOTORES _____	76
GRAFICO 6. NIVEL DE IMPORTANCIA DEL EQUIPO _____	77
GRAFICO 7 CUENTAN CON TABLEROS ELÉCTRICOS _____	78
GRAFICO 8 IMPORTANCIA DE LOS TABLEROS ELÉCTRICOS _____	79
GRAFICO 9 REQUIEREN CALDERAS _____	80
GRAFICO 10 IMPORTANCIA DE LAS CALDERAS _____	81
GRAFICO 11 TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS _____	82
GRAFICO 12 IMPORTANCIA DE LOS TRANSFORMADORES _____	83
GRAFICO 13 MÉTODOS DE MANTENIMIENTO QUE SE APLICAN _____	84
GRAFICO 14 TEMPERATURA DE TRABAJO _____	85
GRAFICO 15 EFICIENCIA DEL MÉTODO APLICADO _____	86
GRAFICO 16 CONOCEN LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS _____	87
GRAFICO 17 CUAL MÉTODO DE MANTENIMIENTO ES MEJOR _____	88
GRAFICO 18 CONOCEN LA TERMOGRAFÍA _____	89
GRAFICO 19. NIVEL DE DIFICULTAD _____	90
GRAFICO 20. HAN APLICADO TERMOGRAFÍA _____	91
GRAFICO 21. QUISIERA CONTAR CON UNA HERRAMIENTA _____	92

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

Índice de Ilustración

ILUSTRACIÓN 1 PARTES DE LA CÁMARA TERMOGRÁFICA	36
ILUSTRACIÓN 2 PARTES DE UN MOTOR ELÉCTRICO	43
ILUSTRACIÓN 3 DIFERENTES TIPOS DE TRASFORMADORES	48
ILUSTRACIÓN 4 TABLEROS ELÉCTRICOS	50
ILUSTRACIÓN 5 CALDERAS INDUSTRIALES	54

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

Capítulo I:

1. Introducción:

La termografía infrarroja como método de mantenimiento predictivo en las industrias, es un recurso importante en el diagnóstico de problemas y fallas de los equipos muy utilizados en grandes industrias donde se realizan trabajos de precisión y el cumplimiento de los volúmenes de producción sin minimizar los niveles de calidad son el objetivo primordial de su sistema.

Frecuentemente, la exigencia del mercado es el problema que toda industria tiene que enfrentar para poder establecerse firmemente en la cúspide de la competitividad, y por ello un buen control de mantenimiento con los mejores métodos es esencial para lograr el cumplimiento de los requerimientos de los clientes. Es por ello que decidí explorar sobre los aspectos más relevantes la termografía y ofrecer una herramienta fiable al encargado de mantenimiento que le permita maniobrar de forma segura.

La investigación está desarrollada con un enfoque mixto, donde se analizaron variables cuantitativas como cualitativas, atribuyéndole un mayor enriquecimiento al estudio y una mejor comprensión de la temática abordada.

Como resultado se espera obtener una propuesta que contemple la termografía infrarroja como método de mantenimiento industrial y facilite su comprensión de la aplicación en diferentes equipos industriales, de esta manera se podrá entender la necesidad de una correcta aplicación del mantenimiento para el éxito de la industria en general.

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

2. Planteamiento del problema

Las máquinas en las industrias nacionales actualmente son un componente importante en la producción, algunas de estas son consideradas críticas para el proceso y otras no tan críticas, en su vida útil estos equipos presentan problemas de funcionamiento estos causados por el entorno o por los componentes mismos que conforman el equipo, por el exceso de uso, la mayoría de estas fallas son imprevistas por ello es importante la correcta gestión del funcionamiento de los activos involucrados en la producción.

La aplicación de un método de mantenimiento obsoleto es causa principal en las fallas de los equipos, estos problemas afectan la relación proveedor-empresa-cliente, modificando la armonía y la sinergia que debe de haber en sus relaciones por el incumplimiento de pedidos y metas de producción, además siendo este una causa de perdida en las utilidades de la empresa dañando su estabilidad económica.

La propuesta de una herramienta para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo en las industrias, vendría a solventar de gran manera los problemas antes mencionados, puesto que afectan la productividad y eficiencia de la producción, ya que es una herramienta muy eficiente que facilita conocer el equipo durante su funcionamiento y un elaborar un diagnóstico de su comportamiento según los registros históricos controlados.

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

3. Justificación

Se realiza un estudio de la aplicación termográfica porque actualmente en nuestro país los métodos de mantenimiento aplicados son obsoletos tal es el caso del mantenimiento correctivo que es el más común entre las industrias productivas de nuestro país.

Para obtener una propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo en las industrias en general aprovechando las ventajas que ofrece los espectros térmicos captados por los dispositivos de infrarrojo de las cámaras que últimamente son de múltiple aplicación y su adquisición se ha facilitado en gran manera.

A través del análisis de las normas y estándares internacionales se presenta el manual el cual con su uso facilitará su aplicación y reducirá costos de contratación a expertos para su aplicación, además como beneficio permite acceder a la metodología del mantenimiento predictivo, el más eficiente en la actualidad.

Este podrá ser utilizado en cualquier industria que cuente en su línea productiva con un motor eléctrico, caldera, transformador o tablero eléctrico, sin restricción alguna de características de funcionamiento.

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

4. Objetivos

1. Objetivo general:

Proponer una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017

2. Objetivos específicos:

- Describir la termografía infrarroja como una herramienta para la aplicación del mantenimiento predictivo.
- Determinar las características técnicas de los equipos industriales para una correcta aplicación de la termografía infrarroja.
- Elaborar la guía técnica de la termografía infrarroja en motores, calderas, tableros eléctricos, y transformadores

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

Capítulo II:

5. Marco referencial

a. Antecedentes

En la revisión bibliografía no se encontraron antecedentes referentes a la termografía y los métodos de mantenimiento predictivo, los estudios encontrados son enfocados al mantenimiento preventivo en diferentes industrias nacionales como se detalla a continuación.

(Pérez, 2013), Presento: *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo planificado para el Taller Hermanos Rodríguez durante el período Marzo-Junio 2013*, En la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN-Managua, Con su trabajo de seminario el autor concluye con la presentación del plan de mantenimiento propuesto hacia la empresa, encontrando aquí cada una de las actividades a realizar para los tres tipos de máquinas, así como la duración del ciclo y el tiempo entre cada operación, también la cantidad de personal necesario para llevar a cabo todas las actividades de mantenimiento. Se diseñó una hoja o ficha para llevar a cabo un control detallado sobre las actividades que se realizaron en una determinada máquina ya sea fresadora, taladro o torno, con el fin de obtener un historial para cada equipo.

(Ocampo, 2013), Desarrolló un *Diagnóstico de mantenimiento en el área de conversión de la empresa plásticos YANBER S.A en el periodo comprendido de Marzo a Junio 2013*, Presentado como seminario de graduación en la UNAN-Managua, con el objetivo de optar al título de Ingeniería Industrial y de sistemas productivos el autor incursiono un estudio de mantenimiento en la empresa plástica YANBER y un análisis de criticidad de las máquinas que se encuentran en el área de conversión, con la finalidad de definir mejoras potenciales en el mantenimiento, dando como resultado del estudio una matriz de resumen donde se consideran las oportunidades de mejora tomando en cuenta las debilidades encontradas.

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

(Sandoval, 2011), presentó también su tesis de seminario titulada: *Formulación de un plan estratégico en la gestión de mantenimiento industrial de la empresa embotelladora nacional S.A (ENSA)*, En la UNAN-Managua, para ello el autor documentó los procesos de la empresa ENSA y como resultado propuso una planificación para la gestión del mantenimiento de las máquinas y equipos instalados en la empresa, apegándose a los resultados de la matriz FODA aplicada previamente para el análisis de la situación interna y externa de la planta.

(Medina Quiroz & Medrano Ubilla, 2012) Con su seminario; *Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo planificado en la empresa inversiones y negocios de Nicaragua S.A INDENICSA*, en La Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Con este estudio los autores lograron obtener un plan de Mantenimiento Preventivo Planificado en la empresa INDENICSA, con el propósito de que este plan elaborado permita desarrollar un ciclo de mantenimiento y una evaluación del estado técnico de las máquinas presentes en la industria.

(Picado, 2014) Logro presentar el seminario con la temática; *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo planificado en la empresa INDENICSA planta cofradía en el área de elaboración del zinc*. En la UNAN-Managua, con este trabajo de graduación el autor obtuvo una evaluación técnica de las diferentes líneas de producción presentadas en la empresa INDECNISA cofradía, también planteo los ciclos de reparación a los que se deben someter las máquinas.

Los trabajos citados todos presentados bajo la metodología de seminario de graduación para optar al título de Ingeniero industrial y de sistemas en la UNAN- Managua, están desarrollados con los métodos de mantenimiento preventivo, ninguno de estos presenta o contempla lo que comprende el mantenimiento predictivo y sus herramientas, por ello el presente trabajo será el primero con el enfoque del mantenimiento predictivo.

A nivel internacional si hay muchos trabajos relacionados al mantenimiento predictivo y sobre todo la termografía como herramienta para la gestión del mantenimiento por ello se presentan los estudios más relevantes encontrados.

(Abarca, 2014), *Elaboración de un plan de mantenimiento predictivo mediante la aplicación de termografía industrial en los motores eléctricos del al planta EUROLIT en la empresa*

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

TUBASEC C.A, llevado a cabo en la UNAM, *El estudio tiene 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.

(Guiracocha, Establecimiento de una base de datos de señales de vibraciones acústicas e imágenes termográficas infrarrojas para un sistema mecánico rotativo con la combinación de diferentes tipos de fallos y elaboración de guías de prácticas para detección de fallos e, 2015), Investigó sobre el: *Establecimiento de una base de datos de señales de vibraciones acústicas e imágenes termográficas infrarrojas para un sistema mecánico rotativo con la combinación de diferentes tipos de fallos y elaboración de guías de prácticas para detección de averías*, llevado a cabo en la UNAM, El proyecto genera bases de datos de señales de emisión acústica, señales de vibración mecánicas e imágenes termográficas sobre un sistema mecánico rotativo que servirán en el diagnóstico de anomalías aplicado al monitoreo de la condición y se generan guías de práctica para el análisis de vibraciones mecánicas en caja de engranajes y evaluación térmica de rodamientos. Este estudio es el más acercado al desarrollo de la temática que se pretende desarrollar con este estudio.

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

(Hidalgo Perez & Reyes Martinez, 2013) investigaron sobre la *Aplicación de la Termografía en la inspección y el diagnóstico de paredes de generadores de vapor bkz-340-140/29m*, llevado a cabo en la Abana Cuba, los autores llegaron a los resultados de que el uso de la Termografía, en la inspección y el diagnóstico de equipos, han mostrado un gran desarrollo en los últimos años, por la influencia directa en la identificación de fallas relacionadas a pérdidas energéticas. El presente trabajo se centra en la aplicación de la Termografía en la inspección y el diagnóstico de una pared de un generador de vapor modelo BKZ-340-140/29M, con el objetivo de identificar un comportamiento térmico de su estado, tanto de condición normal como de condición de falla. Los resultados del análisis de las zonas de fallas de interés de los valores térmicos encontrados permitieron hacer un análisis estadístico del comportamiento de las fluctuaciones de temperatura medidas y lo establecido por las normas que regulan el funcionamiento óptimo del equipo. Además, se realizaron un grupo de consideraciones técnicas acerca del estado de la pared, corroborado posteriormente con una inspección interna visual en el generador.

(Aldana Rodríguez & Muñoz Rodríguez, 2017) Plantean que la termografía infrarroja es un método multifacético de inspección no destructiva, ellos elaboraron un estudio titulado: *“Aplicación de la termografía infrarroja como método de inspección no destructivo de un túnel de viento de baja velocidad”*. En este documento se describe con detalle el procedimiento de inspección bajo estándares de ASTM, de un túnel de viento de baja de velocidad, partiendo desde los principios físicos de la radiación infrarroja. Se inspeccionaron los componentes eléctricos y mecánicos de un túnel de viento de baja velocidad, y los patrones de radiación superficial obtenidos en las termo gramas, permitieron diagnosticar el estado de los componentes y evaluar las indicaciones y/o anomalías, analizando las imágenes térmicas en el software especializado FLIR Tools. Las termo gramas obtenidos servirán como patrones de referencia cualitativos para futuras comparaciones, ya que esta técnica de inspección se plantea como una valiosa e innovadora herramienta para el mantenimiento preventivo eléctrico y mecánico.

(Serrano Malagon & Nuñez Campo, 2014), Realizaron un trabajo en la Universidad pontífice de Bolivia, con la temática; *“Estado del arte de la termografía infrarroja como herramienta*

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

en los procesos industriales”. En resumen, plantean que la energía térmica está presente en toda materia, el mundo está hecho de materia, por tal razón la temperatura, como medida de esta energía térmica, influye en todo sistema ya sea natural o artificial. Los diferentes niveles de temperatura en un cuerpo que se esté monitoreando permiten verificar su correcto funcionamiento o detectar defectos o anomalías en el mismo. Por lo anterior, el hombre siempre ha estado interesado en la medición de la misma con el fin de obtener información de procesos, elementos, dispositivos, reacciones, entre otros; y así poder monitorear y controlar su comportamiento. La termografía infrarroja es una herramienta valiosa, versátil que provee medidas rápidas y sin contacto para monitorear la temperatura de un cuerpo sin alterar sus condiciones y propiedades, ya que consiste en una técnica de ensayos no destructivos. En esta monografía se documenta toda la información recopilada acerca del desarrollo.

(Aznaràn Balcàzar & Reyes Aranda, 2016) Estudiantes de la facultad de Ingeniería, de la carrera de Ingeniería en energía en la universidad nacional del Santa en el Perú, elaboraron la tesis cuyo título es: “*Aplicación de la termografía infrarroja en tableros eléctricos de distribución para mejorar la seguridad y la calidad de la energía eléctrica*”, La presente investigación tiene como objetivo principal aplicar la Termografía Infrarroja en Tableros Eléctricos de distribución para mejorar la seguridad y la calidad de la Energía Eléctrica, considerando para ello la unidad de negocios Chimbote de Hidrandina S.A., específicamente la radial CHN011 Pardo.

La investigación es aplicada, en donde se toma en cuenta los fenómenos termográficos para la inspección y control de las instalaciones de los tableros de distribución de baja tensión, las conexiones y los accesorios que contiene, teniendo en cuenta algunos factores que pudieran alterar o brindar datos equivocados, como el clima principalmente imposibilitando la toma de mediciones termográficas. La investigación a realizar es de tipo descriptivo, aplicativo y correlacional, misma que estará fundada en los principios básicos aplicativos de tecnologías de transferencia de calor.

En el estudio se evaluó 479 datos, identificándose 142 puntos calientes que representan el 30% de anomalías, de las cuales el 43% son críticas, determinándose la disponibilidad de

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

equipos e instalaciones eléctricas en la zona en estudio y su evolución, el cual aumento de 92.18% a 92.64%. Dentro de los beneficios económicos de utilizar una inspección termográfica, considerando todos los recursos utilizados; se obtuvo un ahorro S/. 44336.66, comparando los costos 2013 y 2014.

La supervisión y control de las diferentes instalaciones eléctricas utilizando la inspección termográfica es muy importante, para conocer claramente las características del sistema y el entorno de los equipos hacia los cuales iba dirigido.

(Sierra Díez, 2017) Desarrollo un proyecto en la Universidad de Cantabria, titulado; “*Sistema motorizado para inspección de materiales usando termografía infrarroja y excitación por spot y-o línea laser*”. El proyecto consiste en el diseño y desarrollo de hardware y software para un sistema de control de una plataforma con movimiento lineal que se utilizará en la inspección no destructiva mediante termografía infrarroja activa. La plataforma que portará una pieza a inspeccionar se moverá a una velocidad constante, consiguiendo así una perfecta homogenización del calor aplicado mediante un sistema láser al objeto. El comportamiento térmico predecible se medirá mediante una cámara térmica para su posterior análisis donde se detectará los comportamientos no predecibles para su identificación o no como defectos subsuperficiales de la pieza.

(Lugo Álvarez, 2013), desarrollo estudio en la Universidad Autónoma de Queretano titulado; “*Desarrollo de protocolo ethernet en FPGA para el procesamiento digital de datos de cámara termográfica*”. En cuyo resumen informa que: con el surgimiento de la tecnología FPGA (Field Programable Gate Array, Arreglo de Compuertas Programables en Campo) el diseño de hardware se ha visto transformado de forma radical de la simple interconexión de componentes electrónicos a la reconfiguración electrónica por software de un circuito integrado especializado; el tamaño y velocidad de los FPGA son equiparables a los ASIC (Application-Specific Integrated Circuit, Circuitos integrados de Aplicación Especifica) pero los FPGA son más flexibles y su velocidad de procesamiento es mayor debido a su arquitectura paralela de interconexión de compuertas permitiendo así la ejecución de varios procesos de forma simultánea. Pese a sus virtudes los FPGA precisan contar con periféricos de comunicación que les permitan explotar plenamente sus cualidades de alta velocidad de

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

procesamiento en aplicaciones que requieren la transferencia de grandes volúmenes de datos; la forma común de solventar este inconveniente es la incorporación de tarjetas de comunicación comerciales, pero tienen la desventaja de ser poco adaptables a aplicaciones específicas además de generar costos significativos. Una alternativa a esta problemática es la creación de sistemas a la medida mediante el desarrollo núcleos de propiedad intelectual (IP Cores) de unidades de lógica que otorguen a los FPGA la capacidad de comunicación mediante un protocolo estándar de alta capacidad como lo es Ethernet, haciendo uso de sus prestaciones de velocidad y de confiabilidad, eliminando el uso de equipos comerciales y logrando de este modo independencia tecnológica. La aportación del presente trabajo es implementación de una aplicación Cliente/Servidor entre un FPGA y un Microcontrolador mediante el empleo de un Módulo Ethernet ENC28J60, logrando transferencias de datos a velocidades superiores a 100 Kbps en la generación de interfaces de usuario para la transmisión de datos de cámaras de visión termográficas, como una solución alternativa al procesamiento de imágenes aplicado al análisis termográfico de circuitos eléctricos y equipos mecánicos.

