

¿Cómo? y ¿por qué? un contratista de termografía infrarroja debería promover el uso del radiómetro de cobertura dentro de un programa de mantenimiento preventivo para el uso de clientes en sus plantas y fábricas



Presentado en "IR/Info 1996"
Orlando, FL

Autor: Gregory R. Stockton
Stockton Infrared Thermographic Services, Inc.
8472 Walker Mill Road
Randleman, NC 27317
800-248-7226
www.stocktoninfrared.com
www.AITscan.com

RESUMEN

Cada vez mas muchas empresas están dándose cuenta de las ventajas que se derivan de efectuar mantenimiento preventivo en general, y específicamente actividades de mantenimiento infrarrojo de prevención. Es decir, lo relacionado con el pronóstico de fallas eléctricas o mecánicas de sistemas. Esto se debe en parte a los esfuerzos realizados por nuestra industria para educar a los jefes de los departamentos de ingeniería y mantenimiento en cuando a las ventajas del pronóstico y como consecuencia, de esa forma, evitar que los problemas se conviertan en fallas de sistemas a través del uso de equipos de termografía infrarroja junto con contratos de servicios para documentar gráficamente problemas futuros. Sin embargo, yo pienso que nos hemos descuidado en cuanto a convencer a esas compañías de lo que en realidad necesitan: un programa efectivo de tecnología infrarroja de mantenimiento y diagnóstico, una encuesta de puntos calientes realizada anualmente. La contratación de los servicios de producción de imágenes termográficas infrarrojas debería ser sólo una parte del programa. En este trabajo presentaré el enfoque que estoy implementando con cierto éxito en las empresas de mis clientes.

INTRODUCCION

En ocasiones pasadas, he considerado mis servicios como una parte muy valiosa dentro de las actividades de mantenimiento de mi clientela, y ellos—obviamente—han estado de acuerdo ya que me han contratado año tras año. En otros tiempos, una vez terminada mi tarea, me iba llevándome el único medio de realizar las pruebas infrarrojas, ahora noto que mi función está cambiando. Mi meta como termógrafo infrarrojo es informar sobre los posibles problemas que puedan ocurrir en los sistemas eléctricos o mecánicos, antes que se produzca la falla, y sobre todo, hacerlo de una manera exacta y económica. Ahora bien, observo que hay dos áreas que necesitan mejoras, en mi opinión:

- 1) No inspecciono todo lo que necesite ser inspeccionado. Mientras realizamos las encuesta infrarrojas, literalmente pasamos cerca de cientos de unidades de equipos que se encuentran a punto de fallar. Pero ocurre que nosotros sólo tenemos un número limitado de horas o días para inspeccionar los sistemas mas importantes, de manera que pasamos por alto muchos de esos equipos.
- 2) La termografía infrarroja no es un remedio en si misma, y a veces las reparaciones no se hacen, o se hacen incorrectamente. En algunas instalaciones yo documento los problemas de las mismas unidades de equipos una y otra vez, año tras año. Con el objeto de atender estos dos aspectos, he tenido la idea de proveer a mi clientela con lo que ellos necesitan: el comienzo (o por lo menos la oportunidad de comenzar) un programa infrarrojo de diagnóstico y prevención en el cual mis servicios son sólo una parte del programa en general y no el programa en si.

AHORA, UN POQUITO DE HISTORIA

Comencé a realizar encuestas infrarrojas anuales o bienales en diferentes empresas que iban desde pequeñas oficinas hasta llegar a fábricas de acero. Acostumbraba ir al sitio, hacia la encuesta, redactaba el informe y se lo presentaba a mis clientes personalmente al día siguiente. Lo hacia y aún lo hago por diferentes razones:

- Me gusta asegurarme de que están satisfechos con mi trabajo y a la vez recibo una respuesta en cuanto a cómo mejorar mis servicios.
- Me interesa que ellos entiendan todo lo que aparece en el informe, particularmente la seriedad de los hallazgos y la importancia de lo que no se encontró.
- Me interesa transferir al cliente la responsabilidad de hacer las reparaciones así como efectuar el seguimiento de las temperaturas de los equipos.
- Prefiero terminar completamente el trabajo al irme.

La retroalimentación que he recibido ha sido generalmente favorable y positiva, pero realmente me interesan las críticas constructivas, que en su mayoría no han tenido lugar. De allí, que me haya dado cuenta de que voy a tener que determinar qué es lo que he hecho incorrectamente sin ayuda de ellos.

Anteriormente, dependiendo de muchos factores, acostumbraba inspeccionar las reparaciones como parte del contrato original, o como un contrato separado, si era necesario. Pero esto no es económico, ya que cuesta casi lo mismo planificar y realizar otra inspección para revisar varias unidades de los equipos, que realizar la encuesta original. A continuación encontraremos las razones principales:

- A. Calendario de actividades. Debo asegurarme de que todas las unidades que se estén inspeccionando por segunda vez estén operando y que estén en estado estacionario cuando estemos allí. Este aspecto de la programación de actividades puede crearle problemas al gerente de operaciones.
- B. Logística de la Planta. Toma una tremenda cantidad de tiempo viajar al sitio donde se encuentran las diversas unidades de equipos, aún más que la primera vez, debido a que no se encuentran en línea, sino esparcidas a lo largo y ancho de un área de 40 acres.
- C. Logística del termógrafo y presentación del informe. Cuesta casi lo mismo hacer una segunda inspección, por ejemplo, tiempo de encuesta, gastos de viaje y costo de la preparación del nuevo informe.
- D. Ejecución de las reparaciones. Es posible que no hayamos atacado todos los problemas. Diferentes problemas tienen diferentes grados de importancia, refiriéndonos al grado de calor y a su importancia dentro de la operación. También la disponibilidad de los repuestos o el período de paralización por las averías, surge la pregunta en cuanto a si debemos esperar hasta que se haya hecho la última reparación o sólo las reparaciones de las unidades “críticas,” antes de regresar a hacer otra inspección.

