

TERMOGRAFÍA INFRARROJA Y EL ESTUDIO DE RIESGOS DE LESIONES MÚSCULO ESQUELÉTICAS

INFRARED THERMOGRAPHY AND THE STUDY OF RISKS OF MUSCULAR - SKELETAL INJURIES.

Miguel Morales Ríos¹, Emilsy Medina Chacón², Angel Carnevali Fernández³, Eber Orozco Guillén⁴

¹Lic. En Física. Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela.

²Dpto. de Ingeniería de Métodos. Escuela de Ing. Industrial. Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela.

³ Dpto. de Investigación de Operaciones. Escuela de Ing. Industrial. Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela.

⁴Grupo de Instrumentación y Óptica. Dpto. de Física. Facultad Experimental de Ciencias y Tecnologías. Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela.

RESUMEN

La investigación se enfoca en la aplicación de la Termografía Infrarroja, como método no invasivo, para evaluar posibles riesgos a sufrir de lesiones músculo esqueléticas en operarios de la industria manufacturera de neumáticos en Venezuela. En tal sentido, la investigación es del tipo Exploratoria, de corte transversal, en la cual se aplicó la Termografía Infrarroja, paralelamente con la metodología "Rapid Entire Body Assessment" (REBA), en un puesto de trabajo de la zona de armado de neumáticos. Se pudo encontrar que las actividades evaluadas presentan un riesgo, de nivel medio, a sufrir lesiones músculo esqueléticas, siendo las partes del cuerpo más comprometidas los brazos, el cuello y el tronco, coincidiendo con los estudios termográficos realizados, observándose que la repetitividad de la actividad tiene impacto sobre el riesgo de lesiones por el efecto acumulativo en las zonas del cuerpo comprometidas por la tarea. Se encontró una correlación positiva entre ambos métodos aplicados con un coeficiente de correlación de Pearson de 0,2497, mostrando convergencia entre los métodos; sin embargo, el estudio es preliminar y debe realizarse un mayor número de pruebas para poder concluir estadísticamente sobre la confiabilidad de la Termografía Infrarroja como método para evaluaciones biomecánicas de puestos de trabajo.

Palabras clave: Ergonomía, Termografía Infrarroja, Lesiones músculo-esqueléticas, Sector Laboral.

ABSTRACT

The research focuses on the application of infrared thermography as a noninvasive method to evaluate potential risks on workers of the tire manufacturing industry in Venezuela to suffer from muscular - skeletal injuries. In this regard, the research is of the exploratory type, cross-sectional, in which infrared thermography was applied parallel to the Rapid Entire Body Assessment (REBA) methodology. In a working place in the tire assembly area, it was found that the activities studied had an average risk of suffering from muscular - skeletal injuries, being arms, neck and trunk the most involved parts of the body, coinciding with thermographic

studies conducted, observing that the repetitiveness of the activity has an impact on the risk of injury from the cumulative effect in the areas of the body involved in the task, reflected in the variation of temperature that becomes more variable, greater and appearing in a lesser period as the work week goes on. There was a positive correlation between both methods applied with a coefficient of Pearson's correlation of 0.2497 showing convergence between the methods, nevertheless the study is preliminary and a major number of tests must be made to be able to have a statistically conclusion about the confiability of the Infrared Thermography as a method for biomechanical evaluations of working places.

Keywords: Ergonomics, Infrared Thermography, Muscular skeletal injuries, Labor Sector.

INTRODUCCIÓN

La Termografía Infrarroja es una técnica que permite, a distancia y sin contacto, medir y visualizar temperaturas de superficies con precisión, siendo esto posible gracias a que todos los cuerpos emiten radiación infrarroja y esta energía irradiada es proporcional a la temperatura superficial. Como lo expresan Sanz, *et al.* (2008), la cámara infrarroja recibe y cuantifica dichas radiaciones térmicas emitidas y reflejadas por los diferentes materiales y las transforma en imágenes digitales. Además, De Grado (1998) afirma que los cuerpos emiten esta radiación debido a la vibración y rotación propia de los átomos y moléculas que componen un material.

Expone De Grado (1998), que la historia de la Termografía Infrarroja se remonta a los años de 1800, cuando Sir William Herschel, astrónomo alemán, en momentos que buscaba un filtro óptimo para su telescopio, observó que ciertos cristales coloreados dejaban pasar más calor solar que otros; midió entonces los diferentes haces de colores en que se descompone la luz solar al atravesar un prisma de Newton, y encontró que la temperatura iba creciendo desde el violeta hasta el rojo, pero que la mayor temperatura se registraba en una zona oscura, fuera del haz visible, más allá del color rojo, conocida hoy en día como la radiación infrarroja, llamada en sus inicios "calor oscuro", en el espectro electromagnético, la región de la radiación infrarroja está comprendida aproximadamente entre los 0,7 μm y 1.0 μm ., de longitud de onda.

Una de las inspecciones de más simple desarrollo, utilidad y empleo es la Termografía Infrarroja (TIR), que consiste en la medición de la temperatura corporal superficial. Cuando hay lesión muscular existe una variación de la temperatura en la zona comprometida. La termografía es capaz de detectar esas variaciones, y al respecto se han desarrollado varios estudios para diagnosticar lesiones o trastornos músculo- esqueléticas, a través de la aplicación de la teoría Termográfica Infrarroja (Pichot, 2001; Oligher, 2006; Niehof, 2007; Fillit *et al.*, 2007).

