

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

**TERMOGRAFÍA APLICADA AL DIAGNÓSTICO DE UN MOTOR
HYUNDAI DIÉSEL 2.0 CRDI DE COMBUSTIÓN INTERNA
ALTERNATIVO COMO TÉCNICA DE MANTENIMIENTO
PREDICTIVO DE FALLOS, PROVOCADOS POR EL SISTEMA DE
ALIMENTACIÓN AIRE COMBUSTIBLE.**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE MÁSTER (MSc)
EN SISTEMAS AUTOMOTRICES**

ANGEL GEOVANNY PAUCAR URDIALEZ
apaucar@ups.edu.ec

ADRIÁN XAVIER SIGÜENZA REINOSO
asiguenza@ups.edu.ec

DIRECTOR: MSC. ING. OSCAR IVÁN ZAMBRANO OREJUELA
ivan.zambrano@epn.edu.ec

Quito, ENERO 2016

DECLARACIÓN

Nosotros, ANGEL GEOVANNY PAUCAR URDIALEZ y ADRIÁN XAVIER SIGÜENZA REINOSO, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Angel Geovanny Paucar Urdialez

Adrián Xavier Sigüenza Reinoso

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Angel Geovanny Paucar Urdialez y Adrián Xavier Sigüenza Reinoso, bajo mi supervisión.

MSc. Ing. Oscar Iván Zambrano Orejuela
DIRECTOR DE TESIS.

MSc. Ing. Cristian Leonardo García García
CO-DIRECTOR DE TESIS.

DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis a mis queridos padres Isabel y Angel, por su infinito amor, trabajo y sacrificio, por haberme forjado como la persona que soy; todos mis logros se los debo a ustedes. Me formaron con valores reglas y ciertas libertades, pero a fin de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis metas. Su firmeza, su tenacidad e incansable lucha han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir y destacar para mí y mis hermanos.

Gracias madre y padre; con total amor, admiración y respeto.

Angel Geovanny Paucar Urdialez.

DEDICATORIA

A Dios quien ha sido la mayor guía en mí caminar, pues él me ha mostrado día a día el mejor sendero.

A mi mamá Carmen Reinoso, quien día a día se ha batido contra el mundo para apoyarme incondicionalmente en mis estudios, siendo la mayor de las motivaciones que Dios me ha brindado.

A mis hermanos Juan, Mayra, María José y Stalin, quienes día a día pelean las batallas conmigo y nunca me han dejado solo.

A mi papá Carlos Sigüenza

A mi tío Manuel quien contribuyo siempre en mi porvenir.

Adrián Xavier Sigüenza Reinoso

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por permitirme culminar este proyecto con éxito.

Agradezco a mis padres, mis hermanos mis cuñados y mis sobrinos quienes con mucho amor paciencia y confianza aportaron, para lograr el término de una etapa más en mi vida profesional.

Mis agradecimientos a mis tíos, primos y familia en general que aportaron con su voz de aliento en todo momento.

A mis profesores como todavía los sigo viendo, pues cada una de sus enseñanzas, están latentes y su apoyo ha sido pilar fundamental en el desarrollo de este proyecto, mis más sinceros agradecimientos a los ingenieros: Fernando Chica, Cristian García y Néstor Rivera.

Un agradeciendo especial al Ing. Iván Zambrano por el apoyo y la confianza brindado para desarrollar esta tesis.

A la Universidad Politécnica Salesiana, a nuestro padre Rector y todas las autoridades, sus principios y valores salesianos están intactos en mi persona, gracias por el apoyo brindado.

A mi compañero y amigo Adrián Sigüenza por el éxito de este proyecto.

Angel Geovanny Paucar Urdialez.

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento especial a mi familia quien ha sido parte de mis triunfos y sueños, en especial a mi mamá, quien se ha sacrificado por brindarme los estudios y siempre me ha hecho una persona de bien.

A mi tío quien ha formado parte de ese apoyo incondicional, durante el transcurso de mi vida.

Al Padre Javier Herrán, quien me brindó su apoyo, para poder formarme en la maestría de Sistemas Automotrices, y permitirme ser parte de la Universidad Politécnica Salesiana.

Al Ing. Iván Zambrano por ser mi director de tesis.

Un agradecimiento especial al Ing. Cristian García quien me brindó su apoyo y colaboración en el desarrollo de la tesis, al ser co – director.

A los Ingenieros: Fernando Chica y Néstor Rivera quienes me brindaron su apoyo en el desarrollo de la tesis y mi formación profesional.

A mis amigos los Ingenieros: Angel Paucar, Vicente Rojas; quienes fueron parte fundamental en el desarrollo de mis estudios de posgrado y me brindan siempre su amistad incondicional.

Adrián Xavier Sigüenza Reinoso.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene por objeto establecer la metodología del mantenimiento predictivo del motor CRDi Santa Fe Diésel, mediante el análisis termográfico, considerando fallos incipientes (fallos en etapas iniciales) del sistema de alimentación aire combustible, debido a dispositivos de control que intervienen de forma indirecta en el ingreso de aire, como la VGT y EGR, mientras que para el combustible se usa aditivo para modificar sus características, además se considera el fallo en el inyector, los mismos son monitoreados en el escape, a través de las firmas térmicas (imagen que sirve para detectar fuentes de calor y su temperatura).

Empezando por una breve descripción, del sistema de alimentación aire combustible de un motor diésel CRDi, del mantenimiento predictivo y la termografía, haciendo referencia a características y aspectos importantes que intervienen en este estudio.

En el capítulo 2: termografía aplicada al mantenimiento predictivo de motores CRDi, se realiza la descripción de la técnica, a efectuar para la investigación, considerando conceptos relacionados a la termografía como: cuerpo negro, emisividad, temperatura aparente, la cámara termográfica, el procesamiento de imágenes, la repetibilidad, el termograma, la distancia de trabajo; además considera las calibraciones de equipos y condiciones de ambiente para la toma de firmas térmicas. En este capítulo se establece la implementación del modelo experimental donde se definen los factores de: estudio, controlables, no controlables; y las variables de respuesta; así como también se define y caracteriza cada uno de los componentes interventores en el experimento, definiendo los puntos de análisis, y las etapas: de calentamiento del motor, de óptimo funcionamiento, y la experimental para la toma de datos.

En el capítulo 3: análisis de resultados se realiza un proceso evaluativo de los resultados obtenidos en los puntos de estudio en el escape, a través de estudios estadísticos de gráficas de residuos, diagramas de Pareto, gráficas de efectos principales, de interacciones, de superficies de respuesta y de contorno, generando

un modelo estadístico de predicción de fallos a través de un ajuste polinomial, además se establecen conclusiones y recomendaciones del experimento.

PRESENTACIÓN

El presente análisis, se realiza en un motor de combustión interna CRDi del vehículo Santa Fe 2.0, generando un procedimiento basado en el mantenimiento predictivo a través de termografía infrarroja.

El mantenimiento predictivo se aplica para detección de problemas incipientes en el sistema de alimentación aire combustible, simulando la presencia de fallos, en: la apertura de la válvula de recirculación de gases de escape (EGR), que modifica el caudal de ingreso de aire (caudal no censado por el medidor de presión absoluta) al motor, la apertura del control de la geometría variable del turbo (VGT) que modifica la carga de aire (velocidad y cantidad), en un inyector cuyo fallo se da en el retorno de combustible, y alteraciones en la viscosidad del combustible; considerando la variación de régimen de giro (rpm), con lo cual se establece un análisis estadístico a través de un diseño experimental (DOE), que determina las variables y las condiciones de toma de datos, para proporcionar un modelo estadístico que determine la variación de temperatura, en relación a las variables de ingreso, y que sirve para definir las condiciones de estos fallos, es decir las variables que las causan, a través de que en un proceso de diagnóstico se mide la temperatura en cuatro puntos que se encuentran sobre el escape y el turbo definidos como M1, M2, M3 y M4 con la cámara termográfica.

En el proceso de la obtención del modelo estadístico se realizan varios análisis que garantizan la eficiencia del mismo, como la determinación de la normalidad, varianza, la campana de Gauss, y la aleatoriedad de datos, además se genera análisis para determinar cuáles son las variables más influyentes, a través de herramientas como los análisis: de Pareto, de superficie, y de las interacciones de las variables, con la finalidad de definir el estado de afección de la variable de salida (temperatura de los gases de escape), para generar la planificación del mantenimiento, disminuyendo costos.

ÍNDICE DE CONTENIDO.

DECLARACIÓN	I
CERTIFICACIÓN	II
DEDICATORIA	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
AGRADECIMIENTO	VI
RESUMEN	VII
PRESENTACIÓN	IX
ÍNDICE DE CONTENIDO	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XVII
ÍNDICE DE TABLAS	XXI
CAPITULO 1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 El motor CRDi	1
1.1.1 Historia	1
1.1.2 Descripción del sistema	1
1.1.2.1 Funcionamiento	1
1.1.2.2 Comportamiento del sistema	3
1.1.2.2.1 Inyección previa.....	3
1.1.2.2.2 Inyección principal	3
1.1.2.2.3 Inyección posterior	4
1.1.2.3 Estructura y función de los componentes.....	4
1.2 Mantenimiento predictivo.....	5
1.2.1 Definición del mantenimiento predictivo.....	5
1.2.2 Metodología de las inspecciones.....	5
1.3 La termografía.....	6
1.3.1 Principios de la termografía.....	7
1.3.2 Transferencia de calor	7
1.3.3 Termografía infrarroja.....	7

1.3.3.1	Leyes aplicables a la radiación infrarroja.....	8
1.3.3.1.1	Ley de radiación de Kirchhoff.....	8
1.3.3.1.2	La ley de Wien.....	8
1.3.3.2	Espectro electromagnético.....	9
1.3.3.2.1	Emisividad.....	9
CAPITULO 2. TERMOGRAFÍA APLICADA AL MANTENIMIENTO PREDICTIVO		
DE MOTORES CRDI.....		
2.1	Introducción.....	10
2.2	Descripción de la técnica.....	11
2.2.1	Términos y definiciones.....	11
2.2.1.1	Temperatura aparente.....	11
2.2.1.2	Medios atenuantes.....	11
2.2.1.3	Cuerpo negro.....	11
2.2.1.4	Emisividad. (ϵ).....	11
2.2.1.5	Cámara de termografía infrarroja (IRT).....	11
2.2.1.6	Procesamiento de imágenes.....	11
2.2.1.7	Termografía infrarroja.....	12
2.2.1.8	Repetibilidad.....	12
2.2.1.9	Procesamiento de la señal.....	12
2.2.1.10	Objetivo.....	12
2.2.1.11	Termograma.....	12
2.2.1.12	Distancia de trabajo.....	12
2.2.2	Funcionamiento de una cámara termográfica.....	12
2.2.2.1	Componentes básicos de la cámara termográfica.....	13
2.2.2.2	Características de la cámara.....	13
2.2.2.2.1	Sensibilidad térmica.....	13
2.2.2.2.2	Precisión.....	14
2.2.2.2.3	Resolución espacial.....	14
2.2.2.2.4	Frecuencia de la imagen.....	14
2.2.3	Preparación del equipo.....	14
2.2.4	Aspectos considerados en la toma de firmas térmicas.....	14
2.2.5	Identificación de la zona de análisis.....	15

2.3	Implementación del modelo experimental.....	16
2.3.1	Diseño experimental.....	16
2.3.2	Desarrollo del experimento.....	17
2.3.2.1	Descripciones de variables.....	17
2.3.2.1.1	Factores de estudio.....	17
2.3.2.1.2	Factores controlables.....	18
2.3.2.1.3	Factores no controlables o de ruido.....	18
2.3.2.1.4	Variables de respuestas.....	19
2.3.3	Componentes del experimento.....	19
2.3.3.1	Equipo de entrenamiento educacional motor diésel CRDi A/T.....	19
2.3.3.2	Banco de diagnóstico de inyectores.....	20
2.3.3.3	Cámara termográfica.....	21
2.3.3.4	Escáner.....	22
2.3.3.5	Pirómetro.....	23
2.3.3.6	Bomba de vacío.....	24
2.3.3.7	Aditivo.....	25
2.3.3.8	Depósito auxiliar de combustible.....	26
2.3.4	Consideraciones en el experimento.....	26
2.3.4.1	Software para el diseño experimental.....	26
2.3.4.2	Definición de los niveles.....	27
2.3.4.3	Parámetros considerados en las variables de estudio.....	27
2.3.4.3.1	Inyector.....	27
2.3.4.3.2	Régimen de giro del motor (R.P.M.).....	28
2.3.4.3.3	Válvula de recirculación de gases de escape (Exhaust Gas Recirculation) EGR.....	28
2.3.4.3.4	VGT. (Variable Gate Turbo,) turbo de geometría variable.....	30
2.3.4.3.5	Mezcla del aditivo con el combustible.....	31
2.3.4.4	Generación de la matriz para el diseño experimental.....	33
2.3.4.5	Ubicación y calibración de la cámara termográfica.....	35
2.3.5	Toma de datos.....	37

2.3.5.1	Selección de los puntos de análisis.	37
2.3.5.2	Etapa de calentamiento.....	39
2.3.5.2.1	Comportamiento de la temperatura de aire de ingreso al motor.....	41
2.3.5.2.2	Comportamiento de temperatura de refrigerante.....	42
2.3.5.2.3	Comportamiento de temperatura de ambiente.....	43
2.3.5.2.4	Comportamiento de régimen de giro.	43
2.3.5.3	Etapa de óptimo funcionamiento para el análisis.	44
2.3.5.3.1	Comportamiento de la temperatura en el punto de análisis M1.....	44
2.3.5.3.2	Comportamiento de la temperatura en el punto de análisis M2.....	45
2.3.5.3.3	Comportamiento de la temperatura en el punto de análisis M3.....	45
2.3.5.3.4	Comportamiento de la temperatura en el punto de análisis M4.....	46
2.3.5.4	Etapa experimental (protocolo para la toma de datos).....	46
CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....		49
3.1	Factores no controlables o de ruido.....	49
3.1.1	Temperatura de ingreso del aire al motor.....	49
3.2	Validación de datos.	50
3.2.1	Gráficas de residuos para M1.	50
3.2.2	Gráficas de residuos para M2.	52
3.2.3	Gráficas de residuos para M3.	54
3.2.4	Gráficas de residuos para M4.	56
3.2.5	Comprobación del supuesto de normalidad.....	58
3.3	Análisis estadístico en el punto M1.....	59
3.3.1	Diagrama de Pareto.	59
3.3.2	Gráfica de efectos principales.....	60
3.3.3	Gráfica de interacciones.	61
3.3.4	Gráfica de superficie de respuesta.....	63

3.3.4.1	Superficie de respuesta para M1 considerando la interacción	
	VGT-RPM.	63
3.3.4.2	Gráfica de contorno para M1 considerando la interacción	
	VGT-RPM.	63
3.3.4.3	Superficie de respuesta para M1 considerando la interacción	
	VGT-EGR.	64
3.3.4.4	Gráfica de contorno para M1 considerando la interacción	
	VGT-EGR.	65
3.4	Análisis estadístico en el punto M2.	65
3.4.1	Diagrama de Pareto.	65
3.4.2	Gráfica de efectos principales.	66
3.4.3	Gráfica de interacciones.	67
3.4.4	Gráfica de superficie de respuesta.	68
3.4.4.1	Superficie de respuesta para M2 considerando la interacción	
	VGT-EGR.	68
3.4.4.2	Gráfica de contorno para M2 considerando la interacción	
	VGT-EGR.	69
3.5	Análisis estadístico en el punto M3.	69
3.5.1	Gráfica de Pareto.	69
3.5.2	Gráfica de efectos principales.	70
3.5.3	Gráfica de interacciones.	71
3.6	Análisis estadístico en el punto M4.	72
3.6.1	Gráfica de Pareto.	72
3.6.2	Gráfica de efectos principales.	72
3.6.3	Gráfica de interacciones.	73
3.6.4	Gráfica de superficie de respuesta.	75

3.6.4.1	Superficie de respuesta para M4 considerando la interacción RPM-VGT.	75
3.6.4.2	Gráfica de contorno para M4 considerando la interacción RPM-VGT.	75
3.6.4.3	Superficie de respuesta para M4 considerando la interacción VGT-EGR.	76
3.6.4.4	Gráfica de contorno para M4 considerando la interacción VGT-EGR.	76
3.7	Predicción de fallos a través de ajustes polinomial.	77
3.7.1	Ecuación de regresión en unidades no codificadas para M1.	77
3.7.1.1	Considerando factor categórico de inyector en estado 0 (buen funcionamiento).	77
3.7.1.2	Considerando factor categórico de inyector en estado 1 (excesivo retorno).	77
3.7.2	Ecuación de regresión en unidades no codificadas para M2.	77
3.7.2.1	Considerando factor categórico de inyector en estado 0 (buen funcionamiento).	77
3.7.2.2	Considerando factor categórico de inyector en estado 1 (excesivo retorno).	78
3.7.3	Ecuación de regresión en unidades no codificadas para M3.	78
3.7.3.1	Considerando factor categórico de inyector en estado 0 (buen funcionamiento).	78
3.7.3.2	Considerando factor categórico de inyector en estado 1 (excesivo retorno).	78
3.7.4	Ecuación de regresión en unidades no codificadas para M4.	78
3.7.4.1	Considerando factor categórico de inyector en estado 0 (buen funcionamiento).	78
3.7.4.2	Considerando factor categórico de inyector en estado 1 (excesivo retorno).	79
3.8	Análisis de fallos de una variable a través de firmas térmicas.	79
3.8.1	Funcionamiento Normal.	79
3.8.2	Apertura del control de la geometría variable del turbo (vgt) al 50%.	80
3.8.3	Apertura del control de la geometría variable del turbo (vgt) al 100 %.	81

3.8.4 Apertura de válvula de recirculación de gases de escape (EGR) al 10 %.....	81
3.8.5 Apertura de válvula de recirculación de gases de escape (EGR) al 20 %.....	82
3.8.6 Combustible en mezcla con aditivo al 50%	83
3.8.7 Combustible en mezcla con aditivo al 100%.	84
3.8.8 Falla en el retorno del inyector N°1	85
3.8.9 Tabla de análisis de fallos de cada una de las variables a través de firmas térmicas.....	85
Conclusiones.	87
Recomendaciones:	90
Bibliografía.....	91
Anexos.	94
Anexo 1. Firmas térmicas etapa de calentamiento	94
Anexo 2. Firmas termicas considerando el diseño experimental	156
Anexo 3. Firmas termicas con fallas una variable a la vez.	215
Anexo 4. Superficies de Contorno para M1, M2, M3 y M4.	225

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Sistema de Inyección Common-rail de Bosch.	2
Figura 1. 2 Circuito de baja y alta presión de un sistema Common-rail de Bosch..	4
Figura 1. 3 Ley de Wien.	9
Figura 2. 1 Funcionamiento de una cámara termográfica. (FLIR Systems, 2015)	13
Figura 2. 2 Diagrama de sistemas que integran un motor Diésel CRDi.	15
Figura 2. 3 Zona de análisis (Colector de escape y turbo compresor).	16
Figura 2. 4 Banco de diagnóstico CRDI Diésel.	19
Figura 2. 5 Banco de diagnóstico de inyectores. (UPS)	20
Figura 2. 6 Cámara termográfica Testo 882.	21
Figura 2. 7 Carman Scan Lite. (UPS)	22
Figura 2. 8 Pirómetro.	23
Figura 2. 9 Bomba de vacío.	24
Figura 2. 10 Aditivo diésel treatment (Motorex).	25
Figura 2. 11 Depósito auxiliar de combustible.	26
Figura 2. 12 Inyector con excesivo retorno de combustible.	28
Figura 2. 13 Sección de una válvula EGR neumática.	29
Figura 2. 14 Sistema de mando de la geometría variable.	30
Figura 2. 15 Funcionamiento de la geometría variable según el régimen de giro del motor.	31
Figura 2. 16 Ubicación de la cámara termográfica.	35
Figura 2. 17 Punto de análisis comparativo para determinar la emisividad de la cámara termográfica.	36
Figura 2. 18 Punto de análisis comparativo para determinar la emisividad en la firma termográfica.	36
Figura 2. 19 Ubicación de puntos de análisis en la zona de análisis.	38
Figura 2. 20 Ubicación de puntos de análisis en la firma termográfica.	38
Figura 2. 21 Comportamiento de temperatura de ingreso del motor.	42
Figura 2. 22 Comportamiento de temperatura de refrigerante.	42
Figura 2. 23 Comportamiento de temperatura de ambiente.	43

Figura 2. 24 Comportamiento del régimen de giro del motor.	44
Figura 2. 25 Comportamiento de la temperatura en el punto de análisis M1.	44
Figura 2. 26 Comportamiento de la temperatura en el punto de análisis M2.	45
Figura 2. 27 Comportamiento de la temperatura en el punto de análisis M3.	45
Figura 2. 28 Comportamiento de la temperatura en el punto de análisis M4.	46
Figura 3. 1 Gráfica de caja de normalidad de la temperatura de ingreso al motor.	50
Figura 3. 2 Gráfica de probabilidad normal para M1.	51
Figura 3. 3 Gráfica de histograma para M1.	51
Figura 3. 4 Gráfica de valor ajustado para M1.	52
Figura 3. 5 Gráfica de los residuos de la salida de temperatura vs orden de observación para M1.	52
Figura 3. 6 Gráfica de probabilidad normal para M2.	53
Figura 3. 7 Gráfica de histograma para M2.	53
Figura 3. 8 Gráfica de valor ajustado para M2.	54
Figura 3. 9 Gráfica de los residuos de la salida de temperatura vs orden de observación para M2.	54
Figura 3. 10 Gráfica de probabilidad normal para M3.	55
Figura 3. 11 Gráfica de histograma para M3.	55
Figura 3. 12 Gráfica de valor ajustado para M3.	56
Figura 3. 13 Gráfica de los residuos de la salida de temperatura vs orden de observación para M3.	56
Figura 3. 14 Gráfica de probabilidad normal para M4.	57
Figura 3. 15 Gráfica de histograma para M4.	57
Figura 3. 16 Gráfica de valor ajustado para M4.	58
Figura 3. 17 Gráfica de los residuos de la salida de temperatura vs orden de observación para M4.	58
Figura 3. 18 Diagrama de Pareto de barras en M1.	59
Figura 3. 19 Gráfica de efectos principales para M1.	61
Figura 3. 20 Gráfica de interacción para M1.	62
Figura 3. 21 Superficie de respuesta para M1 considerando la interacción VGT-RPM.	63

Figura 3. 22 Gráfica de contorno para M1 considerando la interacción VGT-RPM.....	64
Figura 3. 23 Superficie de respuesta para M1 considerando la interacción VGT-EGR.....	64
Figura 3. 24 Gráfica de Contorno para M1 considerando la interacción VGT-EGR.....	65
Figura 3. 25 Diagrama de Pareto en M2.	66
Figura 3. 26 Gráfica de efectos principales para M2.	67
Figura 3. 27 Gráfica de interacción para M2.	67
Figura 3. 28 Superficie de respuesta para M2 considerando la interacción VGT-EGR.....	68
Figura 3. 29 Gráfica de contorno para M2 considerando la interacción VGT-EGR.....	69
Figura 3. 30 Diagrama de Pareto en M3.	70
Figura 3. 31 Gráfica de efectos principales para M3.	70
Figura 3. 32 Gráfica de interacción para M3.	71
Figura 3. 33 Diagrama de Pareto en M4.	72
Figura 3. 34 Gráfica de efectos principales para M4.	73
Figura 3. 35 Gráfica de interacción para M4.	74
Figura 3. 36 Superficie de respuesta para M4 considerando la interacción RPM-VGT.....	75
Figura 3. 37 Gráfica de contorno para M4 considerando la interacción RPM-VGT.....	75
Figura 3. 38 Superficie de respuesta para M4 considerando la interacción VGT-EGR.....	76
Figura 3. 39 Gráfica de contorno para M4 considerando la interacción VGT-EGR.....	76
Figura 3. 40 Firma Térmica IV_00435.BMT funcionamiento normal.	79
Figura 3. 41 Firma Térmica IV_00511.BMT. Apertura del control de la geometría variable del turbo (VGT) al 50%.	80
Figura 3. 42 Firma Térmica IV_00512.BMT. Apertura del control de la geometría variable del turbo (VGT) al 100%.	81

Figura 3. 43 Firma Térmica IV_00513.BMT. Apertura de válvula de recirculación de gases de escape (EGR) al 10 %.....	82
Figura 3. 44 Firma Térmica IV_00514.BMT. Apertura de válvula de recirculación de gases de escape (EGR) al 20 %.....	83
Figura 3. 45 Firma Térmica IV_00515.BMT. Combustible en mezcla con aditivo al 50 %.....	83
Figura 3. 46 Firma Térmica IV_00516.BMT. Combustible en mezcla con aditivo al 100 %.....	84
Figura 3. 47 Firma Térmica IV_00517.BMT. Falla en el retorno del inyector N° 1.....	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 Características del banco de diagnóstico CRDI Diésel. (UPS).....	20
Tabla 2. 2 Componentes del banco de diagnóstico de inyectores. (UPS).....	21
Tabla 2. 3 Características de la cámara Testo 882. (Testo, 2015).....	21
Tabla 2. 4 Características del escáner Carman Lite. (UPS).....	23
Tabla 2. 5 Características del pirómetro Fluke 62. (Fluke, 2015).....	24
Tabla 2. 6 Características de la bomba de vacío. (Autotek, 2015).....	25
Tabla 2. 7 Características del aditivo diésel treatment (Motorex).....	25
Tabla 2. 8 Características del depósito auxiliar de combustible. (UPS).....	26
Tabla 2. 9 Valores de retorno del inyector # 1.....	27
Tabla 2. 10 Niveles de funcionamiento del régimen de giro.....	28
Tabla 2. 11 Niveles de funcionamiento de la válvula de recirculación de gases de escape.....	29
Tabla 2. 12 Niveles de funcionamiento de control (VGT) del turbo de geometría variable.....	31
Tabla 2. 13 Porcentaje de mezcla de combustible con el aditivo.....	32
Tabla 2. 14. Niveles factoriales para el diseño experimental.....	32
Tabla 2. 15 Matriz para el diseño experimental para la toma de datos.....	33
Tabla 2. 16 Tabla con valores de temperatura del pirómetro y la cámara termográfica, variando el factor de emisividad.....	37
Tabla 2. 17 Valores de: temperatura de ingreso al motor, temperatura de refrigerante, tiempo en minutos, número de firma térmica y régimen de giro.....	39
Tabla 3. 1 Coeficiente de determinación R^2 para cada respuesta.....	59
Tabla 3. 2. Probabilidad de la incidencia de los factores sobre la respuesta M1.	62
Tabla 3. 3 Probabilidad de la incidencia de los factores sobre la respuesta M2. .	68
Tabla 3. 4 Probabilidad de la incidencia de los factores sobre la respuesta M3. .	71
Tabla 3. 5 Probabilidad de la incidencia de los factores sobre la respuesta M4. .	74
Tabla 3. 6 Funcionamiento normal.....	80
Tabla 3. 7 Apertura del control de la geometría variable del turbo (VGT) al 50%.	80

Tabla 3. 8 Apertura del control de la geometría variable del turbo (VGT) al 100%.	81
Tabla 3. 9 Apertura de válvula de recirculación de gases de escape (EGR) al 10 %.	82
Tabla 3. 10 Apertura de válvula de recirculación de gases de escape (EGR) al 20 %.	83
Tabla 3. 11 Combustible en mezcla con aditivo al 50 %.	84
Tabla 3. 12 Combustible en mezcla con aditivo al 100 %.	84
Tabla 3. 13 Falla en el retorno del inyector N° 1.	85
Tabla 3. 14 Análisis de fallos de cada una de las variables a través de firmas térmicas.	86

CAPITULO 1. MARCO TEÓRICO.

1.1 EL MOTOR CRDI. ¹

1.1.1 HISTORIA.

El motor diésel fue inventado en el año 1893, por el ingeniero Alemán, de origen francés Rudolf Diésel, es una máquina térmica que trabaja bajo el principio de encendido por compresión, en lugar del encendido provocado, esto se logra debido a las altas relaciones de compresión que se alcanzan dentro de la cámara de combustión, que están en un rango de 16:1 a 23:1, que elevan la temperatura del aire del motor lo necesario para que se produzca el encendido del combustible inyectado, este hasta ahora es el único método para producir la ignición, razón por la cual recibe el nombre de MEC (Motor encendido por alta compresión).

1.1.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.

El sistema de "Riel Común" está basado en los sistemas de gasolina, pero adaptado a las características de los motores diésel con inyección directa. La diferencia entre los sistemas viene dado por el funcionamiento que tiene mayores presiones de inyección en los diésel, que aproximadamente están en 1350 bar que puede desarrollar un sistema "Riel Común" en relación con los 5 bares que generan un sistema de gasolina.

1.1.2.1 Funcionamiento.

El sistema de inyección de "Riel Común" ofrece una mayor adaptación del sistema al funcionamiento del motor, comparándolos con los sistemas que poseen bombas rotativas. Esto es debido a que la generación de presión y la inyección, están separadas. La presión de inyección no depende del caudal de inyección y del motor del régimen. El combustible para la inyección está en la "Riel", la unidad de control electrónica (ECU) calcula a través de un mapa de programación, el instante de la inyección, su presión, y el inyector que realiza el trabajo de dosificación en cada cilindro del motor, gracias a una electroválvula controlada.

(BOSCH, 2005)¹

Un sistema de "Riel Común" consta de:

- Unidad de control electrónico (ECU).
- Sensor de giro del cigüeñal.
- Sensor de giro del árbol de levas.
- Sensor de posición del pedal del acelerador.
- Sensor de presión de sobrealimentación.
- Sensor de presión en la "Riel".
- Sensor de temperatura del refrigerante.
- Medidor de masa de aire

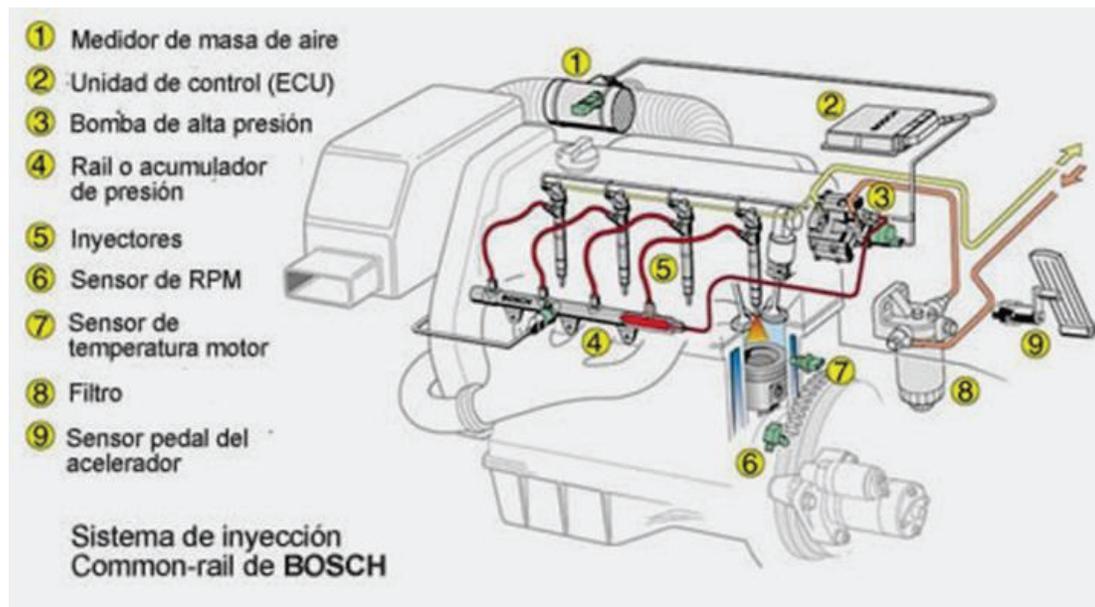


Figura 1. 1 Sistema de Inyección Common-rail de Bosch.²

La ECU registra el deseo del conductor a través de la posición del pedal del acelerador (9) y la situación de servicio actual del motor y del vehículo por medio de sensores. La ECU toma las señales que se generan por los sensores las procesa y transmite a través de líneas de datos. Con los datos obtenidos, es capaz de influir especialmente sobre el motor, controlando y regulando el ingreso de aire combustible a los cilindros. El sensor de giro del cigüeñal mide las rpm del motor, y el sensor de giro del árbol de levas determina el la secuencia de encendido. El sensor del pedal del acelerador se comunica con la ECU, por medio de una señal eléctrica.

² (AUTASTEC, 2015)

El sensor que mide la masa de aire entrega información a la ECU, con el fin de adaptar la combustión conforme a las normas de emisiones de humos.

En motores con turbocompresor en base a los valores del sensor de temperatura del líquido refrigerante y de temperatura de aire, a temperaturas bajas y motor frío, la ECU puede adaptar a las condiciones de servicio los valores teóricos sobre el comienzo de inyección, inyección previa y otros parámetros.

1.1.2.2 Comportamiento del sistema.

En los sistemas CRDi la generación de presión de combustible está separada de la dosificación y de la inyección del diésel, manteniendo la presión de inyección constante sin importar el régimen de giro del motor. A demás proporciona la libertad de generar el momento de avance o retraso de la inyección en un tiempo más grande, haciendo que los motores con "Riel Común" sean muy elásticos y que desarrollan potencia en toda la gama de su régimen.

Los sistemas con "Riel Común" dividen sus procesos de inyección en una "inyección previa", "inyección principal" y en ciertos sistemas se tiene también "inyección posterior".

1.1.2.2.1 Inyección previa.

Esta inyección representa un adelanto con respecto al PMS (punto muerto superior), de hasta 90° de giro del cigüeñal. Sin embargo, por lo general para una inyección previa se toma un avanzase de 40° del cigüeñal considerando el PMS, considerando que el diésel puede incidir sobre el pistón y la pared del cilindro, causando una dilución inadmisibile del lubricante. En esta inyección se aporta en los cilindros un pequeño caudal de diésel, que genera un "acondicionamiento previo" para la cámara de combustión, mejorando el rendimiento de la combustión.

1.1.2.2.2 Inyección principal.

En esta se genera la energía que produce el trabajo realizado del motor. De la misma manera es aquella responsable de la generación del par motor. En el sistema "Common Rail" es casi inalterable la presión de inyección durante todo el proceso de inyección.

1.1.2.2.3 Inyección posterior.

Sigue a la inyección principal cuando ocurre el tiempo de expansión que dura hasta un giro de 200° después del PMS. Esta inyección es aquella que dota a los gases de escape una cantidad de combustible dosificada que baja el ruido y las emisiones contaminantes.

1.1.2.3 Estructura y función de los componentes.

El sistema de Riel Común se encuentra formado por dos partes fundamentales una es aquella que suministra el combustible a baja presión y la otra es la que forma el suministro de alta presión, figura 1.2.

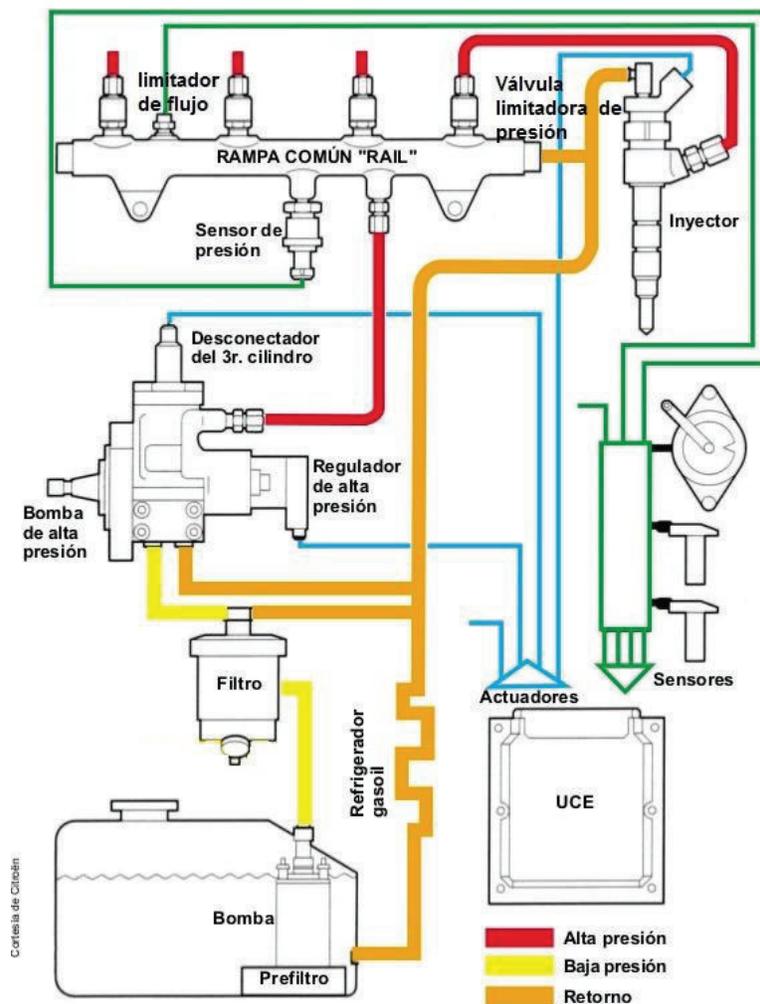


Figura 1. 2 Circuito de baja y alta presión de un sistema Common-rail de Bosch.³

³ (SLIDESHARE, 2015)

La parte de baja presión está constituido por:

- Depósito de combustible
- Filtro previo, ubicado internamente en el tanque.
- Bomba previa.
- Filtro de combustible.
- Tuberías de combustible de baja presión.

La parte de alta presión consta de:

- Bomba de alta presión
- Válvula reguladora de presión.
- Tuberías de combustible de alta presión.
- Riel como acumulador de alta presión con sensor de presión del Rail, válvula limitadora de la presión y limitador de flujo.
- Inyectores.
- Tuberías de retorno de combustible.

1.2 MANTENIMIENTO PREDICTIVO.⁴

1.2.1 DEFINICIÓN DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO.

Es un procedimiento del mantenimiento usado para pronosticar el punto de análisis de una futura falla en el componente de una maquinaria, para que de esta forma se pueda reemplazar aquel elemento que esté a punto de generar un fallo permanente y así evitar paros innecesarios en los procesos productivos, con base a la generación de un plan de contingencia justo antes de que falle.

1.2.2 METODOLOGÍA DE LAS INSPECCIONES.

Esta considera en primera instancia la determinación de la factibilidad y conveniencia de generar un mantenimiento predictivo a un equipo o máquina, luego se debe determinar la o las variables físicas a estudiar de tal manera que sean indicativas del estado normal o anormal de la máquina, con el objetivo de revisar en forma detallada, las técnicas usadas comúnmente en el monitoreo de equipos que por lo general está basado en condición. La finalidad del monitoreo es definir la condición (mecánica) o estado de salud de la máquina, de manera que pueda ser utilizada y mantenida con seguridad y economía.

⁴ (BITTEL, L. RAMSEY, J. , 1992)

Monitoreo, se considera la medición de una variable física representativa de la condición de un equipo o máquina y la comparación de los valores que se obtenga en un instante de análisis con valores que indique el buen estado o deterioro de estos. Considerando la automatización actual de estas técnicas, se ha establecido la acepción de la palabra monitoreo como la adquisición, procesamiento y almacenamiento de datos que definen el estado de las máquinas. Dentro de los objetivos que se pretende alcanzar con el monitoreo de la condición de una máquina o equipo se debe entender las diferencias entre vigilancia, protección, diagnóstico y pronóstico.

Vigilancia de máquinas. Tiene por objetivo indicar cuándo existe un problema, del mismo se debe distinguir entre condición buena y mala, y si es mala se debe definir qué tan mala es.

Protección de máquinas. El objetivo es evitar fallas e inconvenientes catastróficas. Se establece que una máquina protegida, es cuando los valores que definen la condición de esta, llegan a valores considerados peligrosos, en donde la máquina como medida de seguridad se detiene automáticamente.

Diagnóstico de fallas. Con esto se alcanza el objetivo que sirve para definir cuál es el problema específico.

Pronóstico de vida. A través del historial de trabajo de un equipo se genera una estimación de cuánto tiempo más podría funcionar la máquina sin llegar a un estado de riesgo de una falla catastrófica.

1.3 LA TERMOGRAFÍA.⁵

La termografía infrarroja cada vez adquiere mayor importancia en las actividades de mantenimiento. Produce imágenes partiendo de la radiación térmica invisible emitida por los objetos, mediante esta técnica se identifica, sin contacto alguno, componentes mecánicos o eléctricos operando a mayor temperatura que en su funcionamiento normal, indicando áreas de fallas amenazadores o áreas con excesiva pérdida de calor, que por lo general son síntomas de fallas.

⁵ (BALAGEAS, 2007)

1.3.1 PRINCIPIOS DE LA TERMOGRAFÍA.

La termografía se basa en la transmisión de calor por radiación. La potencia radiada por un cuerpo negro puede ser calculada mediante la ley de Planck. La ley de Stefan-Boltzmann define la integral sobre todo el espectro de longitudes de onda, donde desde la energía radiada por cualquier cuerpo en el rango de infrarrojo se puede obtener la temperatura superficial del cuerpo.

$$Q_{emitida} = \varepsilon \sigma A_s T_s^4$$

- A_s : área de la superficie
- T_s : Temperatura de la superficie
- σ : $5.67 \cdot 10^{-8} \text{W/m}^2 \cdot \text{k}^4$ constante de Stefan-Boltzmann
- ε : Emisividad de la superficie

1.3.2 TRANSFERENCIA DE CALOR.⁶

Es el proceso mediante el cual se intercambia energía en forma de calor entre diferentes cuerpos, o entre diferentes secciones del mismo cuerpo que están a diferente temperatura.

El calor se transfiere por convección, radiación o conducción. No obstante estos 3 procesos pueden tener lugar simultáneamente, puede ocurrir que uno de los tres predomine sobre los otros dos.

1.3.3 TERMOGRAFÍA INFRARROJA.

Se define como una técnica que permite, mediante la radiación infrarroja de los cuerpos, la medida superficial de temperatura. La cámara de infrarrojos es el instrumento que se emplea.

Es una técnica de medición sin contacto alguno, por lo que no afecta a las condiciones de los objetos observados. Esta característica la hace esencialmente interesante en el mantenimiento y control de elementos en tensión.

⁶ (YUNUS, A. CENGEL. & AFSHIN J. GHAJAR, 2011)



Figura 1.3 Termografía.⁷

1.3.3.1 Leyes aplicables a la radiación infrarroja.⁸

1.3.3.1.1 Ley de radiación de Kirchhoff.

Los cuerpos que consten una temperatura por encima del cero absoluto (-273°k) emiten calor radiante.

La ley de radiación de Kirchhoff postula que la radiación recibida (absorbida) y la repelida (emitida) por un cuerpo real están en equilibrio térmico, o dicho de otro modo, un cuerpo siempre emite exactamente la misma cantidad de calor que la que recibe. A partir de esta teoría se deduce que:

$$\varepsilon = \alpha$$

- ε : emisividad.
- α : absorción.

1.3.3.1.2 La ley de Wien.

La ley de Wien indica cómo cambia el color de la radiación cuando modifica la temperatura de la fuente emisora, y ayuda a comprender cómo varían los colores aparentes de los cuerpos negros.

⁷ (V MACIÁ MARTÍNEZ, B TORMOS MARTÍNEZ, P OLMEDA GONZÁLEZ AND R W PERALTA URÍA, 2002)

⁸ (FÉLIX, 2005)

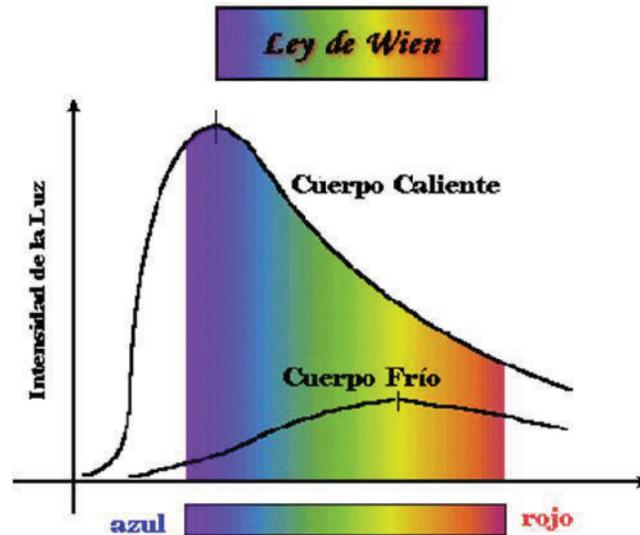


Figura 1. 3 Ley de Wien.⁹

- Los objetos con mayor temperatura emiten la mayoría de su radiación en longitudes de onda más cortas, por lo tanto, parecerán ser más azules.
- Los objetos con menor temperatura emiten la mayoría de su radiación en longitudes de onda más largas; por lo tanto parecerán ser más rojos.

