



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE EDUCACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO
AUTOMOTRIZ

TEMA: INTERPRETACION DEL ANÁLISIS PREDICTIVO EN MOTORES ELECTRÓGENOS DE COMBUSTIÓN INTERNA MARCA NIIGATA PC2-5V 400 DE PROPIEDAD DE LA EMPRESA UNACEM CEMENTOS S.A

Trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniero en Mantenimiento Automotriz

Autor: Valencia Pabón Wilmer Eduardo.

Director: Ing. Carlos Mafla

Ibarra- 2015

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de Director del plan de trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Educación, Ciencia y Tecnología.

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es "INTERPRETACION DEL ANÁLISIS PREDICTIVO EN MOTORES ELECTRÓGENOS DE COMBUSTIÓN INTERNA MARCA NIIGATA PC2-5V 400 DE PROPIEDAD DE LA EMPRESA UNACEM CEMENTOS S.A" presentado por el señor: Valencia Pabón Wilmer Eduardo con número de cédula 100228014-5, doy fe de que dicho trabajo, reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometidos a presentación privada y evaluación por parte del jurado examinado que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 20 días del mes de abril del 2015.

Director:



Ing. Carlos Maffia

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicado en primer lugar a Dios por ser la luz que me guía por brindarme sabiduría y entendimiento a mis padres Miguel y Martha por haberme apoyado siempre incondicionalmente a mi esposa Marcela y a mis hijitos Mick y Samantha con quienes comparto las alegrías y tristezas de la vida.

A todas las personas que supieron apoyarme y confiaron en mi sin condición de quienes recibí lo mejor.

Wilmer

AGRADECIMIENTO

Principalmente a DIOS, por darme la fuerza necesaria para salir adelante y lograr alcanzar esta meta.

A mi Universidad Técnica del Norte, por darme la oportunidad de forjarme y aprender como profesional.

A mi Tutor: Ing. Carlos Mafla, por su guía, dedicación y paciencia para la realización de esta Tesis.

Wilmer

ÍNDICE

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN.....	ii
CAPÍTULO I.....	1
1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema	1
1.3 Formulación del problema.....	2
1.4 Delimitación del problema	2
1.4.1 Unidades de observación.....	2
1.4.2 Temporal.-	2
1.5 Objetivos.....	2
1.5.1 Objetivos generales.....	2
1.5.2 Objetivos Específicos	3
1.6 Justificación	3
1.7 Aporte	4
CAPÍTULO II.....	5
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Fundamentación teórica.....	5
2.1.1. Breve reseña histórica de la UNACEM.....	5
2.1.2. La historia de la cementera UNACEM.....	5
2.1.3. Ubicación geográfica:	6
2.1.4. Motor electrógeno de combustión interna:	7
2.1.5. Variables de Medición:.....	13
2.1.6. Motor a diesel	19
2.1.7. Averías en motor y en sistemas auxiliares.....	29
2.1.8. Análisis predictivo.....	30
2.2. Marco Legal.....	34

2.2.1.	Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.	34
2.2.2.	NORMA de emisiones al aire desde fuentes fijas de combustión.....	35
2.3.	Glosario de términos.....	36
CAPÍTULO III		38
3.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	38
3.1.	Tipo de Investigación.	38
3.2	Métodos.	38
3.2.1.	Empírico.	38
3.2.2.	Inductivo – Deductivo.	38
3.2.3.	Método Analítico.....	39
3.2.4.	Sintético.....	39
3.3	Técnicas e instrumentos.....	39
3.3.1.	Observación estructurada.	39
3.4.	Técnica de Procesamiento y Análisis de Datos.....	40
CAPITULO IV.....		41
PROPUESTA		41
4.1.	Introducción.....	41
4.2.	Importancia	42
4.3	Objetivos.....	42
4.3.1.	Objetivo General.....	42
4.3.2.	Objetivos Específicos	42
4.4	Normas de seguridad para un buen desempeño.....	43
4.4.1.	Estándar de EPP (Equipo de protección personal).	43
4.4.2.	Estándar de bloqueo y etiquetado (LOTOTO).	44
4.4.3.	Estándar de trabajos en alturas.	44
4.4.4.	Estándar de espacio confinado.....	46
4.4.5.	Principales riesgos:	47
4.5.	Análisis de los picos de compresión e inyección.....	47
4.5.1.	El Analista	48
4.6.	Lecturas.....	49
4.6.1.	Lecturas salida gases.....	49

4.6.2.	Lecturas alturas de cremalleras.....	53
4.6.3.	Lecturas Picos de compresión	56
4.6.4.	Lecturas de RPM turbos lado A-B.....	58
4.6.5.	Lecturas de Presión de aire turbos lado A-B	59
4.6.6.	Lecturas de Temperatura de cojinetes bancadas.....	62
4.7.	Análisis termográfico de motor y sistemas auxiliares	67
4.7.1.	Análisis predictivo OTV-818-OE03 (02-03-2015), Termografía inyectores balancines L.A.	68
4.7.2.	Análisis predictivo otv-818-oe03 (02-03-2015). Termografía inyectores balancines LB	75
4.7.3	Análisis predictivo OTV-818-OE03 (02-03-2015). Termografía sistemas auxiliares.....	84
4.7.4.	Diagnóstico General	92
4.7.5.	Análisis Comparativo	93
CAPITULO V		94
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		94
Conclusiones.....		94
Recomendaciones		96
BIBLIOGRAFÍA.....		97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Motor diesel marca Colt-Pielstick PC2.5 STC	7
Figura 2.- Woodward UG-40 Governors.....	8
Figura 3.- Intercoolers para motores.....	9
Figura 4.- Sistema de control.....	11
Figura 5.- Rendimiento.....	12
Figura 6.- Incremento de resistencia en función de la temperatura.....	14
Figura 7. Uso termómetros infrarrojos.	15
Figura 8.- Termográfico	16
Figura 9.- Transmisor de presión.....	17
Figura 10.- Acelerómetro	18
Figura 11.- Tacómetro	19
Figura 12.- Curvas del rendimiento del Motor PC2-5V.....	24
Figura 13.- Imagen térmica con cámara termográfica.....	32
Figura 14.- Equipo de protección personal.....	43
Figura 15.- Etiquetado	44
Figura 16.- Trabajos en alturas	45
Figura 17.- Medidas preventivas	46
Figura 18.- Medidas preventivas	48
Figura 19.- Curvas de presión del cilindro de un motor electrógeno	49
Figura 20.- Valores de temperaturas a las salidas de gases cilindros	52
Figura 21.- Valores de temperaturas a las salidas de gases cilindros	61
Figura 22.- Imagen evidencia temperatura de bancadas fecha 23-03-2105	63
Figura 23.- Temperatura cojinetes de bielas al 23-03-2015	65

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.- Valores de referencia de amplitud de vibración para analizar la condición mecánica.....	34
Cuadro 2.- Las escalas de medición de las variables.....	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Temperaturas salida de gases cilindros °C 3000 Kw.....	50
Tabla 2.- Después del mantenimiento	52
Tabla 3.- Altura de cremalleras en mm. 3000 Kw.....	53
Tabla 4.- Altura de cremalleras en mm. 3000 Kwdespués mantenimiento.....	54
Tabla 5.- Picos de compresión bar. 3000 Kw.....	56
Tabla 6.- RPM turbos lado A-B 3000 Kw.....	58
Tabla 7.- RPM turbos lado A-B después del cambio	59
Tabla 8.- Presión de aire turbos lado A-B Bar. 3000 Kw.....	59

Tabla 9.- Temperatura de cojinetes bancadas °C 3000 kw	62
Tabla 10.- Temperatura de cojinetes bancadas °C 3000 kw	63
Tabla 11.- Temperatura cojinetes de bielas °C 3000 Kw	64
Tabla 12.- Temperatura cojinetes de bielas al 23-03-2015	65
Tabla 13.- Análisis comparativo temperatura salida de gases cilindro 6B.....	66
Tabla 14.- Análisis predictivo termografía inyector 1A.....	69
Tabla 15.- Análisis predictivo termografía inyector2A.....	70
Tabla 16.- Análisis predictivo termografía inyector 3A.....	71
Tabla 17.- Análisis predictivo termografía inyector 4A.....	72
Tabla 18.- Análisis predictivo termografía inyector 5A.....	73
Tabla 19.- Análisis predictivo termografía inyector 6A.....	74
Tabla 20.- Análisis predictivo termografía inyector 1B	76
Tabla 21.- Análisis predictivo termografía inyector 2B	77
Tabla 22.- Análisis preventivo termografía inyector 2B	79
Tabla 23.- Análisis predictivo termografía inyector 3B	80
Tabla 24.- Análisis predictivo termografía inyector 4B	81
Tabla 25.- Análisis predictivo termografía inyector 5B	82
Tabla 26.- Análisis predictivo termografía inyector 6B	83
Tabla 27.- Análisis predictivo termografía turbocompresor lado A.....	85
Tabla 28.- Análisis predictivo termografía turbocompresor lado B.....	86
Tabla 29.- Análisis predictivo termografía motor eléctrico bomba de agua camisas.....	87
Tabla 30.- Análisis predictivo termografía bomba de agua camisas.....	88
Tabla 31.- Análisis predictivo termografía motor-bomba de agua inyectores.....	89
Tabla 32.- Análisis predictivo termografía motor eléctrico bomba lubricación principal. .	90
Tabla 33.- Análisis predictivo termografía bomba de lubricación aceite principal.....	91
Tabla 34.- Análisis comparativo, termografía inyector y balancines cilindro 2B.....	93

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.- Temperaturas salida de gases cilindros °C 3000 Kw	50
Gráfico 2.- Temperaturas salida de gases cilindros luego mantenimiento.....	53
Gráfico 3.- Altura de cremalleras en mm. 3000 Kw	54
Gráfico 4.- Altura de cremalleras en mm. 3000 Kw después mantenimiento.....	55
Gráfico 5.- Picos de compresión bar. 3000 Kw.....	56
Gráfico 6.- Picos de compresión bar. 3000 Kw cilindro 6B.....	57
Gráfico 7.- Picos de compresión bar. 3000 Kw cilindro 6B después de mantenimiento	57
Gráfico 8.- RPM turbos lado A-B 3000 Kw.....	58
Gráfico 9.- RPM turbos lado A-B después del cambio	59
Gráfico 10.- Presión de aire turbos lado A-B Bar. 3000 Kw.....	60
Gráfico 11.- Presión de aire turbos lado A-B Bar. 3000 Kw.....	61

Gráfico 12.- Temperatura de cojinetes bancadas °C 3000 kw	62
Gráfico 13.- Temperatura de cojinetes bancadas °C 3000 kw.	63
Gráfico 14.- Temperatura cojinetes de bielas °C 3000 Kw	64
Gráfico 15.- Temperatura cojinetes de bielas al 23-03-2015.	65

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1.- IR_00624.IS2 y de luz visible del Inyector 1A.....	69
Imagen 2.- IR_00624.IS2 y de luz visible del Inyector 1A.....	70
Imagen 3.- IR_00626.IS2 y de luz visible del Inyector 3A.....	71
Imagen 4.- IR_00627.IS2 y de luz visible del Inyector 4A.....	72
Imagen 5.- IR_00628.IS2 y de luz visible del Inyector 5A.....	73
Imagen 6.- IR_00629.IS2 y de luz visible del Inyector 6A.....	74
Imagen 7.- IR_00627.IS2 y de luz visible del Inyector 1B	76
Imagen 8.- IR_00628.IS2 y de luz visible del Inyector 2B	77
Imagen 9.- IR_00628.IS2 y de luz visible del Inyector 2B después mantenimiento	79
Imagen 10.- IR_00629.IS2 y de luz visible del Inyector 3B	80
Imagen 11.- IR_00630.IS2 y de luz visible del Inyector 4B	81
Imagen 12.- IR_00631.IS2 y de luz visible del Inyector 5B	82
Imagen 13.- IR_00632.IS2 y de luz visible del Inyector 6B	83
Imagen 14.- IR_00633.IS2 y de luz visible del turbocompresor lado A.....	85
Imagen 15.- IR_00634.IS y de luz visible del turbocompresor lado B	86
Imagen 16.- IR_00635.IS2 y de luz visible del motor eléctrico bomba de agua.....	87
Imagen 17.- IR_00636.IS2 y de luz visible de bomba de agua camisas	88
Imagen 18.- IR_00637.IS2 y de luz visible de bomba de agua camisas	89
Imagen 19.- IR_00638.IS2 y de luz visible motor eléctrico bomba lubricación principal.	90
Imagen 20.- IR_00639.IS2 y de luz visible de bomba de lubricación aceite principal	91
Imagen 21.- Inyector 2b antes y después de reparación	93

RESUMEN

La generación térmica mediante los grupos electrógenos son de vital importancia para empresas auto generadoras de energía eléctrica, de ahí surge la necesidad de realizar análisis predictivos para la ejecución de mantenimientos por condición y rendimiento de la máquina, las deficiencias menores son registradas y reparadas cuando sea necesario cuando la unidad tenga una parada programada. Esta práctica permite la programación de los repuestos y tiempo de parada y solo se realizan las reparaciones necesarias dando importancia a todas las partes del motor, cabe recalcar que debemos considerar el análisis a las partes relevantes ya que si haríamos el análisis a todo el motor y sistemas el tiempo para realizar las inspecciones serían extendidos y no se alcanzaría a detectar las fallas a tiempo debido a los recursos limitados que tiene la empresa como tal. La primera técnica es el análisis de picos de compresión e inyección que son vulnerables a cambios y de ahí la importancia de inspecciones con frecuencias que según expertos en motores electrógenos deben ser cada 720 horas o 30 días o dependiendo la condición del motor, teniendo como variable importante el tipo de combustible que puede cambiar sus propiedades en cuestión de días, los cambios mencionados en picos de compresión e inyección deben ser corregidos a tiempo; por ejemplo: la baja presión en un cilindro 6B se debe a un cambio en la compresión que únicamente puede ser detectada con los instrumentos específicos ya que de no detectarse a tiempo las consecuencias pueden ser mayores, como un desprendimiento de la válvula de escape dando avería directa al turbocompresor así como también a la cabeza de pistón .La segunda técnica es la termografía la misma que nos alerta los cambios térmicos debido a variaciones de carga o incrementos de fricción, todo cuerpo transmite radiación en función de la condición, como es el caso de la detención de incremento de temperatura en un inyector cilindro 2B cuya temperatura cambió a falta de refrigeración por obstrucción en ductos; de ahí que como analistas debemos interpretar que está pasando en el sistema para dar un mantenimiento por condición y así evitar que la reparación sea mayor reduciendo el costo de mantenimiento y el tiempo de parada de los equipos.

ABSTRACT

Thermal generation through the generators have acquired a vital importance for self-generating of electricity companies, hence the need for predictive analytics for the execution of maintenance for machine performance and condition arises, minor deficiencies are recorded and repaired as necessary when the unit has a scheduled stopping. This practice allows the spare parts and time stopping programming and only necessary repairs are done giving importance to all engine parts, it should be noted that we must consider the analysis to the relevant parts only since if we would do the analysis to all the engine and systems the time to carry out inspections would be extended and it would not reach to detect failures in time due to the limited resources that the company itself has. The first technique is the analysis of compression and injection peak vulnerable to changes, and therefore the importance of frequent inspections, which according to experts in generating engines, they must be held every 720 hours or 30 days or depending on the engine condition considering as an important variable the fuel type which can change their properties just in a few days, changes mentioned in compression and injection peaks should be corrected in time; for instance: the low-pressure in a 6B cylinder is due to a change in the compression that can only be detected with specific instruments, since if it is not detected in time the consequences may be greater as a detachment of the exhaust valve causing direct damage to the turbocharger as well as the piston head. The second technique is thermography which alerts us about thermal changes due to variations in load or friction increases, every single body transmits radiation depending on the condition, as the case of the temperature increase standstill in a 2B cylinder whose temperature changed due to lack of refrigeration by obstruction in pipelines; that is why as analyst we should interpret what is happening in the system to provide maintenance by condition and to avoid repair gets more complicated by reducing maintenance costs and machines performance stopping time.

INTRODUCCIÓN

A inicios del siglo 20 la generación eléctrica ha marcado un cambio tecnológico y económico a nivel mundial, varios países han evolucionado en el campo de la energía eléctrica y otros han copiado a las grandes potencias con innovaciones tecnológicas según sus necesidades. La energía eléctrica desde sus inicios ha sido un negocio rentable, el cual contribuye al desarrollo de los países, y en la actualidad es considerada como un bien necesario para el ser humano. La industria cementera necesita de cantidades grandes de energía en todas sus formas, siendo el principal componente en el costo de fabricación del cemento.

En la empresa UNACEM Cementos Ecuador, la autogeneración de energía eléctrica se produce con grupos electrógenos de combustible combinado ligero y pesado. Estos grupos suministran la energía necesaria para los distintos procesos industriales, en la elaboración del cemento. En la actualidad la empresa demanda grandes cantidades de energía en todo horario, por ello es recomendable tener un plan predictivo efectivo, con la finalidad de evitar los paros innecesarios y suplir la demanda requerida.

Los programas de mantenimiento o análisis predictivos, han sido utilizados por la mayoría de las compañías que cuentan con grandes motores, o grupos electrógenos durante los últimos 40 años. El propósito principal de un mantenimiento preventivo es obtener el máximo rendimiento con la menor inversión.

Los programas de mantenimiento predictivo proveen un uso eficiente de la potencia del motor, descenso de pérdidas de producción, reducción de costos de mantenimiento, disminución de costos en consumo de combustibles, un mayor control de emisiones de gases de escape y garantías de que no ocurran fallas catastróficas en los grupos electrógenos y de sistemas auxiliares.

En este trabajo de fin de carrera se recalca que el análisis predictivo es el mantenimiento inicial a una falla futura, lo cual podemos intervenir en función de la condición de motor y sistemas auxiliares, dando lugar a una planificación para saber cuándo y con qué recursos se cuenta para la ejecución del mantenimiento.

CAPÍTULO I

1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Antecedentes

El motor diésel es un motor térmico que tiene combustión interna alternativa que se produce por el autoencendido del combustible debido a altas temperaturas derivadas de la compresión del aire en el interior del cilindro, según el principio del ciclo del diésel.

En la actualidad la demanda de energía eléctrica es de vital importancia para la producción ya que esto implica el costo beneficio de la empresa, de ahí surge la necesidad de tener generación propia (grupos electrógenos) los mismos que cubren la demanda requerida por la empresa las 24 horas al día, los 365 días del año, los mismos que salen de servicio únicamente por mantenimientos predictivos o programados.

La empresa UNACEM Ecuador S.A. es una empresa dedicada a la exploración, explotación de materias primas como también la elaboración del cemento, ubicada en Selva Alegre del cantón Otavalo. La sección de generación eléctrica está encargada de generar y suministrar energía eléctrica a toda la empresa como también al País debido que están conectados a la red nacional, la función específica de mantenimiento es realizar los diferentes test a los motores electrógenos, generadores y auxiliares que forman parte de dichos grupos los mismos que por condiciones y diseño carecen de ciertos parámetros para la detención de fallas o averías. Por consiguiente se pone en Consideración el presente proyecto, que el personal que labora en esta área conozca, maneje e intérprete correctamente un análisis predictivo para incrementar la fiabilidad y utilización de los grupos electrógenos.

1.2 Planteamiento del problema

La empresa UNACEM Cementos S.A para suplir la demanda cuenta con su propia planta de Generación Térmica la misma que es afectada en sus indicadores de fiabilidad y producción debido a los paros no programados (mantenimientos incidentales) obligando a

comprar la energía a la empresa Emelnorte y con esto incrementa el costo del Kw/h como también incrementa el costo de gastos por reparación de mantenimientos no programados.

1.3 Formulación del problema

¿Realizar Interpretación del análisis predictivo en motores electrógenos de combustión interna marca Niigata PC2-5V 400 de propiedad de la empresa UNACEM Cementos S.A mediante el uso de equipos predictivos los mismos que ayudarán a identificar una falla o avería en el motor y sistemas auxiliares?

1.4 Delimitación del problema

1.4.1 Unidades de observación.

El estudio se realizará en las instalaciones de la Central térmica de la empresa UNACEM Cementos, ubicada en la ciudad de Otavalo, provincia de Imbabura donde se produce un gran porcentaje de energía eléctrica mediante la generación térmica.

1.4.2 Temporal.-

El estudio y ejecución del proyecto se realizará desde noviembre 2014 hasta marzo 2015, el cual estará distribuido en un cronograma de actividades.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivos generales

Interpretación del análisis predictivo en motores electrógenos de combustión interna marca Niigata PC2-5V 400 de propiedad de la empresa UNACEM Cementos S.A.

1.5.2 Objetivos Específicos

1. Investigación bibliográfica acerca del análisis predictivo para motores electrógenos de combustión interna marca NIIGATA PC2-5V 400.
2. Toma de datos en motor electrógeno de combustión interna ubicación OTV-818-0E03, análisis de picos de compresión e inyección, análisis termográfico de motor y sistemas auxiliares.
3. Análisis de datos obtenidos en motor electrógenos y sistemas auxiliares.
4. Elaboración e interpretación del análisis predictivo en motores electrógenos de combustión interna marca NIIGATA PC2-5V 400 de propiedad de la empresa UNACEM CEMENTOS S.A.

1.6 Justificación

Como consecuencia de las incertidumbres que presenta el mantenimiento preventivo y con el apoyo del desarrollo tecnológico, se desarrolló un nuevo concepto de mantenimiento basado en la condición o estado de la máquina. Este tipo de intervención se conoce como mantenimiento predictivo, así se puede programar una intervención sin afectar al proceso productivo, optimizando los costos de producción, mano de obra y repuestos. Se evitan de este modo grandes y costosas averías agilizando las intervenciones en tal virtud la producción energética es rentable.

El presente estudio tiene repercusión práctica aportando información técnica valiosa que servirá de material que incentive el desarrollo y la práctica de reflexión y acción sobre el quehacer de los estudiantes, generando acciones tendientes al desarrollo y practicar la carrera con una dimensión más técnica.

1.7 Aporte

Esta interpretación del análisis predictivo aporta a los procedimientos de mantenimientos predictivos del motor electrógeno de la empresa UNACEM Ecuador, los mismos que reducen costos de mantenimiento ya que se puede planificar con anterioridad, evitando que el daño sea mayor y no se tenga planificado los recursos.

Esta interpretación del análisis predictivo ayuda a inspectores mecánicos para el correcto análisis e interpretación de fallas, como también en la toma de decisiones oportunas, convirtiéndose en un mantenimiento proactivo, el mismo que se ejecuta por condición del motor y sistemas auxiliares.

La interpretación del análisis predictivo será de gran aporte para estudiantes de la carrera de Ingeniería de mantenimiento Automotriz ya que permitirá brindar conocimientos de técnicas aplicadas en mediciones de picos de compresión e inyección, análisis e interpretación de imágenes termográficas en motores electrógenos y sistemas auxiliares.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Fundamentación teórica

2.1.1. Breve reseña histórica de la UNACEM

En Diciembre de 2004, el Grupo Lafarge adquirió la empresa Cementos Selva Alegre S.A., otorgándole una nueva visión al integrarla al grupo de materiales de construcción más grande a escala mundial. En Ecuador, Lafarge Cementos S.A. cuenta con oficinas centrales en Quito y una planta con dos líneas de cemento ubicadas en Otavalo, provincia de Imbabura. Actualmente cuenta con una producción nominal de 1 millón 600 mil toneladas y una variedad de productos como:

1. Selvalegre Plus, experto para construcciones convencionales y especializadas
2. Selvalegre Anti-Humedad, experto para climas húmedos
3. Armaduro, experto para prefabricados
4. Campeón, experto para uso general. (LAFARGE, 2014)

La compañía peruana UNACEM (Unión Andina de Cementos), conformada por Cementos Lima y Cemento Andino, pactó la adquisición del 98,57% de las acciones de la subsidiaria en Ecuador de la francesa Lafarge Cementos.

“La planta de Lafarge Cementos de Ecuador tiene una capacidad para producir 1,4 millones de toneladas de cemento al año y es similar a la que tiene UNACEM en la localidad de Condorcocha (Junín)” (LAFARGE, 2014)

2.1.2. La historia de la cementera UNACEM

Unión Andina de Cementos (UNACEM) fue constituida en 1967 como resultado de aportes de la empresa Sindicato de Inversiones y Administración (SIA) por el equivalente a 50% del capital social. En 1974, las acciones de la empresa se transfirieron en su totalidad a Inversiones Cofide S.A. En 1981, 51% de las acciones fueron devueltas a

SIA y a otros accionistas, y en 1994, en el marco del proceso de privatización, se puso en venta el restante 49% de acciones de Cementos Lima, que aún poseía el Estado, siendo estas adquiridas por SIA y por otros accionistas. En el 2012, Cementos Lima absorbió por fusión a Cemento Andino, lo que fue aprobado en Sesión de Directorio de ambas entidades el 27 de junio del mismo año, modificando la razón social de dicha sociedad a Unión Andina de Cementos S.A.A. (UNACEM). Esta fusión entró en vigencia el 1° de octubre del 2012 (La República.PE, 2014).

2.1.3. Ubicación geográfica:

Provincia: Imbabura
 Cantón: Otavalo
 Parroquia: San José de Quichinche
 Sector: Perugachi km 7 ½”

El área donde se efectúa la investigación es de 90.000 m²

El personal que labora en esta área es el siguiente:

Gerente de Planta Eléctrica	1
Jefe de mantenimiento planta Eléctrica	1
Coordinador de mantenimiento Planta Eléctrica	1
Supervisor de operaciones	1
Supervisor Mecánico	1
Supervisor Eléctrico	1
Inspector Mecánico-Planificador	1
Operadores	5
Mecánicos de ejecución	5
Eléctricos de Ejecución	2
Ayudantes mecánicos	5

2.1.4. Motor electrógeno de combustión interna:

El motor electrógeno es un conjunto de máquinas rotativas, eléctricas y de combustión, acopladas mediante un eje mecánico, capaces de transformar la energía térmica precedente del combustible en energía mecánica en forma de giro del eje, y a su vez esta energía eléctrica en forma de corriente alterna. (Universidad de Mendoza, 2014)

Este motor provee energía eléctrica estándar de forma autónoma a consumidores que no se encuentren conectados a la red eléctrica de la zona o requieren de una mayor demanda; que tengan la necesidad continua del suministro eléctrico como: procesos industriales, locales públicos. Procesos informáticos automatizados, centrales, subestaciones, centros de maniobra, aeropuertos, hospitales, etc.



Figura 1.- Motor diésel marca Colt-Pielstick PC2.5 STC
Fuente: (FAIRBANKS, 2014)

El motor electrógeno es un dispositivo que convierte energía mecánica en energía eléctrica. Los grupos electrógenos no crean energía eléctrica, sino que a través de la energía mecánica de una fuente externa, crean un flujo de cargas eléctricas.