En Ergonomía, a su vez, uno de los grandes retos ha sido diseñar y/o adaptar el área de trabajo al hombre, lo cual implica la evaluación ergonómica de los puestos de trabajo, a fin de verificar los riesgos presentes en el mismo. Específicamente en Venezuela, los problemas músculo-esqueléticos ocasionados por inadecuados diseños de los mismos, y la falta de consideraciones ergonómicas en los puestos de trabajo, constituyen un serio problema dentro de las organizaciones, tanto públicas como privadas. Así se puede referir, según el Instituto Nacional de Prevención, Salud y Seguridad Laboral (2010). En el año 2006 se diagnosticaron 2066 enfermedades ocupacionales, de las cuales 1580 casos eran lesiones músculo-esqueléticas como lumbalgias, protusión y hernias discales, entre otras, representando el 77% de todas las enfermedades ocupacionales, constituyendo un problema de salud pública en el mundo laboral, como lo expresa Escalona (2001).

Algunos autores refieren que para realizar evaluaciones de los puestos de trabajo existen

diversos sistemas de valoración ergonómica; sin embargo, cada método es aplicable en contextos y para situaciones específicas. Por lo tanto, para evaluar un número grande de puestos de trabajo se requiere del uso de dos o más métodos, según arrojan los resultados de Andrés *et al.* (2000). Algunos estudios han demostrado que evaluar un puesto de trabajo bajo el enfoque tradicional, basado sólo en la biomecánica, no permite alcanzar los objetivos de salud y seguridad esperados, por lo que se debe considerar factores como la etiología y la cronicidad de los trastornos; entre estos estudios se puede citar el de Rodríguez & Manero (2008).

La Termografía Infrarroja ha sido utilizada en aplicaciones relacionadas con la Higiene, Seguridad Laboral y Ergonomía. Así lo manifiestan Diakides & Bronzino (2008), quienes refieren que en la planta de EvoBus-Daimler de Chrysler, en Alemania, se emplea como sistema de monitoreo del bienestar y la salud de los trabajadores

Algunos autores, como Berz & Sauer (2007), argumentan que el reciente cambio de los paradigmas médicos (diagnóstico y tratamiento) da una aproximación más moderna (identificar riesgos y eliminarlos) y, aún más, identificar el estado saludable y mantenerlo abre un nuevo horizonte a la Termografía Infrarroja. Otros, como Bertaring (2006), exponen que la Termografía es una herramienta de análisis viable, donde lecturas térmicas son sensibles al cambio según demandas laborales.

En este sentido, esta investigación pretendió dar inicio a estudios acerca de la evaluación ergonómica de puestos de trabajo basados en la Termografía Infrarroja, en la observación y la no interrupción de la actividad laboral, a fin de lograr focalizar y cuantificar la problemática con datos medibles.

En este punto es donde convergen, entonces, los dos términos expuestos anteriormente: La Termografía Infrarroja y la Ergonomía, ya que esta técnica se ha empleado extensamente para monitorear anomalías térmicas presentes en enfermedades y daños físicos, empleándose en campos como la neurología, traumatología, ortopedia, reumatología, oncología, medicina del deporte, en los cuales se pueden citar las investigaciones desarrolladas por González *et al.* (2007); Bertaring (2006) y Adams, Nelson, Bell & Egoavil (2000), entre otras.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación es del tipo exploratoria, según la definen Hernández, Fernández y Baptista (2002), ya que el problema ha sido poco estudiado y sirvió de base para estudios posteriores más completos sobre un contexto particular de la vida laboral. Es de corte transversal y se aplicó la observación directa del puesto de trabajo del Armador Radial Fase II de neumáticos.

La parte experimental se estructuró en dos fases: 1) La realización de dos pre-pruebas, en las cuales se empleó una cámara termográfica FLIR ImfraCam SD y una FLIR Serie E65, respectivamente, con el fin de identificar los factores que afectan el correcto desempeño del proceso y reconocer las variables que generan mediciones parasitarias en ambientes no controlados. 2) En esta fase se realizaron dos evaluaciones con una Cámara Termográfica FLIR Serie E65, un higrómetro y tres cámaras de video, permitiendo así obtener videos para el análisis y con ello cuantificar la variación del gradiente de temperatura superficial por la ejecución del trabajo desempeñado por el operario. Al mismo tiempo, se realizaron estudios ergonómicos a través de la Metodología Rapid EntireBodyAssesment (REBA) desarrollado por Hignett & McAtamney (2000).

El sujeto control se seleccionó a conveniencia del investigador, requiriendo ser un sujeto con

un tiempo de antigüedad no mayor a 6 meses, y que para el estudio realizado por el personal médico de la empresa, fuese un sujeto sano.