1.3.3.2 Espectro electromagnético.

Se conoce a la distribución energética del conjunto de las ondas electromagnéticas, referente a un objeto se denomina espectro electromagnético o solamente espectro a la radiación electromagnética que emite (espectro de emisión) o absorbe (espectro de absorción) una sustancia.

Las diferentes radiaciones electromagnéticas se diferencian entre sí por la longitud de onda o su frecuencia, y se relacionan por la siguiente ecuación:

$$f \cdot \lambda = c$$

1.3.3.2.1 Emisividad.

Es medir la capacidad de un objeto para emitir energía infrarroja, cuando más caliente se encuentra un objeto, mayor energía infrarroja emite. La emisividad puede tener un valor de cero (reflector perfecto, espejo brillante) a uno (emisor perfecto, radiador de Planck).

⁹ (EDUCASTUR.PRINCAST.ES, 2015)

CAPITULO 2. TERMOGRAFÍA APLICADA AL MANTENIMIENTO PREDICTIVO DE MOTORES CRDI.

2.1 INTRODUCCIÓN.

Los fallos en los motores no siempre pueden ser detectables con mantenimientos actualmente usados, pues son por lo general de tipo correctivos generando pérdidas significativas. Al usar la termografía como mantenimiento predictivo, se puede detectar condiciones de fallos basados en la medición de temperatura, a través de firmas térmicas las cuales permiten localizar fallas como por ejemplo de tipo incipientes: la apertura de la válvula de recirculación de gases de escape (EGR), que modifica el caudal de ingreso de aire (caudal no censado por el medidor de presión absoluta) al motor, la apertura del control de la geometría variable del turbo (VGT) que modifica la carga de aire (velocidad y cantidad), en un inyector cuyo fallo se da en el retorno de combustible, y alteraciones en la viscosidad del combustible.

Hay que considerar que el óptimo funcionamiento del motor depende en gran medida del sistema de alimentación de aire combustible, y es aquí donde se pueden producir los fallos incipientes, los cuales son detectables a través de la termografía, al considerar los cambios de temperatura en la superficie de análisis (múltiple de escape).

Las imágenes térmicas (firmas térmicas), indican condiciones de los gases de escape por medio de la temperatura superficial, indicando un aproximado de la temperatura interna, analizando de esta forma como afectan los fallos incipientes en el proceso de combustión del motor.

Varios de los fallos del sistema de alimentación aire combustible no son detectables de forma directa, sin embargo la presencia de los mismos se da al cambiar los procesos de combustión que modifican la temperatura de los gases de escape.

2.2 DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA.

2.2.1 TÉRMINOS Y DEFINICIONES.¹⁰

Los términos y definiciones descritos a continuación son tomados de la norma ISO 18434-1:2008(E).

2.2.1.1 Temperatura aparente.

Lectura no compensada de una cámara de termografía infrarroja que contiene toda la radiación incidente sobre el detector, independientemente de su origen.

2.2.1.2 Medios atenuantes.

Ventanas, filtros, atmósferas, ópticas externas, materiales u otros medios que atenúan la radiación infrarroja emitida desde una fuente.

2.2.1.3 Cuerpo negro.

Emisor perfecto ideal y absorbente de la radiación térmica a todas las longitudes de onda.

2.2.1.4 Emisividad. (ϵ)

Relación de la luminosidad de una superficie objetivo a la de un cuerpo negro a la misma temperatura y durante el mismo intervalo espectral.

2.2.1.5 Cámara de termografía infrarroja (IRT).

Cámara IRT (por sus siglas en inglés Infrared Thermography Camera) es un Instrumento que recoge la energía radiante infrarroja de una superficie objetivo y produce una imagen en monocromo (blanco y negro) o color, donde los tonos de gris o tonos de color están relacionados con la superficie, objetivo distribución de la temperatura aparente.

2.2.1.6 Procesamiento de imágenes.

Convertir una imagen a forma digital y mejorar aún más la imagen para prepararlo para ordenador o análisis visual.

¹⁰ ISO 18434-1:2008(E)

2.2.1.7 Termografía infrarroja.

IRT es la adquisición y análisis de la información térmica a partir de dispositivos de imagen térmica sin contacto.

2.2.1.8 Repetibilidad.

Capacidad de un instrumento para repetir exactamente una lectura en un objetivo fijo en un intervalo corto o largo.

2.2.1.9 Procesamiento de la señal.

La manipulación de una señal de temperatura o los datos de imagen para los fines de mejorar o controlar un proceso.

2.2.1.10 Objetivo.

Superficie del objeto a medir.

2.2.1.11 Termograma.

Mapa térmico o la imagen de un destino donde los tonos grises o tonos de color representan la distribución de infrarrojos.

2.2.1.12 Distancia de trabajo.

Distancia del objetivo al instrumento.

2.2.2 FUNCIONAMIENTO DE UNA CÁMARA TERMOGRÁFICA.¹¹

La energía de infrarrojos (A) que irradia un objeto se enfoca con el sistema óptico (B) sobre un detector de infrarrojos (C). El detector envía los datos al sensor electrónico (D) para procesar la imagen. Y el sensor traduce los datos en una imagen (E) compatible con el visor y visualizable en un monitor de vídeo estándar o una pantalla LCD.

¹¹ (FLIR SYSTEMS, 2015)



Figura 2. 1 Funcionamiento de una cámara termográfica. (FLIR Systems, 2015)

La termografía de infrarrojos transforma una imagen de infrarrojos en una imagen radiométrica que permite leer los valores de temperatura, por tanto, cada píxel de la imagen radiométrica es, de hecho, una medición de temperatura. Para ello, se incorporan complejos algoritmos a la cámara de infrarrojos.

2.2.2.1 Componentes básicos de la cámara termográfica.

Está constituida básicamente por cuatro elementos:

- Sistema óptico, encargado de generar una imagen mediante la radiación en su rango de longitud de onda térmica.
- Detectores, responsables de convertir de una forma proporcional la radiación en señales eléctricas.
- Procesador electrónico, realiza la conversión de una señal eléctrica en una señal de video.
- Pantalla, permite crear una imagen visual de la señal de video.

2.2.2.2 Características de la cámara.

Entre las más importantes características de una cámara infrarroja se tiene: la sensibilidad térmica, precisión, resolución espacial y frecuencia de imagen, las mismas que se analizan a continuación desde la perspectiva de ensayos no destructivos (END).

2.2.2.2.1 Sensibilidad térmica.

Conocida también como NETD (ruido equivalente a la menor temperatura detectable). Define la mínima diferencia de temperatura entre dos píxeles que la cámara puede medir. Con lo que se define que a menor NETD, mayor exactitud en la medición termográfica.

2.2.2.2.2 *Precisión.*

Hace referencia a la exactitud de la temperatura medida de un cuerpo con relación a su temperatura real. La cámara Testo 882 presenta una precisión de $\pm 2^{\circ}\text{C}$

2.2.2.2.3 *Resolución espacial.*

También conocido como IFOV (campo de visión instantánea), es un parámetro que establece la claridad y detalle generado por una imagen infrarroja, mediante la cual se establece el límite de la distancia de visión de los objetos.

Siendo la resolución espacial el campo de visión de los micros sensores que forman parte del detector o micro bolómetro.

2.2.2.2.4 *Frecuencia de la imagen.*

Esta característica es de gran importancia al implicar tiempos muy breves, principalmente al visualizar sistemas que sean buenos conductores de calor.

2.2.3 **PREPARACIÓN DEL EQUIPO.**

Previo a la medición termográfica es de gran importancia tener en cuenta ciertos aspectos tales como:

- Calibración de la cámara termográfica, mediante el uso de una fuente de radiación o simulador de cuerpo negro.
- Funciones de corrección en el que intervienen efectos ambientales (atenuación atmosférica, emisividad e intervalo de temperaturas más amplio posible).
- La zona observada por el visor no necesariamente coincide con la zona espectral analizada por el sensor térmico.
- El aumento de precisión depende de introducir lo más próxima posible al elemento a medir (referencia de emisividad conocida).

2.2.4 **ASPECTOS CONSIDERADOS EN LA TOMA DE FIRMAS TÉRMICAS.**

Para la toma de firmas térmicas se considera los siguientes parámetros que sirven para calibrar la cámara termográfica:

- Materiales de construcción de la zona a analizar.
 - Emisividad.
- Condiciones meteorológicas.
 - Presión atmosférica.
 - Temperatura Ambiente.
 - Humedad Relativa.
- Especificaciones y capacidades del equipo termográfico.

- Resolución.
- Rango.

2.2.5 IDENTIFICACIÓN DE LA ZONA DE ANÁLISIS.

Para la identificación de la zona de análisis se consideran los sistemas que integran un motor Diésel CRDi, figura 2.2, que tienen mayor posibilidad de un monitoreado por termografía infrarroja. Debido a que se debe evitar la incidencia de elementos que generan radiación, en la investigación se toma al escape como objeto de estudio por la alta temperatura de funcionamiento y en él se derivan los procesos de combustión del motor, influenciados por el correcto funcionamiento del sistema alimentación aire combustible.

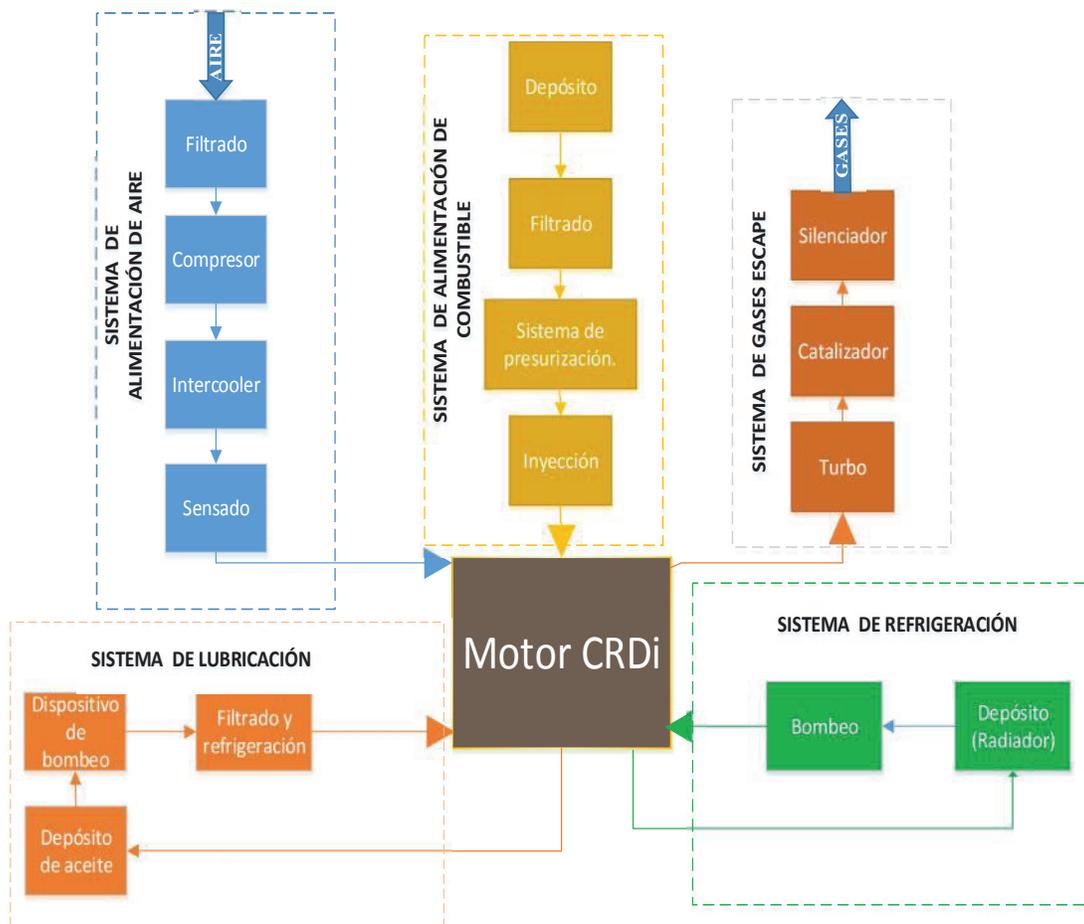


Figura 2. 2 Diagrama de sistemas que integran un motor Diésel CRDi.

Del sistema de escape se delimitan el colector y el turbo compresor, figura 2.3, fabricados en fundición de hierro con estructura perlítica, como sección de análisis, se las considera debido a que operan con valores elevados de temperatura, y no son afectados térmicamente por secciones cercanas, que influyen en los resultados, además tienen una respuesta térmica alta, misma que irradia las variaciones de temperatura.



Figura 2. 3 Zona de análisis (Colector de escape y turbo compresor).

2.3 IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO EXPERIMENTAL.

2.3.1 DISEÑO EXPERIMENTAL.¹²

El diseño experimental consiste en realizar pruebas o experimentos con la finalidad de resolver problemas o comprobar hipótesis, de tal manera de establecer una mejora para el proceso de análisis, dicho ensayo tiene gran aplicación en la industria.

Gutiérrez y de la Vara (2012) señalan que:

El diseño estadístico de experimentos es precisamente la forma más eficaz de hacer pruebas. Consiste en determinar cuáles pruebas se deben realizar y de qué manera, para obtener datos que, al ser analizados estadísticamente, proporcionen evidencias objetivas que permitan responder

¹² (GUTIÉRREZ, HUMBERTO PULIDO; DE LA VARA, ROMÁN SALAZAR, 2008)

las interrogantes planteadas, y de esa manera clarificar los aspectos inciertos de un proceso, resolver un problema o lograr mejoras. (p. 4)

Teniendo en cuenta los factores que intervienen y afectan de manera directa e indirecta en la investigación se plantea y desarrolla el análisis estadístico para obtener validez en los resultados.

El mismo que se basa en obtener información de gradientes de temperatura en puntos de análisis específicos que determinan los fallos relacionados al sistema de alimentación aire combustible.

El estudio plantea diferentes condiciones de funcionamiento del motor, debidos a modificaciones en el sistema de alimentación aire combustible (fallos incipientes), con el objetivo de medir una serie de factores que modifican el desempeño del motor, estableciendo de esta manera un estudio que defina la incidencia de cada una de ellas o la combinación de las mismas. Para la toma de datos se plantea un conjunto de pruebas que se analizan estadísticamente, para obtener una función de comportamiento de la temperatura en dependencia de las variables modificadas.

2.3.2 DESARROLLO DEL EXPERIMENTO.

En los motores Diésel CRDi de combustión interna, un foco para la detección de fallas incipientes es el escape, considerando que éstas no son detectables sino hasta que se convierten en críticas, por esta razón la técnica de termografía.

Se plantea el análisis mediante termografía infrarroja en el escape, debido a que los fallos en los procesos de combustión no son detectables si son de carácter incipiente, considerando que en el funcionamiento de un motor Diésel CRDi, se generan transformaciones energéticas que pueden ser cuantificadas, en el presente estudio se analiza la variación de temperatura.

Los factores intervinientes en el funcionamiento del motor son: factores de estudio, factores controlables, factores no controlables y las variables de respuestas.

2.3.2.1 Descripciones de variables.

2.3.2.1.1 Factores de estudio.

Son las variables que se investigan en el experimento, respecto de cómo influyen o afectan a la variable de respuesta (temperatura de los gases de escape producidos en el proceso de combustión). Los factores estudiados pueden ser controlables o no controlables.

Como variables de estudio se tiene:

- Régimen de giro.- no constituye un fallo del sistema de alimentación aire combustible, sin embargo se toma en cuenta como variable de estudio por las variaciones que este genera sobre la temperatura de los gases de escape. Además que los fallos incipientes tomados en consideración van a generar diferentes valores de temperatura de los procesos de combustión en función de las revoluciones a las que estén analizados. Medido en revoluciones por minuto (RPM).
- Apertura de Válvula de Recirculación de Gases de Escape EGR.- se considera como falla incipiente del sistema de alimentación aire combustible debido a que se produce la apertura innecesaria de la válvula, modificando el caudal de ingreso de aire (caudal no censado por el medidor de presión absoluta) al motor. Medido en % de apertura.
- Apertura del control de la geometría variable del turbo (VGT).- se considera como falla incipiente del sistema de alimentación aire combustible debido a que modifica la carga de aire (velocidad y cantidad necesaria para el correcto funcionamiento), que ingresa el compresor al motor a diferentes regímenes de giro. Medido en % de apertura.
- Mezcla combustible + aditivo.- se considera debido a las alteraciones que genera sobre la viscosidad del combustible (Condor Alexander, 2011) provocando cambios en los procesos de combustión. Medido en % de concentración del aditivo en el combustible.
- Inyector.- considerado como fallo incipiente del sistema de alimentación del combustible debido a las modificaciones que genera sobre los procesos de combustión por una mala dosificación de este, producido por la variación de su retorno. Definido a través de dos estados: inyector en óptimo funcionamiento y con excesivo retorno.

2.3.2.1.2 Factores controlables.

Son variables de proceso que se pueden fijar en un nivel dado. Algunos de éstos son los que usualmente se controlan durante la operación normal del proceso y se distinguen porque, para cada uno de ellos existe la manera o el mecanismo para cambiar o manipular su nivel de operación.

Como factor controlable se tiene:

- Temperatura del refrigerante a 92 grados centígrados.
- Ventilador apagado.

2.3.2.1.3 Factores no controlables o de ruido.

Son variables o características de materiales y métodos que no se pueden controlar durante el experimento o la operación normal del proceso.

Como factores no controlables se tiene:

- Temperatura ambiente (°C).
- Humedad relativa (%).
- Emisividad (adimensional).
- Temperatura de ingreso del Aire al Motor.

2.3.2.1.4 Variables de respuestas.

A través de las variables se conoce el efecto o los resultados de cada prueba experimental.

Como variables de respuestas se tienen:

- La Temperatura en los 4 puntos analizados en el colector de escape y el Turbo compresor (M1, M2, M3, M4).

2.3.3 COMPONENTES DEL EXPERIMENTO.

Para realizar el experimento se considera los siguientes componentes.

2.3.3.1 Equipo de entrenamiento educacional motor diésel CRDi A/T.

Es un equipo que sirve para el desarrollo de prácticas de diagnóstico electrónico, y para trabajos prácticos de estudiantes; en la investigación fue seleccionado por la fácil adaptabilidad de fallos, además de que el motor se puede evaluar sin considerar efectos debidos a carga, centrando la investigación a los fallos incipientes proporcionados.



Figura 2. 4 Banco de diagnostico CRDI Diésel.¹³

¹³ (UPS)

Características:

Tabla 2. 1 Características del banco de diagnóstico CRDI Diésel. (UPS)

Nombre del Equipo:	Banco Didáctico del motor Santa Fe 2.0 CRDi
Modelo:	G 120212
Dimensiones:	250×80×180 cm (L×W×H)
Peso:	250 Kg
Alimentación:	220 V 60 Hz
Número de cilindros	4
Cilindrada	1991 cm ³
Calibre	83 mm
Carrera	92 mm
Relación de compresión	17,7 : 1
Orden de inyección	1- 3- 4- 2
Torque / Rpm	421 N.m /1800
Potencia Máxima	110, 45 kW
Sistema CRDi.	BOSCH

2.3.3.2 Banco de diagnóstico de inyectores.

Para realizar la evaluación de los inyectores se utiliza el banco de diagnóstico de la figura 2.5, el cual permite simular un sistema de riel común que tiene como objetivo definir fallos por exceso de retorno y hermeticidad.



Figura 2. 5 Banco de diagnóstico de inyectores. (UPS)

Tabla 2. 2 Componentes del banco de diagnóstico de inyectores. (UPS)

Bomba de alta presión.
Acumulador de alta presión. (Rail common)
Válvula reguladora de presión.
Sensor de presión de la riel.
Probetas de medición de caudal de inyección y retorno.

2.3.3.3 Cámara termográfica.

En la figura 2.7, se aprecia la cámara termográfica Testo 882, empleada para adquirir y procesar las firmas térmicas, la cual ofrece una resolución térmica de los diferentes gradientes de temperatura que se generan en zona de análisis.

Figura 2. 6 Cámara termográfica Testo 882.¹⁴

Características:

Tabla 2. 3 Características de la cámara Testo 882. (Testo, 2015)

Tipo de detector	SPA 320 x 240 pixeles
Sensibilidad térmica	< 60 mkg, a 30°C
Campo de visión	de 32° x 23° con enfoque manual
Distancia mínima de enfoque	0,2 m
Visualización de imagen	LCD de 3,5 plg con 320 x 240 pixeles.
Banda de espectro	8 ... 14 μm
Tamaño de imagen	640 x 480 pixel
Rango de Temperatura	20 a 550 °C

¹⁴ (TESTO, 2015)

Continúa Tabla 2.3.

Precisión	± 2 % del valor medido hasta 350 °C. ± 3 % del valor medido hasta 550 °C.
Humedad del aire	20%... 80% sin condensación.
Ajuste de emisividad manual	0,01 ... 1
Peso	aproximadamente 900 gramos
Normativa UE	2004/108/CE
Dimensiones (largo x ancho x altura)	152 x 108 x 262 mm.

2.3.3.4 Escáner.

Se emplea el Escáner Carman Lite de la figura 2.8, debido a que el protocolo de diagnóstico es compatible con la ECU del Motor Diésel CRDi a analizar, el mismo se considera en el seguimiento de variables de trabajo que se relacionan al análisis, tales como temperatura de refrigerante, revoluciones por minuto, temperatura de ingreso del aire al motor y pulso de inyección.



Figura 2. 7 Carman Scan Lite. (UPS)

Características:

Tabla 2. 4 Características del escáner Carman Lite. (UPS)

Protocolos:	OB D I, OB D II CAN.(SAE J180 (PWM,VPW), KWP 2000, ISO 9141-2, ISO 14230 SAJ1587)
Diagnostica vehículos Diésel	Hasta 4000 cc.
Alimentación:	12V CC.
Ancho:	125 mm.
Longitud:	223 mm.
Profundidad:	68/43 mm (parte del cuello).
Peso:	0,5 Kg.
Multimarca:	Vehículos japoneses, coreanos, americanos, europeos, australianos y chinos.

2.3.3.5 Pirómetro.

Empleado para obtener los datos de temperatura en el interior del laboratorio de vibro acústica, además es usado para calibrar la emisividad en la cámara termográfica.



Figura 2. 8 Pirómetro.¹⁵

¹⁵ (FLUKE, 2015)

Características:

Tabla 2. 5 Características del pirómetro Fluke 62. (Fluke, 2015)

Rango de Temperatura:	50-530 °C
Precisión:	± 2% o 2°C
Resolución:	0,1°C
Tiempo de Respuesta:	<0,8 s
Emisividad :	0,95
Proporción distancia al foco:	8:01
Voltaje:	9 Voltios

2.3.3.6 Bomba de vacío.

Empleada para generar el desplazamiento de las válvulas EGR y VGT, mediante vacío, en la simulación de fallos incipientes debidos a estos mecanismos de control.



Figura 2.9 Bomba de vacío.¹⁶

¹⁶ (AUTOTEK, 2015)

Características:

Tabla 2. 6 Características de la bomba de vacío. (Autotek, 2015)

Material del Cilindro y cabezal:	Bronce:
Vacuómetro de precisión:	0-30 plg de Hg, 0-760 mm Hg.
Vacío:	Hasta 635 mm Hg.
Válvula de alivio:	Si.

2.3.3.7 Aditivo.

Empleado para obtener modificaciones en el funcionamiento del motor, debidas a variaciones en la viscosidad del combustible (Condor Alexander, 2011).



Figura 2. 10 Aditivo diésel treatment (Motorex).

Características:

Tabla 2. 7 Características del aditivo diésel treatment (Motorex).

Reduce los depósitos de carbón.
Combate la solidificación del combustible.
Mantiene los inyectores limpios.
Separador del agua en diésel.
Adiciona lubricación.

2.3.3.8 Depósito auxiliar de combustible.

Empleado en la presurización del combustible mezclado con el aditivo, para generar las variables consideradas para la toma de datos.



Figura 2. 11 Depósito auxiliar de combustible.

Características:

Tabla 2. 8 Características del depósito auxiliar de combustible. (UPS)

Material:	Latón.
Bomba interna:	4 bar de presión.
Capacidad:	3 galones.
Sistema:	Independiente.

2.3.4 CONSIDERACIONES EN EL EXPERIMENTO.

2.3.4.1 Software para el diseño experimental.

El software empleado para el diseño experimental es el Minitab®, el cual es un programa de computadora diseñado para ejecutar funciones estadísticas básicas y avanzadas, combina el uso de Microsoft Excel con la capacidad de ejecución de análisis estadísticos, que para el estudio considera el DOE (Diseño de Experimentos), con superficie de respuesta.

También se emplea el software de la cámara termográfica Testo el IRSoft®, el cual se emplea para extraer los valores de temperatura, en los puntos de mayor significancia, para su posterior análisis.

2.3.4.2 Definición de los niveles.

En el análisis se establecen dos niveles, los cuales determinan el efecto de cada variable de estudio sobre la de repuesta, como es el caso del inyector, que tiene dos estados (bueno considerando que el trabajo del inyector es óptimo y malo considerando alteraciones de trabajo en el mismo, todo esto en función del caudal de retorno del inyector), para las otras variables (aditivo, VGT, EGR, RPM) se incluye un valor intermedio, para determinar si el comportamiento es lineal o tiene curvatura en los puntos de interés.

2.3.4.3 Parámetros considerados en las variables de estudio.

En los parámetros que se consideran en las variables de estudio hay que tener en cuenta la presencia de factores categóricos (son variables que analizan estados de forma puntual ejemplos uno y dos o bueno y malo), como es el caso del inyector en que solo interesa dos estados bueno y con falla, además el hecho que hay factores continuos (consideran el intervalo de puntos que existen entre los valores extremos) como es el caso de: el régimen de giro, VGT, EGR y el aditivo cuando se mezcla con el diésel, esto se considera en 2.3.4.2.

2.3.4.3.1 Inyector.

Tomando al inyector figura 2.12, como uno de las variables de estudio, se considera dos niveles, cuando el inyector está en óptimo funcionamiento (retorno de combustible en proporción de 7 mililitros en 3 minutos), se considera nivel cero, y con el inyector con un funcionamiento deficiente nivel uno (retorno de combustible en proporción de 10 mililitros en 3 minutos), es decir con exceso de retorno de un 30 %, (valores medidos en el Banco de Diagnóstico de Inyectores a 820 rpm tabla 2.9), el funcionamiento deficiente es incipiente que se comprueba al montar el inyector en un banco de diagnóstico y no es detectable con el escáner.

Tabla 2. 9 Valores de retorno del inyector # 1.

Estado	Valor de Retorno del inyector # 1		
Óptimo	Valor nominal	7/3 mililitros/minutos	Nivel 0
Falla	Valor con falla	10/3 mililitros/minutos	Nivel 1



Figura 2. 12 Inyector.

2.3.4.3.2 Régimen de giro del motor (R.P.M.).

Se considera la norma NTE INEN 2 202:2000, para el valor de revoluciones en ralentí a 820 rpm, como valor bajo, y para definir el régimen más alto se considera las revoluciones máximas en las cuales se percibe un fallo a 2500 rpm, como el valor alto (valor estándar de funcionamiento), con estos valores el programa Minitab® establece a 1660 rpm como valor intermedio para analizar lo mencionado en 2.3.4.2, este factor no representa un fallo, sin embargo es considerado para hacer más notorios los fallos incipientes, puesto que al variar el régimen de giro puede afectar de diferente manera un mismo factor.

Tabla 2. 10 Niveles de funcionamiento del régimen de giro.

Niveles	Régimen De Giro
Bajo:	820 rpm
Intermedio:	1660 rpm
Alto:	2500 rpm

2.3.4.3.3 Válvula de recirculación de gases de escape (Exhaust Gas Recirculation) EGR.

El sistema EGR reenvía una parte de los gases de escape al colector de admisión, para que descienda el contenido de oxígeno en el aire de admisión que provoca un descenso en la temperatura de combustión reduciendo el óxido de nitrógeno (Nox).

La válvula EGR figura 2.13 es accionada por depresión, está constituida por una membrana que es empujada por un muelle, esta cierra o abre una válvula a través de una varilla que esta acoplada a la membrana, la misma se mueve abriendo la válvula cada vez que la depresión actúa sobre esta venciendo la presión del muelle.

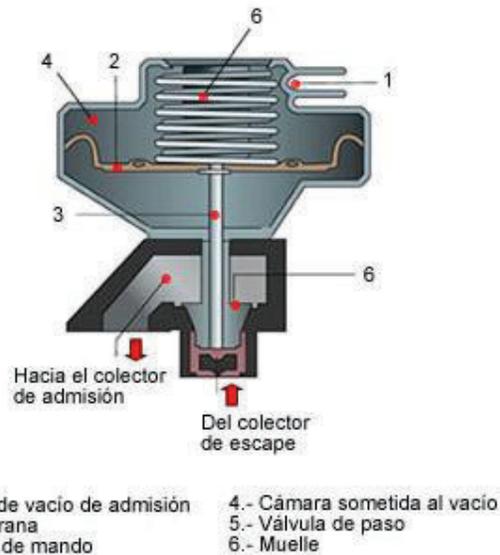


Figura 2. 13 Sección de una válvula EGR neumática.¹⁷

Por su funcionamiento los fallos típicos de la válvula EGR se generan cuando esta se queda fija en una posición debido a la presencia de carbonilla, considerando esto en el análisis se establece las condiciones fijas de trabajo en el valor de 0 % de apertura (valor bajo), en el cual la válvula se encuentra cerrada, y 20 % de apertura (valor alto), dotando a este fallo como incipiente; en el estudio se considera como un factor continuo, del mismo en el programa Minitab® establece al 10 % de apertura, como un valor intermedio para evaluar lo mencionado en 2.3.4.2.

Tabla 2. 11 Niveles de funcionamiento de la válvula de recirculación de gases de escape.

Niveles	% De Apertura de EGR
Bajo:	0 %
Intermedio:	10 %
Alto:	20 %

¹⁷ ([HTTP://WWW.AFICIONADOSALAMECANICA.NET/TURBO_VTG.HTM](http://www.aficionadosalamecanica.net/turbo_vtg.htm), S.F.)

2.3.4.3.4 VGT. (Variable Gate Turbo,) turbo de geometría variable.

Sirve para mejorar las condiciones de trabajo a bajas rpm gracias a que posee un turbo pequeño de bajo soplado, que empieza a comprimir el aire aspirado por el motor desde bajas revoluciones, además está dotado de un sistema que permite comprimir el aire con eficacia tanto a bajas como a altas revoluciones.

El turbo figura 2.14, de geometría variable utiliza un plato o corona en el que van montados unos alabes móviles que son orientados un ángulo determinado mediante un mecanismo de varilla y palancas empujados por una cápsula neumática parecida a la que usa la válvula wastegate.

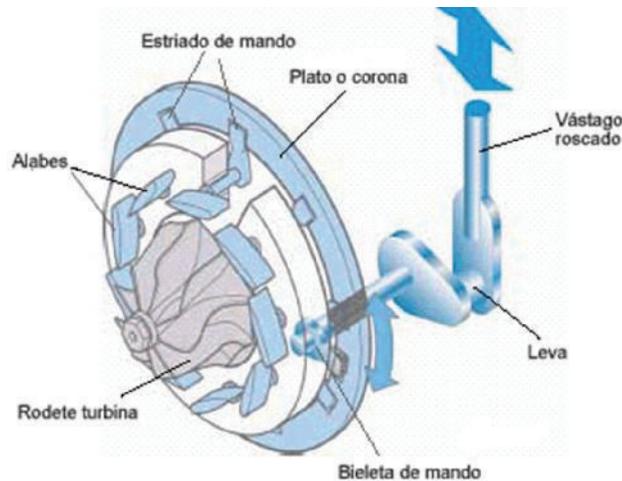


Figura 2. 14 Sistema de mando de la geometría variable.¹⁸

Para generar un trabajo óptimo este posee alabes móviles, que para conseguir la máxima compresión del aire a bajas rpm deben cerrarse, disminuyendo la sección entre ellos, aumentando la velocidad de los gases de escape que inciden con mayor fuerza sobre las paletas del rodete de la turbina (menor Sección = mayor velocidad). Cuando el motor aumenta de rpm y aumenta la presión de soplado en el colector de admisión, la cápsula neumática lo detecta a través de un tubo conectado directamente al colector de admisión y lo transforma en un movimiento que empuja el sistema de mando de los alabes, para que estos se muevan a una posición de apertura que hace disminuir la velocidad de los gases de escape que inciden sobre la turbina (mayor sección=menor velocidad).

¹⁸ ([HTTP://WWW.AFICIONADOSALAMECANICA.NET/TURBO_VTG.HTM](http://www.aficionadosalamecanica.net/turbo_vtg.htm), S.F.)

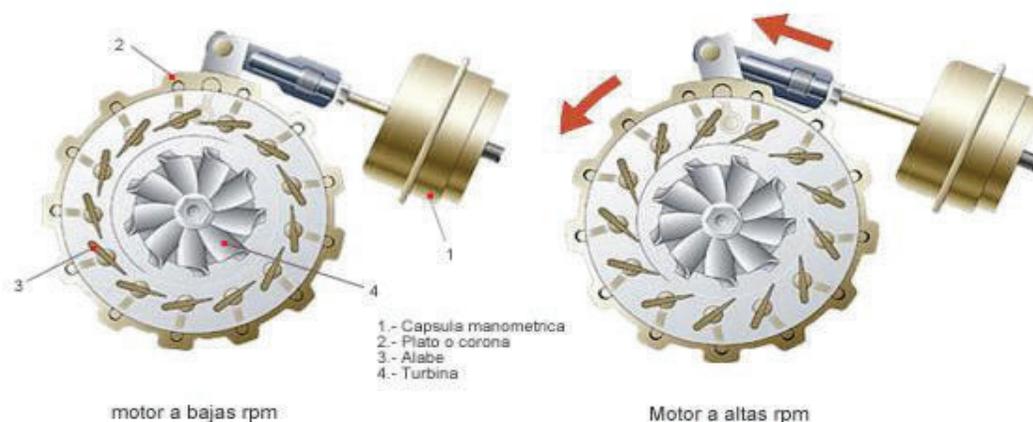


Figura 2. 15 Funcionamiento de la geometría variable según el régimen de giro del motor.¹⁹

Los fallos típicos del turbo de geometría viable son debidos al exceso de carbonilla que mantienen fija la posición de los alabes móviles, evitando los cambios de carga de aire por el compresor en la admisión a diferentes rpm, en el análisis se establece los valores fijos en función del dispositivo de accionamiento de los alabes, considerando el desplazamiento del mismo en: 0 % (valor bajo), en el que las aletas del mismo se encuentran cerradas, el valor de 100 % (valor alto), para aletas que están totalmente abiertas, en el software se establece al 50 % como valor intermedio, con alabes a la mitad de su apertura, para interpretar lo mencionado en 2.3.4.2. estos valores consideran la carga que el turbo puede aportar al motor.

Tabla 2. 12 Niveles de funcionamiento de control (VGT) del turbo de geometría variable.

Niveles	% De desplazamiento del mando de la VGT
Bajo:	0 %
Intermedio:	50 %
Alto:	100 %

2.3.4.3.5 Mezcla del aditivo con el combustible.

Se considera la mezcla de combustible + aditivo, como fallo incipiente del sistema de alimentación de combustible, debido a las alteraciones que genera sobre la viscosidad del combustible (Condor Alexander, 2011) provocando cambios en los

¹⁹ ([HTTP://WWW.AFICIONADOSALAMECANICA.NET/TURBO_VTG.HTM](http://www.aficionadosalamecanica.net/turbo_vtg.htm), S.F.)

procesos de combustión. Medido en % de concentración del aditivo en el combustible, considerando:

- 0 % (valor bajo), la mezcla de 2 galones de diésel y 0 mililitros de aditivo,
- 100 % (valor alto), la mezcla de 2 galones de diésel y 70.1 mililitros de aditivo (recomendación del fabricante).
- 50 % como valor intermedio, a la mezcla de 2 galones de diésel y 35.5 mililitros de aditivo (mitad de la recomendación del fabricante).

Para poder establecer las mezclas se consideran los datos del fabricante del aditivo, en el cual establece que para 10 galones de combustible se usa el contenido del depósito del aditivo, el cual es 0,355 litros, como se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla 2. 13 Porcentaje de mezcla de combustible con el aditivo.

Combustible	Aditivo	Mezcla al
2 Galones.	0 mililitros.	0%
2 Galones.	35,5 mililitros.	50%
2 Galones.	70,1 mililitros.	100%

En la siguiente tabla se indica los niveles factoriales para desarrollar el diseño experimental.

Tabla 2. 14. Niveles factoriales para el diseño experimental.

Factor	Símbolo	Unidad	Nivel Bajo	Nivel Central	Nivel Alto
Inyector.	I	-	0	-	1
Régimen de giro del motor.	rpm.	rpm.	820	1660	2500
Apertura de Válvula de Recirculación de Gases de Escape	EGR	% apertura	0	10	20
Apertura del control de la geometría variable del turbo	VGT	%desplazamiento del control	0	50	100
Mescla del aditivo con el combustible	A + D	% de concentración del aditivo en el combustible.	0	50	100

2.3.4.4 Generación de la matriz para el diseño experimental.

Teniendo en cuenta las variables antes mencionadas se establece la matriz para el DOE, en la siguiente tabla.

Tabla 2. 15 Matriz del diseño experimental para la toma de datos con el número de firma térmica

Orden Estadístico	Orden Corrida	rpm	VGT	EGR	Aditivo	Inyector	Nº firma térmica
1	1	820	0	10	50	0	439
2	2	2500	0	10	50	0	440
3	3	820	100	10	50	0	441
4	4	2500	100	10	50	0	442
5	5	1660	50	0	0	0	443
6	6	1660	50	20	0	0	444
7	7	1660	50	0	100	0	445
8	8	1660	50	20	100	0	446
9	9	820	50	10	0	0	447
10	10	2500	50	10	0	0	448
11	11	820	50	10	100	0	449
12	12	2500	50	10	100	0	450
13	13	1660	0	0	50	0	451
14	14	1660	100	0	50	0	452
15	15	1660	0	20	50	0	453
16	16	1660	100	20	50	0	454
17	17	820	50	0	50	0	455
18	18	2500	50	0	50	0	456
19	19	820	50	20	50	0	457
20	20	2500	50	20	50	0	458
21	21	1660	0	10	0	0	459
22	22	1660	100	10	0	0	460
23	23	1660	0	10	100	0	461
24	24	1660	100	10	100	0	462
25	25	1660	50	10	50	0	463
26	26	1660	50	10	50	0	464

Continúa Tabla 2.15

Orden Estadístico	Orden Corrida	Rpm	VGT	EGR	Aditivo	Inyector	Nº firma térmica
27	27	1660	50	10	50	0	465
28	28	820	0	10	50	1	466
29	29	2500	0	10	50	1	467
30	30	820	100	10	50	1	468
31	31	2500	100	10	50	1	469
32	32	1660	50	0	0	1	470
33	33	1660	50	20	0	1	471
34	34	1660	50	0	100	1	472
35	35	1660	50	20	100	1	473
36	36	820	50	10	0	1	474
37	37	2500	50	10	0	1	475
38	38	820	50	10	100	1	476
39	39	2500	50	10	100	1	477
40	40	1660	0	0	50	1	478
41	41	1660	100	0	50	1	479
42	42	1660	0	20	50	1	480
43	43	1660	100	20	50	1	481
44	44	820	50	0	50	1	482
45	45	2500	50	0	50	1	483
46	46	820	50	20	50	1	484
47	47	2500	50	20	50	1	485
48	48	1660	0	10	0	1	486
49	49	1660	100	10	0	1	487
50	50	1660	0	10	100	1	488
51	51	1660	100	10	100	1	489
52	52	1660	50	10	50	1	490
53	53	1660	50	10	50	1	491
54	54	1660	50	10	50	1	492

En la tabla 2.15 se establece un conjunto de factores que relacionan los variables de estudio para la toma de datos, de tal manera que se identifique la incidencia que tienen cada una de ellas o el conjunto de las mismas sobre la variable de respuesta, considerando un orden aleatorio generado a través del DOE.

2.3.4.5 Ubicación y calibración de la cámara termográfica.

La ubicación y ángulo de inclinación de la cámara termográfica se genera de acuerdo a la norma ISO, 18434-1:2008(E), en la norma se establece estimar el ángulo de incidencia y el de reflectancia, con lo que sugiere que la distancia entre el elemento de análisis y la cámara termográfica no sea mayor a un metro; considerando esto, para realizar el análisis termográfico la cámara está ubicada, figura 2.16.



Figura 2. 16 Ubicación de la cámara termográfica.

Para la calibración de la cámara hay que tener en cuenta tres factores importantes al momento de obtener las firmas térmicas, estos son: el factor de emisividad, la humedad relativa y la temperatura ambiente, que son determinantes para obtener un correcto análisis termográfico.

Considerando que para las aleaciones de materiales que forman parte del escape, el factor de emisividad no está definido en tablas, se establece experimentalmente,

por medio de un análisis comparativo, entre el valor de temperatura medido sobre un punto de referencia con el pirómetro, y el medido con la cámara termográfica en la misma posición con el motor CRDI encendido, en el que se aprecia como un punto negro en la figuras 2.17 y 2.18, luego se procede a variar el factor de emisividad de la cámara termográfica, hasta obtener el mismo valor de temperatura entre los dos equipos de diagnóstico, como se establece en la Tabla 2.16.



Figura 2. 17 Punto de análisis comparativo para determinar la emisividad de la cámara termográfica.



Figura 2. 18 Punto de análisis comparativo para determinar la emisividad en la firma termográfica.

Tabla 2. 16 Tabla con valores de temperatura del pirómetro y la cámara termográfica, variando el factor de emisividad.

Temperatura Pirómetro °C	Temperatura Cámara °C	Factor de Emisividad (ϵ)
81,2	361,7	0,1
81,6	266,7	0,2
80,6	219,9	0,3
80	190,4	0,4
81,2	169,5	0,5
81,2	153,8	0,6
86,2	141,4	0,7
86	131,3	0,8
88	123	0,9
89,4	120,7	0,93
110,5	119,3	0,95
113	118,5	0,96
117	117,2	0,98
104	115,8	1

De acuerdo con la tabla anterior se define que el factor de emisividad para calibrar la cámara termográfica es de **0,98**, en este valor la temperatura medida con el pirómetro y la cámara son aproximadamente iguales.

Para definir el valor de la humedad relativa y la temperatura ambiente se obtienen del organismo *Worldmeteo*,²⁰ los valores de temperatura ambiente = 24 ° C y humedad relativa = 0,76%, de acuerdo al día que se realiza las firmas térmicas.

2.3.5 TOMA DE DATOS.

2.3.5.1 Selección de los puntos de análisis.

Como criterio para seleccionar los puntos de análisis, que aporten la mejor información en el estudio, se considera el trabajo total del motor, evitando la

²⁰ (WORLDMETEO, 2015)

influencia de ruidos debidos a radiación gracias a que las considera insignificantes, al trabajar en las zonas de más alta temperatura, se establece 4 puntos ubicados en zonas definidas entre el colector de escape y el turbo designadas como: M1, M2, M3, M4.