Observé que hacer otras inspecciones no era la solución para mejorar mis servicios. También noté que los problemas se repetían en encuesta tras encuesta, pero no sabía cuál era el verdadero problema hasta que una vez, mientras hacía una encuesta anual, observé que estaba haciendo un tercer informe termográfico del mismo motor de arranque en el mismo número de encuestas, el cual era idéntico a los dos termogramas previos.

- ¿Fueron ignorados mis termogramas anteriores?
- ¿El personal de mantenimiento no fue entrenado en forma apropiada para hacer la reparación?
- ¿Hice un diagnóstico incorrecto?
- ¿Por qué no arreglaron el problema?

Primero que nada, yo estaba haciendo una diagnosis incorrecta. En dos oportunidades había reportado una conexión floja, en una unidad. La primera vez, el electricista había apretado la tuerca. La segunda vez, la tuerca fue desarmada y limpiada. Ahora, todavía estaba caliente. Resulta ser que los contactos del motor de arranque se habían dañado y el calor estaba llegando a la tuerca. Debido a mi falta de experiencia ese repuesto podría haber fallado. No quiero tener la responsabilidad (responsabilidad legal) de una posible falla. Observé que no había forma de inspeccionar nuevamente la tuerca después que me hubiese ido con el escáner. Saqué mi radiómetro, se lo di al electricista y él verificó el delta-T. Recordé esa noche, que el año anterior yo había pensado en prestarles el radiómetro por unas dos semanas, pero decidí no hacerlo.

Pensé entonces que tenía la respuesta al problema de revisar los hallazgos sin exceder su presupuesto, o afectar mis ingresos al hacer una segunda inspección gratis. Lo único que yo tenía que hacer era convencer a mis

clientes de que se compraran un radiómetro, de forma que ellos pudieran revisar las reparaciones ellos mismos, y hacer un seguimiento de las temperaturas en otros equipos.

Así fue que por espacio de más de un año, siempre que yo hacía la inspección, trabajaba con el electricista durante la realización de la encuesta con mi radiómetro, y hablaba con mis clientes sobre las ventajas de que ellos también lo usaran y que tuvieran uno.

Inmediatamente supe que, desafortunadamente, destinar cientos de dólares para la compra de un instrumento, o encontrar el radiómetro viejo e instalarle baterías nuevas no era problema. El problema era que:

- Ellos no sabían usar el radiómetro
- Carecían de un plan para usarlo
- Los gerentes no estaban muy seguros de que quisieran invertir tiempo y dinero para usarlo.
- Otros individuos dentro de la misma empresa ni siquiera pensaban que debían usarlo.

¿POR QUE NO POSEER UNA CÁMARA YA?

Cualquiera que en realidad entienda las ventajas de la termografía infrarroja, sabe que aún una empresa de tamaño mediano puede usar una cámara. Pero para la mayoría de los departamentos de ingeniería y mantenimiento, comprar un sistema de producción de imágenes es un sueño. Nosotros podemos explicar y aún mostrarles a los ingenieros y gerentes, a través de bellas imágenes,—a todo color—y en gran medida en papel, que el hecho de poseer un productor de imágenes puede beneficiar en gran medida sus operaciones. Entonces, ¿por qué no comprar una cámara?

Ya que yo trabajo con compañías que producen cientos de miles de dólares mensualmente, por supuesto que estas compañías pueden darse el lujo de comprar productores de imágenes, elementos de computación, etc. que cuestan entre \$70.000 y \$100.000. Pueden darse el lujo de tener un sistema de producción de imágenes, pero no pueden JUSTIFICAR poseer un sistema de producción de imágenes por diversos motivos:

Primero, todos los ingenieros tienen que justificar la posibilidad de este gasto.

No tienen prueba de que funcione. Ellos no pueden asignarle ningún valor a estos informes, a las reparaciones que se hayan hecho, o a los ahorros monetarios que se hayan disfrutado. Aunque quisieran hacerlo, cómo se puede probar algo tan intangible, (¿Cómo pueden probar un supuesto negado?) Mis clientes me contratan para que yo prevenga cierres en las operaciones. Ellos no van a dejar que un problema se convierta intencionalmente en una falla sólo para probar un punto.

Segundo, aún cuando ellos investiguen seriamente la posibilidad de comprar un sistema, en cierto momento ellos se dan cuenta de algo que todos sabemos en esta industria, y es el hecho de que tener un sistema es la parte más económica dentro de un programa de termografía infrarroja de mantenimiento. Contar con un personal bien motivado, dedicado y bien entrenado en la operación y administración del programa; van a ser los aspectos más caros del programa. Esto es evidente en aquellas plantas donde yo hago la encuesta y que poseen una cámara vieja, llena de polvo. Así es que ellos no saben cuánto les va a costar el programa.

Tercero, ellos están buscando una justificación para comprar el sistema y usarlo para prevenir el cierre no planificado de los sistemas eléctricos y mecánicos. Como se dijo anteriormente, aún así, esto es difícil. Es aún más difícil probar que la termografía infrarroja también pueda mejorar sus instalaciones y sus procesos. He tenido un éxito tremendo en el mejoramiento de procesos a través de los años, algunos completamente por accidente. Simplemente, en muchas ocasiones, estaba observando algo a la ligera mientras iba a la próxima unidad de equipo. Es difícil justificar estudios de este tipo, ya que a veces nosotros somos los primeros termógrafos en observar estos procesos con una cámara infrarroja, para que un ingeniero entre a la oficina de un gerente y diga: “Yo creo que deberíamos comprar esto para mejorar nuestros procesos”.

