

## Evaluación del estrés térmico en estudiantes de soldadura del Instituto Superior Tecnológico Martha Bucaram de Roldós

### Heat Stress Assessment in Welding Students at the Martha Bucaram de Roldós Higher Technological Institute

### Avaliação do stress térmico em alunos do curso de soldadura do Instituto Superior Tecnológico Martha Bucaram de Roldós

Robalino Peñaloza, Daniel Alejandro  
Instituto Superior Tecnológico Martha Bucaram de Roldós  
[drobalino@istmbr.edu.ec](mailto:drobalino@istmbr.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0008-0457-4403>



Torres Pérez, Jonathan Sebastián  
Instituto Superior Tecnológico Martha Bucaram de Roldós  
[jtorres@istmbr.edu.ec](mailto:jtorres@istmbr.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0001-2554-9951>



Ulloa Moreno, Cristina Alexandra  
CELEC EP – Termopichincha  
[ucristinaalexandra@yahoo.com](mailto:ucristinaalexandra@yahoo.com)  
<https://orcid.org/0000-0003-0934-956X>



Calero Calero, Stalyn Ramon  
Instituto Superior Tecnológico Martha Bucaram de Roldós  
[scalero@istmbr.edu.ec](mailto:scalero@istmbr.edu.ec)  
<https://orcid.org/0009-0004-5114-8619>



DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v7/n1/1464>

#### Como citar:

Robalino Peñaloza, D. A., Torres Pérez, J. S., Ulloa Moreno, C. A., & Calero Calero, S. R. (2026). Evaluación del estrés térmico en estudiantes de soldadura del Instituto Superior Tecnológico Martha Bucaram de Roldós. *Código Científico Revista De Investigación*, 7(1), 189–208.

**Recibido:** 28/04/2026

**Aceptado:** 27/05/2026

**Publicado:** 30/06/2026

## Resumen

Los estudiantes de soldadura del ISTMBR se exponen durante sus prácticas a calor, humedad, radiación térmica y esfuerzo físico sostenido, condiciones que pueden alterar su bienestar, concentración, precisión manual y calidad del cordón soldado. Por esta razón, la investigación evaluó el estrés térmico mediante el índice WBGT y la estimación del consumo metabólico, relacionando estos factores con el desempeño práctico y con los defectos visibles establecidos en la norma AWS D1.1. El estudio aplicó un enfoque cuantitativo, descriptivo y correlacional, con una muestra aleatoria de 30 estudiantes, registrando temperatura ambiente, humedad relativa, temperatura de globo, bulbo húmedo, punto de rocío, consumo metabólico e inspección visual de los cordones. Los resultados evidenciaron valores WBGT entre 24,7 °C y 28 °C, con niveles de riesgo bajo, medio y alto, además de un consumo metabólico medio de 481,5 W. Se identificó que, cuando aumentó el estrés térmico, disminuyó el rendimiento práctico, se incrementó la fatiga y aparecieron más defectos como salpicaduras, discontinuidades, porosidad e irregularidades. En consecuencia, se concluye que el control térmico del área de soldadura es necesario para proteger la salud estudiantil y mejorar la calidad técnica del proceso formativo.

**Palabras clave:** estrés térmico; índice WBGT; consumo metabólico; cordón de soldadura; fatiga laboral.

## Abstract

Welding students at ISTMBR are exposed during their practical training to heat, humidity, thermal radiation, and sustained physical effort, conditions that may affect their well-being, concentration, manual precision, and the quality of the welded bead. For this reason, the study evaluated heat stress using the WBGT index and the estimation of metabolic rate, relating these factors to practical performance and to visible defects established by the AWS D1.1 standard. The study applied a quantitative, descriptive, and correlational approach, with a random sample of 30 students, recording ambient temperature, relative humidity, globe temperature, wet-bulb temperature, dew point, metabolic rate, and visual inspection of the weld beads. The results showed WBGT values between 24.7 °C and 28 °C, with low, medium, and high-risk levels, as well as an average metabolic rate of 481.5 W. It was identified that, as heat stress increased, practical performance decreased, fatigue increased, and more defects appeared, such as spatter, discontinuities, porosity, and irregularities. Consequently, it is concluded that thermal control in the welding area is necessary to protect students' health and improve the technical quality of the training process.

**Keywords:** heat stress; WBGT index; metabolic rate; weld bead; occupational fatigue.

## Resumo

Os alunos de soldadura do ISTMBR estão expostos, durante a sua formação prática, ao calor, à humidade, à radiação térmica e a um esforço físico prolongado, condições que podem afetar o seu bem-estar, concentração, precisão manual e a qualidade do cordão de soldadura. Por este motivo, o estudo avaliou o stress térmico utilizando o índice WBGT e a estimativa da taxa metabólica, relacionando estes fatores com o desempenho prático e com os defeitos visíveis estabelecidos pela norma AWS D1.1. O estudo aplicou uma abordagem quantitativa, descritiva e correlacional, com uma amostra aleatória de 30 alunos, registando a temperatura ambiente, a humidade relativa, a temperatura do globo, a temperatura do bulbo húmido, o ponto de orvalho, a taxa metabólica e a inspeção visual dos cordões de soldadura. Os resultados revelaram valores de WBGT entre 24,7 °C e 28 °C, com níveis de risco baixo, médio e alto, bem como uma taxa metabólica média de 481,5 W. Verificou-se que, à medida que o stress térmico aumentava, o desempenho prático diminuía, a fadiga aumentava e surgiam mais defeitos, tais como salpicos, discontinuidades, porosidade e irregularidades. Consequentemente, conclui-se que o controlo

térmico na área de soldadura é necessário para proteger a saúde dos alunos e melhorar a qualidade técnica do processo de formação.