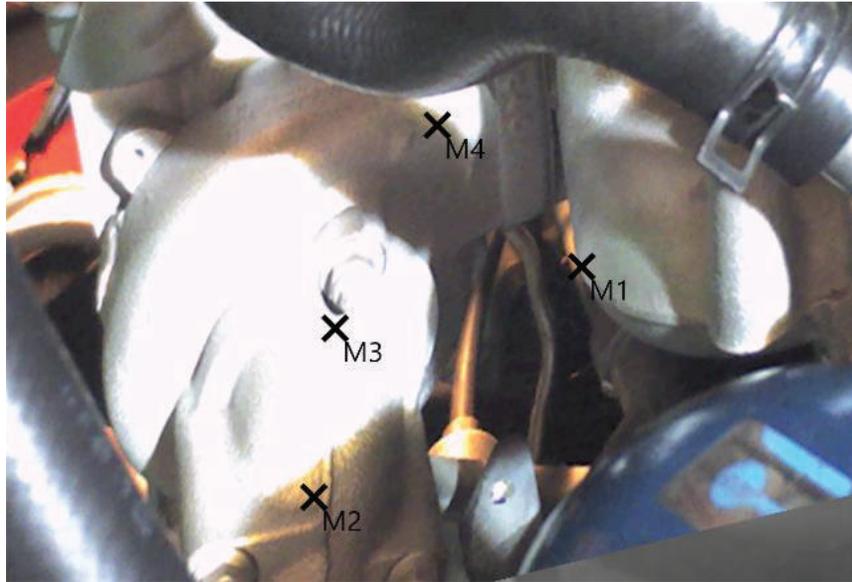


Figura 2. 19 Ubicación de puntos de análisis en la zona de análisis.

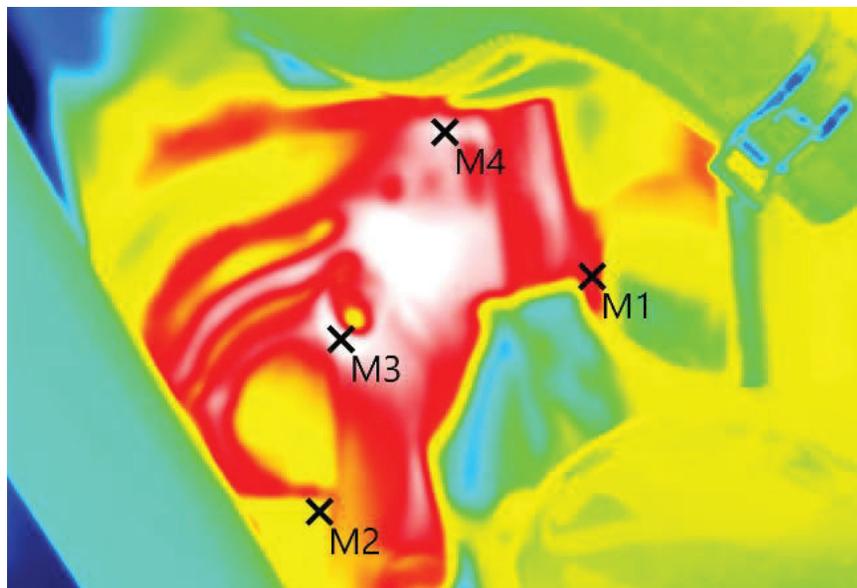


Figura 2. 20 Ubicación de puntos de análisis en la firma termográfica.

Una vez definida la ubicación de los puntos de análisis se consideran las siguientes etapas:

2.3.5.2 Etapa de calentamiento.

Previo a la toma de datos, se debe llevar el motor a la temperatura de funcionamiento, luego de conseguirlo, hay que considerar 3 ciclos de funcionamiento del electro ventilador, esto garantiza tener rangos térmicos de trabajo del motor, a través de su sistema de refrigeración.

En el estudio se realiza un seguimiento continuo de variación de: temperatura de ingreso al motor, temperatura de refrigerante, tiempo en minutos, número de firma térmica y régimen de Giro, en función del tiempo, obteniendo la tabla 2.17.

Tabla 2. 17 Valores de: temperatura de ingreso al motor, temperatura de refrigerante, tiempo en minutos, número de firma térmica y régimen de giro.

Nº de muestra	temperatura ingreso al motor (°C)	temperatura refrigerante (°C)	tiempo en minutos	firma térmica N°	RPM
1	18,1	21,8	0	379	850
2	18,3	30,5	2	380	843
3	18,5	38,1	4	381	840
4	18,7	43,5	6	382	836
5	18,8	43,3	8	383	832
6	18,8	52,7	10	384	830
7	19	56,5	12	385	830
8	19,2	60,2	14	386	827
9	19,5	63,4	16	387	823
10	19,6	66,4	18	388	823
11	19,8	69	20	389	822
12	20	71,7	22	390	820
13	20,1	74,3	24	391	820
14	20,3	76,7	26	392	820
15	20,5	78,8	28	393	822

Continuación tabla 2.17

N° de muestra	temperatura ingreso al Motor (°C)	temperatura refrigerante (°C)	tiempo en minutos	firma térmica N°	RPM
16	20,6	80,8	30	394	820
17	20,8	82,9	32	395	820
18	21,1	84,6	34	396	820
19	21,2	86,2	36	397	822
20	21,4	84,4	38	398	820
21	21,5	85	40	399	818
22	21,7	85,3	42	400	820
23	21,9	85,7	44	401	822
24	22,1	85,8	46	402	820
25	22,2	86,2	48	403	819
26	22,4	86,5	50	404	820
27	22,6	86,9	52	405	822
28	22,8	87,2	54	406	820
29	22,9	87,6	56	407	817
30	23,1	87,9	58	408	820
31	23,3	88,3	60	409	822
32	23,4	88,6	62	410	820
33	23,6	89	64	411	818
34	23,7	89,3	66	412	820
35	24,3	89,7	68	413	822
36	24	90	70	414	820
37	24,3	90,5	72	415	819
38	24,4	90,9	74	416	820
39	24,5	91,4	76	417	822
40	24,7	91,8	78	418	820
41	24,8	92,2	80	419	820
42	24,9	92,9	82	420	820
43	25,1	93,3	84	421	822

Continuación tabla 2.17

Nº de muestra	temperatura ingreso al motor (°C)	temperatura refrigerante (°C)	tiempo en minutos	firma térmica Nº	RPM
44	25,2	93,7	86	422	820
45	25,3	94	87,4	423	820
46	27,2	90,3	90	424	820
47	27	91,8	92	425	822
48	26,8	92,8	94	426	820
49	26,6	93,7	96	427	820
50	26,6	94	97	429	820
51	27,8	86,2	97,3	430	822
52	28,2	90,9	100	431	820
53	27,9	92,4	102	432	820
54	27,5	93,5	104	433	820
55	27,4	94,2	105,27	434	820
56	28,3	86,2	106,1	435	820

2.3.5.2.1 Comportamiento de la temperatura de aire de ingreso al motor.

Dentro de las variables de ruido se considera como influye la temperatura de ingreso del aire al motor, esta se ve descrita en la curva de comportamiento de la Figura 2.21, estableciendo como rango de trabajo a las temperaturas generadas a partir de 25.3°C hasta los 28.3°C en un tiempo que parte desde los 87.4min y los 106.1m

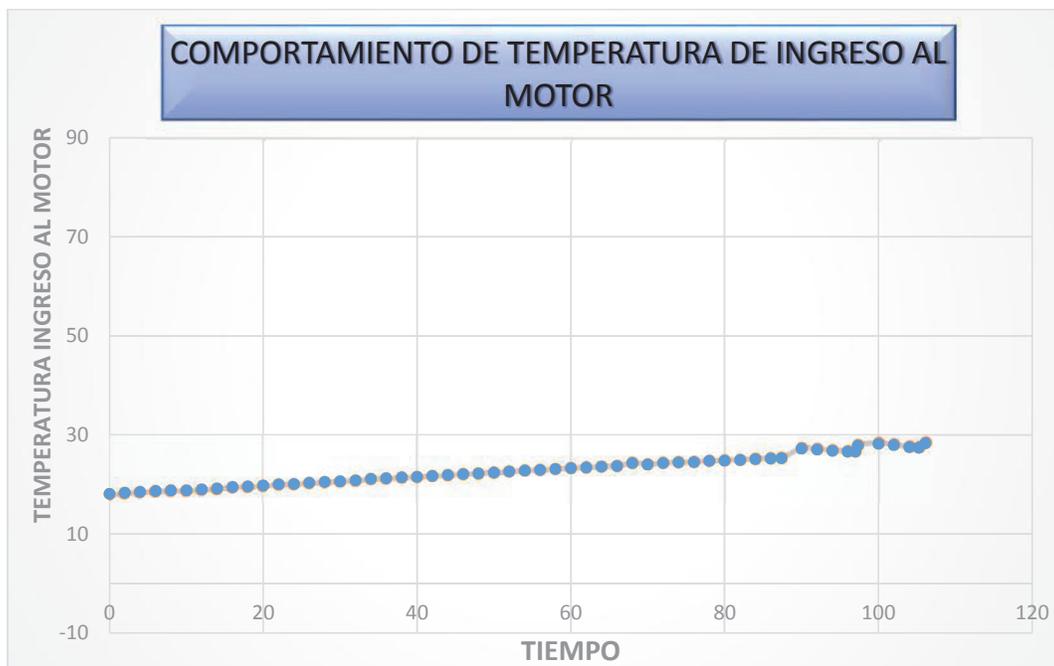


Figura 2. 21 Comportamiento de temperatura de ingreso del motor.

2.3.5.2.2 Comportamiento de temperatura de refrigerante.

De la figura 2.22 se obtiene la curva de comportamiento de la temperatura del refrigerante del motor, en la cual se puede apreciar un pico que indica que el termostato se abre a los 86 °C, que el electro ventilador se activa a los 94 °C, obteniendo de esta manera el rango de funcionamiento del motor entre 86.2 °C y 94 °C, considerando que el tiempo de análisis esta entre, los 87.4 min y los 106.1 min.

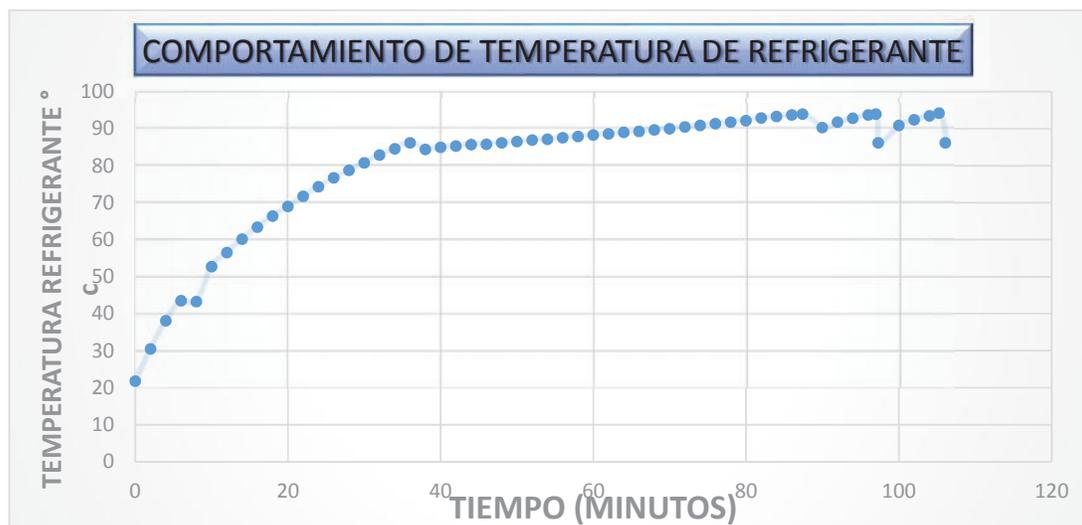


Figura 2. 22 Comportamiento de temperatura de refrigerante.

2.3.5.2.3 Comportamiento de temperatura de ambiente.

La figura 2.23 describe la variación de la temperatura ambiente considerada durante el proceso de calentamiento del motor, hasta las condiciones de funcionamiento normal de lo cual se establece que el rango de trabajo está definido entre los 21.8°C y los 23.6 °C, considerando que el tiempo de análisis esta entre los 87.4min y los 106.1min.

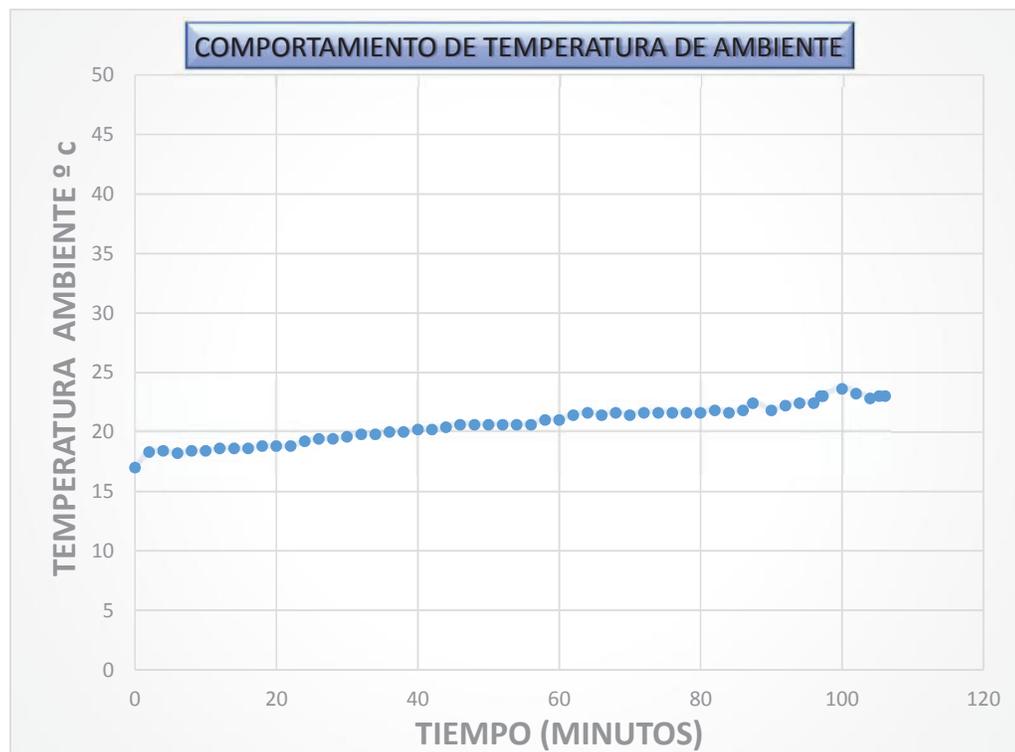


Figura 2. 23 Comportamiento de temperatura de ambiente.

2.3.5.2.4 Comportamiento de régimen de giro.

La figura 2.24 describe el comportamiento de las revoluciones del motor hasta alcanzar la temperatura de funcionamiento de las mismas, se puede observar que el motor en el arranque se ve acelerado y disminuye su régimen hasta un rango de 820 rpm, considerando la situación de ralentí, característica de todos los motores en condiciones normales de trabajo.



Figura 2. 24 Comportamiento del régimen de giro del motor.

2.3.5.3 Etapa de óptimo funcionamiento para el análisis.

Se considera la toma de datos partiendo desde que el motor se enciende en óptimas condiciones, generando una base de datos que justifique en tiempo real la validación del experimento.

La etapa de funcionamiento óptimo se define considerando los puntos de análisis (M1, M2, M3, M4), a través de los cuales se establece la zona de análisis debido a las pequeñas variaciones de temperatura apreciados a continuación:

2.3.5.3.1 Comportamiento de la temperatura en el punto de análisis M1.

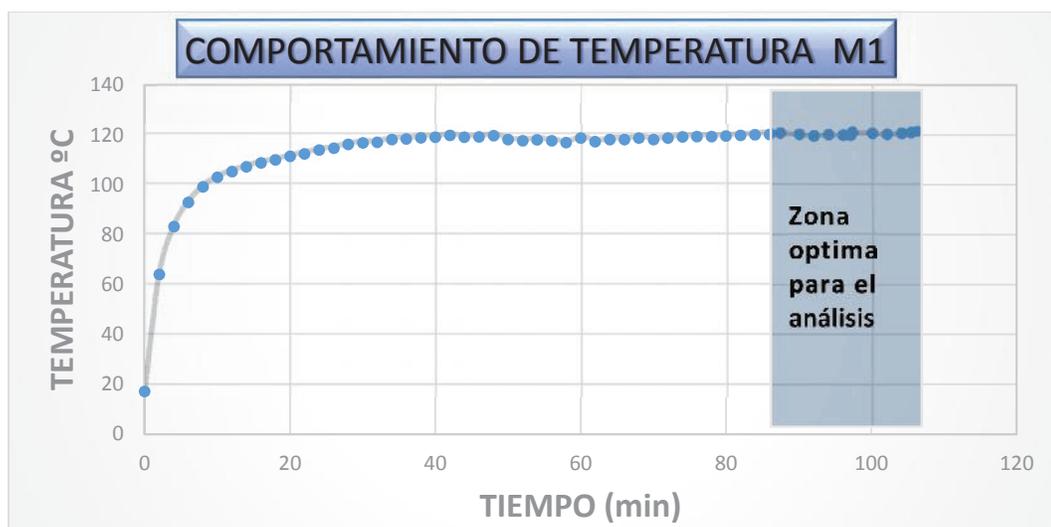


Figura 2. 25 Comportamiento de la temperatura en el punto de análisis M1.

2.3.5.3.2 Comportamiento de la temperatura en el punto de análisis M2.

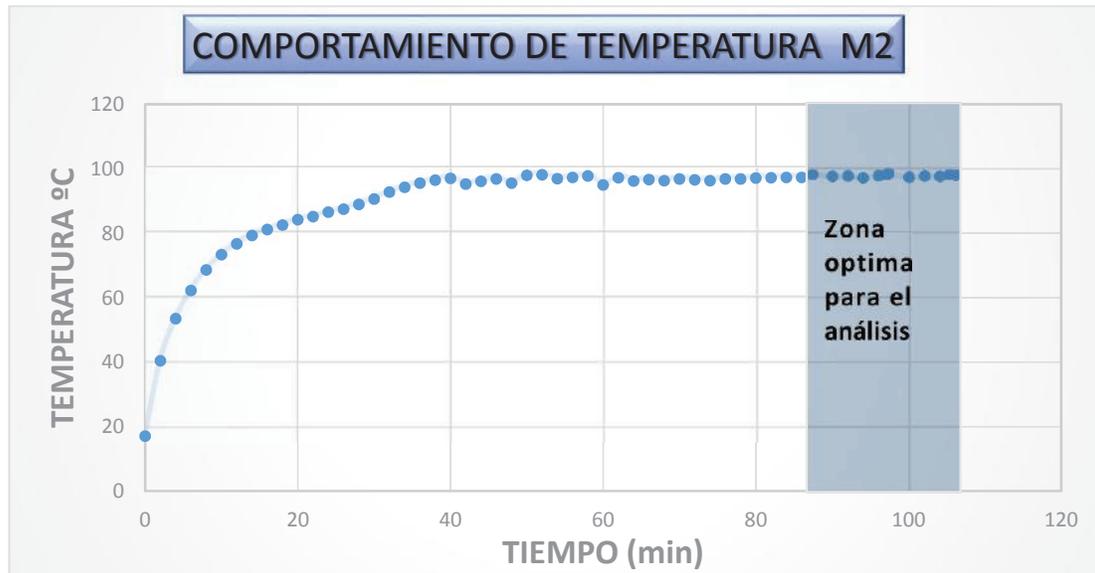


Figura 2. 26 Comportamiento de la temperatura en el punto de análisis M2.

2.3.5.3.3 Comportamiento de la temperatura en el punto de análisis M3.

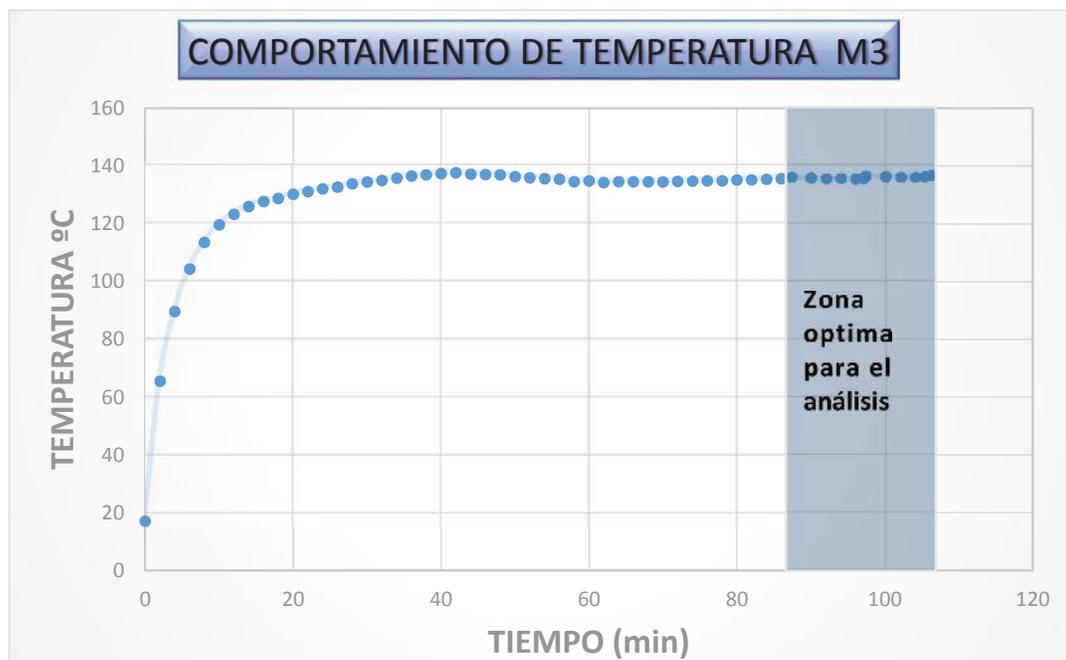


Figura 2. 27 Comportamiento de la temperatura en el punto de análisis M3.

2.3.5.3.4 Comportamiento de la temperatura en el punto de análisis M4.

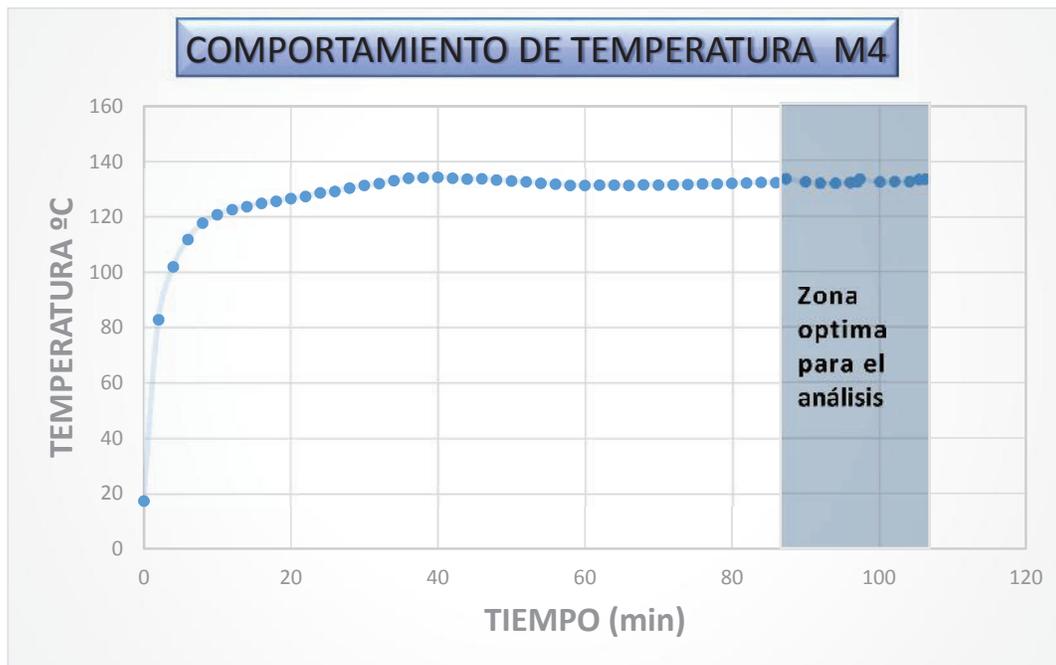


Figura 2. 28 Comportamiento de la temperatura en el punto de análisis M4.

Considerando las figuras 2.25, 2.26, 2.27, y 2.28, se establece que la temperatura de funcionamiento óptima para los puntos de M1=121,2; M2=97,9; M3=136,3; M4=133,3; en función del tiempo de inicio de óptimo funcionamiento en 87.4 minutos, a 820 rpm, en el cual se consideran sus resultados. En el punto M2 se aprecia una temperatura baja en comparación a los otros puntos, debido a que se encuentra en una zona de baja incidencia de los gases de escape.

2.3.5.4 Etapa experimental (protocolo para la toma de datos)

1. Preparación de las variables para el desarrollo del experimento.

Con la ayuda de la matriz del Diseño Experimental para la toma de datos, se procedió a generar las condiciones necesarias sobre las diferentes variables, estableciendo el siguiente procedimiento:

Preparar la mezcla de combustible + aditivo en el Depósito auxiliar, considerando lo establecido en las Variables de estudio.

Se considera solo el fallo del inyector del cilindro número 1, pues las variables de salida serán estudiadas en la zona antes descrita, al cual se le genera el fallo a través de sustituirlo como la matriz de análisis lo indica, considerando el orden de corrida, niveles uno y cero.

Apertura innecesaria de Válvula de Recirculación de Gases de Escape, para obtener los niveles de 0, 10 y 20 % de apertura en la válvula EGR, se retira del motor y se mide su desplazamiento total igual a 21,5mm. con una depresión de 10 psi, logrando con esto, definir el vacío necesario para esta variable en valores de:

- Para el nivel bajo en 0 psi.
- Para el nivel intermedio 1 psi.
- Para el nivel alto 2 psi.

Apertura del control de la geometría variable del turbo, que sirve para generar los niveles necesarios en el experimento de 0, 50 y 100% de apertura del control de la VGT se generan a través del desplazamiento de su vástago en 30,5 mm, y el máximo de depresión en 29 psi. determinando de esta manera los niveles:

- Para el nivel bajo en 0 psi.
- Para el nivel intermedio en 14,5 psi.
- Para el nivel alto en 29 psi.

Para establecer los niveles de revoluciones, se realiza la regulación del acelerador con la ayuda del escáner y de su tornillo de calibración.

2. Considerando lo establecido en 2.3.4.5 se procede a realizar los ajustes de la cámara.
3. Llevar el motor a su óptimo funcionamiento, considerando que la variable de bloque en la toma de firmas a la temperatura de 92 °C del refrigerante, la cual se constata con el escáner de diagnóstico en la ECU (unidad de control electrónico).
4. Se procede a la toma de datos (número de firma térmica, temperatura del refrigerante, temperatura ambiente y temperatura de aire de ingreso al motor), hay que considerar que cada firma debe ser tomada luego de un periodo de trabajo del electro ventilador, garantizando que los residuos de temperatura de una firma anterior no afecten los resultados de la nueva.
5. Se completa la matriz del Diseño experimental generada en minitab®, con los resultados obtenidos en los 4 puntos de análisis, mediante el Software de la cámara testo IRSoft®, del cual se extrae valores de temperatura, para su posterior análisis.

Los resultados de temperatura en los 4 puntos de análisis, se obtienen a través de las firmas térmicas analizadas en el IRSoft®, en función del diseño experimental establecido.

Hay que considerar que la toma de firmas térmicas se las realiza sin modificar la ubicación de la cámara termográfica, con la finalidad de obtener la temperatura a evaluar en los mismos puntos, teniendo por cada corrida una firma térmica, validando de esta manera que los puntos a analizar tengan la misma ubicación, debido a que el programa permite tener en cada firma térmica iguales coordenadas.

CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

3.1 FACTORES NO CONTROLABLES O DE RUIDO.

Para determinar la incidencia de las variables de ruido sobre el experimento es necesario realizar, una medición de los efectos que estos pueden causar sobre la variable de salida (temperatura), esta se la realiza a través de un diagrama de caja que determina de forma gráfica varias características importantes de un conjunto de datos, tales como el centro, la dispersión, la simetría o asimetría y la identificación de observaciones atípicas, representando los tres cuartiles, y los valores mínimo y máximo de los datos sobre un rectángulo (caja), alineado horizontal o verticalmente, este tipo de análisis se lo realiza para la temperatura de ingreso de aire del motor, pues es un factor no controlable, y genera cambios en las respuestas de los resultados.

La Temperatura ambiente (°C), Humedad relativa (%), y Emisividad (adimensional), no se consideran en el análisis de caja debido a que son valores con variación despreciable, se introducen y se mantienen al momento de calibrar la cámara termográfica.

3.1.1 TEMPERATURA DE INGRESO DEL AIRE AL MOTOR.

En la figura 3.1 se puede apreciar la gráfica de caja para la temperatura de ingreso de aire al motor, donde la distribución es simétrica, es decir su comportamiento cae sobre la distribución normal, y no existen valores atípicos extremos; todos los valores obtenidos durante el experimentos son parte de lo esperado, en la zona central se aprecia la temperatura intermedia de los valores obtenidos la cual está a 32 °C aproximadamente, además se observa que la máxima temperatura de ingreso del aire del motor está a 34°C y la mínima está en 29°C.

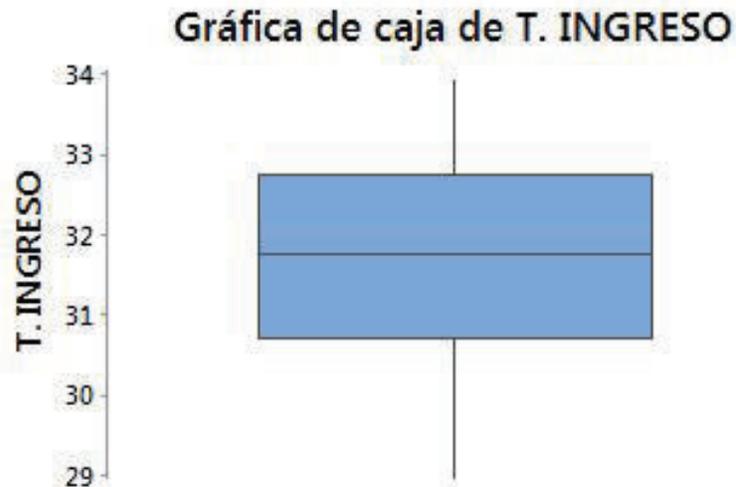


Figura 3. 1 Gráfica de caja de normalidad de la temperatura de ingreso al motor.

3.2 VALIDACIÓN DE DATOS.

Para la validación de datos se hace la comprobación de aleatorización en las corridas experimentales, a través del análisis de residuos para cada corrida considerando su orden, de tal forma que se genera una gráfica que determine estos, a través de la medidas de temperatura generadas, estos resultados se observan en las siguientes figuras.

3.2.1 GRÁFICAS DE RESIDUOS PARA M1.

Analizando la figura 3.2, la gráfica de la probabilidad normal, se observa que los resultados si poseen un comportamiento normal, comparando la frecuencia acumulada por los residuos caracterizados con la probabilidad esperada considerando la hipótesis de normalidad, se tiene que hay 2 observaciones poco comunes (corrida 5, corrida 28) que salen del comportamiento normal generando residuos con valores absolutos mayores a 2, sin embargo son valores esperados que no afectan el experimento, debido a que forman parte del 5%, de aceptabilidad, por lo tanto no es necesario un ajuste del modelo experimental.

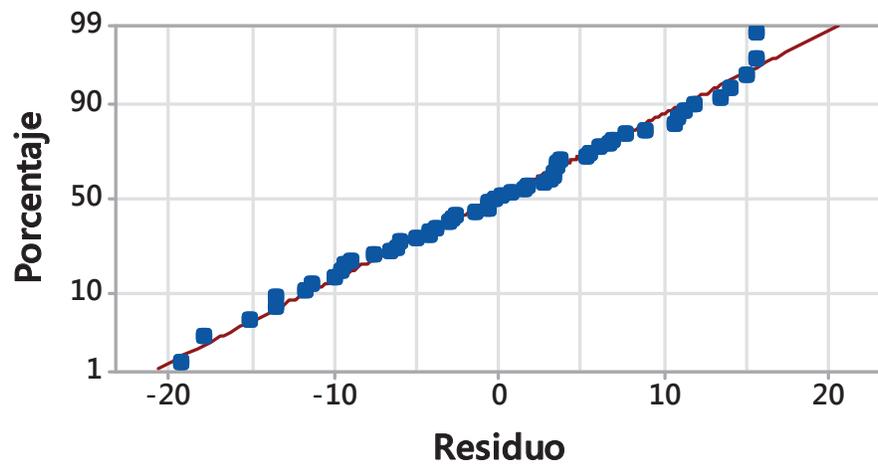


Figura 3. 2 Gráfica de probabilidad normal para M1.

En el histograma de la figura 3.3, se observa que los resultados caen dentro de la campana de Gauss, garantizando la hipótesis de normalidad, aspecto que es tomado en cuenta para la interpretación de los resultados de la inferencia estadística, además se aprecia la optimización de recursos en el modelo experimental.

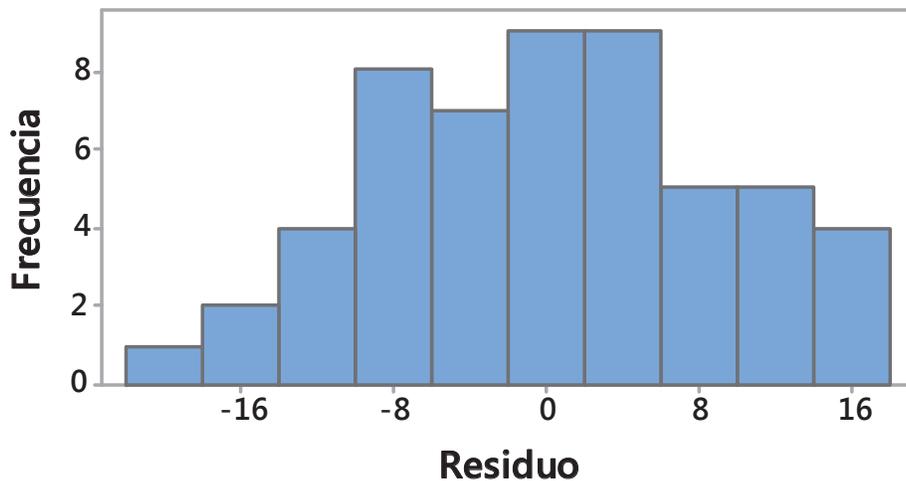


Figura 3. 3 Gráfica de histograma para M1.

En la gráfica 3.4 de valor ajustado (Varianza), es apreciable que no existe ningún patrón de comportamiento en los residuos debido a la dispersión de los puntos, por lo tanto, las variables aleatorias no tienen relación, dando fiabilidad a los resultados obtenidos.

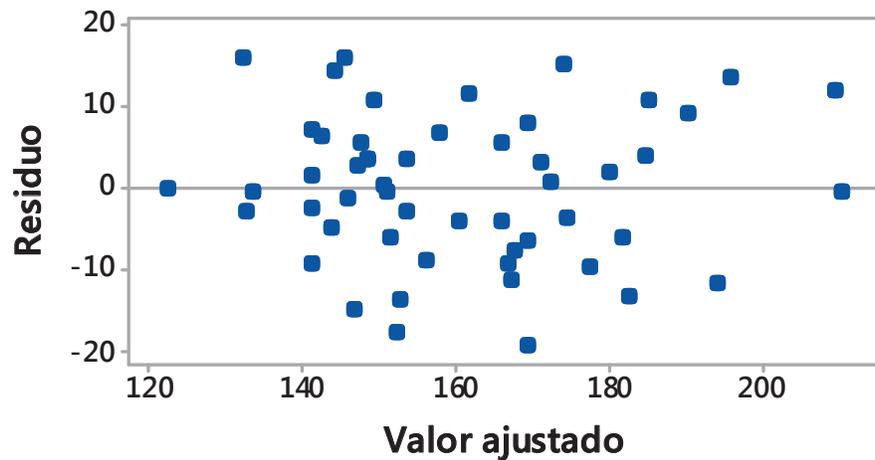


Figura 3. 4 Gráfica de valor ajustado para M1.

En la gráfica 3.5, se aprecia que los valores obtenidos no siguen patrones definidos o una dependencia de unos con otros, por lo que se establece que el modelo experimental tiene un comportamiento aleatorio válido. También se observa que los datos obtenidos en las corridas 5 y 28 están definidos como los residuos más altos.

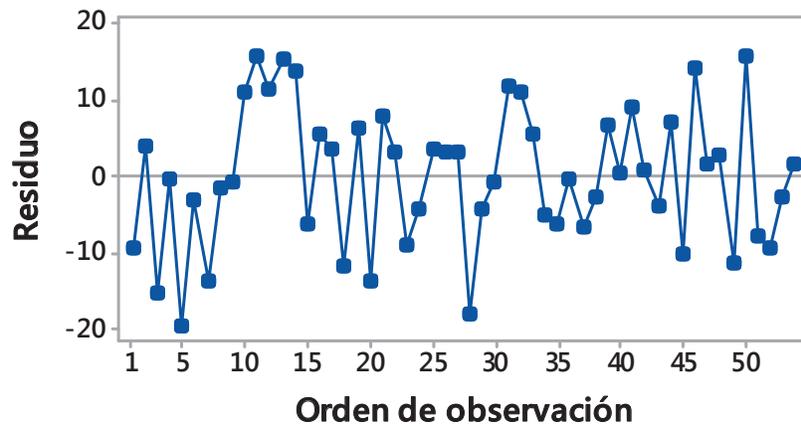


Figura 3. 5 Gráfica de los residuos de la salida de temperatura vs orden de observación para M1.

3.2.2 GRÁFICAS DE RESIDUOS PARA M2.

De la figura de la probabilidad normal, se observa que los resultados poseen un comportamiento normal, al comparar la frecuencia acumulada por los residuos caracterizados con la probabilidad esperada, considerando la hipótesis de normalidad, hay 1 observación poco común (corrida 5,) generando residuos con valor absoluto de 2.10 que es mayor a 2, sin embargo es un valor esperado que no afectan el experimento, debido a que forman parte del 5%, de aceptabilidad, por lo tanto no es necesario un ajuste del modelo experimental.

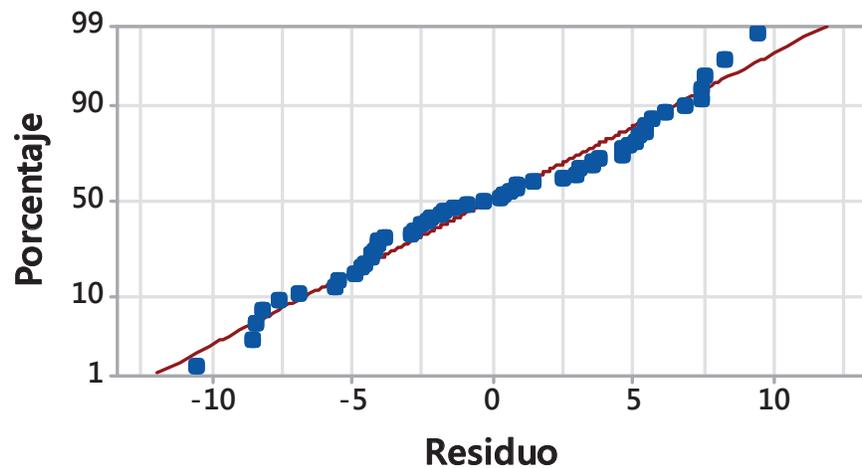


Figura 3. 6 Gráfica de probabilidad normal para M2.

En el histograma, se observa que los resultados caen dentro de la campana de Gauss, garantizando la hipótesis de normalidad, aspecto que es tomado en cuenta para la interpretación de los resultados de la inferencia estadística, además se aprecia la optimización de recursos en el modelo experimental.

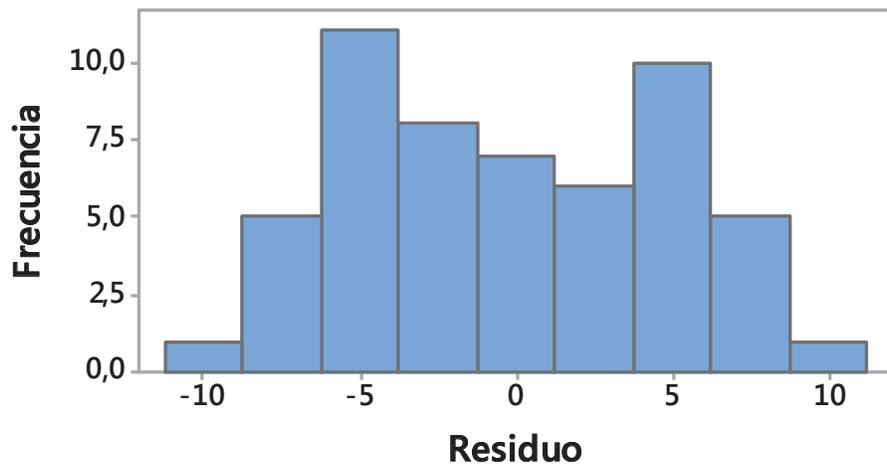


Figura 3. 7 Gráfica de histograma para M2.

En la gráfica de valor ajustado (Varianza), es apreciable que no existe ningún patrón de comportamiento en los residuos debido a la dispersión de los datos, por lo tanto, las variables aleatorias no tienen relación, dando fiabilidad a los resultados obtenidos.

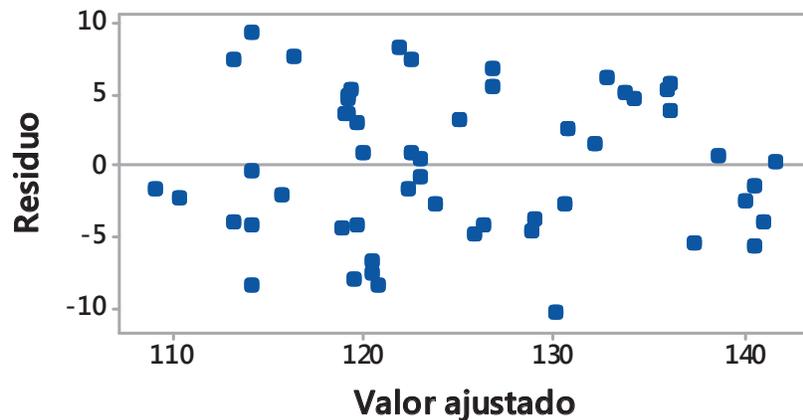


Figura 3. 8 Gráfica de valor ajustado para M2.

En la gráfica de los residuos de la salida de temperatura vs orden de observación de la figura, es apreciable que estos no siguen patrones definidos o una dependencia de unos con otros, por lo que se establece que el modelo experimental, tiene un comportamiento aleatorio válido. También se observa que el dato obtenido en la corrida 5 se define como el residuo más alto.

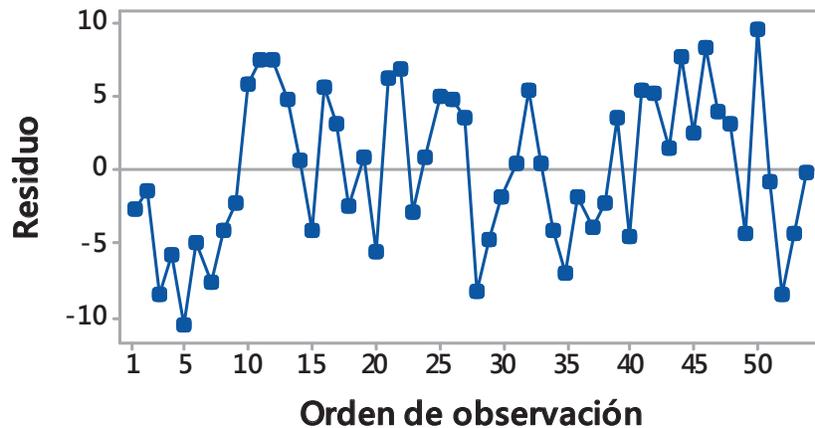


Figura 3. 9 Gráfica de los residuos de la salida de temperatura vs orden de observación para M2.