Con el avance de los sensores y de los sistemas de producción de imágenes, en general, hoy día no estamos limitados por la habilidad de la cámara, a tomar lecturas de temperaturas o a distinguir diferencias entre

temperaturas, mas bien estamos limitados por nuestro conocimiento de cuán frío o caliente se supone que esté un objeto o cuál sera el patrón normal de calor.

Ellos no van a justificar un sistema de producción de imágenes sólo porque el jefe de ingenieros y yo digamos que la cámara pagaría por si misma. Ellos van a necesitar pruebas mas concretas.

¿POR QUE ADQUIRIR UN RADIOMETRO YA?

Volviendo a mis premisas anteriores, mi misión es la de tratar de ayudar a mis clientes y mejorar los servicios que les ofrezco para ayudarlos a alcanzar un verdadero estatus de mantenimiento de pronóstico.

Veamos ahora unas verdades terribles:

- Ellos tienen un presupuesto limitado dedicado a la termografía infrarroja.
- Es contraproducente desde el punto de vista económico que yo inspeccione todas las maquinarias de una planta. También es absurdo que no les cobrara nada por hacer una segunda inspección.
- Yo podría sugerirles que adquirieran un radiómetro y que lo usaran.
- Quizás ellos cuenten con el radiómetro, pero es posible que no tengan un plan de acción para usarlo.
- En realidad necesitan un sistema de producción de imágenes, pero no pueden encontrar una justificación para comprarlo.

Lo que ellos necesitan es un programa para comenzar, que debido a sus méritos conduzca a la adquisición de un sistema de producción de imágenes y los recursos humanos para la implementación de un programa mas avanzado.

Por eso es que me gusta promocionar un programa de termografía infrarroja de mantenimiento predictivo, usando un radiómetro. Ellos pueden darse el lujo de adquirirlo. Yo puedo ayudarlos a que aprendan a usarlo. Así adquirirían un poco de experiencia, podrían documentar sus éxitos, y probarles el caso a los directores, de forma que se decidieran a adquirir una pieza mas avanzada como parte de este equipo de producción de imágenes.

Creo que hay dos factores que tendrían que converger para el beneficio de mis clientes en años futuros:

- El precio del equipo infrarrojo bajará en un futuro, y,
- Estarán listos para aprovechar esta oportunidad ya que ellos comenzaron el programa con mi ayuda hoy día.

UN MEDIO PARA UN FIN

Cuando yo entro por la puerta de una planta, donde he realizado una encuesta, debo:

Evaluar sus necesidades basándome en el tamaño, complejidad e importancia del tiempo útil de la operación. Por ejemplo, un pequeño centro de computadoras o un hospital que debe tener sólo 3000Amperes de servicio, pero el tiempo útil de la operación es de importancia crítica. Ellos necesitan un buen programa de mantenimiento de pronóstico. Por otra parte, en una manufacturadora que funciona 6 días a la semana, 12 horas al día con un servicio relativamente de 8000Amperes, quizás no necesite un programa tan amplio, aún cuando ellos consuman mas electricidad. El tipo de operación que yo inspeccione en un momento dado es un factor importante. Una pequeña oficina en un edificio o en un almacén no necesita tanta termografía, como por ejemplo, una planta de moldeamiento o una fábrica de fundición de metales.

También tengo que tener una idea de que tan receptivos, listos y proclives a cambiar sean los diferentes niveles del personal. Por lo menos el usuario de mis servicios y probablemente el personal de ingeniería y mantenimiento se dan cuenta de la validez del programa, o de lo contrario, yo no estaria allí. Sin embargo, muy pocos están conscientes del número y la diversidad de aplicaciones que existen dentro de la termografía

infrarroja. Como ocurre frecuentemente, a ellos se les ha sugerido que inicien un programa de termografía infrarroja, pero no tienen el personal necesario para implementarlo. ¿Cómo pueden ellos?—Cuando su personal de mantenimiento ha sido reducido a su mínima expresión por los mismos directores bien-intencionados que quieren que ellos implementen este nuevo programa—.

Yo debo averiguar cuál es el nivel de sofisticación al cual se realizan las actividades de mantenimiento y por qué no tienen personal disponible y los recursos para trabajar en el programa de mantenimiento predictivo. Estas razones varían, pero en muchas plantas ellos están dando vueltas en círculos, atrapados en un mantenimiento reactivo total. El personal de mantenimiento se la pasa todo el día “pagando incendios.”

Más verdades terribles:

- Cierta grado de mantenimiento reactivo siempre va a ser necesario, no importa que tanto progresen ellos.
- Su programa de mantenimiento preventivo es probablemente inadecuado, o quizás inexistente.
- Ellos necesitan un buen programa predictivo para que puedan así:
 - A) Planificar actividades de mantenimiento predictivo, y
 - B) Reunir datos para ser proactivo con su mantenimiento.
- Ellos no tienen el presupuesto para contratar personal a tiempo completo.
- Ellos no tienen tiempo para implementar un programa de mantenimiento predictivo en la planta, porque están—más bien—reaccionando a los problemas, en vez de pronosticar y luego prevenirlos.

