Revista de Ciencias Tecnológicas (RECIT). Universidad Autónoma de Baja California ISSN 2594-1925
Volumen 9 (4): e495. Octubre-Diciembre, 2026. https://doi.org/10.37636/recit.v9n4e495

Estudio de casos

Diagnóstico de condiciones de estrés térmico en panaderías artesanales: caso de estudio Misantla, Veracruz

Assessment of thermal stress conditions in artisanal bakeries: a case study in Misantla, Veracruz

Yensy Fernández Pentón[1], Rodrigo Vivar Ocampo[2], Ana Roselyn Pérez Méndez[1]
Rubén Omar Gutiérrez Salazar[1], Yodaira Borroto Pentón[1], David Reyes González[1]

[1]Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Misantla, km. 1.8 Carretera a Loma del Cojolite C.P. 93850, Misantla, Veracruz, México.
[2]Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Baja California, Blvd. Universitario #1000, Valle de las Palmas, 21500, Tijuana, Baja California, México.

Autor de correspondencia: David Reyes González, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Km. 1.8 Carretera a Loma del Cojolite. C.P. 93850 Misantla, Veracruz, México. E-mail: dreyesg@itsm.edu.mx. ORCID: 0000-0001-6400-5984.

Recibido: 9 de mayo del 2026 **Aceptado:** 28 de agosto del 2026 **Publicado:** 4 de noviembre del 2026

Resumen. - *El estrés térmico (ET) es un riesgo emergente que afecta la salud, seguridad y productividad de los trabajadores en las micro, pequeñas y medianas empresas (MiPyMEs), particularmente aquellas que trabajan con alguna fuente de calor como las panaderías artesanales. De acuerdo con el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) del INEGI, en México existen aproximadamente 59,881 panaderías tradicionales, distribuidas a lo largo del territorio nacional, Veracruz se encuentra entre las entidades con mayor presencia de este tipo de establecimientos, y ocupa el segundo lugar en el país, lo que destaca su importancia como unidades económicas de pequeña escala. Estos establecimientos se caracterizan por tener hornos, espacios pequeños y deficiencia en la ventilación, lo que aumenta la carga térmica. El ET se presenta cuando el organismo no logra disipar el calor que genera el metabolismo o que recibe del exterior, aumenta la temperatura corporal y comienza a generar daños inmediatos a la salud, causando afectaciones leves o incluso la muerte. Lo que resalta la importancia de estudiar condiciones laborales en estos espacios. Según la Subsecretaría de Políticas de Salud y Bienestar Poblacional en el año 2024 se registraron 4007 casos en el país, por golpe de calor, deshidratación y quemaduras, así como 306 fallecidos a consecuencia de las altas temperaturas en la temporada de calor. El objetivo de este proyecto es realizar un diagnóstico preliminar de las condiciones laborales de trabajadores expuestos a altas temperaturas en las panaderías de la ciudad de Misantla, Ver, que permita identificar escenarios críticos. La propuesta metodológica para el desarrollo de esta investigación consiste en un estudio de campo, con el fin de recabar información sobre la organización del trabajo y las condiciones operativas, así como en la medición del índice de Temperatura de Bulbo Húmedo y Globo (WBGT) en áreas representativas durante el horario laboral, de acuerdo con la NOM-015-STPS-2001. Los resultados indican que el 70% de los establecimientos superan los límites permisibles de WBGT para trabajo moderado alto, lo que refleja condiciones térmicas peligrosas. Se identificaron puntos críticos relacionados con la radiación de hornos y la acumulación de humedad, lo que intensifica el riesgo para los trabajadores, considerando que laboran un promedio de 8 horas diarias. Estos resultados indican la necesidad de implementar un trabajo más profundo para identificar los efectos que propician la exposición a condiciones de estrés térmico y establecer medidas de control térmico.*

Palabras clave: Riesgo ocupacional; Fuente de calor; Condiciones térmicas; MiPyMEs; WBGT.

Abstract. - *Heat stress (HS) is an emerging risk that affects the health, safety, and productivity of workers in micro, small, and medium-sized enterprises (MSMEs), particularly those that work with heat sources such as artisanal bakeries. According to INEGI's National Statistical Directory of Economic Units (DENUE), there are approximately 59,881 traditional bakeries in Mexico, distributed throughout the country. Veracruz ranks among the states with the highest concentration of such establishments, ranking second in the country, highlighting their importance as small-scale economic units. These establishments are characterized by having ovens, small spaces, and poor ventilation, which increases the thermal load. Heat stress occurs when the body is unable to dissipate the heat generated by metabolism or received from the environment; this raises body temperature and begins to cause immediate health damage, causing mild effects and can even lead to death. This highlights the importance of studying working conditions in these environments. According to the Undersecretariat of Health and Population Welfare Policies, in 2024 there were 4,007 reported cases in the country due to heatstroke, dehydration, and burns, as well as 306 deaths resulting from high temperatures during the hot season. The objective of this project is to conduct a preliminary assessment of the working conditions of workers exposed to high temperatures in bakeries in the city of Misantla, Ver., to identify critical scenarios. The methodological approach for this research consists of a field study to gather information on work organization and operating conditions, as well as to measure the Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) index in representative areas during working hours, in accordance with NOM-015-STPS-2001. The results indicate that 70% of the establishments exceed the permissible WBGT limits for moderate-to-high work, reflecting hazardous thermal conditions. Critical points related to oven radiation and moisture accumulation were identified, intensifying the physiological risk for workers, considering that they work an average of 8 hours per day. These results indicate the need for further research to identify the effects that promote exposure to conditions of heat stress and establish thermal control measures.*

Keywords: Occupational hazard; Heat source; Thermal conditions; MSMEs; WBGT.