Los equipos utilizados fueron los siguientes: Un computador personal con procesador dual-core T2390 (1,8 GHz, 533 MHz, FSB, ¡MB 1.2 Cache). Acelerador gráfico integrado Intel X3100 de 358 Mb y 2GB DDR2 de RAM, 2 cámaras de video marca SONY, modelo Carl Zeiss DCR. HC28 y DCR-HC48, 2 cámaras digitales, una capturadora de video marca Genius, modelo TVGOA03-IPTV; una (01) cámara termográfica FLIR modelo InfraCAM-SD con rango espectral de 7,5-13µm con un tipo de detector de matriz de plano focal microbolómetro, no refrigerado de 120 x120 pixel, rango de precisión de la cámara oscila entre ±2,0°C (±3,6°F) o ±2% de la lectura, sensibilidad térmica de 0,12 °C, rango de temperatura de objeto: -10 a +350°C (+14 to +662°F), rango de temperatura de funcionamiento: -15 °C a +50 °C; una (01) cámara termográfica FLIR modelo ThermaCAM E65, rango espectral: 7,5-13 µm, tipo de detector de matriz de plano focal, microbolómetro, no refrigerado de óxido de vanadio de 160 x 120 píxeles, frecuencia de imagen: 50/60 Hz, precisión: ±2,0°C (±3,6°F) o ±2% °C de la lectura, sensibilidad térmica: 0,12 a 30 °C, rangos de temperatura de objetos: -20° C a +250° C (-4°F a +482°F) y +250° C a +900° C (+482° F a +1,652° F), rango de temperatura de funcionamiento: -15 °C a +45 °C; tres guardacamisas negras de algodón y un (01) Datalogger de temperatura y humedad marca Extech Instruments con rango operacional de temperatura de -40 a 85 °C, resolución de temperatura de 0,1 hasta 99,9 °C y apreciación de ±0,6 °C en un rango de -20 a 50 °C. Con Rango de Humedad de 0,6-99,9% RH y una apreciación de ± 3% RH.

Para el procesamiento de datos se emplearon los siguientes programas informáticos: TVGOA03-IPTV, TEMPGEnc Versión 4.7.1.284 De Pegaus Inc; EHuman versión 6; Flir Reporter 8.5 Professional con interfaz aplicada en Microsoft Word 2007; ErgoIntelligence Upper Extremity Assesment Tool v1.8 de NexGen Ergonomics y Dartfish Connect v4.5.2.0.

En la figura 1 se muestra la distribución del área, la ubicación del operario y de los equipos utilizados para las mediciones.

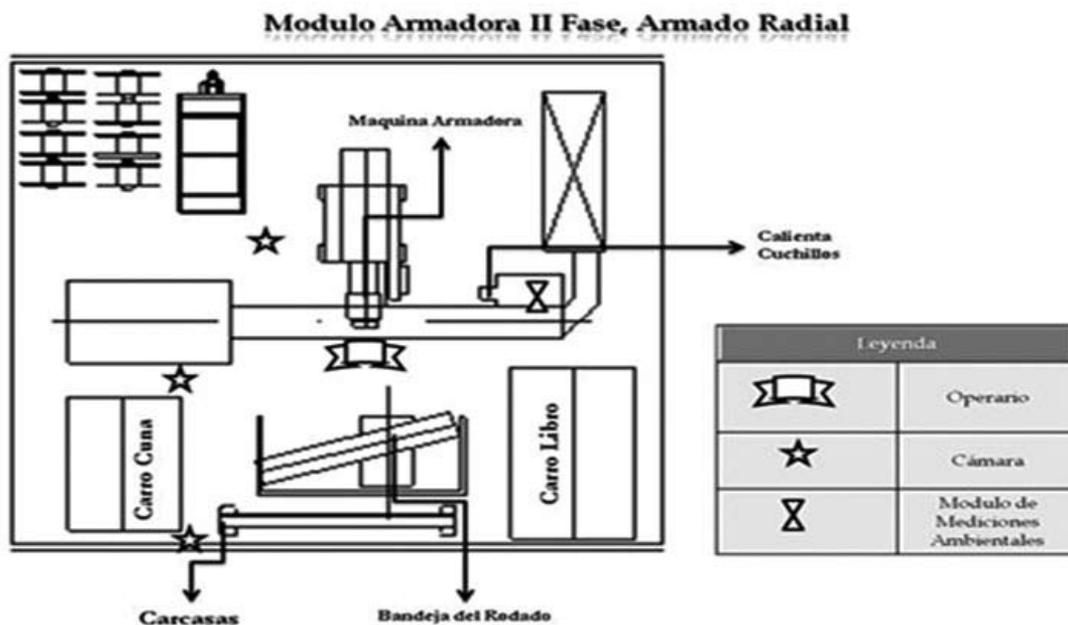


Figura 1: Distribución del área de estudio

RESULTADOS

La aplicación de la metodología REBA permitió identificar las actividades críticas del puesto de trabajo del Armador Fase II: 1) Ajuste de carcasa, la cual requiere que el operario manipule la pieza dos (02) veces para la elaboración de cada neumático, con un promedio de 115 neumáticos por jornada laboral de 7,5 horas. (Figura 2). La segunda actividad crítica es el corte de tela, la cual realiza tres veces por cada neumático (Figura 3), dos veces con el brazo derecho y una con el brazo izquierdo. (Las condiciones ambientales medidas en el área fueron las siguientes: Temperatura Bulbo seco: 33.9°C; Temperatura Bulbo Húmedo: 23.3°C y Humedad Relativa: 40,69%.)

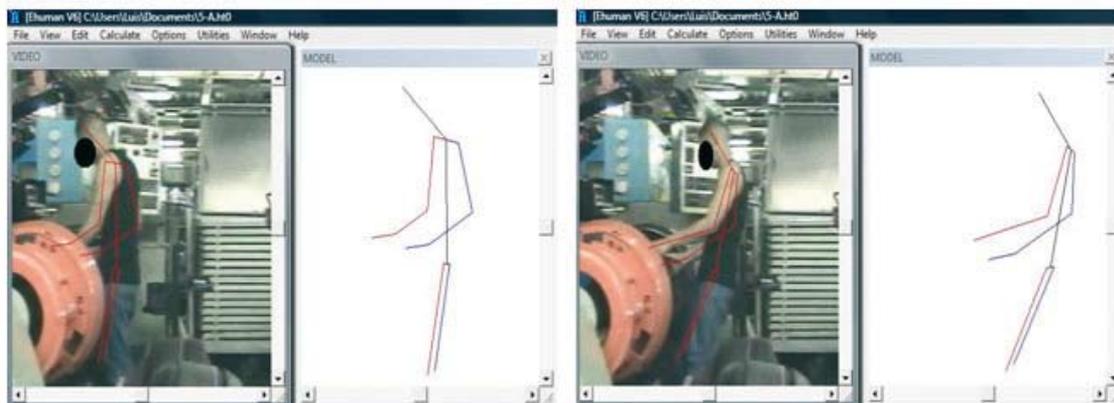


Figura 2. Ajuste de la Carcasa.