**Palavras-chave:** estresse térmico; índice WBGT; taxa metabólica; cordão de soldadura; fadiga ocupacional.

## **Introducción**

En las tareas de soldadura efectuadas en el ISTMBR, los alumnos se encuentran sujetos de manera continua al punto térmico que generan los equipos, los destellos y las elevadas temperaturas del entorno de trabajo. Esta circunstancia puede causar dificultades corporales y perjudicar el rendimiento de los que realizan dichas tareas, particularmente cuando no cuentan con circunstancias apropiadas de aireación o regulación térmica.

El estrés térmico según Revueltas et al. (2023) se distingue como un riesgo significativo en las labores vinculados con soldadura, pero en la institución nunca se ha efectuado un análisis que posibilite saber si los alumnos laboran bajo circunstancias que pueden afectar su bienestar o protección. Por ello, es posible presentar dificultades como agotamiento, deshidratación, disminución de rendimiento e incrementar la probabilidad de accidentes o incidentes en la práctica.

Por este motivo, se estima imprescindible examinar las condiciones térmicas actuales, con el objetivo de detectar el grado de exposición al calor y establecer eventuales acciones que contribuyan a salvaguardar el confort del alumnado.

Según Fontalvo y Martínez (2024)[CICV1.1] en su artículo titulado como “Evaluación del nivel de estrés térmico por exposición en incendios estructurales en los Bomberos de Girardot, Cundinamarca”, dicen que el estudio del estrés térmico, se basó en ensayos de laboratorio para analizar variables climatológicas y equipos de protección personal. Los resultados mediante un método mixto evidenciaron que el contenido calórico, representa una amenaza sanitaria, para lo cual se plantearon sugerencias que permitan optimizar el bienestar y protección de trabajo de las unidades de bomberos en Cundinamarca. De acuerdo con el

objetivo general del estudio se pudo identificar que los índices de condición térmica en el manejo de fuegos estructurales que se encuentran sometidos, los bomberos tienen concentraciones elevadas de tensión térmica (estrés térmico) por lo cual constituyen un peligro higiénico alto en relación con los empleados. Se determinó que los índices de estrés térmico que se encuentran expuestos estos trabajadores son altos, de acuerdo con los estándares técnicos de prevención (NTP 322), por lo tanto, pueden llegar a evidenciar múltiples afecciones y perjuicios en la salud en caso de que no se toman las acciones de prevención y correctivas necesarias.

Mientras que Osorio (2024)[CICV2.1] en su artículo titulado como “Relación entre estrés térmico por calor y la salud de los trabajadores de una empresa metalmecánica”, dice que se estudia la vinculación en relación con el estrés térmico por el grado térmico y el bienestar de los empleados de la metalmecánica en 2021. Se empleó un enfoque aplicado, utilizando un esquema no experimental en forma transversal. Los resultados indican que el 80% de las personas trabajadoras de género masculino trabajaron por encima de 2 horas en situaciones que comprendieron un 62% de niveles medio ambiente y un 24% de grados elevados de estrés térmico.

El indicador WBGT en las áreas de manufactura (22.26) y administración (17.83) está dentro de los márgenes legales definidos, pero hay una correlación fundamental entre las situaciones del medio ambiente y la condición física, mental y social, con un indicador de Rho de Spearman sobre 0.782 ( $p < 0.05$ ). Las conclusiones abogan por la adopción de medidas preventivas, tales como la instalación de zonas de hidratación y la rotación de horarios.

De igual manera Arias y Cárdenas (2024), en su artículo titulado como “Evaluación del estrés térmico en los trabajadores de seguridad privada de Girardot Cundinamarca”, dicen que el presente trabajo investigativo se enfoca en evaluar el estrés térmico en los departamentos de vigilancia de una compañía de seguridad privada de "Girardot Cundinamarca", por los

impactos que está teniendo el calentamiento global en las situaciones laborales y la ausencia de monitoreos que están trayendo consecuencias sobre el bienestar de los trabajadores y la minimización de la eficiencia por las elevadas temperaturas.

La investigación evaluó el estrés térmico y sus efectos en la salud de los trabajadores mediante un enfoque cuantitativo de alcance explicativo. Para ello, se analizaron los datos recolectados en dos puestos de trabajo de una empresa de seguridad privada, con el fin de determinar la existencia de peligro higiénico. Incluyó la inspección de las actividades laborales, la estimación del consumo metabólico y la medición del indicador de estrés térmico para valorar el nivel de riesgo. Se evidenció peligro higiénico en los puestos revisados, lo que permitió establecer acciones preventivas orientadas a reducir las posibles afectaciones en la salud de los empleados.

El estrés térmico se caracteriza como la tensión interna provocada en un material debido a variaciones térmicas, elongación o contracción limitada y gradientes de temperatura, que es capaz de causar interrupciones tras procesos térmicos recurrentes, particularmente en componentes dúctiles (Arias & Cárdenas, 2024).

Generalmente, el estrés causado por el calor es el resultado de una mezcla de factores, tales como las altas temperaturas del entorno, la humedad, el ejercicio físico y la ingesta excesiva de fluidos. Muchos elementos afectan la posibilidad que tiene el organismo humano de conservar su temperatura interna en ciertos límites (Espitia et al., 2026).

La probabilidad de padecer estrés térmico aumenta debido a distintos factores de riesgo que son: elementos medioambientales, exposición inmediata a la radiación solar, alta humedad y temperatura elevada (Foster et al., 2020). Una amenaza significativa que representan el clima cálido e intenso, la elevada humedad relativa y dicha insuficiente ventilación indica que estos elementos obstaculizan notablemente los mecanismos naturales del cuerpo que permiten eliminar calor al ambiente.