1. Introducción

El estrés térmico (ET) constituye un riesgo ocupacional grave que amenaza la salud, seguridad y productividad de millones de trabajadores en todo el mundo y cuya magnitud se ha intensificado en el contexto del cambio climático y el aumento sostenido de las temperaturas ambientales [1,2,3]. Actualmente, más de 2.4 mil millones de trabajadores en el mundo están expuestos a calor excesivo en el trabajo, lo que representa alrededor del 70 % de la fuerza laboral global [4]. Los riesgos para la salud relacionados con el calor incluyen deshidratación, disfunción renal y trastornos neurológicos. Se estima que cada año se producen 18 970 muertes y 22.87 millones de lesiones laborales relacionadas con el calor excesivo, lo que evidencia el impacto significativo de este problema en la salud ocupacional a nivel mundial [5]. Los trabajadores expuestos al calor son mucho más propensos a sufrir lesiones laborales y desarrollar enfermedades crónicas asociadas a la exposición prolongada a temperaturas elevadas.

El estrés térmico es la carga neta de calor a la cual el trabajador está expuesto como resultado de la contribución combinada del calor metabólico, los factores ambientales como temperatura del aire, humedad relativa, movimiento del aire y calor radiante y la vestimenta utilizada durante la jornada laboral. La respuesta del organismo ante estas condiciones se manifiesta mediante la denominada tensión térmica, proceso en el cual el cuerpo activa mecanismos fisiológicos orientados a disipar el exceso de calor con el objetivo de mantener el equilibrio térmico interno. Sin embargo, esta respuesta puede variar entre individuos y depende de variables como la edad, obesidad, género, consumo de medicamentos o bebidas alcohólicas, así como el nivel de aclimatación al calor [6].

Las respuestas fisiológicas al calor incluyen incrementos significativos en la frecuencia cardíaca, presión arterial, tasa de sudoración y temperatura corporal central, así como síntomas como dolor de cabeza, enrojecimiento de la piel, mareos, resequedad en la boca, deshidratación y golpe de calor [7]. Investigaciones recientes demuestran que la exposición prolongada a calor extremo incrementa el riesgo de lesión renal aguda en trabajadores, con tasas de incidencia de hasta 43 % después de un turno de trabajo bajo condiciones de estrés térmico intenso [8]. Además, el calor afecta directamente la capacidad cognitiva y el desempeño laboral, reduce la concentración, aumenta los errores en tareas complejas y eleva significativamente el riesgo de accidentes ocupacionales debido a alteraciones fisiológicas [9], e incluso por modificación de las capacidades cognitivas del trabajador [10].

Ante esta problemática, diversas organizaciones internacionales han desarrollado métodos y directrices para la evaluación y prevención del estrés térmico. La Organización Internacional de Normalización (ISO) ha establecido pautas para evitar que la temperatura corporal central supere el umbral de 38 °C, mientras que la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH) ha definido un Valor Límite Umbral (TLV) que establece que la temperatura corporal central de los trabajadores no debe exceder los 38 °C con el fin de prevenir efectos adversos en la salud. Este límite implica mantener la temperatura corporal dentro de aproximadamente +1 °C respecto al valor basal promedio de 37 °C [11].

Para determinar si un área de trabajo se encuentra bajo condiciones de estrés térmico es necesario realizar mediciones y cálculos que permitan caracterizar y evaluar el ambiente térmico. La temperatura de globo y bulbo húmedo (WBGT, por sus siglas en inglés) es el índice más reconocido internacionalmente para evaluar el riesgo de estrés térmico en ambientes ocupacionales [12]. Este índice integra variables

ISSN: 2594-1925

ambientales como la temperatura de bulbo seco, la temperatura de bulbo húmedo y la temperatura de globo, permitiendo evaluar tanto ambientes industriales cerrados como espacios exteriores. No obstante, aunque el índice WBGT incorpora el consumo metabólico estimado según el tipo de tarea, su enfoque se centra en variables ambientales y no considera directamente factores fisiológicos o perceptivos individuales que podrían permitir estimar con mayor precisión la sobrecarga térmica del trabajador. La fórmula del WBGT varía según si la exposición ocurre en ambientes interiores o en espacios exteriores con radiación solar directa [13].

En México, la Norma Oficial Mexicana NOM-015-STPS-2001 establece los límites permisibles de exposición al calor en ambientes laborales, y utiliza el índice WBGT como métrica fundamental de evaluación. Estos límites varían en función de la carga de trabajo: para trabajo ligero el límite es de 30.0 °C, para trabajo moderado de 27.5 °C y para trabajo moderado-alto de 25.0 °C [14,15]. Diversos estudios han demostrado que el incumplimiento de estos límites se asocia directamente con incrementos en la prevalencia de enfermedades relacionadas con el calor, lo que afecta tanto la salud como el desempeño laboral de los trabajadores [16].

En el contexto nacional, la problemática adquiere particular relevancia en las micro, pequeñas y medianas empresas (MiPyMEs) que operan con fuentes intensas de calor, especialmente en el sector de panaderías artesanales. De acuerdo con el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), existen aproximadamente 59,881 panaderías tradicionales distribuidas en el territorio nacional, y el estado de Veracruz es una de las entidades con mayor presencia de este tipo de establecimientos, y ocupa el segundo lugar a nivel país.

Las panaderías artesanales suelen operar en condiciones caracterizadas por espacios reducidos, hornos de alta temperatura, ventilación deficiente y acumulación de humedad, factores que incrementan significativamente la carga térmica ambiental [17, 18]. Las jornadas laborales en este tipo de establecimientos frecuentemente superan las ocho horas diarias e inician en horas tempranas de la madrugada con el objetivo de garantizar la disponibilidad del producto en los horarios comerciales. Esta exposición prolongada a temperaturas elevadas representa un factor de riesgo importante para el desarrollo de enfermedades relacionadas con el calor, particularmente en trabajadores que no cuentan con condiciones adecuadas de ventilación, hidratación o estrategias de mitigación [19].