(Grupo Electrógeno, 2014) El científico Michael Faraday descubrió el principio de inducción electromagnética. Señaló que el movimiento del conductor, como un cable que contiene cargas eléctricas, dentro de un campo magnético, induce un flujo de cargas eléctricas; es decir convierte la energía mecánica en energía eléctrica.

Los componentes principales de un grupo electrógeno son: el motor, el alternador, el regulador del voltaje, el sistema de combustible, el sistema de escape y de enfriamiento,

el sistema de lubricación, el tablero de control, el cargador de la batería, el montaje principal.(Grupo Electrogeno, 2014)

El motor brinda la energía mecánica para el funcionamiento del grupo electrógeno y el alternador facilita la energía de salida, es decir genera la electricidad. Los grupos electrógenos funcionan con gas natural, diésel, gasolina o propano. El combustible usado depende de la disponibilidad, el costo, cuantos watios va a utilizar, y el sitio donde trabajará (residencial, comercial o industrial).

Partes del grupo electrógeno:

- a) Motor.-El motor representa la fuente de energía mecánica para que el alternador gire y genere electricidad. Existe dos tipos de motores: Motores de gasolina y de diésel. Éstos son los motores más utilizados en los grupos Electrógenos por sus prestaciones mecánicas, ecológicas y económicas.
- b) Regulador del motor. Es un dispositivo mecánico que mantiene la velocidad del motor constante, con relación a los requisitos de carga. “La velocidad del motor está directamente relacionada con la frecuencia de salida del alternador, por lo que cualquier variación de la velocidad del motor afectará a la frecuencia de la potencia de salida” (WODWARD, 2014)



Figura2. -Woodward UG-40 Governors
Fuente: (WODWARD, 2014)

- c. Sistema de refrigeración. El sistema puede ser por medio de agua, aceite o aire. El sistema de refrigeración con agua/aceite tiene: un radiador, y un ventilador interior para enfriar sus propios componentes. El sistema de refrigeración por aire posee un ventilador de gran capacidad que hace pasar aire frío a lo largo del motor.



Figura 3.- Intercoolers para motores
Fuente: (FLOWTHERM , 2014)

- d. Sistema de lubricación.- Es uno de los sistemas más principales en los motores estacionarios o marinos el lubricante cumple, principalmente, con la función de modificar las superficies de los cuerpos metálicos en contacto que experimentan un movimiento relativo entre sí. Gracias a ello, se reduce la fricción entre componentes y se consigue el mismo movimiento con un menor aporte energético que redundaría en un mayor rendimiento del conjunto. No en vano, un motor marino recibe del lubricante otros servicios que ayudan a su correcto funcionamiento y durabilidad. El lubricante, por tanto, también se emplea para: reducir el desgaste que se generaría por la fricción entre componentes, eliminar el calor residual del proceso de combustión y fricción, prevenir la corrosión, absorber esfuerzos, limpiar impurezas y formar sellos. El sistema de lubricación del motor marino se compone fundamentalmente de las siguientes partes:
- Tanques de almacenamiento.- Son los encargados de recibir el aceite que ha cumplido su función y acumularlo para reiniciar el ciclo. En los grandes motores principales el tanque de almacenamiento puede ser ajeno al motor,

mientras que los motores de menor tamaño emplean el cárter para acumular el aceite. En este caso el motor se clasifica como motor de cárter seco, en los que el cárter no aloja el lubricante y motores de cárter húmedo, en los que sí que el cárter cumple con la función acumuladora.

- Bombas de circulación.- Los motores estacionarios, ya sean auxiliares o principales, emplean sistemas de circulación de aceite forzada. Por tanto, en este tipo de motor, el aceite recorre los pasajes del motor y los elementos del circuito impulsado por el incremento de presión que una bomba le ha comunicado.
- Las bombas del motor marino pueden ser accionadas por el propio cigüeñal del motor que, comunicando su energía mediante ejes de engranajes o directamente, accionan la bomba o mediante un sistema independiente. Las bombas de lubricación están sujetas por tanto a los cambios de velocidad del cigüeñal, así pues, una reducción de la velocidad de giro supondrá una disminución de la presión de salida del fluido lubricante. En este caso el motor debe disponer de una bomba de prelubricación con tal que durante el arranque del motor se asegure una fricción mínima entre piezas móviles. Aunque no es frecuente, la bomba de lubricación principal del motor puede ser accionada por un motor eléctrico independiente.

“Debido a los cambios de velocidad que produce el motor, la presión del aceite de lubricación se regula mediante válvulas reguladoras que abren y cierran manteniendo un caudal de lubricante constante. Las bombas de lubricación del motor marino son de desplazamiento positivo, por lo que generan un incremento de presión por reducción de volumen”. (Atmosferis, 2012)

- e. Turbocompresor. El turbo compresor llamado también turbo es el sistema de sobrealimentación de aire hacia el motor utilizando los gases de escape acciona a una turbina compresora para asimilar el aire comprimido el mismo que por efecto del incremento de presión su temperatura sube sobre los 100 °C de ahí la necesidad de enfriar dicho aire mediante los llamados intercooler para tener un aire óptimo tanto en caudal, presión y temperatura.

“Antiguamente su aplicación se realizaba, sobre todo, en grandes motores diésel y en algunos motores de gasolina destinados a automóviles de elevadas prestaciones y de competición. No obstante, a raíz de la primera crisis del petróleo de mediados de los 70, la necesidad de conseguir buenas prestaciones con bajas cilindradas para reducir consumos hizo más popular el turbo. En los ochenta se asoció a motores diésel y gasolina de buenas prestaciones, haciéndose muy común en el siglo XXI en prácticamente cualquier motor de baja cilindrada que busque unificar reducidos consumos y buenas cifras de potencia”. (MotorGiga, 2014)

Sistema de control.

Consta de uno o más tipos de paneles y sistemas de control para controlar el funcionamiento y salida del grupo y para protegerlo contra posibles fallos en el funcionamiento. El manual del sistema de control proporciona información detallada del sistema que está instalado en el Grupo Electrónico.

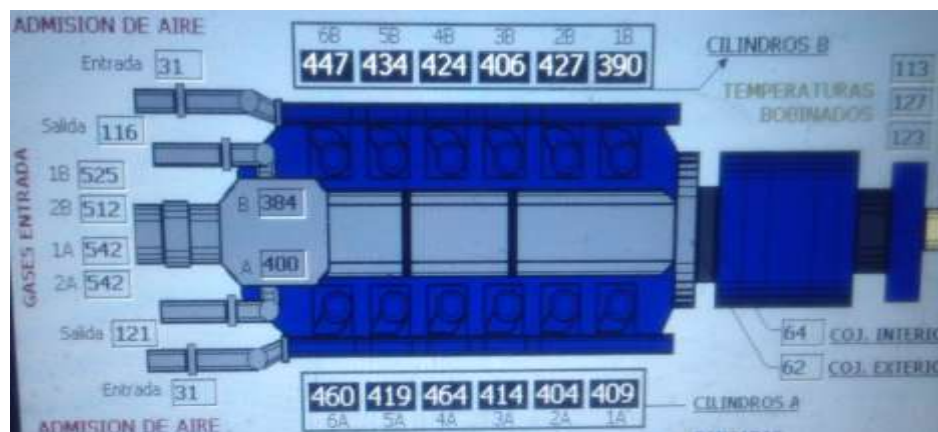


Figura 4.- Sistema de control.

Fuente: UNACEM

Rendimiento.

El rendimiento es un concepto asociado al trabajo realizado por las máquinas. Todo el mundo sabe que obtener un buen rendimiento supone obtener buenos y esperados resultados con poco trabajo. En Física este concepto se define como el cociente entre el trabajo útil que realiza una máquina en un intervalo de tiempo determinado y el trabajo total entregado a la máquina en ese Intervalo.

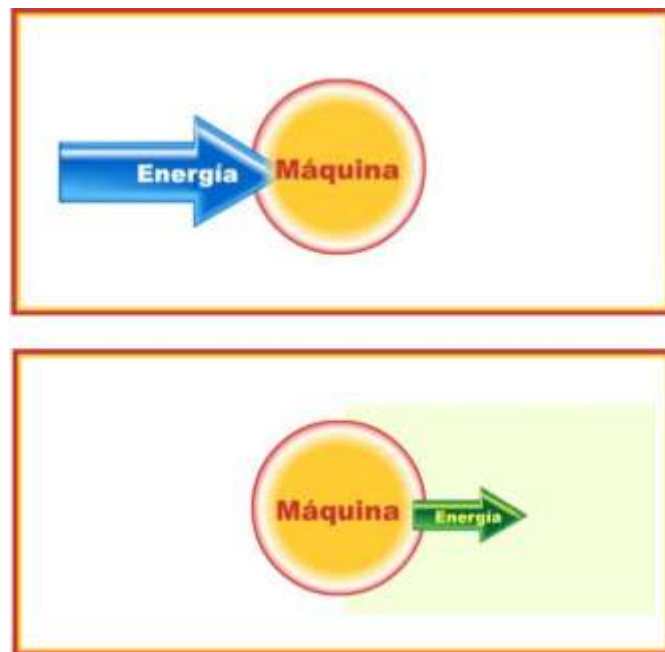


Figura 5.- Rendimiento

Fuente: (Instituto Nacional de Tecnologías Educativas, 2014)

Los diferentes regímenes de potencia de los grupos electrógenos describen las condiciones máximas permisibles de carga de un generador que deben, además, operar a una carga mínima suficiente de modo tal de lograr temperaturas normales y quemar apropiadamente el combustible. Los fabricantes recomiendan que un grupo electrógeno se opere a un mínimo del 30% de la capacidad mostrada en la placa de datos. (SULLAIR, 2014)

Tipos de potencia:

- **Potencia Stand-by.-** Se aplica para la provisión de energía de emergencia; esto es, cuando la energía se suministra por la duración de la interrupción de la energía

normal. No se dispone de sobrecarga en este régimen. Se aplica en instalaciones en las que la fuente de servicio público normal es confiable. Se aplica a cargas variables con un factor de carga promedio de 70 por ciento de la capacidad Standby (y por un máximo de 200 horas de operación por año). En instalaciones donde la operación es probable que exceda las 200 horas por año a carga variable o 25 horas por año al 100% de la capacidad, deberá ser aplicada la potencia prime. Sólo es aplicable en emergencia y Stand-by, donde el generador sirve como respaldo a la fuente de servicio público normal. No se permite la operación en paralelo con la red.

- **Potencia Prime.-** Se aplica cuando se suministra energía eléctrica en lugar de la energía comprada comercialmente de la red. Potencia Prime con tiempo de operación ilimitado.- Disponible para un número ilimitado de horas de operación al año en aplicaciones de carga variable. Potencia Prime con tiempo de operación limitado.- Disponible para un número limitado de horas de operación al año en aplicaciones de carga constante
- **Potencia Carga Base.-** Se aplica para suministrar potencia continuamente a una carga hasta el 100 por ciento de la capacidad base por horas ilimitadas. No se dispone de capacidad de sobrecarga sostenida en este régimen. En estas aplicaciones, los grupos electrógenos se operan en paralelo con la red bajo cargas constantes por periodos prolongados. Se puede funcionar en este Régimen en sistema aislado, siempre que la carga sea constante en el tiempo. (SULLAIR, 2014)

2.1.5. Variables de Medición:

Temperatura.

La Temperatura es una propiedad de la materia que está relacionada con la sensación de calor o frío que se siente en contacto con ella. Cuando tocamos un cuerpo que está a menos temperatura que el nuestro sentimos una sensación de frío, y al revés de calor. Sin embargo, aunque tengan una estrecha relación, no debemos confundir la temperatura con el calor. Cuando dos cuerpos, que se encuentran a distinta temperatura, se ponen en contacto, se producen una transferencia de energía, en forma de calor, desde el cuerpo caliente al frío, esto ocurre hasta que las temperaturas de ambos cuerpos se igualan.

En este sentido, la temperatura es un indicador de la dirección que toma la energía en su tránsito de unos cuerpos a otros.

El instrumento utilizado habitualmente para medir la temperatura es el termómetro. Los termómetros de líquido encerrado en vidrio son los más populares; se basan en la propiedad que tiene el mercurio, y otras sustancias (alcohol coloreado, etc.), de dilatarse cuando aumenta la temperatura. El líquido se aloja en una burbuja -bulbo- conectada a un capilar (tubo muy fino). Cuando la temperatura aumenta, el líquido se expande por el capilar, así, pequeñas variaciones de su volumen resultan claramente visibles.

Actualmente se utilizan tres escalas para medir la temperatura, la escala “Celsius es la que todos estamos acostumbrados a usar, el Fahrenheit se usa en los países anglosajones y la escala Kelvin de uso científico”. (Gaité, 2012)

Un Pt100 es un sensor de temperatura. Consiste en un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica. El incremento de la resistencia no es lineal pero si creciente y característico del platino de tal forma que mediante tablas es posible encontrar la temperatura exacta a la que corresponde.

Un Pt100 es un tipo particular de RTD (Dispositivo Termo Resistivo) Normalmente las Pt100 industriales se consiguen encapsuladas en la misma forma que las termocuplas, es decir dentro de un tubo de acero inoxidable u otro material (vaina), en un extremo está el elemento sensible (alambre de platino) y en el otro está el terminal eléctrico de los cables protegido dentro de una caja redonda de aluminio. (Arian, 2013)

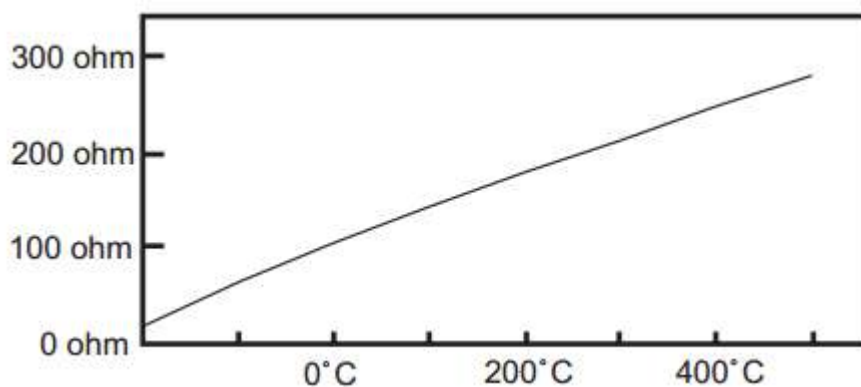


Figura 6.- Incremento de resistencia en función de la temperatura
Fuente: (Arian, 2013)

Termómetros infrarrojos.- Los termómetros por infrarrojos se utilizan en ubicaciones que no permiten el uso de los termómetros convencionales de contacto. Con estos instrumentos portátiles se pueden medir temperaturas dentro del rango de -100...3.000°C sin entrar en contacto con el objeto a medir. Precisamente por eso los termómetros infrarrojos son los instrumentos idóneos para medir la temperatura de superficie de piezas de difícil acceso o en movimiento.

La temperatura se determina mediante la medición de la radiación de calor. La temperatura emite diferentes amplitudes de ondulación, captadas por la óptica del termómetro infrarrojo. El funcionamiento está basado en las leyes físicas establecidas por los físicos Max Planck y Stefan Boltzmann. La energía emitida con su amplitud característica depende de la temperatura del emisor (ley de radiación de Planck). La intensidad de esta energía aumenta con la temperatura del emisor en cuestión (ley de Stefan Boltzmann) y, por lo tanto, la óptica tiene que ser adaptada en consonancia con la amplitud para captar la temperatura del objeto. (Wika, 2000)



Figura 7. Uso termómetros infrarrojos.
Fuente: (Wika, 2000)

Cámara termográfica.- Una cámara termográfica es un tipo de cámara que crea una imagen con luz infrarroja. Esta tecnología también puede llamarse mirando adelante infrarrojos (FLIR), o de imágenes térmicas. A diferencia del normal fotográfico o cámaras de vídeo que registran las diferentes longitudes de onda de la luz visible como imágenes,

estos dispositivos detectan la luz invisible, infrarrojos, también conocido como calor. En esencia, crean una representación visual de calor.

Infrarrojos es la radiación electromagnética con una longitud de onda más larga que la luz visible. Por lo tanto, resulta invisible para el ojo humano. Mayoría de las cámaras termográficas están diseñadas para detectar estas longitudes de onda más largas y a distinguir los diferentes niveles de intensidad de infrarrojos. Por ejemplo, las criaturas vivientes normalmente emiten niveles más altos de infrarrojos que objetos inanimados, por lo que pueden aparecer con una mayor intensidad en una imagen infrarroja.



Figura 8.- Termográfico
Fuente: (Ingeniatic, 2014)

Presión.

La presión se define como fuerza por unidad de área. Para describir la influencia sobre el comportamiento de un fluido, usualmente es más conveniente usar la presión que la fuerza. La unidad estándar de presión es el Pascal, el cual es un Newton por metro cuadrado. Para un objeto descansando sobre una superficie, la fuerza que presiona sobre la superficie es el peso del objeto, pero en distintas orientaciones, podría tener un área de contacto con la superficie diferente y de esta forma ejercer diferente presión. (Nave, 2014)

Todos los transductores y transmisores de presión, convierten una presión aplicada en una señal eléctrica. Esta señal se envía a las computadoras, grabadoras de cuadros, medidores digitales de panel u otros dispositivos del PLC (controladores programables lógicos) que interpretan esta señal eléctrica y la utilizan para mostrar, registrar y/o cambiar la presión en el sistema que se está monitoreando.

La señal más común utilizada en aplicaciones industriales es un circuito de corriente de 2 alambres y 4-20 miliamperios (mA). Otras señales utilizadas incluyen 1-5 voltios, 0.5 voltios, 0-10 voltios (sistema de 3 alambres) y 0-100 milivoltios (sistema de 4 alambres). En muchos casos, el dispositivo de visualización, que está en el transmisor, puede aceptar más de un tipo de salida; por ejemplo, 4-20 mA o 0-5 voltios. Debido a su popularidad, WIKA fabrica una gran variedad de transmisores de presión de 4-20 mA de salida; inclusive, ha desarrollado transmisores de presión especiales para la industria alimenticia, petroquímica, química y tratamiento de aguas. Otra característica de los transmisores de presión wika es que “pueden ser suministrados para ser utilizados en áreas peligrosas, es decir con aprobación FM ó CSA”. (FlexLatina, 2014)



Figura 9.- Transmisor de presión
Fuente: (FlexLatina, 2014)

Vibración.

Las vibraciones se definen como los movimientos oscilatorios de un cuerpo alrededor de un punto de referencia y se pueden producir por efecto del propio funcionamiento de una máquina o un equipo como también por cambios físicos de las mismas. El movimiento de un cuerpo en vibración tiene dos características la frecuencia y la intensidad. (Cermola, 2014).

- Frecuencia: indicación de velocidad.
- Intensidad: amplitud de movimiento.

Para medir vibraciones y oscilaciones en muchas máquinas e instalaciones, así como para el desarrollo de componentes o herramientas se usa los acelerómetros cuyos valores se pueden almacenar parcialmente. Mide los parámetros siguientes:

- Aceleración de la vibración
- Velocidad de vibración
- Variación de vibración.

Los acelerómetros son de gran ayuda para el profesional ya que puede realizar mediciones exigentes en cada campo de la industria, y poder resolver el problema técnico que exista.



Figura 10.- Acelerómetro
(EcuRed, 2015)

Rpm.

(Definición de, 2014)La sigla RPM puede hacer referencia a diferentes conceptos. Por lo general, su uso está vinculado a las revoluciones por minuto: la cantidad de vueltas que un cuerpo giratorio completa alrededor de su eje cada sesenta segundos.

Las RPM, es una unidad de frecuencia que no forma parte del Sistema Internacional de Unidades (SI), ya que éste apela al hercio (un hercio representa un ciclo por segundo). Su uso habitual hace referencia al funcionamiento de un vehículo. El Tacómetro es un dispositivo necesario para medir la cantidad de revoluciones (giros) de un eje. Al medir el número de revoluciones, también mide la velocidad con que gira el eje y, por extensión, la velocidad con que gira un motor.

Los tacómetros suelen medir las revoluciones por minuto (de acuerdo a su sigla, RPM). Por lo general esta unidad de frecuencia se expresa por 1.000.



Figura 11.- Tacómetro
Fuente: (Definición de, 2014)

2.1.6. Motor a diésel

Generalidades

El motor PC2-5V fue desarrollado por S.E.M.T. (Sociedad de Estudios de Máquinas Térmicas) en Francia 1955 y desde entonces ha sido fabricado por más de concesionarios autorizados en todo el mundo como un motor diésel combinado de velocidad media y gran tamaño capaz de funcionar con fuel oíl de baja calidad: Actualmente está considerado como uno de los mejores motores diésel del mundo. (S.E.M.T., 2012)

Motor NIIGATA

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

Especificaciones del cilindro

Ciclo de trabajo	Ciclo de cuatro tiempos de simple efecto.
Diámetro interior	400 mm.
Carrera	460 mm.
Volumen de la carrera	57.81 litros.
Volumen de la cámara de combustión	5,51 litros
Relación de compresión	11,5/1

ESPECIFICACIONES DEL MOTOR

Distancia entre líneas centrales de los cilindros.	740 mm.
Desplazamiento entre cilindros en la misma carrera del cigüeñal (tipo V)	125 mm.
Angulo V	45°

ESPECIFICACIONES DEL CIGÜEÑAL

Diámetro de los muñones del cigüeñal.	315 mm.
Diámetro de los muñones de los cojinetes principales.	315 mm.
Diámetro de los muñones de cojinetes de anclaje.	330 mm.

REGLAJE DE VÁLVULAS DE ADMISIÓN Y ESCAPE.

Válvula de admisión

Abertura : (Antes de T.C.C)	55° 17'
Cierre : (Después de T.D.C)	41° 20'

Válvula de escape

Abertura : (Antes de B.D.C)	60° 17'
Cierre : (Después de T.D.C)	50° 17'

Angulo de barrido

Angulo de barrido	105° 34''
-------------------	-----------

INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE

Método	Inyección directa
Número de agujeros x día. Agujero x ángulo de inyección.	10 x 0.60 x 140° (fuel oil claro)
Presión de regulación de la inyección.	240 Kg/cm ²
Sincronización del comienzo de la inyección	12 a 18° antes de T.D.C.

MANUAL MOTOR DIESEL PIELSTICK S.E.M.T. DE NIIGATA PÁG. 7

VELOCIDAD

Velocidad de régimen (máxima)	N=520 rpm
Velocidad sobrecargada (1 hr. o menos)	N x 1,03 rpm
Desconexión de sobre velocidad mecánica.	Aprox. N x 1,15
Velocidad mínima.	Aprox. 170
Velocidad máxima de prueba (30 min. o menos)	N x 1,06
Velocidad mínima de encendido.	Aprox. 80
Velocidad media del pistón (N= 520 rpm)	7,97 m/seg

SALIDA (en el extremo del cigüeñal)

Salida de régimen (a la velocidad de régimen.	P= 650 ps
Salida sobrecargada (1 hr. o menos)	P x 1,10

PAR MOTOR (en el extremo del cigüeñal)

Par motor medio (520 rpm)	T= 900 Kg-m
Par motor sobrecargado medio (10% sobrecarga , 520 rpm)	P x 1,10

PRESIÓN

Presión efectiva media (salida régimen 520 rpm)	19,5 Kg/cm ²
Presión del cilindro máxima.	130 kg/cm ²

MANUAL MOTOR DIESEL PIELSTICK S.E.M.T. DE NIIGATA PÁG. 8

FUEL OIL

Clase	Fuel oíl ligero o negro muy viscoso.
Presión de entrada al motor.	2,5 a 3.5 kg/cm ²
Fuel oíl ligero o negro ligero.	0,5 a 2,5 kg/cm ²
Fuel oíl muy viscoso	1,5 a 3,0 kg/cm ²

AGUA DE ENFRIAMIENTO (agua dulce)

Calidad	Agua dulce tratada
Régimen de flujo (por cilindro)	Aprox. 15m ³ /hr.
Presión en la entrada del motor	2,0 a 3,0 Kg/cm ²
Temperatura en la salida del motor valor normal.	80° a 85° C
Máximo valor tolerable (alarma)	92° C o superior
Máximo valor límite (desconexión)	95° C

AGUA DE ENFRIAMIENTO (válvula de inyección de combustible)

Calidad	Agua dulce tratada
Régimen de flujo (por cilindro)	100 a 150 Lt/hr.
Temperatura en la entrada del motor.	40° a 50° C

ACEITE LUBRICANTE PRINCIPAL

Clase de aceite	Aceite HD
Presión en la entrada al motor valor normal	5,0 a 6,0 kg/cm ²
Mínimo valor tolerable (alarma)	4,2 kg/cm ²
Mínimo valor de límite (desconexión)	3,5 kg/cm ²
Temperatura en la entrada del motor valor normal	50° a 60°C
Máximo valor tolerable (alarma)	65° C
Temperatura en la salida del motor valor normal	60° a 70° C
Máxima temperatura tolerable (alarma)	75° C o superior

(S.E.M.T., 2012, pág. 9)

ACEITE LUBRICANTE MECANISMO DE DISTRIBUCIÓN (por válvulas y de los balancines de las válvulas)

Norma de presión de lubricante	0,5 a 1,2 kg/cm ²
Mínimo valor tolerable (alarma)	0,3 kg/cm ²

ACEITE LUBRICANTE del turbosoplador

Método de lubricación	Sistema de lubricación externa bomba independiente.
Clase de aceite	Random HD 68
Presión del lubricante valor normal	0,6 a 1,0 kg/cm ²
Presión del lubricante mínimo valor tolerable	0,5 kg/cm ²
Presión del lubricante mínimo valor límite	0,4 kg/cm ²

AIRE DE ASPIRACIÓN Y GAS DE ESCAPE
(a la salida de régimen, 520 rpm, por cilindro)

Peso del aire de aspiración.	3.380 kg/hr.cil.
Resistencia del aire de aspiración tolerable en la entrada del turbosoplador.	200 mm Aq
Peso del gas de escape	3.510 kg/hr.cil.
Resistencia del gas de escape tolerable en la salida del turbosoplador.	250 mm Aq
Temperatura del aire de aspiración tolerable en la entrada del turbosoplador.	50° C

(S.E.M.T., 2012, pág. 10)

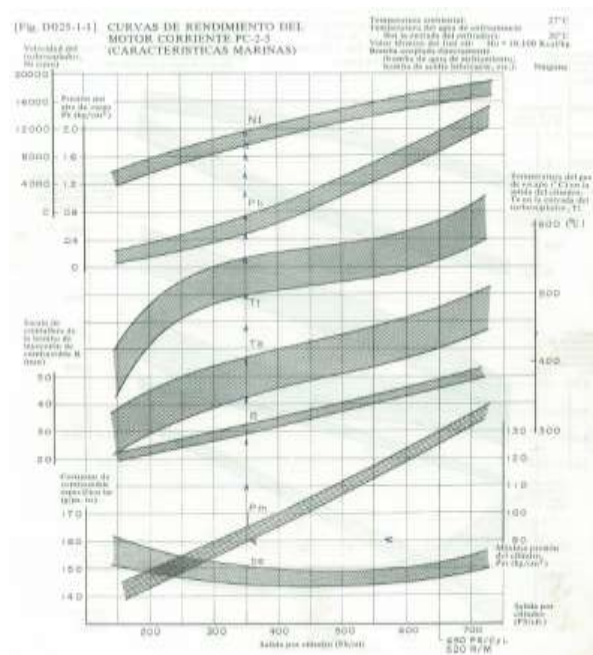


Figura 12.- Curvas del rendimiento del Motor PC2-5V
Fuente: (S.E.M.T., 2012, pág. 11)

Consumo de combustible.