3.2.3 GRÁFICAS DE RESIDUOS PARA M3.

En la figura de probabilidad normal, se observa que los resultados poseen un comportamiento normal, al comparar la frecuencia acumulada por los residuos caracterizados con la probabilidad esperada, considerando la hipótesis de normalidad, se tiene que hay 1 observación poco común (corrida 5,) generando residuos con valor absoluto de 2.17, sin embargo es un valor esperado que no afectan el experimento, debido a que forman parte del 5%, de aceptabilidad, por lo que no es necesario un ajuste del modelo experimental.

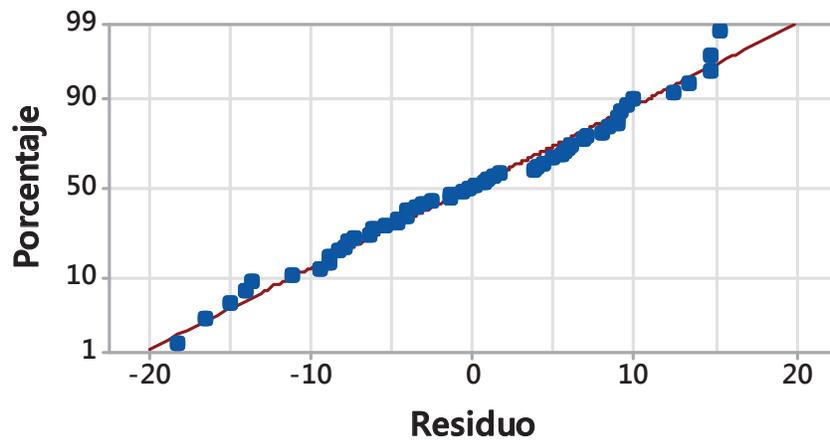


Figura 3. 10 Gráfica de probabilidad normal para M3.

En el histograma se observa, que los resultados caen dentro de la campana de Gauss, garantizando la hipótesis de normalidad, aspecto que es tomado en cuenta para la interpretación de los resultados de la inferencia estadística.

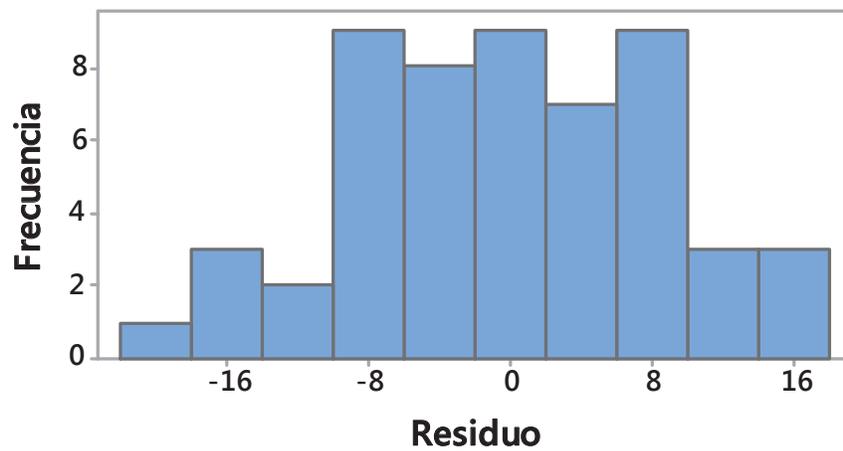


Figura 3. 11 Gráfica de histograma para M3.

En la gráfica, de valor ajustado (Varianza), es apreciable que no existe ningún patrón de comportamiento en los residuos debido a la dispersión de los datos, por lo tanto, las variables aleatorias no tienen relación, dando fiabilidad a los resultados obtenidos.

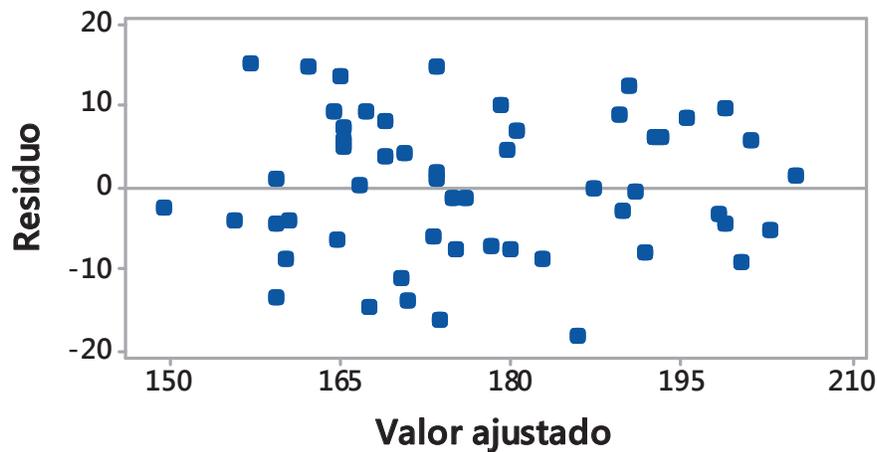


Figura 3. 12 Gráfica de valor ajustado para M3.

En la gráfica de los residuos de salida de temperatura vs orden de observación de la figura, es apreciable que estos no siguen patrones definidos o una dependencia de unos con otros, por lo que se establece que el modelo experimental, tiene un comportamiento aleatorio válido. También se ratifica que el dato obtenido en la corrida 5 se define como el residuo más alto.

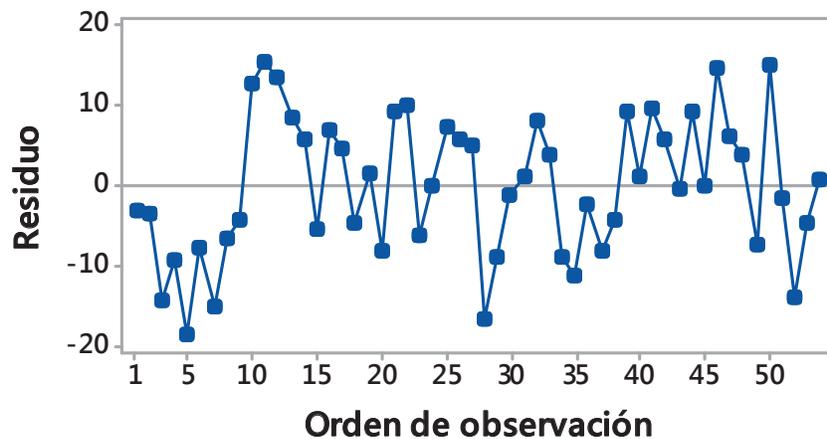


Figura 3. 13 Gráfica de los residuos de la salida de temperatura vs orden de observación para M3.

3.2.4 GRÁFICAS DE RESIDUOS PARA M4.

Analizando la gráfica de la probabilidad normal, se observa que los resultados si poseen un comportamiento normal, comparando la frecuencia acumulada por los residuos caracterizados con la probabilidad esperada, considerando la hipótesis de normalidad, se tiene que hay 2 observaciones poco comunes (corrida 5 = 2.05, corrida 28 = 2.27) que salen del comportamiento normal generando residuos con valores absolutos mayores a 2, sin embargo son valores esperados que no afectan

el experimento, debido a que forman parte del 5% de aceptabilidad, por lo tanto no es necesario un ajuste del modelo experimental.

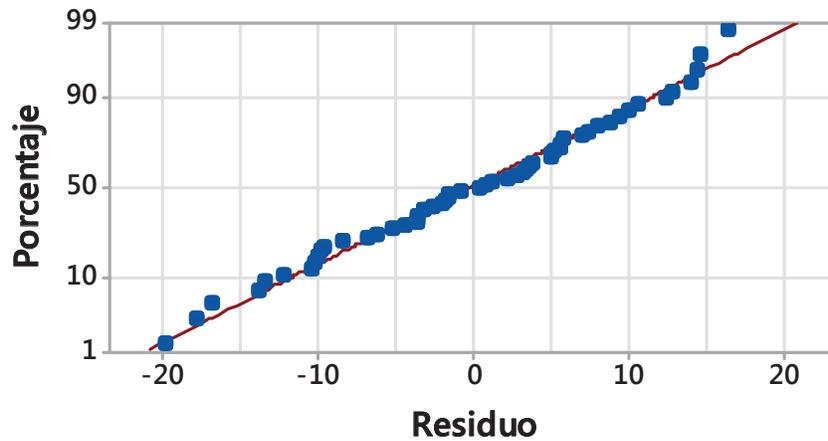


Figura 3. 14 Gráfica de probabilidad normal para M4.

En el histograma, se observa que los resultados caen dentro de la campana de Gauss, garantizando la hipótesis de normalidad, aspecto que es tomado en cuenta para la interpretación de los resultados de la inferencia estadística.

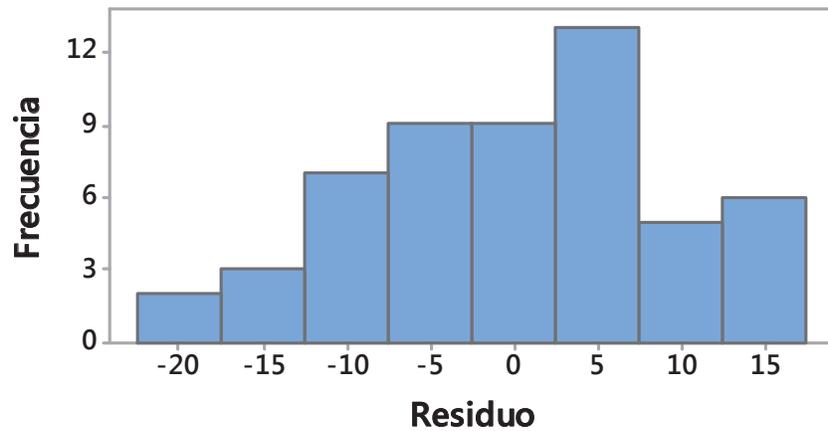


Figura 3. 15 Gráfica de histograma para M4.

En la gráfica de valor ajustado (Varianza), es apreciable que no existe ningún patrón de comportamiento en los residuos debido a la dispersión de los puntos, por lo tanto, las variables aleatorias no tienen relación, dando fiabilidad a los resultados obtenidos.

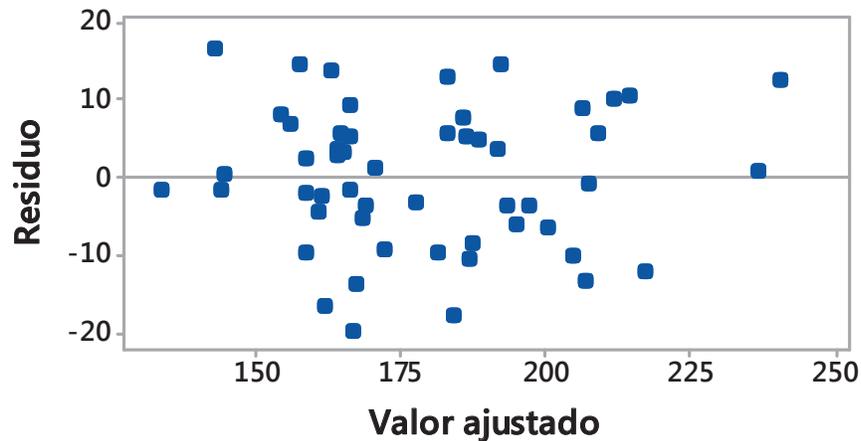


Figura 3. 16 Gráfica de valor ajustado para M4.

En la gráfica de los residuos de salida de temperatura vs orden de observación de la figura 3.6, se puede apreciar que estos no siguen patrones definidos o una dependencia de unos con otros, por lo que se establece que el modelo experimental tiene un comportamiento aleatorio válido. También se observa que los datos obtenidos en las corridas 5 y 28 están definidos como los residuos más altos.

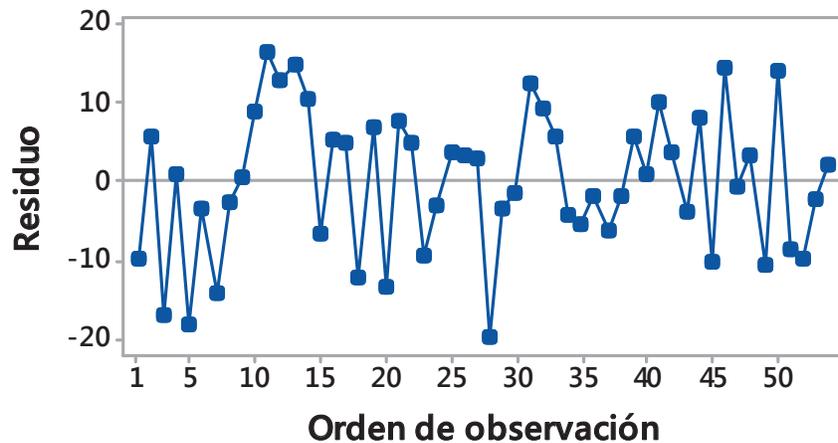


Figura 3. 17 Gráfica de los residuos de la salida de temperatura vs orden de observación para M4.

3.2.5 COMPROBACIÓN DEL SUPUESTO DE NORMALIDAD.

Con los datos de temperatura tomados en los puntos de análisis (M1, M2, M3, M4) del colector de escape y del turbo, se observa que los residuos se ajustan a la normalidad, cumpliendo con este supuesto, además estos tienen valores atípicos, que analíticamente se comprueban que cumplen con el supuesto de normalidad, pues el valor del coeficiente de determinación R^2 es mayor al 70%, dando de esta

manera validez al experimento, pues los resultados se encuentran dentro de los valores esperados (tabla 3.1), para cada uno de los focos de análisis.

Tabla 3. 1 Coeficiente de determinación R^2 para cada respuesta.

Respuesta	R^2
M1	82,81 %
M2	74,91 %
M3	73,29 %
M4	87,09 %

3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO EN EL PUNTO M1.

El punto de análisis M1 se localiza en el colector de escape en la salida del cilindro número 1 como se aprecia en la figura 2.19.

3.3.1 DIAGRAMA DE PARETO.

El diagrama de Pareto es determinante para definir la incidencia de cada variable de entrada sobre el experimento, a través del análisis de los pocos vitales y muchos triviales, definiendo la importancia de estas sobre la variable de respuesta, lo cual permite considerar los fallos que deben ser atendidos a través del mantenimiento predictivo en cortos plazos. Sin embargo de acuerdo al análisis estadístico se establece que los muchos triviales representan fallos incipientes, que por su incidencia forman parte de los mantenimientos de largo plazo.

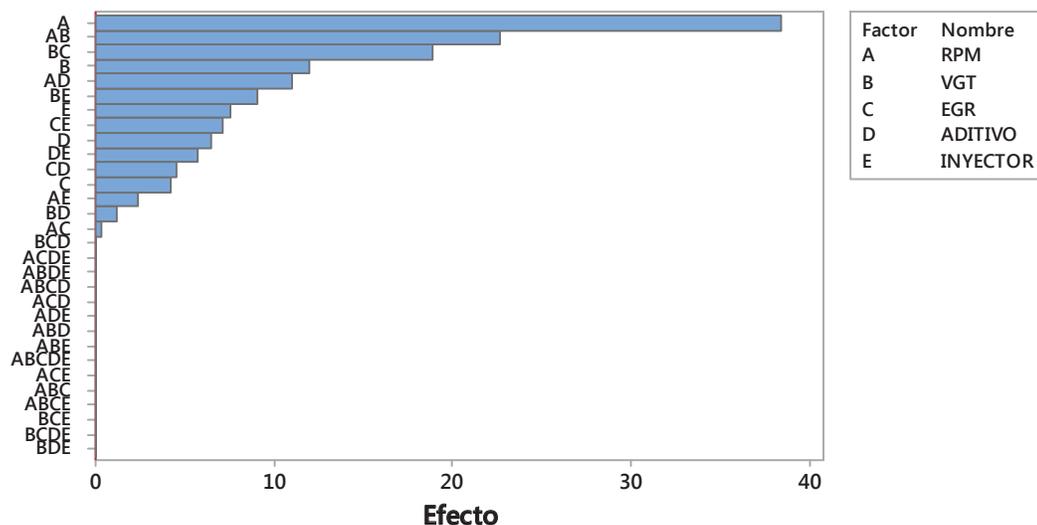


Figura 3. 18 Diagrama de Pareto de barras en M1.

El análisis de Pareto para M1, se observa que:

1. El factor que genera los mayores cambios de temperatura es régimen de giro del motor (Factor A=rpm), produciendo un rango de variación entre 0 y 38,44°C, con el 97,97%.
2. La interacción de rpm Y VGT genera un variación de 0 a 22,7°C, con el 94,58%.
3. La interacción VGT y EGR va desde 0 a 18,82°C, con el 91,40%.
4. El Factor de fallo de VGT produce un rango entre 0 a 12,1°C, con el 88,21%.
5. La interacción entre rpm y Aditivo es de 0 a 11°C, con el 85,03%.
6. Entre La VGT y el inyector es de 0 a 9,08°C, con el 81,84%.

Considerando los resultados y basado en el diagrama de Pareto, se considera que aquellas variables e interacciones que se encuentra por encima del 80% representan los pocos vitales.

3.3.2 GRÁFICA DE EFECTOS PRINCIPALES.

La gráfica de efectos principales muestra la incidencia en la respuesta para cada nivel de factor de entrada, de la cual se aprecia que la de mayor influencia en la variación de temperatura, es debido al cambio de régimen de giro del motor, lo cual corrobora el análisis de Pareto. Se aprecia que el cambio de temperatura para este fallo tiene un comportamiento exponencial.

Considerando la VGT, se observa que el comportamiento de la variable de salida frente a las modificaciones de esta, tiene tendencia parabólica que determina al nivel próximo al 50%, como el punto de menor incidencia sobre los cambios de temperatura.

Es apreciable, que la EGR sigue un comportamiento similar a la VGT, donde se establece que el 10% de apertura representa la menor variación de temperatura.

En la curva de aditivo se ve que su comportamiento parabólico es opuesto a los de VGT y EGR, considerando que el punto más alto de incremento de temperatura, ocurre al 20% de aditivo aproximadamente, en cambio a 100% del mismo se encuentra el nivel más bajo.

En la gráfica de efectos principales del inyector, considerando dos niveles se aprecia que la influencia de este sobre la temperatura, es de carácter lineal decreciente donde la temperatura máxima ocurre en el nivel 0, y la mínima en el nivel 1.

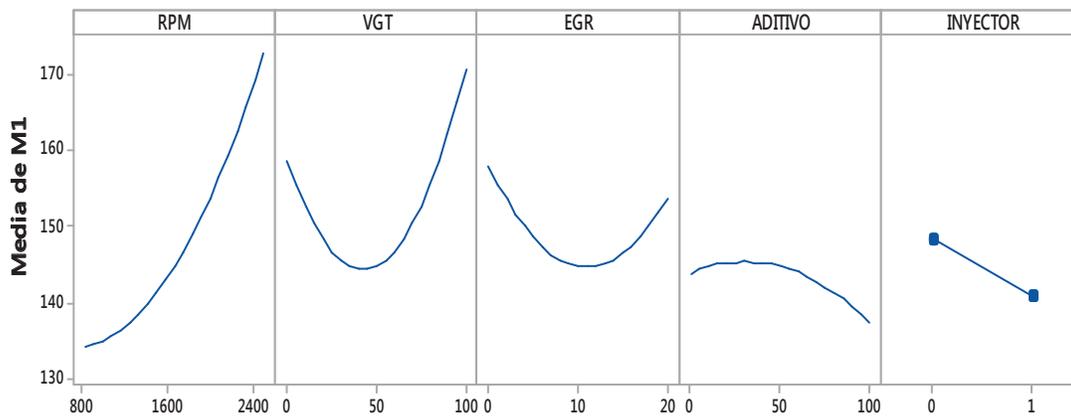


Figura 3. 19 Gráfica de efectos principales para M1.

3.3.3 GRÁFICA DE INTERACCIONES.

La gráfica de interacción, muestra la media de la variable de salida (Temperatura para M1) versus las variables de entrada (rpm, apertura EGR y VGT, Aditivo, e Inyector fallando) considerando para cada una de ellas los niveles de análisis y las permutaciones entre los factores de entrada, según el orden en el que se ingresan los datos.

La interacción más influyente en la temperatura, es la debida a las rpm – VGT en los niveles de 2500rpm y 100% de apertura, con un valor correspondiente a 210 °C, seguida se observa la VGT – EGR con 0 % de apertura a 185°C, después sigue la interacción de: EGR, aditivo e inyector, con las rpm dando un valor de 180°C con nivel de 2500 rpm.

Considerando, que existe interacción cuando la respuesta a un nivel de factor depende del nivel o los niveles de otros factores, se puede notar que las líneas paralelas en la gráfica de interacciones, indican que no existe relación entre ellas, por tanto, mientras más se alejen las líneas del estado paralelo, mayor será el grado

de

interacción.

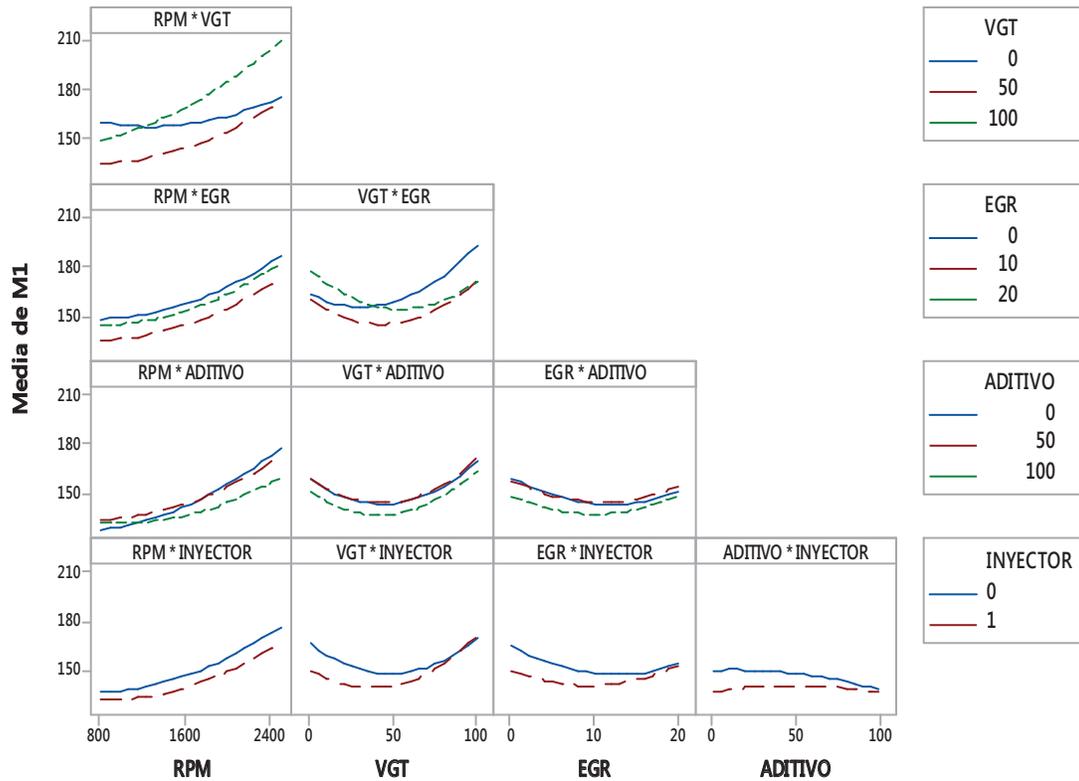


Figura 3. 20 Gráfica de interacción para M1.

Los resultados de interacción se basan en la determinación del factor p (probabilidad de la incidencia de los factores sobre la respuesta), que establece que para valores mayores de 0,05 no existen interacciones significativas, los resultados de p se pueden apreciar en la tabla 3.2.

Tabla 3. 2. Probabilidad de la incidencia de los factores sobre la respuesta M1.

Interacción de 2 factores	Valor de p
RPM*VGT	0,007
RPM*EGR	0,972
RPM*ADITIVO	0,172
RPM*INYECTOR	0,605
VGT*EGR	0,023
VGT*ADITIVO	0,877
VGT*INYECTOR	0,054
EGR*ADITIVO	0,566
EGR*INYECTOR	0,128
ADITIVO*INYECTOR	0,218

Se observa en la tabla anterior que los valores de p próximos a cero son los correspondientes a las variables más influyentes.

3.3.4 GRÁFICA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA.

Para visualizar los efectos sobre la temperatura en el escape, debido a las interacciones de las variables de ingreso, se analiza en el diagrama de superficie aquellas que poseen un factor p menores a 0,05, de donde para M1 se tiene:

3.3.4.1 Superficie de respuesta para M1 considerando la interacción VGT-RPM.

En la gráfica 3.21 se observa que la mayor temperatura en **M1** se genera a 2500 rpm y VGT al 100% de apertura, produciendo variables de respuesta de hasta 210°C, y que conforme estas dos decrecen, la temperatura también baja; en base a esto, se puede observar que la interacción de fallos de las variables de entrada, son aquellas que necesitan un mantenimiento a corto plazo, debido al incremento de temperatura alto que ocasionan.

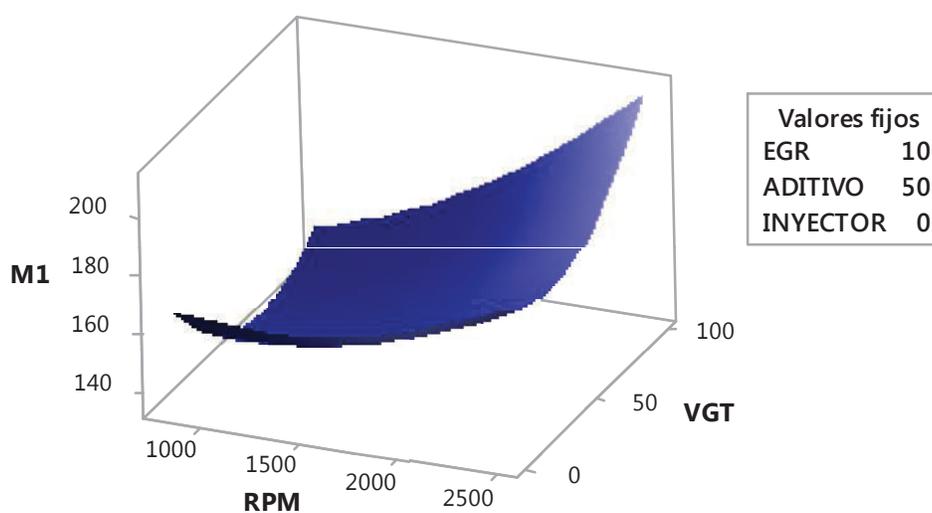


Figura 3. 21 Superficie de respuesta para M1 considerando la interacción VGT-RPM.

3.3.4.2 Gráfica de contorno para M1 considerando la interacción VGT-RPM.

La Gráfica de contorno, indica la variación de temperaturas que se generan cuando interactúan las variables de entrada (RPM – VGT), definidos por una escala en color azul, donde la temperatura más alta es de color oscuro, en esta se aprecia que las dos generan una variación de tipo de onda expansiva, donde las temperaturas altas se dan con VGT entre el 90 y 100% de apertura, a régimen de giro del motor entre las 2200 y 2500 rpm, representado de color azul oscuro, el detalle de los resultados

de las interacciones que se encuentra por debajo de lo expuesto, se aprecia en las otras escalas.

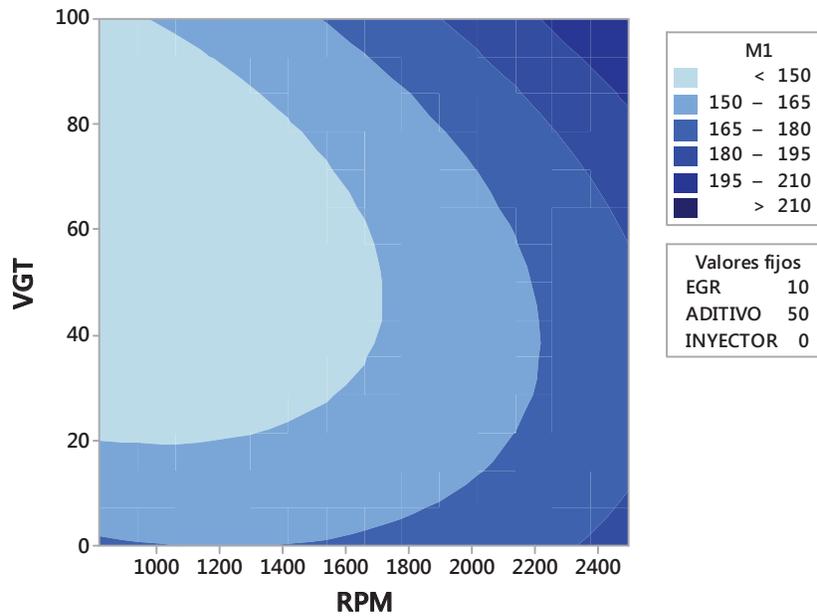


Figura 3. 22 Gráfica de contorno para M1 considerando la interacción VGT-RPM.

3.3.4.3 Superficie de respuesta para M1 considerando la interacción VGT-EGR.

De la gráfica 3.23, se tiene que la mayor temperatura en **M1** se genera a 100% de apertura VGT y 0 % de apertura EGR, produciendo variables de respuesta de hasta 190 °C, también se aprecia que el comportamiento que tiene esta interacción es un paraboloides elíptico.

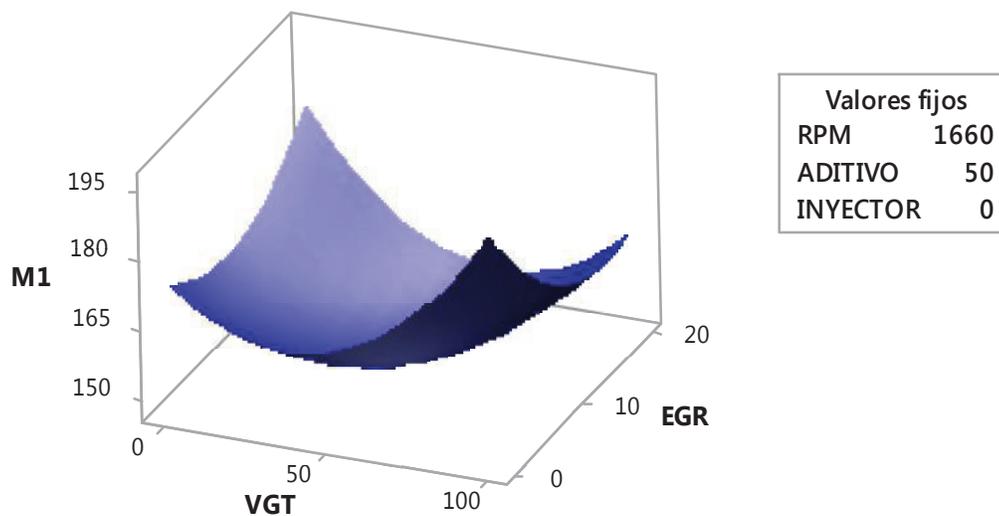


Figura 3. 23 Superficie de respuesta para M1 considerando la interacción VGT-EGR.

3.3.4.4 Gráfica de contorno para M1 considerando la interacción VGT-EGR.

En la gráfica de contorno, se aprecia que la variación de temperatura más alta se genera con 0% de apertura EGR, y 100 % de apertura VGT, con un rango de temperatura de 190 ° C, mientras que al tener valores aproximados al 10 % de EGR, y 50 % de VGT, la variación de temperatura es mínima.

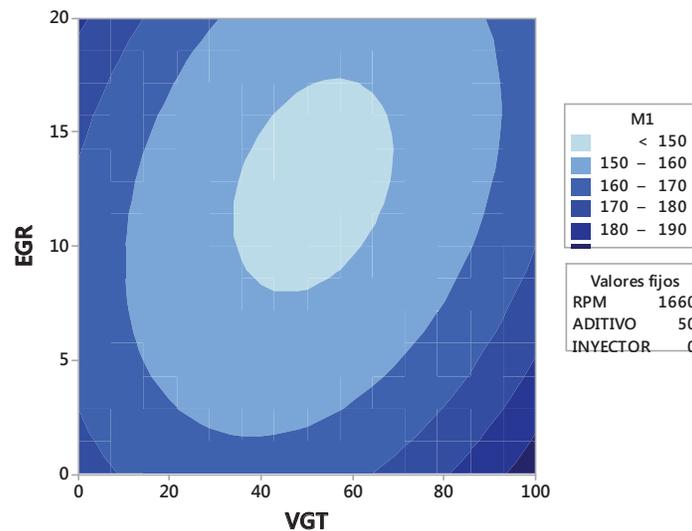


Figura 3. 24 Gráfica de Contorno para M1 considerando la interacción VGT-EGR.

3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO EN EL PUNTO M2.

El punto de análisis M2 se localiza a la salida del turbo en la parte central, próximo a la unión con el escape, como se aprecia en la figura 2.19.

3.4.1 DIAGRAMA DE PARETO.

Bajo las mismas consideraciones de M1, se realiza el diagrama de Pareto para M2, con la finalidad de encontrar similitudes, entre estos dos puntos. En este análisis considerando los valores que corresponden a los pocos vitales se tiene los resultados descritos a continuación:

1. El factor de entrada de mayor incidencia sobre la temperatura en el escape para M2 siguen siendo el régimen de giro generando un rango de variación de entre 0 y 14,63°C, con el 97,77%.
2. La interacción VGT y EGR generan un cambio de temperatura entre los 0 a 9,35°C, con el 94,58%.
3. La interacción VGT e inyector generan un cambio de temperatura entre los 0 a 6,35°C, con el 91,40%.
4. El factor de fallo de aditivo produce un rango entre 0 a 6,18°C, con el 88,21%.

5. La interacción entre RPM y aditivo con un rango de variación entre 0 a 5,52°C, con el 85,03%.
6. El factor de fallo del inyector produce un rango entre 0 a 5,02°C, con el 81,84%.

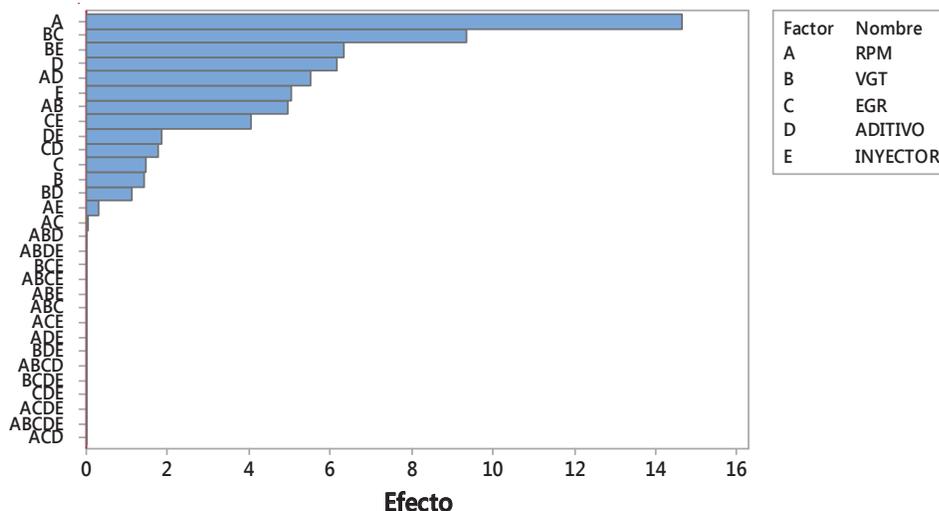


Figura 3. 25 Diagrama de Pareto en M2.

Para el punto M2 los pocos vitales determinan una reducción de la importancia del resto de variables y sus interacciones consideradas en el análisis, determinando que la influencia que se genera sobre la variable de respuesta es mínima.

3.4.2 GRÁFICA DE EFECTOS PRINCIPALES.

En la gráfica de efectos principales se muestra la influencia en la respuesta para cada nivel de los factores de entrada sobre el punto M2, de esta, se aprecia que la mayor influencia se da debido a cambios en la variable de régimen de giro, con un comportamiento exponencial.

Observando la influencia de la VGT se tiene una tendencia parabólica que determina al nivel próximo al 50%, como el punto de menor incidencia sobre los cambios de temperatura y al 100% como el de mayor influencia.

Es apreciable, que la EGR tiene un comportamiento parabólico, donde se establece que el 10% de apertura representa el instante de menor variación de temperatura. La curva de aditivo genera un comportamiento parabólico decreciente, considerando que el punto más alto de cambio de temperatura ocurre al 20% de aditivo aproximadamente, en cambio a 100% del mismo se encuentra el nivel más bajo.

En la gráfica de efectos principales del inyector, se aprecia que la influencia que genera sobre la temperatura es de carácter lineal decreciente donde la temperatura máxima ocurre en el nivel 0, y la mínima en el nivel 1.

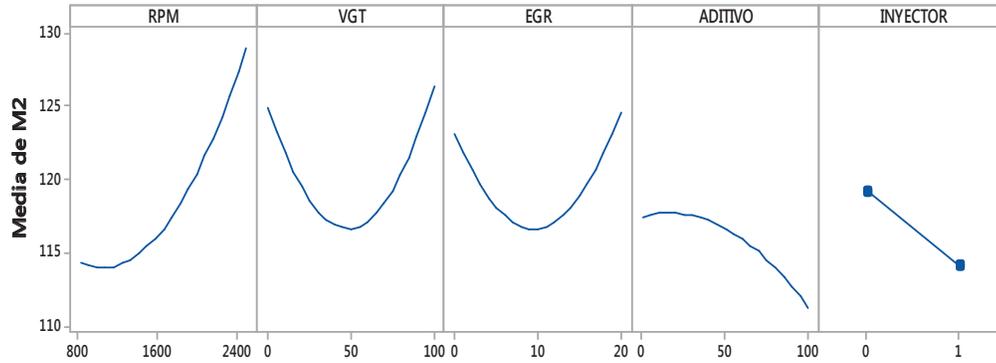


Figura 3. 26 Gráfica de efectos principales para M2.

3.4.3 GRÁFICA DE INTERACCIONES.

En la figura se aprecia que las interacciones de mayor influencia sobre la variable de repuestas, son aquellas que se alejan del estado paralelo, que representan los pocos vitales obtenidos en el análisis de Pareto las cuales son: VGT – EGR, VGT – Inyector, y RPM – Aditivo.

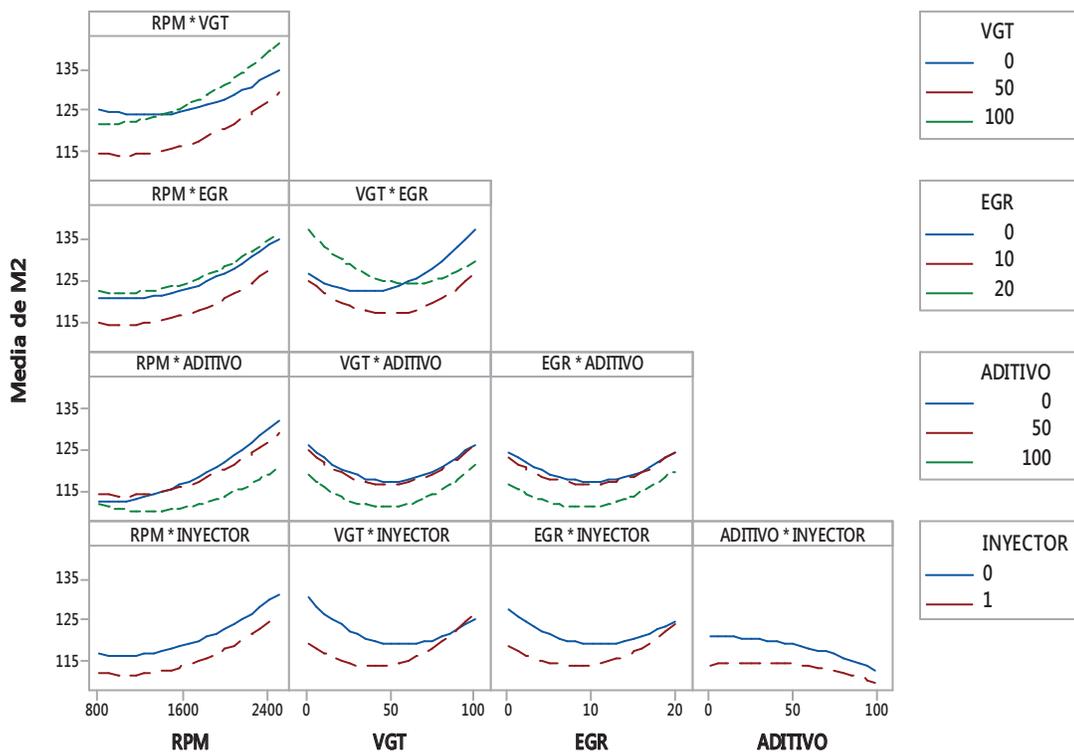


Figura 3. 27 Gráfica de interacción para M2.

En la tabla 3.3 se aprecia que para las interacciones de: VGT – EGR, VGT – Inyector, tiene un valor de **p** menores al 0,05, determinando mayor significancia.

Tabla 3. 3 Probabilidad de la incidencia de los factores sobre la respuesta M2.

Interacción de 2 factores	Valor de p
RPM*VGT	0,28
RPM*EGR	0,991
RPM*ADITIVO	0,231
RPM*INYECTOR	0,909
VGT*EGR	0,047
VGT*ADITIVO	0,805
VGT*INYECTOR	0,021
EGR*ADITIVO	0,702
EGR*INYECTOR	0,133
ADITIVO*INYECTOR	0,488

3.4.4 GRÁFICA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA.

3.4.4.1 Superficie de respuesta para M2 considerando la interacción VGT-EGR.

En la gráfica de superficie de respuesta para **M2** con la interacción de VGT – EGR se aprecia que la temperatura de la variable de salida más alta se genera con 0 % de VGT y 20% de EGR, con un valor de 150°C aproximadamente, el comportamiento de esta superficie es de carácter paraboloidal.

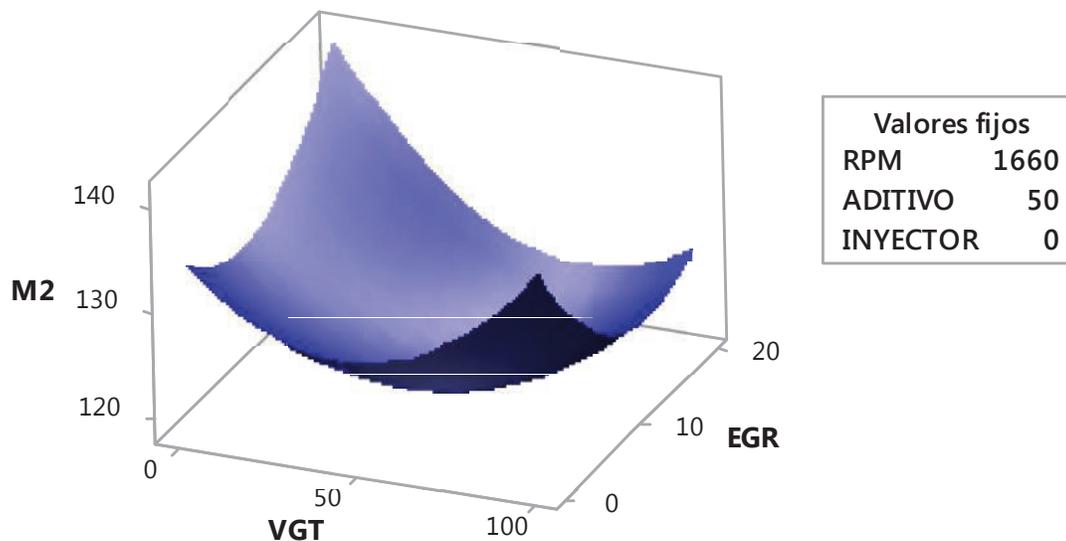


Figura 3. 28 Superficie de respuesta para M2 considerando la interacción VGT-EGR.