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

b. Marco teórico

El mantenimiento industrial es un tema de interés mundial puesto que este es el que garantiza que un equipo se encuentre trabajando a su máxima capacidad evitando así retrasos en los procesos productivos.

(Alarcón, Mantenimiento Industrial, 2013) asegura que las operaciones de mantenimiento son todas aquellas que se realicen con el fin de garantizar el correcto funcionamiento de los equipos de trabajo. Definiendo de este modo el mantenimiento como la acción de reparar los equipos y mantenerlos trabajando.

De otro modo (Monchy., Metodos del Mantenimiento, 2004) dice que se entiende por Mantenimiento a la función empresarial a la que se encomienda el control del estado de las instalaciones de todo tipo, tanto las productivas como las auxiliares y de servicios. En ese sentido se puede decir que el mantenimiento es el conjunto de acciones necesarias para conservar o restablecer un sistema en un estado que permita garantizar su funcionamiento a un coste mínimo.

Para (Garrido, Organizacion y gestion integral del mantenimiento, 2003) definimos habitualmente mantenimiento como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio con un desempeño óptimo (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento.

Como estos autores describen el mantenimiento, se puede enfocar a la acción de garantizar el buen funcionamiento de los equipos y las instalaciones esto con un costo mínimo y una planeación estratégica.

(Monchy., Metodos del Mantenimiento, 2004) asevera que todo ello nos lleva a la idea de que el mantenimiento empieza en el proyecto de la máquina. En efecto, para poder llevar a cabo el mantenimiento de manera adecuada es imprescindible empezar a actuar en la especificación técnica y seguir con su recepción, instalación y puesta en marcha; estas actividades cuando son realizadas con la participación del personal de mantenimiento deben servir para establecer y documentar el estado de referencia. A ese estado nos referimos durante la vida

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

de la máquina cada vez que hagamos evaluaciones de su rendimiento, funcionalidades y demás prestaciones.

Dentro de esta definición de Sánchez, es importante mencionar que es ahí donde radican los métodos de mantenimiento que cada día se hacen mucho más efectivos y actualizados. Por ello es se puntualizan los métodos de mantenimiento más comunes:

- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento preventivo planificado
- El mantenimiento predictivo

(Monchy., Metodos del Mantenimiento, 2004) afirma que los tres métodos de mantenimiento son eficientes en sus cualidades independientes, pero si se mezclasen los tres se tendría un departamento de mantenimiento funcional en todo sentido.

(Monchy., Metodos del Mantenimiento, 2004) hace referencia indispensable a las dichas técnicas las cuales nunca le deben faltar a una maquinaria ya que describe cronológicamente las intervenciones sufridas por la máquina desde su puesta en servicio. Su explotación posterior es lo que justifica su existencia y condiciona su contenido.

Para (Garrido, Organizacion y gestion integral del mantenimiento, 2003) es necesaria la determinación del nivel de criticidad de un equipo dentro la empresa porque este modo se podrá establecer una organización jerárquica que nos permita tener el control de los principales equipos vinculados a nuestro sistema productivo.

Es importante el establecimiento de un plan de mantenimiento y del uso de un método donde se pueda ejecutar fácilmente el mantenimiento alterando en lo más mínimo el proceso productivo y reduciendo los costos operativos al margen mínimo posible.

De este modo, se presenta una alternativa para el mantenimiento perteneciente al mantenimiento predictivo, la cual es la termografía siendo esta junto con otras herramientas la que ha permitido la determinación de fallas inmediatas y a tiempo evitando los cuellos de botellas productivos por paros en tiempos de reparación.

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

Para (Tavares, Administracion Moderna del Mantenimiento, 2006) las herramientas de mantenimientos desarrolladas en los últimos años han revolucionado la filosofía del pensamiento en que el mantenimiento era considerado como la acción de reparar un equipo cuando se dañaba y limpiarlo temporáneamente, evitando los daños por sobre mantenimiento.

También cataloga el mantenimiento como uno de los eslabones principales que garantizan la funcionalidad de los demás departamentos de una empresa sin importar si es productiva o de servicio, es ahí donde hace referencia en la importancia de invertir en un buen método de mantenimiento.

Uno de los fabricantes más famosos de la cámara termográfica como lo es (FLIR, 2011) afirma que una cámara termográfica registra la intensidad de calórica en la zona infrarroja del espectro electromagnético y la convierte en una imagen visible. Cuando la cámara enfoca el equipo de interés toma la imagen de la radiación térmica superficial ofreciendo la posibilidad de interpretar el estado del sistema con la escala de colores que se le atribuye a cada variación de temperatura en grados centígrados.

De esta manera cataloga que las ventajas principales de la termografía son:

1. Prevención de averías:

Las cámaras termográficas permiten obtener imágenes de la distribución de temperatura en equipos eléctricos y mecánicos. Estas cámaras de termografía infrarroja traducen, a través de complejos algoritmos, una imagen infrarroja en una imagen radiométrica que permite leer los valores de temperatura.

Así se detectan por ejemplo elevadas temperaturas anómalas (recalentamientos del sistema) que son, en muchas ocasiones, la situación previa a costosos fallos en instalaciones eléctricas y mecánicas. Permite un mantenimiento preventivo más fiable.

2. Reducción del consumo energético

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

Por otra parte, las cámaras termográficas se emplean en la evaluación del consumo energético en instalaciones o líneas de producción. Esta herramienta permite conocer los puntos en los que se producen ineficiencias de los sistemas de refrigeración, pérdidas de calor o anomalías en el aislamiento de cámaras frigoríficas, entre otros.

Conocer estos aspectos permite adoptar medidas correctoras de forma que optimicen los procesos con la consecuente reducción del consumo eléctrico y los costes asociados.

3. Mayor rapidez y eficacia en la identificación de puntos calientes o problemas de suministro

Con la imagen podemos identificar en un circuito eléctrico la fuga de energía y los puntos de sobre calentamiento, así como también en una caldera se puede identificar los puntos de pérdida de energía, de esta manera podemos mejorar la eficiencia de los recursos utilizados en las industrias.

4. Evitar costosas pérdidas asociadas al fallo de un sistema o a incendios, y, sobre todo, sin interrupciones en el sistema productivo.

La correcta gestión de la aplicación de la termografía permite que los tiempos paros en el sistema sean mínimos y no causen imprevistos por accidentes o falta repuestos para equipos.

5. Ayuda a optimizar el proceso productivo al evitar las pérdidas y reducir el consumo energético.
6. Contribuye a la extensión de la vida útil de los equipos.

(Eñaut, 2009) El mantenimiento predictivo es una técnica para pronosticar el punto futuro de rotura o avería de un componente de una máquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza.

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

c. Marco conceptual

Método: modo de decir o hacer con orden. Modo de obrar o proceder, hábito o costumbre que cada uno tiene y observa. Obra que enseña los elementos de una ciencia o arte. Procedimiento que se sigue en las ciencias para hallar la verdad y enseñarla. (Real Academia Española, 2017).

Mantenimiento: 1. m. acción y efecto de mantener o mantenerse. 2. m. Conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, industrias, etc., puedan seguir funcionando adecuadamente. 3. m. Sustento o alimento. 4. m. En las órdenes militares, porción que se asignaba a los caballeros profesos para el pan y el agua que debían gastar en el año. 5. m. pl. Provisiones de boca de una agrupación grande. (Real Academia Española, 2017)

Mantenimiento correctivo: aquel que se centra exclusivamente en la corrección de los defectos que se aprecian en el funcionamiento e instalaciones para a partir de ello repararlos y devolverle la funcionalidad correcta (Ucha, 2012)

Mantenimiento preventivo: consiste de aquellas acciones que se llevan a cabo para evitar que se produzcan problemas o desperfectos a futuro en algún equipo, máquina, o dispositivo que se usa con un fin laboral o doméstico. (Ucha, 2012)

Mantenimiento predictivo: es aquel que se realiza de manera anticipado con el fin de prevenir el surgimiento de averías en los artefactos, equipos electrónicos, vehículos automotores, maquinarias pesadas, etcétera (Benitez, Comceptos y más, 2017, pág. 20).

Análisis termo gráfico: se basa en la obtención de la distribución superficial de temperatura de una tubería, pieza, maquinaria, envolventes, etc., por el que obtenemos un mapa de temperaturas por medio de una termografía o termo grama, donde se visualizan puntos fríos o calientes debido a las anomalías que se pudieran encontrar en el aislamiento. (FLIR, Analisis de Fallas, 2011)

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

Industria: conjunto de operaciones materiales ejecutadas para la obtención, transformación o transporte de uno o varios productos naturales. (Real Academia Española, 2017).

Cámara térmica o cámara infrarroja: es un dispositivo que, a partir de las emisiones de infrarrojos medios del espectro electromagnético de los cuerpos detectados, forma imágenes luminosas visibles por el ojo humano. (FLIR, 2011)

Temperatura: magnitud física que expresa el grado o nivel de calor de los cuerpos o del ambiente, y cuya unidad en el sistema internacional es el kelvin (K). Estado de calor del cuerpo humano o de los seres vivos. (Real Academia Española, 2017)

Ficha técnica: documento donde consta la metodología y el proceso que se ha seguido para realizar un estudio social o de mercado. En el caso de los estudios cuantitativos, la información que se debe incluir es la siguiente: Definición de los objetivos de la investigación. Descripción del Universo. (Yanna, Los 7 puntos de una ficha tecnica, 2014, pág. 6)

Plan de mantenimiento: es el elemento en un modelo de gestión de activos que define los programas de mantenimiento a los activos (actividades periódicas preventivas, predictivas y detectoras), con los objetivos de mejorar la efectividad de estos, con tareas necesarias y oportunas, y de definir las frecuencias, las variables de control, el presupuesto de recursos y los procedimientos para cada actividad. (Bermudez, RELIABILITYWEB, 2017, pág. 11)

Termografía: registro grafico del calor emitido por la superficie de un cuerpo en forma de radiaciones infrarrojas, que tiene aplicaciones médicas, técnicas, etc. (Real Academia Española, 2017) La Termografía Infrarroja es una técnica que permite, a distancia y sin ningún contacto, medir y visualizar temperaturas de superficie con precisión. (Eñaut, 2009)

Motor eléctrico: artefacto que transforma la energía eléctrica en energía mecánica, de manera que puede impulsar el funcionamiento de una máquina. Esto ocurre por acción de los campos magnéticos que se generan gracias a las bobinas, (aquel pequeño cilindro con hilo metálico conductor aislado). Los motores eléctricos son muy comunes, se pueden encontrar

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

en trenes, máquinas de procesos industriales y en los relojes eléctricos; algunos de uso general tienen proporciones estandarizadas, lo que ayuda a mejorar la selección de acuerdo a la potencia que se desea alcanzar para el dispositivo en el que se incluirá. (Venemedia, 2012)

Tableros eléctricos: son equipos eléctricos que contienen: Barras de Distribución, Elementos de Protección, Elementos de Señalización, Elementos de Comando y eventualmente, instrumentos de medida. (Wordpess, 2015)

Tableros Generales: son los tableros principales de las instalaciones. En ellos estarán montados los dispositivos de protección y maniobra que protegen los alimentadores y que permiten operar sobre toda la instalación interior en forma conjunta o fraccionada. (Wordpess, 2015)

Tableros Generales Auxiliares: Son tableros que serán alimentados desde un tablero general y desde ello se protegen y operan sub. -alimentadores que alimentan tableros de distribución. (Wordpess, 2015)

Tableros De Distribución: Son tableros que contienen dispositivos de protección y maniobra que permiten proteger y operar directamente los circuitos en que está dividida la instalación o una parte de ella. Pueden ser alimentados desde un tablero general, desde un tablero general auxiliar o directamente desde el empalme. (Wordpess, 2015)

Tablero De Paso: Son tableros que contienen fusibles cuya finalidad es proteger derivaciones que por su capacidad de transporte no pueden ser conectadas directamente al alimentador, sub. -alimentador o línea de distribución de la cual está tomada. (Wordpess, 2015)

Tablero De Comando: Son tableros que contienen dispositivos de protección y maniobra que permiten proteger y operar en forma simultánea sobre artefactos individuales o grupos de artefactos pertenecientes a un mismo circuito. (Wordpess, 2015)

Tableros Centro De Control: Son tableros que contienen dispositivos de protección y de maniobra o únicamente dispositivos de maniobra y que permiten la operación de grupos de

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

artefactos en forma individual, en conjunto, en sub. -grupos en forma programada o no programada. (Wordpess, 2015)

Caldera: es una maquina o dispositivo de ingeniería que está diseñado para generar vapor saturado. Este vapor se genera a través de una transferencia de calor a presión constante, en la cual el fluido, originalmente en estado líquido, se calienta y cambia de estado. Según laITC-MIE-AP01, caldera es todo aparato a presión en donde el calor procedente de cualquier fuente de energía se transforma en energía utilizable, a través de un medio de transporte en fase líquida o vapor (Wordpess, 2015)

Transformador: el transformador eléctrico es una máquina electromagnética que se usa para aumentar o disminuir una fuerza electromotriz (Potencial, tensión eléctrica o voltaje); también se puede usar para aislar eléctricamente un circuito. Está compuesto de dos embobinados independientes (devanados) en un núcleo de aire o material electromagnético. Su principio de funcionamiento es la inducción electromagnética y sólo funciona con C. A. o corriente directa pulsante (Barbosa Garcia, Morales Cotrera, & Diaz Beleòn, 2016)

Guía Técnica: aquello o a aquel que tiene por objetivo y fin el conducir, encaminar y dirigir algo para que se llegue a buen puerto en la cuestión de la que se trate. (Wordpess, 2015)

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

d. Marco legal

Tabla 1. Normas regulatorias de la termografía Infrarroja

Norma	Artículo	Descripción
ISO	ISO 18434:2008	Recoge la condición de vigilancia y diagnóstico de máquinas de termografía y proporciona una introducción a la aplicación de la termografía infrarroja, introduce terminología nueva respecto a la termografía, describe los tipos de procedimientos, los criterios para evaluar las anomalías descubiertas por el estudio termográfico, métodos y requisitos para ejecutar este tipo de actividades, recomendaciones de seguridad, formas de interpretar los datos y requisitos de presentación de informes. Esta norma es vital conocerla para llevar a cabo estudios termográficos.
	ISO 18436:2004	Establece los requisitos de formación y certificación del personal, por ejemplo, para organismos de certificación y procesos de formación.
	ISO 9712:2005	Concreta la calificación y certificación de todo el personal que ejecuta estudios termográficos no destructivos.
UNE	UNE 60300:2007	Recoge una guía de aplicación en el mantenimiento y la logística del mantenimiento.
	UNE 20654	Estableció la guía de mantenibilidad de equipos añadiendo nuevos aspectos como la planificación del mantenimiento o los ensayos de diagnóstico. Establecer una planificación del mantenimiento, siempre que este se respete y sea ejecutado correctamente, te ayudará a alargar la vida útil de tus aparatos y equipos, a aumentar la seguridad en su uso y, por tanto, aumentar también la confiabilidad de un buen servicio. Finalmente, un mantenimiento adecuado reducirá visiblemente los costes de producción y reparación.

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

	UNE 13829:2002	Va dirigida a la medición de la permeabilidad de edificios, construcciones o alguna de sus partes con la finalidad de medir cualquier fuga de aire que pueda aparecer a través de las envolventes de una edificación. Está pensada, sobre todo, para conseguir un verdadero aislamiento térmico en los edificios y determinar la verdadera estanqueidad de los mismos.
	UNE 13187:1998	Establece todas las prestaciones térmicas de las que debe disfrutar un edificio, así como el método y el procedimiento previstos para detectar la posible presencia de irregularidades en los cerramientos de los edificios, lo cual también puede hacerse mediante el sistema de infrarrojos del que venimos hablando.
NETA		Establece los criterios de severidad en la detección termográfica, con los rangos de temperatura y su posible diagnóstico según las condiciones de trabajo
ASME		El Código ASME para Calderas y recipientes de Presión (BPV) establece reglas que ordenan el diseño, fabricación, e inspección de las calderas y recipientes de presión, y los componentes de plantas nucleares durante la construcción. La nota de certificación ASME, la cual es considerada como el sello de aceptación y certificación, es usada para indicar que los ítems sellados están en conformidad con la última edición de los Códigos ASME para Calderas y recipientes de Presión.

Fuente: (Soto Baltodano, 2017)

Las normas ISO son aquellas que regulan la gestión de la calidad, establecidas por ISO, la Organización Internacional de Normalización. Estos conjuntos de normas se aplican a todos los tipos de organizaciones y actividades que estén orientadas a la producción de bienes o servicios a nivel europeo e internacional.

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

Por su parte, las normas UNE son estándares españoles creados por los comités de normalización de la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). Estas normas son importantes en la gestión de la calidad para organizaciones y actividades dirigidas a la producción de bienes y servicios.

En el marco legal jurídico nacional no encuentra establecido la normativa de procedimiento para la ejecución del mantenimiento industrial. Por ello se considera que para ejercer cualquier tipo de mantenimiento se debe regir bajo las normas internacionales antes mencionadas.

Las certificaciones de los equipos necesarios para la aplicación de la termografía industrial son realizadas en los estados unidos, donde se realiza un proceso de calibración y revisión de los estándares de la cámara térmica para autorizar su utilización en procesos de seguridad.

Es importante mencionar que la certificación se realiza por niveles tanto de los equipos como del personal especialista en la aplicación de la termografía, donde cada nivel representa la posibilidad de riesgo en las predicciones.

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

6. Preguntas directrices;

1. ¿Cuál es la descripción de la termografía infrarroja como una herramienta para la aplicación del mantenimiento predictivo?
2. ¿Cuáles son las características técnicas de los equipos industriales para una correcta aplicación de la termografía infrarroja?
3. ¿Qué componentes debe contener la guía técnica de la termografía infrarroja en motores, calderas, tableros eléctricos, y transformadores?