El consumo de combustible en los motores de combustión interna (MCI) a partir de derivados del petróleo, tiene importancia teniendo en cuenta el alto costo de los mismos, así como el agotamiento de las reservas. “Desde otro punto de vista innumerables autores analizan y evalúan los aspectos relacionados con la contaminación atmosférica y

específicamente la disminución de la capa de ozono provocada por los desechos de la combustión” (VSÓROV, 2002)

En la producción agrícola e industrial así como en los procesos de transporte se utilizan para realizar trabajos variadas fuentes energéticas las cuales tienen un impacto determinante en los costos de producción, así como en las normas ambientales establecidas para el desarrollo humano y la protección de la vida y preservación de los recursos en nuestro planeta. (Fernández, 1987, pág. 176)

El desarrollo progresivo de la producción por una parte y el confort que brindan a la sociedad todo el equipamiento consumidor de energía, hacen que cada día más los consumos energéticos se incrementen en forma geométrica, “esta situación está altamente estimulada en las sociedades de consumo de los países industrializados desarrollados así como numerosos países en desarrollo y de los denominados del tercer mundo” (Aragón, 1986).

“El consumo de combustible para producir un kW/h en los motores de combustión interna oscila de la siguiente forma: en motores Diésel de 217 a 272 g/kW·h y en motores de gasolina de 229 a 353 g/kW·h”. (Vsóriv, 1986).

Es factible analizar el consumo en función de la masa en kg del medio (fuentes energéticas) y el volumen del peso transportado así como la velocidad del movimiento y el trabajo realizado. “En la agricultura el consumo de combustible de las fuentes energéticas utilizadas se evalúa en función del área elaborada, el volumen de producción, la masa transportada o elaborada, el volumen de agua movida o áreas regadas. (González V. R., 1996).

El consumo de combustible de los motores de combustión interna está determinado por diferentes factores en los cuales se puede señalar los siguientes:

1. Diseño y construcción;
2. Explotación;
3. Mantenimiento y reparación.
4. Referente al diseño y construcción tienen influencia en el consumo de combustible los siguientes aspectos:
5. Tecnología de la construcción y los materiales empleados;
6. Número de cilindros y su distribución;

7. Cámara de combustión, su diseño y régimen térmico, la relación de compresión de acuerdo al tipo de combustible;
8. Sistema de suministro de combustible y aire;
9. Diseño de los mecanismos de distribución esto es el suministro de aire y combustible y evacuación de los gases residuales;
10. Los mecanismos y el sistema de movimiento de la distribución así como la forma de apertura de las válvulas;
11. Sistema de lubricación y de enfriamiento incluyendo el gasto de la bomba de agua o la turbina de enfriamiento;
12. Masa (peso) de los componentes;
13. Balance dinámico del cigüeñal en función de las fuerzas inerciales y del diseño del motor (número de cilindros, etc.);
14. Utilización de turbo-cargadores y enfriamiento del aire;
15. Capacidad del alternador;
16. Masa del motor;
17. Tipo de transmisión;
18. Sistema de rodaje;
19. Prestaciones (aire acondicionado, dirección y frenos asistidos, etc.):
20. Los factores que tienen incidencia en la explotación son los siguientes:
21. Régimen térmico del trabajo del motor;
22. Calibración, ajuste y regulación de los mecanismos así como su estado técnico;
23. Condiciones de explotación referidas a temperatura ambiente, humedad relativa y altitud (presión atmosférica);
24. estado técnico de agregados, el alternador, radiador, bomba de agua y de aceite, batería, sistemas auxiliares, compresores, turbo cargadores, y sistemas de enfriamientos del aire;
25. Silenciosos y catalizadores, filtro de aceite y depuradores de aire.
26. Sistemas computarizados de inyección de combustible y operación.
27. Referido al mantenimiento y reparación se tiene:
28. Estado técnico de los filtros de depuración (aire, aceite, combustible, y catalizadores);
29. Estado técnico de la transmisión, rodamiento y frenos;

30. estado técnico de los componentes del sistema de alimentación y evacuación de gases;
31. Estado técnico del conjunto pistón, biela, manivela;
32. Estado técnico del sistema eléctrico y la batería);
33. Calibración de los mecanismos de distribución, bombas, inyectores, etc.:
34. Tipos de aceite y combustibles utilizados;
35. Régimen de explotación y su correspondencia con los parámetros de diseños;
36. Estado técnico del termostato y su correspondencia con el régimen de trabajo del motor y las condiciones.

Todos estos factores relacionados con la explotación, mantenimiento y reparación pueden ser medidos y evaluados en correspondencia con los valores o índices dados por el fabricante, determinando las pérdidas de potencia y por ende el exceso de combustible utilizado en los diferentes procesos. (Vsórov, 2002).

Las investigaciones realizadas y los resultados de pruebas de explotación así como los datos obtenidos de ciclos completos de vida útil de motores de tractores, automóviles, camiones y estacionarios, brindan los siguientes resultados:

Los motores Diésel para tractores se pueden clasificar de la forma siguiente:

- Por el sistema de enfriamiento;
- Por el número de cilindros y su disposición;
- Por el recorrido del émbolo y el diámetro del cilindro (su relación);
- Por la cilindrada o potencia entregada;
- Por el campo de utilización. (Universidad Agraria de La Habana, 2010)

El consumo específico del motor.

El consumo específico es el caudal de combustible que consume un motor dividido por la potencia que proporciona el motor, el caudal se mide típicamente en gramos por hora y la potencia se mide en vatios (W) y por consiguiente el consumo específico se mide en g/KWh.

El rendimiento del motor será la relación entre la energía que se obtiene al quemar el combustible y la energía que obtenemos del motor. En los motores diésel este rendimiento llega al 50% en los mejores motores marinos de varios MW, este rendimiento máximo solo se da en un punto de funcionamiento (lo que se conoce como el polo económico), lejos de este punto de funcionamiento óptimo el rendimiento puede ser muy inferior.

Dando como resultado en función de las variables:

- Generación del motor PC2-5V 3000 Kw/h
- Densidad específica del combustible 0,98 gr/cm³
- Volumen del combustible en 1Gl = 3785 cm³
- Masa del combustible 3785 cm³ X 0,98 gr/cm³ = 3.709,3 gr

El consumo específico del motor (cantidad de combustible gr / potencia en KW/h) 3.709,3 gr/3000 KW/h dando como resultado = 1.23gr/Kwh el rendimiento efectivo fluctúa dependiendo el poder calorífico de combustible teniendo como límite inferior de 42280 KJ/kg.

Combustión

La reacción que realiza uno o más compuestos químicos al unirse con el oxígeno en la presencia de llama para liberar calor es la combustión. Éste fenómeno juega un papel importante en la vida diaria, pues son la base de una gran cantidad de procesos que realizan la industria, el sector de producción de energía, el transporte, el hogar y el comercio. En las reacciones de la combustión un compuesto se uno con el oxígeno a una temperatura tal que aquel mismo es inestable, mostrando gran afinidad con el oxígeno. No existe una distinción clara entre los procesos de oxidación normales y los que se llevan a cabo en la combustión, sin embargo en este último caso se presenta velocidades de reacción que aumentan exponencialmente en el tiempo. (Beltrán, 2008, pág. 23)

2.1.7. Averías en motor y en sistemas auxiliares

La mayor parte de los fallos en motores y sistemas auxiliares tienen tres orígenes:

- a) Fallos de diseño. Muchos motores no están suficientemente desarrollados o experimentados cuando llegan al mercado. Así, la resistencia de algunos elementos no ha sido suficientemente calculada, las condiciones de experimentación y prueba no se corresponde con las condiciones reales de trabajo, algunas de esas condiciones son demasiado exigentes para lo que posteriormente se encuentra en la realidad (condiciones de refrigeración, calidad de combustible, temperatura exterior, etc.), o simplemente, no se han probado suficientemente y no se tienen una idea exacta de la vida de determinadas piezas.
- b) La competencia comercial entre fabricantes, que lleva a que éstos garanticen prestaciones, como potencia, rendimiento, disponibilidad o flexibilidad para arranques, paradas y cambios de carga, que no se corresponden con el desarrollo de la técnica.
- c) Las duras condiciones de uso de algunos de los equipos, obligados a producir al 100% de su capacidad (en muchos casos, realmente por encima de ese 100% real) durante larguísimos periodos de tiempo
- d) Negligencias graves de operación. La más habitual de todas estas negligencias suele ser tratar de arrancar una y otra vez con alarmas presentes sin solucionar el problema, confiando en que sea una falsa alarma proveniente de un instrumento que da una medida errónea. Esta interpretación ‘a la ligera’ de las alarmas que proporciona el sistema, incluso la eliminación de la seguridad que evita el arranque en condiciones de riesgo para la máquina, causa en algunos casos la destrucción completa. (Cogeneración, 2014).

Diagnóstico de fallas en motores diésel

- a) Ajuste incorrecto de gobernador (externo)
- b) Ajuste incorrecto de gobernador (interno)
- c) Restricción del filtro de aire

- d) Exceso de aceite en el filtro de aire.
- e) Alimentación incorrecta de combustible.
- f) Baja presión de alimentación de combustible.
- g) Filtro de combustible restringido, obstruido.
- h) Pegadura de cremallera o de boba de inyección.
- i) Toberas defectuosas, con fugas, gastadas.
- j) Presión de apertura de toberas, incorrecta.
- k) Impulsión de la bomba, gastada.
- l) Combustible incorrecto contaminado con agua.
- m) Sistema de lubricación restringido.
- n) Nivel de aceite muy bajo.
- o) Motor frío.
- p) Enfriadores de agua aceite obstruidos.
- q) Motor sobrecalentado.
- r) Baja compresión.
- s) Fugas por culatas.
- t) Depósitos excesivos de carbón en las cámaras de combustión.
- u) Guías de válvulas gastadas.
- v) Pistones o anillos pegados, gastados o rotos.
- w) Blocks de válvulas de escape desgastadas.
- x) Avería de válvulas de admisión o escape.
- y) Incremento de temperatura por avería en turbo. (Elonka, 2010, pág. 26)

2.1.8 Análisis predictivo.

El análisis predictivo o mantenimiento predictivo basado en la condición evalúa el estado de la maquinaria y recomienda intervenir o no, lo cual produce grandes ahorros. El diagnóstico predictivo de maquinaria se desarrolla en la industria en la década que va desde mediados de los ochenta a mediados de los noventa del siglo XX. Actualmente, las filosofías predictivas se aplican en la maquinaria crítica en aquellas plantas que cuentan con una gestión optimizada de sus activos. El mantenimiento basado en la condición optimiza al mantenimiento preventivo de manera que determina el momento preciso para cada intervención en los activos industriales.

El mantenimiento predictivo es un conjunto de técnicas instrumentadas de medida y análisis de variables para caracterizar en términos de fallos potenciales la condición operativa de los equipos productivos. Su misión principal es optimizar la fiabilidad y disponibilidad de equipos al mínimo costo.

Ventajas y beneficios de la aplicación del mantenimiento predictivo: La gestión optimizada de la programación del mantenimiento reporta las siguientes ventajas:

- Se evitan prácticamente todas las paradas no planificadas por avería.
- Se alargan los intervalos productivos entre paradas para mantenimiento y se minimizan los tiempos de reparación. Por lo tanto, se aumenta la disponibilidad de la planta.
- Se evitan las pérdidas de producto por paros en el proceso productivo.
- Se amplía la duración de servicio de los componentes, solamente se sustituyen cuando comienzan a dañarse.
- Se reducen los stocks de piezas de recambio, puesto que el aprovisionamiento de estas piezas también puede programarse.
- Se impiden penalizaciones por retrasos en las entregas.
- Se mejora la calidad del producto fabricado (mecanización, laminación).
- Se evitan averías catastróficas, aumenta la seguridad de la planta, se reducen las primas de seguros.
- En definitiva, se aumenta la fiabilidad de la planta. (Preditec, 2015)

Termografía

La termografía por infrarrojos es la ciencia que estudia el uso de los dispositivos óptico - electrónicos para detectar y medir la radiación a partir de la cual se obtiene la temperatura de las superficies bajo estudio. La radiación es la transferencia de calor que se produce en forma de energía radiante (ondas electromagnéticas) sin que exista un medio directo de transferencia. La termografía por infrarrojo moderna hace uso de dispositivos óptico electrónicos para detectar y medir a partir de la cual se obtiene la temperatura superficial de la estructura o del equipo inspeccionado.

El ser humano siempre es capaz de detectar la radiación infrarroja. Las terminaciones nerviosas de la piel humana pueden responder a diferencias de temperatura de hasta $\pm 0,009^{\circ}\text{C}$. Aunque son extremadamente sensibles, las terminaciones nerviosas humanas no están bien diseñadas para la elevación térmica no destructiva.

Por ejemplo, incluso si los humanos tuviéramos las mismas capacidades térmicas que los animales que son capaces de encontrar presas de sangre caliente en la oscuridad, es posible que todavía se necesitaran instrumentos de detección de calor de mayor precisión. Debido a que los humanos tienen limitaciones físicas para detectar el calor, se ha desarrollado dispositivos mecánicos y electrónicos que son hipersensibles al calor. Estos dispositivos conforman el estándar para la inspección térmica de un incontable número de aplicaciones.

Historial de la tecnología infrarroja.- A nivel semántico, la palabra “infrarrojo” deriva de infra y rojo, es decir por debajo del rojo, refiriéndose al lugar que ocupa esta longitud de onda en el espectro de la radiación electromagnética. El término “termografía”, a su vez, deriva de raíces semánticas que significan “imagen de la temperatura”. El inicio de la termografía se le atribuye al astrónomo alemán Sir William Herschell, quien en 1800 realizaba experimentos con luz solar.

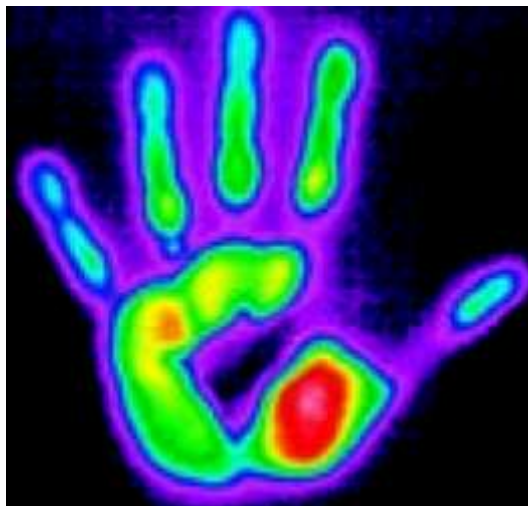


Figura 13.- Imagen térmica con cámara termográfica
Fuente: (Fluke Corporation, 2014)

Análisis de vibraciones.

La prevención de posibles fallas en maquinarias es necesaria para una operación confiable y segura de una Instalación. El riesgo de fallas y el tiempo en que una

maquinaria queda fuera de servicio pueden disminuirse sólo si los problemas potenciales son anticipados y evitados. Una de las herramientas fundamentales con que se cuenta en la actualidad para el mantenimiento predictivo de una Planta o Instalación es la medición y análisis de vibraciones.

En el presente se realizará una breve descripción de los tipos de fallas normalmente detectables a través de la medición y análisis de vibraciones y se presentarán dos ejemplos concretos de aplicación de esta técnica, uno de ellos en una maquina rotativa convencional, y el otro en una maquinaria no convencional, como lo es el eje de un acelerador de iones.

En general, las vibraciones en una máquina no son buenas: pueden causar desgaste, fisuras por fatiga, pérdida de efectividad de sellos, rotura de aislantes, ruido, etc. Pero al mismo tiempo las vibraciones son la mejor indicación de la condición mecánica de una maquinaria y pueden ser una herramienta de predicción muy sensible de la evolución de un defecto. Las fallas catastróficas en una maquinaria muchas veces son precedidas, a veces con meses de anticipación, por un cambio en las condiciones de vibración de la misma.

Las vibraciones en una maquinaria están directamente relacionadas con su vida útil de dos maneras: por un lado un bajo nivel de vibraciones es una indicación de que la máquina funcionará correctamente durante un largo período de tiempo, mientras que un aumento en el nivel de vibraciones es una indicación de que la máquina se encamina hacia algún tipo de falla.

Una de las herramientas fundamentales con que se cuenta en la actualidad para el mantenimiento predictivo de una Planta o Instalación es la medición y análisis de vibraciones, ya que cerca del 90% de las fallas en maquinarias están precedidas por un cambio en las vibraciones de las mismas.

El análisis de vibraciones en maquinarias se basa en el hecho de que en muchos casos es posible relacionar las frecuencias de vibración con el problema específico con el que nos hemos encontrado, mientras que la amplitud de la misma da una indicación de la severidad del problema.

Cuadro 1.- *Valores de referencia de amplitud de vibración para analizar la condición mecánica.*

Severidad de vibración RMS (mm/seg)	Tipo de soporte	
	Rígido	Flexible
0.46	Buena	Buena
0.71		
1.12		
1.8		
2.8	Satisfactoria	Satisfactoria
4.6		
7.1	No Satisfactoria	No Satisfactoria
11.2		
18.0	Inaceptable	Inaceptable
28.0		
71.0		

Fuente: (Kulichevsky & Sacchi, 2014, pág. 2)

2.2. Marco Legal

2.2.1. Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.

La norma técnica de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional determina o establece:

- Los niveles permisibles de ruido en el ambiente, provenientes de fuentes fijas.
- Los límites permisibles de emisiones de ruido desde vehículos automotores.
- Los valores permisibles de niveles de vibración en edificaciones.
- Los métodos y procedimientos destinados a la determinación de los niveles de ruido.

La presente norma tiene como objetivo el preservar la salud y bienestar de las personas, y del ambiente en general, mediante el establecimiento de niveles máximos permisibles de ruido. La norma establece además los métodos y procedimientos destinados

a la determinación de los niveles de ruido en el ambiente, así como disposiciones generales en lo referente a la prevención y control de ruidos.

Se establecen también los niveles de ruido máximo permisibles para vehículos automotores y de los métodos de medición de estos niveles de ruido. Finalmente, se proveen de valores para la evaluación de vibraciones en edificaciones.

2.2.2. NORMA de emisiones al aire desde fuentes fijas de combustión

Bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, señala las siguientes normas de aplicación obligatoria y que rige en todo el territorio nacional.

(Ministerio del Ambiente, 2010) La presente norma tiene como objetivo principal el preservar o conservar la salud de las personas, la calidad del aire ambiente, el bienestar de los ecosistemas y del ambiente en general. Para cumplir con este objetivo, esta norma establece los límites permisibles de emisiones al aire desde diferentes actividades.

La norma provee métodos y procedimientos predestinados a la determinación de las emisiones del aire, que se verifiquen desde la combustión en fuentes fijas. Se provee también de herramientas de gestión para promover el cumplimiento de los valores de calidad de aire, establecidos en la normativa pertinente

- Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para emisiones de contaminantes del aire hacia la atmósfera desde fuentes fijas de combustión.
- Los métodos y procedimientos destinados a la determinación de las cantidades emitidas de contaminantes del aire desde fuentes fijas de combustión.

2.3. Glosario de términos

Las siguientes definiciones son tomadas del Reglamento a la Ley de Prevención y Control de la Contaminación (Ministerio del Ambiente, 2010)

Celda electroquímica.- Parte del sistema de medición de emisiones, mediante analizador portátil de gases, que mide el gas de interés y genera una salida proporcional a la concentración de dicho gas.

Emisividad.- Es la medida de la capacidad de un material de emitir radiación infrarroja. Depende de las propiedades de la superficie, el material y en el caso de ciertos objetos, de la temperatura de los mismos.

Fiabilidad.- Se define como la probabilidad de que un bien funcione adecuadamente durante un período determinado bajo condiciones operativas específicas.

Grupo Electrónico.- Es una máquina que mueve un generador eléctrico a través de un motor de combustión interna. Son comúnmente utilizados cuando hay déficit en la generación de energía eléctrica de algún lugar, o cuando son frecuentes los cortes en el suministro eléctrico. Así mismo, la legislación de los diferentes países pueden obligar a instalar un grupo electrónico en lugares en los que haya grandes densidades de personas como centros comerciales, restaurantes, cárceles, edificios administrativos, etc.

Mantenimiento predictivo.- Es un conjunto de técnicas instrumentadas de medida y análisis de variables para caracterizar en términos de fallos potenciales la condición operativa de los equipos productivos.

Radiación infrarroja.- La radiación infrarroja (IR) es uno de los muchos tipos de luz que forman el espectro electromagnético (EM). Las longitudes de onda de la radiación infrarroja son mayores que las de la luz visible, que comprende entre 4000 y 7000 Angstroms (o 0.4 y 0.7 micras). Los astrónomos generalmente dividen la parte infrarroja del espectro electromagnético en tres regiones: el cercano infrarrojo (0.7 - 5 micras), el mediano infrarrojo (5 - 30 micras) y el lejano infrarrojo (30 - 1000 micras).

Reflexión.- Es la medida de la capacidad de un material de reflejar la radiación infrarroja. Depende de las propiedades de la superficie, la temperatura y el tipo del material. En general las superficies lisas y brillantes reflejan de forma más intensa que las rugosas y mate del mismo material.

Termografía.- Es una técnica que permite calcular temperaturas a distancia, con exactitud y sin necesidad de contacto físico con el objeto a estudiar. La termografía permite captar la radiación infrarroja del espectro electromagnético, utilizando cámaras termográficas o de termovisión. Conociendo los datos de las condiciones del entorno (humedad y temperatura del aire, distancia a objeto termografiado, temperatura reflejada, radiación incidente,...) y de las características de las superficies termografiadas como la emisividad se puede convertir la energía radiada detectada por la cámara termográfica en valores de temperaturas. En la termografía, cada pixel corresponde con un valor de medición de la radiación; con un valor de temperatura. A esa imagen se le puede definir como radiométrica.

Transmitancia.- Es la medida de la capacidad de un material de transmitir (ser permeable a) la radiación infrarroja. Depende del tipo y grosor del material

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

3.1. Tipo de Investigación.

Esta Investigación está enfocada en dos tipos: Investigación Bibliográfica porque se refiere a conocimientos adquiridos por medio de consultas en diferentes tipos de documentos, libros, revistas, catálogos e Internet. Investigación de campo, que se realiza en la gestión de mantenimientos predictivos para la detención y prevención de averías en motores eléctricos y sistemas auxiliares.

3.2 Métodos.

3.2.1. *Empírico.*

Modelo de investigación científica, basado en la observación, experimentación y análisis estadístico de pruebas que se realizará en los motores con ayuda de instrumentos de medición.

3.2.2. *Inductivo – Deductivo.*

Estos métodos ayudan a estudiar y analizar el funcionamiento del motor eléctrico para poder interpretar las fallas o averías mediante el uso de equipos predictivos para así reducir el número de paradas no deseadas.

3.2.3. Método Analítico.

Se utilizará este método para separar un todo en varias partes, para que su estudio sea individualizado; y analizar cada una de las variables que afectan al rendimiento del motor.

3.2.4. Sintético.

Como complemento método analítico, este método permite resumir la investigación resaltando las ideas esenciales.

3.3 Técnicas e instrumentos.

Por ser este proyecto un proceso de inspección de motores eléctricos y sistemas auxiliares, no se requiere la aplicación de encuestas a una población determinada, ya que en la inspección se realizarán mediciones con la ayuda de equipos como son: medidor de picos de compresión, cámara termográfica, medidor de vibraciones los mimos que nos ayudan para la medición de parámetros y la interpretación cuando se identifique una falla.

3.3.1. Observación estructurada.

Es la que se realiza con la ayuda de elementos técnicos apropiados, tales como: fichas técnicas de empresas fabricante y tablas de mediciones y tolerancias.

3.3.2. Técnicas.

Se utiliza la observación directa ya que es muy importante para el trabajo de campo, y permite observar los picos de compresión e inyección, del motor y de los sistemas auxiliares.

3.4. Técnica de Procesamiento y Análisis de Datos.

Para la investigación descriptiva se consideró el siguiente procedimiento:

Mediante un software llamado SCADA, (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) que permite controlar y supervisar procesos industriales a distancia; recogen los datos de cilindros, cremalleras, compresión, bancadas, bielas, RPM y presión de los turbos

Cuadro 2.- *Las escalas de medición de las variables*

Variable	Escala	Unidad
Cilindros	Temperatura	°C
Cremalleras	Combustible	mm
Compresión	Presión	Bares
Bancadas	Temperatura	°C
Bielas	Temperatura	°C
Rpm	Revoluciones/minuto	RPM
Presión de los turbos	Presión	Bares

Esta información se recolecta en la central térmica de la Empresa UNACEM CEMENTOS S.A en el grupo electrógeno OTV-818-0E03 desde el día 7 de febrero del 2014.

Esta información se analiza en el programa Excel para la elaboración de las tablas y gráficos.

CAPITULO IV.

PROPUESTA

Interpretación del análisis predictivo en motores electrógenos de combustión interna marca NIIGATA PC2-5V 400 de propiedad de la empresa UNACEM CEMENTOS S.A.

4.1. Introducción

La interpretación del análisis predictivo en motores electrógenos de combustión interna permitirá:

- Evaluar el rendimiento del grupo electrógeno.
- Maximizar el consumo de combustible.
- Mejor control de las emisiones de escape Investigación y Desarrollo.
- Evaluar la condición mecánica.
- Mantenimiento por condición.
- Asegurar la confiabilidad y seguridad.
- Evaluar el programa PM (mantenimiento programado).
- Reducción de los costos de mantenimiento.
- Menor tiempo de parada y pérdida de producción.

El presente análisis contiene técnicas para el análisis predictivo como son análisis de picos de compresión e inyección de cilindros, parámetros de motor: temperaturas °C, presiones en bares, revoluciones RPM. Adicional se utiliza equipos de termografía para la tomas de imágenes e interpretación de las mismas en motor electrógeno y sistemas auxiliares para detectar condiciones de los equipos según comportamientos térmicos, también se utiliza los equipos de vibraciones para evaluar condiciones de elementos rotativos de los sistemas auxiliares del grupo electrógeno marca NIIGATA PC2-5V 400 de propiedad de la empresa UNACEM CEMENTOS S.A.

4.2. Importancia

Es de vital importancia para la empresa saber en qué condiciones operativas se encuentran los equipos, dado que la planta cementera es auto generadora de energía eléctrica y los equipos deben tener una fiabilidad superior al 98% anual, para suplir la demanda de planta. De ahí la importancia de saber cuándo y qué tipo de mantenimiento se va a realizar y programar, con los recursos necesarios para que los equipos operen de manera eficiente.