3.4.4.2 Gráfica de contorno para M2 considerando la interacción VGT-EGR.

La figura de superficie de contorno para la interacción de VGT-EGR en el punto M2 muestra que la temperatura máxima que se alcanza es de 140°C a 20% de apertura de EGR y 0% de VGT, las temperaturas mínimas se generan en valores de EGR entre los 40 y 80% y de VGT entre los 12 y 15% de apertura dando variables de salida menores a los 120°C.

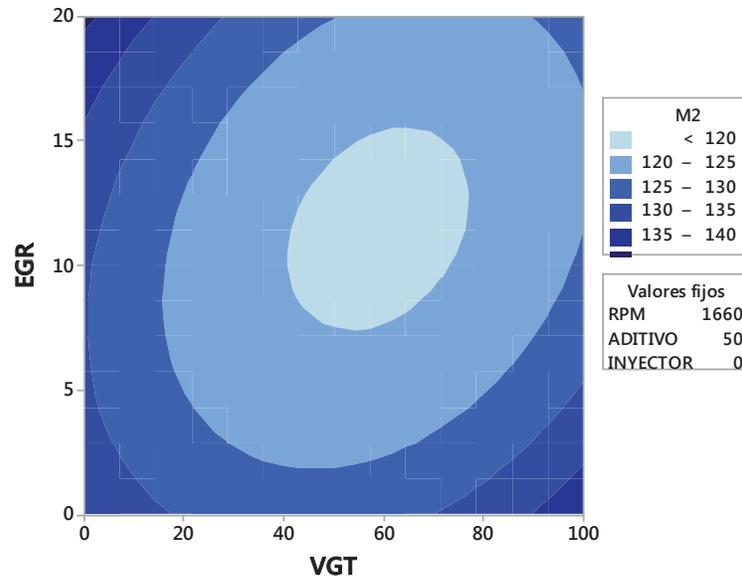


Figura 3. 29 Gráfica de contorno para M2 considerando la interacción VGT-EGR.

3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO EN EL PUNTO M3.

El punto de análisis M3 se localiza en un extremo del turbo cerca del perno superior de fijación de la salida de este, como se aprecia en la figura 2.19.

3.5.1 GRÁFICA DE PARETO.

En el diagrama de Pareto, se tiene como principales responsables del incremento de temperatura a:

1. El factor RPM con una variación 19,25 ° C, con el 97,77 %
2. La interacción de VGT con EGR, con una variación de 13,87 ° C, con el 94,58%.
3. La interacción de RPM con aditivo, con una variación de 10,95 ° C, con el 91,40 %.
4. La interacción de RPM con VGT, con una variación de 10,62 ° C, con el 88,21 %.
5. La interacción de VGT con inyector, con una variación de 10,05 ° C, con el 85,03 %.

6. El aditivo, con una variación de $9,46^{\circ}\text{C}$, con el 81,84%.

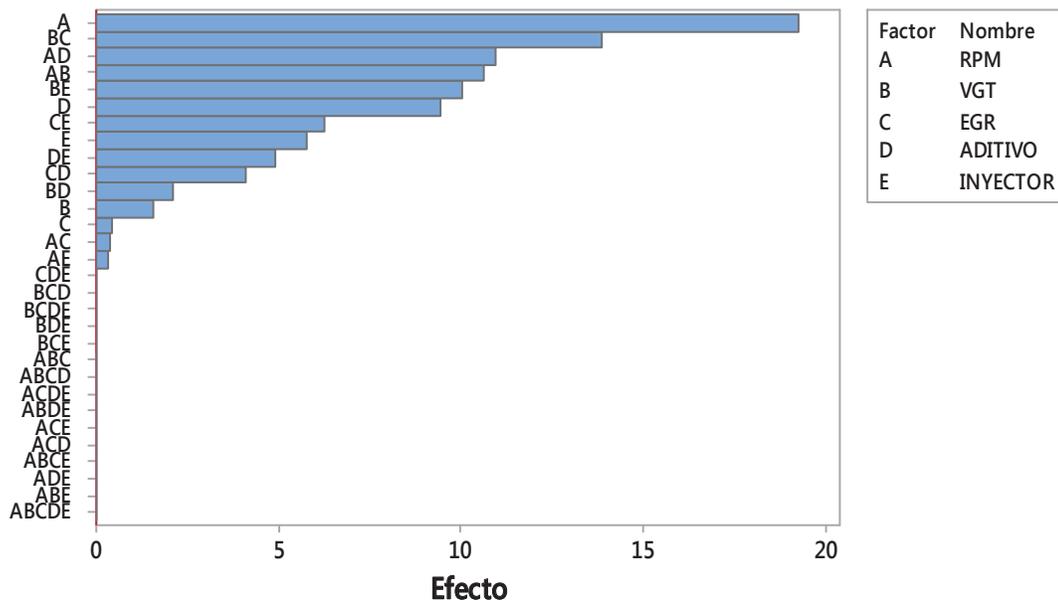


Figura 3. 30 Diagrama de Pareto en M3.

3.5.2 GRÁFICA DE EFECTOS PRINCIPALES.

En el gráfica de efectos principales, puede apreciarse que el incremento de temperatura depende principalmente del régimen de giro del motor; la variación de temperatura depende de los factores VGT y EGR, que tienen comportamientos similares, en cuanto al porcentaje de apertura considerado; mientras que los factores: aditivo e inyector, presentan comportamiento de manera decreciente, en el caso del aditivo a partir del 20 % aproximadamente.

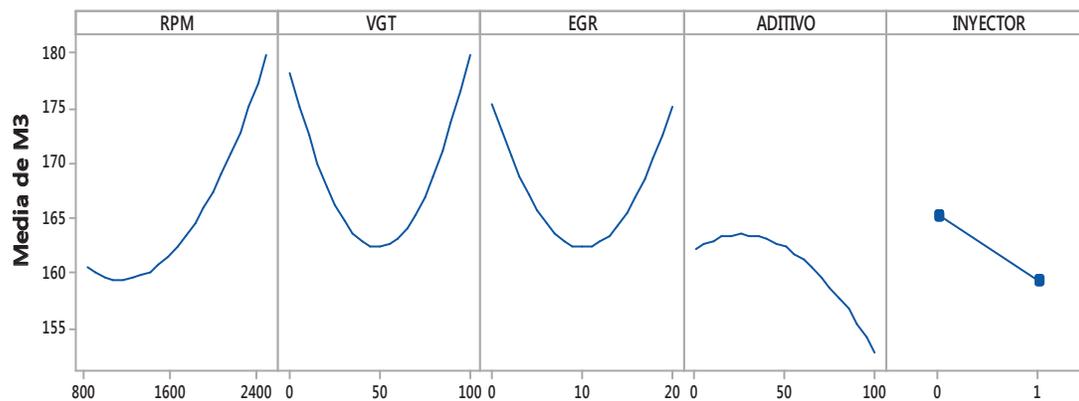


Figura 3. 31 Gráfica de efectos principales para M3.

3.5.3 GRÁFICA DE INTERACCIONES.

En la Gráfica de interacciones mostrada en la figura, se aprecia que las principales interacciones entre factores son: VGT-Inyector, RPM- Inyector, VGT-EGR, constan otras interacciones pero tienen menor grado de influencia, debido a los valores que se tiene en la tabla 3.4.

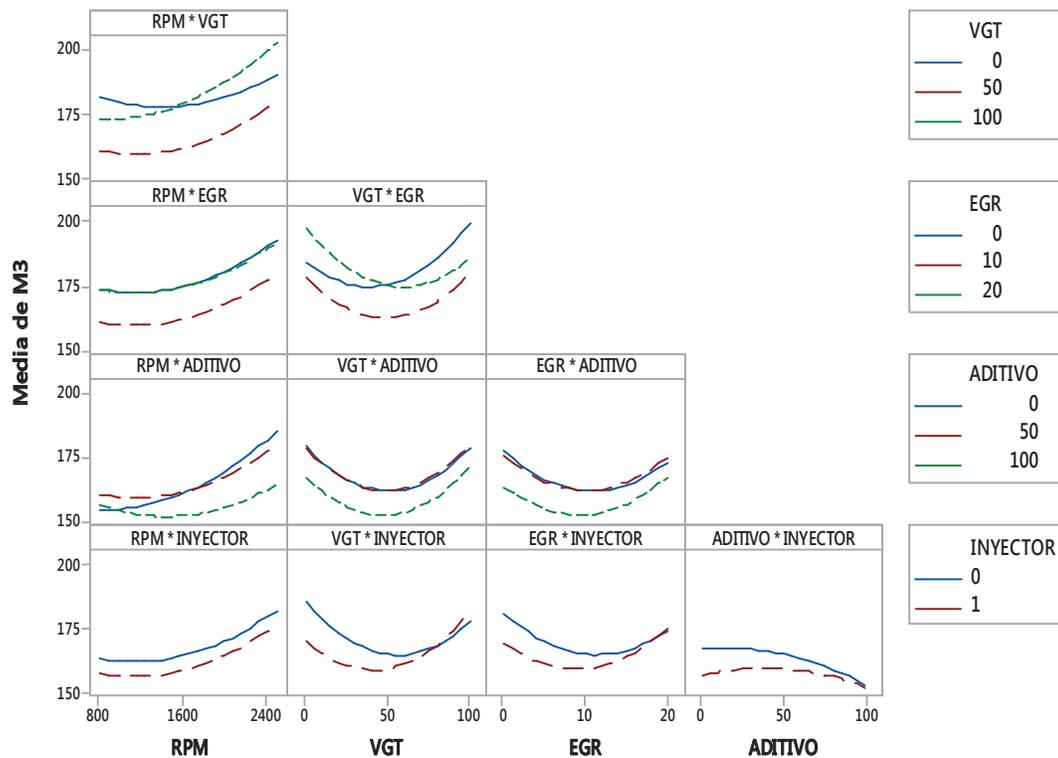


Figura 3. 32 Gráfica de interacción para M3.

Tabla 3. 4 Probabilidad de la incidencia de los factores sobre la respuesta M3.

Interacción de 2 factores	Valor de p
RPM*VGT	0,172
RPM*EGR	0,961
RPM*ADITIVO	0,16
RPM*INYECTOR	0,937
VGT*EGR	0,077
VGT*ADITIVO	0,782
VGT*INYECTOR	0,029
EGR*ADITIVO	0,594
EGR*INYECTOR	0,163
ADITIVO*INYECTOR	0,271

3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO EN EL PUNTO M4.

El punto de análisis M4 se localiza entre la unión de la salida del colector de escape y el turbo, como se aprecia en la figura 2.19.

3.6.1 GRÁFICA DE PARETO.

En el análisis de Pareto para la determinación de los pocos vitales en M4 se observa que los valores más influyentes en el factor de salida son:

1. El factor que genera mayor influencia sobre la variable de salida (temperatura) es el régimen de giro, produciendo un rango de variación de entre 0 y 50,75°C, con el 97,77%.
2. La interacción de RPM Y VGT genera un variación de 0 a 23,83°C, con el 94,59%.
3. La interacción VGT y EGR va desde 0 a 18,08°C, con el 91,40%.
4. El factor de fallo de VGT produce un rango de entre 0 a 13,63°C, con el 88,21%.
5. La interacción entre RPM y Aditivo es de 0 a 11,19°C, con el 85,03%
6. Entre La VGT y el inyector es de 0 a 9,70°C, con el 81,84%.

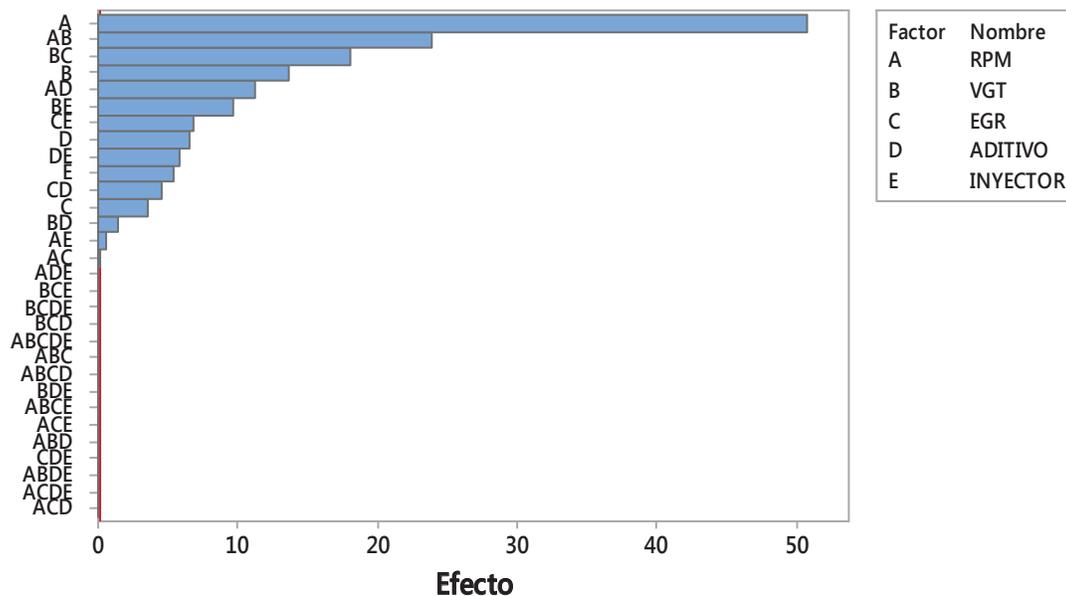


Figura 3. 33 Diagrama de Pareto en M4.

3.6.2 GRÁFICA DE EFECTOS PRINCIPALES.

En la figura de efectos principales para M4 se aprecia la influencia de cada variable de ingreso sobre la variable de salida (temperatura M4), se observa que los

mayores cambios de temperatura se generan variando las rpm, generando cambios de temperatura de 145 y 198°C.

Observando la influencia de la VGT se tiene una tendencia parabólica que determina que al 40% aproximadamente de apertura de esta válvula, se encuentra el punto más bajo de temperatura correspondiente a un valor de 160°C, y que la máxima temperatura se da a 190°C con apertura al 100%.

En la gráfica de efectos principales para la EGR se tiene que la temperatura mínima se da al 10% de apertura, con un valor de 160°C, y la máxima temperatura ocurre a 0% de apertura a 175°C.

En la curva de aditivo se ve que su comportamiento parabólico es decreciente, dando a ver que el punto más alto de cambio de temperatura ocurre al 20% de aditivo aproximadamente, en cambio a 100% del mismo se encuentra el nivel más bajo.

En la gráfica del efecto principal para el inyector se aprecia un comportamiento lineal decreciente que considera que cuando este no falla se da la mayor temperatura que cuando se da el fallo.

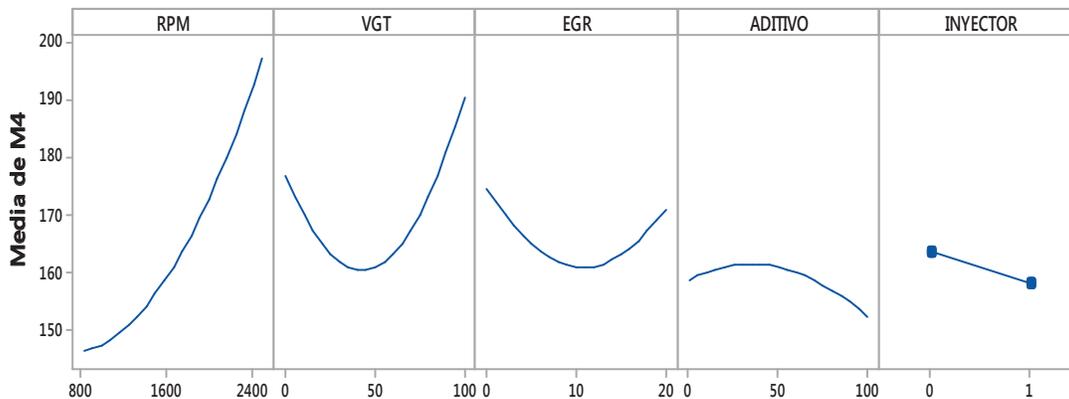


Figura 3. 34 Gráfica de efectos principales para M4.

3.6.3 GRÁFICA DE INTERACCIONES.

En la gráfica de interacción para M4 de las variables de ingreso y su influencia sobre la salida se observa que las combinaciones de variables de ingreso influyentes son aquellas que salen del comportamiento de paralelismos las cuales son: RPM – VGT, VGT – EGR, RPM – aditivo y VGT – Inyector, considerando el análisis de Pareto representan los pocos vitales.

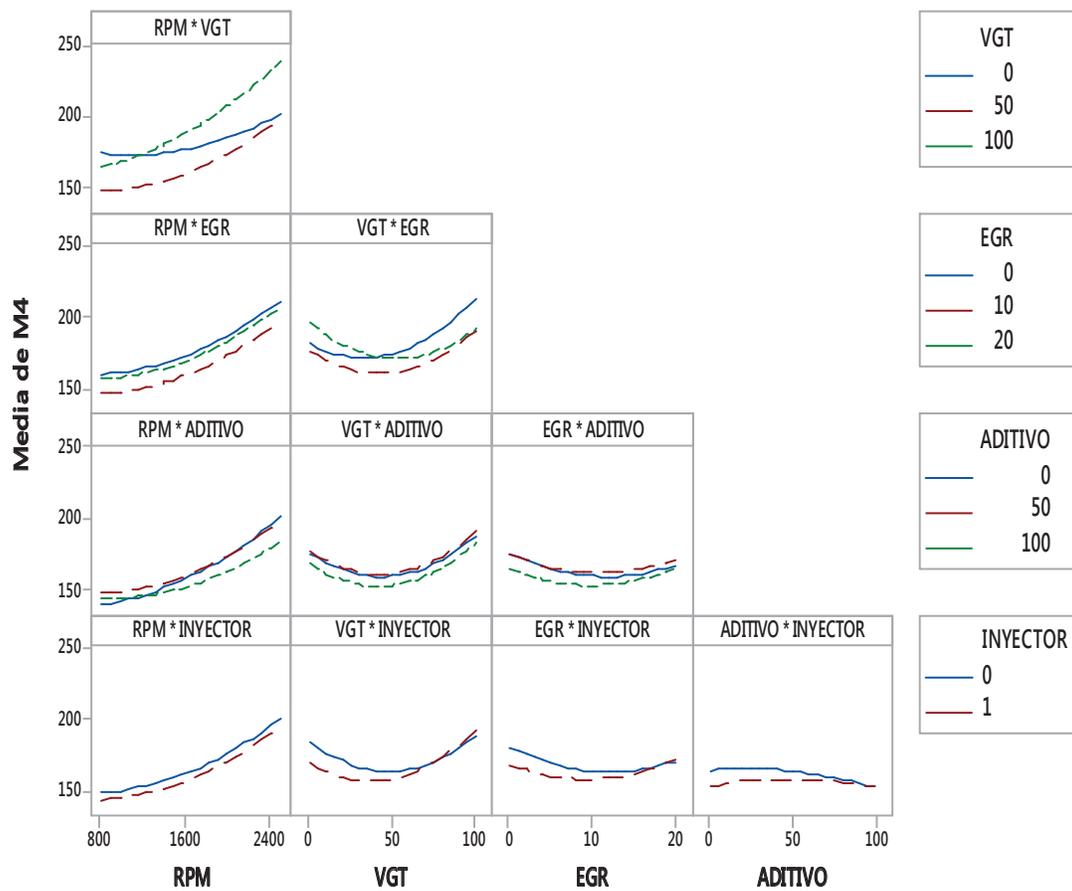


Figura 3. 35 Gráfica de interacción para M4.

En la tabla 3.5 se aprecia que para las interacciones de: RPM – VGT, VGT – EGR, VGT – Inyector, tiene un valor de p menores al 0.05, determinando mayor significancia, de las interacción.

Tabla 3. 5 Probabilidad de la incidencia de los factores sobre la respuesta M4.

Interacción de 2 factores	Valor de p
RPM*VGT	0,005
RPM*EGR	0,988
RPM*ADITIVO	0,171
RPM*INYECTOR	0,914
VGT*EGR	0,029
VGT*ADITIVO	0,864
VGT*INYECTOR	0,043
EGR*ADITIVO	0,573
EGR*INYECTOR	0,152
ADITIVO*INYECTOR	0,221

3.6.4 GRÁFICA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA.

3.6.4.1 Superficie de respuesta para M4 considerando la interacción RPM-VGT.

En la superficie de respuesta para M4 considerando la interacción RPM-VGT se aprecia que la máxima temperatura se alcanza a 2500rpm y a 100% de apertura de VGT alcanzando un valor de 230°C.

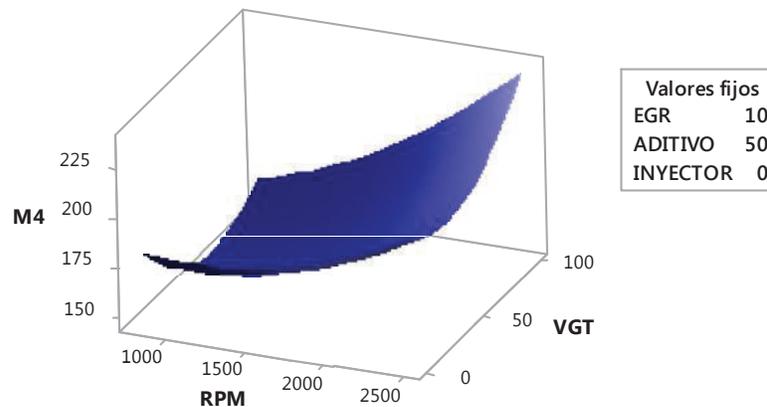


Figura 3. 36 Superficie de respuesta para M4 considerando la interacción RPM-VGT.

3.6.4.2 Gráfica de contorno para M4 considerando la interacción RPM-VGT.

En el análisis de superficie de contorno, se aprecia que la variable de salida máxima se da a régimen de 2500rpm y 100% de apertura de VGT, generando un valor de temperatura de 225°C y los valores mínimos ocurren a valores de apertura entre los 50 y 70%, a régimen de giro entre las 820 1000rpm, con temperatura menor a 150°C.

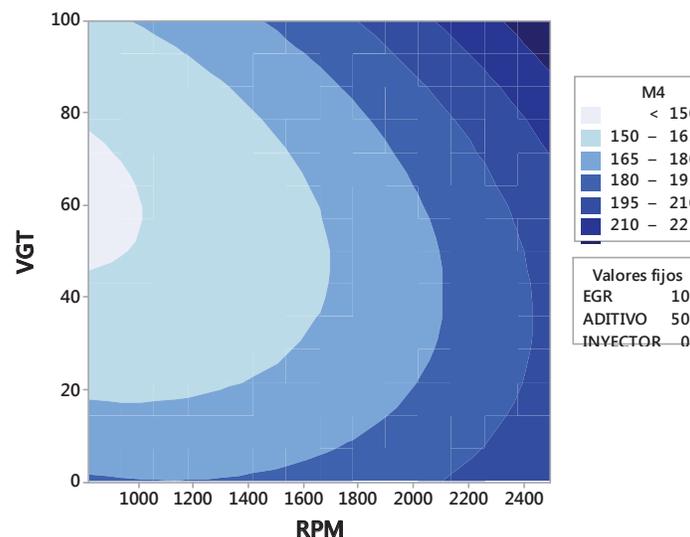


Figura 3. 37 Gráfica de contorno para M4 considerando la interacción RPM-VGT.

3.6.4.3 Superficie de respuesta para M4 considerando la interacción VGT-EGR.

En la superficie de respuesta para la interacción de VGT – EGR se aprecia que la máxima temperatura se da con el 100 % de VGT y el 0 % de EGR, con una temperatura en M4 de 220°C.

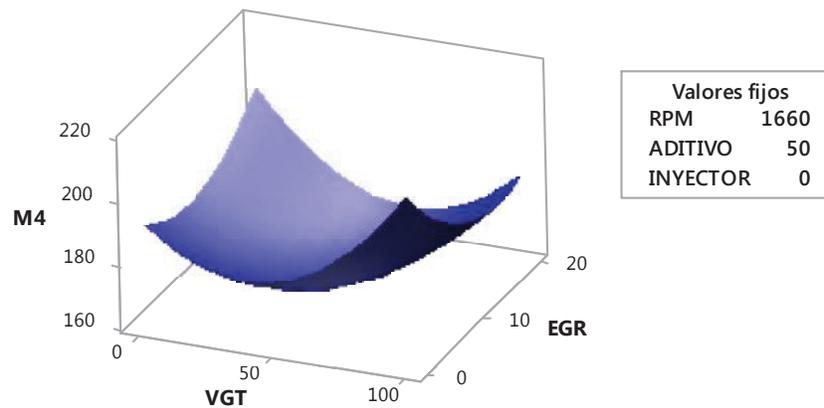


Figura 3. 38 Superficie de respuesta para M4 considerando la interacción VGT-EGR.

3.6.4.4 Gráfica de contorno para M4 considerando la interacción VGT-EGR.

En la gráfica de contorno, se aprecia que el comportamiento de temperatura es de tipo onda elíptica, donde las temperaturas bajas se dan para interacciones con valores intermedios de apertura para VGT y para EGR con valores que van desde 5 hasta 20 % de apertura; los valores máximos se generan para valores de 0% de EGR y 100% de VGT.

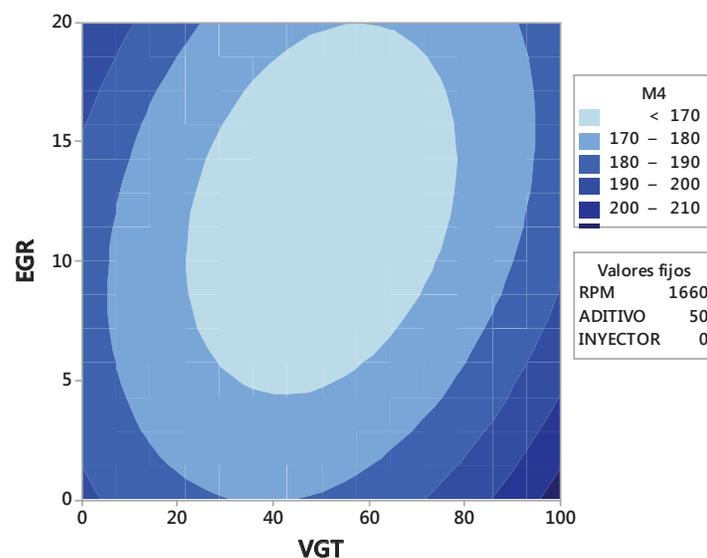


Figura 3. 39 Gráfica de contorno para M4 considerando la interacción VGT-EGR.

3.7 PREDICCIÓN DE FALLOS A TRAVÉS DE AJUSTES POLINOMIAL.

A través del análisis estadístico utilizado en el experimento, se generan funciones polinómicas, que sirven para predecir las variables de salida (M1, M2, M3, M4), frente a los factores de entrada, considerando que se encuentren dentro de los dominios establecidos previamente, pues poseen dos niveles con valor intermedio para los factores continuos (RPM, VGT, EGR, Aditivo) y 2 niveles para el factor categórico (Inyector), obteniendo para cada respuesta las siguientes ecuaciones:

3.7.1 ECUACIÓN DE REGRESIÓN EN UNIDADES NO CODIFICADAS PARA M1.

3.7.1.1 Considerando factor categórico de inyector en estado 0 (buen funcionamiento).

$$M1 = 184,4 - 0,0237 \text{ RPM} - 1,043 \text{ VGT} - 2,04 \text{ EGR} + 0,202 \text{ ADITIVO} + 0,000012 \text{ RPM} \\ * \text{RPM} + 0,00800 \text{ VGT} * \text{VGT} + 0,1109 \text{ EGR} * \text{EGR} - 0,00164 \text{ ADITIVO} * \text{ADITIVO} \\ + 0,000270 \text{ RPM} * \text{VGT} - 0,000016 \text{ RPM} * \text{EGR} - 0,000131 \text{ RPM} * \text{ADITIVO} \\ - 0,01883 \text{ VGT} * \text{EGR} + 0,00024 \text{ VGT} * \text{ADITIVO} + 0,00458 \text{ EGR} * \text{ADITIVO}$$

3.7.1.2 Considerando factor categórico de inyector en estado 1 (excesivo retorno).

$$M1 = 159,7 - 0,0265 \text{ RPM} - 0,862 \text{ VGT} - 1,33 \text{ EGR} + 0,316 \text{ ADITIVO} + 0,000012 \text{ RPM} \\ * \text{RPM} + 0,00800 \text{ VGT} * \text{VGT} + 0,1109 \text{ EGR} * \text{EGR} - 0,00164 \text{ ADITIVO} * \text{ADITIVO} \\ + 0,000270 \text{ RPM} * \text{VGT} - 0,000016 \text{ RPM} * \text{EGR} - 0,000131 \text{ RPM} * \text{ADITIVO} \\ - 0,01883 \text{ VGT} * \text{EGR}$$

3.7.2 ECUACIÓN DE REGRESIÓN EN UNIDADES NO CODIFICADAS PARA M2.

3.7.2.1 Considerando factor categórico de inyector en estado 0 (buen funcionamiento).

$$M2 = 141,7 - 0,0143 \text{ RPM} - 0,423 \text{ VGT} - 1,167 \text{ EGR} + 0,092 \text{ ADITIVO} + 0,000007 \\ \text{RPM} * \text{RPM} + 0,003574 \text{ VGT} * \text{VGT} + 0,0712 \text{ EGR} * \text{EGR} - 0,000921 \text{ ADITIVO} * \text{ADITIVO}$$

+ 0,000059 RPM*VGT - 0,000003 RPM*EGR - 0,000066 RPM*ADITIVO - 0,00935 VGT*EGR+0,000225 VGT*ADITIVO + 0,00175 EGR*ADITIVO

3.7.2.2 Considerando factor categórico de inyector en estado 1 (excesivo retorno).

M2 = 125,0 - 0,0146 RPM - 0,296 VGT-0,764 EGR + 0,129 ADITIVO + 0,000007 RPM*RPM+0,003574VGT*VGT+0,0712EGR*EGR-0,000921ADITIVO*ADITIVO +0,000059RPM*VGT - 0,000003 RPM*EGR - 0,000066 RPM*ADITIVO - 0,00935 VGT*EGR + 0,000225 VGT*ADITIVO + 0,00175 EGR*ADITIVO

3.7.3 ECUACIÓN DE REGRESIÓN EN UNIDADES NO CODIFICADAS PARA M3.

3.7.3.1 Considerando factor categórico de inyector en estado 0 (buen funcionamiento).

M3 = 212,3 - 0,0251 RPM - 0,849 VGT - 2,40 EGR + 0,206 ADITIVO + 0,000011 RPM*RPM+0,00672 VGT*VGT+0,1295 EGR*EGR-0,00196 ADITIVO*ADITIVO + 0,000126 RPM*VGT - 0,000022 RPM*EGR - 0,000130 RPM*ADITIVO - 0,01388 VGT*EGR + 0,00042 VGT*ADITIVO + 0,00410 EGR*ADITIVO

3.7.3.2 Considerando factor categórico de inyector en estado 1 (excesivo retorno).

M3 = 184,5 - 0,0247 RPM - 0,648 VGT - 1,77 EGR + 0,305 ADITIVO + 0,000011 RPM*RPM + 0,00672 VGT*VGT + 0,1295 EGR*EGR - 0,00196 ADITIVO*ADITIVO + 0,000126 RPM*VGT - 0,000022 RPM*EGR - 0,000130 RPM*ADITIVO - 0,01388 VGT*EGR + 0,00042 VGT*ADITIVO + 0,00410 EGR*ADITIVO

3.7.4 ECUACIÓN DE REGRESIÓN EN UNIDADES NO CODIFICADAS PARA M4.

3.7.4.1 Considerando factor categórico de inyector en estado 0 (buen funcionamiento).

M4 = 200,1 - 0,0277 RPM - 1,170 VGT - 2,19 EGR + 0,252 ADITIVO + 0,000015 RPM*RPM+ 0,00905 VGT*VGT + 0,1186 EGR*EGR - 0,00214 ADITIVO*ADITIVO + 0,000285 RPM*VGT - 0,000007 RPM*EGR - 0,000132 RPM*ADITIVO - 0,01815 VGT*EGR + 0,00027 VGT*ADITIVO + 0,00453 EGR*ADITIVO

3.7.4.2 Considerando factor categórico de inyector en estado 1 (excesivo retorno).

$$M4 = 173,5 - 0,0283 \text{ RPM} - 0,977 \text{ VGT} - 1,52 \text{ EGR} + 0,367 \text{ ADITIVO} + 0,000015 \text{ RPM}^2 + 0,00905 \text{ VGT}^2 + 0,1186 \text{ EGR}^2 - 0,00214 \text{ ADITIVO}^2 + 0,000285 \text{ RPM} \cdot \text{VGT} - 0,000007 \text{ RPM} \cdot \text{EGR} - 0,000132 \text{ RPM} \cdot \text{ADITIVO} - 0,01815 \text{ VGT} \cdot \text{EGR} + 0,00027 \text{ VGT} \cdot \text{ADITIVO} + 0,00453 \text{ EGR} \cdot \text{ADITIVO}.$$

En las ecuaciones antes establecidas se puede disponer de un sistema que permita determinar, a través de los valores de las variables de salida en los cuatro puntos (M1, M2, M3, M4), cuales son los factores de entrada que los generan, para cada nivel categórico del inyector (estado bueno 0 y malo 1), estableciendo el grado de afectación que tiene cada uno de los factores de entrada.

3.8 ANÁLISIS DE FALLOS DE UNA VARIABLE A TRAVÉS DE FIRMAS TÉRMICAS.

Se analiza una variable a la vez a través de las firmas térmicas, a 820 rpm, para establecer una comparación entre el funcionamiento normal, y el generado por una falla, analizando cada una de las variables de estudio, con el fin de determinar la variación de temperatura en cada uno de los puntos de análisis.

3.8.1 FUNCIONAMIENTO NORMAL

Se obtiene la firma térmica de la figura 3.40 cuando el motor está en óptimas condiciones (funcionamiento normal), para comparar con cada una de las fallas que se generan.

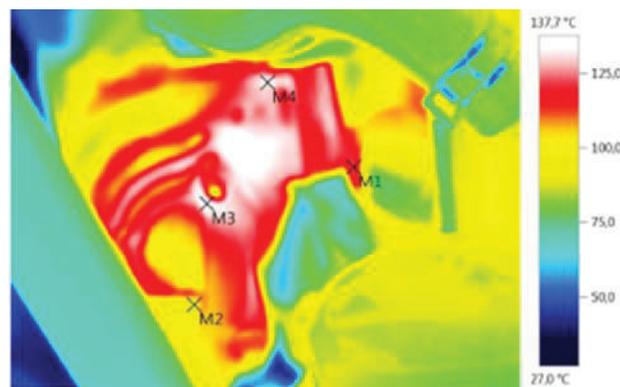


Figura 3. 40 Firma Térmica IV_00435.BMT funcionamiento normal.

Tabla 3. 6 Funcionamiento normal

Funcionamiento normal	
Punto de análisis	Temperatura °C
M1	121,2
M2	97,7
M3	136,3
M4	133,3

3.8.2 APERTURA DEL CONTROL DE LA GEOMETRÍA VARIABLE DEL TURBO (VGT) AL 50%.

Se obtiene la firma térmica de la figura 3.41, considerando como falla incipiente del sistema de alimentación aire combustible a la apertura del control de la geometría variable del turbo (VGT) al 50%, debido a que modifica la carga de aire (velocidad y cantidad necesaria para el correcto funcionamiento), que ingresa el compresor al motor a 820 rpm.

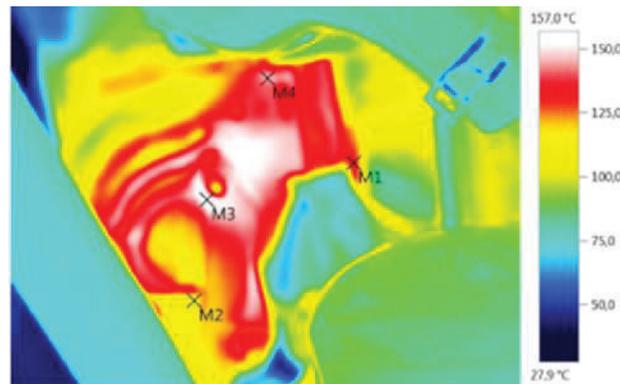


Figura 3. 41 Firma Térmica IV_00511.BMT. Apertura del control de la geometría variable del turbo (VGT) al 50%.

Tabla 3. 7 Apertura del control de la geometría variable del turbo (VGT) al 50%.

Apertura del control de la geometría variable del turbo (VGT) al 50%.	
Punto de análisis	Temperatura °C
M1	145,2
M2	116
M3	162,5
M4	161,2

3.8.3 APERTURA DEL CONTROL DE LA GEOMETRÍA VARIABLE DEL TURBO (VGT) AL 100 %.

Se obtiene la firma térmica de la figura 3.42, considerando como falla incipiente del sistema de alimentación aire combustible a la apertura del control de la geometría variable del turbo (VGT) al 100 %, debido a que modifica la carga de aire (velocidad y cantidad necesaria para el correcto funcionamiento), que ingresa el compresor al motor a 820 rpm.

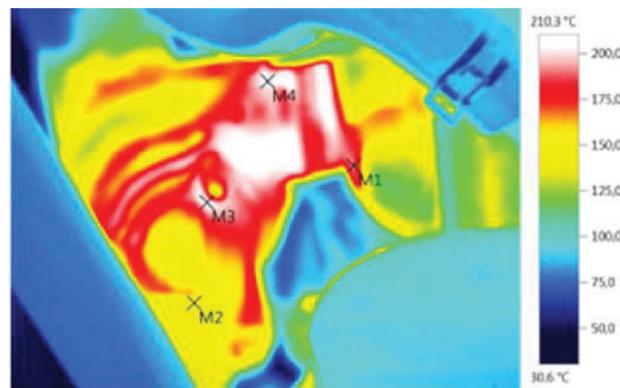


Figura 3. 42 Firma Térmica IV_00512.BMT. Apertura del control de la geometría variable del turbo (VGT) al 100%.

Tabla 3. 8 Apertura del control de la geometría variable del turbo (VGT) al 100%.

Apertura del control de la geometría variable del turbo (VGT) al 50%.	
Punto de análisis	Temperatura °C
M1	172,1
M2	126,4
M3	180,6
M4	190,4

3.8.4 APERTURA DE VÁLVULA DE RECIRCULACIÓN DE GASES DE ESCAPE (EGR) AL 10 %.

Se obtiene la firma térmica de la figura 3.43, considerando como falla incipiente del sistema de alimentación aire combustible a la apertura de válvula de recirculación de gases de escape (EGR) al 10 % debido a que se produce la apertura innecesaria

de la válvula, modificando el caudal de ingreso de aire (caudal no censado por el medidor de presión absoluta) al motor.

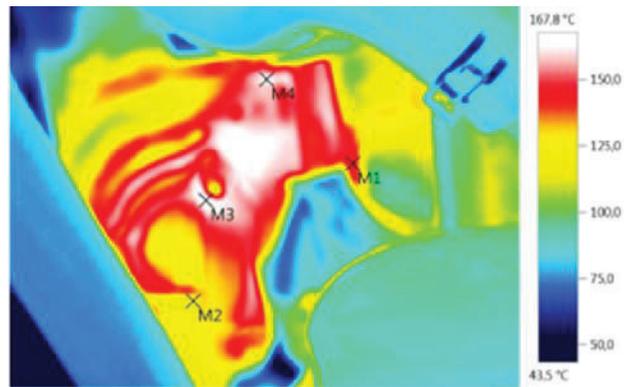


Figura 3. 43 Firma Térmica IV_00513.BMT. Apertura de válvula de recirculación de gases de escape (EGR) al 10 %.

Tabla 3. 9 Apertura de válvula de recirculación de gases de escape (EGR) al 10 %.

Apertura de válvula de recirculación de gases de escape (EGR) al 10 %	
Punto de análisis	Temperatura °C
M1	145,3
M2	116,6
M3	162,5
M4	161,1

3.8.5 APERTURA DE VÁLVULA DE RECIRCULACIÓN DE GASES DE ESCAPE (EGR) AL 20 %

Se obtiene la firma térmica de la figura 3.44, considerando como falla incipiente del sistema de alimentación aire combustible a la apertura de válvula de recirculación de gases de escape (EGR) al 20 % debido a que se produce la apertura innecesaria de la válvula, modificando el caudal de ingreso de aire (caudal no censado por el medidor de presión absoluta) al motor.

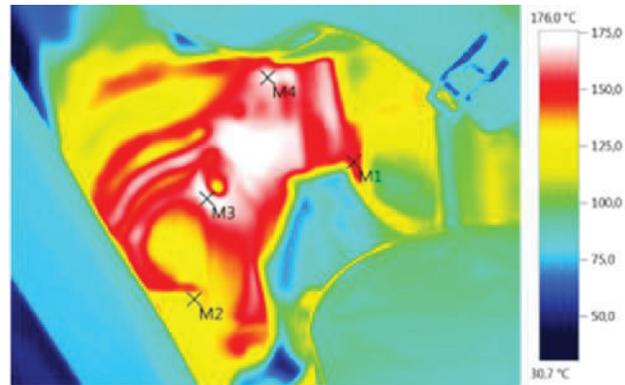


Figura 3. 44 Firma Térmica IV_00514.BMT. Apertura de válvula de recirculación de gases de escape (EGR) al 20 %.

Tabla 3. 10 Apertura de válvula de recirculación de gases de escape (EGR) al 20 %.

Apertura de válvula de recirculación de gases de escape (EGR) al 20 %	
Punto de análisis	Temperatura °C
M1	154,2
M2	123,5
M3	172,5
M4	171,4

3.8.6 COMBUSTIBLE EN MEZCLA CON ADITIVO AL 50%

Se obtiene la firma térmica de la figura 3.45, considerando el combustible en mezcla con aditivo al 50 % que genera alteraciones sobre la viscosidad del combustible (Condor Alexander, 2011) provocando cambios en los procesos de combustión. Medido en % de concentración del aditivo en el combustible.

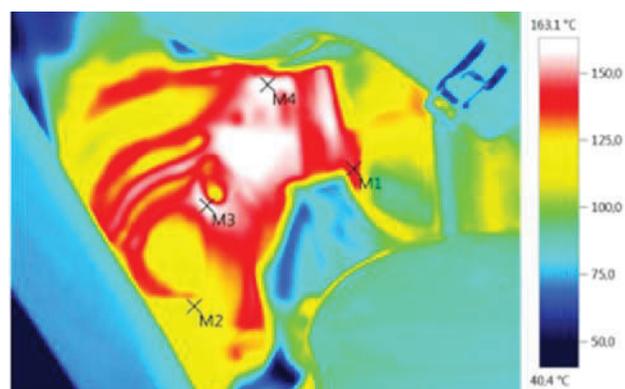


Figura 3. 45 Firma Térmica IV_00515.BMT. Combustible en mezcla con aditivo al 50 %.

Tabla 3. 11 Combustible en mezcla con aditivo al 50 %.

Combustible en mezcla con aditivo al 50 %	
Punto de análisis	Temperatura °C
M1	145,1
M2	116,8
M3	162,5
M4	161,2

3.8.7 COMBUSTIBLE EN MEZCLA CON ADITIVO AL 100%.

Se obtiene la firma térmica de la figura 3.46, considerando el combustible en mezcla con aditivo al 100 % que genera alteraciones sobre la viscosidad del combustible (Condor Alexander, 2011) provocando cambios en los procesos de combustión. Medido en % de concentración del aditivo en el combustible.

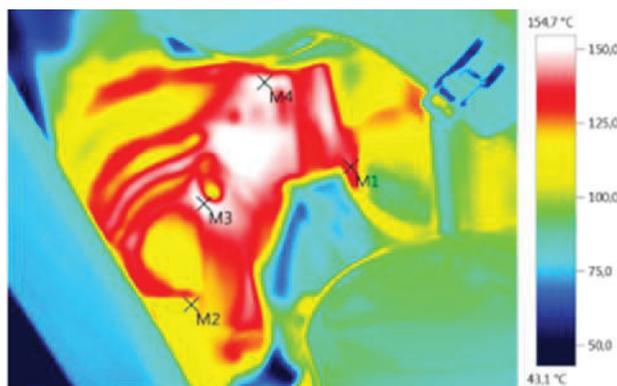


Figura 3. 46 Firma Térmica IV_00516.BMT. Combustible en mezcla con aditivo al 100 %.