La posibilidad de padecer un golpe de calor puede incrementarse con todos estos factores y otros más (Torbat et al., 2024). La producción de calor, la temperatura sobre la piel, la humedad relativa, el estado de humedad corporal, el aislamiento del vestuario, la temperatura operativa y la velocidad del aire son los factores que determinan el balance térmico externo (Arias & Cárdenas, 2024).

El índice WBGT, según Arciniegas et al. (2025), se emplea para definir las situaciones de protección, definiendo un estándar que señala cuánto tiempo es seguro laborar al aire libre cuando hay calor y humedad. Entender y saber dichas condiciones de protección le permitirá evitar situaciones de emergencia vinculadas con el aumento de temperatura, como dolores musculares, agotamiento debido al calor e insolación.

En términos de estrés térmico, González (2021), especifica que en relación con la salud, se estima que un valor de WBGT mayor a 90 grados es el más riesgoso. Los datos que tenemos que tomar para resguardarnos del estrés térmico varían significativamente si el valor de WBGT oscila entre 80 y 90 grados.

Según Guerra et al. (2024), el consumo metabólico permite valorar la carga física y, al mismo tiempo, es un indicador necesario para estimar la agresión térmica. El propósito de esta NTP es mostrar diversas técnicas para calcular el consumo de energía, las cuales se fundamentan en el reglamento UNE 8996 "Ergonomía del ambiente térmico".

La soldadura es el proceso de unir o fusionar componentes a través del calor y/o la compresión, con el objetivo de que estos componentes constituyan un único elemento. En la soldadura, la luz de arco generada mediante la electricidad originada por la fuente energética es generalmente el origen del calor (Cueva, 2024). En términos generales, la soldadura se clasifica en tres categorías: la soldadura fuerte/blanda, la por presión y la por fusión; cada una de ellas incluye numerosos métodos de soldadura (Arévalo et al., 2024).

Las operaciones de soldadura tienen una serie de peligros significativos de varias clases: En relación con las fuentes de energía empleadas: Electricidad (electrocución, quemaduras, etc.). Fuegos (como incendios, quemaduras y otros). Control de gases (incendios, explosiones, quemaduras, etc.) (Vélez, 2025).

Para evaluar los riesgos de la soldadura, según Koirala et al. (2025), se deben considerar el tipo y el material de soldadura, el gas y el electrodo o varilla utilizados, así como la ubicación, otras tareas relacionadas con la soldadura, la aireación y las costumbres laborales del soldador.

Un adecuado cordón de soldadura se muestra recto y va siguiendo la junta de conexión sin deslizarse a los lados. Una soldadura de buena calidad tiene poco o ningún salpicón en su superficie. Un cordón de soldadura correctamente ejecutado tendrá un ancho constante en toda su longitud y no mostrará espacios vacíos (Salamanca et al., 2025).

La presente investigación tiene como finalidad evaluar el nivel de estrés térmico en los estudiantes de soldadura del Instituto Superior Tecnológico Martha Bucaram de Roldós, mediante la aplicación del índice WBGT, correspondiente a la Temperatura de Globo y Bulbo Húmedo, y la estimación del consumo metabólico durante las prácticas formativas.

A partir de esta evaluación, se busca determinar las condiciones térmicas a las que se encuentran expuestos los estudiantes, identificar la influencia del estrés térmico en su rendimiento práctico durante la elaboración de cordones de soldadura y analizar la relación existente entre dicha exposición y los defectos o irregularidades presentes en la calidad del cordón soldado, considerando los criterios establecidos en la norma AWS D1.1.

## **Metodología**

Los materiales que se utilizaron fueron el análisis acerca del estrés térmico en los alumnos, se emplearon herramientas, así como instrumentos de medición de diferentes tipos,

los cuales lograron obtener datos vinculados con los parámetros térmicos del área de trabajo. Para ello se utilizó el medidor WBGT y aparatos para cuantificar la temperatura del ambiente, la temperatura del globo, el nivel de temperatura del bulbo húmedo junto con la humedad relativa.

Se emplearon durante las prácticas instrumentos relacionadas con el procedimiento de soldadura y componentes de seguridad personal como caretas, guantes de seguridad, etc. Los datos recogidos se organizaron y analizaron luego en cálculos en Microsoft Excel, en las cuales se procedió a calcular el indicador WBGT, la tasa de metabolismo y el indicador de peso corporal (IMC) correspondiente a los alumnos participantes.

Según el método a emplear fueron un enfoque cuantitativo, el cual fue empleado al evaluar el estrés térmico y la influencia sobre la estabilidad del cordón soldado, usando como indicadores el índice WBGT y el consumo metabólico.

El diseño de la investigación planteado fue el descriptivo y correlacional usado para analizar la vinculación entre los parámetros térmicos y la calidad del empleo en soldadura.

La población de estudio estuvo conformada por los estudiantes matriculados en el área de soldadura del Instituto Superior Tecnológico Martha Bucaram de Roldós durante el período de ejecución de las prácticas, de los cuales se seleccionaron 30 participantes mediante muestreo aleatorio simple, considerando su asistencia, disponibilidad y participación en actividades prácticas bajo condiciones reales de trabajo.

Esta muestra se consideró adecuada porque permitió analizar a estudiantes expuestos a tareas similares, con uso de los mismos equipos, tiempos de práctica comparables y condiciones ambientales propias del taller de soldadura.