A pesar de la relevancia de este problema, la documentación científica sobre las condiciones reales de exposición térmica en panaderías artesanales de pequeña escala en México es limitada. La mayoría de los estudios nacionales orientados a la evaluación del riesgo por estrés térmico se han desarrollado principalmente en espacios abiertos con exposición directa a radiación solar, entre las que destacan actividades relacionadas con la instalación de plantas solares [20], actividades agrícolas [21] y de construcción [22], donde los trabajadores se encuentran recurrentemente expuestos a espacios abiertos con alta exposición a calor ambiental. En el contexto internacional se han reportado investigaciones relacionadas con la regulación normativa del estrés térmico laboral y los efectos del calor en la salud de los trabajadores [23,24]. Sin embargo, los antecedentes específicos en unidades productivas de tipo panaderías artesanales continúan siendo escasos, lo que evidencia una brecha investigativa significativa en estudios aplicados a micro y pequeñas empresas del sector panificador.

ISSN: 2594-1925

El municipio de Misantla, Veracruz, presenta condiciones climatológicas caracterizadas por temperaturas elevadas y alta humedad relativa, factores que pueden exacerbar el problema del estrés térmico en ambientes ocupacionales cerrados o semicerrados. La ciudad alberga un número considerable de panaderías artesanales que operan bajo condiciones limitadas de infraestructura para el control ambiental, lo que podría incrementar la exposición de los trabajadores a ambientes térmicos adversos.

En este contexto, el presente estudio presenta un diagnóstico preliminar de las condiciones laborales de trabajadores expuestos a altas temperaturas en panaderías artesanales, de la ciudad de Misantla, Veracruz, como área principal de estudio específico, identificando los escenarios críticos de riesgo y generar evidencia científica que permita fundamentar la implementación de medidas de control efectivas.

2. Metodología

La propuesta metodológica para el desarrollo de esta investigación fue definida por una serie de pasos secuenciales, que parten desde la identificación de la población y selección de la muestra hasta la aplicación de instrumentos y mediciones, tal como se muestra en la figura 1.

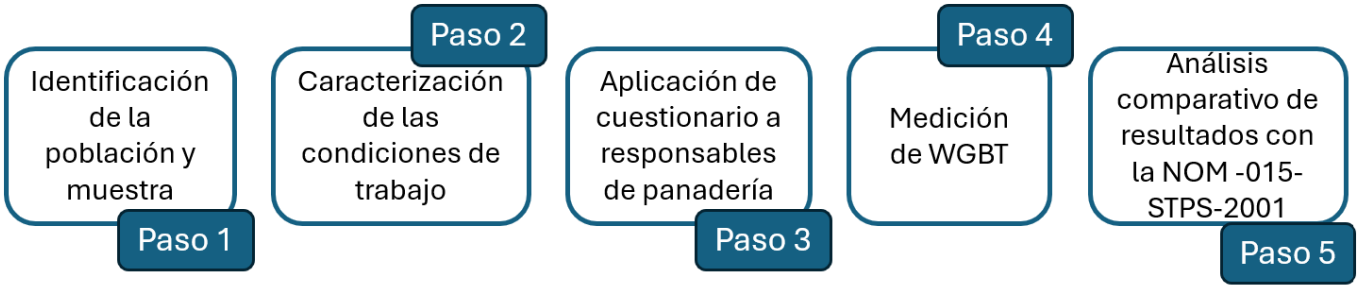


Figura 1. Etapas del proceso metodológico. Fuente: Elaboración propia.

2.1. Descripción del área de estudio

El área de estudio comprende el municipio de Misantla, ubicado en la región montañosa central del estado de Veracruz (Figura 2) [25], con una superficie total de 524.8 km^2, clima cálido-húmedo, con temperaturas elevadas y altos niveles de humedad relativa a lo largo del año.

ISSN: 2594-1925



Figura 2. Ubicación geográfica del municipio de Misantla, Veracruz. Fuente: DGPE de la SEFIPLAN con base en el INEGI, Marco Geoestadístico, 2023.

2.2. Población y muestra

La población del estudio estuvo conformada por 38 panaderías existentes en Misantla información obtenida a través de un prediagnóstico. Basándonos en eso y un levantamiento de campo más profundo se seleccionó una muestra de 10 panaderías, mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, en el que se consideraron los siguientes criterios de inclusión: volumen de producción, régimen de trabajo, frecuencia de exposición, tiempo de exposición operación activa durante la jornada diurna, procesos tradicionales con hornos industriales o semiindustriales, espacios cerrados sin exposición directa a radiación solar y la disposición voluntaria del propietario para participar en el estudio, siendo este último criterio el principal para la elección del tipo de muestreo.

2.3. **Caracterización de las condiciones de trabajo**

La caracterización de las condiciones laborales se realizó con el propósito de detectar los elementos operativos y ambientales relacionados con la exposición al estrés térmico en empleados de panaderías situadas en Misantla. La presencia de fuentes de calor, en especial los hornos, que crean condiciones térmicas peligrosas a lo largo de la jornada laboral. Se analizaron las condiciones propias de la actividad laboral, incluyendo el tipo de trabajo realizado (amasado, horneado, preparación), la intensidad de la actividad física, el tiempo de exposición y la organización de la jornada.

ISSN: 2594-1925

2.4. Instrumentos de recolección de datos

2.4.1. Cuestionario

Para la obtención de la información se realizó la aplicación de un cuestionario estructurado, compuesto por 25 preguntas, algunas cerradas y otras abiertas de respuesta breve, con el objetivo de recopilar información sobre la organización del proceso productivo, particularmente, horario de horneo, tiempo de la jornada laboral dedicado a esta actividad, identificar los puestos de trabajo con mayor carga térmica, conocer si han presentado algunos síntomas fisiológicos (dolor de cabeza, sudoración excesiva, mareos, frecuencia cardiaca elevada). El instrumento utilizado, se validó con la participación de tres expertos en áreas de conocimiento altamente relacionadas con los riesgos ocupacionales, seguridad e higiene industrial y académico investigador; se obtuvo un análisis de satisfacción general, debido a que los criterios de claridad, pertinencia, relevancia, coherencia con el objetivo, suficiencia, redacción y facilidad de comprensión obtuvieron puntuaciones altas, con promedios entre 4.0 y 5.0, lo que evidencia consenso favorable y respalda la validez de contenido del instrumento.