Para salir de este círculo vicioso del mantenimiento reactivo, van a necesitar un presupuesto mayor. Para obtener un presupuesto mayor, ellos necesitarían una evidencia tangible de que el programa en efecto será productivo. Mientras tanto, ellos van a tener que continuar “apagando incendios” a la vez que trabajan en la realización de un plan que se pueda llevar a cabo, con el presupuesto actual, para permitir que el programa en sí demuestre que tiene sus propios méritos.

¡Con eso es que yo puedo ayudarlos!

Primero que nada, puedo llamar la atención de los gerentes al hacer una excelente encuesta de termografía infrarroja. El informe de la encuesta tiene que impresionar no sólo al personal de ingeniería, sino a la directiva media y alta. Típicamente esas personas vienen de operaciones, mercadeo, ventas o recursos humanos; no tienen conocimientos de ingeniería. Yo tengo que elaborar los informes, de tal forma que sean fáciles de entender por parte de la administración, y fáciles de usar por el departamento de ingeniería.

Para lograr esto, hago lo siguiente de manera concienzuda:

- elaboro una extensa y detallada lista (del equipo).
- hago un video de 8mm de todo lo que inspecciono, tenga problema o no, y ellos reciben una copia de eso en VHS.
- imprimo fotos a todo color, así como termogramas infrarrojos acerca de mis informes termográficos individuales; típicamente 4 o 5 fotos por cada hallazgo. Hago esto para proporcionar perspectiva a las fotos visuales así como a los termogramas infrarrojos.
- copio el archivo de la hoja electrónica y les doy un disco.

En segundo lugar, puedo interesar al personal de mantenimiento en la termografía. Esto es extremadamente importante. Trato a todos con respeto. Escucho sus quejas sobre la administración, y luego los reto para que cambien la forma en que se hacen las cosas. Desde el jefe electricista hasta los que quitan las cubiertas de los tableros de corta-circuitos, les explico lo que estoy haciendo y por qué. Me gusta que estas personas insistan en hablar con sus jefes en cuanto a asistir al seminario que he planificado al finalizar la inspección.

Tercero, puedo ayudarlos a comenzar el programa. Ellos necesitan comenzar con buen pie, para ello es importante que tengan unos cuantos éxitos. Estos son fáciles de lograr. ¿Qué pasó con aquel tablero oxidado que no funcionaba cuando estuve allí la última vez, porque la máquina estaba parada? Ellos pueden enviar a alguien para que la revise cuando esté funcionando. También durante esta encuesta, usualmente le doy un radiómetro al ayudante y hago que él le de una ojeada a las temperaturas de los pequeños motores que están en

línea. El regresará diez minutos después, habiendo encontrado la temperatura de un mecanismo de embobinado por encima de 200o F; a menos que ellos exijan Celsius o Kelvin, todo mi trabajo es en grados Fahrenheit. Esto, les aseguro, es el comienzo del programa de termografía infrarroja de la compañía. El acaba de encontrar un problema antes que ocurra una falla, y lo ha hecho sin mi o mi cámara.

DESPUES DE LA ENCUESTA

Digamos que todo va viento en popa. He despertado el interés del personal a todos los niveles. Hemos llegado al día siguiente después de la encuesta, típicamente más de un día; el informe de la encuesta está listo, y hemos convocado al personal a una reunión de cuatro horas.

PRESENTACION DEL INFORME

Dentro del proceso de instalación del programa, es clave que todos participen desde el principio. Haré la presentación del informe al comienzo del seminario. Para ese momento habré instigado el interés del personal en la termografía infrarroja. Es mejor usar un salón de conferencias en vez de un salón de clases. Es más cómodo para los participantes; es tranquilo y todas las ayudas audio-visuales usualmente funcionan apropiadamente. Con la administración presente y luego de habernos presentado mutuamente, reviso el informe poniendo atención al usuario, a los directores, y al electricista—que me acompañó durante la encuesta—. Luego trato de explicarles a los directores, en una forma simple, la teoría en la cual se basa la termografía infrarroja. Si estos directores son algo perceptivos, (y generalmente lo son), observarán el interés en los ojos de los asistentes. Estos son unos momentos muy importantes. Todos lucimos bien.

- El usuario luce bien, ya que el gastó el dinero de la compañía en un proyecto que vale la pena.
- El electricista luce bien porque él tiene conocimiento de todos los hallazgos. El estaba allí conmigo, y siempre recuerda los detalles mejor que yo, ya que él ve esos equipos a diario, y probablemente los ha reparado en varias oportunidades.
- Los ayudantes quedan bien parados, porque tienen algo importante que añadir a la discusión.
- Yo luzco bien porque mi informe luce muy bien.
- Los administradores quedan bien ante los ojos de los trabajadores porque aquellos muestran interés en los problemas del departamento de mantenimiento—ya que están tomando tiempo para asistir a esta reunión—.

Hacia el final de la presentación del informe, le mostraré a la administración algo que encontré, que no está relacionado, ni con los equipos eléctricos, ni con los equipos mecánicos. A menudo existe un termograma que él puede llevarse de algo que quizás pueda estar relacionado con producción o los procesos. Esto hace que ellos comiencen a pensar que existen otros usos de esta tecnología.

EL SEMINARIO

Muy pocos administradores quieren quedarse para asistir al seminario. Pero a la vez dan su opinión antes de irse, en cuanto a que aprueban lo que estamos haciendo. Esto permite que nos podamos relajar, a la vez que comienzo mi seminario.

A continuación encontraremos un esbozo de lo que trato de cubrir en cuatro horas:

Les entrego un resumen del seminario y comienzo por anunciar que cada pieza del equipo eléctrico o mecánico que haya tenido fallas el año anterior, en su planta, se ha quemado. Los reto, luego, a discutir esta afirmación. No pueden refutármelo. Es simplemente Física básica. Tenemos que revisar las temperaturas, de forma que podamos descubrir los problemas, y hacer planes para repararlos antes que fallen.