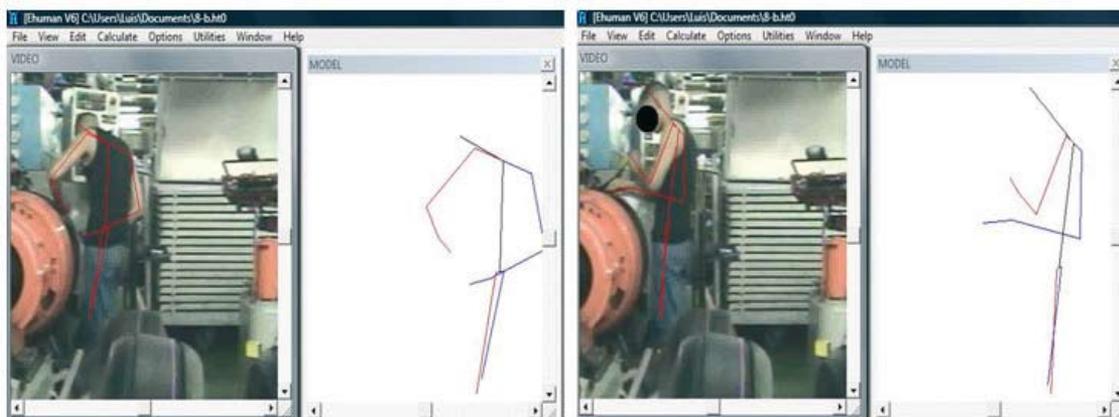


Figura 3. Corte de Tela

En la tabla 1 se puede apreciar el resumen de la evaluación REBA para estas dos actividades, se muestra una elevada manipulación de carga, sumado esto a múltiples repeticiones de los ciclos. Los miembros superiores y la columna dorso lumbar, son los más implicados en cada acción técnica, donde las posturas disergonómicas sumadas a las manipulaciones de cargas generan una posibilidad de desarrollar problemáticas músculo-esqueléticas.

Tabla 1. Resultados REBA

	Ajuste Carcasa	Corte de Tela
Tronco	2	1
Cuello	3	2
Piernas	1	1
Total Tabla A	4	1
+ Fuerza y/o carga	1	1
Puntuación A	5	2
Brazo	3	1
Antebrazo	2	2
Muñeca	1	2
Total Tabla B	4	2
+ Agarre	1	2
Puntuación B	5	4
Puntuación C	6	3
+ Actividad	1	1
Puntuación del REBA	7	4
Nivel de Riesgo	Medio	Medio

La aplicación del método REBA muestra una elevada manipulación de carga, sumado a ello múltiples repeticiones de los ciclos. Los miembros superiores y la columna dorso lumbar son los más implicados en cada acción técnica, donde las posturas disergonómicas sumadas a las manipulaciones de cargas generan una posibilidad de desarrollar problemáticas músculo-esqueléticas.

Los armadores del área radial se mantienen en bipedestación como máximo 3 minutos por cada hora de trabajo, debido a la alimentación que deben realizar los mismos a la máquina. Aunado a esto, se mantienen agachados con los brazos por encima de los hombros en un tiempo inferior a 2 minutos por cada hora de trabajo, para tomar con las manos la punta del nuevo material que se encuentra en bobinas y montarlo en las guías de la armadora, para así finalizar con la alimentación de la misma; debido a la forma de diseño de la armadora radial, la alimentación de las mismas se realiza por la parte trasera inferior de ellas, por lo que obliga al operador a adoptar estas posturas al realizar la actividad. Además, los operadores se mantienen parados con los brazos extendidos por más de 5 minutos en cada hora de trabajo. En la tabla 2 se pueden apreciar los resultados de aplicar la metodología LEST, a fin de obtener el Gasto Energético del puesto de trabajo evaluado "Armador Fase II" según Vargas, Sánchez y Medina (2010).

Tabla 2. Gasto Energético de la Actividad
 (Kcal/día)

Puesto de Trabajo	Carga Dinámica (Kcal/día)	Carga Estática (Kcal/día)	Total (Kcal/día)	Puntuación	Clasificación
Armador Fase II	1577,45	72,7	1650,15	8	Dura

Fuente: Vargas *et al* (2010)

Se observa en la tabla anterior que la actividad se considera dura en relación al Gasto Energético. La capacidad física del trabajador del puesto evaluado fue de 42,54 ml/Kg/min., representando esto una capacidad física normal. Los datos de la tabla anterior, así como el valor de la capacidad física mostrada, fueron tomados de un estudio previo realizado en dicha área por Vargas *et al* (2010), en el cual se empleó el Método LEST para determinar el Gasto Energético de la Actividad y la Prueba Escalonada de Manero para la determinación de la Capacidad Física del trabajador.

A continuación se presentan las figuras 4, 5 y 6, correspondientes a los termogramas de control y a las dos evaluaciones realizadas en el puesto de trabajo.