4.3 Objetivos

4.3.1. Objetivo General

Elaborar la interpretación del análisis predictivo en motores electrógenos de combustión interna marca NIIGATA PC2-5V 400 de propiedad de la empresa UNACEM CEMENTOS S.A.

4.3.2. Objetivos Específicos

- Brindar seguridad al personal
- Analizar los picos de compresión, inyección y parámetros del motor.
- Analizar termo gráficamente el motor y sistemas auxiliares,
- Brindar seguridad a los equipos
- Fiabilidad de los equipos mediante un mantenimiento predictivo.

4.4 Normas de seguridad para un buen desempeño.

Para una seguridad integrada es preciso normalizar los procedimientos de trabajo (instrucciones de trabajo), integrando los aspectos de seguridad a todas las situaciones en las que las desviaciones de lo previsto pueden generar errores, averías o accidentes, que potencialmente pudieran causar daños. Con la normalización de los procedimientos de trabajo se trata de regular y estandarizar todas sus fases operativas en las que determinadas alteraciones pudieran ocasionar pérdidas o daños. Considerando lo mencionado la EMPRESA UNACEM CEMENTOS no acepta tolerancias, en el aspecto primordial como es la seguridad industrial y toda ejecución de trabajos o inspección de equipos deben estar dentro de los alineamientos de seguridad como son los estándares:

4.4.1. Estándar de EPP (Equipo de protección personal).

Los EPP comprenden todos aquellos dispositivos, accesorios y vestimentas de diversos diseños que emplea el trabajador para protegerse contra posibles lesiones. Los equipos de protección personal (EPP) constituyen uno de los conceptos más básicos en cuanto a la seguridad en el lugar de trabajo y son necesarios cuando los peligros no han podido ser eliminados por completo o controlados por otros medios como por ejemplo: Controles de Ingeniería.



Figura 14.- Equipo de protección personal
Fuente: (Montanares, 2015)

4.4.2. Estándar de bloqueo y etiquetado (LOTOTO).

Bloqueo / Etiquetado (LOTOTO) se refiere a prácticas y procedimientos específicos para proteger la seguridad de los empleados de la activación o inicio inesperado de máquinas y equipo. Durante el servicio o mantenimiento de las máquinas, es de importancia crítica asegurar que el equipo no pueda activarse de manera accidental, ni que libere energía peligrosa almacenada. Para "bloquear" y "etiquetar" una máquina antes de darle servicio, los trabajadores designados tienen que tomar una serie de medidas de seguridad para asegurar que la máquina no haga daño a la persona que da servicio.



Figura 15.- Etiquetado
Fuente: (Montanares, 2015)

4.4.3. Estándar de trabajos en alturas.

Se considera a toda actividad, labor o trabajo que se deba realizar a una altura física igual o superior a 1,70 metros medidos desde el piso, en la cual es obligatorio el uso de arnés tipo paracaídas con dos colas de seguridad.



Figura 16.- Trabajos en alturas
Fuente: (Montanares, 2015)

Definiciones

Amortiguador de Impactos: Es un dispositivo diseñado para disipar la energía del impacto en caso de caídas reduciendo la fuerza máxima de suspensión y ampliando la distancia de desaceleración.

Anclaje o punto de anclaje: Es la parte estructural, fuerte o punto seguro el cual se emplea para fijar o conectar cualquier sistema/equipo de protección contra riesgos de caída accidental, tales como: líneas de vida y líneas de sujeción con dispositivo amortiguador de impacto.

Arnés de cuerpo completo: Es un arnés industrial de cuerpo completo o arnés de sujeción para detener la caída libre o severa de una persona, siendo obligación para todo el personal que trabaja en altura a 1.70 metros o más.

Caída a distinto nivel: Palabra con la cual se identifican las personas que trabajan en altura, sobre el nivel del piso y que tienen riesgo de caída.

Colas de Seguridad: Es un accesorio parte del arnés, que utiliza el trabajador en los trabajos de altura, para cambio de posición y de seguridad ante caídas.

Estrobo: Elemento de Conexión de material flexible, el que en conjunto con un amortiguador de impacto, se utiliza como un sistema de conexión en (SPDC).

Línea de Vida: Son componentes de un sistema/equipo de protección de caídas, consistentes en una cuerda de nylon o cable de acero galvanizado instalada en forma horizontal o vertical, estirada y sujeta en tres ó dos puntos de anclaje para otorgar movilidad al personal que trabaja en áreas elevadas.

4.4.4. Estándar de espacio confinado.

Se considera espacio confinado los siguientes lugares:

- Con aberturas limitadas de entrada y salida.
- Con ventilación natural desfavorable.
- Acumulación de contaminantes químicos, tóxicos o inflamables.
- Una atmósfera con deficiencia de oxígeno.
- Inundación repentina.

Medidas Preventivas

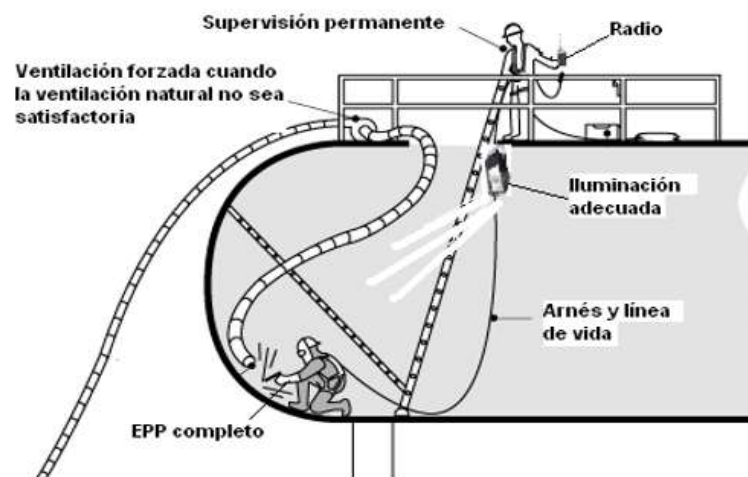


Figura 17.- Medidas preventivas
Fuente: UNACEM Cementos

4.4.5. Principales riesgos:

- Atrapamiento por caída de material.
- Caídas de distinto nivel y en el mismo nivel.
- Calor.
- Ruido.
- Vibraciones (martillo neumático).
- Iluminación deficiente.
- Inhalación de polvo.
- Caídas de objetos desde altura.
- Sofocación por inhalación de polvo.
- Asfixia por falta de oxígeno o sustancias tóxicas (tanques de combustibles)
- Incendio, explosión.
- Fatiga física por sobreesfuerzo o posturas inadecuadas.
- Electrocutación.

4.5. Análisis de los picos de compresión e inyección

De los datos tomados del motor electrógeno de combustión interna OTV-818-0E03, se realiza un análisis de picos compresión, inyección y parámetros del motor. Esta es una práctica de monitoreo periódico y tendencias de la condición mecánica y rendimiento de la maquinaria en funcionamiento. Promueve la operación bajo condiciones seguras.

Las características y deficiencias operativas se observaron con un analizador electrónico y otro equipo de diagnóstico. Por lo general las unidades son analizadas en intervalos de 30 días (720 Horas) a 90 días (2160 Horas) días, dependiendo del tiempo operacional y el tipo de máquina.

En cuestión de horas, una persona puede lograr una tarea, que en el pasado, llevaba a una cuadrilla de mantenimiento días o semanas para completar. Las deficiencias menores son registradas y reparadas cuando sea necesario y cuando la unidad tenga una parada programada. Esta práctica permite la programación de los repuestos y tiempos de parada necesarios y solos se realizan las reparaciones necesarias.



Figura 18.- Medidas preventivas

4.5.1. El Analista

El componente más importante en un programa exitoso de mantenimiento o análisis predictivo es el analista. La mayoría de la interpretación de los datos y el análisis de cualquier máquina es realizada por la mente humana, por tanto el analista es el componente que convierte los datos en información. Algunas características importantes incluyen:

- Conocimiento de Operaciones
- Conocimientos computacionales
- Conocimientos de electrónica
- Antecedentes mecánicos
- Teoría mecánica
- Habilidad de líder y enseñanza
- Confiado en sus decisiones
- Sabe cómo utilizar la “herramienta”
- Sabela diferencia entre buenos y malos datos
- Trata con hechos, no asume
- Recolecta y utiliza todos los hechos

- Nunca se adelanta a conclusiones
- Actitud objetiva con deseos de aprender nuevas ideas, procedimientos y teorías.
- Habilidad de comunicarse y ganar confianza de los empleados y miembros del equipo

4.6. Lecturas

4.6.1. Lecturas salida gases

Se realiza la toma de lecturas salida gases cilindros tomando como referencia la carga nominal que es de 3000 Kw.

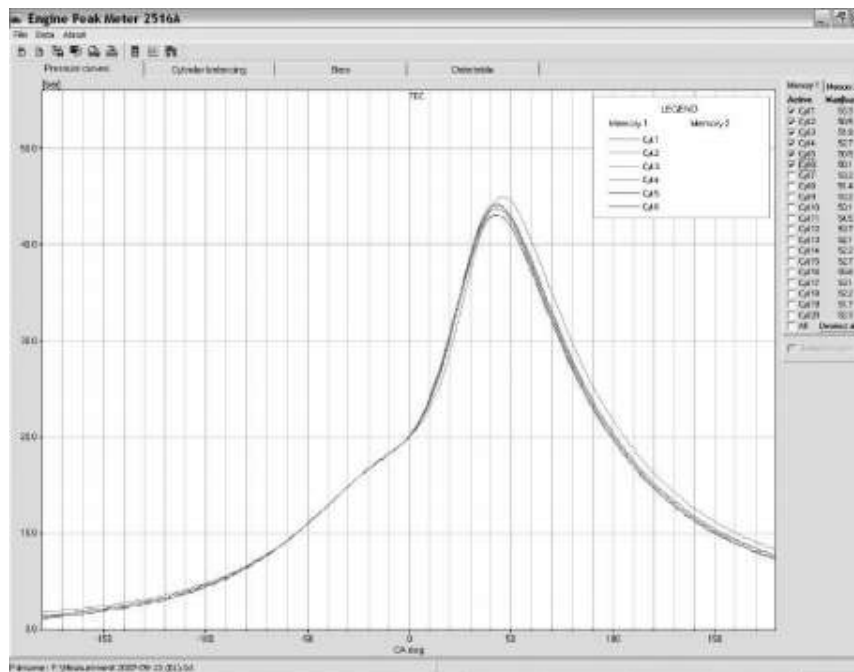


Figura 19.- Curvas de presión del cilindro de un motor eléctrico
Fuente: (KISTLER, 2015)

Tabla 1.- Temperaturas salida de gases cilindros °C 3000 Kw

# Cil.	13/01/2015	27/01/2015	10/02/2015	10/03/2015
1A	435	437	438	442
2A	442	440	441	440
3A	432	435	431	430
4A	452	448	449	445
5A	440	440	439	440
6A	460	458	460	458
1B	433	435	432	435
2B	440	439	441	442
3B	435	438	439	440
4B	440	440	442	445
5B	439	435	440	442
6B	462	463	466	485

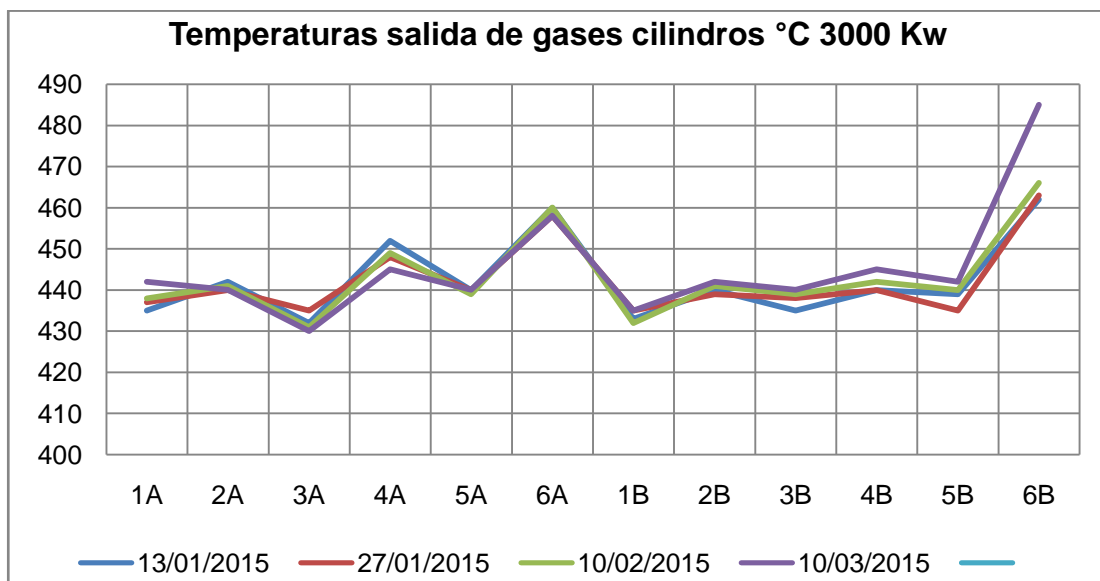


Gráfico 1.- Temperaturas salida de gases cilindros °C 3000 Kw

Análisis.- Interpretando los datos del motor OTV-818-OE03 marca NIIGATA PC2-5V tomando como referencia específica la carga de 3000 Kw, se visualiza las tendencias de incremento de temperatura salida de gases en los cilindros 6A y 6B, pero se interpreta una relevancia en el cilindro 6B ya que según tendencia de altura de cremalleras tenemos una baja en cantidad de combustible, pese a esto la temperatura continúa incrementando.

Avería.- Teniendo como antecedentes el incremento de temperatura salida de gases cilindro 6B se observa que a la fecha 10-03-2015 los parámetros de temperatura de salida

de gases cilindro 6B salen del valor permisible que según manual no debe superar los 475°C, siendo esta una condición para realizar un análisis específico del motor utilizando el equipo kistler para interpretar las curvas de compresión.

La baja de compresión en los picos la misma que decrece en función del tiempo desde el monitoreo con fecha 31-01-2015 hasta la última lectura que es el 10-03-2015, con estos datos confirmamos que existe un daño en blocks o válvulas de escape, ya que está directamente relacionado al incremento de temperatura, salida de gases de escape superior a 470°C , descartamos que exista un daño en válvulas de admisión ya que en tiempo de compresión cuando las válvulas están cerradas debería haber perdida de gases en incrementar la temperatura en el múltiple de admisión lo que no sucede se mantiene con temperaturas estables que no superan los 40°C según manual la temperatura de aire de entrada a los cilindros no debe exceder los 50°C.



Figura 20.- Avería en block de escape, cilindro 6B

Solución: Se requiere realizar la parada programada para realizar el desmontaje control y cambio de blocks de escape cilindro 6B, para esto se debe contar con los recursos necesarios y la planificación real con la finalidad que el motor 818-OE-03 no exceda las horas de mantenimientos programados según plan anual 2015.

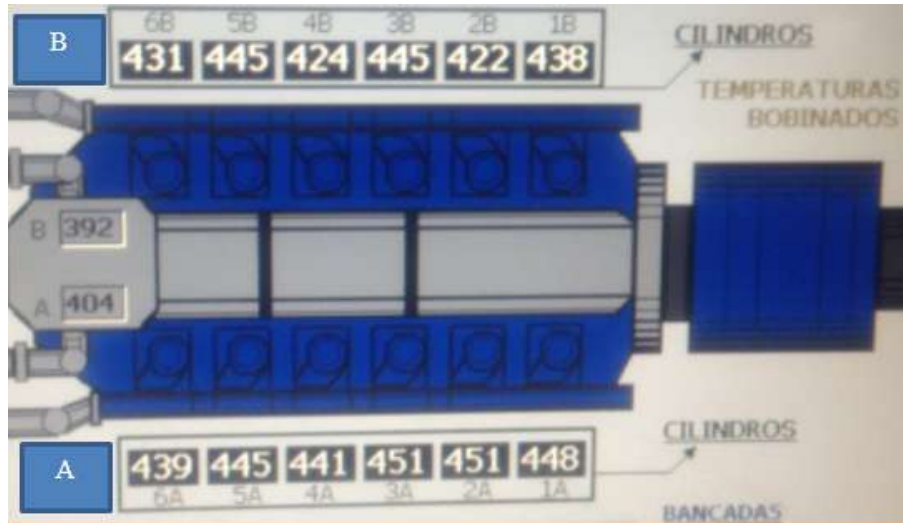


Figura 21.- Valores de temperaturas a las salidas de gases cilindros después del cambio de válvula cilindro 6B.

Análisis.- En la figura se evidencia los valores Temperaturas en °C salida de gases cilindros a 3000 Kw después del cambio de blocks de escape cilindro 6B y en la siguiente tabla y gráfico se muestran los datos finales después del mantenimiento cambio de blocks de escape cilindro 6B

Tabla 2.- Temperatura salida de gases de escape cilindro 6B después del mantenimiento.

# Cil.	13/01/2015	27/01/2015	10/02/2015	10/03/2015	23/03/2015
1A	435	437	438	442	448
2A	442	440	441	440	451
3A	432	435	431	430	451
4A	452	448	449	445	441
5A	440	440	439	440	445
6A	460	458	460	458	439
1B	433	435	432	435	438
2B	440	439	441	442	422
3B	435	438	439	440	445
4B	440	440	442	445	424
5B	439	435	440	442	445
6B	462	463	466	485	431

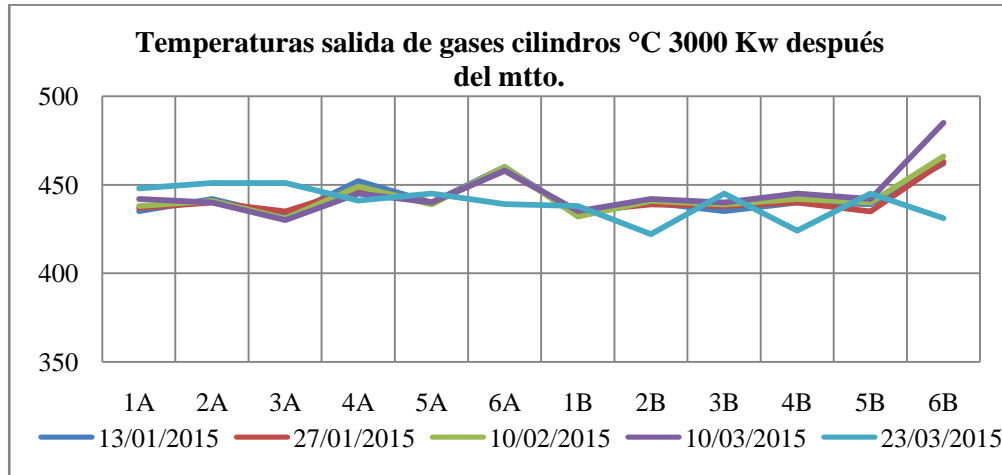


Gráfico 2.- Temperaturas salida de gases cilindros luego mantenimiento.

Análisis.- Después del cambio de blocks y válvulas de escape cilindro 6B interpretamos que las temperatura de salida de gases cilindro 6B se encuentran dentro de parámetros permisibles que según manual no deben exceder los 475°C

4.6.2. Lecturas alturas de cremalleras

Tabla 3.- Altura de cremalleras en mm. 3000 Kw

# Cil.	13/01/2015	27/01/2015	10/02/2015	10/03/2015
1A	36	36	37	38
2A	38	38	38	39
3A	37	38	39	38
4A	39	39	38	39
5A	38	37	37	37
6A	32	31	32	32
1B	36	37	37	38
2B	38	38	39	38
3B	37	38	39	38
4B	39	39	38	37
5B	35	36	37	36
6B	27	26	24	22

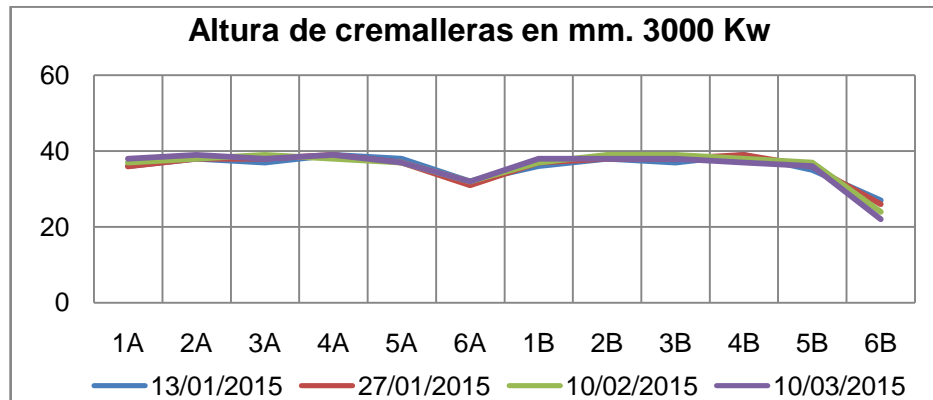


Gráfico 3.- Altura de cremalleras en mm. 3000 Kw

Análisis.- Las medidas de cremalleras están dadas en milímetros esto representa la cantidad de combustible que ingresa a la bomba de combustible, al inyector y a la cámara de combustión, mediante el análisis se interpreta la disminución de combustible cilindro 6B pero el incremento de temperatura continúa según tendencia de temperatura salida de gases cilindros.

Avería.- La baja de altura de cremalleras o baja de combustible en cilindro 6B corresponden al daño mencionado avería en válvulas o blocks de escape cilindro 6B esta actividad de reducir el combustible disminuye la cantidad de combustible y así poder bajar la temperatura de gases salida de motor.

Solución.- Después del control y cambio de blocks y válvulas de escape se requiere encerrar la altura de cremallera, esta actividad se debe realizar cuando el motor está fuera de servicio.

Tabla 4.- Altura de cremalleras en mm. 3000 Kw después mantenimiento

# Cil.	13/01/2015	27/01/2015	10/02/2015	10/03/2015	23/03/2015
1A	36	36	37	38	37
2A	38	38	38	39	38
3A	37	38	39	38	37
4A	39	39	38	39	37
5A	38	37	37	37	38
6A	32	31	32	32	35
1B	36	37	37	38	36
2B	38	38	39	38	39
3B	37	38	39	38	37

4B	39	39	38	37	36
5B	35	36	37	36	36
6B	27	26	24	22	36

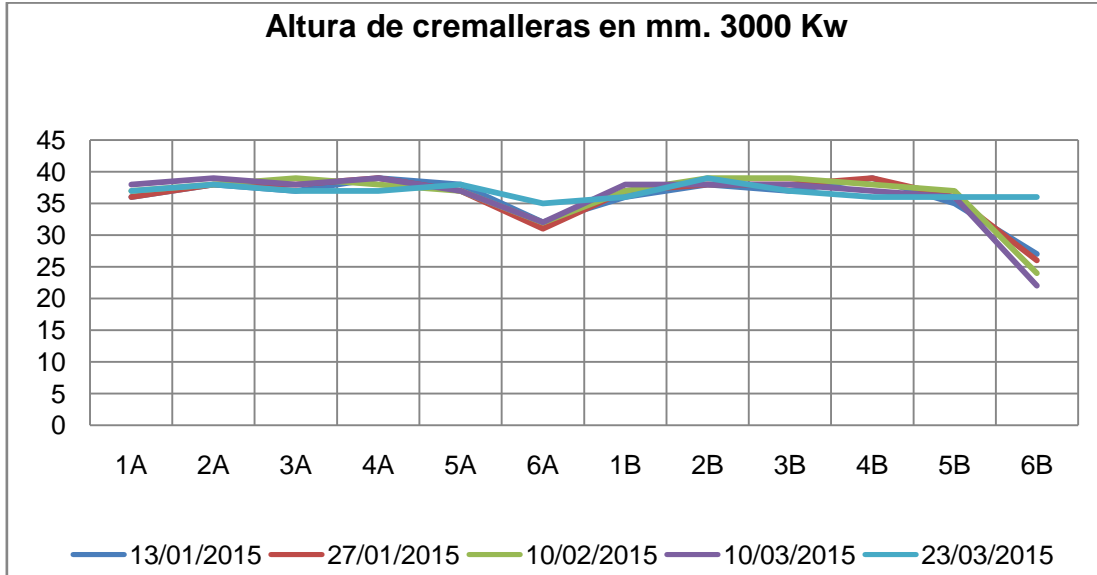


Gráfico 4.- Altura de cremalleras en mm. 3000 Kw después mantenimiento

Análisis.- En el gráfico # 4 se observa el incremento de combustible cilindro 6B a partir de la intervención del cambio de válvula y blocks de escape , esto se debe a que los gases de escape están dentro de valores permisibles y por consiguiente se incrementa el combustible obteniendo la medida ideal de combustible en el cilindro 6B.

4.6.3. Lecturas Picos de compresión

Tabla 5.- Picos de compresión bar. 3000 Kw

# Cil.	13/01/2015	27/01/2015	10/02/2015	10/03/2015
1A	45	45	44	44
2A	45	44	45	44
3A	44	45	45	44
4A	45	44	44	45
5A	46	45	44	45
6A	44	43	43	44
1B	45	44	45	44
2B	45	46	45	45
3B	46	45	44	44
4B	45	46	45	44
5B	45	45	44	44
6B	43	40	39	35

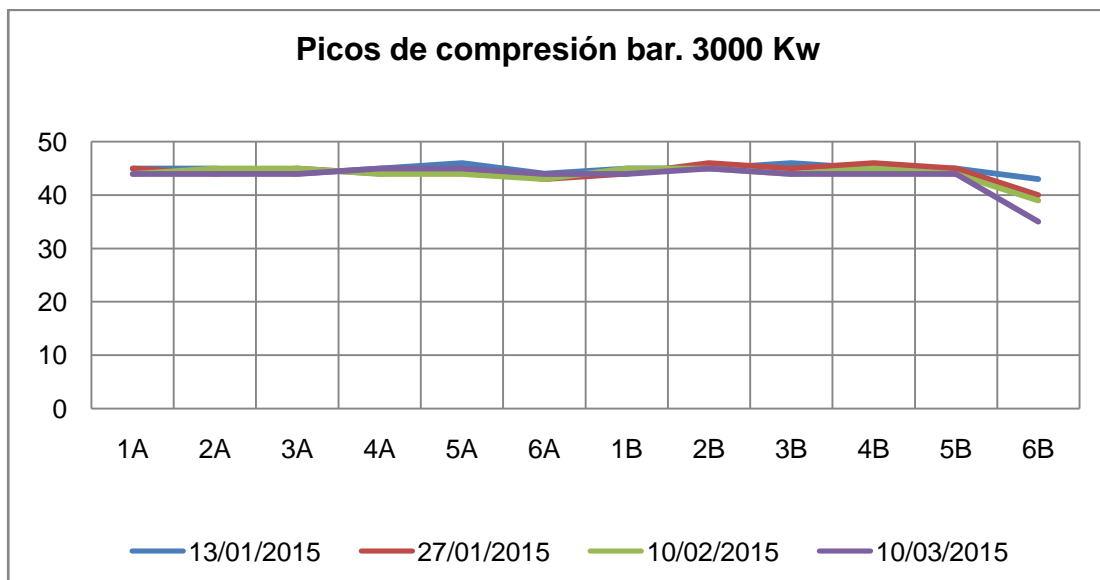


Gráfico 5.- Picos de compresión bar. 3000 Kw

Análisis.-Mediante la toma de datos picos de compresión se interpreta estabilidad en los cilindros a excepción del 6B que tiende a la baja de presión producto de la pérdida de gases en tiempo de compresión los valores de presión están tomados con la carga nominal de 3000 Kw.