A) DIFERENTES TIPOS DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

- 1) Reactivas
- 2) Preventivas
- 3) Pronóstico
- 4) Proactivas

B) JUSTIFICACION

Yo saco un panfleto mostrando los servicios de los fabricantes de cámaras infrarrojas y les digo que ellos pueden darse el lujo de comprarlas, pero no pueden justificarlas. Les confirmo que en efecto esa es la última tecnología.

C) LA HISTORIA DE LA PLANTA EN CUANTO A SU EXPERIENCIA CON LA TERMOGRAFIA INFRARROJA. Hacemos un recuento de la historia de la planta en cuanto a su experiencia con este tipo de tecnología y les doy mi opinión en cuanto a donde creo yo que ellos deberían estar en estos momentos. La forma de comprar una cámara es tomando un radiómetro y luego justificar un instrumento mejor.

D) LA IMPORTANCIA DE LA DOCUMENTACION

Al asignarle un valor a las piezas reparadas, y al controlar el verdadero costo del programa de termografía infrarroja, puedo llamar la atención de todos. Llega el momento, pues, en que de acuerdo con el interés que yo haya despertado en ellos, les introduzco algunos puntos de interés personal para ellos, tales como:

- 1) Esto es algo bueno para la compañía, el sitio de donde sale el cheque que ellos reciben.
- 2) Cualquier nuevo conocimiento los hace a ellos más valiosos.
- 3) Cambiarían ellos esa conexión de emergencia a las tres de la mañana, o en una forma planificada.
- 4) Saber como realizar un mantenimiento de pronóstico predictivo se hace cada vez más importante para aquellos que contratan personal de mantenimiento; eso luce muy bien en el curriculum.

E) DESARROLLANDO EL PROGRAMA

- 1) Las ganancias concretas e inconcretas de tener un programa de termografía infrarroja.
- 2) Cómo destruir un programa de termografía infrarroja básica.
- 3) Ventajas y desventajas de contratar a un termógrafo.
- 4) Cómo cultivar un programa de termografía infrarroja.
- 5) Usos tradicionales no-tradicionales de la termografía infrarroja.
- 6) Lo que no se puede hacer con un radiómetro.

F) LAS DIFERENCIAS ENTRE TERMOGRAFIA INFRARROJA CUALITATIVA Y CUANTITATIVA

- 1) Criterios para determinar si existe un problema.
 - a) Criterios absolutos
 - b) Criterios Delta-T
 - c) Tendencias Delta-T (Tiempo y temperatura)
- 2) Más conocimientos básicos sobre calor y lo que arruina los equipos.
 - a) Eléctricos = Resistencia
 - b) Mecánicos = Fricción
 - c) Fatiga

G) USOS ESPECIFICOS DE LA TERMOGRAFIA INFRARROJA

- 1) Revisión de los hallazgos hechos en los componentes de los equipos de distribución.
- 2) Revisión del equipo que no estaba funcionando o que estaba bajo llave durante la encuesta.
- 3) Revisión de las nuevas instalaciones del equipo eléctrico de distribución.
- 4) Revisión de otros componentes eléctricos.
- 5) Conteo de temperaturas en motores eléctricos.
- 6) Otros usos de la termografía infrarroja.

H) FUNDAMENTOS DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR Y LA TEORIA DE TERMOGRAFIA INFRARROJA

- 1) Las cuatro escalas de temperaturas.
- 2) ¿Qué es calor?

J) DIFERENTES INSTRUMENTOS DE MEDICION DE TEMPERATURAS

- 3) Detectores sin contacto
- 4) Sin imágenes
- 5) Con imágenes

Al llegar a este punto, hacemos una pausa, y al regresar, reviso todo el material cubierto.

K) EL SENSOR, LA ATMOSFERA Y EL OBJETIVO

- 1) El sensor:
 - a) ¿Qué es un radiómetro y como funciona?
 - b) Rasgos de los diferentes radiómetros
 - c) Exactitud y repetibilidad
 - d) Revisando la calibración
 - e) El tamaño del punto en relación con la distancia proporcional del objetivo, características ópticas, como evitar problemas.
- 2) La atmósfera: Polvo, vapor y el estado del tiempo
- 3) El blanco: $T + E + R = 100\%$ energía radiada
 - a) Transmisión
 - b) Emisividad
 - c) Reflectividad
 - d) Como evitar problemas

L) REVISION RAPIDA DEL DESARROLLO DEL PROGRAMA

M) RAPIDA REVISION DEL SENSOR, LA ATMOSFERA Y EL OBJETIVO

Hago la demostración en esta forma: Lleno tres jarras de leche de un galón de capacidad con agua caliente del grifo. No cubro la primera, pongo cinta aislante alrededor de la segunda jarra. Coloco papel aluminio alrededor de la tercera. Luego les pido a los participantes que escriban la temperatura del agua de cada jarra. Ya que esta demostración toma algo de tiempo, dependiendo del número de radiómetros que tengamos disponibles, y del número de participantes, nos tomaríamos un receso mientras todos se turnan con las jarras. Permanezco en el salón, y mientras tanto, aprovechamos de tener una sesión individual de preguntas y respuestas.