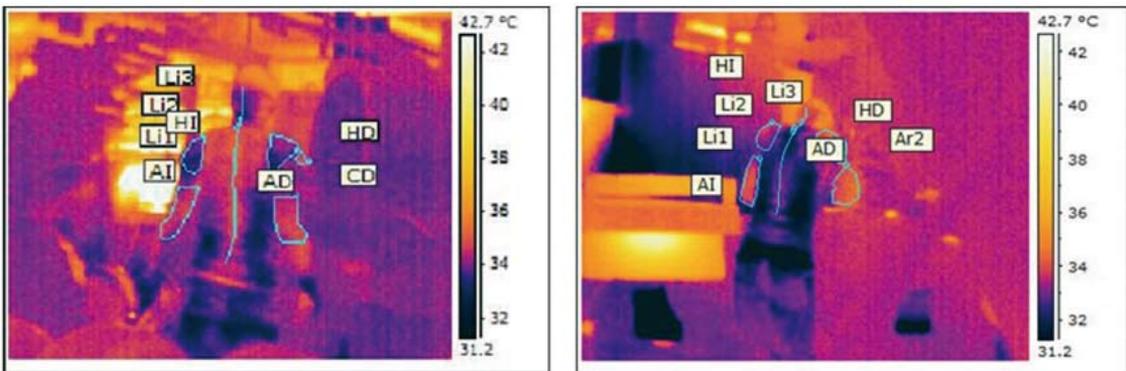


Figura 4. Termograma de Control

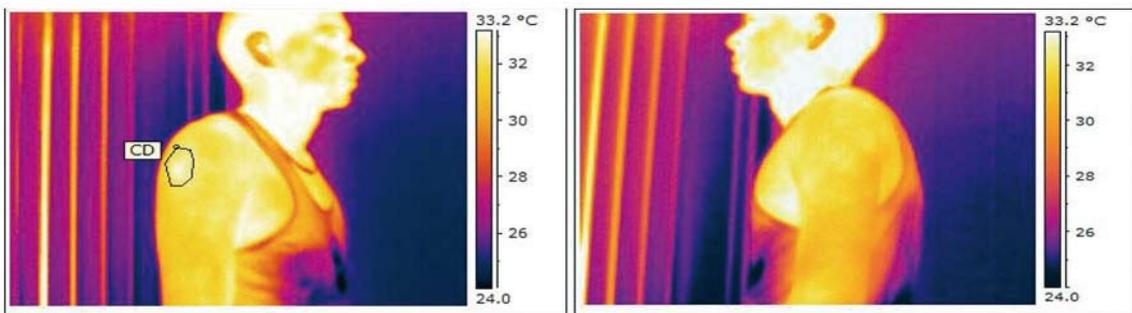


Figura 5. Termograma de Control

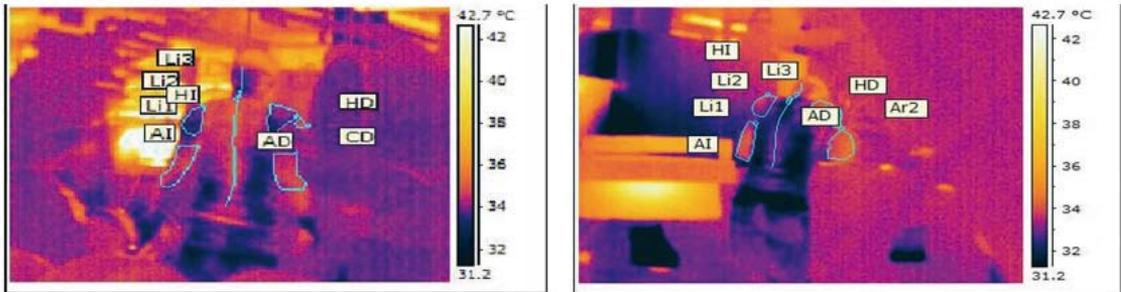


Figura 6. Termogramas de las evaluaciones Frontal y Posterior Lateral Izquierdo y Derecho

Se observan los gradientes de temperatura en las zonas musculares de los hombros, antebrazos y deltoides (izquierdo y derecho respectivamente), columna dorso lumbar y cervical, al igual que las caderas. En las figuras 7 y 8 se muestra la curva de temperatura de la columna dorso lumbar para ambos días en que se realizaron las evaluaciones del puesto de trabajo.

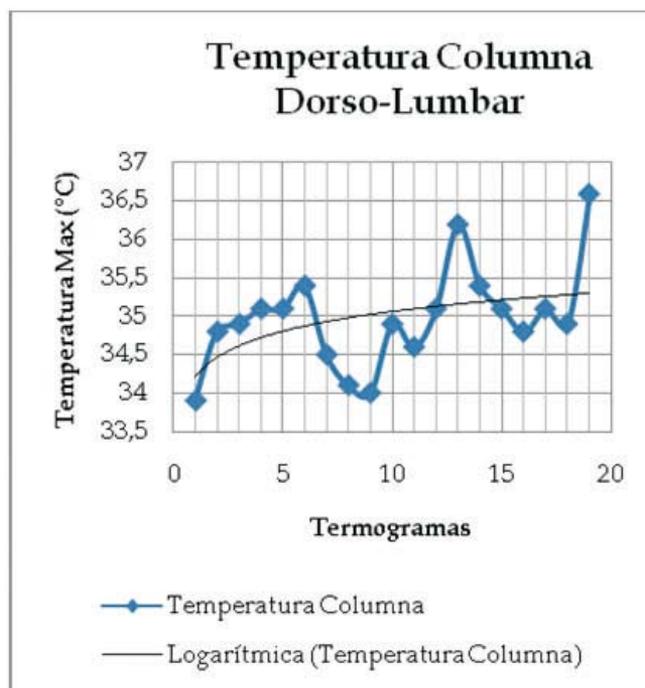


Figura 7. Variación gradiente de temperatura Columna Dorso-lumbar día 1.