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

Capítulo III:

7. Diseño Metodológico

e. Tipo de Enfoque

La investigación está desarrollada bajo un enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo), considerando según la definición de (Sampieri, 2014) que es mixto puro, debido a que los datos cualitativos y cuantitativos para este estudio están en un mismo estatus, ya que se toman los datos térmicos (numéricos) ofrecidos por la cámara termográfica, estableciendo un rango y luego estos se llevarán a un análisis cualitativo según lo establecido en las normas para una predicción de su comportamiento, para la recolección de datos cualitativos se utilizó principalmente la herramienta de la entrevista y para los datos cuantitativos la encuesta y como apoyo la observación directa para una correcta contextualización de la problemática en estudio. La ejecución del análisis se hizo de manera concurrente es decir los resultados cualitativos no dependieron de los cuantitativos y se recolectaron paralelamente.

f. Tipo de investigación

La investigación es del tipo *explicativo* concurrente, fundamentado en la explicación del procedimiento de la aplicación de la termografía a través del análisis del a concurrencia tanto de los datos cualitativos como los cuantitativos tomándolos a un mismo nivel de importancia para el estudio.

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

g. Población

La población está dada por todos los equipos que se pueden encontrar en una industria nacional desde la más pequeña hasta la más grande, sin importar el tipo de energía que utilice o el tipo de trabajo que realice ya sea mecánico, de combustión o eléctrico, a todos ellos se les puede aplicar un análisis termográfico y por ello se considera como parte de la población para este estudio.

h. Muestra

Como se menciona anterior mente la población son todos los equipos industriales mecánicos, de combustión y eléctricos presentes en una industria, para la toma de muestra se realzo por medio un muestreo guiado por propósito o como se conoce común mente por conveniencia a través de la selección no probabilística, tomando los tableros eléctricos, transformadores, calderas y motores eléctricos ya que son los más comunes y los más fáciles de analizar por su accesibilidad.

i. Métodos y técnicas de recolección de información

Como método de recolección de información se pretende utilizar principalmente, la observación directa, la revisión bibliográfica y la entrevistas, de este modo se dará cobertura a las variables del estudio y poder obtener un resultado.

Se requiere de la observación directa para medir, cuantificar y registrar el comportamiento térmico de los equipos seleccionados como muestra donde se harán visitas a algunos equipos y se tomarán imágenes con la cámara termográfica, para registrar su comportamiento.

También se entrevistará a entes encargados del mantenimiento y con experiencia en la aplicación de la termografía, con esto se pretende obtener un mapeo claro de las principales

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

problemáticas que presentan los equipos comúnmente y establecer un patrón de comportamiento.

Luego para establecer la guía técnica de aplicación se realizará una revisión bibliográfica de las normas y restricciones en cuanto a la aplicabilidad de la termografía, de este modo se complementará el estudio para darle una mayor relevancia legal.

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

j. Matriz de Descriptores

Tabla 2. Matriz de descriptores

Propósitos Específicos	Preguntas de Investigación	Variable	Sub variable	Indicador	Informante Clave	Instrumento a Utilizar
Describir la termografía infrarroja como una herramienta para la aplicación del mantenimiento predictivo.	¿Cuál es la descripción de la termografía infrarroja como una herramienta para la aplicación del mantenimiento predictivo?	Termografía	Temperatura de trabajo	Altas	Personal de mantenimiento	Entrevista y Encuesta
				Medias		
				Bajas		
			Aplicabilidad	Aplicable		
				No aplicable		
			Dificultad	Alta		
		Media				
		Baja				
		Mantenimiento Industrial	Método de Mantenimiento	Correctivo		
				Preventivo		
				Predictivo		
			Eficiencia del Método	Muy Eficiente		
Aceptable						
Ineficiencia						

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragienses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

Determinar las características técnicas de los equipos industriales para una correcta aplicación de la termografía infrarroja.	¿Cuáles son las características técnicas de los equipos industriales para una correcta aplicación de la termografía infrarroja?	Equipos Industriales	Tipos de equipos	Mecánicos	Experto en termografía.	Entrevista
				Eléctricos		
				De combustión		
			Estado de los equipos	Excelentes		
				Muy buenos		
				Normal		
				Obsoletos		
			Tipos de Fallas	Físicas		
				Eléctricas		
				Mecánicas		
			Eficiencia de los equipos	Muy eficientes		
				Aceptables		
Deficientes						
Elaborar la guía técnica de la termografía infrarroja en motores, calderas, tableros eléctricos, y transformadores	¿Qué componentes debe contener la guía técnica de la termografía infrarroja en motores, calderas, tableros	Características de equipos	Térmicas	T. Max	Experto en termografía.	Entrevista
				T. Med.		
				T. Min.		
			Diagnostico	Muy bien		

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragienses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

	eléctricos, y transformadores?			Acceptable		
				Mal estado		
			Recomendación	Seguir trabajando		
				Detener labores		

Fuente: (Soto Baltodano, 2017)

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

Capítulo IV:

8. Análisis y Discusión de Resultados:

La seguridad, disponibilidad y confiabilidad de las operaciones mediante la operación óptima es el objetivo primordial de la gestión en el departamento de mantenimiento.

Por el ello el mantenimiento predictivo es una modalidad que se encuentra a un nivel superior que el preventivo y el correctivo, supone una inversión considerable que permite conocer el estado de funcionamiento de máquinas y equipos en operación, mediante mediciones no destructivas, tal es el caso de la termografía por infrarrojo. Para conocer un poco más a continuación se presenta lo que es la termografía en correspondencia al mantenimiento predictivo, además de las características técnicas de los equipos industriales y una propuesta de ficha técnica para la correcta aplicación de la misma.

8.1. La termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo:

La medición del espectro térmico se realiza mediante una cámara térmica de las cuales existen muchos tipos, modelos y diseños que con el paso del tiempo se han ido mejorando y profesionalizando para garantizar un análisis más preciso.

Los usos más comunes de una cámara térmica son:

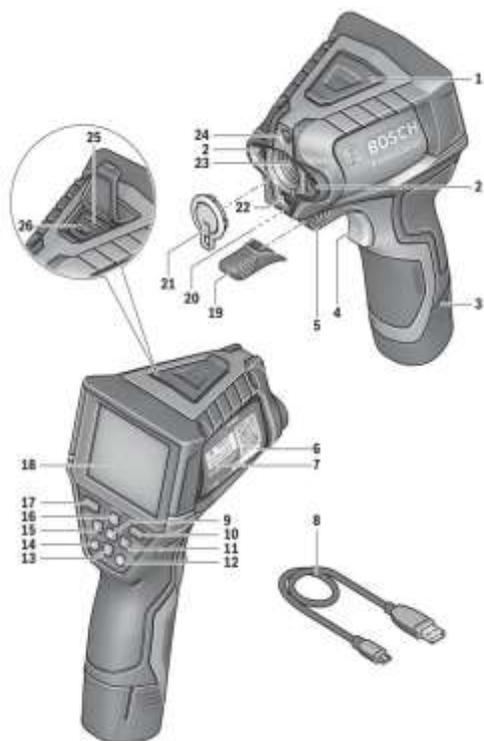
- Supervisión y medida de temperaturas de rodamientos en motores grandes u otros equipos giratorios.
- Identificación de "puntos calientes" en equipos electrónicos. Ejemplo Tableros eléctricos
- Identificación de fugas en recipientes herméticos. Ej. Calderas y Transformadores.
- Búsqueda de aislamientos defectuosos en tuberías u otros procesos aislados.

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

- Búsqueda de conexiones defectuosas en circuitos eléctricos de alta potencia.
- Localización de interruptores automáticos sobrecargados en un cuadro eléctrico.
- Identificación de fusibles en el límite de su capacidad nominal de corriente, o próximos al mismo.
- Identificación de problemas en el cuadro de distribución eléctrica.
- Captura de lecturas de temperatura de procesos.

Como podemos notar la flexibilidad de aplicación del análisis térmico es muy variado y por eso es un excelente aliado a la hora de la realización de un monitoreo y diagnóstico de cualquier equipo eléctrico, mecánico o de combustión.

En la Imagen 1. Se muestra las principales partes que conforman una cámara termográfica, esto es importante para conocer un poco más su funcionamiento:



1. Cubierta de la conexión micro-USB/conexión del termopar tipo K
2. Abertura de salida del rayo láser
3. Pulsador de desbloqueo de la batería/adaptador para baterías/tapa del compartimento para pilas
4. Tecla de medición/encendido
5. Sensor de humedad y temperatura ambiental
6. Número de serie
7. Señal de encendido del láser
8. Cable micro-USB
9. Tecla Guardar/Enviar por Bluetooth
10. Tecla de función derecha
11. Flecha derecha

Ilustración 1 Partes de la cámara termográfica

Fuente: (Espacio Marketing, 2014)

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

12. Tecla de conexión/desconexión
13. Flecha abajo
14. Tecla de encendido y apagado de la linterna
15. Flecha izquierda
16. Flecha arriba
17. Tecla de función izquierda
18. Pantalla
19. Tapa protectora del sensor de humedad y temperatura ambiental
20. Accesorio para correa de transporte
21. Tapa protectora de la lente receptora de infrarrojos
22. Cámara
23. Lente de recepción de rayos infrarrojos
24. Linterna
25. Conexión tipo K para termopar
26. Conexión micro-USB

Los métodos de mantenimiento industrial son esenciales en su particularidad en cada industria, directa o indirectamente se realiza una gestión de su mantenimiento, con el auge industrial del desarrollo productivo en masa, las maquinas forman parte principal de la línea productiva, esto es notorio aun en países en subdesarrollo como Nicaragua donde aunque el parque industrial es pequeño la mayoría de ellas requieren de muchos equipos para la manufactura, confección, fabricación o prestación de sus servicios, tal es el caso de empresas como las zonas francas donde se cuantifican solo en la capital (Managua), alrededor de 300 zonas textileros, además tenemos muchas empresas dedicadas al procesamiento de carnes avícolas y vacunas, sumándole a esto las empresas azucareras distribuidas en la región además de las industrias trasnacionales de bebida carbonatada y otros insumos.

Por ello el contar con un buen método de gestión de mantenimiento es esencial, tal es el caso de la termografía infrarroja el cual es un método amigable y fiable, esta forma parte del mantenimiento predictivo quien, junto con métodos como ultrasonidos, medición de espesores, árbol de fallas y la herramienta AMEF, son parte de los métodos más eficientes

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

actualmente conocidos, centrándonos en la termografía infrarroja como el método más accesible y multifuncional que es.

Según el experto en gestión de mantenimiento, el Ing. David Cárdenas de nacionalidad cubana, coordinador de la carrera de ingeniería industrial en la UNAN-Managua, en una entrevista aplicada al Prof. Cárdenas describe que su experiencia con el concepto del mantenimiento, sus aplicaciones y características empezó en el año 1983, cuando fue docente en la Universidad Central Las Villas en Cuba, al tiempo que realizo pasantías en Planta Mecánica en el área de Reparaciones capitales, lugar donde nutrió sus conocimientos teóricos-prácticos.

El ing. Describe también que el concepto de la termografía para el en un principio fue solo como un método más del mantenimiento, pero, no fue hasta el año 2013, ya radicando en Nicaragua cuando logro adquirir una cámara térmica de marca FLIR, con ello él pudo mejorar sus conocimientos del método y ahora realiza servicios de mantenimiento a algunas empresas nacionales y transnacionales, con una microempresa fundada por él, llamada SOLTISA.

En su declaración considera como único inconveniente de la herramienta la necesidad de un amplio conocimiento en cuanto a los mecanismos y diagnósticos de los equipos que se someten a un análisis de espectro térmico, pero el menciona textualmente que: *“La termografía es muy importante porque nos permite detectar síntomas que en algún momento pueden convertirse en fallas o averías que pueden provocar incendios, rotura de equipos, escapes de gases, etc., que pueden dar pie a paradas de producción, daños al medio ambiente, entre otros”*.

En cuanto a la aplicabilidad de la herramienta térmica es muy amplia ya que es posible aplicarlo en cualquier equipo ya sea mecánico, eléctricos o de combustión, para ello no hay restricción. El profesor refiere que en Nicaragua predomina el mantenimiento correctivo y aun se tiene el concepto erróneo de que el mantenimiento es un costo y no una inversión.

Las características principales que se deben conocer de los equipos según las respuestas del experto entrevistados son:

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

1. La temperatura de trabajo nominal del equipo: esto hace referencia a la temperatura en °C a la cual debe trabajar normalmente el equipo en estudio.
2. La Norma de control: para poder analizar el dato térmico, es necesario contar con una norma regulatoria donde se especifican grados de tolerancia y sugerencias según el estado diagnosticado.
3. El entorno de trabajo: esto es importante debido a que la mayoría de los diagnósticos se ven afectados por el entorno de trabajo esto hace referencia a que, si el ambiente cercano es de características específicas como exceso de polvo, temperaturas altas, temperaturas bajas, húmedo etc.
4. Clase de aislamiento: la mayoría de los equipos eléctricos tiene una clasificación en sus aislantes de corriente, cada uno de estos aislantes trae en su serie una tolerancia térmica y por ello es importante conocerlo para emitir un diagnóstico.

La termografía es un método sencillo y rápido, a pesar de ello en las industrias nacionales es prácticamente poca, esto muchas veces por desconocimiento del personal de mantenimiento y la dirección de la empresa y además que en las universidades muy poco se instruye a los estudiantes sobre métodos como la termografía,

Una desventaja legal importante es que en el marco jurídico nacional no se cuenta con normas para la gestión del mantenimiento, esto hace más difícil la mejora en este sentido, actualmente el ing. Cárdenas trabaja bajo las normas estadounidenses (NEMA y NETA), donde ellos proporcionan una tabla para la realización de los análisis térmicos y la clasificación de los aislantes térmicos, ver tabla 3 y 4.

Estas le facilitan al maestro, en gran manera la emisión de un diagnóstico eficaz pues le ofrecen una línea de seguimiento o de alerta según la evolución de las mediciones del equipo las cuales bajo condiciones normales garantizan la funcionalidad del equipo que este bajo control térmico.

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

Tabla 3 Clasificación de fallas eléctricas según NETA

NIVEL	Diferencia de temperatura basada en comparaciones entre componentes y temperatura ambiente	Diferencia de temperatura basado en comparaciones entre componentes similares, bajo condiciones similares de carga.	CALIFICACION
1	1°C – 10 °C	1°C – 3°C	Posible Deficiencia
2	11°C – 20 °C	4°C – 15 °C	Probable Deficiencia
3	21°C – 40 °C	< 15 °C	Deficiencia
4	> 40 °C	-----	Deficiencia Mayor
Posible Deficiencia: Requiere seguimiento. Probable deficiencia: Reparar próxima parada disponible. Deficiencia: Reparar tan pronto como sea posible. Deficiencia Mayor: Reparar inmediatamente.			

Fuente: (International Electric Testing Association, 2016)

Tabla 4 Clasificación de aislamientos según estándar NEMA

Clase de Aislamiento	Máxima temperatura de operación permitida	
	°C	°F
A	105	221
B	130	266
F	155	311
H	180	356

Fuente: (National Electrical Manufacturers Association , 2016)

Se logro aplicar También una encuesta a 25 personas responsables de mantenimiento en algunas empresas importantes del país como CEMEX, Ingenio Mote Limar, PEPSI, entre otros, donde se obtuvieron resultados relevantes en cuanto al conocimiento de la termografía,

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

Primero se pretendió estar al tanto de los tipos de equipos que existen en la industria nacional para ello se le pregunto a los encuestados que tipos de equipos hay en la industria donde labora, clasificándolos en mecánicos, eléctricos y de combustión, a lo cual un 52 % de los encuestados confirmo que en sus industrias existen todos los equipos antes mencionados y en segundo lugar un 20 % dijo que la mayoría son mecánicos y de combustión, ver Anexo 12.3. Resultados de encuesta tabla 5 y grafico 1.

Luego se consultó el estado promedio de los equipos utilizados en la producción donde un 36 % califico como normal el estado del equipo y un 32 % considera que están muy buenos y otro 20 % considera que los equipos ya están obsoletos, ver Anexo 12.3. Resultados de encuesta tabla 6 y grafico 2.

Las fallas más comunes son eléctricas puesto que un 64 % de los encuestados afirmo esto y un 24 % considera que son físicas, esto se puede notar en el Anexo 12.3. Resultados de encuesta tabla 6 y grafico 3.

El 52 % califico como aceptable la eficiencia de sus equipos y un 32 % lo considera muy eficiente, ver gráfico 4 y tabla 7 de la sección 12.3 Resultados de encuestas.

También se realizó las preguntas de que, si existían equipos como motores, calderas, transformadoras y Calderas en la industria y cuál era el nivel de importancia, resultando que el 100 % de los equipos hay por lo menos presencia de tres de los equipos antes mencionados y que su función es indispensable para las labores productivas estos datos lo pueden consultar en la sección 12. 3 resultados de encuestas.

Otra pregunta importante que se realizo es que método de mantenimiento se le aplica a los equipos industriales, a lo que predomino la respuesta de que se trata de aplicar en gran manera el preventivo con un 48 %, una respuesta en contraste con la el ing. Cárdenas quien afirma que predomina en correctivo el cual en las encuesta ocupa el segundo puesto con un 32 %, pero lo cierto es que se trata de aplicar el preventivo pero aun n se logra por la mala conceptualización de este método. Ver tabla 17 y grafico 13 de la sección de anexos 12.3. Análisis y Resultados de Encuesta.

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

En promedio la temperatura de trabajo de los equipos es media, esto imparte al clima de la región que es tropical seco así lo asieron notar los encuestados ver gráfico 14, por otra parte, los métodos de eficiencia aplicados actualmente son aceptables según el porcentaje de 52 % en las encuestas y un 28 % lo considera infidente, ver gráfico 15.

Un 56 % de los encuestados afirmaron que si conocen las ventajas y desventajas de cada uno de los métodos de mantenimiento y un 44 % no está al tanto de esta (ver gráfico 16), y así criterio un 48 % está de acuerdo de que el mejor es el predictivo y un 38 afirma que el preventivo y un 16 % aun considera que el mantenimiento solo es reparar el equipo, ver gráfico 17,

El 60 % de los encuestados conoce la termografía y un 44 % considera que la dificultad de aplicación de la herramienta es media y un 36 % aun lo considera con un nivel de dificultad alto, ver gráficos 18 y 19.