Para la recolección de datos se utilizó el índice de Temperatura de Globo y Bulbo Húmedo, conocido como WBGT por sus siglas en inglés, con el fin de valorar la exposición al calor mediante variables como temperatura ambiente, temperatura de globo, temperatura de

bulbo húmedo y humedad relativa. Además, se estimó el consumo metabólico a partir del registro de la frecuencia cardíaca, para determinar la carga física generada durante las actividades de preparación, configuración, soldadura e inspección.

La calidad del cordón soldado se evaluó mediante inspección visual, tomando como referencia la norma AWS D1.1, para identificar defectos superficiales, salpicaduras, porosidad, discontinuidades e irregularidades. Finalmente, los datos fueron organizados en Microsoft Excel y procesados mediante el software Statistical Package for the Social Sciences, conocido como SPSS, aplicando estadística descriptiva y análisis correlacional para establecer la relación entre estrés térmico, consumo metabólico, rendimiento práctico y defectos en los cordones de soldadura.

## Resultados

Los resultados se dieron mediante la valoración del grado del estrés térmico en estudiantes de soldadura mediante el indicador WBGT y el consumo de sustancias metabólicas en condiciones concretas laborales. Los factores evaluados que se dieron fueron el índice WBGT en °C, así como las temperaturas ambiente (TA), de globo (TG), de bulbo húmedo (WET) y de punto de rocío (DP) en °C, en una humedad relativa (RH) en %, en las diferentes fechas que se dan desde el 10/05/2024 al 03/12/2024.

**Tabla 1**

*Promedios de los factores ambientales y del indicador WBGT en el transcurso de las operaciones de soldadura*

Fecha	WBGT (°C)	RH (%)	TA (°C)	TG (°C)	WET (°C)	DP (°C)
10/05/2024	27.6	69.8	31.0	30.9	26.3	24.8
16/05/2024	26.8	70.6	30.0	30.0	25.5	24.0
24/07/2024	24.7	68.4	28.1	27.9	23.4	21.6
25/07/2024	25.6	62.7	29.9	29.3	24.1	22.0
03/12/2024	28.0	60.1	32.7	32.9	26.0	23.9
Promedio	26.54	66.32	30.34	30.2	25.06	23.26
Max.	28	70.6	32.7	32.9	26.3	24.8
Min.	24.7	60.1	28.1	27.9	23.4	21.6
Desviación Estándar	1.2322	4.1605	1.5055	1.6685	1.1218	1.2387

*Nota:* En la tabla están los promedios de los factores ambientales y del indicador WBGT empleados en las operaciones de soldadura, repartidas en las distintas variables que son WBGT, RH, TA, TG, WET y DP (Autores, 2026).

Los resultados alcanzados demostraron situaciones térmicas moderadas en el transcurso de los trabajos de soldadura, con un WBGT medio de 26.54 °C y una temperatura máxima de 28 °C. El nivel de humedad relativa tuvo un valor medio de 66.32 %, aunque la temperatura ambiente se elevó hasta 32.7 °C, reflejando un ambiente cálido causado por radiación térmica. De igual forma, la reducida desviación estándar encontrada en las variables muestra estabilidad durante las mediciones llevadas a cabo.

**Tabla 2***Desglose de la tasa metabólica por tarea (ISO 8996)*

Tarea	Tiempo (min)	ciclo %	M <sub>post</sub> (W)	M <sub>mbros</sub> (W)	M <sub>trab</sub> (W)	M <sub>total</sub> (W)	M × t (W·min)
Preparación	13.20	18.5%	35	215	183.5	433.5	5,722.2
Configuración	18.83	26.4%	35	215	215.0	465.0	8,755.95
Soldadura	27.97	39.1%	35	250	250.0	535.0	14,963.95
Inspección	11.47	16.0%	35	215	183.5	433.5	4,972.25
Total	71.47	100%	—	—	—	---	34414.35

*Nota:* En la tabla está el desglose la de tasa metabólica dividida en diferentes columnas (Autores, 2026).

El análisis muestra que la tarea más exigente físicamente durante la operación constituye la labor de soldadura, pues es la que muestra el mayor valor de metabolismo completo y consumo de energía acumulado en el proceso. El ciclo completo también alcanza una utilización metabólica total hasta 34414.35 W·min, lo cual posibilita medir la carga corporal del empleado y definir estrategias ergonómicas con el fin de evitar fatiga y carga excesiva muscular.

Por lo que la carga metabólica total es de:

$$CM = \frac{34414.35 \text{ W} \cdot \text{min}}{71.47 \text{ min}} = 481.5 \text{ W}$$

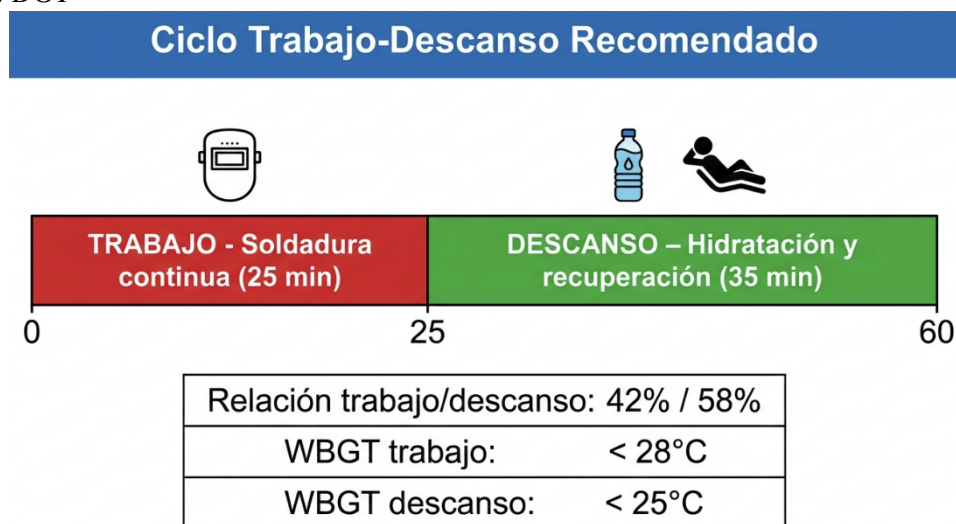
Los índices WBGT definidos por las ISO 7243 son:

**Figura 1**  
Clasificación de riesgo por estrés térmico del índice WBGT



Nota: Adaptado de la norma ISO 7243 y del Acuerdo Ministerial MDT 2024-196 (Autores, 2026).