Tabla 3. 12 Combustible en mezcla con aditivo al 100 %.

Combustible en mezcla con aditivo al 100 %	
Punto de análisis	Temperatura °C
M1	138,2
M2	112,5
M3	152,3
M4	152,5

3.8.8 FALLA EN EL RETORNO DEL INYECTOR N°1

Se obtiene la firma térmica de la figura 3.47, considerando como fallo incipiente del sistema de alimentación del combustible a la falla en el retorno del inyector N° 1 (ver características definidas en 2.3.4.3.1) debido a las modificaciones que genera sobre los procesos de combustión por una mala dosificación de este, producido por la variación de su retorno.

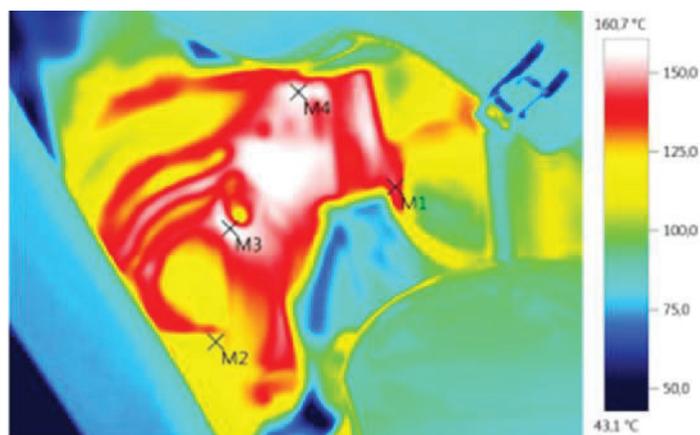


Figura 3. 47 Firma Térmica IV_00517.BMT. Falla en el retorno del inyector N° 1.

Tabla 3. 13 Falla en el retorno del inyector N° 1.

Falla en el retorno del inyector N° 1	
Punto de análisis	Temperatura °C
M1	142,2
M2	113,3
M3	159,5
M4	158,3

3.8.9 TABLA DE ANÁLISIS DE FALLOS DE CADA UNA DE LAS VARIABLES A TRAVÉS DE FIRMAS TÉRMICAS.

En la tabla 3.14 se aprecia un resumen con el número de firma térmica correspondiente para cada una de las variables de estudio, cambiando de estado una variable a la vez.

Tabla 3. 14 Análisis de fallos de cada una de las variables a través de firmas térmicas.

RPM	VGT	EGR	Aditivo	Inyector	Foto N°
820	0	0	0	0	435
820	50	0	0	0	511
820	100	0	0	0	512
820	0	10	0	0	513
820	0	20	0	0	514
820	0	0	50	0	515
820	0	0	100	0	516
820	0	0	0	1	517

CONCLUSIONES.

El modelo estadístico establece un medio de predicción de fallos que determina la presencia e incidencia de variables que afectan la respuesta a través de la determinación de temperaturas en los puntos de análisis establecidos en el estudio realizado.

Para la determinación de fallos incipientes (factores de estudio), los puntos de análisis que muestran mejores resultados son los correspondientes a M4 y M1, pues en estos se generan una mayor variación de temperatura, que delatan la presencia de los mismos y es aquí donde las interacciones tienen mayor significancia.

El análisis de Pareto establece cuales son los fallos representativos de mayor incidencia sobre la variable de salida, que son los efectos producidos por la acción e interacción de: RPM – VGT, VGT – EGR, VGT, RPM – ADITIVO, VGT – INYECTOR para los puntos M4 y M1.

Considerando los efectos influyentes, sobre la variable de respuesta, se nota que estos son los factores de ingreso que necesitan de mayor seguimiento y atención, para predecir el mantenimiento a realizar, evitando tiempos muertos en el motor.

La definición de los puntos de análisis, está encaminada a definir la acción e interacción de los factores de ingreso, mediante el modelo estadístico, de forma que se estime cual es el deterioro o el cambio que experimenta cada una de ellos.

La termografía en la predicción de fallos se puede observar que tiene gran incidencia sobre esta, dando a ver fallos incipientes que difícilmente son apreciables con los mecanismos de diagnóstico comunes.

El factor de ingreso más influyente es el régimen de giro (rpm), sin embargo en el mantenimiento predictivo por termografía, esta variable no se la considera de gran importancia, debido a que la variación del régimen forma parte de los ciclos de

trabajo de un motor, además la variación de este es controlable a través del tacómetro de los vehículos, por lo que se presta menor atención a este fallo y se toma atención a los fallos provocados por las otras variables.

La predicción de fallos en el sistema aire combustible mediante la termografía, presenta mejores resultados, si la toma de firmas termográficas se realizan en el escape, pues las variables de ingreso influyen directamente en los procesos de combustión, generando variación en la temperatura de los gases de escape indicando la presencia de fallos incipientes sobre el sistema.

Los puntos considerados para el análisis, muestran diferente incidencia de la interacciones sobre la variable de salida, lo cual permite apreciar que para el mantenimiento predictivo mediante la termografía no se debe considerar solo un punto para observar los cambios de temperatura, si no deben ser varios, de tal manera que los fallos incipientes se presenten de manera más significativa.

En los análisis experimentales del mantenimiento predictivo a través de la técnica de termografía se debe considerar que la toma de firmas termográficas se realiza en lugares donde hay altas temperaturas, debida a funcionamiento de los mecanismos, pues de esta de manera se atenúan los factores de emisividad de componentes ajenos al análisis.

Las interacciones que mayores cambios de temperatura ocasionan en las variables de respuesta son:

Para el punto M1 las principales interacciones determinan:

- Las temperaturas altas se dan con VGT entre el 90 y 100% de apertura, a régimen de giro del motor entre las 2200 y 2500 rpm.
- La variación de temperatura más alta se genera con 0% de apertura EGR, y 100 % de apertura VGT, con un rango de temperatura de 190 ° C, mientras que al tener valores aproximados al 10 % de EGR, y 50 % de VGT, la variación de temperatura es mínima.

En el punto M2 la interacción de VGT-EGR indica que la temperatura máxima es de 140°C a 20% de apertura de EGR y 0% de VGT, las temperaturas mínimas se

generan en valores de EGR entre los 40 y 80% y de VGT entre los 12 y 15% de apertura dando variables de salida menores a los 120°C.

Para el punto M4 las principales interacciones determinan:

- Del análisis de superficie de contorno la variable de salida máxima se da a régimen de 2500 rpm y 100% de apertura de VGT, generando un valor de temperatura de 225°C, y los valores mínimos ocurren a valores de apertura entre los 50 y 70%, a régimen de giro entre las 820 – 1000 rpm, con temperatura menor a 150°C.

Las temperaturas bajas se dan para interacciones con valores intermedios de apertura para VGT y para EGR con valores que van desde 5 hasta 20 % de apertura; los valores máximos se generan para valores de 0% de EGR y 100% de VGT.

La termografía como técnica de mantenimiento predictivo se debe complementar con otras técnicas, como el análisis de vibraciones, para de esta forma corroborar la presencia de fallos incipientes y el grado de afección de estos.

Considerando la firma térmica del óptimo funcionamiento se aprecia que al generar modificaciones en el sistema de alimentación aire combustible, estas producen cambios en los procesos de combustión ocasionando respuestas características a cada fallo representado en cada firma térmica del análisis.

RECOMENDACIONES:

Para la toma de firmas térmicas, sobre motores de combustión interna se debe considerar que para obtener resultados reales este debe estar en temperatura de funcionamiento por un tiempo mayor a 10 minutos.

La toma de firmas térmicas se debe realizar posterior a un ciclo de trabajo del electro ventilador, considerando generar la misma temperatura en el sistema de refrigeración, eliminando los cambios de temperatura que pueden producir el trabajo del enfriamiento del sistema de refrigeración, sobre las variables de salida.

La ubicación de la cámara termográfica no debe variar, garantizando de esta manera un mismo punto de análisis en todas las firmas, generando un análisis comparativo de la variación de temperatura debido a diferentes variables de ingreso.

Se debe considerar que el número de puntos de análisis debe ser igual al número de factores de estudio que influyen sobre la variable de salida, pues de esta manera se realiza un modelo estadístico eficiente que prediga de forma correcta cuales son los factores de ingreso que generan los cambios de temperatura obtenidos.

BIBLIOGRAFÍA.

- autastec.* (02 de agosto de 2015). Obtenido de (<http://autocosmoscloudstorage.blob.core.windows.net/noticias/fotosbig/69318.jpg>)
- Autotek.* (04 de septiembre de 2015). Obtenido de <http://www.autotek.cl/images/5830003.jpg>
- Balageas, D. (octubre de 2007). *Termografía Infrarroja: una técnica multifacética para la evaluación no destructiva (END)*. . Buenos Aires, Argentina.
- Bittel, L. Ramsey, J. . (1992). *Enciclopedia del MANAGEMENT*. . Barcelona, España.: Ediciones Centrum Técnicas y Científicas.
- BOSCH, R. (2005). *Sistemas de inyección diesel por acumulador Common Rail*. Gerlingen: ROBERT BOSCH GMBH.
- Condor Alexander, N. F. (18 de octubre de 2011). <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1557/13/UPS-CT002153.pdf>.
- docencia.unt.edu.* (15 de 08 de 2015). Obtenido de <http://www.docencia.unt.edu.ar/bioquimicafisica/09calor/imagenes/conduccion.png>
- educastur.princast.es.* (18 de agosto de 2015). Obtenido de http://web.educastur.princast.es/proyectos/jimena/pj_franciscga/wiens_law.gif
- Félix, J. (2005). *Notas para una Introducción a la Teoría Cuántica*. Argentina: El Cid Editor.
- FLIR Systems, I. (10 de 09 de 2015). www.flir.com. Obtenido de http://www.flirmedia.com/MMC/THG/Brochures/T820264/T820264_ES.pdf
- Fluke.* (02 de septiembre de 2015). Obtenido de http://www.fluke.com/NR/rdonlyres/647A5E6D-FF6E-4127-BFE2-FD92878A64B0/0/F62_03a_328px_x_220px.jpg
- Gutiérrez, Humberto Pulido; de la Vara, Román Salazar. (2008). *Análisis y diseño de experimentos* (2° ed.). México D.F.: McGraw-Hill.
- http://www.aficionadosalamecanica.net/turbo_vtg.htm. (s.f.).
- http://www.aficionadosalamecanica.net/turbo_vtg.htm. (s.f.).

Milton O. García, Carlos G. Ordóñez, Antonio J. Torregrosa. (s.f.). Aplicación del Análisis de Ruido como Técnica de Validación en el Diseño y Construcción de una Cámara Semianecoica para Diagnóstico de Motores de Combustión Interna.

profesorenlinea. (12 de agosto de 2015). Obtenido de http://www.profesorenlinea.cl/ecologiaambiente/Contaminacion_por_radiacion.htm

Slideshare. (04 de agosto de 2015). Obtenido de <http://image.slidesharecdn.com/commonrailboschmanual-111101205033-phpapp01/95/common-rail-boschmanual-7-728.jpg?cb=1320180728>

Testo. (2015 de septiembre de 2015). Obtenido de https://www.testo.es/detalles_producto/0560+0882/testo-882-Camara-termografica

Thermog lance. (06 de 08 de 2015). Obtenido de http://www.thermog lance.com/Content/Images/uploaded/conv_heating_img.jpg

UPS, U. P. (s.f.). Manual de Entrenamiento Educativo .

V Maciá Martínez, B Tormos Martínez, P Olmeda González and R W Peralta Uría. (15 de agosto de 2002). Fault detection in diesel engines using. Obtenido de http://www.tiar.cl/images/equipos_servicios/termografia.gif

Worldmeteo. (17 de 10 de 2015). Obtenido de <http://www.worldmeteo.info/es/america-del-sur/ecuador/cuenca/tiempo-101293/>.

Yunus, A. Cengel. & Afshin J. Ghajar. (2011). *Transferencia de calor y masa Fundamentos y aplicaciones* (). México D. F. (4ª Edición ed.). Mexico D.F.: McGraw-Hill.

Fedele, L. (2011). *Methodologies and Techniques for Advanced Maintenance*. London: Springer-Verlag London Limited.

Macian, V.; Tormos, B.; Ruiz, S. & Peralta, R. (2011). *Diagnosis of Diesel Engine condition through Exhaust Manifold Temperature using Infrared*

Thermography Technique, European Automobile Engineers Cooperation; Spolocnost' automobilovych inzinierov a technikov Slovenska.

T. AG, *Testo 882 Cámara termografía*. Manual de Instrucciones.

Balageas, D. (2007 octubre). *Termografía Infrarroja: una técnica multifacética para la evaluación no destructiva (END)*. Trabajo presentado en la IV Conferencia Panamericana de END, Buenos Aires, Argentina.

El tiempo en Cuenca, Ecuador. (s.f.). Recuperado el 17 octubre del 2015, de:
<http://www.worldmeteo.info/es/america-del-sur/ecuador/cuenca/tiempo-101293/>.

ANEXOS.

ANEXO 1. FIRMAS TÉRMICAS ETAPA DE CALENTAMIENTO



Nuevo informe

Empresa Tesis Maestria EPN
Calle Vieja y Elia Liut
UPS
Teléfono: 2815706
E-mail: asiguenza@ups.edu.ec
apaucar@ups.edu.ec

Instrumento testo 882 2353180
N.º de
Objetivo: Angular 32°

Cliente Adrián Sigüenza Angel Paucar Lugar de medición:
Calle Vieja y Elia Liut Motor Hyudai Santa Fe CRDi
Universidad Politécnica Salesiana Calle Vieja y Elia Liut
Universidad Politécnica Salesiana Universidad Politécnica Salesiana

Pedido

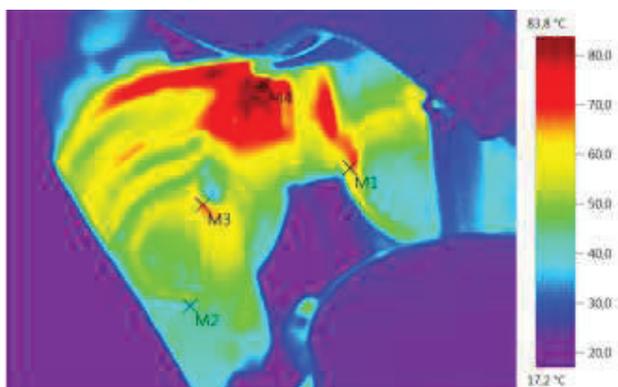


Nuevo informe

Nuevo informe

Archivo:

IV_00379.BMT



Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
 Temp. refl. [°C]: 24,0

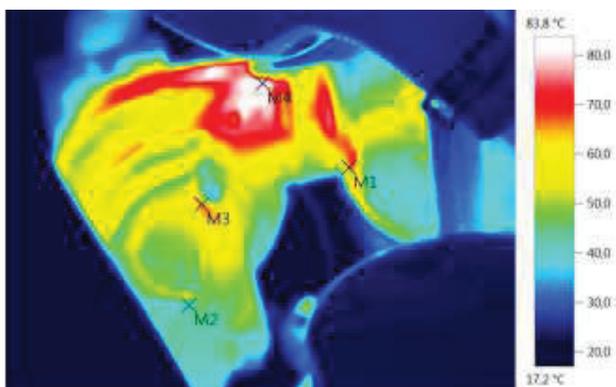
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	17,1	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	17	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	17	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	17,2	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00380.BMT



Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
 Temp. refl. [°C]: 24,0

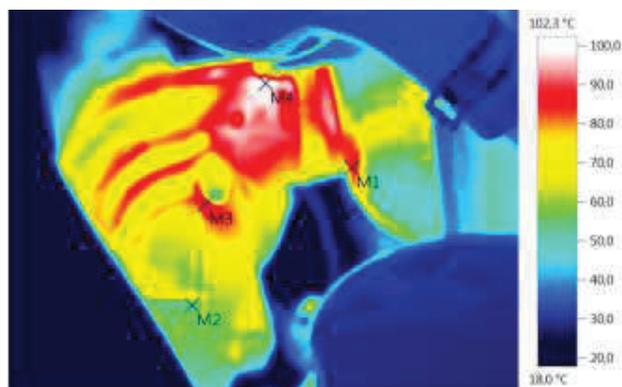
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	64,1	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	40,4	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	65,5	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	82,8	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00381.BMT



Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
 Temp. refl. [°C]: 24,0

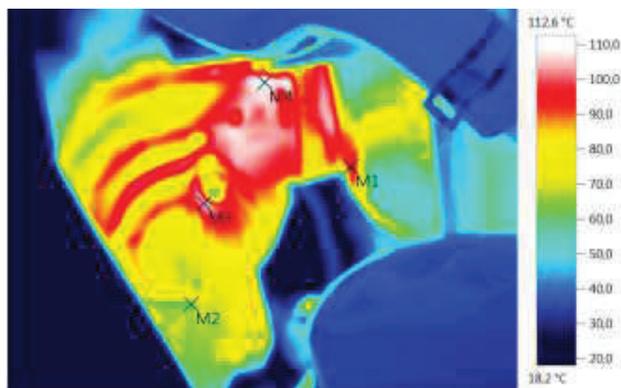
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	83,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	53,5	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	89,6	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	101,9	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00382.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

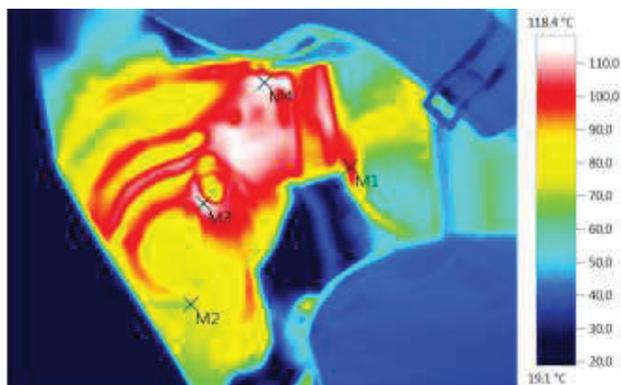
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	93,0	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	62,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	104,3	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	111,8	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00383.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

Marcas de imagen:

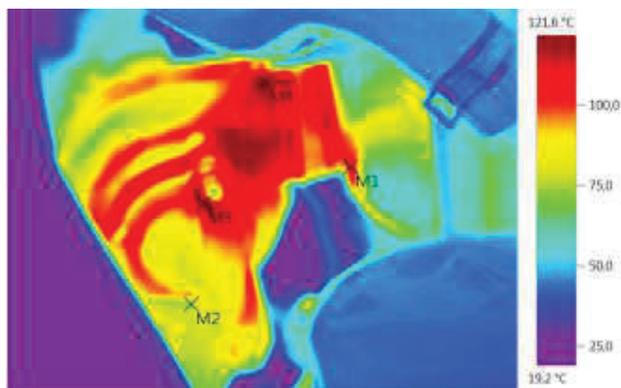
Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	99,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	68,6	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	113,5	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	117,7	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:
IV_00384.BMT

Fecha:
17/10/2015

Hora:
8:54:05



Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
Temp. refl. [°C]: 24,0

Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	103,0	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	73,3	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	119,6	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	120,7	0,98	24,0	-

11/09/2015, _____



Nuevo informe

Empresa Tesis Maestria EPN
 Calle Vieja y Elia Liut
 UPS
 Teléfono: 2815706
 E-mail: asiguenza@ups.edu.ec
 apaucar@ups.edu.ec

Instrumento testo 882 2353180
 N.º de
 Objetivo: Angular 32°

Cliente Adrián Sigüenza Angel Paucar Lugar de medición:
 Calle Vieja y Elia Liut Motor Hyudai Santa Fe CRDi
 Universidad Politécnica Salesiana Calle Vieja y Elia Liut
 Universidad Politécnica Salesiana Universidad Politécnica Salesiana

Pedido

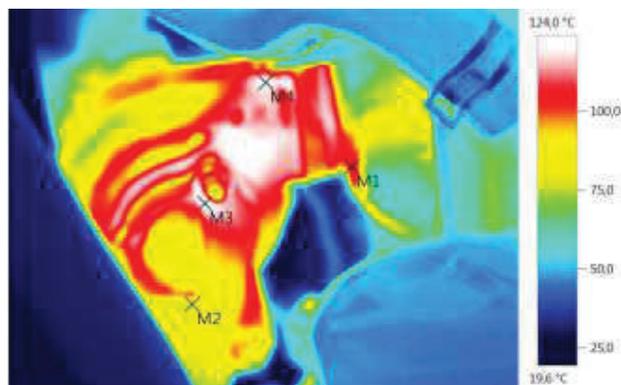


Nuevo informe

Nuevo informe

Archivo:

IV_00385.BMT


Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
Temp. refl. [°C]: 24,0

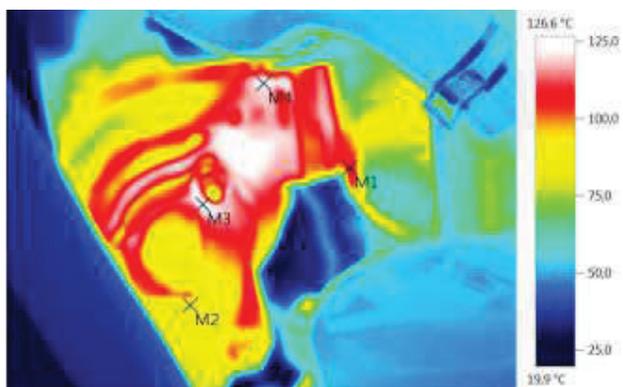
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	105,3	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	76,7	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	123,3	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	122,6	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00386.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

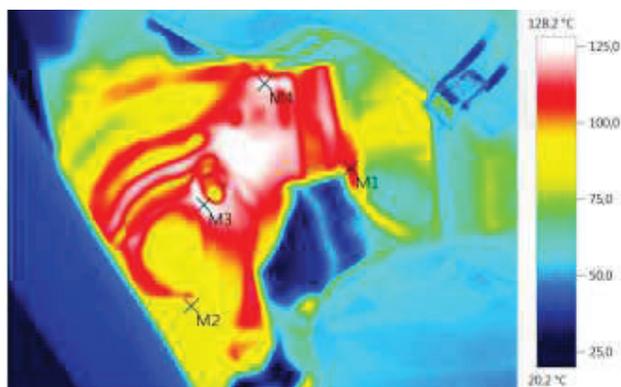
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	107,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	79,3	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	126,0	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	123,7	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00387.BMT


Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
Temp. refl. [°C]: 24,0

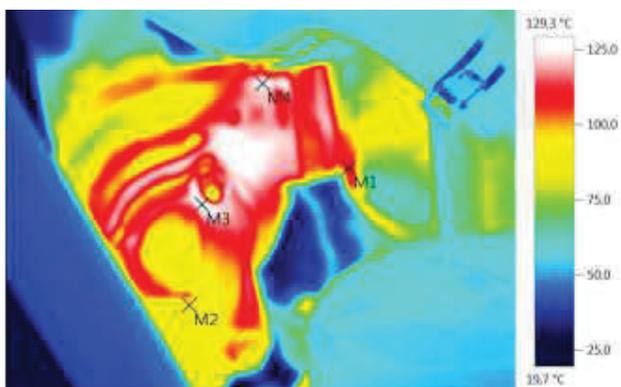
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	108,8	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	81,1	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	127,7	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	124,8	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00388.BMT



Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
 Temp. refl. [°C]: 24,0

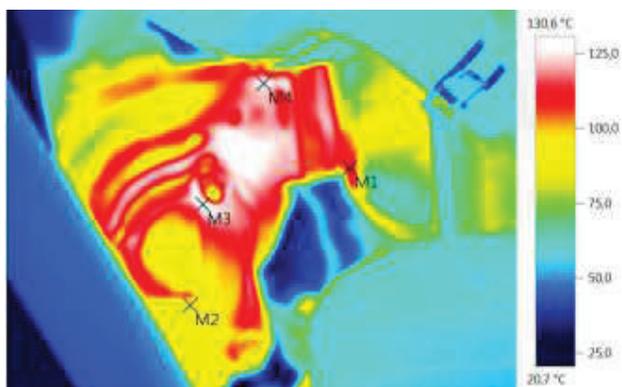
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	110,0	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	82,5	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	128,8	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	125,6	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00389.BMT



Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
 Temp. refl. [°C]: 24,0

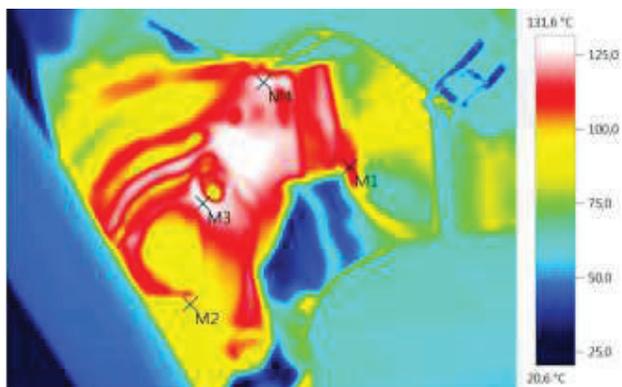
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	111,4	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	84,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	130,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	126,6	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00390.BMT


Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
Temp. refl. [°C]: 24,0

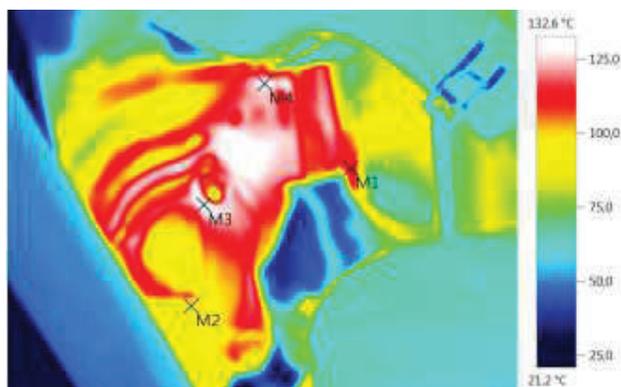
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	112,4	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	85,1	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	131,1	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	127,3	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00391.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

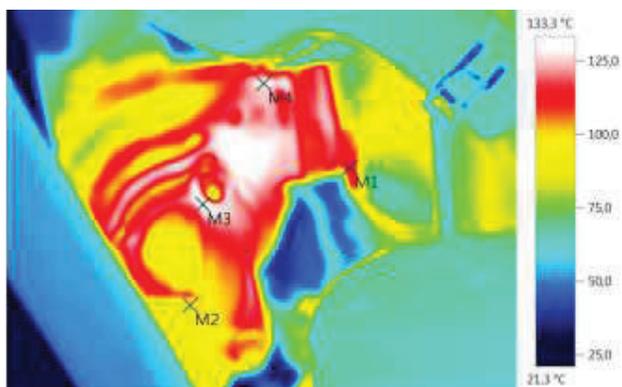
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	113,9	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	86,5	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	132,1	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	128,6	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00392.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

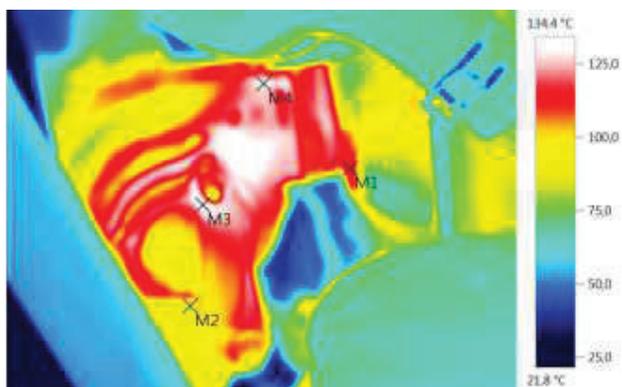
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	114,7	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	87,4	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	132,7	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	129,2	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00393.BMT


Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
Temp. refl. [°C]: 24,0

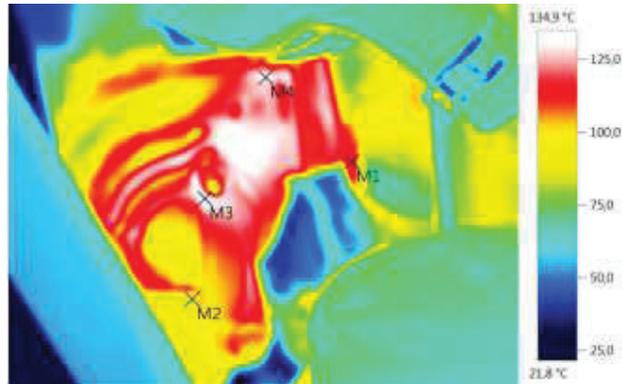
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	116,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	88,9	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	133,8	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	130,4	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00394.BMT


Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
Temp. refl. [°C]: 24,0

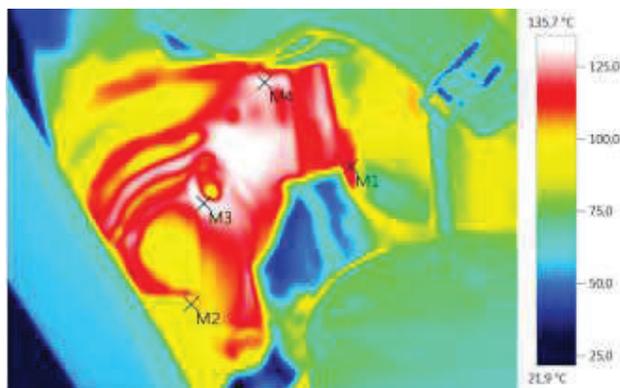
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	116,8	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	90,6	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	134,4	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	131,3	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00395.BMT


Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
Temp. refl. [°C]: 24,0

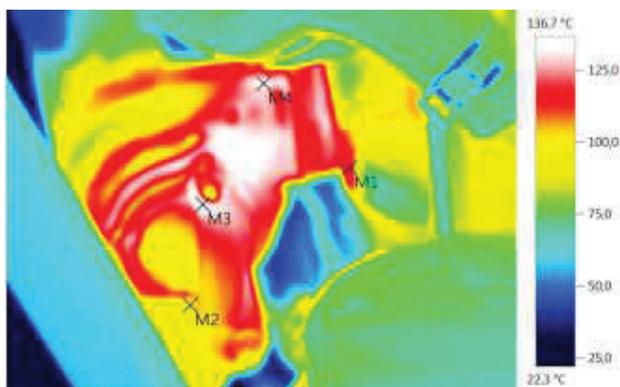
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	117,1	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	92,7	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	135,0	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	132,3	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00396.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

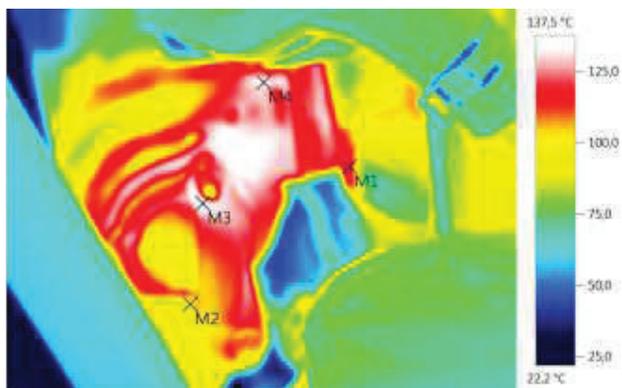
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	118,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	94,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	135,8	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	133,1	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00397.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

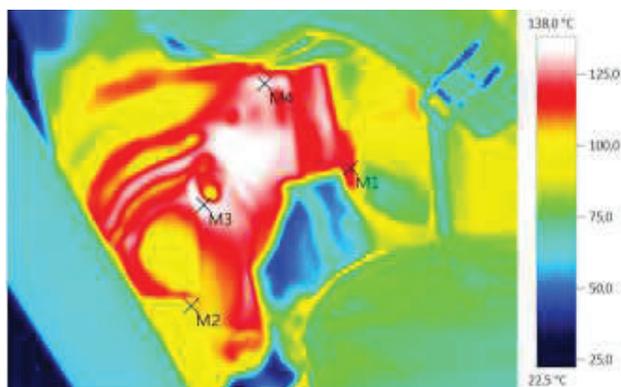
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	118,4	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	95,5	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	136,5	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	133,9	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00398.BMT


Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
Temp. refl. [°C]: 24,0

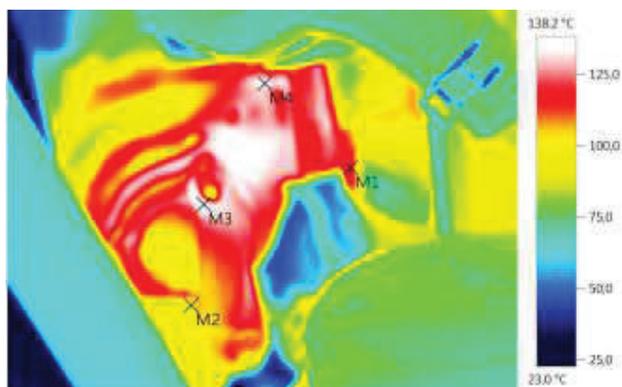
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	118,9	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	96,4	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	136,9	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	134,2	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00399.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

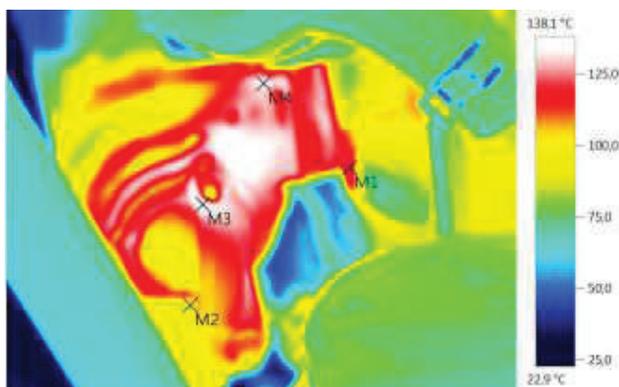
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	119,1	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	97,0	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	137,3	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	134,3	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00400.BMT



Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

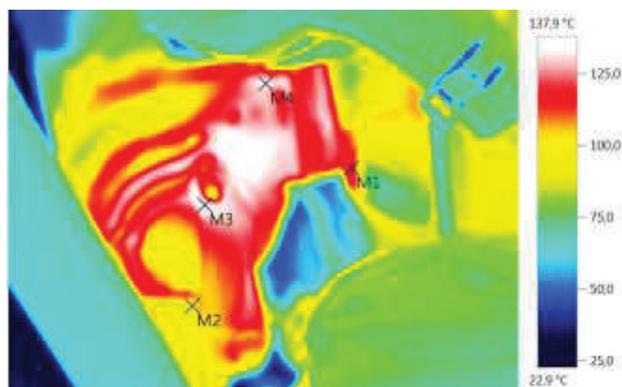
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	119,8	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	95,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	137,3	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	133,9	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00401.BMT


Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
Temp. refl. [°C]: 24,0

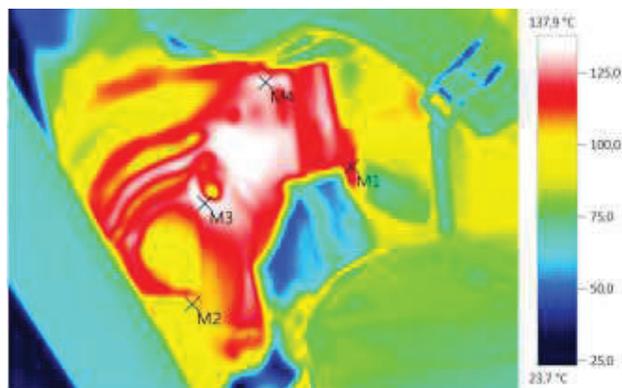
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	119,1	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	96,1	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	137,1	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	133,6	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00402.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

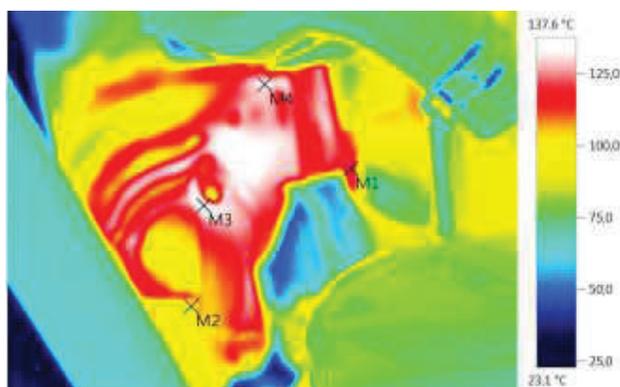
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	119,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	96,8	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	137,0	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	133,7	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00403.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

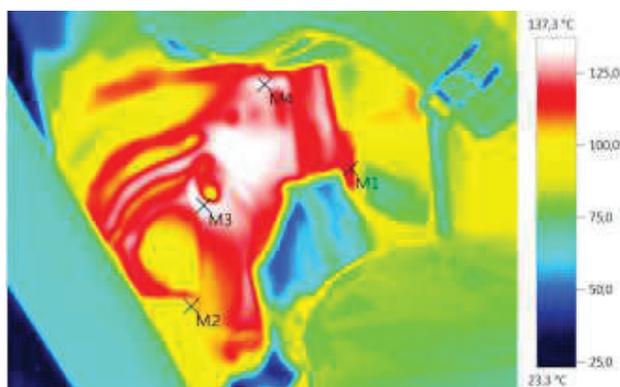
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	119,7	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	95,5	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	136,9	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	133,3	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

98



Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

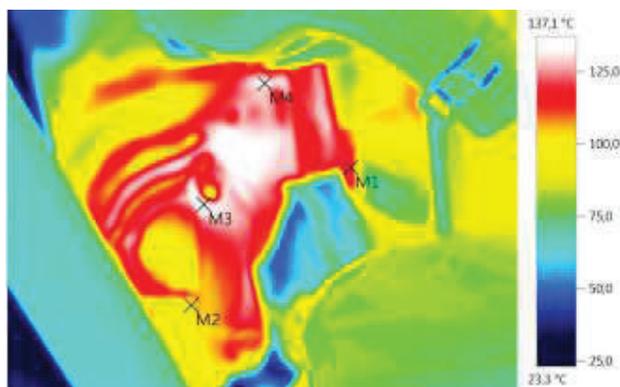
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	118,1	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	97,9	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	136,3	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	133,0	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00405.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

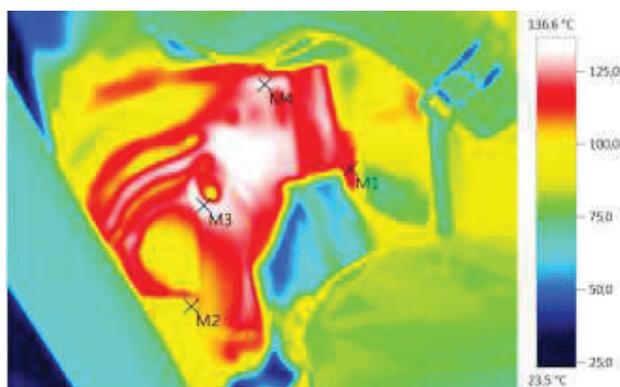
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	117,7	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	98,1	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	135,9	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	132,6	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00406.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

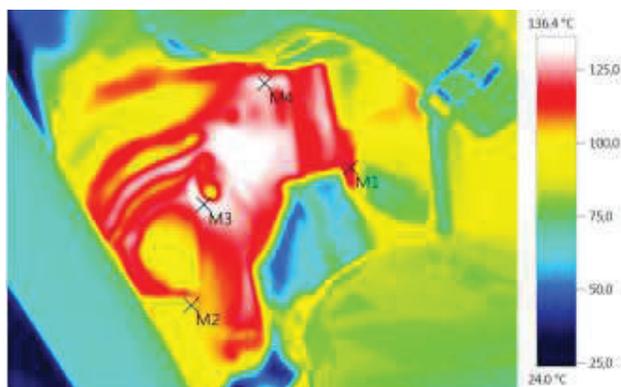
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	118,0	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	96,9	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	135,6	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	132,1	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00407.BMT


Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
Temp. refl. [°C]: 24,0

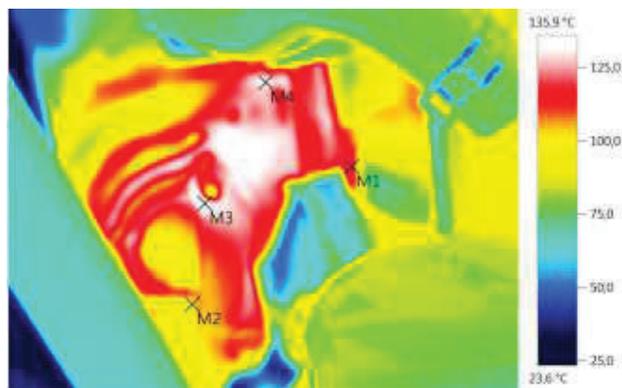
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	117,7	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	97,3	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	135,4	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	131,8	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00408.BMT


Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
Temp. refl. [°C]: 24,0

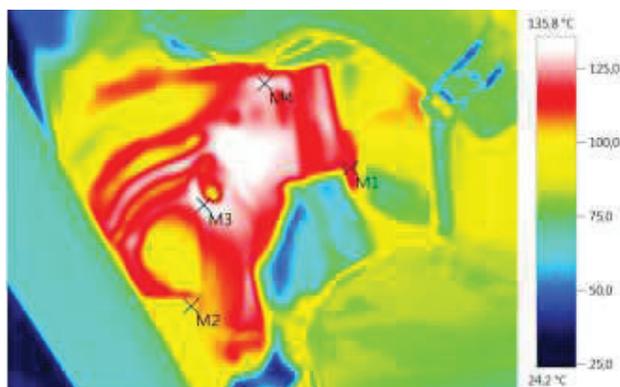
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	116,9	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	97,7	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	134,6	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	131,3	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00409.BMT


Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
Temp. refl. [°C]: 24,0

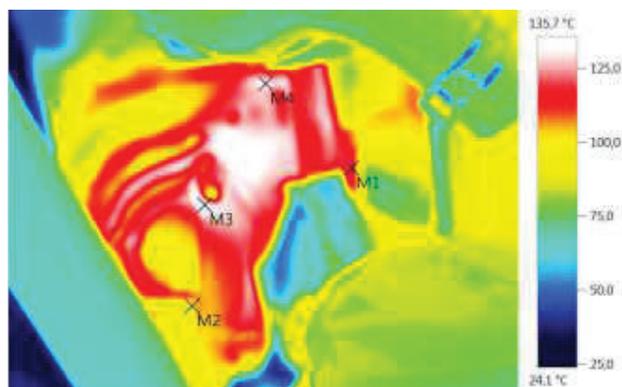
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	118,7	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	95,0	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	134,9	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	131,3	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00410.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

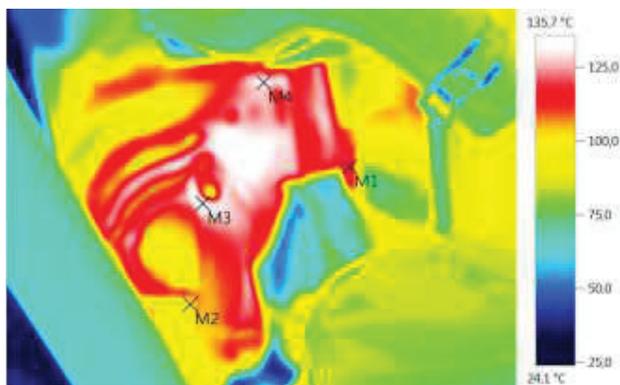
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	117,3	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	97,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	134,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	131,4	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00411.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

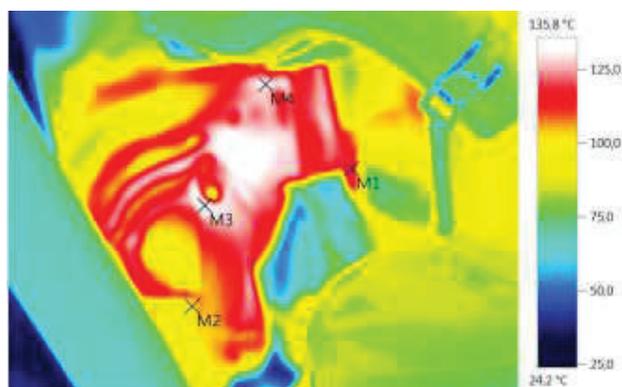
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	118,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	96,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	134,5	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	131,4	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00412.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