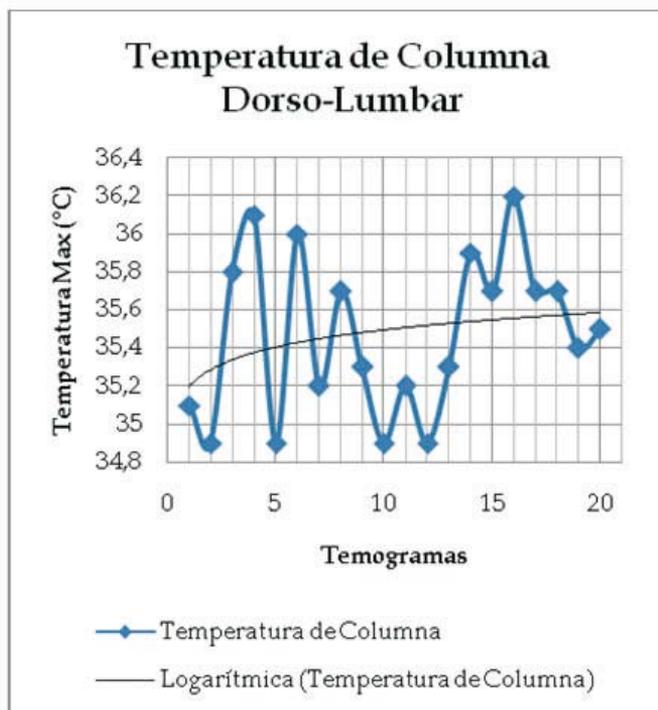


Figura 8. Variación gradiente de temperatura Columna Dorso-lumbar día 2.

Para el primer día de evaluación se observa una tendencia poco elevada de la fluctuación del gradiente de temperatura, presentándose dicha variación en un tiempo de 20 minutos. Sin embargo, en el segundo día de evaluación, la fluctuación es más variable, mayor y aparece en un lapso de 10 minutos, es decir, se observa cómo la repetitividad de la actividad a medida que se avanza en la semana de jornada laboral. Puede tener impacto sobre la posibilidad de riesgo a lesión músculo-esquelético en el trabajador, ya que se observa una mayor carga acumulada sobre esta zona muscular.

Los termogramas secuenciales muestran la variación gradual del gradiente de temperatura dentro de la actividad desarrollada, permitiendo divisar las zonas donde se desarrollan aumentos y disminuciones de temperatura sobre las posibles áreas corporales comprometidas por el trabajo. Estos termogramas se comparan con los resultados de la aplicación de la metodología REBA.

A manera de ilustración, se muestra en la figura 9 la relación entre los resultados de la termografía infrarroja y la aplicación del método REBA realizado a la actividad de Ajuste de Carcasa. Se puede apreciar que hay un punto de la gráfica en que la metodología REBA refleja una puntuación de 4 puntos (nivel de riesgo medio), mientras que la variación de temperatura entre un momento y el anterior es de 0,9 °C, lo cual es una variación alta de temperatura. En este punto no se observa una concordancia directa entre los métodos. Sin embargo, el conocimiento de los procedimientos ergonómicos, de la actividad laboral y la termorregulación humana, hicieron posible encontrar la acción técnica o actividad desempeñada que genera dicha variación de temperatura y que pueden comprometer la salud o confort de los operarios, permitiendo hacer las debidas observaciones en los termogramas que muestran una elevación del gradiente de temperatura y un valor bajo obtenido del mismo instante en el estudio REBA. Asimismo, se observa el siguiente punto donde hay correspondencia en los resultados de ambos métodos. Es importante resaltar que

en la mayoría de los casos se encontró correspondencia entre los valores arrojados por el método REBA, así como los de la Termografía Infrarroja.