**Figura 2**  
Conexión trabajo-descanso recomendada según las condiciones de estrés térmico y los valores WBGT



Nota: Arciniegas et al. (2025)

Por lo que evaluación del riesgo térmico basados en datos obtenidos en la WBGT y el consumo metabólico es:

**Tabla 3**  
Evaluación de riesgo térmico por WBGT y consumo metabólico

Fecha de exposición	WBGT (°C)	Consumo metabólico (W)	Límite WBGT (°C)	Nivel de riesgo
10/05/2024	27.6	481.5	28	Alto
16/05/2024	26.8	481.5	28	Medio
24/07/2024	24.7	481.5	28	Bajo
25/07/2024	25.6	481.5	28	Bajo
03/12/2024	28.0	481.5	28	Alto

Nota: En la tabla está la valoración del riesgo térmico por WBGT, separadas en la columna de consumo metabólico, Límites WBGT y el nivel de riesgo (Autores, 2026).

En la tabla 3, se encontró que los alumnos de soldadura se encontraron expuestos a grados de estrés térmico de bajo a alto, que tienen valores WBGT que oscilan entre 24.7 °C a 28 °C y una carga metabólica media de 481.5 W, evidenciando mayor peligro en jornadas con temperaturas próximas al límite tolerable definido por la ISO 7243.

Para identificar el efecto del estrés térmico en el desempeño de los alumnos en el transcurso de la cumplimiento práctico de cordones para soldadura es:

**Tabla 4**

*Efecto de calor sobre el rendimiento práctico de los alumnos en la elaboración de cordones para la soldadura*

Fecha de exposición	WBGT (°C)	Nivel de riesgo	Desempeño en la práctica	Defectos hallados
10/05/2024	27.6	Alto	Bajo	Existencia de salpicaduras y moderadas interrupciones
16/05/2024	26.8	Medio	Medio	Cordones regulares con pequeñas imperfecciones
24/07/2024	24.7	Bajo	Alto	Cordones estables y estándar
25/07/2024	25.6	Bajo	Alto	Buenas estabilidades y acabados homogéneos
03/12/2024	28.0	Alto	Bajo	Mayor número de fallos y menor exactitud

*Nota:* En la tabla están los efectos de calor que se dan sobre el rendimiento práctico de los alumnos en la elaboración de los cordones.

Los hallazgos demostraron que las características térmicas situadas en la zona de soldadura ejercieron impacto sobre el rendimiento práctico de los alumnos en el transcurso del proceso de fabricación de los cordones. En los días con niveles significativos del indicador WBGT, se observaron dificultades más grandes en la realización de las prácticas, que se reflejaron en imperfecciones, fallos y aparición de erosiones en los cordones. En contraste, en el momento en que las condiciones térmicas resultaron más favorables, los alumnos lograron crear cordones con una mejor continuidad, igualdad y acabado.

También se pudo comprobar que existe una vinculación entre el aumento de la tensión térmica y la reducción de la eficiencia dentro de las tareas de soldadura. Las altas temperaturas, sumadas al esfuerzo físico necesario para llevar a cabo la práctica, influyeron en la habilidad de concentración y exactitud de los participantes, provocando alteraciones en el nivel de los

cordones creados. En los escenarios donde el grado de peligro térmico fue reducido, el rendimiento práctico demostró mejor rendimiento y mayor firmeza durante el proceso de unión.

En las prácticas realizadas con niveles más elevados de contacto con el calor, múltiples estudiantes mostraron signos físicos asociados al estrés térmico, tales como agotamiento, sudoración continua, desgaste corporal y problemas para conservar la concentración en el trabajo que se estaba realizando. Estas condiciones afectaron la coordinación y precisión de los movimientos en el momento de soldar, provocando un aumento de imperfecciones y una disminución del nivel del empleo práctico realizado.

El desarrollo del estadístico descriptivo y la correlación de variables, se ejecutó en el Software SPSS V.23, obteniendo los siguientes resultados:

Los códigos 1 cuando es bajo, 2 cuando da un valor medio, y 3 cuando es alto.

**Tabla 5**  
*Análisis estadísticos descriptivos*

	N	Mínimo	Máximo	Suma	Media	Desviación estándar
Riesgo	5	1	3	9	1.80	.837
Desempeño	5	1	3	9	1.80	.837
Defectos	5	1	3	9	1.80	.837
Fatiga	5	1	3	10	2.00	.707
N válido (por lista)	5					

*Nota:* En la tabla está el análisis estadístico descriptivo, donde se determinó el mínimo, máximo la suma total, la media y la desviación estándar en SPSS V2.3 (Autores, 2026).

Los resultados de la Tabla 5, mostraron una incertidumbre moderada entre las inspecciones efectuadas. También se encontró que el aumento del riesgo térmico en las operaciones de soldadura estuvo asociado con reducción del rendimiento práctico e incremento de la fatiga junto con los desperfectos encontrados en los cordones fabricados por los alumnos.