2.5. Procedimientos de medición del Índice de Temperatura Globo y Bulbo Húmedo (WBGT)

El procedimiento de medición se realizó de acuerdo con las recomendaciones establecidas en la NOM-015-STPS-2001, teniendo en cuenta factores como el tiempo de estabilización (10 minutos) del instrumento (Medidor de estrés térmico) y la correcta colocación del equipo. Para minimizar posibles fuentes de error relacionadas con el manejo del equipo.

Las mediciones se efectuaron durante la jornada laboral. Se colocó el equipo de medición a una altura de 1.50, 1.10 y 0.10 metros, aproximadamente a la altura de la cabeza, abdomen y tobillos del trabajador tal como se observa en la figura 4

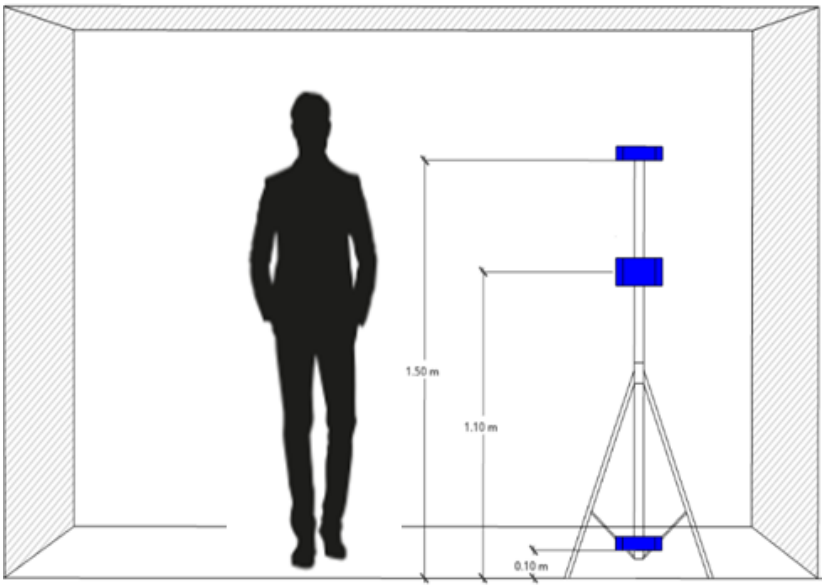


Figura 4. Representación del ajuste de la altura del MET en posición de parado. Fuente: Elaboración propia.

ISSN: 2594-1925

Las mediciones se llevaron a cabo tanto al inicio como al final de cada ciclo de exposición durante una hora continua de actividad laboral; posteriormente, se calculó WBGT mediante la ecuación:

$$WBGT=0.7(Tbh)+0.3(Tg)$$

Donde:
(Tbh): Temperatura de bulbo húmedo natural
(Tg): Temperatura de globo
Los resultados obtenidos de WBGT se compararon con los Límites Máximos Permisibles de Exposición (LMPE) establecidos en la NOM-015-STPS-2001(Tabla1), considerando la carga metabólica según el tipo de actividad desarrollada por el trabajador utilizando la clasificación de gasto energético (Tabla 2).

Tabla 1. Límites máximos permisibles de exposición a condiciones térmicas elevadas

Temperatura máxima en °C de I_{tgbh}			Porcentaje del tiempo de exposición y de no exposición
Régimen de trabajo			
Ligero	Moderado	Pesado	
30.0	26.7	25.0	100% de exposición
30.6	27.8	25.9	75% de exposición 25% de no exposición
31.7	29.4	27.8	50% de exposición 50% de recuperación en cada hora
32.2	31.1	30.0	25 % de exposición 75% de recuperación

Fuente: Adaptado de la NOM-STPS-2001

Tabla 2. Clasificación del trabajo según carga metabólica.

Tipo de trabajo	**Gasto metabólico aproximado**
Ligero	hasta 200 kcal/h
Moderado	200 – 350 kcal/h
Pesado	350 – 500 kcal/h
Muy pesado	mayor a 500 kcal/h

Fuente: Adaptado de la NOM-015-STPS-2001.

3. Resultados

Los resultados de los instrumentos de recolección de datos permitieron caracterizar de forma integral tanto las condiciones ambientales como los aspectos organizacionales.

El horneado en cada caso inició básicamente entre las 05:00 y las 06:00 horas, con un lapso variable según la cantidad de producción. En estos establecimientos la jornada laboral iba de las 8 a las 10 horas, y el horneado era una de las tareas más demandantes del ciclo de producción. Las entrevistas a los responsables confirmaron que la actividad de horneado demandaba una dedicación temporal del 40% al 70% del tiempo total de la jornada laboral. Este aspecto reviste particular importancia, ya que la exposición prolongada al

ISSN: 2594-1925

calor durante estas actividades laborales de alta intensidad representa un factor de riesgo ocupacional importante. También se identificó que la mayoría de los trabajadores no rotaban de puesto durante la jornada laboral quedando expuestos continuamente al ambiente térmico del área de horneado.

Las operaciones que requieren mayor consumo de energía son: preparación de la masa, carga de los hornos, vigilancia y control de la cocción y descarga de producto terminado. El gasto metabólico estimado para estas actividades se ubicó en un rango de 250 a 350 kcal/h, lo que las sitúa dentro de la categoría de trabajo moderado según la clasificación normativa. Esta clasificación resultó clave para establecer los límites máximos permisibles de WBGT aplicables y fue especialmente importante para evaluar el riesgo y proponer medidas preventivas. El carácter exigente de estas actividades, junto con la exposición prolongada a radiación térmica intensa, produce condiciones ocupacionales que requieren una cuidadosa evaluación del riesgo de estrés térmico.