N) EL LABORATORIO DE TERMOGRAFIA INFRARROJA (CONTINUACION)

Cuando todos hayan terminado, anoto las temperaturas en orden cronológico, (no por nombre), de manera que todos puedan ver. Este ejercicio es muy bueno debido a varias razones:

- 1) Me permite evaluar qué tan bien entienden ellos, según sea la exactitud de los números que aparecen en las jarras #1 y #2.
- 2) Ellos ven que es casi imposible obtener la temperatura correcta de la jarra que fue envuelta en papel aluminio.
- 3) Ellos pueden observar el cambio de temperatura a medida que avanza el tiempo, ya que el agua se enfría a temperatura ambiente. (El más atrevido de la clase les quita las tapas a las jarras y obtiene la temperatura del agua en las tres jarras en cuestión de 30 segundos, pero también podría obtener las temperaturas correctas a través de los métodos regulares.)

O) PRUEBAS EN LA PLANTA:

A continuación nos dirigimos a un área de la planta que no sea tan ruidosa, de forma que podamos practicar. Trato de no tocar el radiómetro. Nos acercamos a un motor de arranque, o cualquier otra pieza eléctrica del conmutador eléctrico donde haya encontrado un problema, y que sea fácil de abrir, confirmo el Delta-T. Revisamos la temperatura de un motor o dos, y ellos hacen las operaciones matemáticas. Siempre mido la emisividad de algo, ya que esta parece ser la cosa más difícil de entender por parte de los participantes. También señalo un área específica que no haya sido inspeccionada, donde creo que encontrarán un problema. La cantidad de tiempo que nos lleve esta actividad dependerá del tiempo que nos quede. Es bastante información que ellos tendrán que digerir en una clase de cuatro horas. Algunos entienden, otros están perdidos. Pero todos ven el propósito y la validez de este método.

ESCOGIENDO EL PERSONAL DEL PROGRAMA:

- 1) Alguien de Ingeniería tendrá que administrar el programa. Hoy en día, casi todo aquél que se encuentre en Ingeniería tiene conocimientos de computadoras; aunque el programa inicial del radiómetro no va a requerir de trabajo intenso de computación. A mi me gusta que ellos comiencen con sólo pocas piezas de equipo, con datos acumulados con lápiz y papel, de forma simple.
- 2) Alguien del personal de mantenimiento tendrá que hacer las pruebas en el campo. Aunque en un principio quizás el candidato apropiado sea el jefe de los electricistas, él no debería ser escogido para reunir los datos. Él es el mejor reparador de desperfectos, y no tendrá tiempo. Sería mejor seleccionar a alguien que tenga muchas aptitudes para hacer reparaciones de todo tipo. Quizás alguien que conozca bien la planta, pero que más recientemente no haya sido retado o que no esté muy contento con su posición dentro de la empresa.

COMO SE BENEFICIA EL CONTRATISTA

Hay siempre un participante mayorcito en la clase que se pregunta por qué me estoy buscando tantos problemas con este seminario. Él ha estado trabajando desde hace mucho tiempo en la empresa y sabe que nada es gratis. No les estoy cobrando nada ni por la presentación del informe, ni por el seminario. No vendo ni radiómetros, ni cámaras. Así es que llegado el momento, les explico como me voy a beneficiar yo de esto:

Creo que es bueno que yo mejore constantemente el servicio que les presto a mis clientes. No voy a ignorar los problemas obvios, tales como los problemas que se repiten una y otra vez, o las fallas de los equipos que pudieron haber sido salvados a través del uso de la termografía infrarroja, aún cuando yo no reciba honorarios por encontrar dichos problemas.

Mi negocio se mantiene a través de las recomendaciones que hacen los clientes. Estas personas se comunican intensamente. Por así decirlo, forman redes de comunicación como forma de publicidad. Por cada cliente que pierda en un programa hecho en casa, tendré dos o tres cuentas nuevas.

Se cual es el mensaje de todo esto. Aunque se ha hablado por años de que los precios de los equipos infrarrojos bajarán, todavía conservo una calculadora que de "Texas Instruments" que compré por \$75 cuando estaba en la universidad...Una calculadora con más funciones, puede comprarse hoy día por \$12.50. Tengo la intención de adaptarme al mercado.

También quizás llegue a trabajar en el área de investigación, como resultado directo o indirecto de un comentario o de un pensamiento de alguien mientras hacia la presentación del informe o durante el seminario.

En cuanto a la venta del equipo o de servicios similares, esta es mi opinión:

- Ellos pueden comprar radiómetros por un mejor precio que el que yo pueda obtener, ya que las casas suministradoras trabajan en base al volumen. Recomiendo que ellos compren una unidad no muy cara. Aunque algunas veces me lo piden, yo no hago reparaciones. No soy reparador de equipos. Creo que existe un fuerte conflicto de intereses en esta práctica.
- Hay otra razón, aunque menos tangible, pero también importante, que me mantiene interesado en esto: revisar la teoría infrarroja y sus aplicaciones semanalmente es bueno para mí. Mis pensamientos son más compactos cuando tengo que pararme enfrente de estas personas.

¿NECESITAN ELLOS REALMENTE TODO ESTO?

Ahora bien, permitanme discutir mis propias premisas. Esto equivale a decir que la tesis principal de este trabajo estaría equivocada. Veamos cuales son esas remisas. Antes que yo pueda ayudar a mis clientes, necesito asegurarme de que:

ELLOS NECESITAN UN PROGRAMA.

He estado presente en plantas donde debido al tamaño, lo simple de los sistemas, o la simplicidad del tipo de operación, tienen poca necesidad de usar la termografía infrarroja. Quizás ni siquiera sean dueños del edificio o de la maquinaria donde funcionan.

ELLOS QUIEREN UN PROGRAMA.