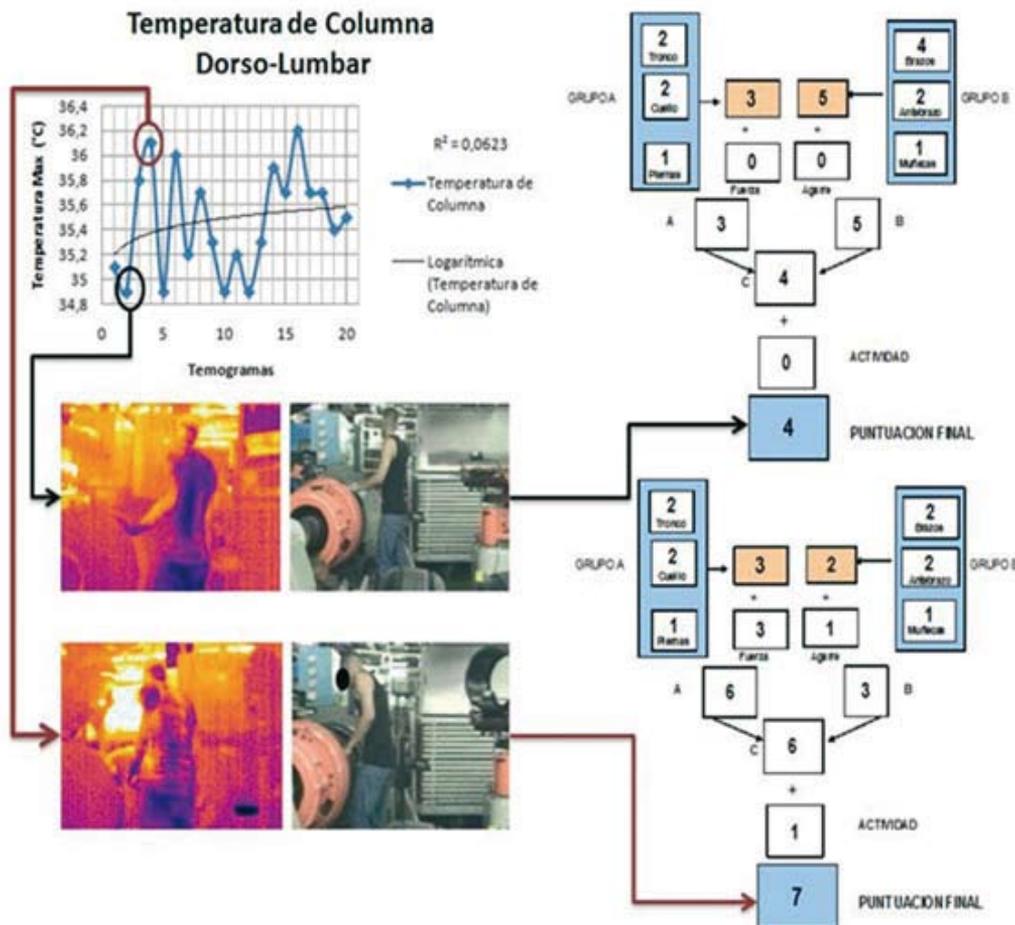


Figura 9. Relación Termográfica y Resultados Biomecánicos por el Método REBA (2do día de evaluación)

Estudio de Validez

Para el estudio de validez preliminar se realizaron las siguientes consideraciones: Se tomaron 14 datos registrados de las observaciones del REBA y del estudio termográfico de la actividad de Ajuste de Carcasa, y se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson para los índices de nivel de riesgo dados por ambas metodologías. Para con ese fin se estableció una escala de valoración para los datos arrojados por la Termografía Infrarroja y se utilizó la escala de nivel de riesgo del método REBA. De esta manera se obtuvo un coeficiente de correlación de Pearson de 0,2497, lo que muestra un coeficiente de correlación positiva. El valor obtenido del coeficiente de correlación de Pearson expresa que existe una convergencia entre ambos métodos para evaluar los riesgos biomecánicos de una actividad; sin embargo, hay que seguir realizando pruebas para obtener un número de datos considerables, a fin de validar estadísticamente estos datos preliminares y ajustar de manera adecuada los casos puntuales en los que ambos métodos no presentaron correspondencia directa.

DISCUSIÓN

La existencia de zonas musculares, en que se observan gradientes de temperatura con variaciones por encima de 0,5°C a 0,7 °C, son relacionados con una disfunción (Incropera & Dewitt, 1999) los presentados en el estudio se pueden relacionar con los posibles efectos producidos por el trabajo y la acumulación de esfuerzos durante la jornada laboral. A pesar de que Incropera & Dewitt (1999) muestran un rango de hasta 0,7 °C, otros autores como Pichot (2001) señalan hasta 1 ° C; en este caso, como se muestra, el incremento es de hasta 1,2 °C, lo cual debe ser objeto de consideración desde el punto de vista ergonómico, ya que a pesar de que el riesgo a sufrir lesiones músculo-esqueléticas según el método REBA es medio, el incremento de temperatura puede considerarse importante.

La metodología REBA para la evaluación de las actividades críticas muestra (Tabla 1) que el puesto de trabajo se puede categorizar con un riesgo de nivel medio de generar lesiones músculo-esqueléticas, con una elevada manipulación de carga, sumado a múltiples repeticiones de los ciclos. Las partes del cuerpo más comprometidas según la metodología REBA son: brazos, antebrazos, cuello y tronco, coincidiendo con los resultados de los termogramas analizados; sin embargo, los termogramas muestran variaciones de temperaturas importantes en zonas musculares que pueden generar una lesión músculo-esquelética. Pero el REBA puede considerarlo como riesgo medio.

CONCLUSIONES

La Termografía Infrarroja y el Método REBA presentan convergencia como métodos para evaluar los riesgos biomecánicos de una actividad con un coeficiente de correlación de Pearson positivo de 0.2497, pudiéndose concluir que la termografía infrarroja puede utilizarse como método para evaluar los riesgos a sufrir de lesiones músculo-esqueléticas asociados a una actividad; sin embargo, es importante resaltar que el estudio no es concluyente y que deben aún realizarse una serie de pruebas para demostrar estadísticamente su confiabilidad como método de valoración ergonómica.

La aplicación de la termografía infrarroja en la evaluación ergonómica de puestos de trabajo permite localizar y cuantificar, de forma no invasiva, el gradiente de temperatura generado por las zonas musculares que están siendo utilizadas en el trabajo o acción técnica. Dichas zonas muestran relación con los resultados ergonómicos obtenidos por la metodología REBA.

El estudio biomecánico dio un fundamento de lo observado de forma directa en los termogramas, permitiendo indicar los niveles de fuerzas para realizar cada actividad, así como la evaluación biomecánica muestra las zonas musculares comprometidas en cada una de ellas. Estas cargas influyen de manera importante sobre los sistemas musculares comprometidos, debido a la cantidad de repeticiones realizadas en la jornada laboral, causando un efecto acumulativo sobre estos sistemas.