**Tabla 6**  
*Correlación de variables*

			Riesgo	Desempeño	Defectos	Fatiga
Rho de Spearman	Riesgo	Coefficiente de correlación	1.000	-.806	.750	.825
		Sig. (bilateral)	.	.100	.144	.086
		N	5	5	5	5
	Desempeño	Coefficiente de correlación	-.806	1.000	-.806	-.471
		Sig. (bilateral)	.100	.	.100	.423
		N	5	5	5	5
	Defectos	Coefficiente de correlación	.750	-.806	1.000	.471
		Sig. (bilateral)	.144	.100	.	.423
		N	5	5	5	5

Fatiga	Coefficiente de correlación	.825	-.471	.471	1.000
	Sig. (bilateral)	.086	.423	.423	.
	N	5	5	5	5

Nota: En la tabla está el análisis correlacional elaborado en SPSS V.23 (Autores, 2026).

La evaluación correlacional de Spearman encontró que se observa una correlación negativa significativa con respecto a la amenaza térmica y a la eficiencia práctica del alumnado (Rho = -0.806), lo que quiere decir que la elevación del estrés térmico tiende a disminuir el desempeño en el proceso de elaboración de los cordones de soldadura. También se encontró una correlación positiva en relación con la amenaza térmica, los desperfectos o defectos (Rho = 0.750) junto con la fragilidad o fatiga (Rho = 0.825), lo que demuestra que niveles más altos de contacto con el calor promueven un incremento de las anomalías en los cordones y el agotamiento físico en el transcurso de las operaciones de soldadura.

La evaluación de la relación entre el estrés térmico y los defectos o irregularidades presentes en la calidad del cordón soldado según Norma AWS D1.1, se da de la siguiente manera:

**Tabla 7**

*Valoración de la vinculación del estrés térmico y los defectos del cordón según las AWS D1.1*

Fecha de ejecución	WBGT (°C)	Nivel de estrés térmico	Defectos visualizadas	Clasificación AWS D1.1	Número de defectos observados	Resultado de evaluación AWS D1.1
10/05/2024	27.6	Alto	Excesivas salpicaduras, interrupciones y ligera socavación.	Discontinuidades de superficie y socavación.	4	Necesita ser corregido.
16/05/2024	26.8	Medio	Pequeñas imperfecciones y una ligera irregularidad en la forma.	Superficie con una ligera irregularidad.	3	Aceptable con observaciones.
24/07/2024	24.7	Bajo	Cordón uniforme y estable, sin saltos significativos.	Cordón aceptable de acuerdo con AWS D1.1	0	Aceptable
25/07/2024	25.6	Bajo	Poca salpicadura en la superficie y buena uniformidad.	Mínima discontinuidad superficial	1	Aceptable
03/12/2024	28.0	Alto	Porosidad de superficie, disminución de continuidad,	Porosidad y falta de continuidad del cordón.	3	Preliminarmente rechazado.

---

además de menor exactitud.

---

*Nota:* En la tabla está la valoración que se da entre el estrés térmico y los defectos de los cordones según las AWS D1.1 (Autores, 2026).

Los resultados recogidos hicieron posible demostrar que las características térmicas durante los procedimientos de soldadura contribuyeron de manera directa en el rendimiento de los cordones desarrollados por los alumnos. Las mayores imperfecciones superficiales, fallas y defectos visibles que se observaron, se dieron una menor aprobación de los cordones, conforme a las directrices de la norma AWS D1.1, cuando se registraron valores de WBGT mayores. Por el contrario, bajo circunstancias térmicas más rígidas los cordones mostraron mejor homogeneidad y menor número de imperfecciones. Esto indica que el incremento del estrés térmico influye en el rendimiento efectivo y propicio, de la generación de imperfecciones en el transcurso del procedimiento de soldadura.

## **Discusión**

Los resultados de esta investigación muestran que los alumnos soldadores del ISTMBR están sujetos a niveles de tensión térmica que cambiaron de bajo a alto, llegando a valores de WBGT de hasta 28 °C, lo que afectó de forma directa el desempeño práctico y el estado del cordón soldado. Estos resultados coinciden con lo mencionado por Vélez (2025) que afirma, que los procesos de soldadura constituyen un ambiente de elevado riesgo térmico, por la exposición permanente a la radiación solar, las chispas y las altas temperaturas, lo que influye en el bienestar corporal y mental de las personas expuestas.

Las condiciones térmicas de la investigación en niveles térmicos ambiente, así como la humedad relativa, presentaban situaciones negativas para un buen desempeño del alumnado. Estos resultados coinciden con lo indicado por Yáñez et al. (2025), quienes proponen que el estrés térmico consiste en la combinación de altas temperaturas, humedad y una actividad física constante que dificulta la habilidad del entorno para mantener el equilibrio térmico interno.

Esto justifica que los alumnos presentaran síntomas como desgaste, deshidratación excesiva y menor rendimiento en el transcurso de las actividades de soldadura.

La presente investigación demostró que, al aumentar el nivel de peligro térmico, el rendimiento práctico se redujo significativamente, presentando más anomalías en las uniones de soldadura. Concordando con lo estipulado por Perlaza (2023), quien afirma que la humedad relativa alta y la falta de ventilación, obstaculizan la eliminación del calor corporal, elevando el riesgo de agotamiento térmico y de errores operacionales.