Dentro de los 25 encuestados el 76 % dijo que, si se ha aplicado termografía infrarroja en algunos equipos, aunque sea una vez y que les parecieron satisfactorios los resultados y un 84 % le gustaría contar con una herramienta que sirva de guía para la aplicación de la termografía para acceder a sus ventajas. Ver gráficos 20 y 21.

Por lo mencionado anteriormente se puede asegurar que la mayoría conoce la termografía y tiene un cierto interés por su aplicación, pero aun lo consideran difícil en cuanto a niveles de conocimiento necesarios por ello es importante contar con una herramienta que facilite su aplicación.

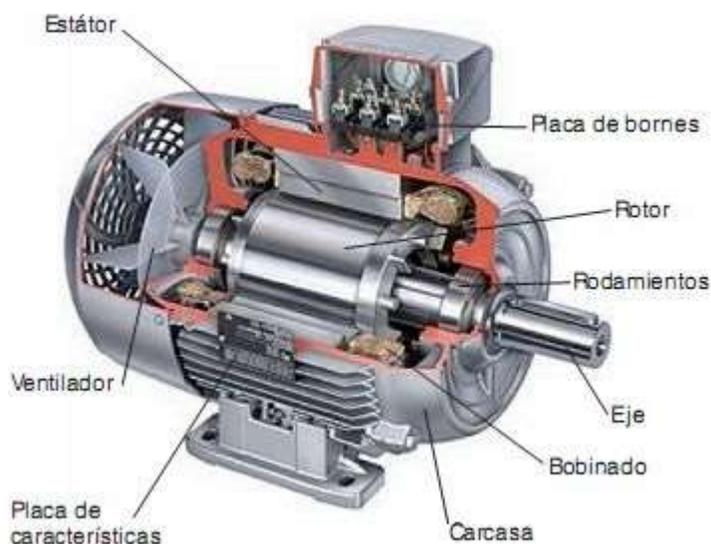
Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

8.2. Características técnicas de los equipos industriales para una correcta aplicación de la termografía:

a. Motores eléctricos

Los principales componentes de los mores eléctricos sin importar el tipo son:

1. **La carcasa o la caja** que envuelve las partes eléctricas del motor, es la parte externa.
2. **El inductor**, llamado **estator**, cuando se trata de corriente alterna, consta de un apilado de chapas magnéticas y sobre ellas esta enrollado el bobinado esta-tórico, que es una parte fija y unida a la carcasa.
3. **El inducido**, llamado **rotor** cuando se trata de motores de corriente alterna, consta de un apilado de chapas magnéticas y sobre ellas esta enrollado el bobinado roto-rico, que constituye la parte móvil del motor y resulta ser la salida o eje del motor.



Fuente: (Matienzo, 2014)

Ilustración 2 Partes de un motor eléctrico

También es importante conocer que los motores se clasifican de distintas maneras ya sea por su tipo de energía o su forma de funcionamiento por ello también se presenta la clasificación de los motores eléctricos;

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

1. **Motores de corriente alterna**, se usan mucho en las industrias principalmente el motor trifásico asíncrono de jaula de ardilla.
2. **Motores de corriente continua**, suelen utilizarse cuando se necesita precisión de velocidad, montacargas, locomotoras, etc.
3. **Motores universales**, Son los que pueden funcionar con corriente alterna o continua, se usan mucho en electrodomésticos. Son los motores con colector.

Tabla 5. Sub Clasificación de los motores

Clasificación			
	Por su velocidad de giro	Por tipo de rotor	Por su número de fases de alimentación
<i>Motores de Corriente alterna</i>	Asíncronos	De anillos rozantes	Monofásico
	Síncronos	Motores con colector	Bifásico
		Motores de jaula de ardilla	Trifásico
Clasificación			
<i>Motores de corriente continua</i>	En función del bobinado del inductor		
	De excitación en serie		
	De excitación en paralelo		
	De excitación compuesta		

Fuente: (Soto Baltodano, 2017)

La temperatura máxima de trabajo del motor depende de la clase de aislante para el devanado por ello la norma IEC 60034, define que:

Clase A (105 °C), Clase E (120 °C), Clase B (130 °C), Clase F (155 °C), Clase H (180 °C).

Estos aislantes pueden ser utilizados en cualquier tipo de motor, también se establece que:

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

- a. La temperatura ambiente es de un máximo de 40 °C, por norma. Por encima de tal, las condiciones de trabajo son consideradas especiales
- b. La diferencia entre la temperatura media y la del punto más caliente no varía mucho de motor para motor y su valor establecido por norma, basado en la práctica, es de 5 °C, para las clases A y E, 10 °C para las clases B y F, y 15 °C para la clase H

Tabla 6 Composición de la temperatura en función de la clase de aislamiento

Clase de aislamiento		A	E	B	F	H
Temperatura Ambiente	°C	40	40	40	40	40
Δt = elevación de temperatura.	°C	60	75	80	105	125
Diferencia entre el punto más caliente y la temperatura media.,	°C	5	5	10	10	15
Total: temperatura del punto más caliente	°C	105	120	130	155	180

Fuente: (Grupo WEG - Unidad Motores, 2016)

Como se observa hay muchas características que deben ser tomadas en cuenta, a la hora de realizar un análisis térmico en un motor, pero es primordial conocer el tipo de aislante térmico que contienen sus sistemas eléctricos.

b. Transformadores

Los transformadores son dispositivos electromagnéticos estáticos que permiten partiendo de una tensión alterna conectada a su entrada, obtener otra tensión alterna mayor o menor que la anterior en la salida del transformador.

Permiten así proporcionar una tensión adecuada a las características de los receptores. También son fundamentales para el transporte de energía eléctrica a largas distancias a tensiones altas, con mínimas pérdidas y conductores de secciones moderadas.

En la tabla 32 se presentan las características técnicas fundamentales de los transformadores según su función:

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

Tabla 7. Características técnicas de los transformadores

Tipo	Uso	Características Técnicas	Temperaturas de Trabajo	Normas
TRANSFORMADOR DE POTENCIA	sub-transmisión y transmisión de energía eléctrica en alta y media tensión. Son de aplicación en subestaciones transformadoras, centrales de generación y en grandes usuarios.	Se construyen en potencias normalizadas desde 1.25 hasta 20 MVA, en tensiones de 13.2, 33, 66 y 132 kV y frecuencias de 50 y 60 Hz.	La temperatura máxima permitida para el aceite es de 90°C y la temperatura máxima del punto más caliente de 110°C.	ANSI
TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION	Los transformadores de potencias iguales o inferiores a 500 kVA y de tensiones iguales o inferiores a 67 000 V, tanto monofásicos como trifásicos. Aunque la mayoría de tales unidades están proyectadas para montaje sobre postes, algunos de los tamaños de potencia superiores, por encima de las clases de 18 kV, se construyen para montaje en estaciones o en plataformas. Las aplicaciones típicas son para alimentar a granjas, residencias, edificios o almacenes públicos, talleres y centros comerciales.	Se fabrican en potencias normalizadas desde 25 hasta 1000 kVA y tensiones primarias de 13.2, 15, 25, 33 y 35 kV. Se construyen en otras tensiones primarias según especificaciones particulares del cliente. Se proveen en frecuencias de 50-60 Hz. La variación de tensión, se realiza mediante un conmutador exterior de accionamiento sin carga.	<p>Altura sobre el nivel del mar 1.000 a 2.300 m. '-</p> <p>Ambiente Tropical, corrosivo. Humedad relativa máxima 90%</p> <p>Temperatura ambiente máxima 40°C</p> <p>- Temperatura ambiente mínima -2°C</p> <p>- Temperatura ambiente promedio 25°C</p>	IEC, IEEE, ANSI, ASTM
TRANSFORMADORES SECOS ENCAPSULADOS	Se utilizan en interior para distribución de energía eléctrica en media tensión, en lugares donde los espacios reducidos y los requerimientos de seguridad en caso de incendio imposibilitan la utilización de transformadores refrigerados en aceite. Son de aplicación en	Su principal característica es que son refrigerados en aire con aislación clase F, utilizándose resina epoxi como medio de protección de los arrollamientos, siendo innecesario cualquier mantenimiento posterior a la instalación. Se fabrican en potencias	Clase térmica F: fabricado con materiales aptos para trabajar a una temperatura máxima de 155 ° C. Clase térmica H: fabricado con materiales aptos para trabajar a una temperatura máxima de 180 ° C Clase Climática C2: Equipos aptos para trabajar	CEI 60076-11, 60076-16, ANSI C57.12.01

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

	grandes edificios, hospitales, industrias, minería, grandes centros comerciales y toda actividad que requiera la utilización intensiva de energía eléctrica.	normalizadas desde 100 hasta 2500 kVA, tensiones primarias de 13.2, 15, 25, 33 y 35 kV y frecuencias de 50 y 60 Hz.	con temperatura ambiente de hasta -25°C. Clase Ambiental E2: Equipos aptos para trabajar en condiciones ambientales de humedad hasta el 90 (+ 5%) y conductividad del agua de 0,5 S/m a 1,5 S/m. Clase Ambiental E3: Equipos aptos para trabajar en condiciones ambientales de humedad mayor de 95% y conductividad del agua de 3,6 s/m a 4 s/m.	
TRANSFORMADORES HERMÉTICOS DE LLENADO	Se utilizan en intemperie o interior para distribución de energía eléctrica en media tensión, siendo muy útiles en lugares donde los espacios son reducidos. Son de aplicación en zonas urbanas, industrias, minería, explotaciones petroleras, grandes centros comerciales y toda actividad que requiera la utilización intensiva de energía eléctrica.	Su principal característica es que al no llevar tanque de expansión de aceite no necesita mantenimiento, siendo esta construcción más compacta que la tradicional. Se fabrican en potencias normalizadas desde 100 hasta 1000 kVA, tensiones primarias de 13.2, 15, 25, 33 y 35 kV y frecuencias de 50 y 60 Hz.	Temperatura máxima de punto de cortocircuito 75 °C	UNE, IEC
TRANSFORMADORES RURALES	Están diseñados para instalación mono poste en redes de electrificación suburbanas mono filares, bifilares y trifilares, de 7.6, 13.2 y 15 kV. En redes trifilares se pueden utilizar transformadores trifásicos o como alternativa 3 monofásicos.		El sistema de aislación de los transformadores debe estar diseñado para elevación de temperatura de 65 ° C. Los materiales aislantes deben ser de clase térmica A (105° C),	IEC-85.
TRANSFORMADORES	Transformador de construcción adecuada para ser instalado en cámaras, en cualquier nivel, pudiendo ser utilizado donde haya	Potencia: 150 a 2000KVA Alta Tensión: 15 o 24,2KV Baja Tensión: 216,5/125; 220/127;380/220;400/231V	Clima: Tropical, de alta humedad relativa y cercana al mar. Temperatura del aire: Máxima 40 °C Mínima 10 °C	IEEE, NEMA, ASTM y ANSI

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

<p>posibilidad de inmersión de cualquier naturaleza.</p>		<p>Media en 24 horas 27 °C Humedad relativa: 85% o más Velocidad máxima del viento: 100 km/h</p>	
--	--	--	--

Fuente: (Soto Baltodano, 2017)



Ilustración 3 Diferentes tipos de trasformadores

Fuente: (Vinueza , 2012)

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

c. Tableros Eléctricos

Tabla 8. Características técnicas de los tableros eléctricos

Características técnicas		Temperaturas de trabajo	Normas
Tableros Generales	Son los tableros principales de las instalaciones. En ellos estarán montados los dispositivos de protección y maniobra que protegen los alimentadores y que permiten operar sobre toda la instalación de consumo en forma conjunta o fraccionada.	La temperatura ambiente de referencia es de 35 °C. Con relación a la temperatura ambiente, no deben excederse los calentamientos: 70 K para los bornes de conexión de los conductores exteriores, 25 K para los órganos de mando manual de material aislante, 30 K ó 40 K para las superficies	IEC 60439.2
Tableros Generales	Son tableros que son alimentados desde un tablero general y desde ellos se protegen y operan sub alimentadores que energizan tableros de distribución.		
Tableros de Distribución:	Son tableros que contienen dispositivos de protección y maniobra que permiten proteger y operar directamente sobre los circuitos en que está dividida una instalación o parte de ella; pueden ser alimentados desde un tablero general, un tablero general auxiliar o directamente desde el empalme.		
Tableros de Paso:	Son tableros que contienen protecciones cuya finalidad es proteger derivaciones que por su capacidad de transporte no pueden ser conectadas directamente a un alimentador, sub alimentador o línea de distribución del cual están tomadas.		
Tableros de	Son tableros que contienen los dispositivos de protección y de maniobra que permiten proteger y operar sobre artefactos individuales o sobre grupos de artefactos pertenecientes a un mismo circuito.		

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

Centros de Control:	Son tableros que contienen dispositivos de protección y de maniobra o únicamente dispositivos de maniobra y que permiten la operación de grupos de artefactos, en forma individual, en subgrupos, en forma programada o manual.	metálicas externas, accesibles o no.
----------------------------	---	--------------------------------------

Fuente: (Soto Baltodano, 2017)



Ilustración 4 Tableros eléctricos

Fuente: (Neotec Ingeniería, 2013)

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

d. Calderas

Las calderas son definidas como un recipiente metálico, cerrado destinado a producir vapor o calentar agua, mediante la acción del calor a una temperatura superior a la del ambiente y presión mayor que la atmosférica. Las calderas se pueden clasificar de diferentes maneras:

1. Por su posición:
 - Horizontales
 - Verticales
2. Por su instalación:
 - Fija o estacionaria
 - Móviles o portátiles
3. Por su ubicación del hogar:
 - De hogar interior
 - De hogar exterior
4. Por la circulación de los gases:
 - Recorrido en un sentido (de un paso)
 - Con retorno simple (de dos pasos)
 - Con retorno doble (de tres pasos)
5. Por su forma de calefacción:
 - Cilíndrica sencilla de hogar exterior
 - Con un tubo hogar (liso o corrugado)
 - Con dos tubos hogares (liso o corrugado)
 - Con tubo Galloway (calderas horizontales o verticales)
 - Con tubos múltiples de humo (igneotubulares o pirotubulares)
 - Con tubos múltiples de agua (hidrotubulares o acuotubulares)
 - Con tubos múltiples de agua y tubos múltiples de humo (acuopiro-tubular o mixtas)
6. Por la presión del vapor que producen
 - De baja presión (hasta 2,0 kg/cm²)

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

- De mediana presión (sobre 2,0 kg/cm² hasta 10 kg/cm²)
 - De alta presión (sobre 10 kg/cm² hasta 225 Kg/cm²)
 - Supercríticas (sobre 225 kg/cm²)
7. Por el volumen de agua que contienen en relación con su superficie de calefacción;
- De gran volumen de agua (más de 150 litros * m² de superficie de calefacción)
 - De mediano volumen de agua (entre 70 y 150 litros * m² de Superficie de C.)
 - De pequeño volumen de agua (menos de 70 litros * m² de Superficie de C.)
- “Superficie de Calefacción: Superficie total de planchas y tubos de la caldera que por un lado están en contacto con los gases y por el otro con el agua que se desea calentar. La S.C se mide por el lado de los gases.”*
8. Según su utilización:
- De vapor
 - De agua Caliente
9. Según la circulación del agua dentro de la caldera:
- Circulación natural: El agua circula por efecto térmico
 - Circulación forzada: El agua se hace circular mediante bombas.
10. Según el tipo de combustible:
- De combustible solido
 - De combustible liquido
 - De combustible gaseoso

Las partes fundamentales que conforman una caldera son:

1. **Hogar o fogón:** Es el espacio donde se produce la combustión. Se le conoce también con el nombre de **Cámara de Combustión**.
2. **Puerta Hogar:** Es una pieza metálica, abisagrada, revestida generalmente en su interior con ladrillo refractario o de doble pared, por donde se echa el combustible sólido al hogar y se hacen las operaciones de control del fuego. En las calderas que quemar combustibles líquidos o gaseosos, esta puerta se reemplaza por el quemador.

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

3. **Emparrillado:** Son piezas metálicas en forma de rejas, generalmente rectangulares o trapezoidales, que van en el interior del fogón y que sirven de soporte al combustible sólido. Debido a la forma de reja que tienen, permiten el paso del Aire Primario que sirve para que se produzca la combustión.
4. **Cenicero:** Es el espacio que queda bajo la parrilla y que sirve para recibir las cenizas que caen de ésta. Los residuos acumulados deben retirarse periódicamente para no obstaculizar el paso de aire necesario para la combustión. En algunas calderas el cenicero es un depósito de agua.
5. **Puerta del Cenicero:** Accesorio que se utiliza para realizar las funciones de limpieza del cenicero. Mediante esta puerta regulable se puede controlar también la entrada del aire primario al hogar. Cuando se hace limpieza de fuegos o se carga el hogar, se recomienda que dicha puerta permanezca cerrada con el objeto de evitar el retroceso de la llama (“Lengua de Toro”).
6. **Altar:** Es un pequeño muro de ladrillo, refractario, ubicado en el hogar, en el extremo opuesto a la puerta del fogón y al final de la parrilla, debiendo sobrepasar a ésta en aproximadamente 30 cm.
7. **Chimenea:** Es el conjunto de salida de los gases y humos de la combustión para la atmósfera. Además, tiene como función producir el tiro necesario para obtener una adecuada combustión.

Fuente: (Abarca Bahamondes)

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

Ilustración 5 Calderas Industriales



Fuente: (clerins ingenieros, 2016)

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

8.3. Estructura de guía técnica para la aplicación de la termografía propuesta:

Una vez analizada la importancia de un buen análisis térmico y las características técnicas de los equipos industriales a los cuales se les puede aplicar se presenta una propuesta base de una ficha para el control e inspección térmica ver tabla 9.

Esta fue diseñada de una manera clara y sencilla donde el usuario puede identificar claramente los componentes de cada una de las secciones de la ficha

Iniciando en la parte superior izquierda el código, representa una numeración que se le determina a cada ficha para su gestión y organización, luego a la par de este la fecha y la hora en el que se realiza y en la parte superior izquierda podrá poner una imagen del logotipo de la empresa donde se realiza el mantenimiento.