Avería.- Se relaciona a los daños mencionados en el análisis de temperatura de salida de gases, baja altura de cremallera en la bomba de combustible. Por lo mencionado se detecta avería en blocks o válvulas de escape del cilindro 6B.

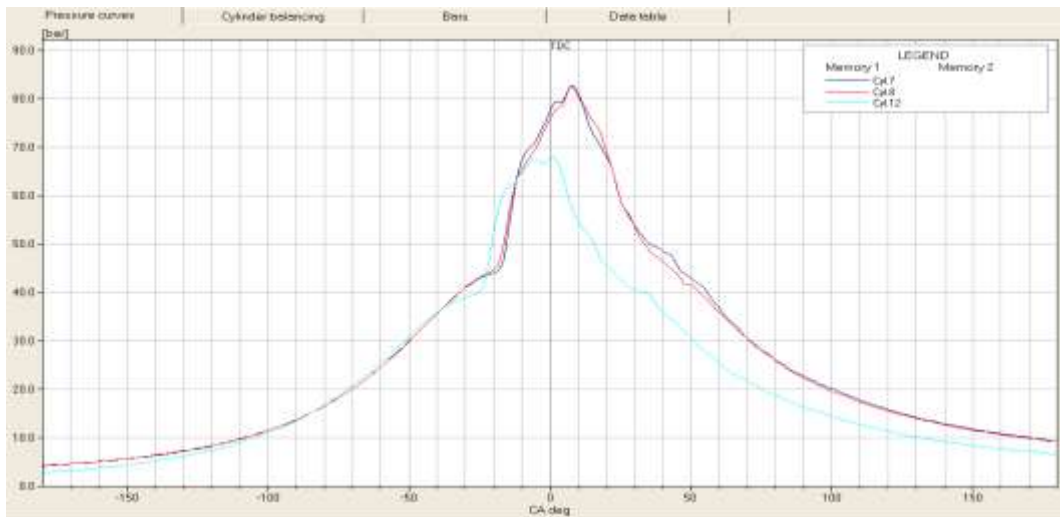


Gráfico 6.- Picos de compresión bar. 3000 Kw cilindro 6B
Fuente: Kistler

Solución.- Se requiere el control y cambio de blocks de escape cilindro 6B, también se requiere realizar la toma de picos de compresión después del mantenimiento.

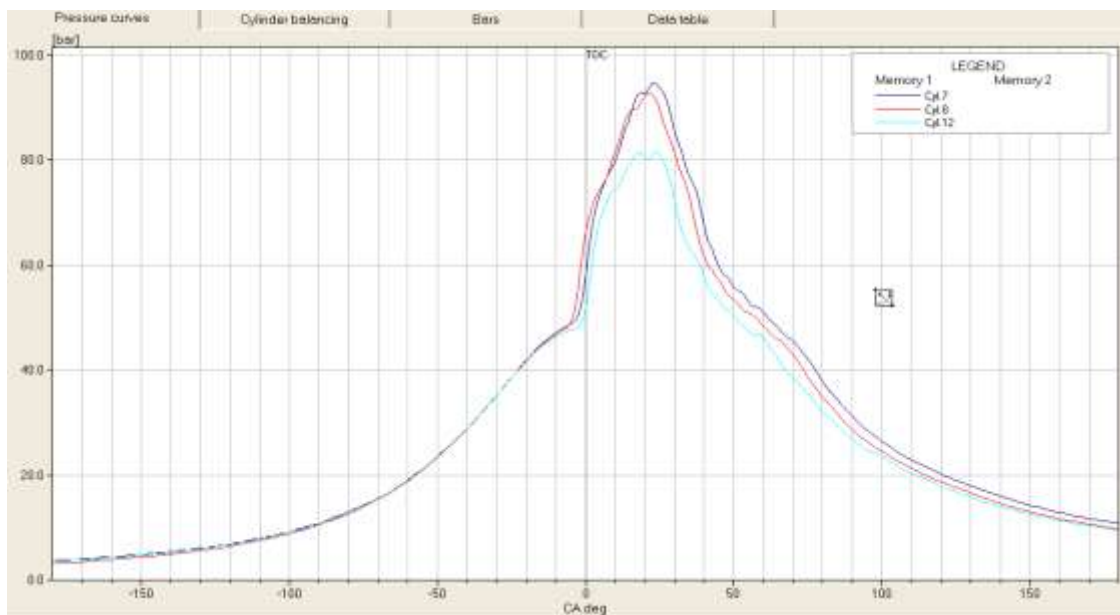


Gráfico 7.- Picos de compresión bar. 3000 Kw cilindro 6B después de mantenimiento
Fuente: Kistler

Solución.- En el análisis del gráfico # 7 tenemos que la gradiente de picos de compresión incrementa con esto interpretamos que se supera la pérdida de compresión a partir del cambio de válvulas y blocks de escape cilindro 6B.

4.6.4. Lecturas de RPM turbos lado A-B

Tabla 6.- RPM turbos lado A-B 3000 Kw

Lado	13/01/2015	27/01/2015	10/02/2015	10/03/2015
A	13500	13450	13500	13550
B	13400	13800	14500	14600

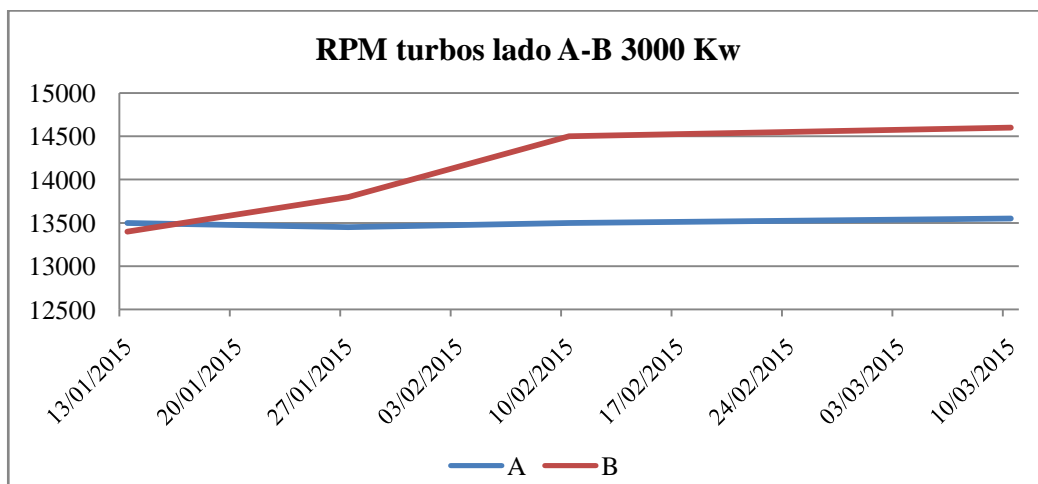


Gráfico 8.- RPM turbos lado A-B 3000 Kw

Análisis.- En la fecha 10 febrero 2015 se nota que existe diferencia de RPM entre el lado A y el lado B, esto quiere decir que existe mayor cantidad de gases salientes del motor, según el manual la diferencia tolerable no debe exceder de 500 RPM considerando que la carga del motor debe estar en un valor mínimo del 80% de la carga nominal que es de 3000 Kw.

Averías.- El indicador relevante es el incremento de RPM del turbo lado B, esto no quiere decir que existe un daño específico en el turbo sino más bien que es la consecuencia del

incremento de flujo de gases de escape del cilindro 6B por avería en válvulas o blocks de escape.

Solución.- Control y cambio de blocks de escape cilindro 6B, adicional se requiere la toma de RPM turbos lado A-B.

Tabla 7.- RPM turbos lado A-B después del cambio

Lado	13/01/2015	27/01/2015	10/02/2015	10/03/2015	23/03/2105
A	13500	13450	13500	13550	13560
B	13400	13800	14500	14600	13700

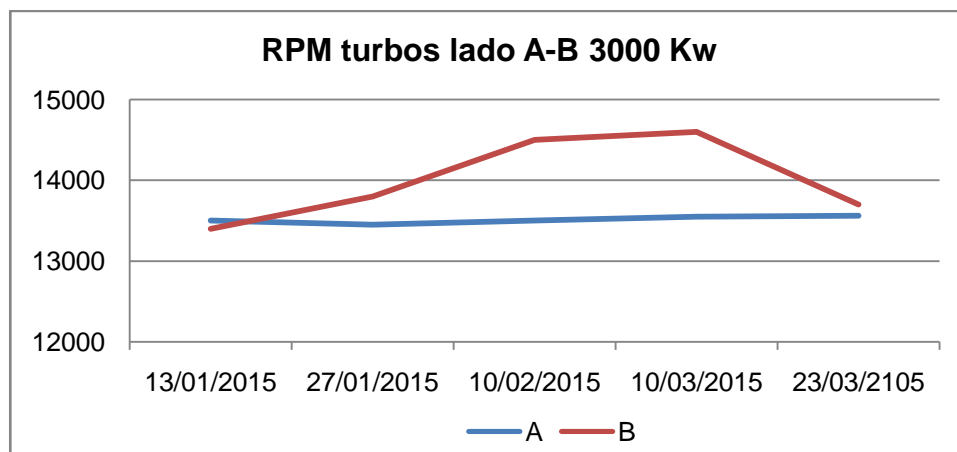


Gráfico 9.- RPM turbos lado A-B después del cambio

Análisis.- En el gráfico # 9 se observa la baja de RPM relacionando el historial que el incremento de RPM era debido al aumento de flujo de gases de escape producto de la avería en válvula de escape cilindro 6B, a partir del cambio de válvulas se reduce el flujo de gases y por consiguiente las RPM turbo B.

4.6.5. Lecturas de Presión de aire turbos lado A-B

Tabla 8.- Presión de aire turbos lado A-B Bar. 3000 Kw

Lado	13/01/2015	27/01/2015	10/02/2015	10/03/2015
A	0.8	0.8	0.8	0.8
B	0.8	0.8	1.00	1.00

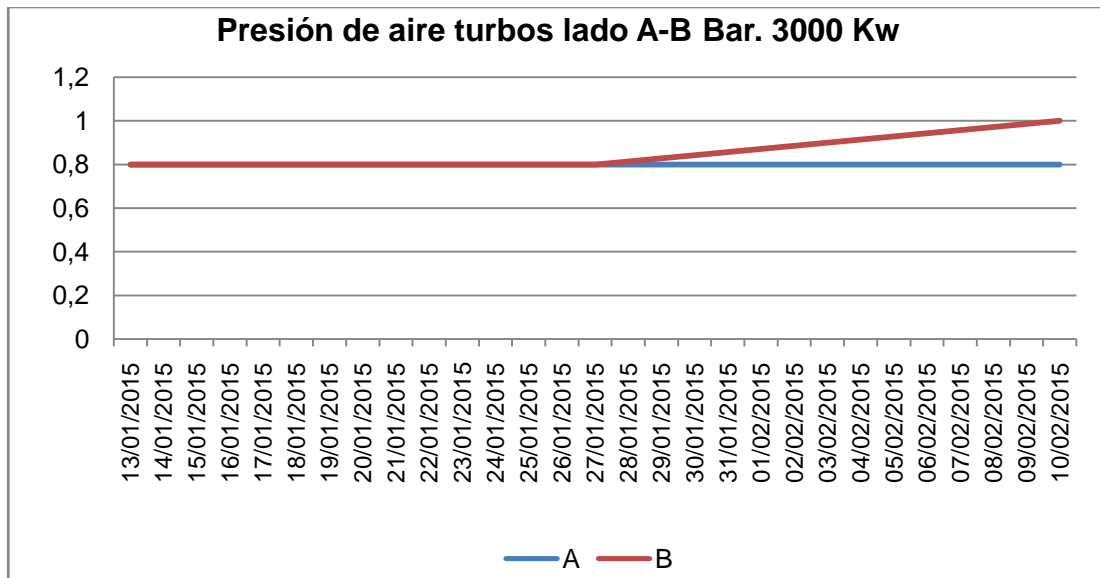


Gráfico 10.- Presión de aire turbos lado A-B Bar. 3000 Kw

Análisis.-Se interpreta en el gráfico que hay una variación de presión de 0.2 bar a la fecha del 10-03-2015, considerando el diámetro de la tubería que es de 12"; el diferencial es mínimo pero el caudal se incrementa debido al aumento de RPM en el lado B.

Avería.- El incremento de caudal está relacionado directamente con la avería de blocks de escape cilindro 6B, a mayor RPM mayor caudal de aire de entrada y a mayor caudal de aire es notorio el incremento de presión.

Solución.- Se requiere el control y cambio de blocks de escape cilindro 6B, y control de valores de presión de entrada de aire turbos lado A-B.



Figura 22.- Valores de presión de aires turbos lado Ay B

Lado	13/01/2015	27/01/2015	10/02/2015	10/03/2015	23/03/2015
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7
B	0.8	0.8	1.00	1.00	0.7

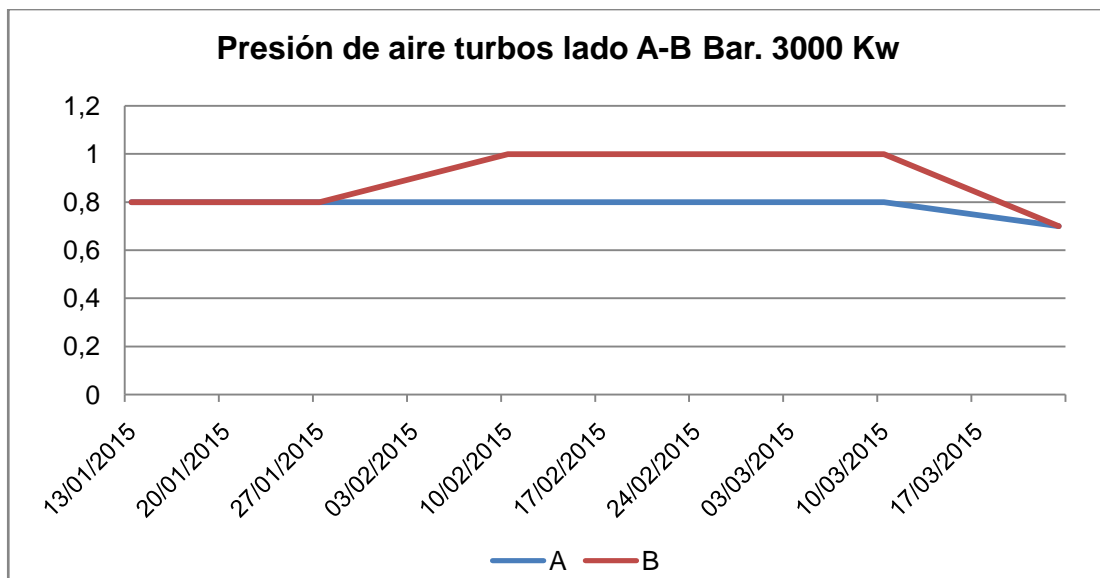


Gráfico 11.- Presión de aire turbos lado A-B Bar. 3000 Kw

Análisis.- Se evidencia que la presión de aire turbos es igual tanto en el lado A como en el B , interpretando que al cambiar las válvulas de escape cilindro 6B se reduce el flujo en la

salida de gases como también las RPM y por efecto decrecemos en presión turbo lado B , obteniendo valores similares .

4.6.6. Lecturas de Temperatura de cojinetes bancadas

Tabla 9.- Temperatura de cojinetes bancadas °C 3000 kw

# Cil.	13/01/2015	27/01/2015	10/02/2015	10/03/2015
1	73	73	73	74
2	78	78	79	78
3	79	80	78	80
4	78	80	79	79
5	79	78	79	80
6	79	79	78	80
7	75	74	75	76

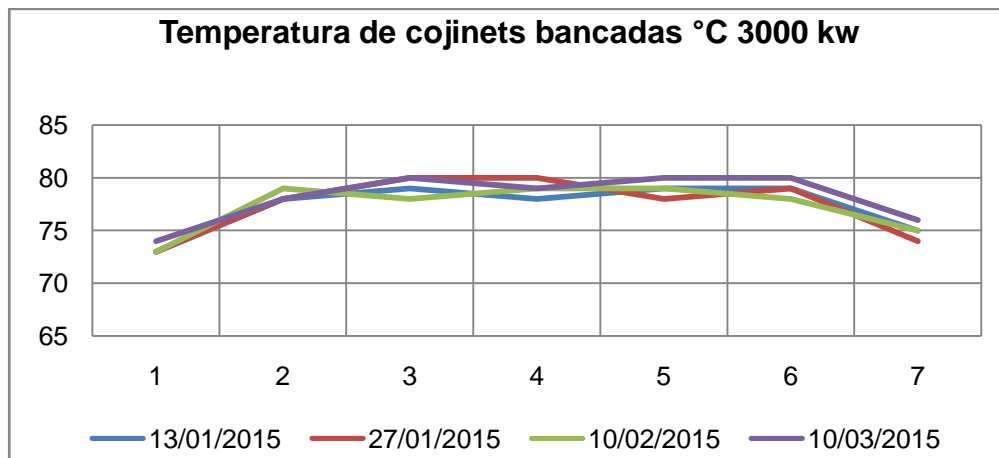


Gráfico 12.- Temperatura de cojinetes bancadas °C 3000 kw

Análisis.- Los valores de temperatura están dentro de parámetros tolerables. La temperatura normal de trabajo es hasta un máximo de 80°C, temperatura alarma es de 85°C y temperatura de disparo es de 90°C; estos valores según diagrama están tomados con carga de 3000 Kw las mismas que pueden variar por condiciones ambientales.

Avería.- No detecta avería condiciones normales.

Solución.- No aplica

Tabla 10.- Temperatura de cojinetes bancadas °C 3000 kw

# Cil.	13/01/2015	27/01/2015	10/02/2015	10/03/2015	23/03/2015
1	73	73	73	74	74
2	78	78	79	78	79
3	79	80	78	80	80
4	78	80	79	79	80
5	79	78	79	80	80
6	79	79	78	80	79
7	75	74	75	76	76

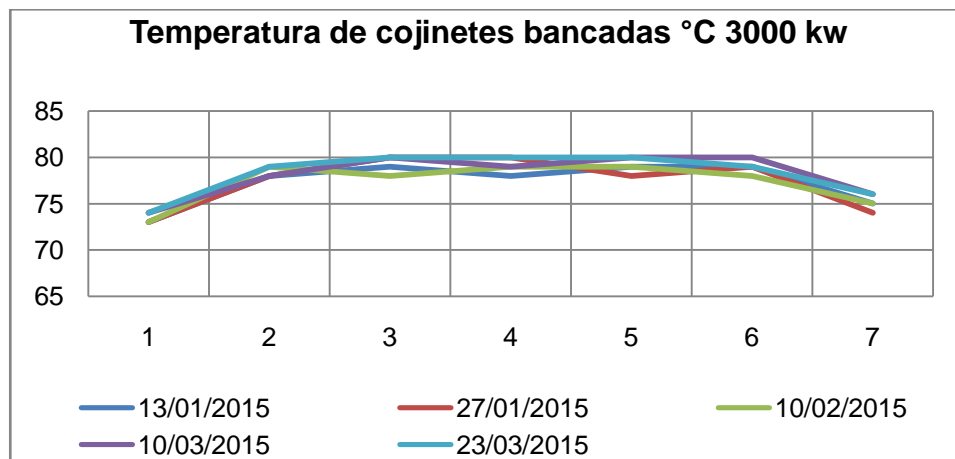


Gráfico 13.- Temperatura de cojinetes bancadas °C 3000 kw.

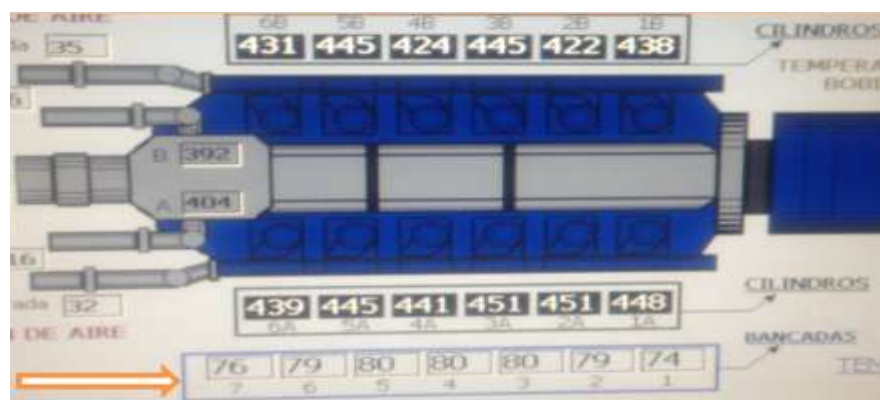


Figura 23.- Imagen evidencia temperatura de bancadas fecha 23-03-2105

Análisis.- Los valores obtenidos de la temperatura de cojinetes de bancadas están dentro de lo permisible que es de hasta 85°C considerando que la avería en válvulas de escape cilindro 3B no afectaba directamente en cojinetes de bancada.

4.6.7. Lecturas de Temperatura de cojinetes de bielas

Tabla 11.- Temperatura cojinetes de bielas °C 3000 Kw

# Cil.	13/01/2015	27/01/2015	10/02/2015	10/03/2015
1	73	73	73	74
2	73	73	73	73
3	75	74	74	74
4	74	74	73	73
5	73	73	73	73
6	74	74	73	74

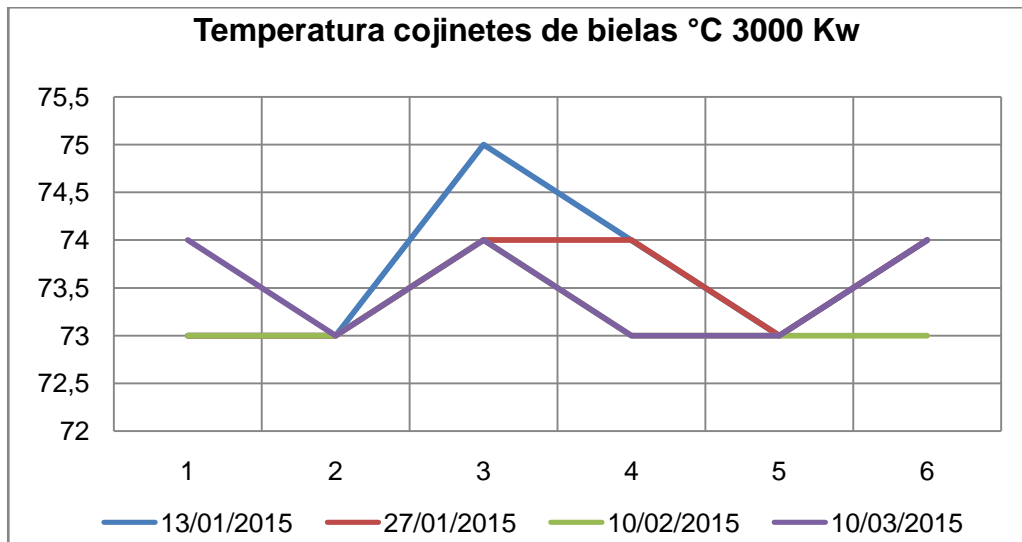


Gráfico 14.- Temperatura cojinetes de bielas °C 3000 Kw

Análisis.- La temperatura del aceite en cojinetes de biela con rotación sentido horario, están dentro de los parámetros normales según el manual, el mismo que señala que no debe exceder más de 25°C del valor de temperatura de aceite principal que es 58°C; es decir no debe excederse de 93°C.

Avería.- Las temperaturas de aceite de cojinetes de bielas PECOT se encuentran dentro de los parámetros normales.

Solución.- No requiere intervención parámetros tolerables.

Tabla 12.- Temperatura cojinetes de bielas al 23-03-2015

# Cil.	13/01/2015	27/01/2015	10/02/2015	10/03/2015	23/03/2015
1	73	73	73	74	74
2	73	73	73	73	73
3	75	74	74	74	75
4	74	74	73	73	74
5	73	73	73	73	74
6	74	74	73	74	74

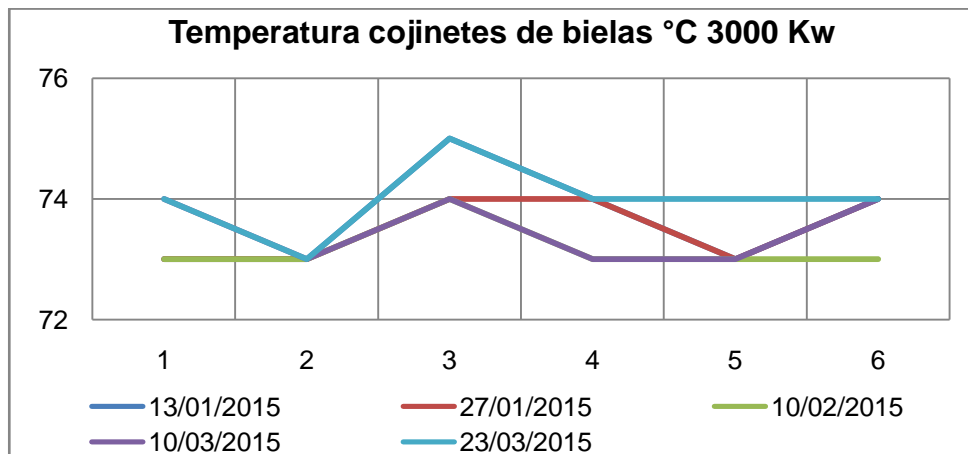


Gráfico 15.- Temperatura cojinetes de bielas al 23-03-2015.

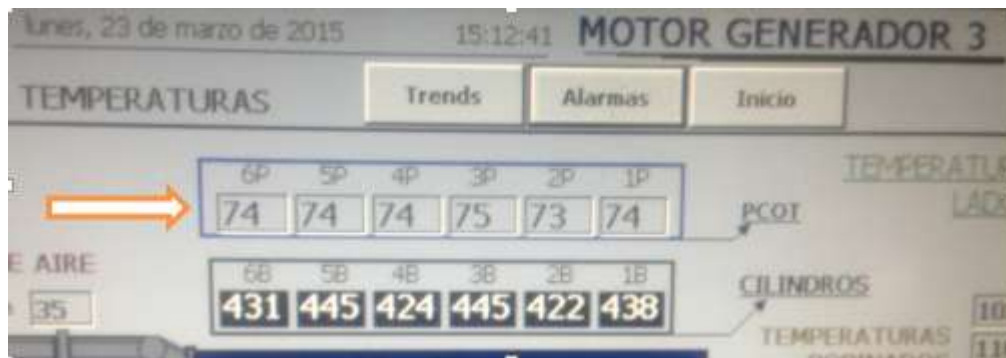


Figura 24.- Temperatura cojinetes de bielas al 23-03-2015

Análisis.- Con los datos recopilados con fecha 23-03-2015 analizamos e interpretamos que los valores están dentro de la tolerancia que no debe exceder de 77°C y la avería en válvulas de escape cilindro 6B no afectaba directamente a los cojinetes de biela .