La aplicación de la termografía infrarroja en estudios ergonómicos de puestos de trabajo pudiera permitir evaluar de forma retrospectiva la actividad laboral, y desarrollar bases y fundamentos científicos para dar soporte a la educación preventiva relacionada con la salud de los trabajadores dentro de las organizaciones.

REFERENCIAS

- Adams, A., Nelson R., Bell D. & Egoavil, C (2000).** Use of Infrared Thermographic Calorimetry to Determine energy Expenditure in Preterm Infants. *Journal for Clinical Nutrition*, 71(4), 969-977.
- Andrés, C., Palmer, M. & Guarch, J (2000).** Aplicación de Metodologías de Evaluación Ergonómica de Puestos de Trabajo en la Planta de Carrocerías de Ford España S.A. <http://io.us.es/cio2001/Cio-2001/cd/Art%C3%ADculos/UPV/UPV-2.pdf>. (Consultado en Noviembre 2009)
- Bertmaring, I. (2006).** Using Termography to Evaluate the Effects to Arm Flexion and Loading on the anterior Deltoid during a Simulated Overhead Task. Thesis for the degree if Master of Science in Industrial and Systems Engineering. Faculty of the Virginia Polytechnic Institute abd State University. (Consultado Diciembre 2010) de:http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-04272006-015814/unrestricted/Thesis_Ian_Bertmaring.pdf
- Berz, R. & Sauer, H. (2007).** The Medical Use of Infrared-Thermography History and Recent Applications. Thermografic Kolloquium 2007. Asociación Alemana de Termografía y Regulaciones Médicas. (Consultado Noviembre 2009) <http://www.ndt.net/article/dgzfp-irt-2007/Inhalt/v04.pdf>.
- De Grado, J. (1998).** Termografía Infrarroja. Una Valiosa Herramienta. *Revista Energía*. Mayo/Junio 1998. (Consultado Diciembre 2010). http://usuarios.multimania.es/arquinstal03/publicaciones/otras/bib269_termografia_infrarroja.pdf
- Diakides, N & Bronzino, J (2008).** *Medical Infrared Imaging*. Boca Raton: CRC Press, pp: 1–13.
- Escalona, E. (2001).** Trastornos músculo-esqueléticos en miembros inferiores: Condiciones de trabajo peligrosas y consideraciones de género. *Revista Salud de los Trabajadores*, 9 (1), 23-33.
- Fillit, C., Estour, B., Fillit. & R. (2007).** Quantitative Thermography Studies of Body Surface Temperature for Medical Diagnosis Linked to Chronic Disease. Proceedings InfraMation 2007.
- González, A., Antón, A., Fuentes, S., Blázquez, E., Alonso, A. & Antón, A.M. (2007).** Implicación de la termografía en el diagnóstico de la distrofia simpático refleja: a propósito de un caso. *Patología del Aparato Locomotor* 5(1), 68-74.
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P (2002).** *Metodología de la Investigación*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Hignett, S. & McAtamney, L. (2000).** Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, 31, 201-205.
- Incropera, F. & Dewitt, D. (1999).** Fundamentos de Transferencia de Calor. Editorial Prentice Hall.
- Instituto Nacional de Prevención, Salud y Seguridad Laboral (INPSASEL) (2010).** Registro de enfermedades Ocupacionales, Año 2006. (Consultado Octubre 2009) http://www.inpsasel.gob.ve/moo_medios/sec_estadisticas.html

Niehof, S. P. (2007). Video Thermography: Complex Regional Pain Syndrome in the Picture. Tesis Doctoral .Noruega: Universidad de Rotterdam

Ohliger, A. (2006). Ergonomic Stress Be Measured Using Thermography? Proceedings InfraMation 2006.

Pichot C. (2001). Aplicación de la Termografía Infrarroja en el dolor lumbar crónico. Rev Soc. Esp. Dolor 2001; 8: 43-47.

Rodríguez, E. & Manero, R. (2008). Evaluación integral del nivel de riesgo músculo esquelético en diferentes actividades laborales. *Salud de los Trabajadores*, 16 (1), 17-28.

Sanz, A., Vicente, M., Barneto, A. & Sánchez J. (2008). Diagnóstico de Fibrosarcoma Felino por Imagen Termográfica. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*. <http://revistas.ucm.es/vet/19882688/articulos/RCCV0808220134A.PDF> (Consultado Diciembre 2010)

Vargas, P., Sánchez, F. & Medina, E. (2010). Evaluación Ergonómica en el área de armado de una empresa cauchera venezolana. *Revista Ingeniería Industrial: Actualidad y Nuevas Tendencias* 3 (5),7-22.

BIOGRAFÍA

Miguel Morales Ríos. Lic. en Física, año 2010, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela. Actualmente reside en Chile. Correo electrónico:

Emilsy Medina Chacón. Prof. Asociado, a dedicación exclusiva del departamento de Ingeniería de Métodos de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela. Especialista en Gerencia, mención Finanzas. Adscrita a la Unidad de Estudios Ergonómicos y actualmente cursante del programa de Doctorado de Ing. Industrial de la Universidad de Carabobo.

Angel Carnevali Fernández. Prof. Agregado a dedicación exclusiva del departamento de Investigación de Operaciones de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela.

Eber Orozco Guillén. Profesor Asociado, a dedicación exclusiva del departamento de Física de la Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología de la Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela. Adscrito al grupo de Instrumentación y Óptica.