Luego se solicita el nombre de la empresa, el responsable de mantenimiento, el equipo al cual se le realiza el análisis (transformador, tablero eléctrico, motor o caldera), El número de inspección hace referencia a si es la primera vez que se le realiza la inspección a ese equipo o ya existe una precedencia, y el área es donde está ubicado el equipo.

En la descripción del equipo se pueden poner datos relevantes como si ya se le hizo una reparación capital, el origen, la marca y demás que pueda considerarse variable de incidencia en cuanto a la realización de un diagnóstico.

Luego tenemos dos espacios donde se colocan las dos imágenes arrojadas por la cámara la térmica y la real, de esta se extrae el valor de la temperatura máxima y la temperatura ambiente y la mínima para luego rellenar lo que corresponde al análisis esto basado en las normas ASME, y cuando se tiene el análisis se procesa a realizar la recomendación y se pasa por un control de aprobación y revisión de los datos correspondientes al equipo y puestos en la ficha de análisis.

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

Tabla 9 Propuesta de guía técnica

Código		Fecha		Hora		
Nombre de la Empresa						
Responsable						
Equipo						
Numero de Inspección						
Área						
Descripción de equipo						
Imagen Normal				Imagen Térmica		
Temperatura Máxima						
Temperatura Mínima						
Temperatura normal de trabajo						
Diagnostico						
Recomendación						
Realizado por:						
Revisado por:						

Fuente: (Soto Baltodano, 2017)

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

Capítulo V:

9. Conclusiones:

1. Cada una de las ventajas y características de la termografía permiten realizar un análisis del estado en tiempo real de cualquier equipo industrial sin efectuar un para innecesario en sus funciones productivas, siendo de este modo un método muy fiable
2. Las características técnicas de los equipos industriales son esencial para la realización de un correcto análisis térmico ya que esta nos permite realizar una comparación entre los estándares establecidos en las normas y el comportamiento real medido por la cámara termográfica.
3. Debido al desconocimiento de la herramienta y el escepticismo de la mayoría de los responsables de mantenimiento en nuestro país es importante hacerles notar que el uso de una guía técnica les facilitará la aplicación del método de análisis de espectro térmico y reducirá en gran manera los costos de paros productivos y los índices de accidentabilidad laboral.

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

10. Recomendaciones:

1. Es esencial que en las industrias nacionales se trabaje en pro de eliminar el concepto de que el mantenimiento industrial no es más que un costo, esta filosofía hace que la evolución sea más lenta, por ello las universidades que ofertan carreras afines a las áreas del mantenimiento industrial deberían de analizar esta circunstancia y educar respecto a este pensamiento erróneo.
2. Los departamentos de mantenimiento de cada industria deberían de mejorar los métodos de mantenimiento industrial ya que hoy en día el mantenimiento predictivo es muy accesible y el acceso tecnología ha permitido esto.
3. Es importante que la industrias apliquen la guía técnica propuesta y que además realicen un correcto control de sus planes de mantenimiento puesto que no se le da la debida importancia al control del estado de los equipos en tiempo real.

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

11. Bibliografía

WordPress. (13 de Enero de 2010). *Definicion.de*. Obtenido de <http://definicion.de/plantas-industriales/>

Abarca Bahamondes, P. (s.f.). *Descripción de Calderas y Generadores de Vapor*. Obtenido de www.achs.cl

Abarca SIgcho, D. F. (2014). *Elaboración de un plan de mantenimiento predictivo mediante la aplicación de termografía industrial en los motores electricos del al planta EUROLIT en la empresa TUBASEC C.A. Mexico*.

Abarca, S. D. (2014). *Elaboración de un plan de mantenimiento predictivo mediante la aplicación de termografía industrial en los motores electricos del al planta EUROLIT en la empresa TUBASEC C.A. Mexico*.

Alarcón, L. y. (2013). *Mantenimiento Industrial*. Puebla, Mexico: Univercidad de Puebla.

Alarcón, L. y. (2013). *Mantenimiento Industrial*. Puebla, Mexico: Univercidad de Puebla.

Aldana Rodríguez, D., & Muñoz Rodríguez, C. J. (16 de 08 de 2017). *Los Libertadores, Fundaciòn UNivercitaria*. Obtenido de Aplicación de la termografía infrarroja como método de inspección no destructivo de un túnel de viento de baja velocidad: <http://hdl.handle.net/11371/1294>

Aznaràn Balcàzar, I. T., & Reyes Aranda, G. J. (2016). *Repositorio Institucional del la Univercidad Nacional del Santa Peru*. Obtenido de Aplicación de la termografía infrarroja en tableros eléctricos de distribución para mejorar la seguridad y la calidad de la energía eléctrica: <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2651>

Baltodano, S. (2017). *Normativa del Mantenimiento descripciòn*. Managua.

Barbosa Garcia, I., Morales Cotrera, R., & Diaz Beleòn, H. (2016). *Trasformador electrico*. Obtenido de <http://www.academico.cecyt7.ipn.mx/FisicaIV/unidad1/transformador.htm>

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

Benitez. (18 de Mayo de 2017). *Comceptos y más*. Obtenido de <https://www.significados.com/mantenimiento-preventivo>

Benitez. (18 de Mayo de 2017). *Comceptos y más*. Obtenido de <https://www.significados.com/mantenimiento-preventivo>

Bermudez, M. (10 de Enero de 2017). *RELIABILITYWEB*. Obtenido de Definicion de la frecuencia del plan de mantenimiento: <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/definicion-de-las-frecuencias-para-un-plan-de-mantenimiento>

Bermudez, M. (10 de Enero de 2017). *RELIABILITYWEB*. Obtenido de Definicion de la frecuencia del plan de mantenimiento: <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/definicion-de-las-frecuencias-para-un-plan-de-mantenimiento>

clerins ingenieros. (22 de 02 de 2016). *Industria y Medio Ambiente*. Obtenido de Operador de Calderas Industriales: <http://www.clerinsingenieros.com/noticia/cursos-de-operador-a-industrial-de-calderas-en-galicia>

Eñaut Labaien, G. C. (12/11/09). *MANTENIMIENTO PREDICTIVO*. PREDICTOVE Ingenieros S.L.

Espacio Marketing. (2014). *De Maquinas y Herramientas*. Obtenido de <http://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-de-medicion/camara-temperatura-comprobar-y-documentar-temperatura-tablero-electrico>

FLIR. (2011). Guía de termografía para el mantenimiento predictivo. En FLIR, *Guía informativa del uso de cámaras termográficas en aplicaciones industriales* (pág. 48). Brasil: ITC.

FLIR. (2011). Guía de termografía para el mantenimiento predictivo. En FLIR, *Guía informativa del uso de cámaras termográficas en aplicaciones industriales* (pág. 48). Brasil: ITC.

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

FLIR, S. (6 de Julio de 2011). *Analisis de Fallas*. Obtenido de Aplicaciones de la termografia y vibraciones: <http://ingjimenezedgardo.blogspot.com/2011/07/termografia.html>

FLIR, S. (6 de Julio de 2011). *Analisis de Fallas*. Obtenido de Aplicaciones de la termografia y vibraciones: <http://ingjimenezedgardo.blogspot.com/2011/07/termografia.html>

Galván, I. C. (2009). Caracterización histórica del concepto de industria. Contribuciones a las Ciencias Sociales. En I. C. Galván, *Caracterización histórica del concepto de industria. Contribuciones a las Ciencias Sociales* (pág. 6). Mexico.

Garrido, S. C. (2003). Organizacion y gestion integral del mantenimiento. En S. C. Garrido, *Manual práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial* (pág. 321). Madrid: Dias de Santos S.A.

Garrido, S. C. (2003). Organizacion y gestion integral del mantenimiento. En S. C. Garrido, *Manual práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial* (pág. 321). Madrid: Dias de Santos S.A.

GOOGLE. (20 de Mayo de 2017). *Google maps Nicaragua*. Obtenido de <http://www.googlemaps.com>

Grupo WEG - Unidad Motores. (12 de 2016). *Motores electricos* . Obtenido de guia de especificaciones: www.weg.net

Guiracocha, R. A. (2015). *Establecimiento de una base de datos de señales de vibraciones acústicas e imágenes termográficas infrarrojas para un sistema mecánico rotativo con la combinación de diferentes tipos de fallos y elaboración de guías de prácticas para detección de fallos e.*

Guiracocha, R. A. (2015). *Establecimiento de una base de datos de señales de vibraciones acústicas e imágenes termográficas infrarrojas para un sistema mecánico rotativo con la combinación de diferentes tipos de fallos y elaboración de guías de prácticas para detección de fallos e.* Mexico.

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

Hernandez Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación* (Vol. 6ta edición). Mexico: Mc Gran Gill education. Recuperado el 8 de agosto de 2017

Hidalgo Perez , M., & Reyes Martinez, F. (2013). *Aplicación de la Termografía en la inspección y el diagnóstico de paredes de generadores de vapor bkz-340-140/29m*. Habana, Cuba.

International Electric Testing Association. (15 de 05 de 2016). *NETA*. Obtenido de Termografia infraroja : www.neta-termografia.com

Lugo Álvarez, E. M. (05 de 2013). *Repositorio Institucional UAQ*. Obtenido de Desarrollo de protocolo ethernet en FPGA para el procesamiento digital de datos de cámara termográfica: <http://ri.uaq.mx/handle/123456789/1375>

Matienzo, B. (08 de 10 de 2014). *Motores Eléctricos*. Obtenido de Partes Fundamentales de un Motor Eléctrico: <https://sites.google.com/site/279motoreselectricos/partes-fundamentales-de-un-motor-electrico>

Medina Quiroz Kharlewis, U. M. (2012). *Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo planificado en la empresa inversiones y negocios de Nicaragya S.A INDENICSA*. Managua: UNAN-MAnagua.

Medina Quiroz, K., & Medrano Ubilla, A. (2012). *Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo planificado en la empresa inversiones y negocios de Nicaragua S.A INDENICSA*. Managua: UNAN-MAnagua.

Michael Perez, F. M. (2013). *Aplicación de la Termografía en la inspección y el diagnóstico de paredes de generadores de vapor bkz-340-140/29m*. Habana, Cuba.

Monchy., F. (2004). Metodos del Mantenimiento. En F. Monchy., *Teoría y Práctica del Mantenimiento industrial* (pág. 534). Bolibia: EXPRES.

Monchy., F. (2004). Metodos del Mantenimiento. En F. Monchy., *Teoría y Práctica del Mantenimiento industrial* (pág. 534). Bolibia: EXPRES.

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

National Electrical Manufacturers Association . (18 de 4 de 2016). *NEMA*. Obtenido de Termografia.

Neotec Ingenieria. (16 de 3 de 2013). *Neotec Ingenieria*. Obtenido de Tableros Electricos: <http://www.neotec.com.mx/tableros/ttd.htm>

Ocampo Borge, Z. M. (2013). *Diagnostico de mantenimiento en el area de conversión de la empresa plásticos YANBER S.A en el periodo comprendido de MARzo a Junio 2013*. Managua: UNAN-Managua.

Ocampo, B. Z. (2013). *Diagnostico de mantenimiento en el area de conversión de la empresa plásticos YANBER S.A en el periodo comprendido de MARzo a Junio 2013*. Managua: UNAN-Managua.

Pérez Suce, E. F. (2013). *Propuesta de un pan de mantenimiento preventivo planificado para el taller hermanos rodriguez durante el periodo marzo a junio 2013*. Managua: UNAN-Managua.

Pérez, S. E. (2013). *Propuesta de un pan de mantenimiento preventivo planificado para el taller hermanos rodriguez durante el periodo marzo a junio 2013*. Managua: UNAN-Managua.

Picado Solorsano, B. d. (2014). *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo planificado en la empresa INDENICSA planta cofradia en el area de elaboracion del zinc*. Managua: UNAN-Magua.

Picado, S. B. (2014). *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo planificado en la empresa INDENICSA planta cofradia en el area de elaboracion del zinc*. Managua: UNAN-Magua.

Real Academia Española. (2017). *Diccionario de la lengua española*. Madrid: Asociacion de academia de la lengua española.

Real Academia Española. (2017). *Diccionario de la lengua española*. Madrid: Asociacion de academia de la lengua española.

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

Sampieri, H. R. (2014). *Metodología de la investigación* (Vol. 6ta edición). Mexico: Mc Gran Gill education. Recuperado el 8 de agosto de 2017

Sandoval Carrillo, L. R. (2011). *Formulación de un plan estratégico en la gestión de mantenimiento industrial de la empresa embotelladora nacional S.A (ENSA)*. Managua: UNAN-Managua.

Sandoval, C. L. (2011). *Formulación de un plan estratégico en la gestión de mantenimiento industrial de la empresa embotelladora nacional S.A (ENSA)*. Managua: UNAN-Managua.

Serrano Malagon, L. M., & Nuñez Campo, A. M. (09 de 09 de 2014). *Univercidad Pontificia Boliviana*. Obtenido de Estado del arte de la termografía infrarroja como herramienta en los procesos industriales: <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/1644>

Sierra Díez, À. (08 de 05 de 2017). *Repositorio Abierto de la Universidad de Cantabria España*. Obtenido de Sistema motorizado para inspección de materiales usando termografía infrarroja y excitación por spot y-o línea laser: <http://hdl.handle.net/10902/11029>

Soto Baltodano, E. F. (2017). *Análisis de Encuesta*. Managua: Personal.

Soto Baltodano, E. F. (2017). *Operacionalización de las variables*. Managua.

Tavares, L. (2006). Administración Moderna del Mantenimiento. En L. Tavares, *Administración Moderna del Mantenimiento* (pág. 158). Brasil: Novo Polo Publicaciones Brasil.

Tavares, L. (2006). Administración Moderna del Mantenimiento. En L. Tavares, *Administración Moderna del Mantenimiento* (pág. 158). Brasil: Novo Polo Publicaciones Brasil.

Ucha, F. (10 de 12 de 2012). *Definición ABC*. Obtenido de Mantenimiento Correctivo: <https://www.definicionabc.com/tecnologia/mantenimiento-correctivo.php>

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

Venemedia. (21 de 01 de 2012). *CONCEPTODEFINICION.DE*. Obtenido de Definicion de motor electrico: <http://conceptodefinicion.de/motor-electrico/>

Vinueza , A. M. (10 de 01 de 2012). *Transformadores*. Obtenido de Tipos de transformadores: <http://www.transformadores-angelyjoha.blogspot.com/>

Wordpress. (15 de 04 de 2015). *Constructor Civil*. Obtenido de El blog de un constructor civil: <http://constructorcivil.org/definicion-basica-de-tablero-electrico/>

Yanna, S. (27 de Marzo de 2014). *Los 7 puntos de una ficha tecnica*. Obtenido de www.estudiosmercado.com/los-7-puntos-de-una-ficha-tecnica/

Yanna, S. (27 de Marzo de 2014). *Los 7 puntos de una ficha tecnica*. Obtenido de www.estudiosmercado.com/los-7-puntos-de-una-ficha-tecnica/

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

12. Anexos

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

18.1. Encuesta:

Para cumplir con los objetivos del desarrollo de la tesis monografía; “Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo en las industrias, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017”, para optar al título de ingeniero industrial solicito su colaboración para contestar la siguiente encuesta.

Marque con una X la respuesta de su elección;

¿Qué tipo de equipos hay en la industria que usted labora?

Eléctricos; Mecánicos; De combustión;

¿Cuál es el estado de los equipos involucrados en las labores de producción?

Excelente; Muy Bueno; Normal; Obsoletos;

¿Qué tipos de fallas son las más frecuentes en los equipos de producción?

Mecánicas; Eléctricas; Físicas;

¿Cuál es el nivel de eficiencia general de estos equipos?

Muy eficientes; Aceptable; Deficientes;

¿La línea de producción de su empresa requiere de uno o más motores eléctricos?

Sí; No;

¿Cuál es el nivel de importancia de dicho equipo en la línea productiva?

Imprescindible; Prescindible; Innecesario;

¿En la industria en general podemos observar tableros eléctricos?

Sí; No;

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

¿Cómo considera la importancia de los tableros eléctricos para la producción?

Imprescindible; Prescindible; Innecesario;

¿Se requiere de calderas para las actividades productivas de la industria?

Sí; No;

¿Como valoraría la importancia de dichas calderas?

Imprescindible; Prescindible; Innecesario;

¿Hay algún tipo de transformador eléctrico en las instalaciones?

Sí; No;

¿Cuál es la importancia de los transformadores equipo para la empresa?

Imprescindible; Prescindible; Innecesario;

¿Qué método de mantenimiento se le aplican al o los equipos antes mencionados en su industria? Puede marcar más de una.

Correctivo; Preventivo; Predictivo;

¿Cómo considera que es la temperatura de trabajo del entorno de estos equipos?

Temp. Altas; Temp. Ambiente; Temp. Bajas;

¿De qué manera valoraría la eficiencia del método de mantenimiento aplicado?

Muy eficiente; Aceptable; Ineficiente;

¿Conoce las ventajas y desventajas de cada uno de los métodos de mantenimiento mencionados en la pregunta 13?? ¿Cuál considera que es el mejor?

Sí; No; El mejor es

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

¿Es de su conocimiento que la termografía es una herramienta del mantenimiento predictivo?

Sí; No;

(Si, la respuesta es sí). ¿Cuál cree usted que es el nivel de dificultad de aplicación de la termografía industrial como método de mantenimiento predictivo?

Alto; Medio; Bajo;

¿Alguna vez se le ha aplicada termografía infrarroja a algún equipo industrial de la industria donde labora?

Sí; No;

Si la respuesta es sí podría mencionar que equipos;

¿Le

gustaría contar con una herramienta que le facilite la aplicación de la termografía infrarroja?

Si; No;

Si desea hacer alguna observación en referencia a la temática puede realizarla aquí;

Gracias por su tiempo. Su colaboración es muy importante.