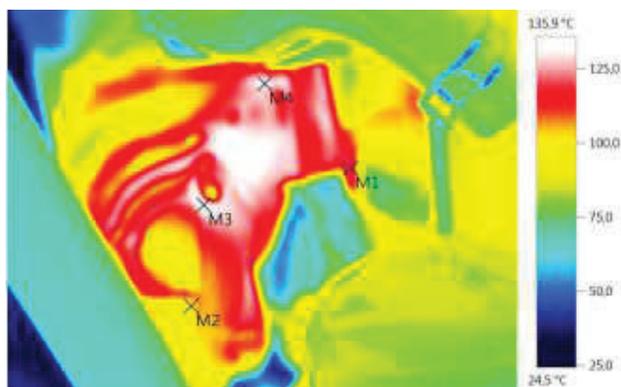
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	118,1	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	96,6	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	134,5	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	131,3	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00413.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

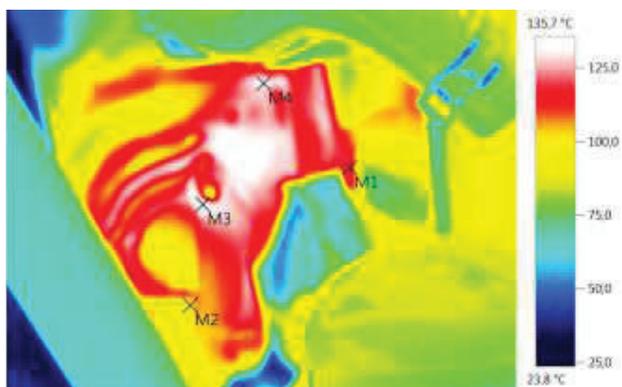
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	118,8	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	96,3	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	134,6	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	131,6	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00414.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

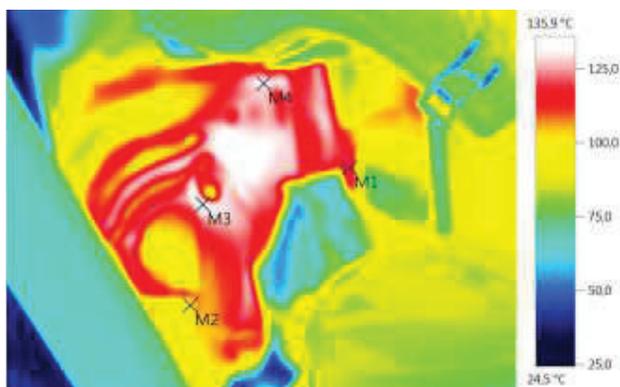
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	118,1	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	96,8	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	134,4	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	131,4	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00415.BMT



Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
 Temp. refl. [°C]: 24,0

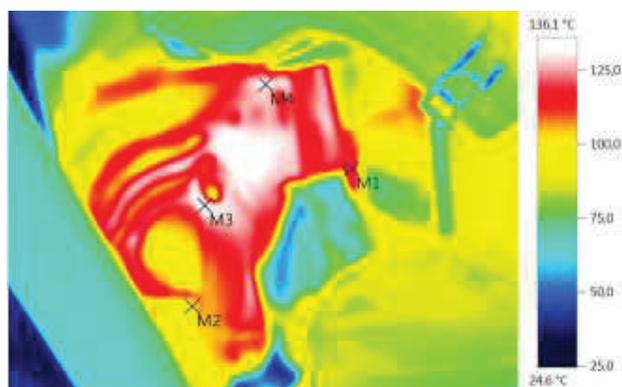
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	118,8	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	96,5	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	134,7	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	131,6	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00416.BMT


Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
Temp. refl. [°C]: 24,0

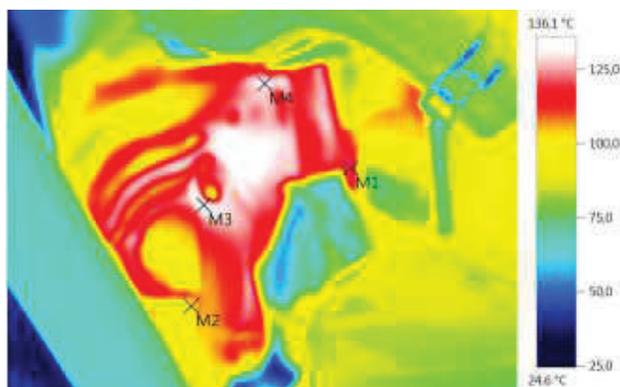
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	119,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	96,3	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	134,8	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	131,7	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00417.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

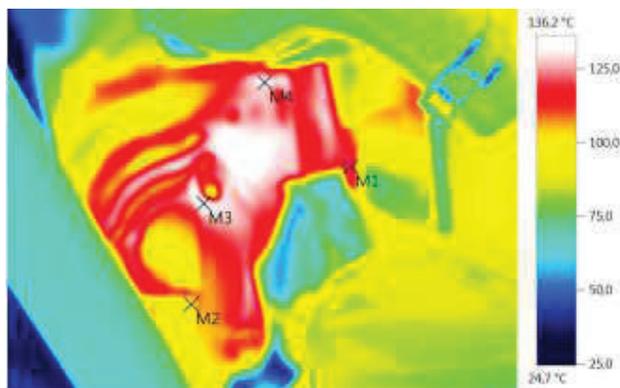
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	119,3	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	96,8	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	134,9	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	131,9	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00418.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

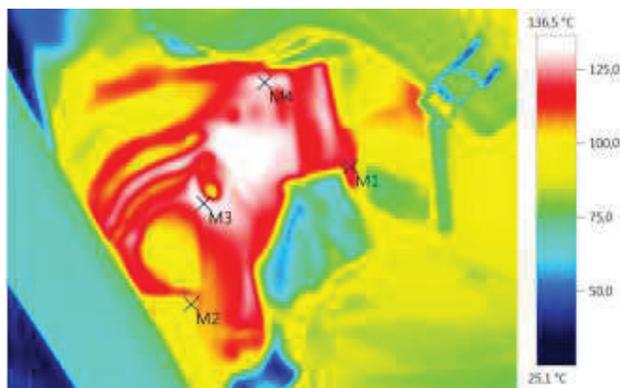
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	119,3	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	96,8	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	134,9	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	131,9	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00419.BMT



Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
 Temp. refl. [°C]: 24,0

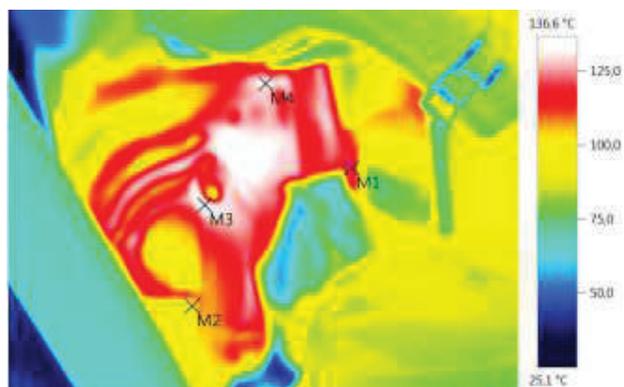
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	119,6	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	97,1	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	135,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	132,1	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00420.BMT


Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
Temp. refl. [°C]: 24,0

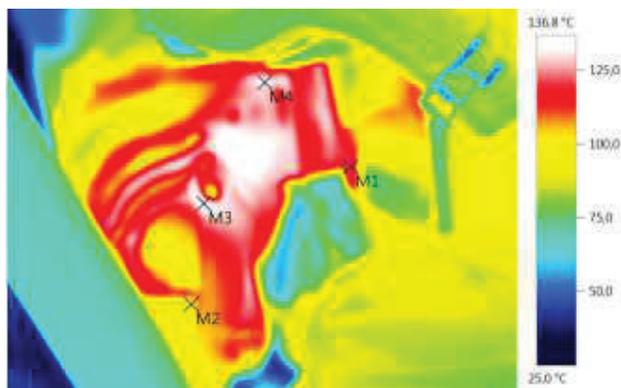
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	119,8	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	97,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	135,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	132,2	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00421.BMT


Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
Temp. refl. [°C]: 24,0

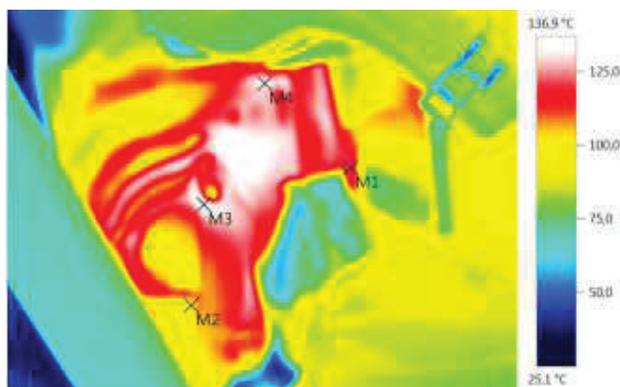
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	120,1	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	97,3	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	135,4	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	132,4	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00422.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

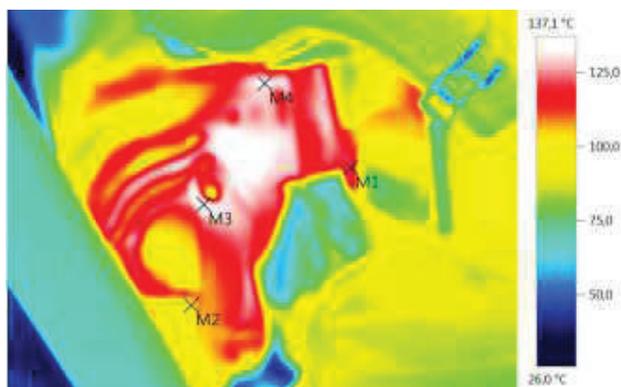
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	120,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	97,3	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	135,6	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	132,3	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00423.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

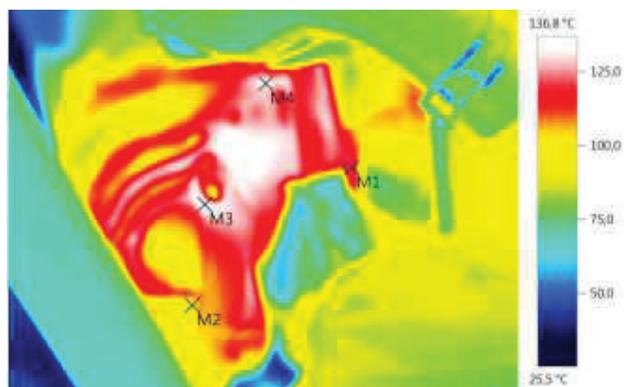
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	120,4	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	97,9	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	135,7	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	133,4	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00424.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

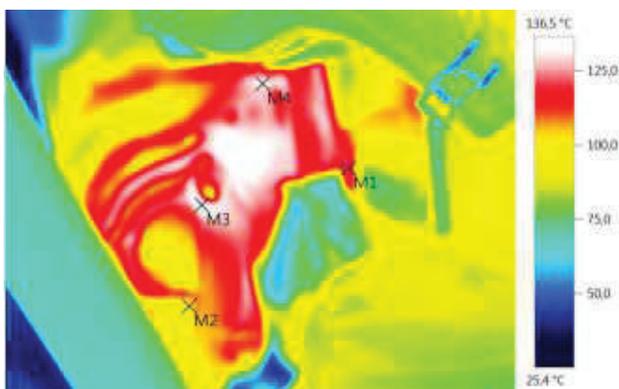
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	120,0	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	97,4	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	135,5	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	132,3	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00425.BMT



Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

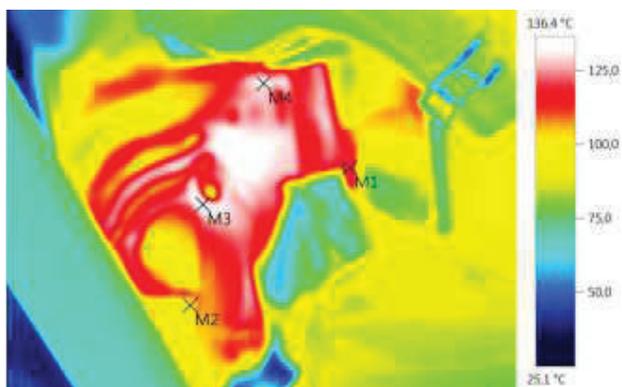
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	119,4	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	97,5	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	135,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	131,9	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00426.BMT



Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
 Temp. refl. [°C]: 24,0

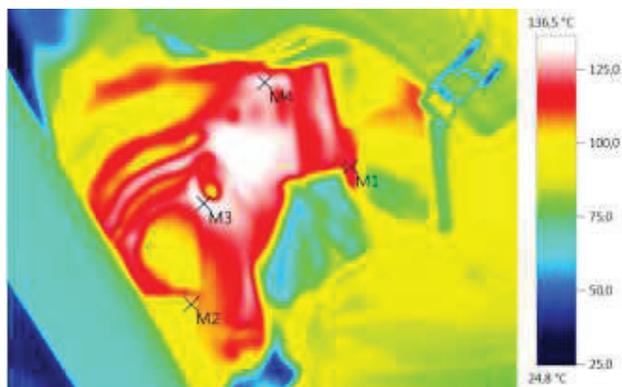
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	119,8	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	96,9	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	135,3	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	131,9	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00427.BMT


Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
Temp. refl. [°C]: 24,0

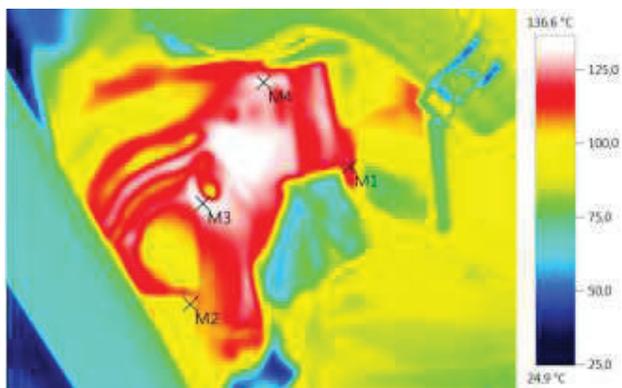
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	119,6	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	97,6	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	135,1	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	132,1	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00428.BMT



Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
 Temp. refl. [°C]: 24,0

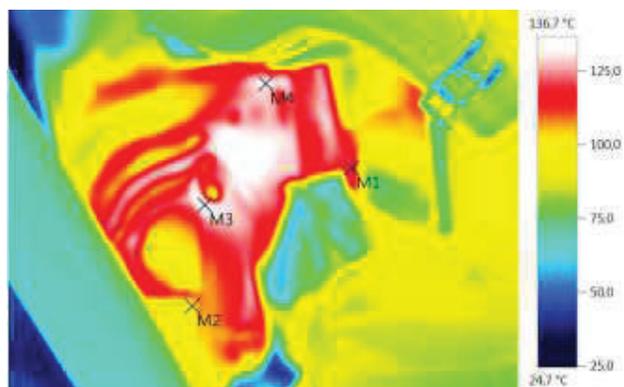
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	119,3	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	98,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	135,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	132,0	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00429.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

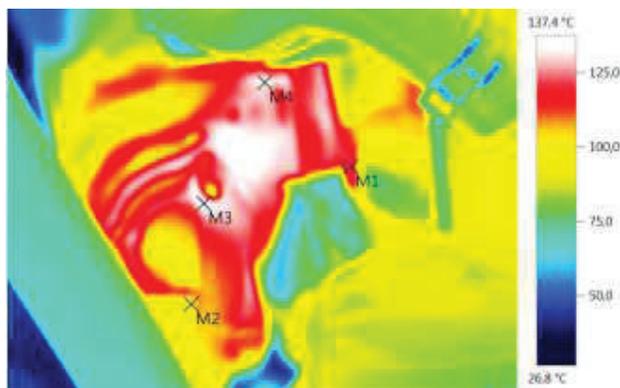
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	119,6	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	97,9	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	135,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	132,3	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00430.BMT


Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
Temp. refl. [°C]: 24,0

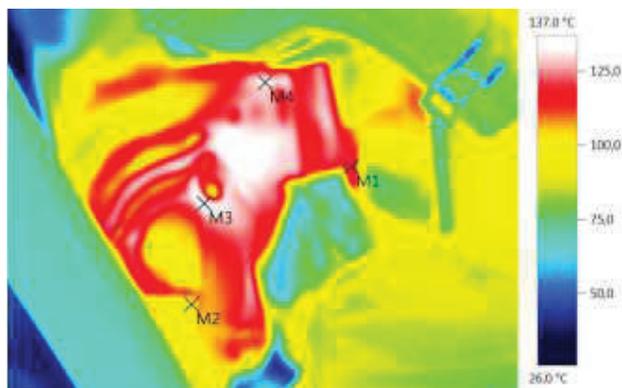
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	120,7	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	98,3	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	136,1	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	133,3	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00431.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

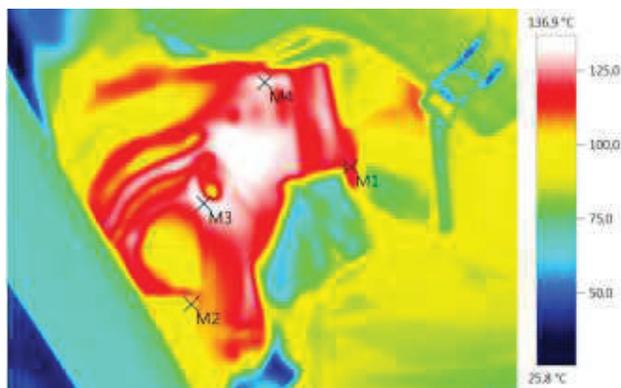
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	120,3	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	97,1	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	135,9	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	132,3	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00432.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

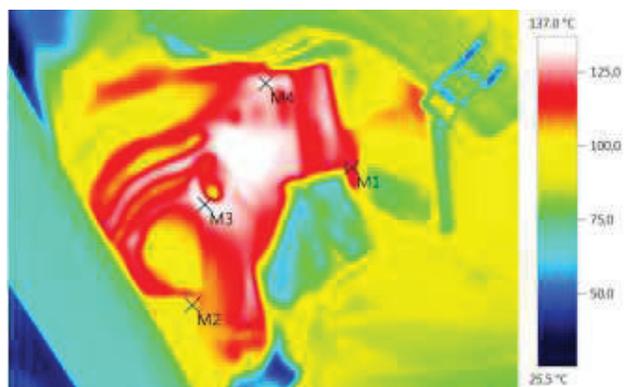
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	120,0	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	97,5	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	135,7	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	132,4	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00433.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

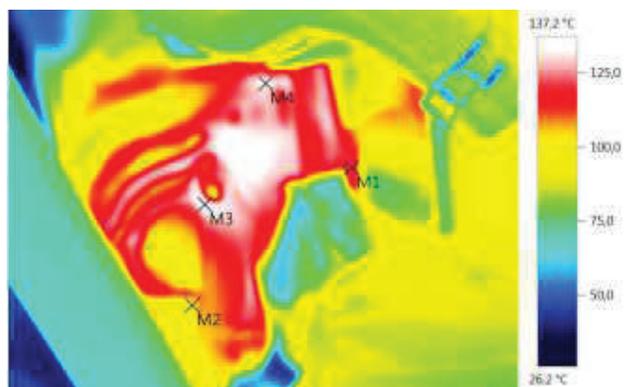
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	120,3	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	97,4	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	135,7	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	132,4	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00434.BMT


Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
Temp. refl. [°C]: 24,0

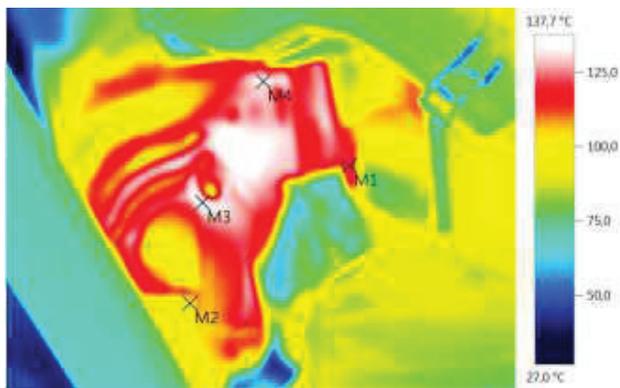
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	120,5	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	97,9	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	135,9	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	133,1	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00435.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	121,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	97,7	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	136,3	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	133,3	0,98	24,0	-

11/09/2015, _____

ANEXO 2. FIRMAS TÉRMICAS CONSIDERANDO EL DISEÑO EXPERIMENTA



Nuevo informe

Empresa Tesis Maestría EPN
 Calle Vieja y Elia Liut
 UPS
 Teléfono: 2815706
 E-mail: asiguenza@ups.edu.ec
 apaucar@ups.edu.ec

Instrumento testo 882 2353180
 N.º de
 Objetivo: Angular 32°

Cliente Adrián Sigüenza Angel Paucar Lugar de medición:
 Calle Vieja y Elia Liut Motor Hyudai Santa Fe CRDi
 Universidad Politécnica Salesiana Calle Vieja y Elia Liut
 Universidad Politécnica Salesiana Universidad Politécnica Salesiana

Pedido

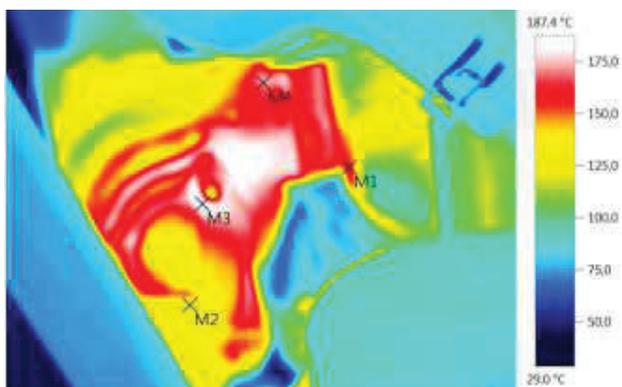


Nuevo informe

Nuevo informe

Archivo:

IV_00439.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

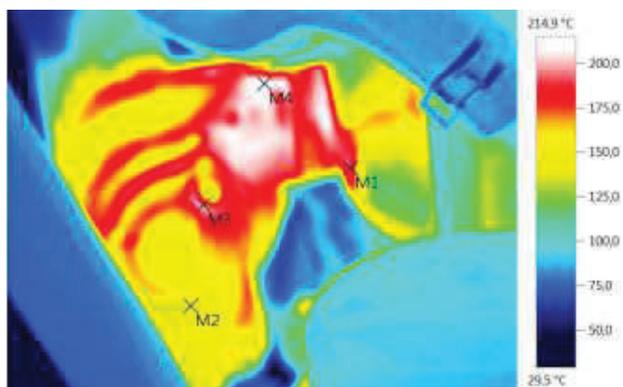
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	157,3	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	127,9	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	187,0	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	171,8	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00440.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

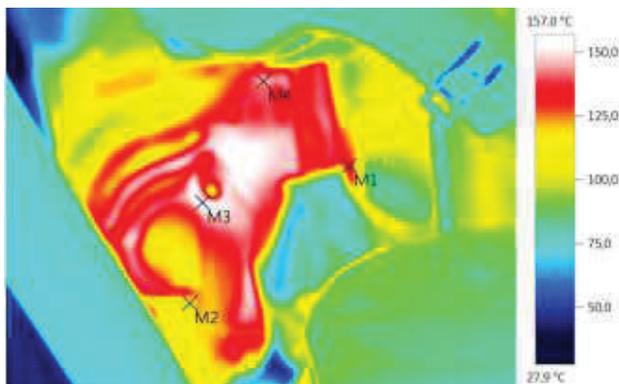
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	188,7	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	139,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	194,8	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	214,6	0,98	24,0	-

Nuevo informe

j

Archivo:
IV_00441.BMT



Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
Temp. refl. [°C]: 24,0

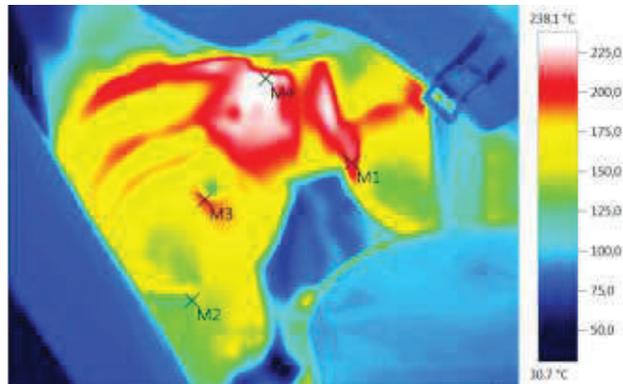
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	131,9	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	112,3	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	156,9	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	144,8	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00442.BMT


Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
Temp. refl. [°C]: 24,0

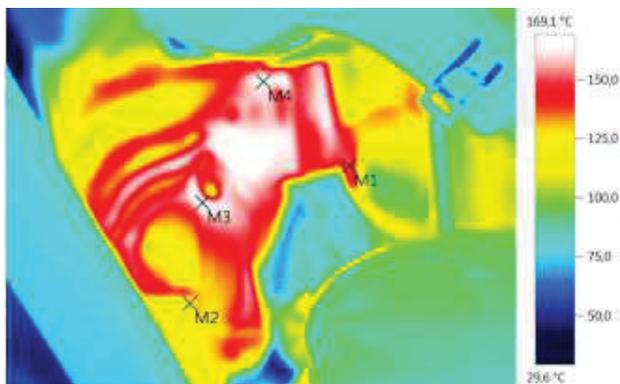
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	210,0	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	135,0	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	191,1	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	237,6	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00443.BMT



Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

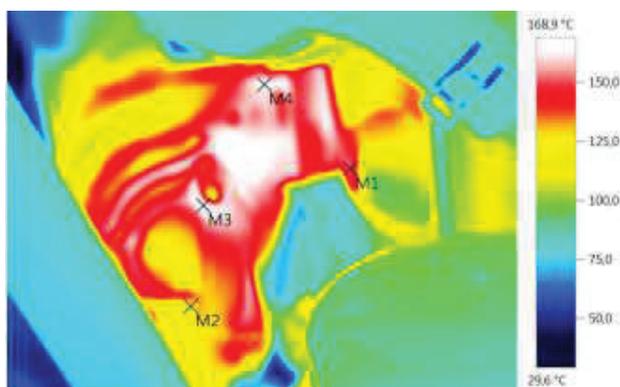
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	150,3	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	119,7	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	167,7	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	166,0	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00444.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

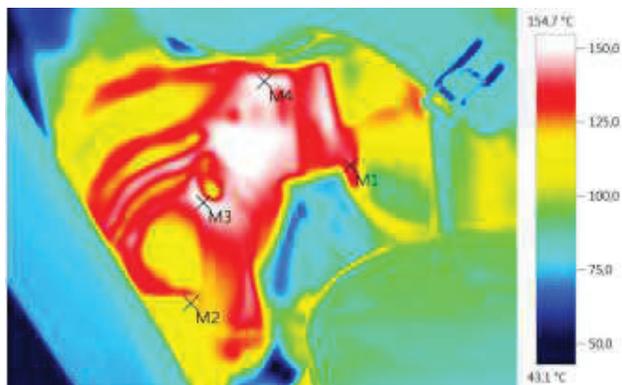
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	150,7	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	121,0	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	167,4	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	165,5	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00445.BMT


Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
Temp. refl. [°C]: 24,0

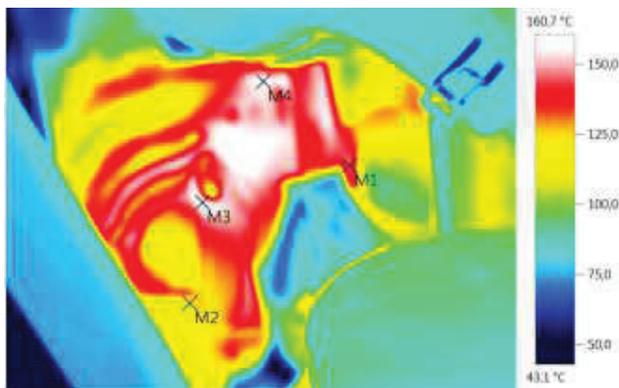
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	139,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	112,8	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	152,5	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	153,2	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00446.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

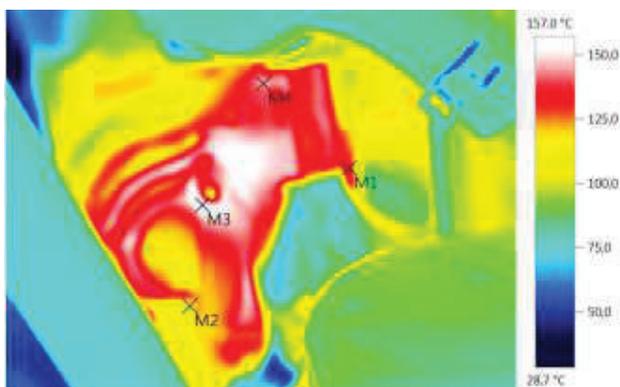
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	144,6	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	115,5	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	158,5	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	158,8	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00447.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

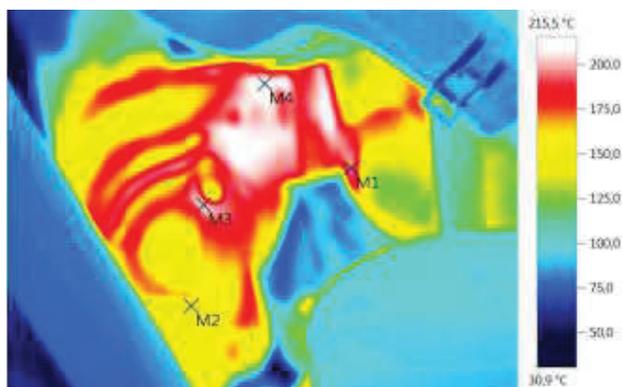
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	132,7	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	113,5	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	156,4	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	144,6	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00448.BMT



Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
 Temp. refl. [°C]: 24,0

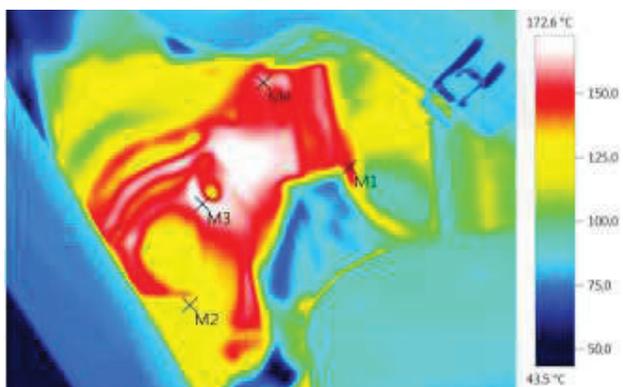
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	196,0	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	141,9	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	202,9	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	215,5	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00449.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

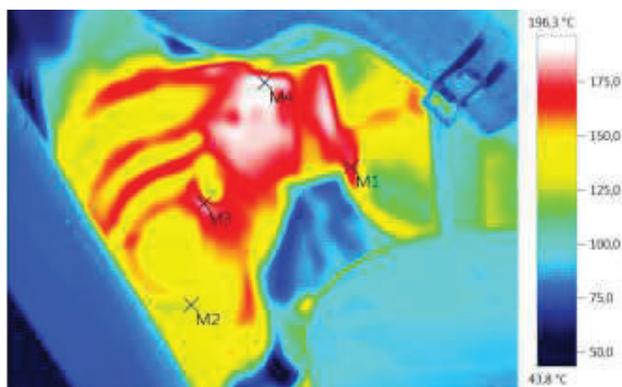
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	148,0	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	120,7	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	172,4	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	159,6	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00450.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

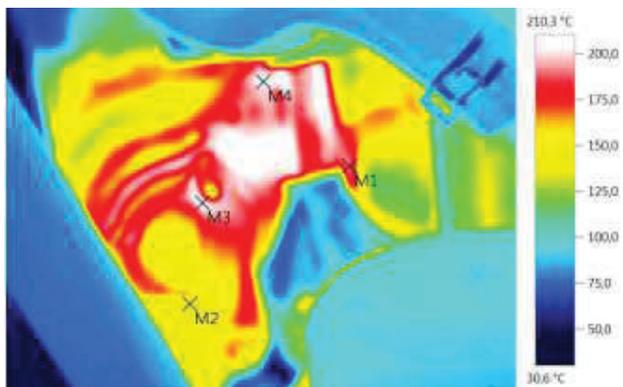
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	173,4	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	130,1	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	178,4	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	196,1	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00451.BMT


Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
Temp. refl. [°C]: 24,0

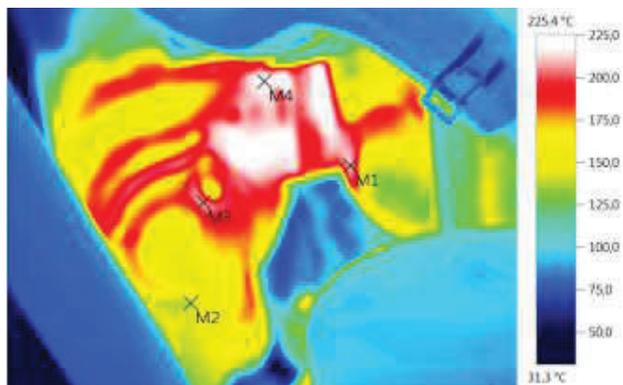
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	189,6	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	139,0	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	204,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	207,1	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00452.BMT


Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
Temp. refl. [°C]: 24,0

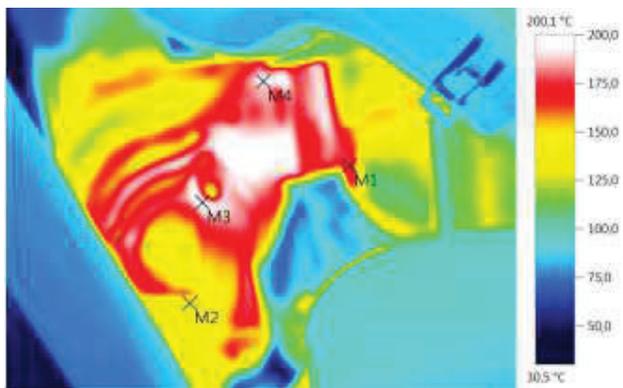
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	209,7	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	139,4	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	206,9	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	225,1	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00453.BMT


Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
Temp. refl. [°C]: 24,0

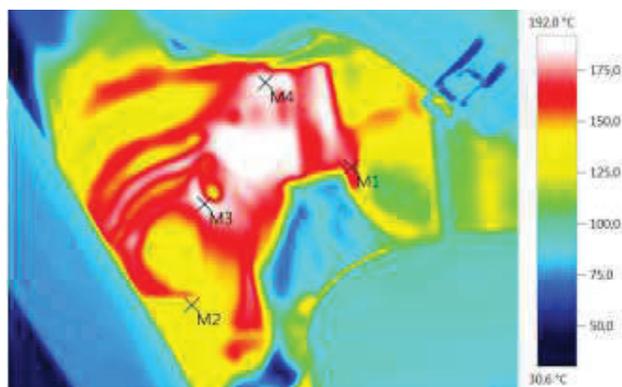
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	175,9	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	137,1	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	197,5	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	193,6	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00454.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

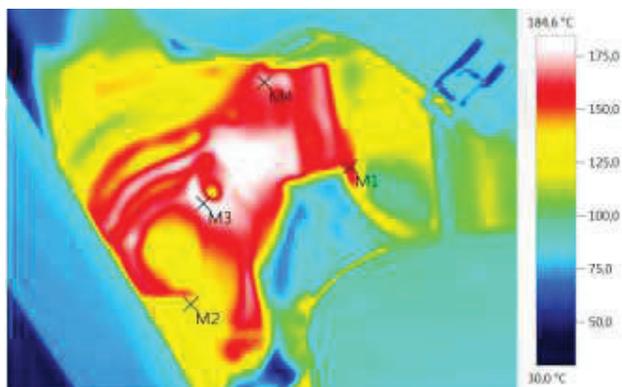
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	171,6	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	132,4	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	187,5	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	191,4	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00455.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

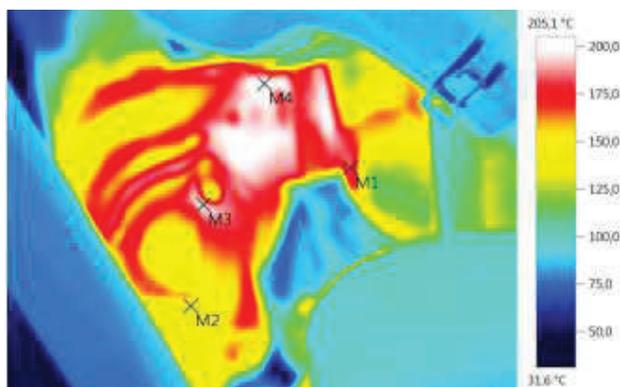
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	157,1	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	128,3	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	184,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	171,0	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00456.BMT


Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
Temp. refl. [°C]: 24,0

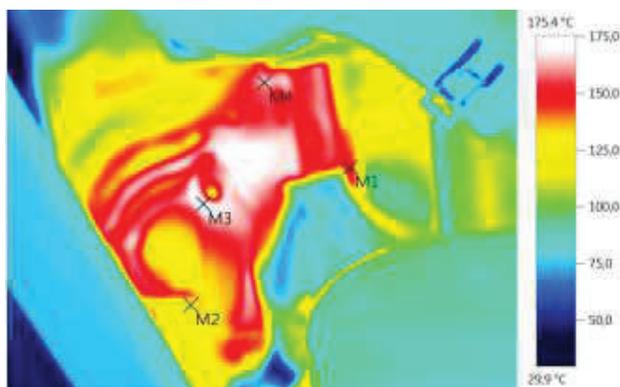
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	182,9	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	137,6	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	194,4	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	205,1	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00457.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

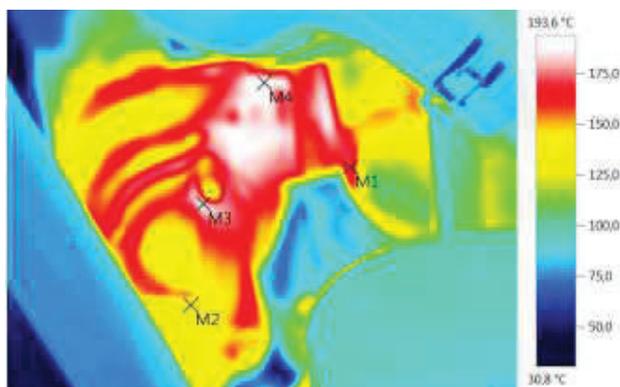
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	148,6	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	123,5	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	175,1	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	162,8	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00458.BMT


Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
Temp. refl. [°C]: 24,0

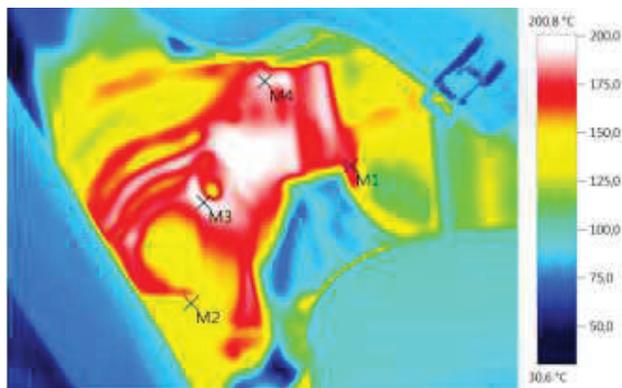
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	169,5	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	132,0	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	183,8	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	193,6	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00459.BMT



Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
 Temp. refl. [°C]: 24,0

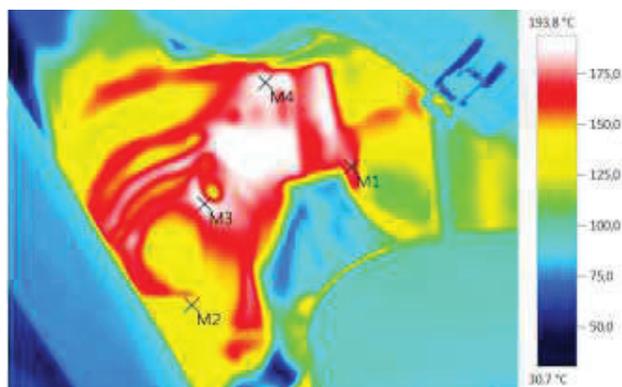
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	177,5	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	139,1	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	198,7	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	193,5	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00460.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

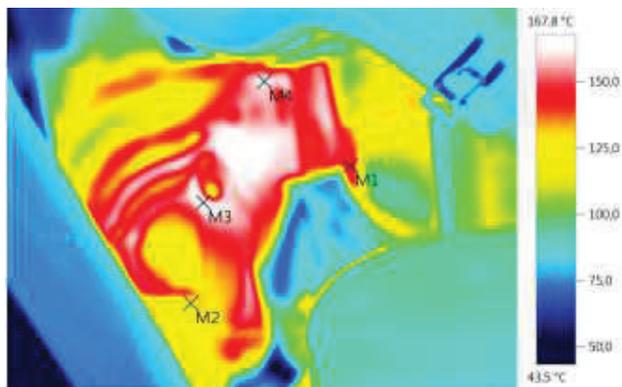
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	174,6	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	133,7	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	189,1	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	193,6	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00461.BMT


Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
Temp. refl. [°C]: 24,0

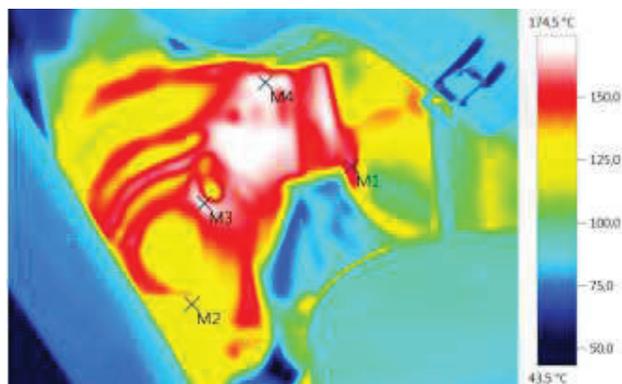
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	147,4	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	120,9	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	167,1	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	162,8	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00462.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

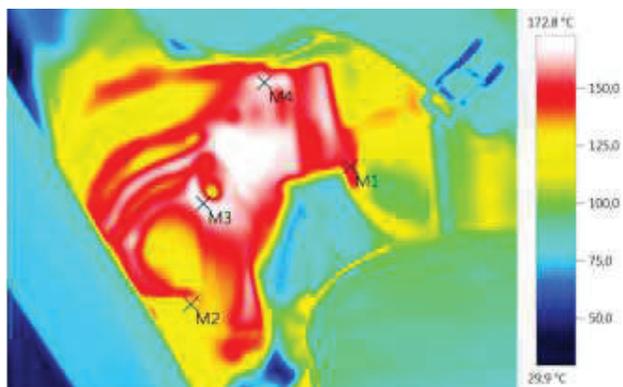
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	156,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	120,8	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	167,0	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	174,5	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00463.BMT


Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
Temp. refl. [°C]: 24,0

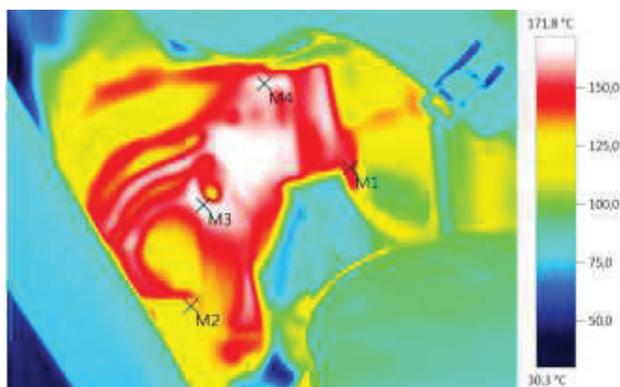
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	152,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	124,1	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	172,4	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	167,6	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00464.BMT


Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
Temp. refl. [°C]: 24,0

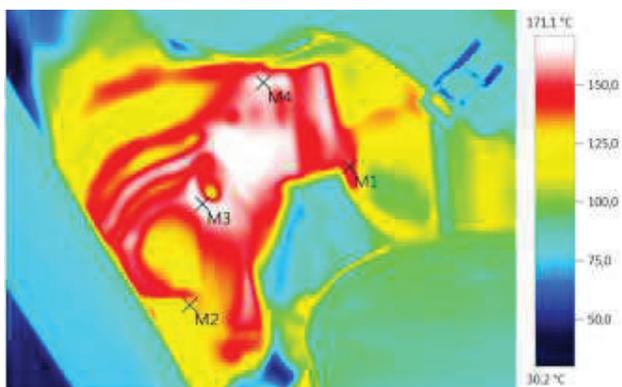
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	151,9	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	123,9	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	170,9	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	167,2	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00465.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

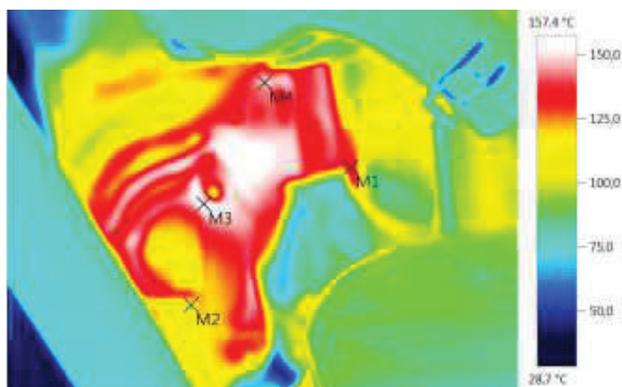
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	151,9	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	122,8	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	170,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	166,6	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00466.BMT



Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
 Temp. refl. [°C]: 24,0

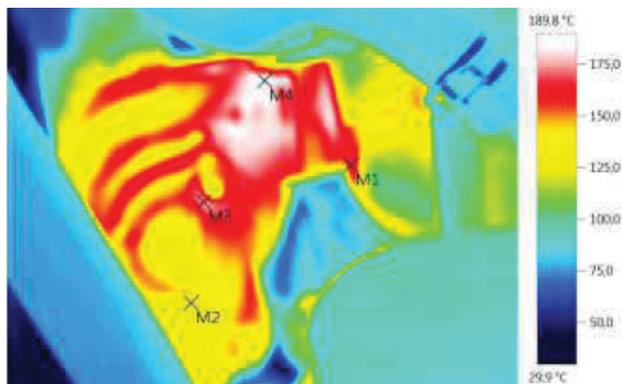
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	134,6	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	111,4	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	157,3	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	147,1	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00467.BMT


Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
Temp. refl. [°C]: 24,0

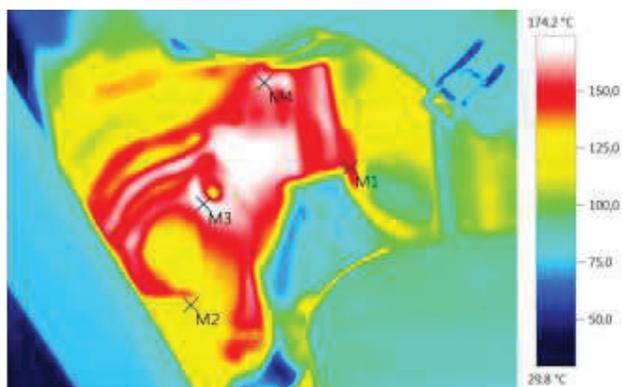
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	161,7	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	124,3	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	174,0	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	189,8	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00468.BMT


Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
Temp. refl. [°C]: 24,0

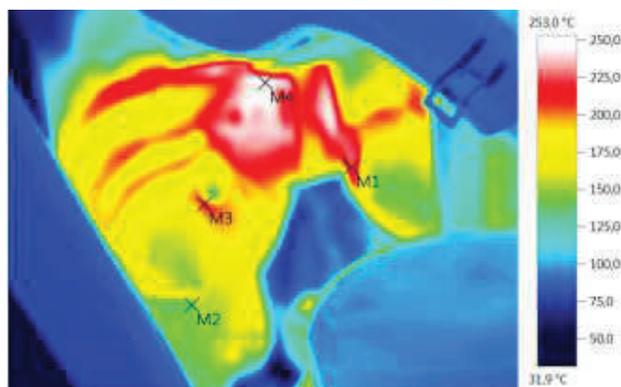
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	150,4	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	120,6	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	173,5	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	164,7	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00469.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

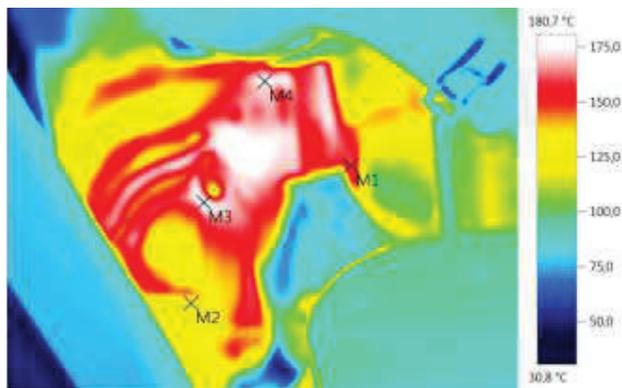
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	221,6	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	142,0	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	206,3	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	253,0	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00470.BMT


Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
Temp. refl. [°C]: 24,0

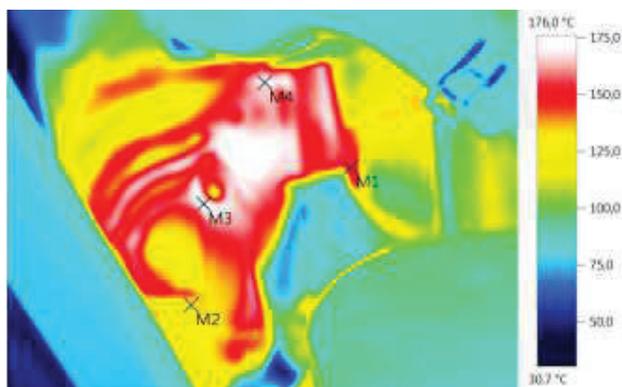
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	160,1	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	124,6	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	177,1	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	175,3	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00471.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

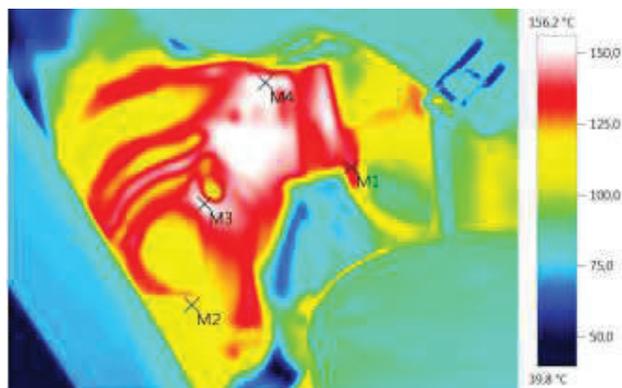
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	153,0	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	123,5	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	174,7	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	170,1	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00472.BMT


Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
Temp. refl. [°C]: 24,0

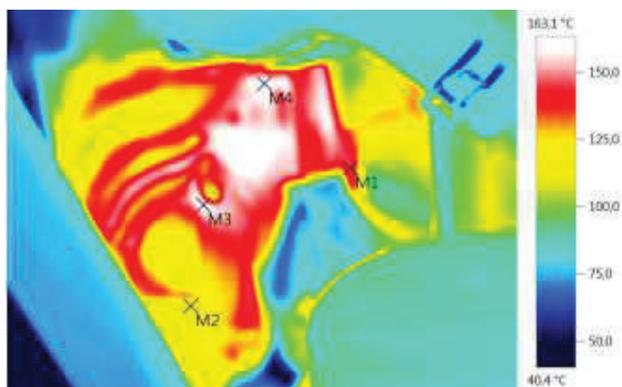
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	139,0	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	109,1	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	151,4	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	156,2	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00473.BMT


Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
Temp. refl. [°C]: 24,0

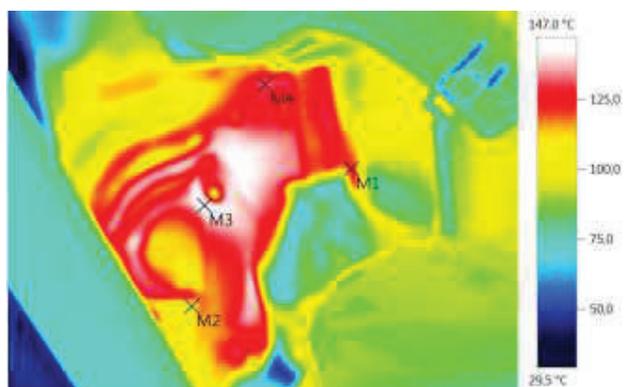
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	145,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	113,6	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	159,1	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	163,0	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00474.BMT


Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
Temp. refl. [°C]: 24,0

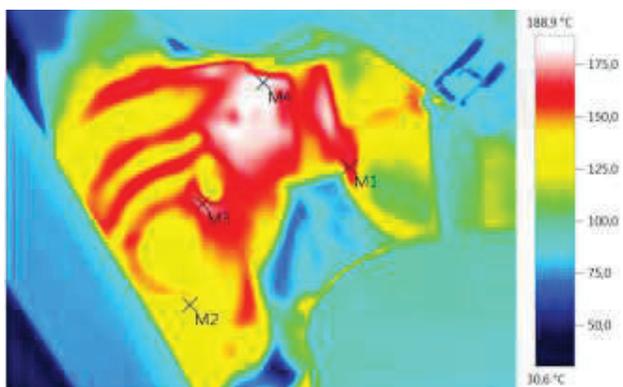
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	122,3	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	107,4	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	147,0	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	131,8	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00475.BMT



Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
 Temp. refl. [°C]: 24,0

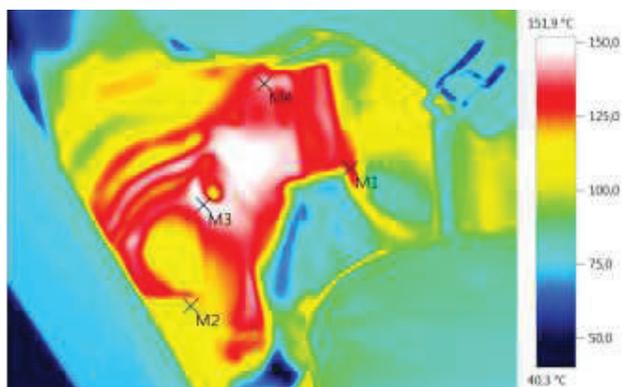
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	163,0	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	125,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	172,1	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	188,8	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00476.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

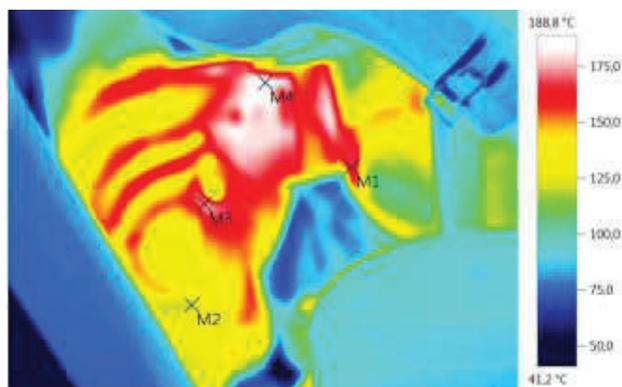
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	130,0	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	108,0	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	151,8	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	141,9	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00477.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

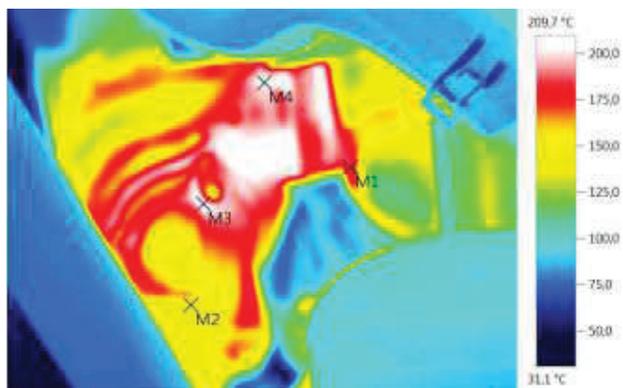
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	164,6	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	122,7	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	173,6	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	188,8	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00478.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

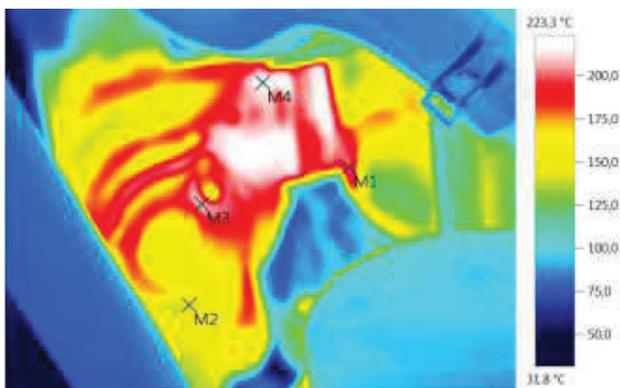
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	184,4	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	140,8	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	204,4	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	206,6	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00479.BMT



Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
 Temp. refl. [°C]: 24,0

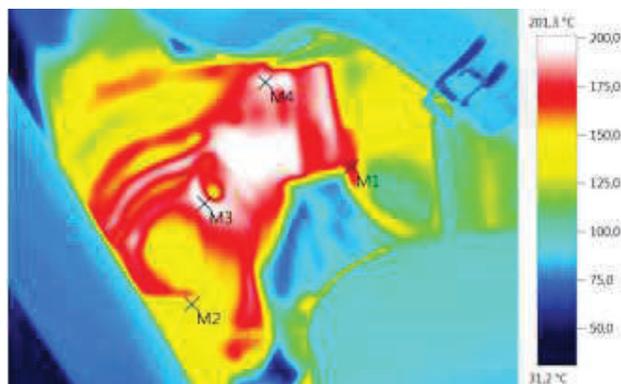
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	199,6	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	141,5	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	208,7	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	222,0	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00480.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

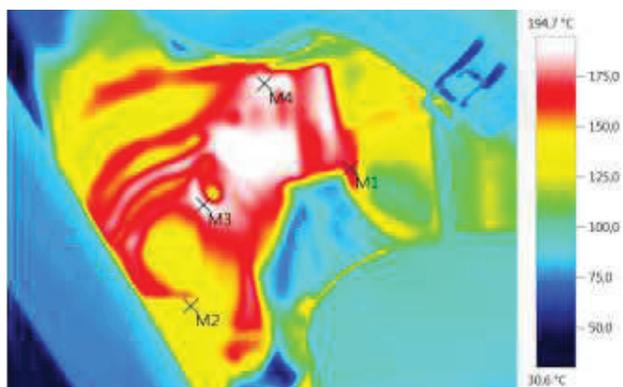
Temp. refl. [°C]: 24,0

Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	173,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	138,9	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	199,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	195,4	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:
IV_00481.BMT



Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
Temp. refl. [°C]: 24,0

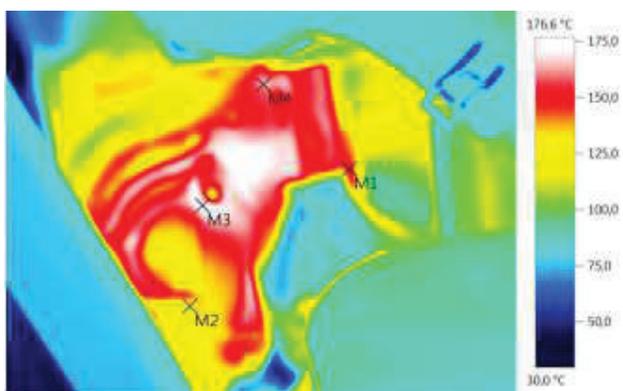
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	170,9	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	133,7	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	190,5	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	193,3	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00482.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

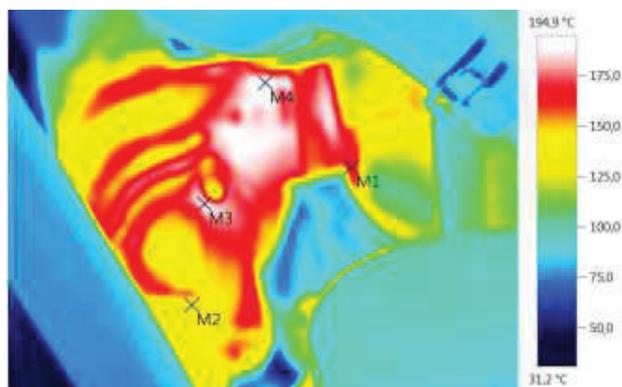
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	148,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	124,0	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	176,6	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	162,3	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00483.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

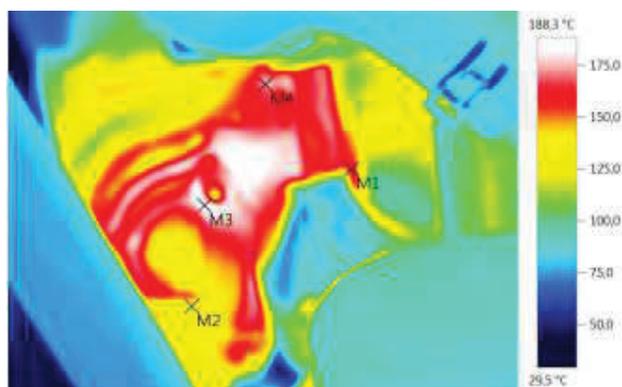
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	167,7	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	133,3	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	187,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	194,9	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00484.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

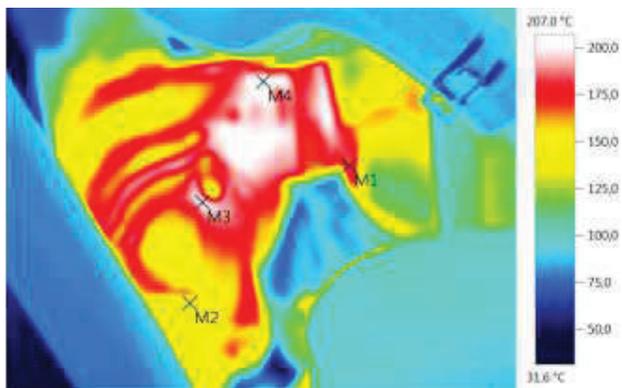
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	158,6	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	130,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	188,3	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	172,0	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00485.BMT



Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
 Temp. refl. [°C]: 24,0

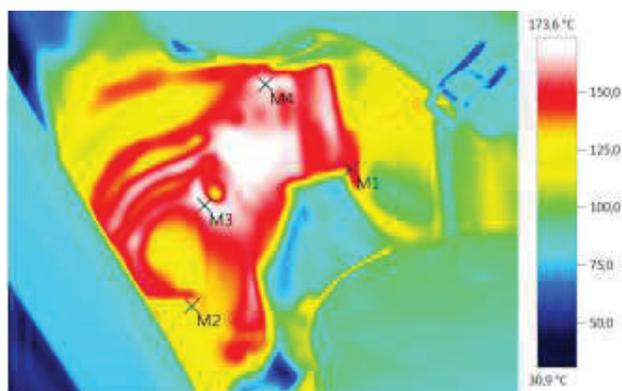
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	181,9	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	140,1	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	198,9	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	206,9	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00486.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

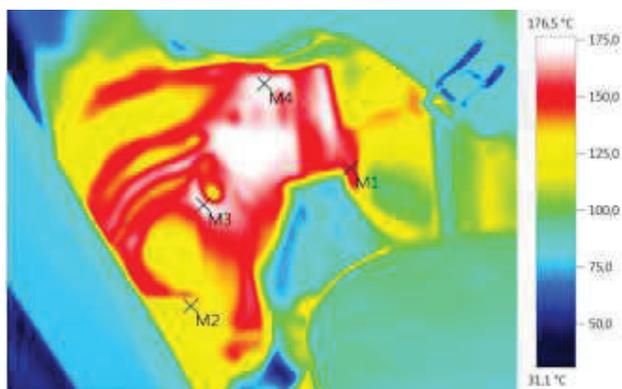
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	150,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	122,7	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	172,7	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	168,3	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00487.BMT


Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
Temp. refl. [°C]: 24,0

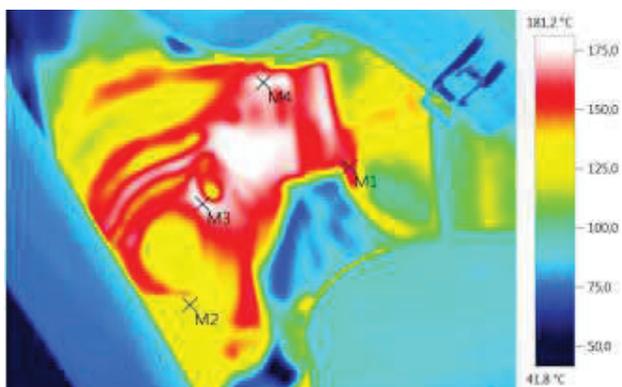
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	155,9	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	122,0	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	171,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	176,5	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00488.BMT



Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	161,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	123,7	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	177,1	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	176,9	0,98	24,0	-

17/10/2015, _____



Nuevo informe

Empresa Tesis Maestría EPN
 Calle Vieja y Elia Liut
 UPS
 Teléfono: 2815706
 E-mail: asiguenza@ups.edu.ec
 apaucar@ups.edu.ec

Instrumento testo 882 2353180
 N.º de
 Objetivo: Angular 32°

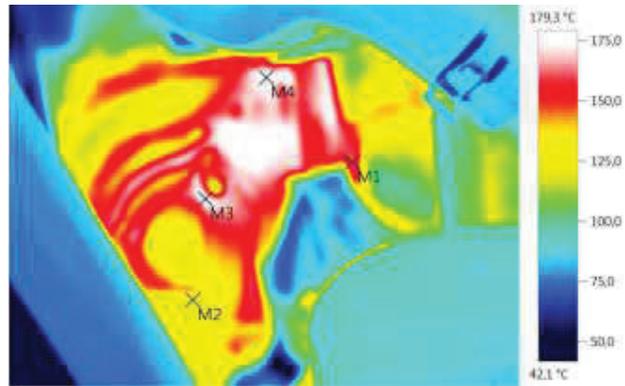
Cliente Adrián Sigüenza Angel Paucar Lugar de medición:
 Calle Vieja y Elia Liut Motor Hyudai Santa Fe CRDi
 Universidad Politécnica Salesiana Calle Vieja y Elia Liut
 Universidad Politécnica Salesiana Universidad Politécnica Salesiana

Pedido

Nuevo informe

Nuevo informe

Archivo:
IV_00489.BMT



Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
Temp. refl. [°C]: 24,0

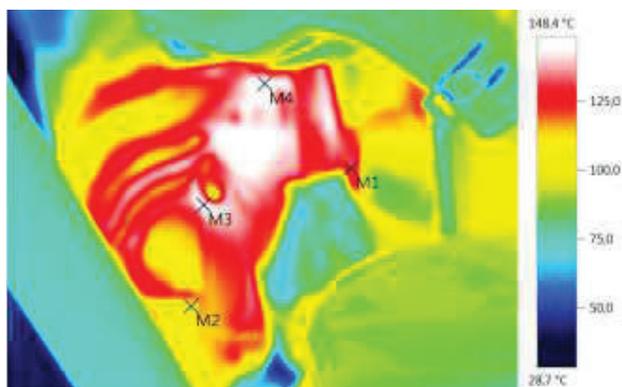
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	160,1	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	122,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	174,6	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	179,0	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00490.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

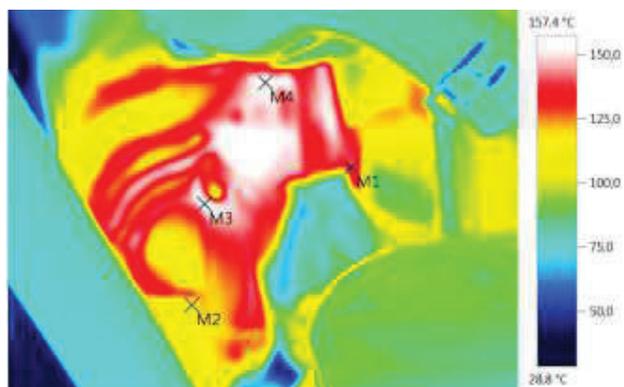
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	131,7	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	105,7	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	145,8	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	148,4	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00491.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

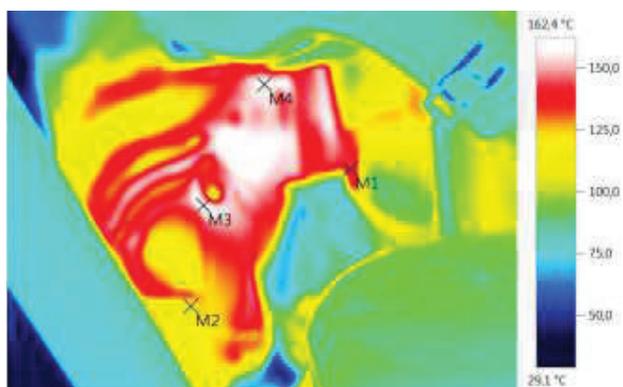
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	138,4	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	109,9	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	154,8	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	156,3	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00492.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	142,6	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	113,9	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	160,3	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	160,6	0,98	24,0	-

17/10/2015, _____

ANEXOS 3. FIRMAS TÉRMICAS CON FALLAS UNA VARIABLE A LA VEZ.



Nuevo informe

Empresa	Tesis Maestría EPN Calle Vieja y Elia Liut UPS	Teléfono: 2815706 E-mail: asiguenza@ups.edu.ec apaucar@ups.edu.ec
Instrumento	testo 882	2353180 N.º de Objetivo: Angular 32°
Cliente	Adrián Sigüenza Angel Paucar Calle Vieja y Elia Liut Universidad Politécnica Salesiana	Lugar de medición: Motor Hyudai Santa Fe CRDi Calle Vieja y Elia Liut Universidad Politécnica Salesiana

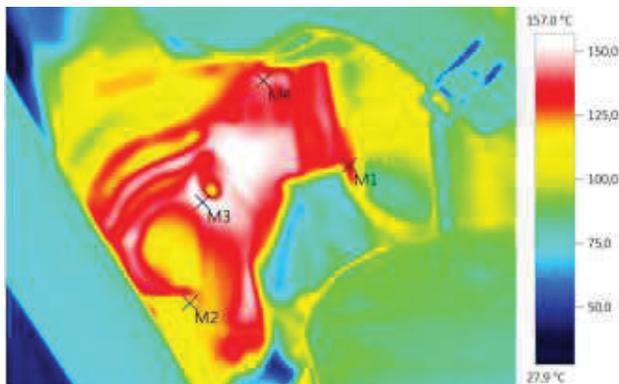
Pedido

Nuevo informe

Nuevo informe

Archivo:

IV_00511.BMT



Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
 Temp. refl. [°C]: 24,0

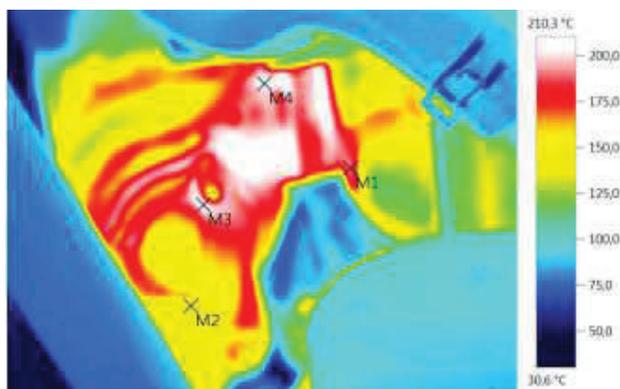
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	145,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	116,0	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	162,5	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	161,2	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00512.BMT



Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

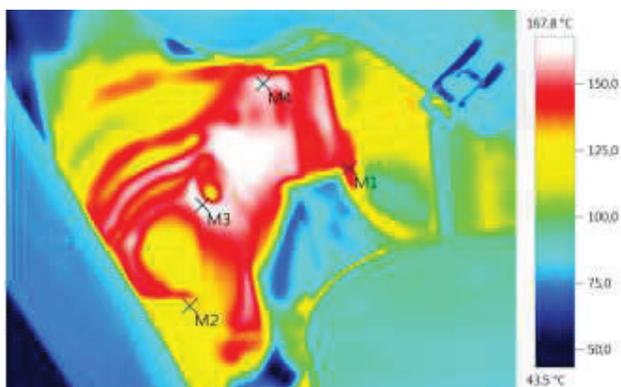
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	172,1	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	126,4	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	180,6	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	190,4	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00513.BMT



Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

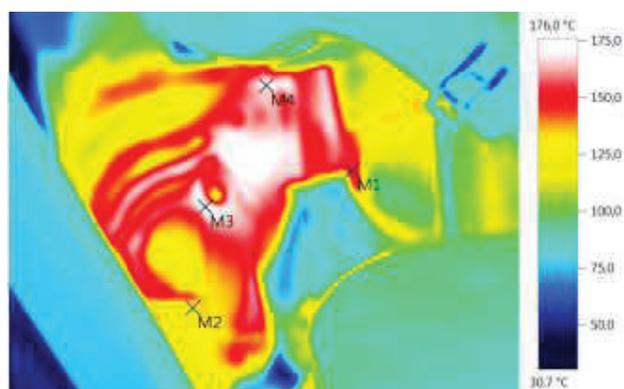
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	145,3	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	116,6	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	162,5	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	161,1	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00514.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

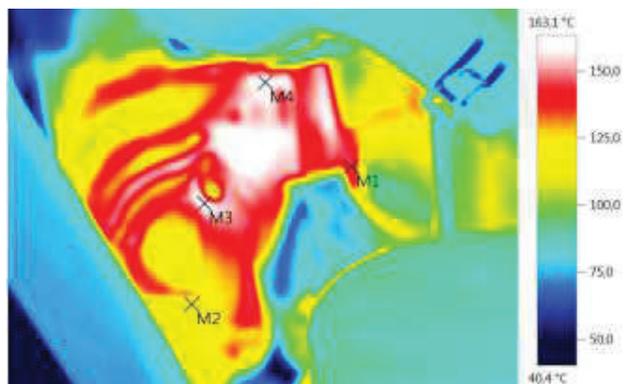
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	154,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	123,5	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	172,5	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	171,4	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00515.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

Temp. refl. [°C]: 24,0

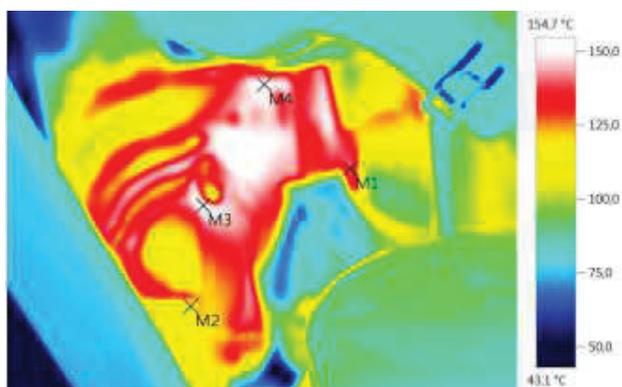
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	145,1	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	116,8	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	162,5	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	161,2	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:

IV_00516.BMT


Parámetros de la imagen:
Grado de emisividad: 0,98

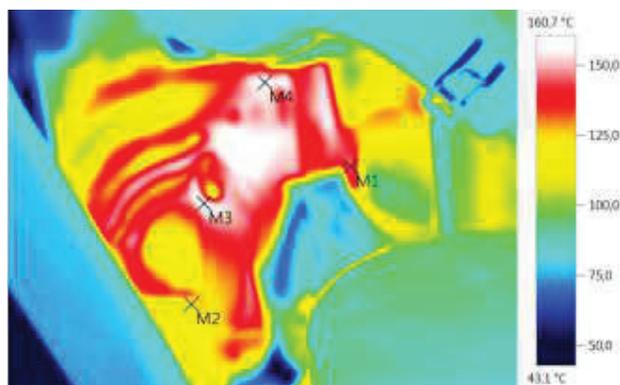
Temp. refl. [°C]: 24,0

Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	138,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	112,5	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	152,3	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	152,5	0,98	24,0	-

Nuevo informe

Archivo:
IV_00517.BMT



Parámetros de la imagen:

Grado de emisividad: 0,98
Temp. refl. [°C]: 24,0

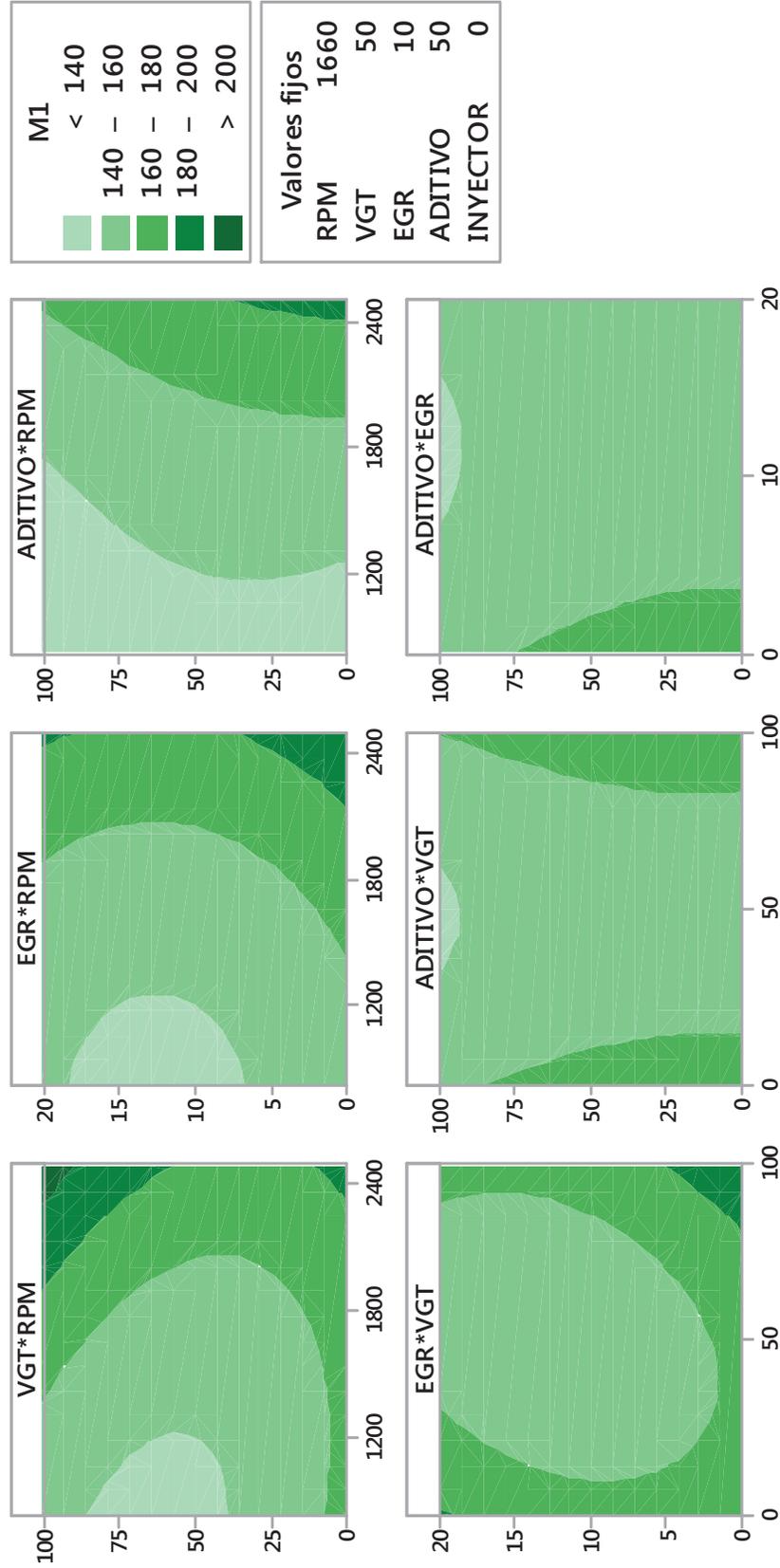
Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	142,2	0,98	24,0	-
Punto de medición 2	113,3	0,98	24,0	-
Punto de medición 3	159,5	0,98	24,0	-
Punto de medición 4	158,3	0,98	24,0	-

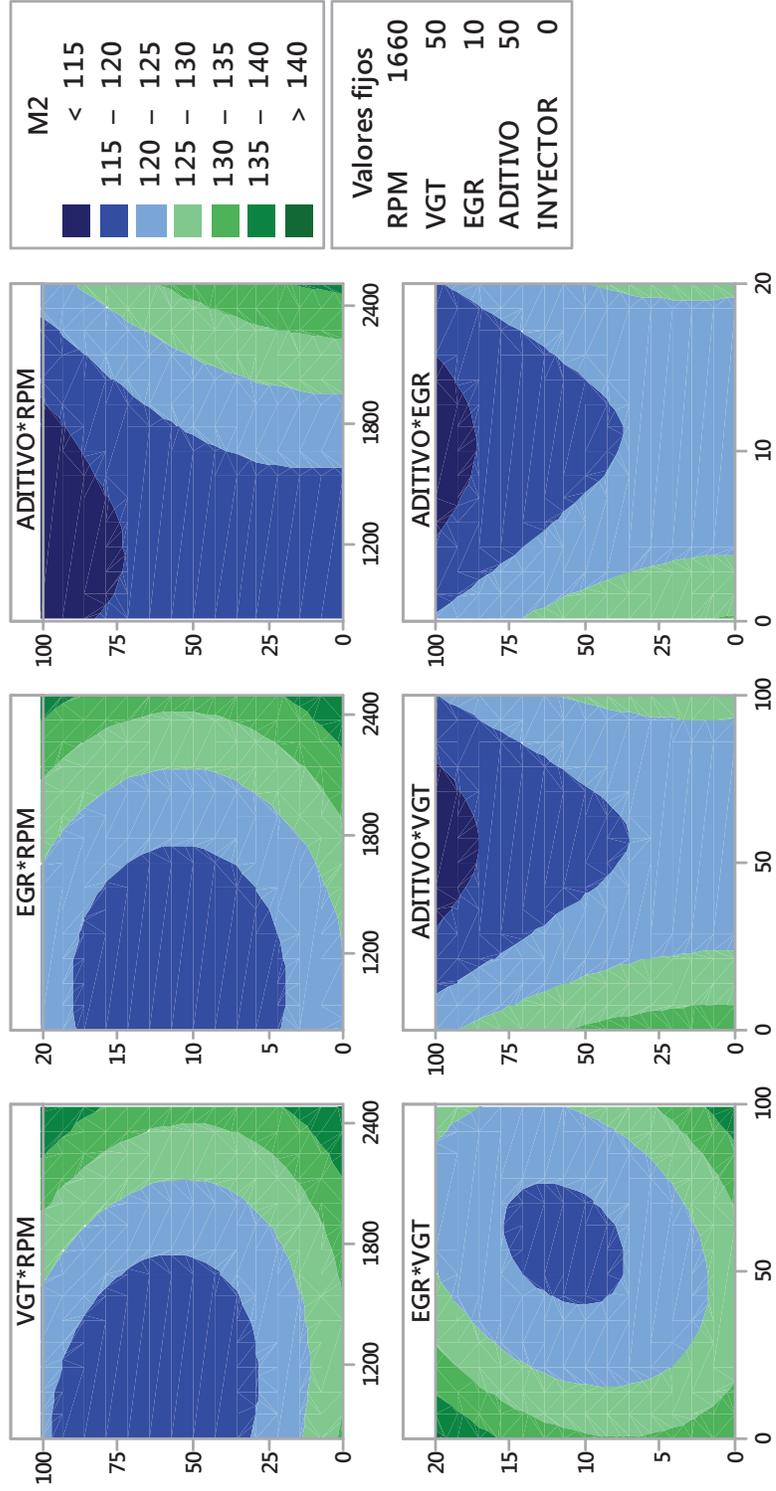
17/03/2016, _____

ANEXO 4. SUPERFICIES DE CONTORNO PARA M1, M2, M3 Y M4.

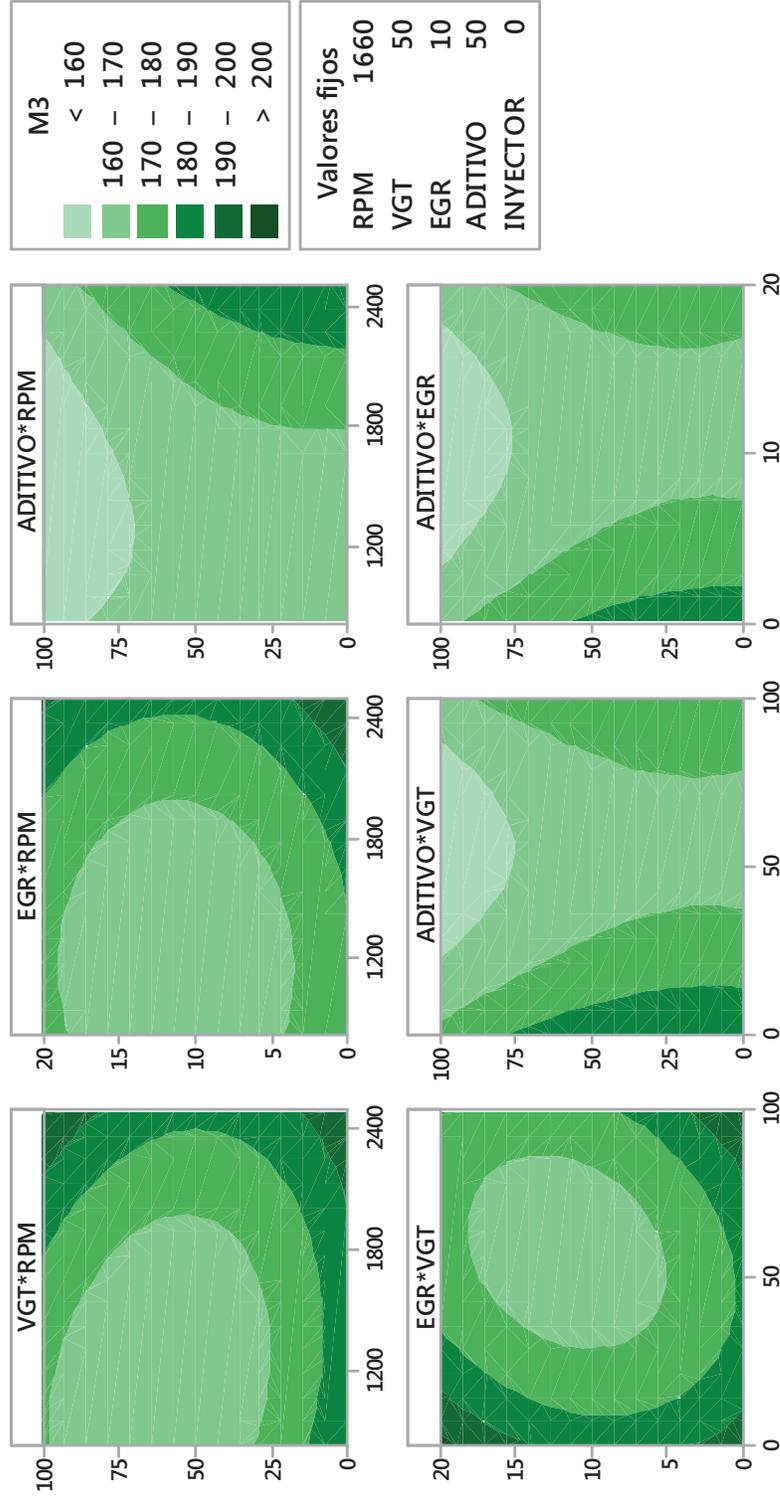
Gráficas de contorno de M1



Gráficas de contorno de M2



Gráficas de contorno de M3



Gráficas de contorno de M4