- Algunos miembros del personal de Ingeniería de algunas plantas tienen lo que algunos psicólogos llaman “Debilidad aprendida”. Cada vez que ellos comienzan un nuevo programa, pronto lo abandonan. Como resultado de esto, ellos no hacen nada nuevo. En parte esto se debe al hecho de que ellos no pueden obtener los fondos monetarios necesarios para iniciar el programa. Quizás subestiman los costos o exageran los ahorros, o quizás ocurran las dos cosas al mismo tiempo.
- También puede haber un impedimento en cuanto al presupuesto de la institución en cuestión. He aquí un ejemplo brillante: Me encontraba haciendo una encuesta en un inmenso equipo de distribución de una planta cuando noté unas piezas de plástico que cubrían el sistema de conexiones. Así fue que durante el almuerzo, mientras estaba hablando con el ingeniero de mantenimiento de la planta acerca del techo de su planta, él me dijo que había usado encuestas infrarrojas de humedad con mucho éxito en otra planta donde trabajó anteriormente, y sabía que el techo tenía problemas. Sin embargo, si estamos de acuerdo en que del 10% al 20% del techo necesitaba reparaciones, ese dinero sería tomado de su limitado presupuesto de mantenimiento. Por otra parte, si él esperaba unos días más, cuando el proyecto de reparación del techo fuese considerado como “un gasto capital” no afectaría su presupuesto... **¿Cómo podemos estar en desacuerdo con este tipo de lógica?**
- También, en más de una ocasión, he tenido que explicar por qué tenemos que inspeccionar las subestaciones de servicios públicos de la planta, aún cuando esas subestaciones no sean propiedad ni sean mantenidas por la planta.

ELLOS PUEDEN DARSE EL LUJO DE TENER EL PROGRAMA

Algunas plantas están constantemente al borde de la bancarrota. Antes de establecer un programa para reducir el tiempo de inactividad, tiene que haber una razón para mejorar el tiempo útil. Una planta que produce 1/10 de su capacidad, tiene suficiente tiempo de inactividad para reparar cualquier cosa que falle. Además, la actitud del personal en estas plantas no es conducente al mantenimiento proactivo. Quizás ni siquiera tengan personal de mantenimiento, y no hay—entonces—necesidad de tratar de convencerlos de lo contrario.

ELLOS QUIEREN HACERLO EN CASA

Digamos sólo por argumentar, que ellos saben que necesitan un programa, quieren implementarlo y han obtenido los fondos monetarios adecuados. Quizás tengan que contratar por fuera al personal de termografía. Estas son algunas de las razones para ello:

- **EL COSTO.** A ellos les cuesta \$50+ por hora/obrero adquirir el personal para su programa. Si calculamos la historia de la ineficiencia de los programas anteriores (percibida o real) de su personal ordinario, el costo del sobretiempo, el costo de la supervisión y administración, el verdadero costo puede alcanzar más de \$100 por hora/obrero, y ello sólo incluye la mano de obra. Luego, viene el segundo paso, que es desembolsar entre \$70.000 y \$100.000 para comprar equipos, accesorios y programas de computadoras, los cuales quizás estén obsoletos en cosa de 3 a 5 años más tarde o quizás menos. Mas el entrenamiento del termógrafo y el administrador. Este entrenamiento es una absoluta necesidad. Toma un mínimo de dos semanas por año, por persona, lejos de la planta, más los gastos. (Agreguemos dos o tres semanas si ellos están inclinados a hacer trabajos escritos basados en sus investigaciones.) ¿Que tal si esas personas deciden dejar la empresa en cosa de un año o más?
- **OBLIGACIONES LEGALES.** A nosotros, como contratistas, no nos gusta pensar en esto, pero hay una responsabilidad implicada en todo lo que incluimos o no en el informe. Este hecho a menudo conforta a los directores ya que todos tenemos que tener seguro de responsabilidad civil.

- **OPINION DE LOS EXPERTOS.** A algunos ingenieros les gusta tener a alguien que vaya de afuera a inspeccionar sus plantas, porque ellos sienten que su gente quizás está muy cerca de la operación. También, se supone que nosotros seamos expertos, ya que hemos visto equipos similares, o hasta exactos a los equipos de otras plantas, a diario.

RETORNOS DISMINUIDOS

Siempre comienzo con el equipo principal de distribución de la subestación de la planta, luego paso gradualmente a los circuitos menos importantes. Generalmente de lo más importante hacia abajo, esa es la forma en que ordeno las prioridades. Con cada unidad por debajo de las más importantes, obtenemos un retorno de inversión cada vez más pequeño. Tomar la decisión en cuanto a ¿qué inspeccionar con la cámara, o qué unidades observar con el radiómetro (Ver Sección G, página 10), con qué frecuencia inspeccionar, (el mejor retorno se obtiene durante la primera encuesta o inspección) y qué unidades no inspeccionar en absoluto? será la tarea más difícil que enfrenta el director del programa de mantenimiento predictivo de termografía infrarroja. Claro está que algunas unidades no garantizan inspección. Aunque el personal de la oficina no esté de acuerdo, el receptáculo de la única fotocopiadora decente de 110 voltios de toda la planta no constituye una inspección justificable para una cámara infrarroja. ¿Pero qué pensar de hacerle una inspección al receptáculo de la computadora de la planta de operaciones?

OPINIONES ENCONTRADAS

Debido a la diversidad de la operaciones de mis clientes, diferentes estructuras que caracterizan las diferentes empresas, sus características políticas y geográficas, no existe una fórmula estándar que funcione para todos. Yo he obtenido diferentes resultados con prácticamente cada planta. Aún dentro de las diferentes divisiones de la misma planta, los resultados varían.