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

18.2. Entrevista:

Para cumplir con los objetivos del desarrollo de la tesis monografía; “Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo en las industrias, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017”, para optar al título de ingeniero industrial solicito su colaboración en la siguiente entrevista;

Temáticas a desarrollar;

1. ¿Cuánto tiempo tiene usted de experiencia con las herramientas del mantenimiento predictivo?
2. ¿Como empezó a incursionar en la termografía infrarroja?
3. ¿Según su criterio cuales son las desventajas de la termografía infrarroja?
4. ¿Qué tan importante considera la aplicación de la termografía industrial?
5. ¿A qué tipos de equipos se le puede aplicar un análisis de espectro térmico, existen alguno al cual no se le pueda aplicar?
6. ¿En su experiencia cuales son las dificultades que ha enfrentado para el desarrollo de la herramienta del mantenimiento?
7. ¿Cuáles son los requisitos para una correcta aplicación de la termografía infrarroja?
8. ¿Considera usted que en las industrias nicaragüenses se aplica correctamente la termografía infrarroja?
9. ¿Qué características técnicas debo conocer de los equipos para aplicarle un análisis térmico?
10. ¿Conoce alguna norma nacional regulatoria para la aplicación de los métodos de mantenimiento?
11. ¿Bajo qué norma(s) nacional o internacional se rige para realizar sus diagnósticos térmicos para los equipos industriales?
12. ¿Cuenta con alguna herramienta pre elaborada para la aplicación del análisis de las imágenes térmicas?
13. ¿Podría enumerar los pasos que sigue para la realización de un diagnostico termográfico para cualquier equipo?

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

14. ¿Considera usted que las metas del departamento de mantenimiento están correlacionadas con la eficiencia del método de mantenimiento que aplican en los equipos industriales? Justifique su respuesta

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

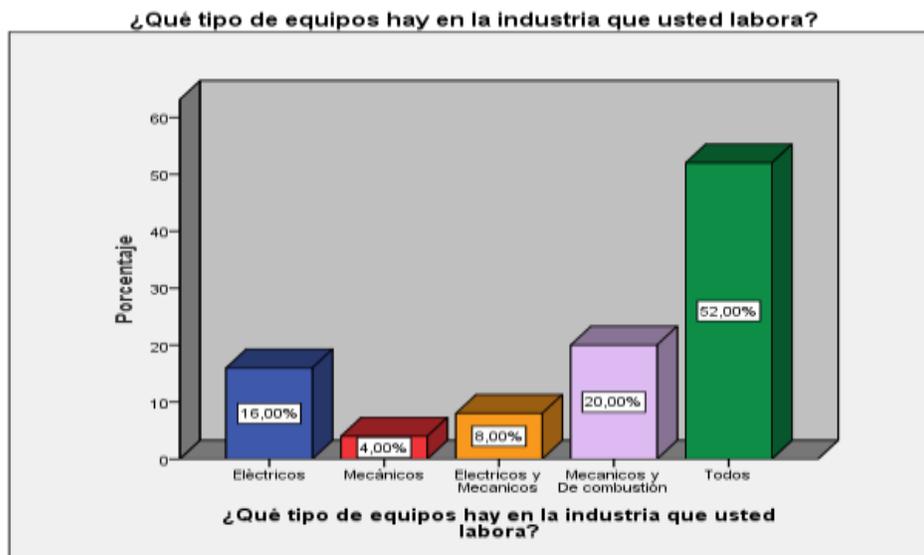
12.3. Resultados de encuesta:

Tabla 10. Tipos de equipos

¿Qué tipo de equipos hay en la industria que usted labora?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Eléctricos	4	16,0	16,0	16,0
	Mecánicos	1	4,0	4,0	20,0
	Eléctricos y Mecánicos	2	8,0	8,0	28,0
	Mecánicos y De combustión	5	20,0	20,0	48,0
	Todos	13	52,0	52,0	100,0
	Total	25	100,0	100,0	

Fuente: (Soto Baltodano, Analisis de Encuesta, 2017)

Grafico 1. Tipos de Equipos



Fuente: (Soto Baltodano, Analisis de Encuesta, 2017)

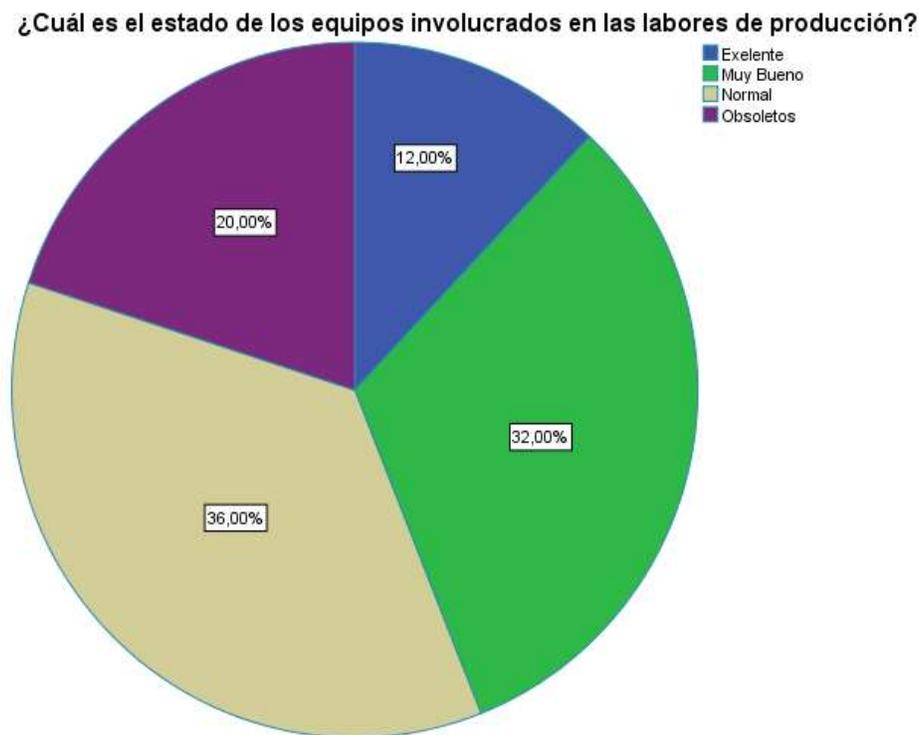
Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

Tabla 11. Estado de los Equipos

¿Cuál es el estado de los equipos involucrados en las labores de producción?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Excelente	3	12,0	12,0	12,0
	Muy Bueno	8	32,0	32,0	44,0
	Normal	9	36,0	36,0	80,0
	Obsoletos	5	20,0	20,0	100,0
	Total	25	100,0	100,0	

Fuente: (Soto Baltodano, Analisis de Encuesta, 2017)

Grafico 2.Estado de los equipos



Fuente: (Soto Baltodano, Analisis de Encuesta, 2017)

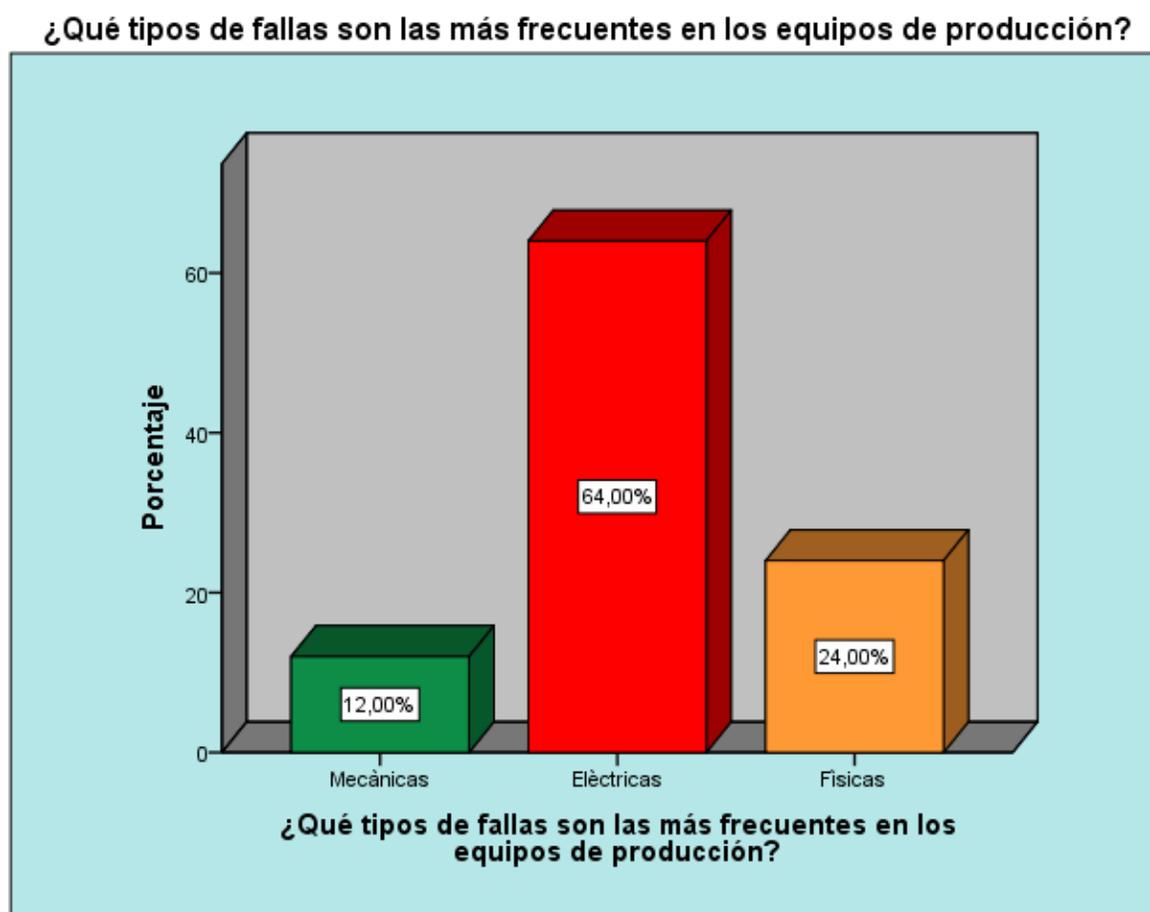
Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

Tabla 12 Tipos de Fallas

¿Qué tipos de fallas son las más frecuentes en los equipos de producción?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Mecánicas	3	12,0	12,0	12,0
	Eléctricas	16	64,0	64,0	76,0
	Físicas	6	24,0	24,0	100,0
	Total	25	100,0	100,0	

Fuente: (Soto Baltodano, Analisis de Encuesta, 2017)

Grafico 3. Tipos de Fallas



Fuente: (Soto Baltodano, Analisis de Encuesta, 2017)

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

Tabla 13 Nivel De eficiencia

¿Cuál es el nivel de eficiencia general de estos equipos?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Muy Eficientes	8	32,0	32,0	32,0
	Aceptable	13	52,0	52,0	84,0
	Deficientes	4	16,0	16,0	100,0
	Total	25	100,0	100,0	

Fuente: (Soto Baltodano, Analisis de Encuesta, 2017)

Grafico 4.Nivel de Eficiencia



Fuente: (Soto Baltodano, Analisis de Encuesta, 2017)

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

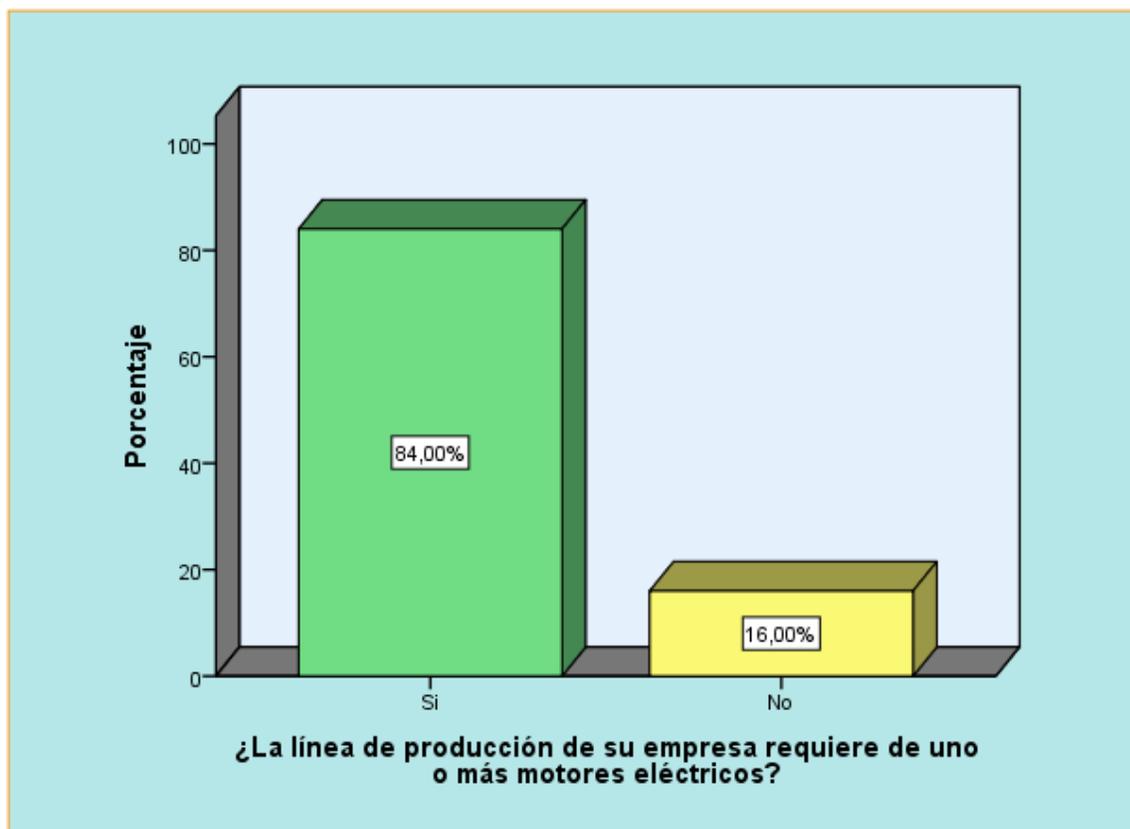
Tabla 14 Requerimientos de motores

¿La línea de producción de su empresa requiere de uno o más motores eléctricos?		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Si	21	84,0	84,0	84,0
	No	4	16,0	16,0	100,0
	Total	25	100,0	100,0	

Fuente: (Soto Baltodano, Analisis de Encuesta, 2017)

Grafico 5. Requerimientos de motores

¿La línea de producción de su empresa requiere de uno o más motores eléctricos?



Fuente: (Soto Baltodano, Analisis de Encuesta, 2017)

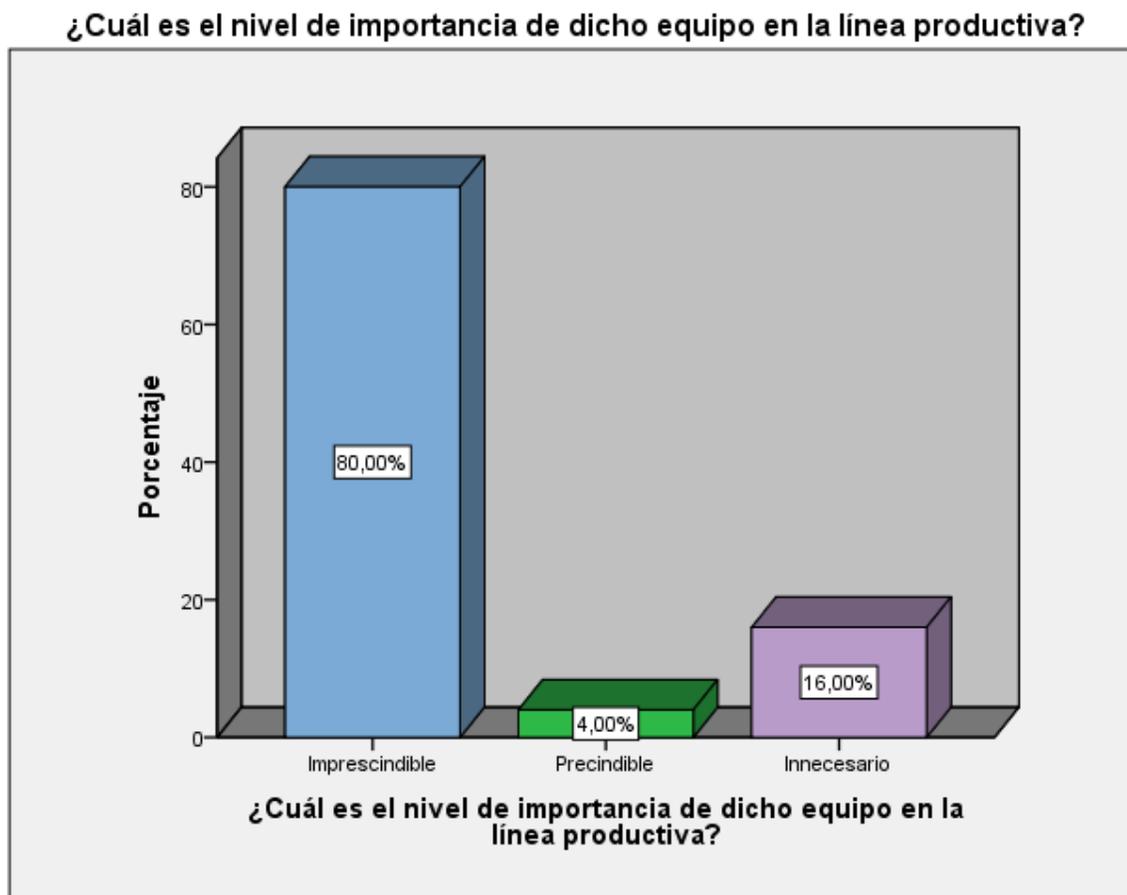
Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

Tabla 15 Nivel de importancia del equipo

¿Cuál es el nivel de importancia de dicho equipo en la línea productiva?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Imprescindible	20	80,0	80,0	80,0
	Precindible	1	4,0	4,0	84,0
	Innecesario	4	16,0	16,0	100,0
	Total	25	100,0	100,0	

Fuente: (Soto Baltodano, Analisis de Encuesta, 2017)

Grafico 6. Nivel de Importancia del equipo



Fuente: (Soto Baltodano, Analisis de Encuesta, 2017)

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

Tabla 16 Cuentan con tableros eléctricos.