Se realizaron mediciones ambientales del Índice de Temperatura Globo y Bulbo Húmedo, estrictamente de acuerdo con las recomendaciones de la NOM-015-STPS-2001. En 7 de cada 10 locales estudiados sobrepasaron los límites máximos permitidos de WBGT, especialmente en aquellas zonas donde se concentran las fuentes de radiación térmica directa (hornos). Los valores de Temperatura de bulbo húmedo natural (Tbh) oscilaron entre 23,8°C y 27°C, y las Temperaturas de globo (Tg) registraron valores entre 31,0°C y 36,0°C en las proximidades inmediatas de los hornos como se observa en la Tabla 3.

Tabla 3. Valores de WBGT en panaderías y comparación con la NOM 015-STPS-2001.

Panadería	Tbh (°C)	Tg (°C)	WBGT	Límite según NOM-015-STPS-2001	Cumplimiento
1	26.5	35.0	29.05	26.7	No cumple
2	26.0	34.5	28.55	26.7	No cumple
3	27.0	36.0	29.70	26.7	No cumple
4	24.0	31.5	26.25	26.7	Cumple
5	25.8	34.0	28.26	26.7	No cumple
6	23.8	31.8	26.20	26.7	Cumple
7	26.3	35.5	29.06	26.7	No cumple
8	24.2	31.0	26.24	26.7	Cumple
9	25.5	33.5	27.90	26.7	No cumple
10	25.9	34.8	28.57	26.7	No cumple

Fuente: Elaboración propia

Los valores calculados de WBGT variaron de forma significativa según la proximidad al horno y el tipo de actividad a realizar, y presentaron valores medios entre 26.20 °C y 29.70°C según el puesto de trabajo concreto.

El análisis comparativo entre los valores medidos de WBGT y los límites máximos permisibles establecidos en la NOM-015-STPS-2001, muestra que el 70% de los establecimientos evaluados rebasan estos límites, lo que propicia condiciones de trabajo bajo estrés térmico, tal como se muestra en la Figura 5.

ISSN: 2594-1925

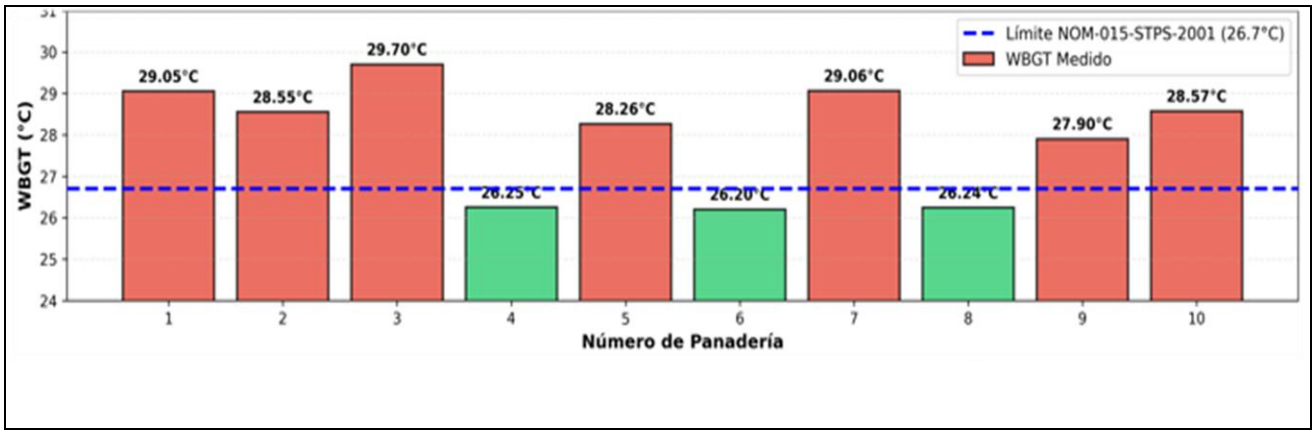


Figura 5. Comparación de valores WBGT medidos vs. Límite permisible por Establecimiento Fuente: Elaboración propia

Dado que el trabajo realizado en los hornos se clasificó como carga metabólica moderada (entre 200 y 350 kcal/h de acuerdo con los criterios de clasificación presentados en la norma), el máximo WBGT permitido para esta actividad es de 26,7°C en el caso de exposición del 100% y de 27,8°C cuando la exposición sea del 75% y la recuperación del 25% en cada hora.

En prácticamente todas las mediciones realizadas durante el horneado activo los valores de WBGT superaban este umbral, registrándose excedentes que oscilaban entre 0,2 °C y 3,0 °C por encima del límite permisible. Aunque estos incrementos pueden considerarse relativamente moderados desde una perspectiva numérica, su relevancia fisiológica es significativa. La magnitud del incumplimiento durante las horas de máxima actividad de los hornos, que por lo general se producían entre las 05:00 y las 09:00 horas.

La exposición térmica dentro de las áreas de horneado no se distribuyó de manera homogénea en el espacio. Los puestos de trabajo situados inmediatamente cerca de los hornos (a menos de 1,5 m de distancia) son los que tienen las exposiciones máximas, con valores de WBGT que llegan hasta 29.7 °C ± 0.6 °C. Los puestos más alejados de las fuentes de calor radiante mostraban valores más bajos, aunque seguían estando por encima de los límites permisibles. Esta variabilidad espacial es un aspecto importante en la caracterización del riesgo ocupacional, ya que identifica claramente los puntos críticos donde se requieren medidas de control preventivo más intensivas.