4.6.8. Diagnóstico General

En las Temperaturas de salida de los gases en los cilindros lados A y B, se pudo detectar una relevancia en el cilindro 6B debido al incremento de la temperatura, pese a que se tuvo una baja en combustible, la tendencia de temperatura es a subir, llegando al límite máximo permisible.

Debido al incremento de temperatura, el operador realiza la maniobra de reducir el combustible que ingresa a la bomba de combustible, con la finalidad de mantener los parámetros ideales de operación, según lo indicado por el manual.

En el cilindro 6B se detecta una baja de presión que va decreciendo, es decir hay una pérdida de compresión en el cilindro. Según datos iniciales de RPM turbos lado A y B, se observa una diferencia de RPM entre el lado A y el lado B dentro de los parámetros normales (500RPM), pero el 10 de febrero se observa un diferencial mayor (1000RPM) al valor permisible, dando una condición desfavorable para el motor, siendo este un indicador para tomar medidas de mantenimiento preventivo.

En la Presión de aire turbos lado A-B se observa un fenómeno similar al anterior, cambiando la variable de RPM a presión, es decir el aumento de 0.2 bares se presenta en el lado B en la fecha 10 de febrero, parámetro de alarma que nos indica una sobre carga de turbo por incremento de revoluciones debido al incremento de flujo de gases de escape por avería en cilindro 6B.

En la temperatura de cojinetes bancadas son valores que están dentro de parámetros tolerables. De la misma forma la Temperatura de aceite en cojinetes de biela con la carga nominal que es 3000 Kw/h.

4.6.9. Análisis Comparativo

Tabla 13.- Análisis comparativo temperatura salida de gases cilindro 6B

Variable/ Sistema	Parámetro		Comparación
	antes	actual	
Temperatura salida de gases cilindro 6B.	485°C	431°C	Baja de temperatura salida de gases.

4.7. Análisis termográfico de motor y sistemas auxiliares

De los datos tomados del motor electrógeno de combustión interna OTV-818-0E03, se realiza un análisis de motor y sistemas auxiliares que constan:

- Inyectores balancines L. A.
- Inyectores balancines L. B.
- Sistemas auxiliares.
 - Turbocompresor lado A
 - Turbocompresor lado B
 - Motor eléctrico bomba de agua camisas
 - Bomba de agua camisas
 - Motor-bomba de agua inyectores
 - Motor eléctrico bomba de lubricación principal
 - Bomba de lubricación aceite principal

**4.7.1. Análisis predictivo OTV-818-OE03 (02-03-2015), Termografía
inyectores balancines L.A.**

Contenido:

- Inyector 1A, Balancines y Elementos Mecanismos 1A.
- Inyector 2A, Balancines y Elementos Mecanismos 2A.
- Inyector 3A, Balancines y Elementos Mecanismos 3A
- Inyector 4A, Balancines y Elementos Mecanismos 4A
- Inyector 5A, Balancines y Elementos Mecanismos 5A
- Inyector 6A, Balancines y Elementos Mecanismos 6A.

Tabla 14.- Análisis predictivo termografía inyector 1A

Fecha de inspección:	02/03/2015 13:34:13	Ubicación	Otavalo
Equipo	Inyector 1A	Nombre del equipo:	Motor 818-OE03
Temp. ambiente:	30°C	Velocidad del viento	N/A
Carga (%)	93.75%	Carga nominal máxima:	3200 Kw
Temperatura de excepción:	N/A	Posible problema	No existente
Acción recomendada	N/A	Prioridad de reparación:	N/A
Emisividad:	1,00	Temperatura reflejada:	22,0 °C
Fabricante	Fluke Thermography	Cámara:	Ti400-13120683

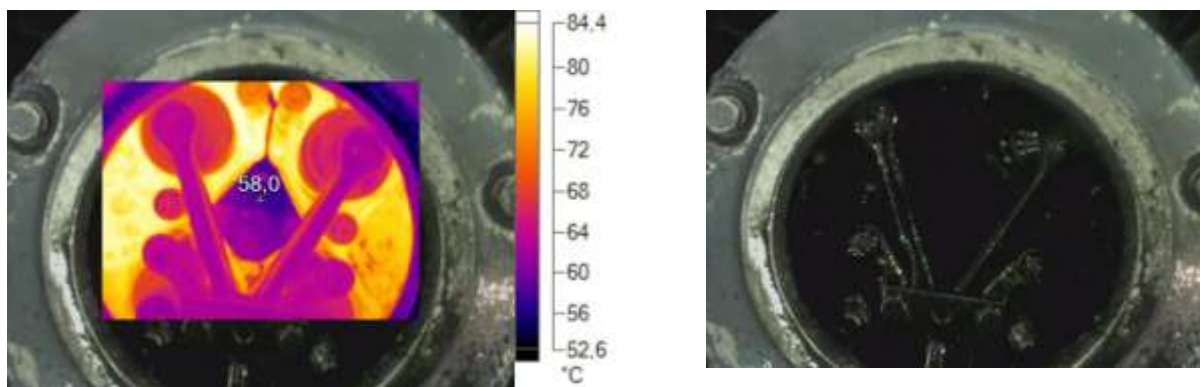


Imagen 1.- IR_00624.IS2 y de luz visible del Inyector 1A
Fuente: Fluke Ti400

Información de la imagen

Temperatura promedio	68,6°C
Rango de la imagen	52,6°C a 84,4°C
Tamaño de sensor IR	320 x 240
Hora de la imagen	02/03/2015 13:34:13

Análisis.- En la imagen infrarroja de inyector 1A y mecanismos balancines se interpreta que la temperatura máxima 84.4°C está localizada en elementos que están en contacto directo con la cámara de combustión como son los blocks de escape (ubicación parte superior izquierdo –derecho) , válvula de sobre presión (ubicación centro derecho) , tapón en culata (ubicación centro izquierdo) , la temperatura más fresca está ubicada en el cuerpo de inyector (ubicación centro) con 52.6°C el mismo que cuenta con un sistema externo de refrigeración , adicional se visualiza refrigeración en mecanismos balancines producto de la lubricación.

Avería.- No detectada.

Solución. - No aplica

Tabla 15.- Análisis predictivo termografía inyector2A

Fecha de inspección:	02/03/2015 13:34:27	Ubicación	Otavalo
Equipo	Inyector 2A	Nombre del equipo:	Motor 818-OE03
Temp. ambiente:	30°C	Velocidad del viento	N/A
Carga (%)	93.75%	Carga nominal máxima:	3200 Kw
Temperatura de excepción:	N/A	Posible problema	No existente
Acción recomendada	N/A	Prioridad de reparación:	N/A
Emisividad:	1,00	Temperatura reflejada:	22,0 °C
Fabricante	FlukeThermography	Cámara:	Ti400-13120683

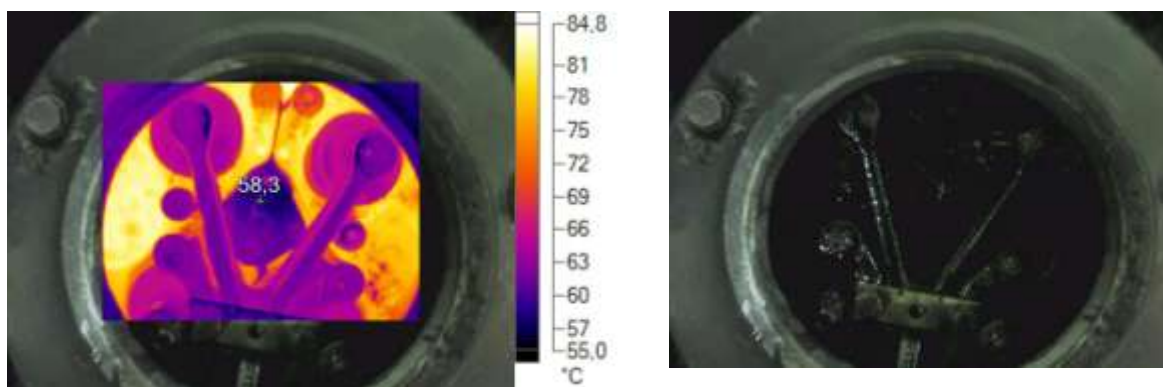


Imagen 2.- IR_00624.IS2 y de luz visible del Inyector 1A
Fuente: Fluke Ti400

Información de la imagen

Temperatura promedio	68,1°C
Rango de la imagen	55,0°C a 84,8°C
Tamaño de sensor IR	320 x 240
Hora de la imagen	02/03/2015 13:34:27

Análisis.- En la imagen infrarroja de inyector 2A y mecanismos balancines se interpreta que la temperatura máxima 84.8°C está localizada en elementos que están en contacto directo con la cámara de combustión como son los blocks de escape (ubicación parte superior izquierdo –derecho) , válvula de sobre presión (ubicación centro derecho) , tapón en culata (ubicación centro izquierdo) , la temperatura más fresca está ubicada en el cuerpo de inyector (ubicación centro) con 55.0°C el mismo que cuenta con un sistema externo de refrigeración , adicional se visualiza refrigeración en mecanismos balancines producto de la lubricación.

Avería.- No detectada.

Solución. - No aplica

Tabla 16.- Análisis predictivo termografía inyector 3A

Fecha de inspección:	02/03/2015 13:34:39	Ubicación	Otavaló
Equipo	Inyector 3A	Nombre del equipo:	Motor 818-OE03
Temp. ambiente:	30°C	Velocidad del viento	N/A
Carga (%)	93.75%	Carga nominal máxima:	3200 Kw
Temperatura de excepción:	N/A	Posible problema	No existente
Acción recomendada	N/A	Prioridad de reparación:	N/A
Emisividad:	1,00	Temperatura reflejada:	22,0 °C
Fabricante	FlukeThermography	Cámara:	Ti400-13120683

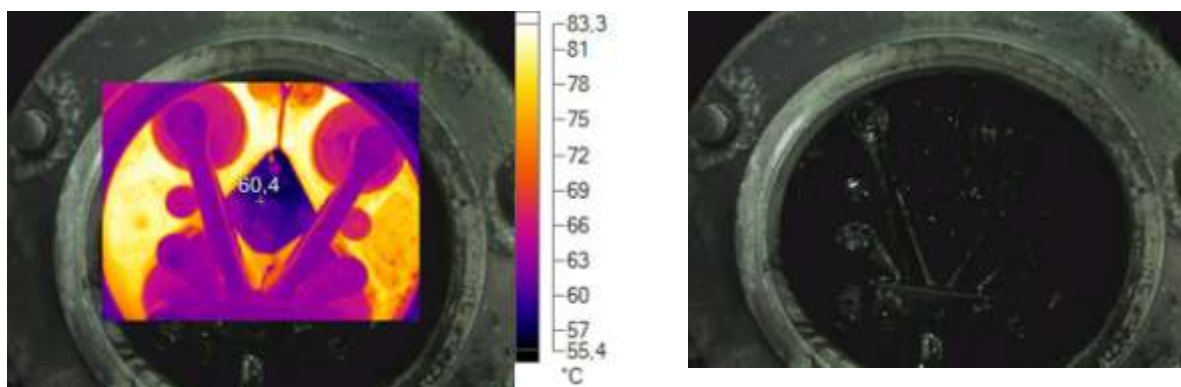


Imagen 3.- IR_00626.IS2 y de luz visible del Inyector 3A
Fuente: Fluke Ti400

Información de la imagen

Temperatura promedio	68,4°C
Rango de la imagen	55,4°C a 83,3°C
Tamaño de sensor IR	320 x 240
Hora de la imagen	02/03/2015 13:34:39

Análisis.- En la imagen infrarroja de inyector 3A y mecanismos balancines se interpreta que la temperatura máxima 83.3°C está localizada en elementos que están en contacto directo con la cámara de combustión como son los blocks de escape (ubicación parte superior izquierdo –derecho) , válvula de sobre presión (ubicación centro derecho) , tapón en culata (ubicación centro izquierdo) , la temperatura más fresca está ubicada en el cuerpo de inyector (ubicación centro) con 55.4°C el mismo que cuenta con un sistema externo de refrigeración , adicional se visualiza refrigeración en mecanismos balancines producto de la lubricación.

Avería.- No detectada.

Solución. - No aplica

Tabla 17.- Análisis predictivo termografía inyector 4A

Fecha de inspección:	02/03/2015 13:37:19	Ubicación	Otavaló
Equipo	Inyector 4A	Nombre del equipo:	Motor 818-OE03
Temp. ambiente:	30°C	Velocidad del viento	N/A
Carga (%)	93.75%	Carga nominal máxima:	3200 Kw
Temperatura de excepción:	N/A	Posible problema	No existente
Acción recomendada	N/A	Prioridad de reparación:	N/A
Emisividad:	1,00	Temperatura reflejada:	22,0 °C
Fabricante	Fluke Thermography	Cámara:	Ti400-13120683

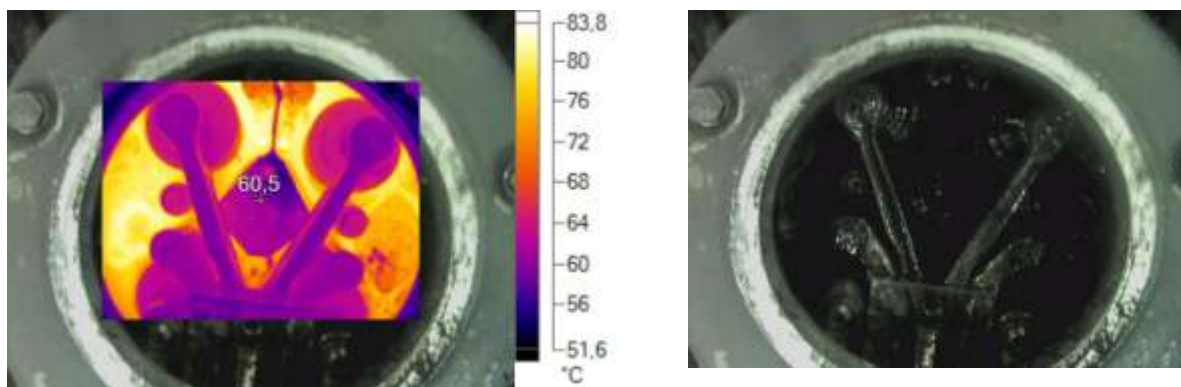


Imagen 4.- IR_00627.IS2 y de luz visible del Inyector 4A
Fuente: Fluke Ti400

Información de la imagen

Temperatura promedio	66,7°C
Rango de la imagen	51,6°C a 83,8°C
Tamaño de sensor IR	320 x 240
Hora de la imagen	02/03/2015 13:37:19

Análisis.- En la imagen infrarroja de inyector 4A y mecanismos balancines se interpreta que la temperatura máxima 83.3°C está localizada en elementos que están en contacto directo con la cámara de combustión como son los blocks de escape (ubicación parte superior izquierdo –derecho) , válvula de sobre presión (ubicación centro derecho) , tapón en culata (ubicación centro izquierdo) , la temperatura más fresca está ubicada en el cuerpo de inyector (ubicación centro) con 51.6°C el mismo que cuenta con un sistema externo de refrigeración , adicional se visualiza refrigeración en mecanismos balancines producto de la lubricación.

Avería.- No detectada.

Solución. - No aplica

Tabla 18.- Análisis predictivo termografía inyector 5A

Fecha de inspección:	02/03/2015 13:37:29	Ubicación	Otavalo
Equipo	Inyector 5A	Nombre del equipo:	Motor 818-OE03
Temp ambiente:	30°C	Velocidad del viento	N/A
Carga (%)	93.75%	Carga nominal máxima:	3200 Kw
Temperatura de excepción:	N/A	Posible problema	No existente
Acción recomendada	N/A	Prioridad de reparación:	N/A
Emisividad:	1,00	Temperatura reflejada:	22,0 °C
Fabricante	FlukeThermography	Cámara:	Ti400-13120683

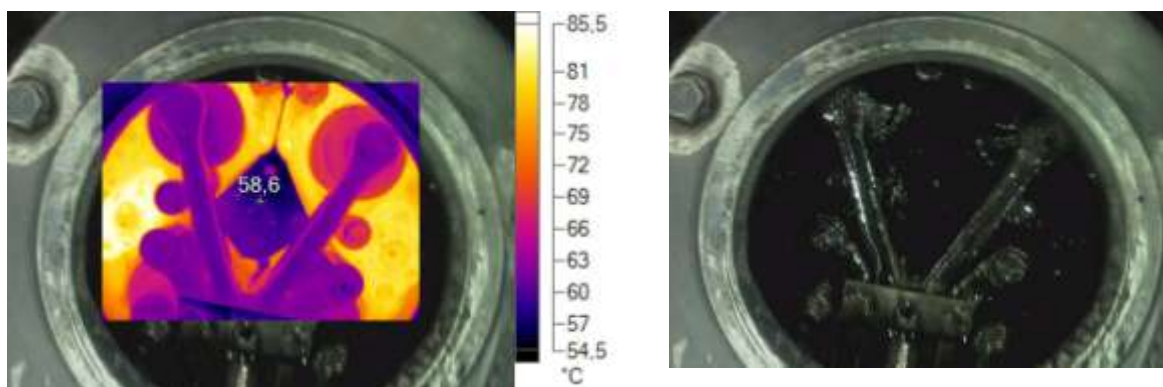


Imagen 5.- IR_00628.IS2 y de luz visible del Inyector 5A
Fuente: Fluke Ti400

Información de la imagen

Temperatura promedio	68,1°C
Rango de la imagen	54,5°C a 85,5°C
Tamaño de sensor IR	320 x 240
Hora de la imagen	02/03/2015 13:37:29

Análisis.- En la imagen infrarroja de inyector 5A y mecanismos balancines se interpreta que la temperatura máxima 85.5°C está localizada en elementos que están en contacto directo con la cámara de combustión como son los blocks de escape (ubicación parte superior izquierdo –derecho) , válvula de sobre presión (ubicación centro derecho) , tapón en culata (ubicación centro izquierdo) , la temperatura más fresca está ubicada en el cuerpo de inyector (ubicación centro) con 54.5°C el mismo que cuenta con un sistema externo de refrigeración , adicional se visualiza refrigeración en mecanismos balancines producto de la lubricación.

Avería.- No detectada.

Solución. - No aplica

Tabla 19.- Análisis predictivo termografía inyector 6A

Fecha de inspección:	02/03/2015 13:37:37	Ubicación	Otavaló
Equipo	Inyector 6A	Nombre del equipo:	Motor 818-OE03
Temp ambiente:	30°C	Velocidad del viento	N/A
Carga (%)	93.75%	Carga nominal máxima:	3200 Kw
Temperatura de excepción:	N/A	Posible problema	No existente
Acción recomendada	N/A	Prioridad de reparación:	N/A
Emisividad:	1,00	Temperatura reflejada:	22,0 °C
Fabricante	FlukeThermography	Cámara:	Ti400-13120683

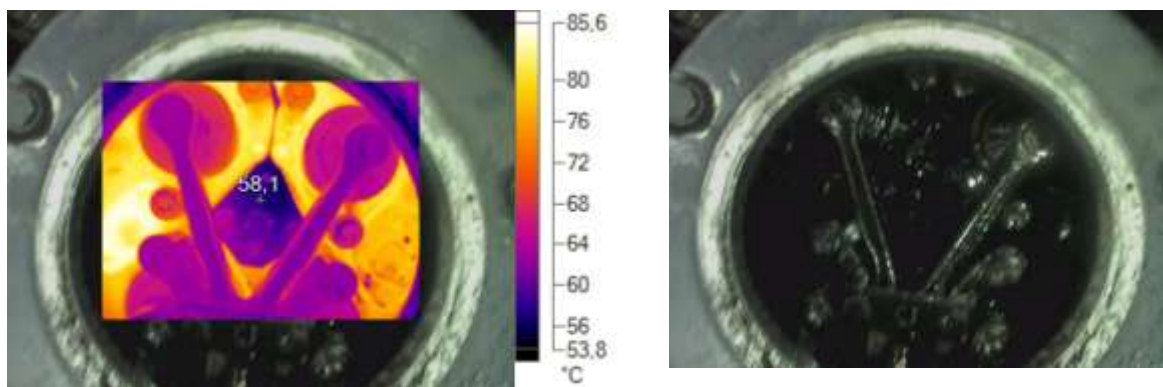


Imagen 6.- IR_00629.IS2 y de luz visible del Inyector 6A
Fuente: Fluke Ti400

Información de la imagen

Temperatura promedio	69,0°C
Rango de la imagen	53,8°C a 85,6°C
Tamaño de sensor IR	320 x 240
Hora de la imagen	02/03/2015 13:37:37

Análisis.- En la imagen infrarroja de inyector 6A y mecanismos balancines se interpreta que la temperatura máxima 85.6°C está localizada en elementos que están en contacto directo con la cámara de combustión como son los blocks de escape (ubicación parte superior izquierdo –derecho) , válvula de sobre presión (ubicación centro derecho) , tapón en culata (ubicación centro izquierdo) , la temperatura más fresca está ubicada en el cuerpo de inyector (ubicación centro) con 53.8°C el mismo que cuenta con un sistema externo de refrigeración , adicional se visualiza refrigeración en mecanismos balancines producto de la lubricación.

Avería.- No detectada.

Solución. - No aplica

4.7.2. Análisis predictivo otv-818-oe03 (02-03-2015). Termografía inyectores balancines LB

Contenido:

- Inyector 1B, Balancines y Elementos Mecanismos 1B.
- Inyector 2B, Balancines y Elementos Mecanismos 2B.
- Inyector 3B, Balancines y Elementos Mecanismos 3B.
- Inyector 4B, Balancines y Elementos Mecanismos 4B.
- Inyector 5B, Balancines y Elementos Mecanismos 5B.
- Inyector 6B, Balancines y Elementos Mecanismos 6B.

Tabla 20.- Análisis predictivo termografía inyector 1B

Fecha de inspección:	02/03/2015 13:37:19	Ubicación	Otavalo
Equipo	Inyector 1B	Nombre del equipo:	Motor 818-OE03
Temp ambiente:	30°C	Velocidad del viento	N/A
Carga (%)	93.75%	Carga nominal máxima:	3200 Kw
Temperatura de excepción:	N/A	Posible problema	No existente
Acción recomendada	N/A	Prioridad de reparación:	N/A
Emisividad:	1,00	Temperatura reflejada:	22,0 °C
Fabricante	FlukeThermography	Cámara:	Ti400-13120683

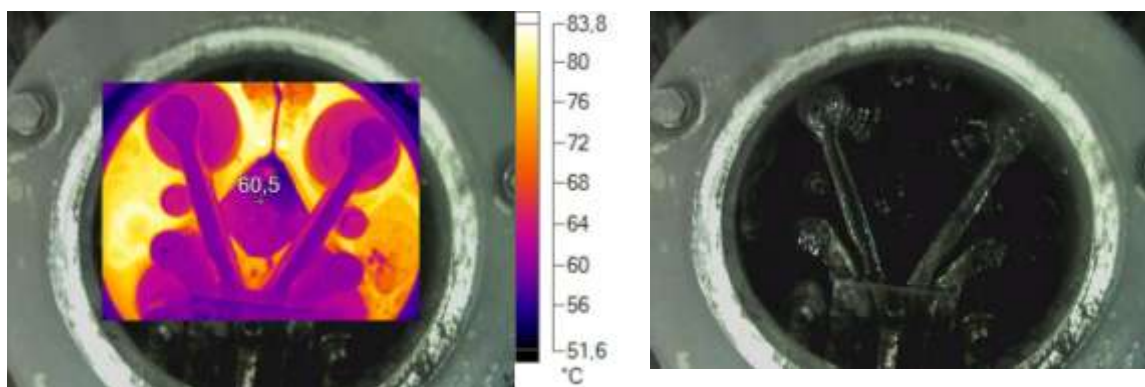


Imagen 7.- IR_00627.IS2 y de luz visible del Inyector 1B
Fuente: Fluke Ti400

Información de la imagen

Temperatura promedio	66,7°C
Rango de la imagen	51,6°C a 83,8°C
Tamaño de sensor IR	320 x 240
Hora de la imagen	02/03/2015 13:37:19

Análisis.- En la imagen infrarroja de inyector 1B y mecanismos balancines se interpreta que la temperatura máxima 83.8°C está localizada en elementos que están en contacto directo con la cámara de combustión como son los blocks de escape (ubicación parte superior izquierdo –derecho) , válvula de sobre presión (ubicación centro derecho) , tapón en culata (ubicación centro izquierdo) , la temperatura más fresca está ubicada en el cuerpo de inyector (ubicación centro) con 51.6°C el mismo que cuenta con un sistema externo de refrigeración , adicional se visualiza refrigeración en mecanismos balancines producto de la lubricación.

Avería.- No detectada.

Solución. - No aplica

Tabla 21.- Análisis predictivo termografía inyector 2B

Fecha:	02/03/2015 13:37:29	Ubicación	Otavaló
Equipo	Inyector 2B	Nombre del equipo:	Motor 818-OE03
Temp ambiente:	30°C	Velocidad del viento	N/A
Carga (%)	93.75%	Carga nominal máxima:	3200 Kw
Temperatura de excepción:	N/A	Posible problema	Falta de refrigeración inyector 2B.
Acción recomendada	Se requiere paro de motor, desmontaje de inyector 2b, control y limpieza de ductos de refrigeración, control y calibración de inyector en banco de prueba.	Prioridad de reparación:	Se requiere la ejecución en un paro circunstancial para no afectar la fiabilidad.
Emisividad:	1,00	Temperatura reflejada:	22,0 °C
Fabricante	FlukeThermography	Cámara:	Ti400-13120683

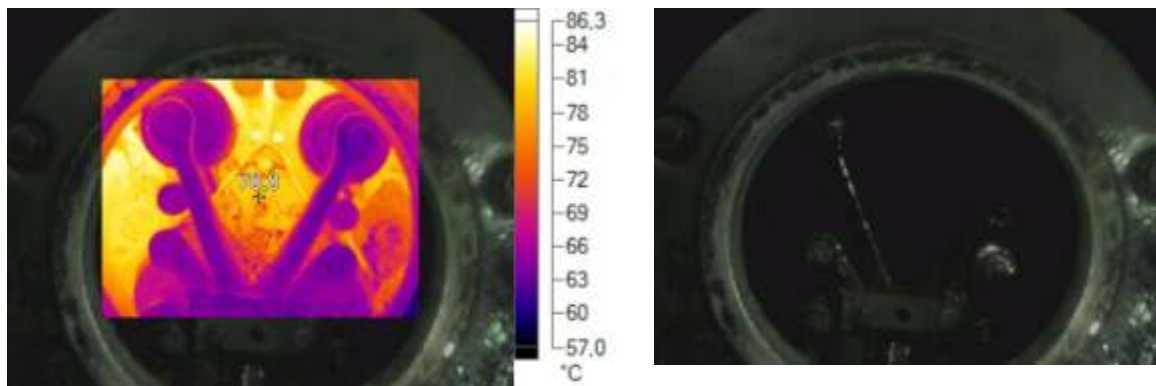


Imagen 8.- IR_00628.IS2 y de luz visible del Inyector 2B
Fuente: Fluke Ti400

Información de la imagen

Temperatura promedio	71,1°C
Rango de la imagen	57,0°C a 86,3°C
Tamaño de sensor IR	320 x 240
Hora de la imagen	12/11/2014 14:35:09

Análisis.- En la imagen infrarroja de inyector 2B y mecanismos balancines se interpreta que la temperatura máxima 83.8°C está localizada en elementos que están en contacto directo con la cámara de combustión como son los blocks de escape (ubicación parte superior izquierdo –derecho) , válvula de sobre presión (ubicación centro derecho), tapón en culata (ubicación centro izquierdo) , adicional se detecta alta temperatura en inyector 2B con valor de 78.8 interpretando falla de refrigeración debido a obstrucción en ductos de refrigeración ya que la temperatura máxima debe ser 10 °C más que la temperatura de refrigeración agua inyectores que es de 50°C, adicional se visualiza refrigeración en mecanismos balancines producto de la lubricación.