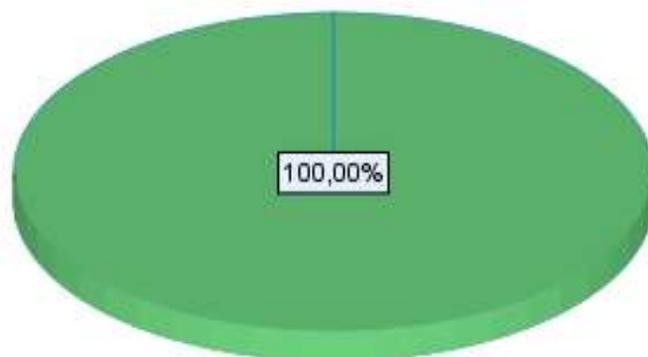
¿En la industria en general podemos observar tableros eléctricos?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	si	25	100,0	100,0	100,0

Fuente: (Soto Baltodano, Analisis de Encuesta, 2017)

Grafico 7 Cuentan con tableros eléctricos

¿En la industria en general podemos observar tableros eléctricos?

■ si



Fuente: (Soto Baltodano, Analisis de Encuesta, 2017)

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

Tabla 17 Importancia de los tableros eléctricos

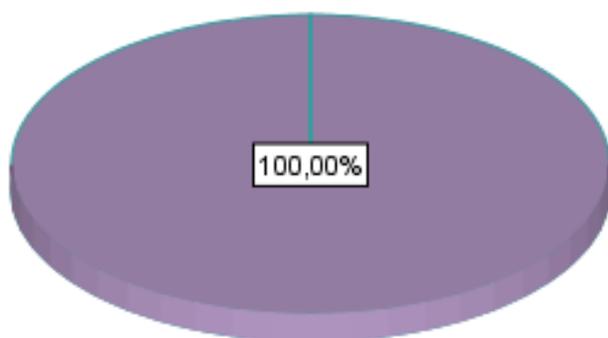
¿Cómo considera la importancia de los tableros eléctricos para la producción?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Imprescindible	25	100,0	100,0	100,0

Fuente: (Soto Baltodano, Analisis de Encuesta, 2017)

Grafico 8 Importancia de los tableros eléctricos

¿Cómo considera la importancia de los tableros eléctricos para la producción?

■ Imprescindible



Fuente: (Soto Baltodano, Analisis de Encuesta, 2017)

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

Tabla 18 Requieren Calderas

¿Se requiere de calderas para las actividades productivas de la industria?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Si	12	48,0	48,0	48,0
	No	13	52,0	52,0	100,0
	Total	25	100,0	100,0	

Fuente: (Soto Baltodano, Analisis de Encuesta, 2017)

Grafico 9 Requieren Calderas



Fuente: (Soto Baltodano, Analisis de Encuesta, 2017)

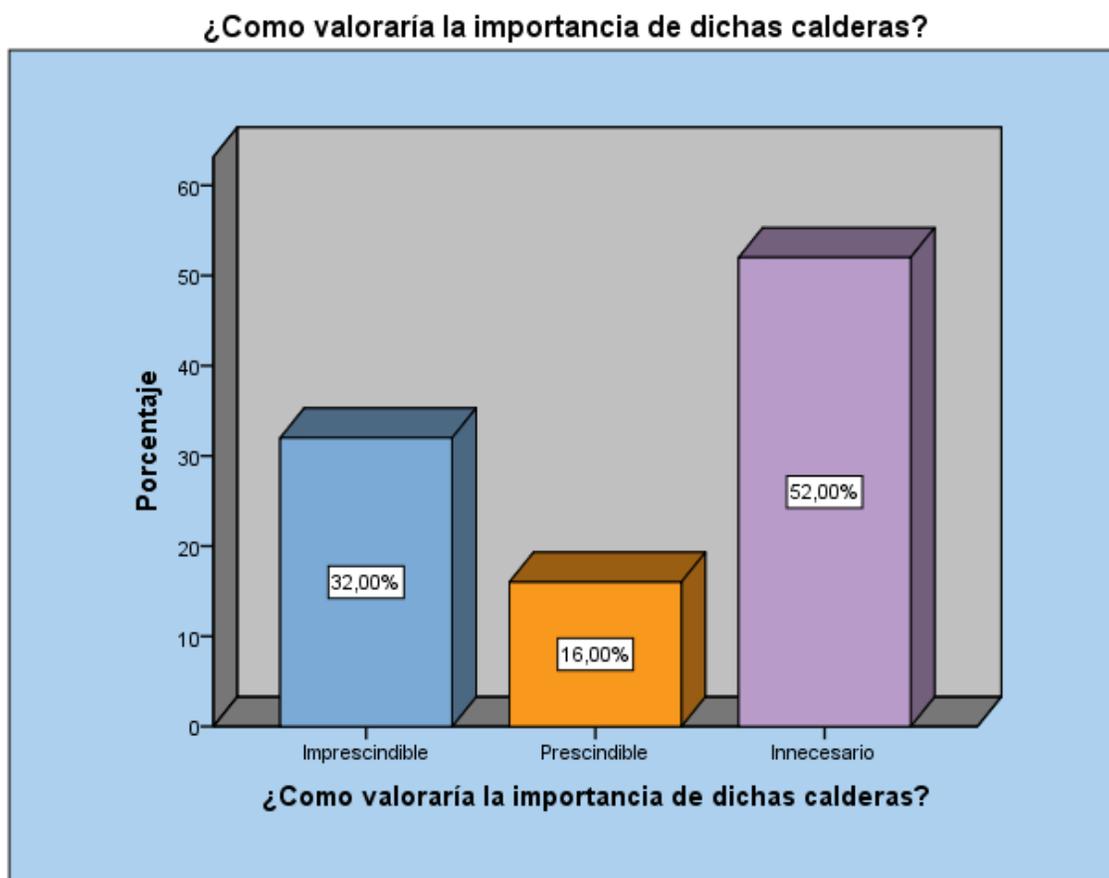
Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

Tabla 19 Importancia de las calderas

¿Como valoraría la importancia de dichas calderas?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Imprescindible	8	32,0	32,0	32,0
	Prescindible	4	16,0	16,0	48,0
	Innecesario	13	52,0	52,0	100,0
	Total	25	100,0	100,0	

Fuente: (Soto Baltodano, Analisis de Encuesta, 2017)

Grafico 10 Importancia de las calderas



Fuente: (Soto Baltodano, Analisis de Encuesta, 2017)

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

Tabla 20 Transformadores eléctricos

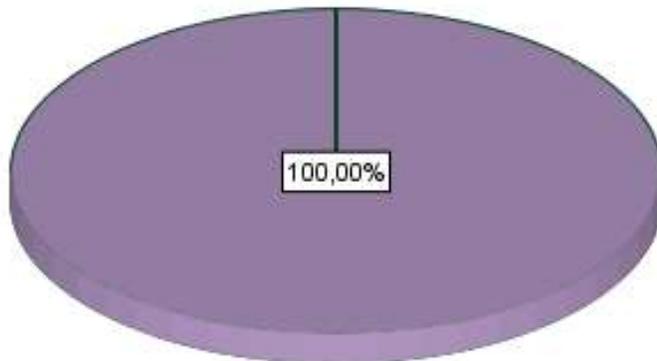
¿Hay algún tipo de transformador eléctrico en las instalaciones?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Si	25	100,0	100,0	100,0

Fuente: (Soto Baltodano, Analisis de Encuesta, 2017)

Grafico 11 Transformadores eléctricos

¿Hay algún tipo de transformador eléctrico en las instalaciones?

■ Si



Fuente: (Soto Baltodano, Analisis de Encuesta, 2017)

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

Tabla 21 Importancia de los transformadores

¿Cuál es la importancia de los transformadores equipo para la empresa?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Imprescindible	25	100,0	100,0	100,0

Fuente: (Soto Baltodano, Analisis de Encuesta, 2017)

Gráfico 12 Importancia de los transformadores



Fuente: (Soto Baltodano, Analisis de Encuesta, 2017)

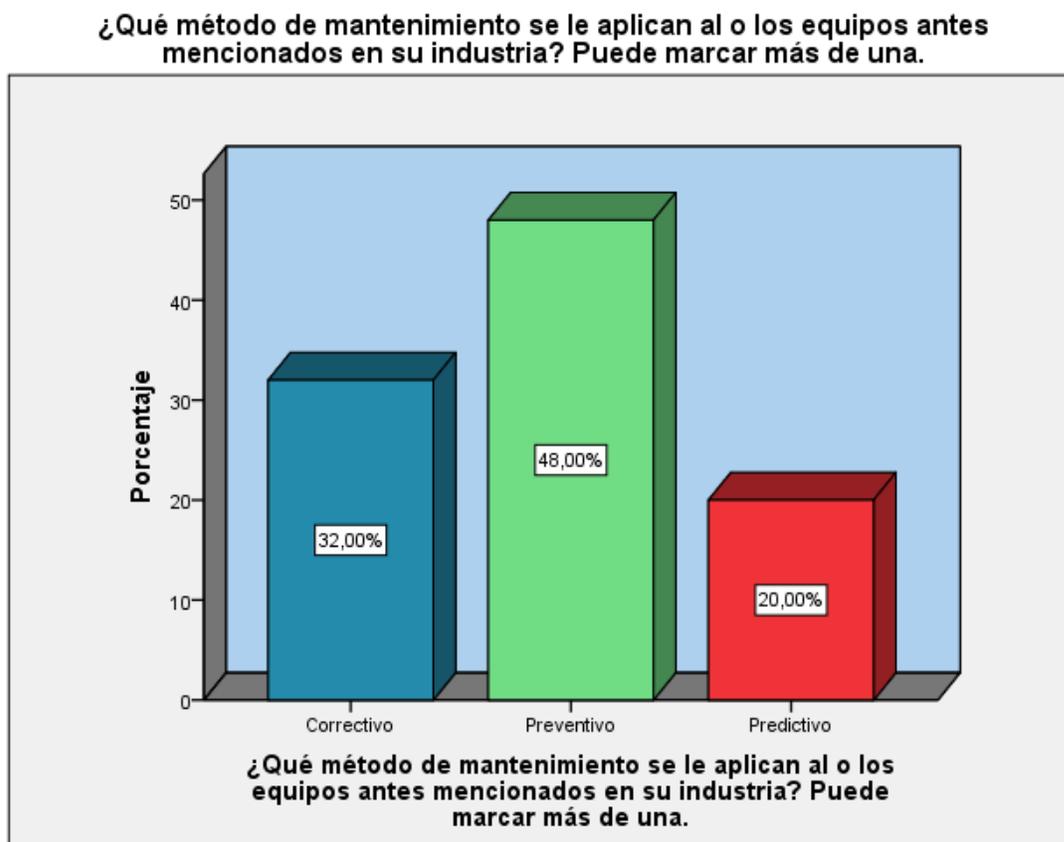
Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

Tabla 22 Métodos de Mantenimientos que se aplican

¿Qué método de mantenimiento se le aplican al o los equipos antes mencionados en su industria? Puede marcar más de una.					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Correctivo	8	32,0	32,0	32,0
	Preventivo	12	48,0	48,0	80,0
	Predictivo	5	20,0	20,0	100,0
	Total	25	100,0	100,0	

Fuente: (Soto Baltodano, Analisis de Encuesta, 2017)

Grafico 13 Métodos de Mantenimiento que se aplican



Fuente: (Soto Baltodano, Analisis de Encuesta, 2017)

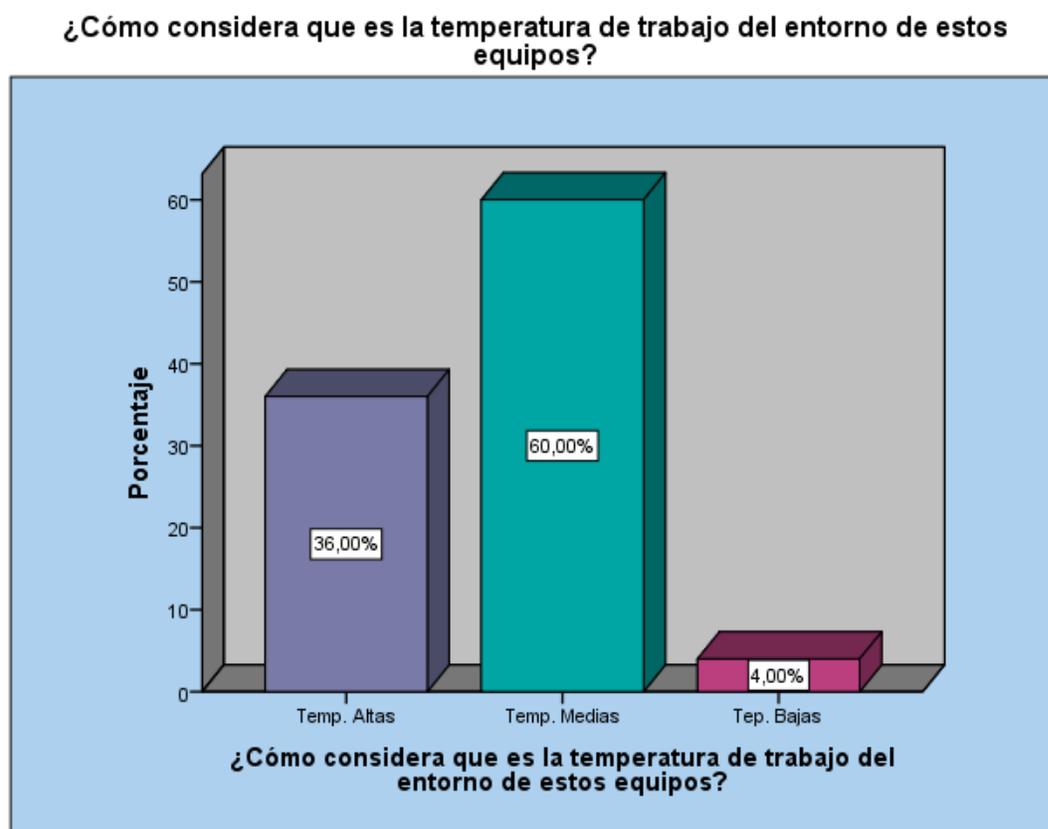
Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

Tabla 23 Temperatura de trabajo

¿Cómo considera que es la temperatura de trabajo del entorno de estos equipos?		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Temp. Altas	9	36,0	36,0	36,0
	Temp. Medias	15	60,0	60,0	96,0
	Temp. Bajas	1	4,0	4,0	100,0
	Total	25	100,0	100,0	

Fuente: (Soto Baltodano, Analisis de Encuesta, 2017)

Grafico 14 Temperatura de trabajo



Fuente: (Soto Baltodano, Analisis de Encuesta, 2017)

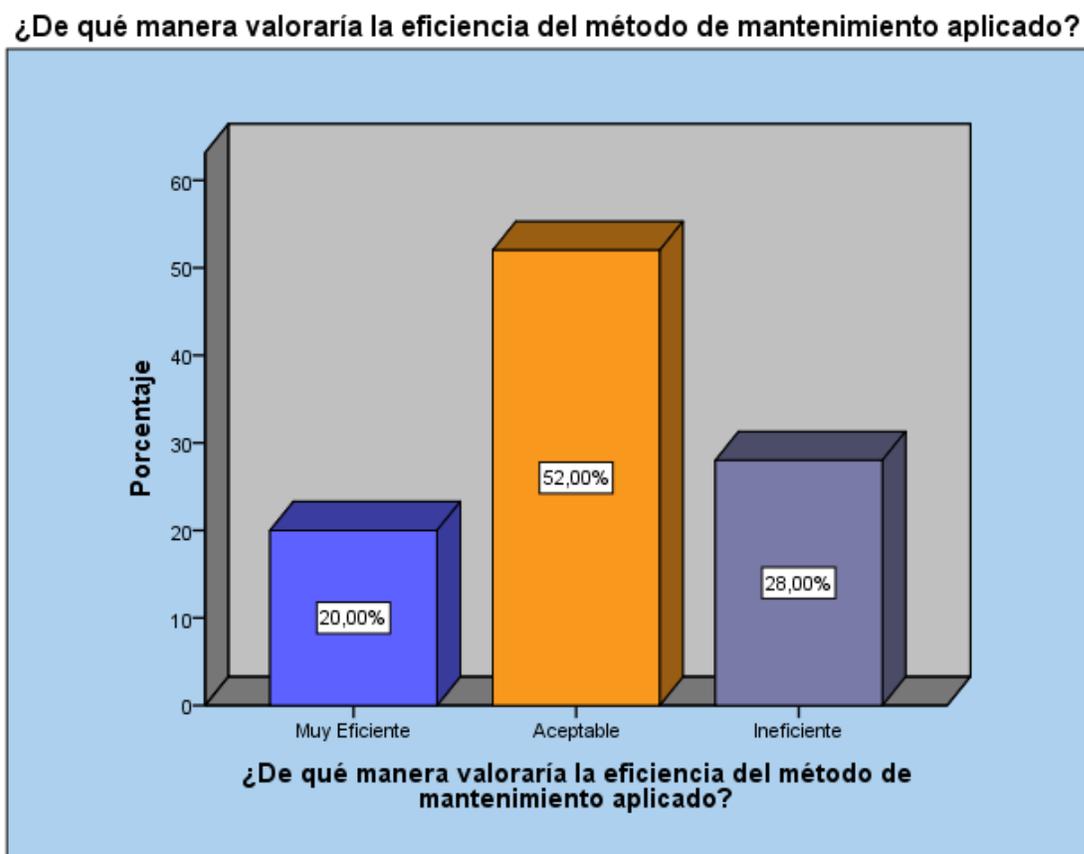
Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

Tabla 24 Eficiencia del método aplicado

¿De qué manera valoraría la eficiencia del método de mantenimiento aplicado?		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Muy Eficiente	5	20,0	20,0	20,0
	Aceptable	13	52,0	52,0	72,0
	Ineficiente	7	28,0	28,0	100,0
	Total	25	100,0	100,0	