4. Discusión

Los resultados obtenidos evidencian que las condiciones térmicas presentes en las panaderías artesanales evaluadas representan un riesgo ocupacional importante para los trabajadores expuestos de manera continua a fuentes intensas de calor. El hecho de que el 70 % de los establecimientos presentaran valores del índice WBGT superiores a los límites máximos permisibles establecidos por la NOM-015-STPS-2001 confirma la existencia de escenarios laborales donde la carga térmica excede los niveles considerados seguros para actividades clasificadas como de intensidad moderada.

Estos hallazgos son consistentes con investigaciones desarrolladas en panaderías tradicionales de otros países, donde se ha documentado que la proximidad a hornos, la ventilación insuficiente y la elevada humedad relativa incrementan significativamente el riesgo de estrés térmico. Estudios realizados en Irán

ISSN: 2594-1925

mediante la evaluación de los índices WBGT, HSI y UTCI reportan que las áreas de horneado constituyen los puestos de trabajo con mayor exposición térmica y que una proporción importante de los trabajadores supera los límites internacionales recomendados. De forma similar, investigaciones desarrolladas en la industria alimentaria europea han señalado que las actividades relacionadas con hornos industriales presentan condiciones ambientales que favorecen la acumulación de calor y aumentan la carga fisiológica de los trabajadores. En el presente estudio, además de las elevadas temperaturas registradas, se identificó que la organización del trabajo constituye un factor que puede incrementar la exposición, identificándose que entre el 40% y el 70% de la jornada laboral el trabajador está expuesto a condiciones de calor excesivo por el proceso de horneado, sin que exista una rotación de actividades. Esta situación limita la capacidad de recuperación por descanso e incrementa la acumulación de calor corporal, lo que da lugar a condiciones de estrés térmico.

La medición de la temperatura WBGT mostró un efecto interesante ya que, en función de la cercanía a la fuente de calor, se evidenció el impacto de la radiación térmica como factor determinante en la lectura de esta propiedad. Este comportamiento evidencia que la distancia respecto a la fuente de calor es un factor importante respecto a los efectos de la exposición de calor en espacios cerrados.

Particularmente, el municipio de Misantla cuenta con condiciones climáticas de alta temperatura y altos porcentajes de humedad relativa, durante gran parte del año, estas condiciones ambientales afectan de forma natural los mecanismos fisiológicos de disipación de calor, lo que propicia una aceleración a la manifestación de estrés térmico debido a la exposición prolongada y cercana a fuentes de calor, aún cuando los valores del índice WBGT sean moderados.

Si bien el presente estudio no evaluó directamente variables fisiológicas como temperatura corporal central, frecuencia cardiaca, hidratación o percepción subjetiva del esfuerzo térmico, la evidencia científica disponible indica que exposiciones continuas bajo condiciones similares pueden favorecer la aparición de fatiga térmica, deshidratación, disminución del rendimiento físico y cognitivo e incrementar la probabilidad de accidentes laborales. Por esta razón, los resultados obtenidos deben interpretarse como indicadores ambientales de riesgo y no como evidencia directa de daño a la salud, aspecto que fue cuidadosamente delimitado en la presente investigación.

Durante las visitas de campo no se identificaron características de infraestructura adecuadas ni programas de seguridad que garanticen un espacio seguro de trabajo. Asimismo, las entrevistas permitieron identificar un conocimiento limitado de la normativa relacionada con estrés térmico por parte de propietarios y de trabajadores de las panaderías artesanales evaluadas, situación que podría favorecer la normalización de condiciones de trabajo potencialmente peligrosas.

Complementariamente, las panaderías artesanales representan un sector ampliamente distribuido en México y conformado principalmente por micro y pequeñas empresas, donde frecuentemente existen limitaciones económicas para implementar controles de ingeniería especializadas de seguridad. De esta forma, es necesario que se consideren acciones administrativas por parte de los propietarios de estas panaderías artesanales, como estrategia alternativa de seguridad para los trabajadores que pueda incluir la rotación de puestos, el establecimiento de pausas programadas, el acceso permanente a agua potable, y la capacitación del personal que contribuyan significativamente a disminuir la exposición de los trabajadores.

ISSN: 2594-1925

Es importante reconocer que el presente trabajo corresponde a un diagnóstico preliminar de carácter exploratorio, y aunque el uso de un muestreo no probabilístico por conveniencia, condicionado principalmente por la aceptación voluntaria de los propietarios, limita la posibilidad de generalizar los resultados al total de panaderías del municipio o de otras regiones del país, resulta en una herramienta adecuada para la explicación de comportamientos en condiciones de limitación de acceso a información. Asimismo, aunque el número de establecimientos evaluados es reducido y no permite realizar inferencias estadísticas de alcance poblacional, los resultados deben interpretarse como evidencia inicial sobre la existencia de escenarios críticos de exposición.

Finalmente, los resultados obtenidos evidencian la necesidad de ampliar los trabajos de investigación relacionados a las condiciones de trabajo en entornos cerrados expuestos a fuentes de calor que puedan generar estrés térmico. La evidencia científica analizada muestra que los estudios de exposición a condiciones de calor que conducen a estrés térmico de trabajadores, sigue concentrándose principalmente en sectores agrícolas y de la construcción, que son desarrollados en ambientes abiertos, mientras que sectores como las panaderías artesanales, cuyas actividades laborales se desarrollan en entornos cerrados, permanecen escasamente documentados. En este sentido, el presente estudio constituye una primera aproximación que aporta evidencia sobre las condiciones ambientales de exposición en este tipo de establecimientos y proporciona información útil para orientar futuras investigaciones, así como para el diseño de programas de prevención y control del estrés térmico ocupacional en pequeñas unidades productivas.

5. Conclusión

El presente estudio permitió realizar un diagnóstico preliminar de las condiciones de exposición al estrés térmico en panaderías artesanales del municipio de Misantla, Veracruz, mediante la evaluación del índice de Temperatura de Bulbo Húmedo y Globo (WBGT), conforme a los criterios establecidos en la NOM-015-STPS-2001. Los resultados obtenidos evidencian que el 70 % de los establecimientos evaluados presentan valores superiores a los límites máximos permisibles para actividades de carga metabólica moderada, lo que confirma la existencia de condiciones ambientales que pueden favorecer la aparición de estrés térmico ocupacional.