Avería.-Incremento de temperatura en cuerpo de inyector 2B por falta de refrigeración posible obstrucción en ductos de tobera y cuerpo de inyector.

Solución. – Parada de motor, desmontaje de inyector, desarmada, control de ductos de refrigeración, calibración de inyector en banco de pruebas, termografías después de la reparación y análisis del mismo.

Tabla 22.- Análisis preventivo termografía inyector 2B

Fecha de inspección:	04/03/2015 14:37:29	Ubicación	Otavalo
Equipo	Inyector 2B	Nombre del equipo:	Motor 818-OE03

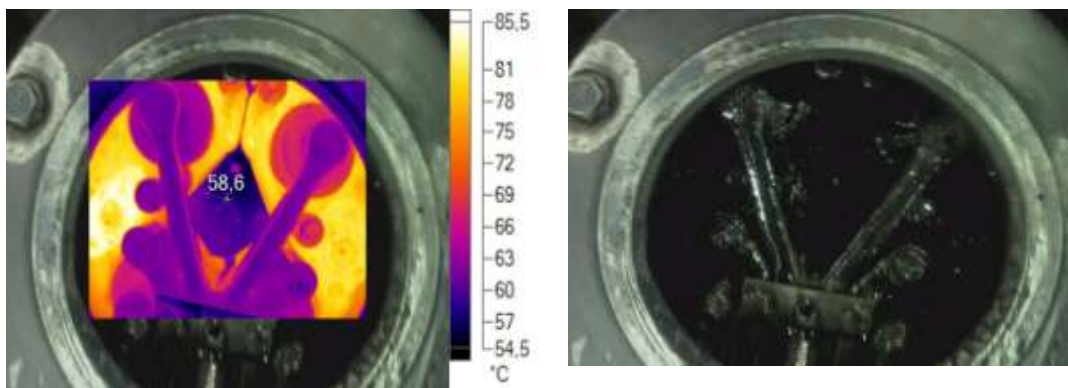


Imagen 9.- IR_00628.IS2 y de luz visible del Inyector 2B después mantenimiento
Fuente: Fluke Ti400

Análisis.- La imagen infrarroja corresponde al inyector 2B del motor 818-0E-03 después de la intervención como se observa la temperatura de inyector bajo de 78.8°C a 58.6°C siendo este un parámetro permisibles según manual Niigata la refrigeración de agua inyectores debe ser de hasta 60°C.

Tabla 23.- Análisis predictivo termografía inyector 3B

Fecha de inspección:	02/03/2015 13:37:37	Ubicación	Otavalo
Equipo	Inyector 3B	Nombre del equipo:	Motor 818-OE03
Temp ambiente:	30°C	Velocidad del viento	N/A
Carga (%)	93.75%	Carga nominal máxima:	3200 Kw
Temperatura de excepción:	N/A	Posible problema	No existente
Acción recomendada	N/A	Prioridad de reparación:	N/A
Emisividad:	1,00	Temperatura reflejada:	22,0 °C
Fabricante	FlukeThermography	Cámara:	Ti400-13120683

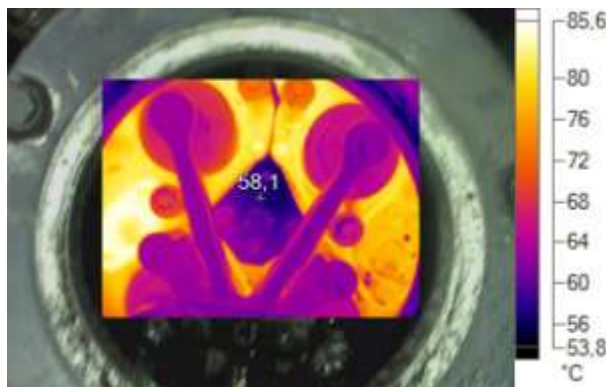


Imagen 10.- IR_00629.IS2 y de luz visible del Inyector 3B
Fuente: Fluke Ti400

Información de la imagen

Temperatura promedio	69,0°C
Rango de la imagen	53,8°C a 85,6°C
Tamaño de sensor IR	320 x 240
Hora de la imagen	02/03/2015 13:37:37

Tabla 24.- Análisis predictivo termografía inyector 4B

Fecha de inspección:	02/03/2015 13:37:50	Ubicación	Otavaló
Equipo	Inyector 4B	Nombre del equipo:	Motor 818-OE03
Temp ambiente:	30°C	Velocidad del viento	N/A
Carga (%)	93.75%	Carga nominal máxima:	3200 Kw
Temperatura excepción:	N/A	Posible problema	No existente
Acción recomendada	N/A	Prioridad de reparación:	N/A
Emisividad:	1,00	Temperatura reflejada:	22,0 °C
Fabricante	FlukeThermography	Cámara:	Ti400-13120683

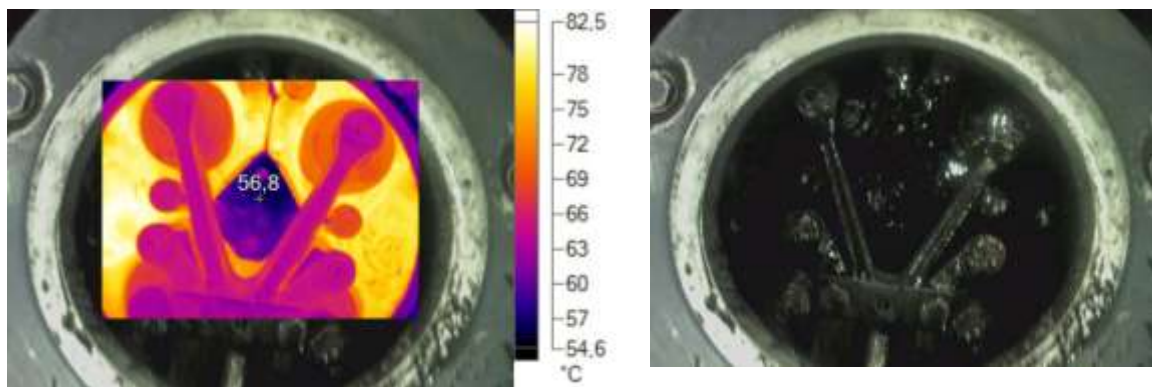


Imagen 11.- IR_00630.IS2 y de luz visible del Inyector 4B
Fuente: Fluke Ti400

Información de la imagen

Temperatura promedio	69,7°C
Rango de la imagen	54,6°C a 82,5°C
Tamaño de sensor IR	320 x 240
Hora de la imagen	02/03/2015 13:37:50

Análisis.- En la imagen infrarroja de inyector 4B y mecanismos balancines se interpreta que la temperatura máxima 82.5°C está localizada en elementos que están en contacto directo con la cámara de combustión como son los blocks de escape (ubicación parte superior izquierdo –derecho) , válvula de sobre presión (ubicación centro derecho) , tapón en culata (ubicación centro izquierdo) , la temperatura más fresca está ubicada en el cuerpo de inyector (ubicación centro) con 54.6°C el mismo que cuenta con un sistema externo de refrigeración , adicional se visualiza refrigeración en mecanismos balancines producto de la lubricación.

Avería. - No detectada.

Solución. - No aplica

Tabla 25.- Análisis predictivo termografía inyector 5B

Fecha de inspección:	02/03/2015 13:38:02	Ubicación	Otavaló
Equipo	Inyector 5B	Nombre del equipo:	Motor 818-OE03
Temp ambiente:	30°C	Velocidad del viento	N/A
Carga (%)	93.75%	Carga nominal máxima:	3200 Kw
Temperatura de excepción:	N/A	Posible problema	No existente
Acción recomendada	N/A	Prioridad de reparación:	N/A
Emisividad:	1,00	Temperatura reflejada:	22,0 °C
Fabricante	FlukeThermography	Cámara:	Ti400-13120683

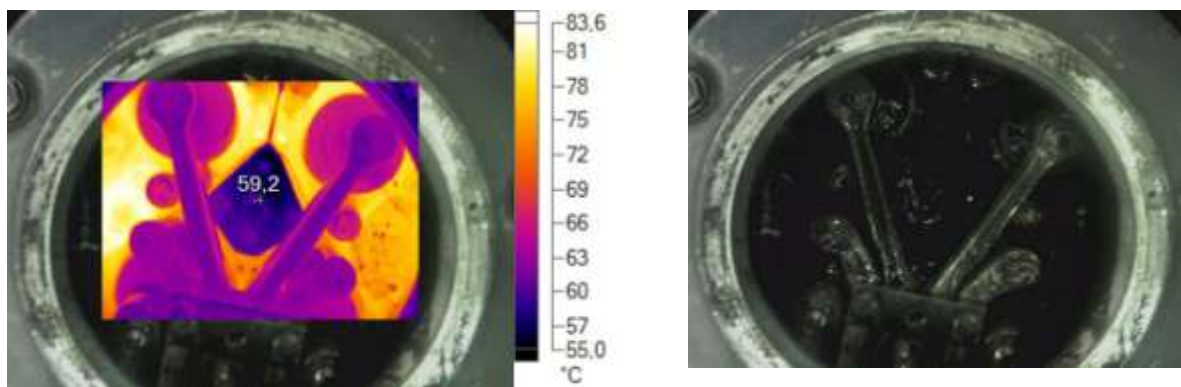


Imagen 12.- IR_00631.IS2 y de luz visible del Inyector 5B
Fuente: Fluke Ti400

Información de la imagen

Temperatura promedio	67,9°C
Rango de la imagen	55,0°C a 83,6°C
Tamaño de sensor IR	320 x 240
Hora de la imagen	02/03/2015 13:38:02

Análisis.- En la imagen infrarroja de inyector 5B y mecanismos balancines se interpreta que la temperatura máxima 83.6°C está localizada en elementos que están en contacto directo con la cámara de combustión como son los blocks de escape (ubicación parte superior izquierdo –derecho) , válvula de sobre presión (ubicación centro derecho) , tapón en culata (ubicación centro izquierdo) , la temperatura más fresca está ubicada en el cuerpo de inyector (ubicación centro) con 55.0°C el mismo que cuenta con un sistema externo de refrigeración , adicional se visualiza refrigeración en mecanismos balancines producto de la lubricación.

Avería. - No detectada.

Solución. - No aplica

Tabla 26.- Análisis predictivo termografía inyector 6B

Fecha de inspección:	02/03/2015 13:38:14	Ubicación	Otavalo
Equipo	Inyector 6B	Nombre del equipo:	Motor 818-OE03
Temp ambiente:	30°C	Velocidad del viento	N/A
Carga (%)	93.75%	Carga nominal máxima:	3200 Kw
Temperatura de excepción:	N/A	Posible problema	No existente
Acción recomendada	N/A	Prioridad de reparación:	N/A
Emisividad:	1,00	Temperatura reflejada:	22,0 °C
Fabricante	FlukeThermography	Cámara:	Ti400-13120683

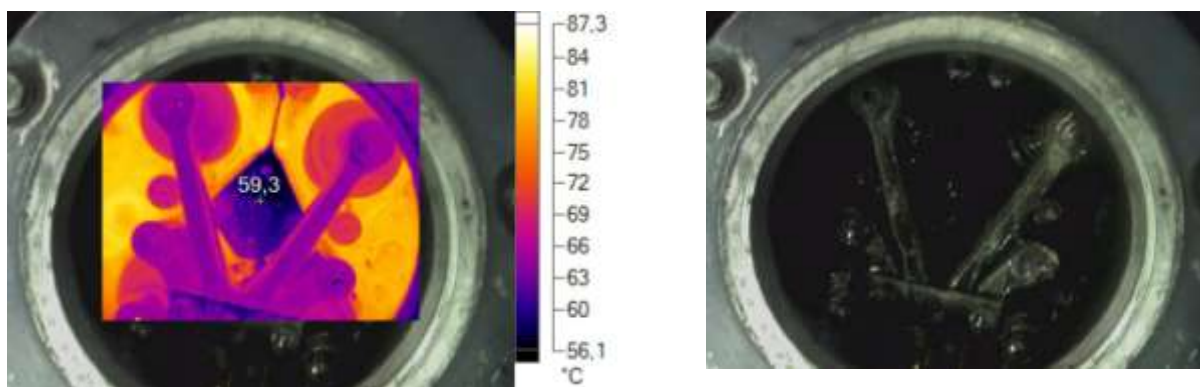


Imagen 13.- IR_00632.IS2 y de luz visible del Inyector 6B
Fuente: Fluke Ti400

Información de la imagen

Temperatura promedio	69,9°C
Rango de la imagen	56,1°C a 87,3°C
Tamaño de sensor IR	320 x 240
Hora de la imagen	02/03/2015 13:38:14

Análisis.- En la imagen infrarroja de inyector 6B y mecanismos balancines se interpreta que la temperatura máxima 87.3°C está localizada en elementos que están en contacto directo con la cámara de combustión como son los blocks de escape (ubicación parte superior izquierdo –derecho) , válvula de sobre presión (ubicación centro derecho) , tapón en culata (ubicación centro izquierdo) , la temperatura más fresca está ubicada en el cuerpo de inyector (ubicación centro) con 56.1°C el mismo que cuenta con un sistema externo de refrigeración , adicional se visualiza refrigeración en mecanismos balancines producto de la lubricación.

Avería. - No detectada.

Solución. - No aplica

4.7.3 Análisis predictivo OTV-818-OE03 (02-03-2015). Termografía sistemas auxiliares.

Contenido:

- Turbocompresor lado A
- Turbocompresor lado B
- Motor eléctrico bomba de agua camisas
- Bomba de agua camisas
- Motor-bomba de agua inyectores
- Motor eléctrico bomba de lubricación principal
- Bomba de lubricación aceite principal

Tabla 27.- Análisis predictivo termografía turbocompresor lado A

Fecha de inspección:	02/03/2015 13:52:22	Ubicación	Otavaló
Equipo	TURBOCOMPRESOR LADO A	Nombre del equipo:	Motor 818- OE03
Temp ambiente:	30°C	Velocidad del viento	N/A
Carga (%)	93.75%	Carga nominal máxima:	3200 Kw
Temperatura de excepción:	N/A	Posible problema	No existente
Acción recomendada	N/A	Prioridad de reparación:	N/A
Emisividad:	1,00	Temperatura reflejada:	22,0 °C
Fabricante	FlukeThermography	Cámara:	Ti400- 13120683

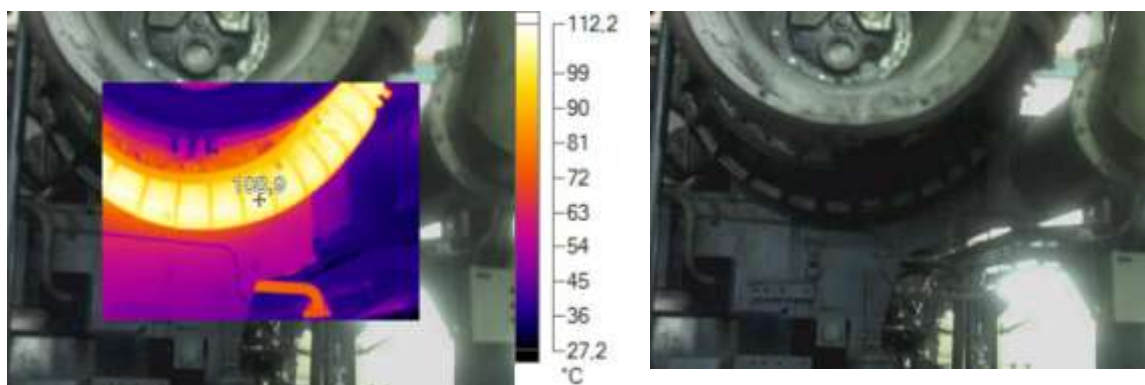


Imagen 14.- IR_00633.IS2 y de luz visible del turbocompresor lado A
Fuente: Fluke Ti400

Información de la imagen

Temperatura promedio	60,6°C
Rango de la imagen	27,2°C a 112,2°C
Tamaño de sensor IR	320 x 240
Hora de la imagen	02/03/2015 13:52:22

Análisis.- En la imagen infrarroja de turbocompresor lado A se interpreta que la temperatura máxima es de 112.2 °C está ubicada en la carcasa de la rueda compresora del turbo VTR 400 siendo estos parámetros normales según manual ya que el incremento es debido a la compresión de gases para alimentación de aire del motor según manual los parámetros tolerables están entre 100 a 135°C.

Avería. - No detectada.

Solución. - No aplica.

Tabla 28.- Análisis predictivo termografía turbocompresor lado B

Fecha de inspección:	02/03/2015 13:52:37	Ubicación	Otavallo
Equipo	TURBOCOMPRESOR LADO B	Nombre del equipo:	Motor 818-OE03
Temp ambiente:	30°C	Velocidad del viento	N/A
Carga (%)	93.75%	Carga nominal máxima:	3200 Kw
Temperatura de excepción:	N/A	Posible problema	No existente
Acción recomendada	N/A	Prioridad de reparación:	N/A
Emisividad:	1,00	Temperatura reflejada:	22,0 °C
Fabricante	Fluke Thermography	Cámara:	Ti400-13120683

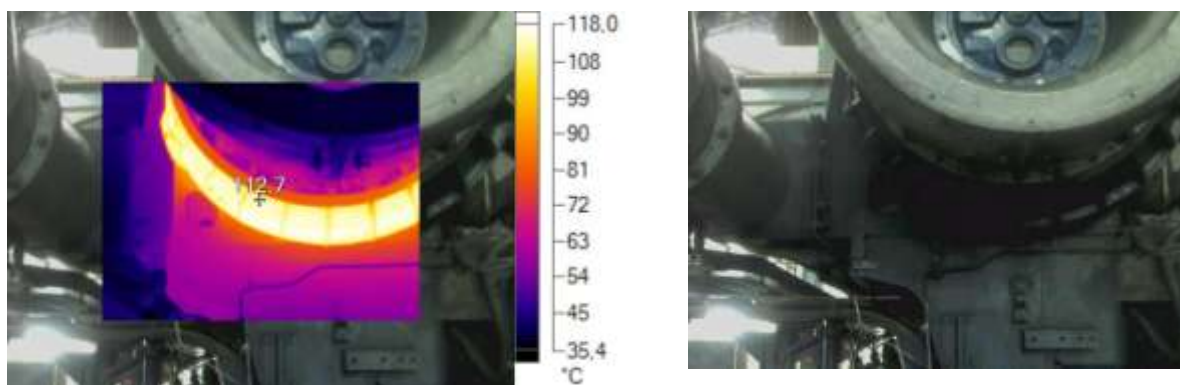


Imagen 15.- IR_00634.IS y de luz visible del turbocompresor lado B
Fuente: Fluke Ti400

Información de la imagen

Temperatura promedio	62,8°C
Rango de la imagen	35,4°C a 118,0°C
Tamaño de sensor IR	320 x 240
Hora de la imagen	02/03/2015 13:52:37

Análisis.- En la imagen infrarroja de turbocompresor lado A se interpreta que la temperatura máxima es de 118 °C está ubicada en la carcasa de la rueda compresora del turbo VTR 400 siendo estos parámetros normales según manual ya que el incremento es debido a la compresión de gases para alimentación de aire del motor según manual los parámetros tolerables están entre 100 a 135°C.

Avería. - No detectada.

Solución. - No aplica.

Tabla 29.- Análisis predictivo termografía motor eléctrico bomba de agua camisas

Fecha de inspección:	02/03/2015 13:55:01	Ubicación	Otavalo
Equipo	Motor eléctrico bomba de agua camisas	Nombre del equipo:	Motor 818-OE03
Temp ambiente:	30°C	Velocidad del viento	N/A
Carga (%)	93.75%	Carga nominal máxima:	3200 Kw
Temperatura de excepción:	N/A	Posible problema	No existente
Acción recomendada	N/A	Prioridad de reparación:	N/A
Emisividad:	1,00	Temperatura reflejada:	22,0 °C
Fabricante	FlukeThermography	Cámara:	Ti400-13120683

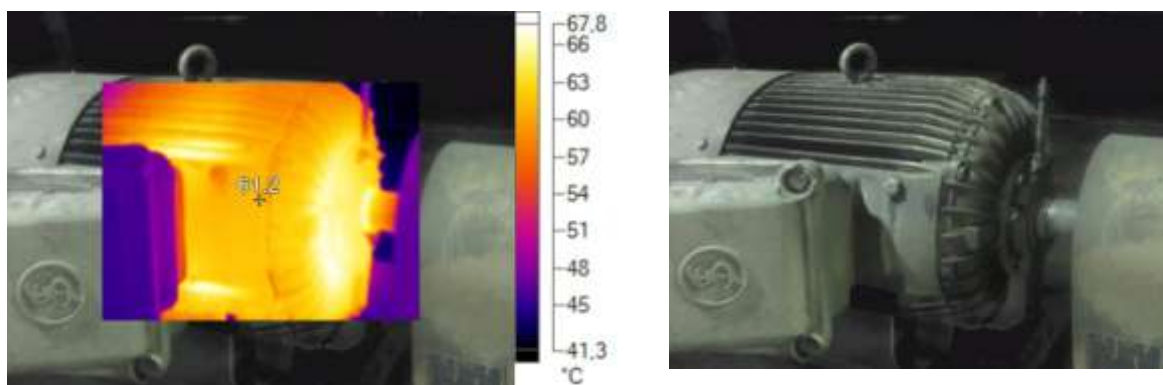


Imagen 16.- IR_00635.IS2 y de luz visible del motor eléctrico bomba de agua
Fuente: Fluke Ti400

Información de la imagen

Temperatura promedio	56,5°C
Rango de la imagen	41,3°C a 67,8°C
Tamaño de sensor IR	320 x 240
Hora de la imagen	02/03/2015 13:55:01

Análisis.- En la imagen infrarroja de motor eléctrico bomba de agua camisas se interpreta que la mayor temperatura 67.8°C está en la sección de rodamiento lado acople debido a la carga radial y axial ya que el motor esta acoplado a la bomba centrífuga, los parámetros de temperatura son normales para el motor y sus componentes, el rodamiento está lubricado con grasa de litio que soporta hasta 130°C.

Avería. - No detectada.

Solución. - No aplica.

Tabla 30.- Análisis predictivo termografía bomba de agua camisas.

Fecha de inspección:	02/03/2015 13:55:37	Ubicación	Otavallo
Equipo	Bomba de agua camisas	Nombre del equipo:	Motor 818-OE03
Temp ambiente:	30°C	Velocidad del viento	N/A
Carga (%)	93.75%	Carga nominal máxima:	3200 Kw
Temperatura de excepción:	N/A	Posible problema	No existente
Acción recomendada	N/A	Prioridad de reparación:	N/A
Emisividad:	1,00	Temperatura reflejada:	22,0 °C
Fabricante	FlukeThermography	Cámara:	Ti400-13120683

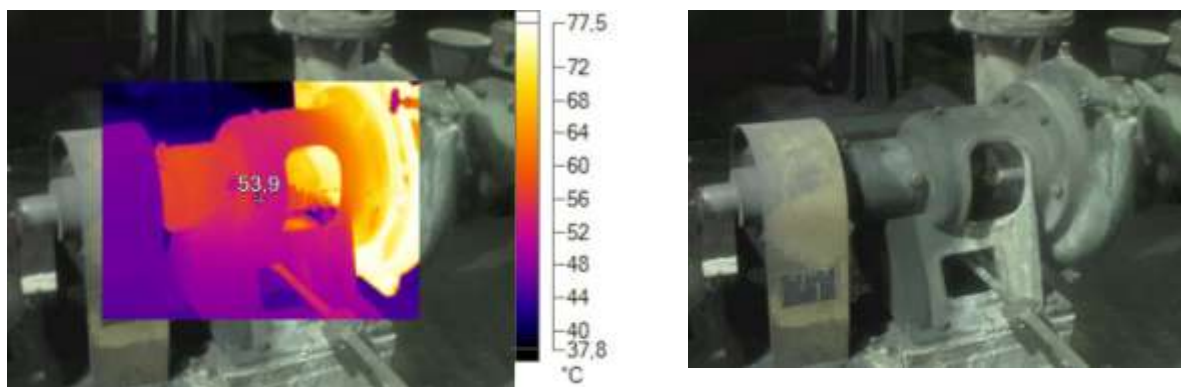


Imagen 17.- IR_00636.IS2 y de luz visible de bomba de agua camisas
Fuente: Fluke Ti400

Información de la imagen

Temperatura promedio	54,7°C
Rango de la imagen	37,8°C a 77,5°C
Tamaño de sensor IR	320 x 240
Hora de la imagen	02/03/2015 13:55:37

Análisis.- En la imagen infrarroja, la bomba de agua camisas se interpreta que la mayor temperatura 77.5°C está en la sección del impeler la misma que está en contacto directo con el agua de refrigeración agua camisas según manual la temperatura de trabajo es de hasta 88°C el rodamiento de la bomba está en 60°C que son parámetros tolerables ya que su lubricación es con grasa de litio que soporta hasta 130°C.

Avería. - No detectada.

Solución. - No aplica.

Tabla 31.- Análisis predictivo termografía motor-bomba de agua inyectores.