Fuente: (Soto Baltodano, Analisis de Encuesta, 2017)

Grafico 15 Eficiencia del método aplicado



Fuente: (Soto Baltodano, Analisis de Encuesta, 2017)

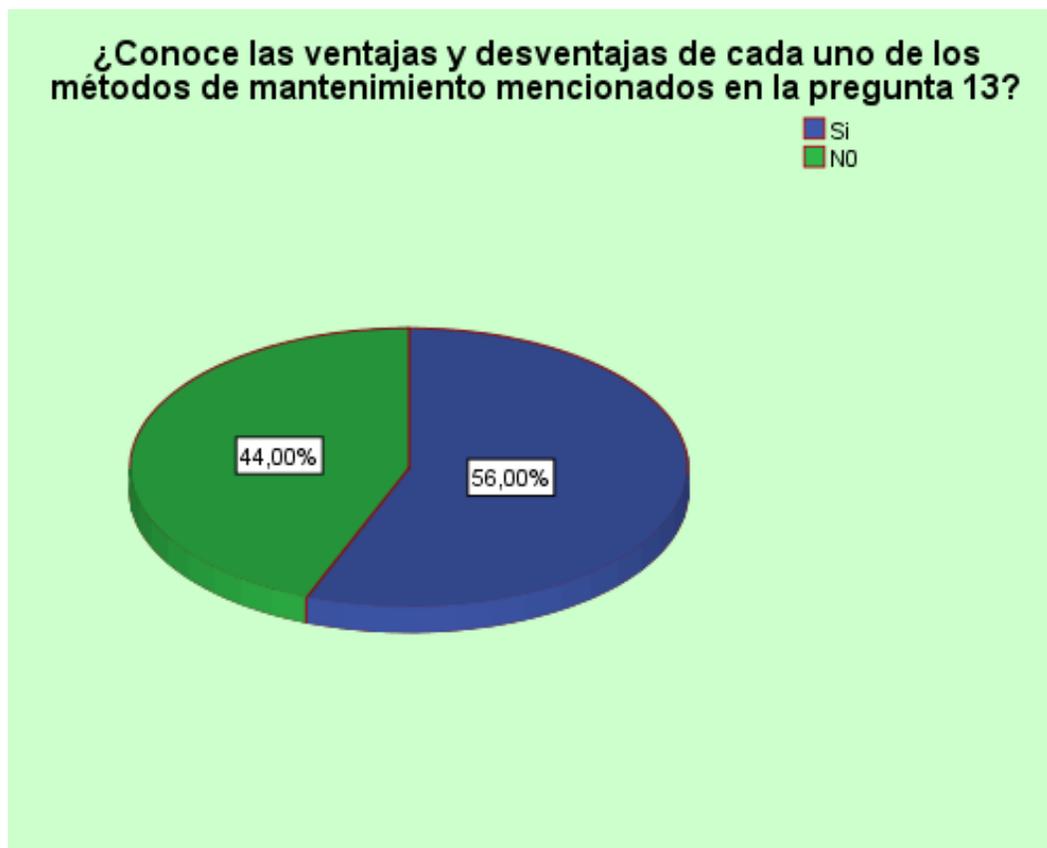
Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

Tabla 25 Conocen las ventajas y desventajas

¿Conoce las ventajas y desventajas de cada uno de los métodos de mantenimiento mencionados en la pregunta 13?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Si	14	56,0	56,0	56,0
	NO	11	44,0	44,0	100,0
	Total	25	100,0	100,0	

Fuente: (Soto Baltodano, Analisis de Encuesta, 2017)

Grafico 16 Conocen las ventajas y desventajas



Fuente: (Soto Baltodano, Analisis de Encuesta, 2017)

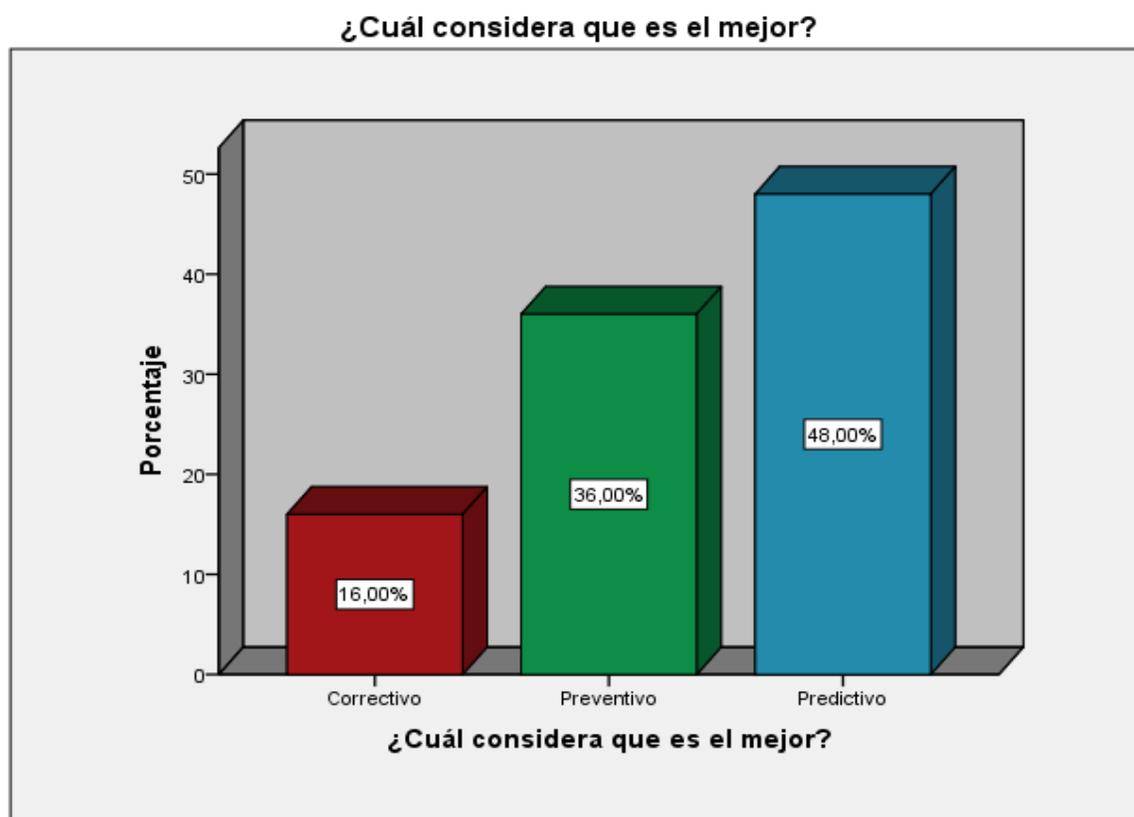
Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

Tabla 26. Cuál método de mantenimiento es el mejor

¿Cuál considera que es el mejor?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Correctivo	4	16,0	16,0	16,0
	Preventivo	9	36,0	36,0	52,0
	Predictivo	12	48,0	48,0	100,0
	Total	25	100,0	100,0	

Fuente: (Soto Baltodano, Analisis de Encuesta, 2017)

Grafico 17 Cual método de mantenimiento es mejor



Fuente: (Soto Baltodano, Analisis de Encuesta, 2017)

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

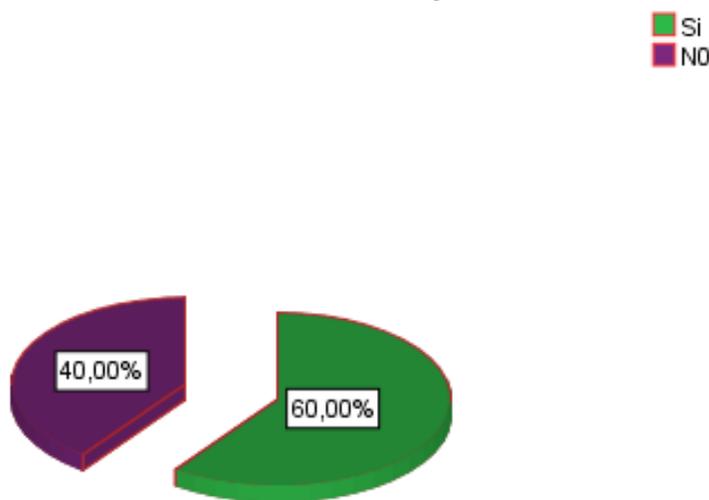
Tabla 27. Conocen la termografía

¿Es de su conocimiento que la termografía es una herramienta del mantenimiento predictivo?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Si	15	60,0	60,0	60,0
	NO	10	40,0	40,0	100,0
	Total	25	100,0	100,0	

Fuente: (Soto Baltodano, Analisis de Encuesta, 2017)

Grafico 18 Conocen la termografía

¿Es de su conocimiento que la termografía es una herramienta del mantenimiento predictivo?



Fuente: (Soto Baltodano, Analisis de Encuesta, 2017)

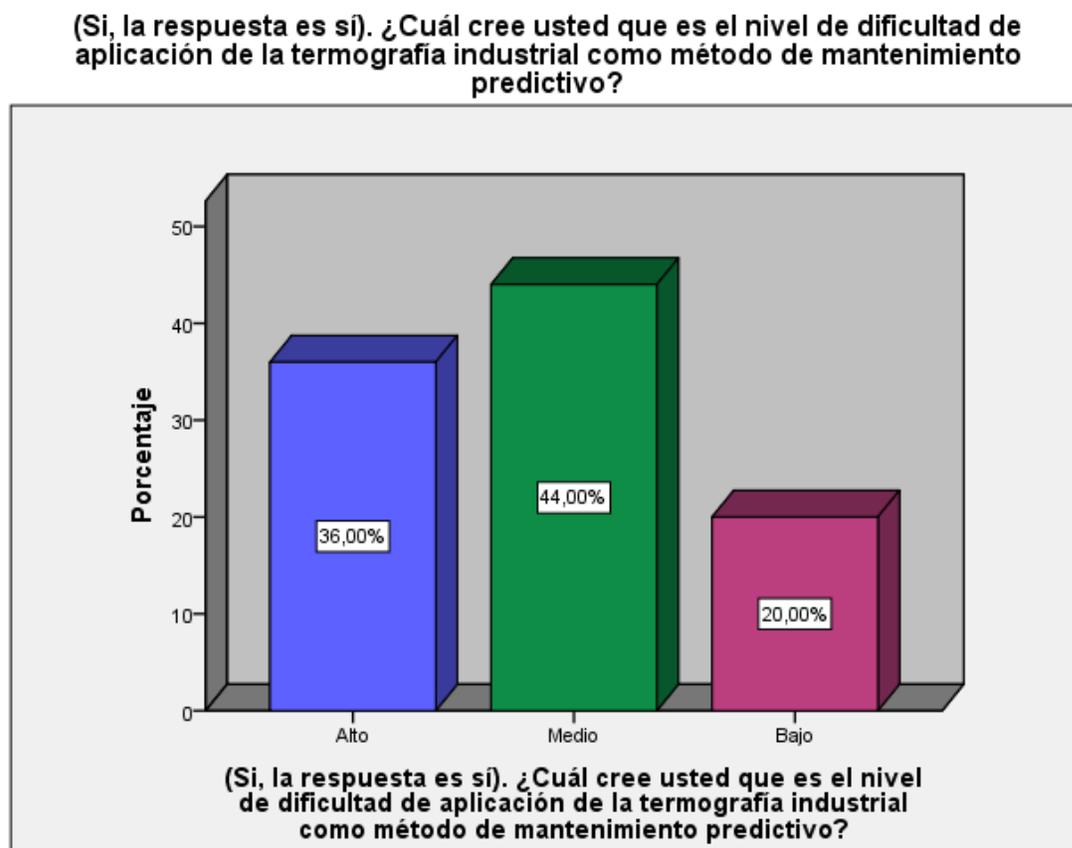
Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

Tabla 28. Nivel de dificultad

(Si, la respuesta es sí). ¿Cuál cree usted que es el nivel de dificultad de aplicación de la termografía industrial como método de mantenimiento predictivo?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Alto	9	36,0	36,0	36,0
	Medio	11	44,0	44,0	80,0
	Bajo	5	20,0	20,0	100,0
	Total	25	100,0	100,0	

Fuente: (Soto Baltodano, Analisis de Encuesta, 2017)

Grafico 19. Nivel de dificultad



Fuente: (Soto Baltodano, Analisis de Encuesta, 2017)

Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

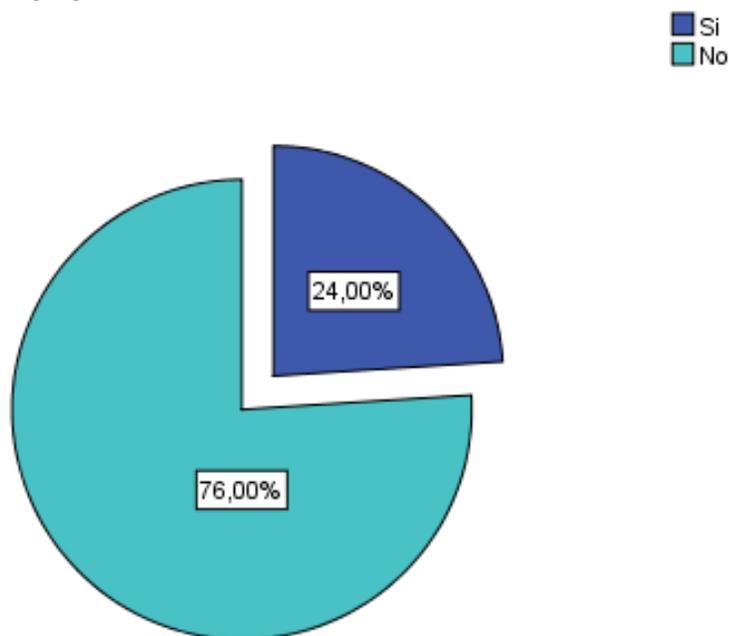
Tabla 29. Han Aplicado termografía

¿Alguna vez se le ha aplicado termografía infrarroja a algún equipo industrial de la industria donde labora?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Si	6	24,0	24,0	24,0
	No	19	76,0	76,0	100,0
	Total	25	100,0	100,0	

Fuente: (Soto Baltodano, Analisis de Encuesta, 2017)

Grafico 20. Han Aplicado termografía

¿Alguna vez se le ha aplicado termografía infrarroja a algún equipo industrial de la industria donde labora?



Fuente: (Soto Baltodano, Analisis de Encuesta, 2017)

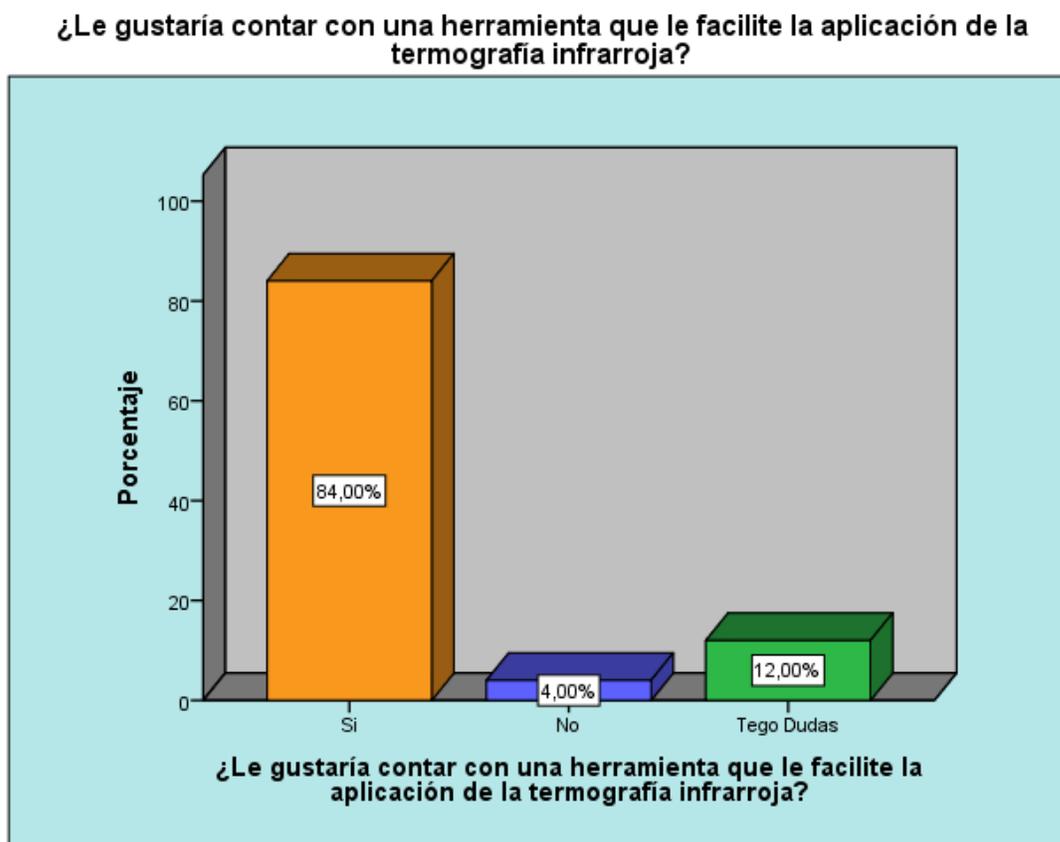
Propuesta de una guía técnica para la aplicación de la termografía infrarroja en el mantenimiento predictivo de los principales equipos industriales presentes en las industrias nicaragüenses, en el periodo comprendido de agosto a diciembre del 2017.

Tabla 30. Quisiera contar con una herramienta

¿Le gustaría contar con una herramienta que le facilite la aplicación de la termografía infrarroja?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Si	21	84,0	84,0	84,0
	No	1	4,0	4,0	88,0
	Tego Dudas	3	12,0	12,0	100,0
	Total	25	100,0	100,0	

Fuente: (Soto Baltodano, Analisis de Encuesta, 2017)

Grafico 21. Quisiera contar con una herramienta



Fuente: (Soto Baltodano, Analisis de Encuesta, 2017)