La investigación desarrollada muestra que los principales factores asociados con el incremento de la carga térmica son la proximidad a los hornos, ventilación limitada en los espacios de trabajo, humedad relativa elevada, así como jornadas de trabajo con exposición a fuentes de calor prolongadas, donde esta última representa entre el 40 % y el 70 % de la jornada laboral. A partir de estos elementos, se puede establecer que el riesgo térmico no depende únicamente de las condiciones ambientales en el entorno de trabajo, sino también de la organización del trabajo y de la ausencia de estrategias preventivas para reducir el tiempo efectivo de exposición que conducen a condiciones de estrés térmico.

Complementariamente, este estudio contribuye a generar una evidencia clara sobre un problema de salud ocupacional escasamente documentado en México, relacionado a trabajos con exposición al calor en entornos cerrados, particularmente en micro y pequeñas empresas del sector panificador. Mientras que la mayor parte de las investigaciones sobre estrés térmico se han desarrollado hacia entornos abiertos con exposición prolongada a condiciones ambientales con temperaturas elevadas, tales como las actividades agrícolas o de la construcción, este trabajo contribuye proporcionando información específica sobre las

ISSN: 2594-1925

condiciones ambientales presentes en entornos cerrados de trabajo, ejemplificados por panaderías artesanales, amplía el conocimiento disponible para este tipo de unidades productivas.

Con relación a la gestión de la seguridad y salud en el trabajo, la identificación de áreas críticas de exposición constituye un área de oportunidad para que los propietarios de micro y pequeñas empresas implementen programas preventivos basados en controles administrativos y acciones de capacitación dirigidas a disminuir los efectos por la exposición al calor. Entre estas acciones se incluye la programación de pausas de recuperación durante la jornada laboral, la rotación de actividades, el acceso permanente a hidratación y la sensibilización de trabajadores y empleadores sobre los riesgos asociados al estrés térmico.

Adicionalmente, el empleo de un muestreo no probabilístico por conveniencia y el número reducido de establecimientos evaluados, aunque limitan la posibilidad de generalizar los resultados a todas las panaderías, es importante señalar que muestran evidencia del comportamiento de indicadores ambientales mediante el índice WBGT y no incorporó variables fisiológicas de los trabajadores, por lo que los resultados permiten identificar condiciones de riesgo, y al momento no se infiere una relación directa con efectos clínicos sobre la salud.

En este sentido, es necesario que se establezcan investigaciones futuras dirigidas a incorporar diseños metodológicos que integren indicadores fisiológicos, percepción térmica, productividad laboral y variables organizacionales, para evaluar la eficacia de diferentes estrategias de intervención para reducir la exposición al calor en panaderías artesanales. Finalmente, se podrán considerar estudios comparativos entre distintas regiones climáticas del país, con el propósito de generar evidencia que contribuya al fortalecimiento de las políticas de prevención del estrés térmico en las micro y pequeñas empresas mexicanas.

6. Agradecimientos

Agradecemos a las panaderías por permitirnos realizar el estudio, a los cuerpos académicos “Aprovechamiento Racional de Recursos Naturales y Procesos” y “Análisis, Diseño y Control Automático de Sistemas Electromecánicos”, al equipo de Ecobaldosas por su acompañamiento y a SECIHTI por su apoyo.

7. Agradecimiento de autoría

Yensy Fernández Pentón: Conceptualización, Metodología, Investigación, Escritura – borrador original.; *Rodrigo Vivar Ocampo*: Análisis formal, Software, Validación, Escritura – revisión y edición.; *Ana Roselyn Pérez Méndez:* Investigación, Curación de datos, Visualización.; *Rubén Omar Gutiérrez Salazar*: Investigación, Curación de datos, Recursos. *Yodaira Borroto Pentón*: Metodología, Validación, Escritura – revisión y edición. *David Reyes González*: Supervisión, Administración del proyecto, Conceptualización, Recursos, Escritura – revisión y edición.

ISSN: 2594-1925

Referencias

[1] A. Nath, S. Sahu, and J. K. W. Lee, “An umbrella review of systematic reviews and meta-analyses on occupational heat exposure, health risks, and productivity losses worldwide,” Curr. Environ. Health Rep., 2026, https://doi.org/10.1007/s40572-025-00520-8

[2] J. Ballester, M. Quijal-Zamorano, R. F. Méndez Turrubiates, F. Pegenaute, F. R. Herrmann, J. M. Robine, X. Basagaña, C. Tonne, J. M. Antó, y H. Achebak, “Heat-related mortality in Europe during the summer of 2022,” Nat. Med., vol. 29, no. 7, pp. 1857–1866, 2023, https://www.nature.com/articles/s41591-023-02419-zf

[3] O. Aleksandrowicz and D. Pearlmutter, “The significance of shade provision in reducing street-level summer heat stress in a hot Mediterranean climate,” Landscape Urban Plan., vol. 232, p. 104588, 2023, https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104588

[4] International Labour Organization, Working on a warmer planet: The impact of heat stress on labour productivity and decent work, Geneva, Switzerland, 2019. [Online]. Available: https://www.ilo.org

[5] World Health Organization, “Climate change and heat and health,” 2024. [Online]. Available:https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-heat-and-health [Accessed: Apr. 14, 2026].