Respecto a la carga física laboral, la evaluación metabólica determinó que el trabajo de mayor necesidad energética; correspondió a la etapa de soldadura, donde la alta demanda física que tuvieron los estudiantes, elevó la generación de energía corporal y ayudó a que se fatigaran más. Estos resultados se ajustan a la investigación efectuada por Medina y Díaz (2024), que afirman que el consumo metabólico es un indicador clave para valorar la carga física y predecir el riesgo térmico en entornos industriales.

Por otra parte, la conducta del índice WBGT verificado en este estudio coincide con lo mencionado por Tello (2025), quien concluye que el indicador WBGT permite establecer la duración adecuada durante la exposición al calor y evitar afecciones asociadas a altas temperaturas. Los índices cercanos al límite permisible, hallados en múltiples jornadas de práctica, indican que los alumnos estuvieron expuestos a condiciones térmicas que, de no tomarse medidas preventivas apropiadas, pueden impactar su salud y protección.

Los defectos detectados en las uniones de soldadura igualmente están relacionados con las afirmaciones realizadas por Guerra et al. (2024), quienes señalan que las circunstancias ambientales, así como el entorno de trabajo, tienen una influencia directa en relación con la eficiencia del procedimiento de soldadura. En este estudio se detectaron, que durante las jornadas con más exposición térmica, produjeron, imperfecciones superficiales, salpicaduras,

erosiones y porosidades, lo que evidencia que la temperatura alta afecta la exactitud y firmeza del operador en el transcurso de la realización del cordón.

Los hallazgos demostraron que, bajo restricciones de reducido estrés térmico, los alumnos consiguieron cordones más uniformes y firmes, en tanto que en condiciones térmicas elevadas incrementaron las imperfecciones y se redujo la aceptación de los cordones según la norma AWS D1.1. Estos resultados están alineados por Torbat et al. (2024), que señalan que un cordón de soldadura de alta calidad, debe mostrar homogeneidad, continuidad y mínima cantidad de imperfecciones visibles.

Por otro lado, Salamanca et al. (2025) indica que los niveles elevados del indicador WBGT son un riesgo importante para la salud en el trabajo, sobre todo cuando las operaciones implican un esfuerzo físico sostenido. Esto se enlaza con los hallazgos, donde los alumnos sometidos a elevados niveles térmicos mostraron mayor agotamiento y minimización del rendimiento práctico en las jornadas de soldadura.

Por último, aunque los resultados permitieron detectar una relación significativa dentro del estrés térmico y el rendimiento del desempeño práctico en soldadura, la investigación mostró algunas restricciones vinculadas al volumen de la muestra y la cantidad de jornadas evaluadas. No obstante, la investigación ofrece evidencia importante sobre la exigencia de adoptar acciones de prevención térmica, contar con mecanismos de ventilación apropiados, tomar pausas activas e hidratarse constantemente en los entornos de formación técnica, vinculados a procesos de soldadura.

## **Conclusión**

Se concluyó que los alumnos de soldadura del ISTMBR eran expuestos a grados de estrés térmico que oscilaron desde bajo hasta alto, con valores de WBGT hasta de 28 °C y una carga metabólica media de 481.5 W. Dichas condiciones afectaron significativamente en la

calidad de las uniones de soldadura, observándose un incremento de fallas y anomalías en el momento en que el grado de exposición térmica se incrementó.

Se señaló que las situaciones térmicas actuales en el lugar de soldadura provocaron niveles de estrés térmico, que van de reducido, moderado y elevado, según los resultados obtenidos a través del indicador WBGT y el estudio del consumo de metabólico. Los hallazgos demostraron que los períodos con elevada temperatura y humedad relativa aumentaron el peligro térmico en los alumnos en el transcurso de las prácticas de soldadura.

Se constató que el incremento del estrés térmico influyó de forma negativa la eficiencia práctica de los alumnos, causando fatiga, menor concentración y exactitud en el proceso de elaboración de las uniones de soldadura. En los días con elevados índices de WBGT se detectaron más complicaciones en la realización de las actividades y menor excelencia en los acabados efectuados.

Se encontró una vinculación clara entre la tensión térmica y la formación de anomalías sobre la soldadura valorados según la normativa AWS D1.1. Altos niveles de exposición térmica se encontraron relacionados con erosiones, imperfecciones, cortes y fracturas; en tanto que los cordones en condiciones térmicas mejoradas, mostraron mejor homogeneidad, continuidad y conformidad según norma técnica.

Los análisis estadísticos utilizando el indicador Rho de Spearman mostraron una relación negativa en relación con la amenaza térmica y el rendimiento laboral de los alumnos, al igual que una relación favorable entre el riesgo térmico, la agotamiento y los desperfectos observados en las uniones de soldadura. Esto nos demuestra que igualmente la elevación del nivel de temperatura como la carga corporal, impactan tanto el confort del alumno como el rendimiento de la labor realizada.

Por último, el estudio demostró la relevancia de gestionar las condiciones climáticas en las aulas de soldadura a través de equipos de ventilación apropiados, pausas activas,

refrescamiento continua y vigilancia constante del indicador WBGT, con el fin de disminuir las repercusiones de la presión térmica y optimizar la eficiencia y la calidad de los procedimientos de soldadura en los alumnos del ISTMBR.