Para la preparación de este trabajo, conversé con muchos de mis usuarios sobre su progreso. A continuación presento sus respuestas:

- Todos estaban satisfechos en general con mi trabajo.
- Todos dijeron que ellos pensaban que el programa era una buena idea.
- Ninguno de ellos ha pensado que ya hayan llevado el programa lo más lejos que les gustaría.
- Ninguno de ellos cree que puedan tener una cámara dentro de un año.
- Sólo varios de ellos no habían adquirido un radiómetro..
- Uno sólo de ellos dijo que era una pérdida de tiempo hacer el seminario.
- Muchos pensaron que yo había dedicado mucho tiempo del seminario al desarrollo del programa, y no había dedicado suficiente tiempo al uso del instrumento en sí.
- Varios estaban usando el radiómetro en sus procesos.
- La mayoría de ellos descubrieron que no se hicieron algunas de las reparaciones correctamente.
- Todos los usuarios que estaban tratando habían obtenido buenos resultados concretos.

Claro está que los planes que yo les hago no siempre funcionan debido a muchos factores, quizás a veces no haga el seminario, aunque siempre realizo la presentación del informe de alguna manera. A veces una persona más o menos importante de la planta no se encuentra presente cuando he estado allí. Algunos quizás tengan asuntos pendientes que resolver en esos momentos, tales como una nueva instalación o tratar algo relacionado con la producción o problemas de personal. Hay otros que están esperando una oportunidad para pedir su jubilación, otros sólo están interesados en colocar una X en la casilla de una planilla para salir del paso, éstos individuos usualmente deciden que yo no soy la persona apropiada para hacer la encuesta cuando hablo con ellos por teléfono previamente y comienzo a explicarles detalles tales como: Necesito que alguien quite las cubiertas de los paneles, vamos a hablar con la gente de producción para hacer el cronograma del trabajo necesario cuando podamos inspeccionar la mayor cantidad del equipo que sea posible, y necesito cuatro horas para hacer el informe y el seminario.

Afortunadamente, no tengo que enfrentar muchos problemas de este tipo. Sólo por el hecho de que este allí, es una indicación de que ellos aprueban mi metodología y de que quieren mejorar la eficiencia de la planta.

En su mayor parte, he tenido éxito. Luego de releer este trabajo, mi mentor/jefe, Lee Allen (Allen Applied Infrared Technology) me dijo que yo debería añadir aquí que lo que funciona con unos puede que no funcione con otros. Pero en general, estoy satisfecho con los resultados que he logrado. No espero que ellos progresen a la velocidad de la luz infrarroja. No tengo problema con hacerles el seminario cuando rindo mis servicios, cuando cambièn el personal, o cuando ellos quieran que yo lo haga.

Considero que saber usar el radiómetro es sólo un detalle, mucho menos importante que el desarrollo del programa, y que lo que se inspecciona. Primero, ellos tienen que saber *¿por qué?* (de tener un programa), *¿qué?* (unidades incluir en el programa), *¿cuándo?* (frecuencia de las inspecciones), y *¿dónde?* (área con mayor potencial de mejoramiento). Luego de esto, podemos preocuparnos de *¿cómo?* obtener las medidas repetibles de temperatura.

La termografía infrarroja tiene una gran ventaja sobre otras tecnologías de pronóstico en la medida en que es inmediata, gráfica, y relativamente fácil de entender. Un programa exitoso de tecnología infrarroja de mantenimiento de pronóstico puede ser un trampolín para justificar otros programas de mantenimiento de pronóstico. Ellos van a usar estas tecnologías en el futuro, yo quiero que ellos piensen que yo soy el catalizador que los llevará a un verdadero estado de mantenimiento de pronóstico y—eventualmente—al mantenimiento proactivo. Yo los incito a ellos a usar otras tecnologías de pronóstico, tales como, vibración de motores y mecanismos de impulsión y ultraacústica de vapor y de sistemas de aire.

CONCLUSIONES

Se están descubriendo nuevas aplicaciones constantemente de las tecnologías infrarrojas. La termografía infrarroja parece estar limitada sólo por la imaginación de aquéllos que la usan.

La termografía infrarroja es una herramienta útil para pronosticar fallas en los equipos eléctricos y mecánicos. Todos estos equipos tienen un rasgo común: ellos mueren debido a una muerte de calor. Cuando estos equipos fallan, quizás experimentan un aumento de trabajo, quizás vibren, quizás hagan ruido, pero siempre se calientan. La metodología para descubrir problemas antes que ocurra una falla está siendo refinada por los usuarios de esta industria. El problema principal con los programas de mantenimiento de pronóstico infrarrojo, mejor dicho, con el mantenimiento de pronóstico en general, es que sólo funciona cuando se usa para planificar las actividades de mantenimiento preventivo, y que estas actividades sean desarrolladas antes que se produzcan fallas en los equipos.

Yo estoy tratando de ayudar a mis clientes a pronosticar fallas en todos sus equipos, no sólo en los equipos que refiero por tener irregularidades termales. Con esto en mente, llevo a sus plantas y fábricas lo mejor que puedo ofrecer ya que no puedo estar presente en esos sitios a tiempo completo. O sea, un programa inicial para que ellos lleven la termografía infrarroja a sus sitios de trabajo, tan lejos como ellos deseen.

Copyright 1996-2004. All rights reserved.

Translated by:
Vilma Dolores Carvajal Stockton
Triad Interpretation & Translation, Inc.
www.triadinterpreting.com/
336-495-7607
email: vilma@triadinterpreting.com