Fecha de inspección:	02/03/2015 13:56:02	Ubicación	Otavalo
Equipo	Motor-bomba de agua inyectores	Nombre del equipo:	Motor 818-OE03
Temp ambiente:	30°C	Velocidad del viento	N/A
Carga (%)	93.75%	Carga nominal máxima:	3200 Kw
Temperatura de excepción:	N/A	Posible problema	No existente
Acción recomendada	N/A	Prioridad de reparación:	N/A
Emisividad:	1,00	Temperatura reflejada:	22,0 °C
Fabricante	FlukeThermography	Cámara:	Ti400-13120683

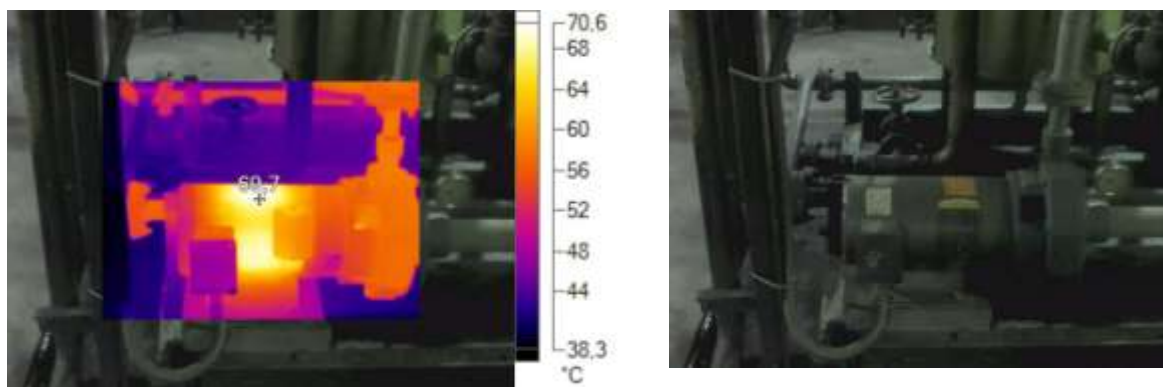


Imagen 18.- IR_00637.IS2 y de luz visible de bomba de agua camisas
Fuente: Fluke Ti400

Información de la imagen

Temperatura promedio	49,9°C
Rango de la imagen	38,3°C a 70,6°C
Tamaño de sensor IR	320 x 240
Hora de la imagen	02/03/2015 13:56:02

Análisis.- En la imagen infrarroja motor-bomba de agua inyectores se interpreta que la mayor temperatura 70.6°C está en la sección de la carcasa (estator), el rodamiento de la bomba está a la misma temperatura de agua camisas que es de 52°C parámetros dentro de tolerancias de trabajo.

Avería. - No detectada.

Solución. - No aplica.

Tabla 32.- Análisis predictivo termografía motor eléctrico bomba lubricación principal.

Fecha de inspección:	02/03/2015 13:56:39	Ubicación	Otavaló
Equipo	Motor eléctrico bomba de lubricación principal	Nombre del equipo:	Motor 818- OE03
Temp ambiente:	30°C	Velocidad del viento	N/A
Carga (%)	93.75%	Carga nominal máxima:	3200 Kw
Temperatura de excepción:	N/A	Posible problema	No existente
Acción recomendada	N/A	Prioridad de reparación:	N/A
Emisividad:	1,00	Temperatura reflejada:	22,0 °C
Fabricante	FlukeThermography	Cámara:	Ti400- 13120683

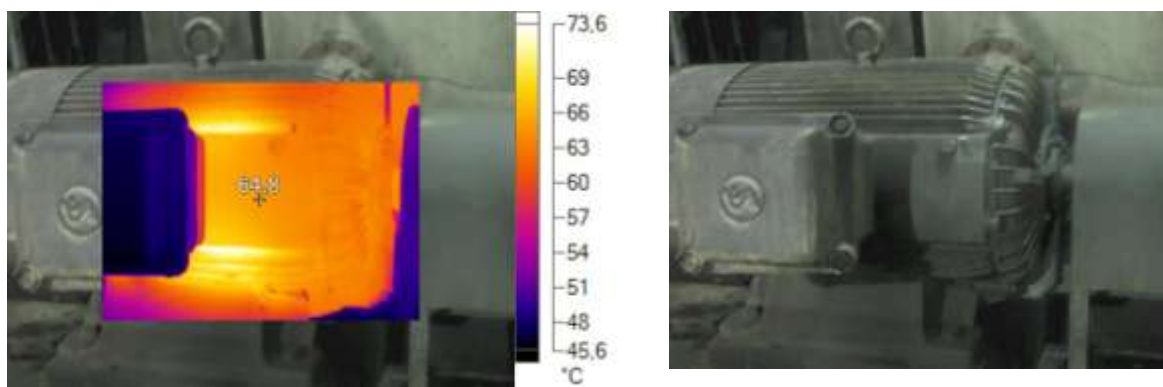


Imagen 19.- IR_00638.IS2 y de luz visible motor eléctrico bomba lubricación principal.
Fuente: Fluke Ti400

Información de la imagen

Temperatura promedio	59,1°C
Rango de la imagen	45,6°C a 73,6°C
Tamaño de sensor IR	320 x 240
Hora de la imagen	02/03/2015 13:56:39

Análisis.- En la imagen motor eléctrico bomba de lubricación principal se interpreta que la mayor temperatura 73.6°C está en la sección de la carcasa (estator) el rodamiento del motor está en 65°C que son parámetros tolerables ya que su lubricación es con grasa de litio que soporta hasta 130°C.

Avería. - No detectada.

Solución. - No aplica.

Tabla 33.- Análisis predictivo termografía bomba de lubricación aceite principal.

Fecha de inspección:	02/03/2015 13:57:10	Ubicación	Otavallo
Equipo	Bomba de lubricación aceite principal	Nombre del equipo:	Motor 818-OE03
Temp ambiente:	30°C	Velocidad del viento	N/A
Carga (%)	93.75%	Carga nominal máxima:	3200 Kw
Temperatura de excepción:	N/A	Posible problema	No existente
Acción recomendada	N/A	Prioridad de reparación:	N/A
Emisividad:	1,00	Temperatura reflejada:	22,0 °C
Fabricante	FlukeThermography	Cámara:	Ti400-13120683

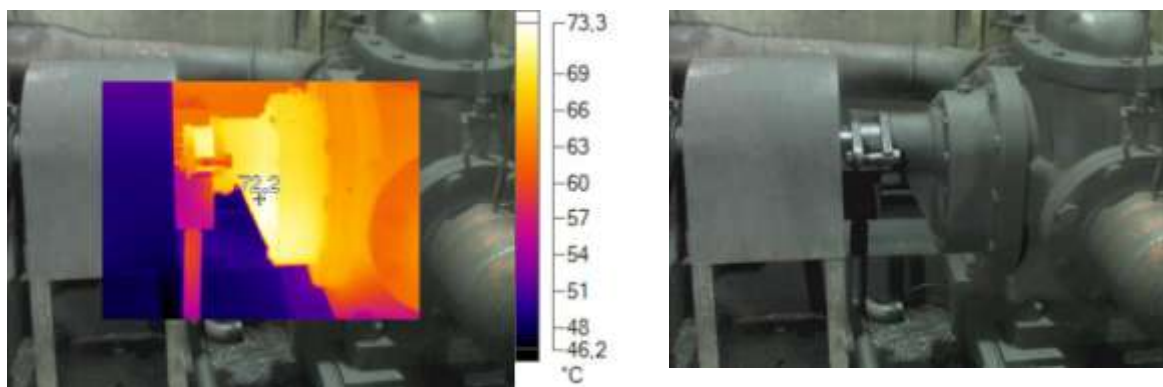


Imagen 20.- IR_00639.IS2 y de luz visible de bomba de lubricación aceite principal
Fuente: Fluke Ti400

Información de la imagen

Temperatura promedio	58,9°C
Rango de la imagen	46,2°C a 73,3°C
Tamaño de sensor IR	320 x 240
Hora de la imagen	02/03/2015 13:57:10

Análisis.- En la imagen bomba de lubricación aceite principal se interpreta que la mayor temperatura 73.6°C está en la sección rodamiento de piñón helicoidal inferior lado acople debido a la carga radial que ejerce el piñón motriz, la temperatura está dentro del tolerancia ya que el rodamiento es lubricado con el aceite principal del motor y la temperatura de aceite por calentamiento para el proceso de centrifugación es superior a los 70°C, la temperatura máxima del rodamiento puede ser de hasta 90°C.

Avería.- No detectada.

Solución. - No aplica.

4.7.4. Diagnóstico General

En las imágenes termográficas de inyectores y balancines lado A-B se observa en la mayoría de sus mecanismos que están en parámetros tolerables con un máximo de 86.3° debido a que están alojados en la culata y esta a su vez en contacto directo de la cámara de combustión, los mecanismos con mayor indicación de alta temperatura son los blocks de escape por efecto de evacuación de gases de escape producto de la combustión con temperaturas superiores a 400°C, la relevancia termográfica se observa en el inyector 2B con 78°C debido a la falta de refrigeración del sistema de agua inyectores como solución se planifica el paro de motor para la limpieza de ductos de tobera y cuerpo de inyector y se realiza otra toma posterior al mantenimiento teniendo como dato la baja de temperatura con 58.6°C y se observa el cambio de color en comparación a la toma inicial. Los mecanismos de balancines se encuentran termográficamente similares como también en valores térmicos que no superan los 65°C esto es gracias a al sistema de lubricación externo con caudal constante a una presión de 0.6 de bar.

Las imágenes de sistemas auxiliares están dentro de parámetros tolerables cabe recalcar que las secciones de mayor relevancia son los rodamientos en motores eléctricos y bombas los mismos que no deben exceder de los 80°C ya que por disipación térmica podemos decir que el valor real es +20°C del valor tomado con la cámara termográfica, otro indicador tenemos en el estator de motores eléctricos los mismos que incrementan sus temperaturas debido a cargas de ahí que podemos relacionar temperatura con amperaje de motor.

4.7.5. Análisis Comparativo

Tabla 34.- Análisis comparativo, termografía inyector y balancines cilindro 2B

Variable/ Sistema	Parámetro		comparación
	antes	actual	
Temperatura de inyector 2B	78.8°C	58.6	Reducción de temperatura en cuerpo y tobera de inyector 2B.

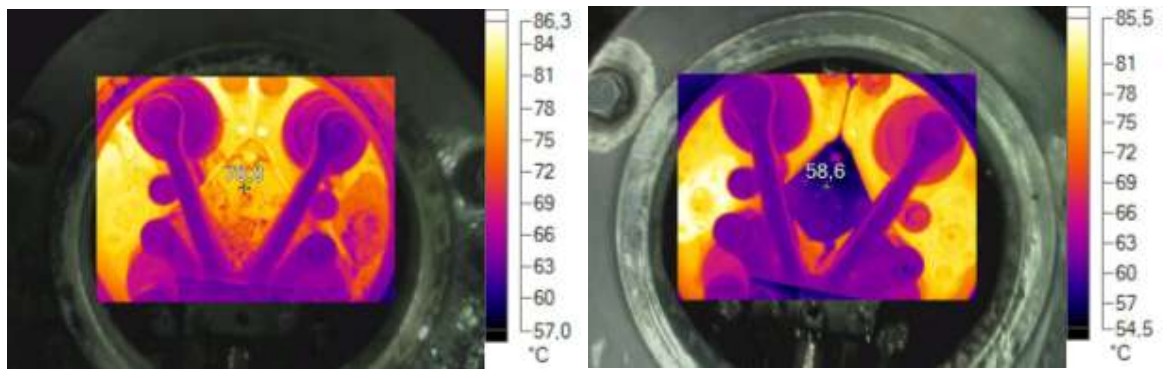


Imagen 21.- Inyector 2b antes y después de reparación
Fuente: Fluke Ti400

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- De la investigación bibliográfica y la documentación técnica realizada se determinó que los parámetros dados por el fabricante del motor electrógeno de combustión interna marca NIIGATA PC2-5V 400 nos determina la condición del grupo motor y sistemas auxiliares, con esto podemos actuar en la interpretación del análisis predictivo y por consiguiente en la ejecución del mantenimiento.
- Según las toma de datos en motor electrógeno de combustión interna ubicación OTV-818-OE03, se pudo determinar que: En el análisis de picos de compresión e inyección realizado a los 12 cilindros del grupo electrógeno OTV-818-OE03 se presentó una relevancia en el cilindro 6B, el cual tuvo una variación en la compresión que fue relacionada con el incremento de temperatura, como también la pérdida de compresión en el mismo cilindro, analizando e interpretando oportunamente que existía una avería física en la válvula de escape cilindro 6B. Como solución se realizó un paro programado del grupo electrógeno, donde se contempló tiempos y recursos necesarios, en la ejecución se realizó el control, cambio de block y válvula de escape de cilindro 6B, evidenciado que la falla correspondía según análisis predictivo, como resultado después de la ejecución del mantenimiento se incrementó el rendimiento del cilindro y del motor en general, obteniendo parámetros dentro de holguras como son picos de compresión, picos de inyección, altura de cremallera de combustible, RPM de turbos, temperatura de salida de gases.
- En el análisis termográfico de inyectores y mecanismos balancines realizado en 12 cilindros del grupo electrógeno OTV-818-OE03, se interpretó un comportamiento

térmico anormal en el inyector cilindro 2B, el mismo que al analizar e interpretar da como resultado una falla en el sistema de refrigeración del inyector 2B; como solución se planificó el paro de motor y se realizó la limpieza de ductos de tobera y cuerpo de inyector, después de la intervención las imágenes termográficas del inyector y mecanismos del cilindro 2B señalan que están dentro de los parámetros tolerables y se garantizó la fiabilidad del grupo como tal.

- La interpretación del análisis predictivo en motores electrógenos de combustión interna marca NIIGATA PC2-5V 400 de propiedad de la empresa UNACEM CEMENTOS S.A. contienen parámetros relevantes en las lecturas de: temperatura salida de gases, alturas de cremalleras, picos de compresión, RPM turbos lado A y B, presión de aire turbos lado A-B, temperatura de cojinetes bancadas y de cojinetes bielas. Estos parámetros relevantes al cambiar sus valores en variables, determinan cambios de condiciones, los mismos que pueden ser perjudiciales para la generación, si no son intervenidos oportunamente.
- En la interpretación del análisis predictivo termografía en motores eléctricos y bombas están dentro de parámetros normales consientes que la temperatura máxima en los rodamientos lado acople o carga están por debajo del rango permisible que es de hasta 90°C, tomando como relevancia la temperatura de cada fluido como por ejemplo en la bomba de agua camisas se manifiesta una temperatura superior en el área de la turbina esto se debe a la temperatura de trabajo que es de 75°C hasta 88°C.

Recomendaciones

- Se recomienda realizar control de inyectores en banco de pruebas con una frecuencia de 3000 horas o 2 meses con esto mejoramos la pulverización del inyector y tenemos la mezcla ideal de combustión como también reducimos temperatura salida de gases y consumo de combustible.
- Se recomienda realizar mantenimientos predictivos mediante la técnica de análisis de vibraciones para descartar averías en rodamientos, ventiladores, impulsores, piñones y demás elementos en motores eléctricos y bombas en sistemas auxiliares.
- Se debe realizar interpretación del análisis predictivo de parámetros de motor e imágenes termográficas con frecuencia por lo menos una vez al mes o cada 720 horas, este análisis puede variar en función de la condición del motor o sistemas auxiliares.
- En la toma de datos para tener tendencias en variación de parámetros se recomienda realizarlos en las mismas condiciones de carga tanto de motor como de sistemas auxiliares, esto sirve para relacionar cuando existan cambios menores en sus indicadores de presión, temperatura, RPM y radiación infrarroja.
- Después de haber detectado una falla o avería en el grupo electrógeno o sistemas auxiliares se recomienda determinar la criticidad para realizar el mantenimiento y establecer los recursos necesarios, con esto se reduce los costos de mantenimiento y producción.
- Se recomienda tener historial de los datos obtenidos en la interpretación del análisis predictivo en grupo electrógeno y sistemas auxiliares, con la finalidad de relacionar los fallos futuros para una definición correcta de los daños o averías.

BIBLIOGRAFÍA.

- Aragón, M. R. (1986). *Indicador de evaluación de consumo de combustible, Informe final de investigación*. La Habana, Cuba: ISPJAE.
- Arian. (2013). *Pt100, su operación, instalación y tablas*. Obtenido de <http://www.arian.cl/downloads/nt-004.pdf>
- Atmosferis. (21 de 10 de 2012). *Motores Marinos: Sistema de lubricacion*. Obtenido de <http://www.atmosferis.com/motores-marinos-sistema-de-lubricacion/>
- Beltrán, R. (2008). *Conversión térmica de energía*. Universidad de los Andes.
- Castro, V., & Coll, A. (1984). *El Motor Diesel*. CEAC.
- Cermola, C. (2014). *Def. de vibraciones*. Obtenido de <http://es.scribd.com/doc/54079974/DEFINICION-DE-LAS-VIBRACIONES#scribd>
- Clavijo, W., Romero, M., & Calle, J. (2014). *Estudio de Impacto Ambiental*. Quito: Lafarge.
- Cogeneración, P. d. (2014). *Averías en Motores*. Obtenido de <http://www.plantasdecogeneracion.com/index.php/averias-en-motores>
- *curva de fiabilidad*. (s.f.). Obtenido de www.sabelotodo.org/automovil/curvasmotor.html.
- Definición de. (2014). *RPM*. Obtenido de <http://definicion.de/rpm/>
- EcuRed. (2015). *Acelerómetro*. Obtenido de <http://www.ecured.cu/index.php/Aceler%C3%B3metro>
- Elonka, S. (2010). *Operación de plantas industriales*.
- ESPOL. (2014). *Repositorio*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6078/51/LIBRO%20VI%20Anexo%205%20Ruido.pdf>

- FAIRBANKS. (2014). *Colt-Pielstick PC2.5 STC*. Obtenido de Diesel Engines: <http://www.fairbanksmorse.com/engines/colt-pielstick-pc25-stc/>
- Fernández, N. (1987). *Influencia de los combustibles en el funcionamiento de los motores de combustión interna*. La Habana, Cuba: Pueblo y Educación.
- FlexLatina. (2014). *Transmisores de presión*. Obtenido de <http://flexilatina.com/transmisores-de-presion/>
- FLOWTHERM . (2014). *Intercoolers* . Obtenido de <http://www.flowtherm.pt/interc.htm>
- FLUKE. (2014). *Fluke IR-Fusion® Technology*. Obtenido de <http://www.fluke.com/fluke/m3en/thermal-imaging/fluke-ir-fusion-technology.htm?PID=56160>
- Gaité, M. (2012). *Iniciación Interactiva a la materia*. Obtenido de La Temperatura: http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/93_iniciacion_interactiva_materia/curso/materiales/propiedades/temperatura.htm
- González, R., Rodríguez, Y., García, Y., & Fernández, L. (2010). *Influencia de los combustibles en el funcionamiento de los motores de combustión interna*. La Habana, Cuba: Universidad Agraria de La Habana.
- Grupo Electrogeno. (2014). *Como funciona un grupo electrogeno*. Obtenido de <http://www.grupo-electrogeno-grupo.com/grupo-electrogeno/>
- Ingeniatic. (2014). Obtenido de <http://www.ingeniatic.net/index.php/tecnologias/item/397-c%C3%A1mara-termogr%C3%A1fica>
- Ingeniatic. (2014). *Cámara termográfica*. Obtenido de <http://ingeniatic.euitt.upm.es/index.php/tecnologias/item/397-c%C3%A1mara-termogr%C3%A1fica>
- Instituto Nacional de Tecnologías Educativas. (2014). *Rendimiento*. Obtenido de http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/rendimiento/aularendimiento.pdf

- JustAnswer.es/Coche. (S/A).
http://www.sabelotodo.org/automovil/curvasmotor.html. Recuperado el 8 de MARZO de 2013, de *http://www.sabelotodo.org/automovil/curvasmotor.html*
- KISTLER. (2015). *Accurate Pressure Sensors*. Obtenido de *http://www.kistler.com/ec/en/applications/automotive-research-test/engine-marine-stationary/offline-engine-diagnostics/*
- Kulichevsky, R., & Sacchi, M. (2014). *Medición y análisis de vibraciones*.
- La República.PE. (28 de 05 de 2014). *Economía*. Obtenido de *http://www.larepublica.pe/28-05-2014/peruana-UNACEM-compro-lafarge-cementos-de-ecuador-por-us-553-mlns*
- LAFARGE. (01 de 11 de 2014). *Quienes somos*. Obtenido de *http://www.lafarge.com.ec/wps/portal/ec/1-Quienes_somos*
- López, L. (2013). *LEY DE FARADAY-LENZ*. Monte Grande, Buenos Aires: Instituto Senderos Azules.
- Mercalab. (2014). *Termómetro refrigerador*. Obtenido de *http://www.mercalab.com/termometro-tipo-sama-inmersion-parcial-rango-35-a-50-c-division-1-0-mercurio-fondo-amarillo-longitud-305mm-410018-brannan-2308.html*
- Ministerio del Ambiente. (2010). *Plan Nacional de la calidad del Aire*. Quito. Obtenido de *http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/libro-calidad-aire-1-final.pdf*
- Montanares, J. (2015). *Equipos de protección personal*. Obtenido de *http://www.paritarios.cl/especial_epp.htm*
- MotorGiga. (29 de 04 de 2014). *TURBOCOMPRESOR*. Obtenido de *http://diccionario.motorgiga.com/diccionario/turbocompresor-definicion-significado/gmx-niv15-con195830.htm*
- Nave, O. (2014). *La Presión*. Obtenido de *http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/press.html*

- Parque Ciencia. (28 de 11 de 2013). *Qué es una unidad de medida*. Obtenido de <http://parqueciencia.wordpress.com/2013/09/28/que-es-una-unidad-de-medida/>
- PCE-instruments. (2014). *Anemómetro*. Obtenido de https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-de-medida/medidor/anemometro-kat_70015_1.htm
- S.E.M.T. (2012). *Manual del motor Diesel PIELSTICK de NIIGATA* .
- Stsproyectos. (2014). *Interpretación de termografías*. Obtenido de <http://www.stsproyectos.com/descargas/interpretacion-de-termograf.html>
- SULLAIR. (2014). *Grupos electrógenos: El ABC de la potencia*. Obtenido de <http://www.sullairargentina.com/productos/grupos-electrogenos/grupos-electrogenos-el-abc-de-la-potencia/>
- Universidad Agraria de La Habana. (2010). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542010000100001
- Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. (2014). *Grupo eléctrico*. Obtenido de http://virtual.uaeh.edu.mx/repositoriooa/paginas/Intro_grupos_electrogenos/qu_es_seccin_3.html#auto_top
- Universidad de Mendoza. (20 de 11 de 2014). *Departamento de Tecnología*. Obtenido de <http://www.um.edu.ar/catedras/claroline/backends/download.php?url=L03zZHVsb19WL0dydXBvc19lbGVjdHlzZ2Vub3MucGRm&cidReset=true&cidReq=4071>
- Vsórov, B. (2002). *Manual de motores Diesel para tractores*. Moscú: MIR.
- Wasdyke, R. (1991). *Motor diesel: operación, prueba y evaluación*. Limusa.
- Wika. (2000). *Medición de temperatura por Infrarojos*. Obtenido de http://www.wika.com.ar/upload/TA_Jul09Automatica_es_es_13751.pdf
- WODWARD. (2014). *UG-40 Governors*. Obtenido de <http://www.woodward.com/ug-40.aspx>

ANEXOS

ANEXO I
FOTOGRAFÍAS

Grupos electrógenos de combustión interna marca
NIIGATA PC2-5V propiedad de UNACEM Cementos Ecuador.



Toma de datos picos de inyección y compresión motor 818-0e03



Toma de imágenes termográficas a inyectores y mecanismos balancines
MOTOR OTV-818-OE03



Toma de datos en pantalla touch MOTOR OTV-818-OE03



Toma de imagen termográfica a motor-bomba de lubricación principal
MOTOR OTV-818-OE03



Sala de control grupos electrógenos UNACEM cementos.



Toma de imagen termográfica a motor-bomba de refrigeración
Agua camisas MOTOR OTV-818-OE03



Sala de sistemas auxiliares de grupos electrógenos UNACEM cementos ecuador.



Socialización del proyecto de Tesis con alumnos 10mo. Semestre de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz



Constancia de firmas de socialización del proyecto de Tesis con alumnos 10mo. Semestre de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE











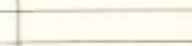

Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz

Decimo Semestre:

Socialización del trabajo de grado titulado "MANUAL PARA ANÁLISIS PREDICTIVO EN MOTORES ELECTRÓGENOS DE COMBUSTIÓN INTERNA MARCA NISSATA PC2-5V 400 DE PROPIEDAD DE LA EMPRESA UNACEM CEMENTOS S.A."

Autor: Wilmer Eduardo Valencia Pabón

Fecha: 23-04-2015

NOMBRE	CEDULA	FIRMA
Carlos Puebla	040132261-5	
Javier Ramirez	040194400-4	
Mario Sanchez	040165274-8	
Carlos Rodriguez Soria	172336524-1	
Aureo Andrade	100313669-2	
Hilda Calkon C.	400366790-4	
Jefferson Ballea	100349595-7	
Castro G. Gorky	040131115-4	
Cristian Pinaturo	100325320-8	
Wilson Santiago A.	60331739-9	
Rafael Alejandro Molina	172244525-4	
Andrés Paul Guzmán	100348901-0	

Docente Responsable:



Ing. Carlos Maffa



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del Proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad. Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE CIUDADANÍA:	100228014-5
APELLIDOS Y NOMBRES:	VALENCIA PABON WILMER EDUARDO
DIRECCIÓN:	Ibarra , Río Intag y Hernán González de Saá
E-MAIL:	wilmermecanico1@hotmail.com
TELÉFONO CELULAR	0994581906
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	INTERPRETACION DEL ANÁLISIS PREDICTIVO EN MOTORES ELECTRÓGENOS DE COMBUSTIÓN INTERNA MARCA NIIGATA PC2-5V 400 DE PROPIEDAD DE LA EMPRESA UNACEM CEMENTOS S.A
AUTOR:	VALENCIA PABON WILMER EDUARDO
FECHA:	2015 – 05 – 13
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSTGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ
DIRECTOR:	INGENIERO CARLOS MAFLA

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Wilmer Eduardo Valencia Pabón , con cédula de ciudadanía N° 100228014-5, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago la entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en

el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la Ley de Educación Superior Art. 144.

3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolla sin violar derechos de autor de terceros por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 13 días del mes de Mayo del 2015.

EL AUTOR

Firma: 

Nombre: Wilmer Eduardo Valencia Pabón

ACEPTACIÓN:

Firma: 

Nombre: Ing. Betty Chávez

Cargo: JEFE DE BIBLIOTECA

Facultado por resolución del Consejo Universitario



CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, WILMER EDUARDO VALENCIA PABON, con cédula de ciudadanía N° 100228014-5, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor del trabajo de grado denominado: "INTERPRETACION DEL ANÁLISIS PREDICTIVO EN MOTORES ELECTRÓGENOS DE COMBUSTIÓN INTERNA MARCA NIIGATA PC2-5V 400 DE PROPIEDAD DE LA EMPRESA UNACEM CEMENTOS S.A", que ha sido desarrollado para optar por el título de INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejecutar plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi consideración de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.

(Firma): _____

Nombre: Wilmer Eduardo Valencia Pabón

Cédula: 100228014-5