## Referencias bibliográficas

- Arciniegas Montealegre, A. M., Maldonado Torres, J. A., & Violet Martelo, B. E. (2025). Determinación de la carga térmica en los trabajadores oficiales de Girardot en las actividades operativas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(3), 3434–3459. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v9i3.17959](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i3.17959)
- Arévalo Ostaiza, J., Véliz Sacón, D., & Palacios Pérez, F. (2024). Estudio de la eficiencia, rendimiento del metal de soldadura y coeficiente de depósito del electrodo revestido E6011 Marca ESAB. *Revista Social Fronteriza*, 4(4), 1–37. [https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4\(4\)378](https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4(4)378)
- Arias Forero, A. M., & Cárdenas Castellanos, L. M. (2024). Clima laboral: evaluación del estrés térmico en los trabajadores de seguridad privada de Girardot Cundinamarca. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(2), 509–519. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i2.10494](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i2.10494)
- Cueva Jiménez, G. F. (2024). *Análisis de tipos de soldadura mediante ensayos no destructivos*. 5(12), 1-17. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.11521698>
- Espitia Sánchez, M. J., Cuellar Caicedo, A. C., & Cárdenas Castellanos, L. M. (2026). Evaluación del nivel de estrés térmico en los puestos de trabajo de la empresa G&C constructora S.A.S y qué efectos se pueden desarrollar debido a la exposición durante la jornada laboral. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(6), 5617-5641.
- Fontalvo López, J. G., & Martínez Romero, C. A. (2024). Evaluación del nivel de estrés térmico por exposición en incendios estructurales en los Bomberos de Girardot, Cundinamarca. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(2), 697–712. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i2.10518](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i2.10518)
- Foster, J., Hodder, S. G., Lloyd, A. B., & Havenith, G. (2020). Individual responses to heat stress: Implications for hyperthermia and physical work capacity. *Frontiers in Physiology*, 11, 541483. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.541483>
- González Menéndez, S. (2021). Supuesto práctico «evaluación de estrés térmico basada en el índice WBGT para el tendido de mezcla asfáltica». *Gestión práctica de riesgos laborales*, 1(195), 25-33.
- Guerra Valencia, J., Castillo Paredes, A., Morán Quiñones, E., & Quiroz Cornejo, K. V. (2024). Asociación entre el síndrome metabólico y el gasto energético total diario en adultos: Análisis transversal de pobladores peruanos. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 44(2), 227-238. <https://doi.org/10.12873/442guerra>
- Koirala, B., Rijal, B., Kc, S., Nepal, S., Khadka, A., Karki, A., Joshi, S., Basnet, S., Adhikari, U., Neupane, R., & Karki, J. K. (2025). Occupational health risks and safety awareness among welders in Nepal, a qualitative study. *BMJ Open*, 15(10), e103965.

<https://doi.org/10.1136/bmjopen-2025-103965>

- Medina Gavidia, K. E., & Díaz Hidalgo, J. A. (2024). Riesgos ergonómicos en el entorno laboral: Importancia y factores de riesgo. Revisión bibliográfica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 1115–1130. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i3.11323](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11323)
- Osorio Delgado, Y. S. (2024). Relación entre estrés térmico por calor y la salud de los trabajadores de una empresa metalmeccánica. *Perfiles de Ingeniería*, 21(22), 127-140. [https://revistas.urp.edu.pe/index.php/Perfiles\\_Ingenieria/article/view/7027](https://revistas.urp.edu.pe/index.php/Perfiles_Ingenieria/article/view/7027)
- Perlaza Caicedo, N. M. (2023). *Factor físico de ambientes térmicos y los efectos a la salud en el personal de un hospital público de Ecuador* [Trabajo de Grado, Universidad Técnica del Norte]. <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/14717/2/PG%201565%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Revueltas Agüero, M., Molina Esquivel, E., & Hernández Sánchez, M. (2023). La salud humana frente al estrés térmico por el cambio climático. *Revista Archivo Médico de Camagüey*, 27, 1–20. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1025-02552023000100011](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-02552023000100011)
- Salamanca Sarmiento, J. R., Hernández Ramos, D. A., & Pineda Avila, S. V. (2025). Análisis comparativo del desempeño y calidad superficial de cordones de soldadura con electrodos E6013 y E7018. *Universidad Santo Tomas*, 1(1), 1-16. [https://www.researchgate.net/publication/398055117\\_ANALISIS\\_COMPARATIVO\\_DEL\\_DESEMPEÑO\\_Y\\_CALIDAD\\_SUPERFICIAL\\_DE\\_CORDONES\\_DE\\_SOLDADURA\\_CON\\_ELECTRODOS\\_E6013\\_Y\\_E7018](https://www.researchgate.net/publication/398055117_ANALISIS_COMPARATIVO_DEL_DESEMPEÑO_Y_CALIDAD_SUPERFICIAL_DE_CORDONES_DE_SOLDADURA_CON_ELECTRODOS_E6013_Y_E7018)
- Tello Ramos, G. E. (2025). *Estrés térmico y su relación con la fatiga muscular en el personal de bomberos de la brigada de incendios forestales del CBDMQ - 2025* [Trabajo de Titulación, Universidad Técnica del Norte]. <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/17949/2/PG%202195%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Torbat Esfahani, M., Awolusi, I., & Hatipkarasulu, Y. (2024). Heat stress prevention in construction: A systematic review and meta-analysis of risk factors and control strategies. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 21(12), 1681. <https://doi.org/10.3390/ijerph21121681>
- Vélez Loor, E. L. (2025). Análisis de riesgos mecánicos y su influencia en la seguridad de los trabajadores en el taller de soldadura del GAD Municipal del cantón Buena Fe. *Multidisciplinary Journal of Sciences, Discoveries, and Society*, 2(4), 1–12. <https://doi.org/10.71068/ppvhce60>
- Yáñez Moreta, G. J., Morales Perrazo, L. A., & Portero Pérez, C. G. (2025). Humos de soldadura y su influencia en la salud de trabajadores metalmeccánicos del cantón Ambato. *Ciencia y Educación*, 6(6), 149–159. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15625308>