[6] B. Jacklitsch, W. Williams, K. Musolin, A. Coca, J.-H. Kim, y N. Turner, Criteria for a Recommended Standard: Occupational Exposure to Heat and Hot Environments, NIOSH Publ. No. 2016-106, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), 2016. [Online]. Available: https://www.cdc.gov/niosh/docs/2016-106

[7] M. N. Cramer, D. Gagnon, O. Laitano, and C. G. Crandall, “Human temperature regulation under heat stress in health, disease, and injury,” Physiol. Rev., vol. 102, no. 4, pp. 1907–1989, 2022, https://doi.org/10.1152/physrev.00047.2021

[8] T. A. Rojas-Valencia, J. Glaser, K. Lemery, y R. J. Johnson, “Heat stress, dehydration, and kidney function in agricultural workers,” Kidney International Reports, vol. 5, no. 9, pp. 1482–1490, 2020, doi: 10.1016/j.ekir.2020.06.021.

[9] D. B. Cahyarani et al., “Physiological response of the body to heat exposure in workers,” Int. J. Health Sci., vol. 5, no. 3, pp. 371–379, 2025, https://doi.org/10.55606/ijhs.v5i3.6240

[10] Z. Mousavi, H. Ehsani, H. Elahi, S. Etemadinezhad, A. Hossein Nataj, y S. E. Samaei, "The cognitive and physiologic effects of occupational heat exposure on operational field workers: An exploratory study," J. Res. Health, vol. 15, no. 3, pp. 311–318, 2025, doi:10.32598/JRH.15.3.2433.1

[11] American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Threshold Limit Values (TLVs®) and Biological Exposure Indices (BEIs®), 2025 ed., ACGIH, 2025.

[12] Tustin, A. W., Cannon, D. L., Arbury, S. B., Thomas, R. J., & Hodgson, M. J. (2018). Evaluation of occupational exposure limits for heat stress in outdoor workers — United States, 2011–2016. MMWR. Morbidity and Mortality Weekly Report, 67(26), 733–737. https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6726a1

[13] International Labour Organization, Ensuring Safety and Health at Work in a Changing Climate. Geneva, Switzerland: ILO, 2024. [Online]. Available: https://www.ilo.org/publications/ensuring-safety-and-health-work-changing-climate

[14] Secretaría del Trabajo y Previsión Social, NOM-015-STPS-2001, Condiciones térmicas elevadas o abatidas, Diario Oficial de la Federación, 2001. [Online]. Available: www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/normatividad/normas/Nom-015.pdf

ISSN: 2594-1925

[15] G. Moreno Martín and J. Inglés Torruella, "Impacto en la salud laboral de la exposición al calor extremo: una revisión sistemática," Rev. Habanera Cienc. Méd., 2023,[Online].Available: https://revhabanera.sld.cu/index.php/rhab/article/view/5328
[16] S. Saif et al., "Evaluation of occupational indoor heat stress impact on health and kidney functions among kitchen workers," 2022, https://doi.org/10.21608/ejom.2022.118594.1263
[17] Z. Mirsanei et al., "The influence of occupational heat stress on serum inflammatory cytokines among traditional bakery workers in Iran," PLoS ONE, 2024. doi: 10.1371/journal.pone.0302847
[18] D. G. Costabile, V. Fuccillo, and C. De Marco, "The effects of climate change on the health and safety of pasta industry workers: assessment of heat stress using WBGT index," Journal of Advanced Health Care, vol. 5, no. 4, 2023. [Online]. Available: https://www.semanticscholar.org/paper/The-effects-of-climate-change-on-the-health-and-of-Costabile-Fuccillo/15c2d602b8daa68060231f3e8cb8d820da63f635
[19] M. Sharma, M. S. Alam, N. M. Suri, and S. Kant, "Occupational heat stress under high-heat furnace work environments: A comprehensive review on developing countries," Journal of Thermal Engineering, vol. 7, no. 6, pp. 1303–1320, 2021. doi: 10.18186/thermal.1051603
[20] R. Cabanillas, "Solar energy industry workers under climate change: A risk assessment of the level of heat stress experienced by a worker based on measured data" Safety Science, vol. 118, pp. 33–47, 2019. doi: 10.1016/j.ssci.2019.04.042
[21] R. S. Wagoner, N. I. López-Gálvez, J. G. de Zapien, S. C. Griffin, R. A. Canales, and P. I. Beamer, "An occupational heat stress and hydration assessment of agricultural workers in North Mexico," International Journal of Environmental Research and Public Health, vol. 17, no. 6, p. 2102, 2020. doi: 10.3390/ijerph17062102
[22] A. G. Romero Osuna, "Vulnerabilidad térmica del sector de la construcción ante el calor extremo: evaluación del índice WBGT en Chihuahua, México," presented at the Congreso Virtual de Medio Ambiente: Ecología y Biodiversidad, UAdeC, 2025. [Online]. Available:https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJAER/article/view/84762/57824
[23] M. Gámez Orea, "El Real Decreto-Ley 4/2023 o la visibilidad normativa del estrés térmico laboral," Revista de Derecho de la Seguridad Social, Laborum, vol. 36, pp. 235–252, 2023. [Online]. Available: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9133570
[24] M. Revueltas Agüero, E. Molina Esquivel, and M. Hernández Sánchez, "La salud humana frente al estrés térmico por el cambio climático," Arch Med Camagüey, vol. 27, p. e9073, 2023. [Online]. Available: http://scielo.sld.cu/pdf/amc/v27/1025-0255-amc-27-e9073.pdf
[25] CEIEG, Cuadernillos Municipales 2023, Comité de Información Estadística y Geografía del Estado de Veracruz. [Online]. Available: https://ceieg.veracruz.gob.mx/2023/08/31/cuadernillos-municipales-2023/ (accessed Jan. 10, 2026)

ISSN: 2594-1925

Derechos de Autor (c) 2026 Yensy Fernández Pentón, Rodrigo Vivar Ocampo, Ana Roselyn Pérez Méndez, Rubén Omar Gutiérrez Salazar, Yodaira Borroto Pentón, David Reyes González

Este texto está protegido por una licencia Creative Commons 4.0.

Usted es libre para compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato — y adaptar el documento — remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

Resumen de licencia - Texto completo de la licencia

ISSN: 2594-1925