



POSGRADOS

MAESTRÍA EN SEGURIDAD, SALUD E HIGIENE INDUSTRIAL

RPC-SO-16-NO.268-2023

OPCIÓN DE TITULACIÓN:

PROYECTO DE TITULACIÓN CON
COMPONENTES DE INVESTIGACIÓN
APLICADA Y/O DE DESARROLLO

TEMA:

ANÁLISIS DEL EFECTO DEL
ESTRÉS TÉRMICO EN EL
RENDIMIENTO LABORAL Y SU
INCIDENCIA EN LOS COSTOS
DE UNA OBRA VIAL EN EL
CANTÓN LA JOYA DE LOS
SACHAS: PROPUESTAS DE
MEJORA

AUTOR:

CARMEN ROCÍO YAMBAY DAMIÁN

DIRECTOR:

JOSÉ LUIS SAÁ LOOR

QUITO – ECUADOR
2026



Autor:



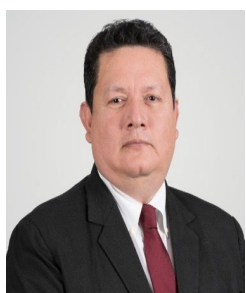
Carmen Rocio Yambay Damián

Ingeniera en Biotecnología Ambiental

Candidata a Magíster en Seguridad, Salud e Higiene Industrial por la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Quito.

carmen.yambay@yahoo.com

Dirigido por:



José Luis Saá Loor

Ingeniero Químico

Máster Universitario en Prevención de Riesgos Laborales

Magister Seguridad, Salud y Ambiente

Magister en Gestión en la Industria de los Hidrocarburos

jose.saa.loor@gmail.com

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación al autor.

DERECHOS RESERVADOS

2026 © Universidad Politécnica Salesiana.

QUITO– ECUADOR – SUDAMÉRICA

Carmen Rocio Yambay Damián

ANÁLISIS DEL EFECTO DEL ESTRÉS TÉRMICO EN EL RENDIMIENTO LABORAL Y SU INCIDENCIA EN LOS COSTOS DE UNA OBRA VIAL EN EL CANTÓN LA JOYA DE LOS SACHAS: PROPUESTAS DE MEJORA

DEDICATORIA

A Dios porque sin él nada y con él todo.

A mis padres, Lourdes y Pablo, a mi hermana Sofy, cada logro ha sido inspirado en su amor, valores y fe en mí.

A Andrés, por su amor y motivación a ser mejor cada día, parte de este camino es también tuyo, gracias por recorrerlo conmigo.

A mí misma, por decidirme a cumplir esta meta pendiente y por lograrlo, cada cosa ha llegado en el tiempo justo.

Rocio Y.

AGRADECIMIENTO

Un sentido agradecimiento a toda la planta docente de la Maestría en Seguridad, Salud e Higiene Industrial de la Universidad Politécnica Salesiana, quienes han impartido sus saberes y experiencias laborales en cada una de sus clases. Personalmente han permitido reforzar mi visión sobre la seguridad industrial. Gracias por su ayuda y motivación.

Quiero llegar con un particular agradecimiento al Ing. José Luis Saá Loor, por todo su apoyo y conocimiento impartido como Tutor de este trabajo, cada una de sus sugerencias han sido oportunas, gracias en especial por su colaboración invaluable.

De igual forma, expreso mi gratitud a las acotaciones realizadas por la Dra. Kerly Bolaños quien con su conocimiento ha nutrido el desarrollo de este estudio.

TABLA DE CONTENIDO

Resumen	13
Abstract.....	14
1 Introducción.....	15
2 Determinación del Problema	16
2.1 Importancia y alcances	16
2.2 Delimitación	17
2.2.1 Espacial o geográfica.....	17
2.2.2 Temporal.....	18
2.2.3 Institucional	18
2.3 Formulación del problema.....	18
2.3.1 Problema general	18
2.3.2 Problemas específicos.....	18
2.4 Justificación	19
2.5 Objetivos.....	20
2.5.1 Objetivo general	20
2.5.2 Objetivos específicos.....	20
3 Marco teórico referencial.....	21
3.1 Higiene Industrial	21
3.1.1 Riesgo higiénico	21
3.1.2 Agentes físicos.....	21
3.1.3 Ambiente térmico	22
3.2 Calor	22
3.2.1 Transferencia de calor por convección.....	22
3.2.2 Transferencia de calor por radiación	23

3.2.3	Evaporación del sudor	23
3.3	Estrés térmico por calor	23
3.3.1	Termoregulación.....	23
3.3.2	Ecuación de balance térmico	25
3.3.3	Factores ambientales.....	25
3.3.4	Factores Personales	26
3.3.5	Factores de trabajo.....	27
3.4	Evaluación de riesgo a estrés térmico.....	28
3.4.1	Consideraciones ISO 7243:2023	28
3.4.2	Parámetros de medición.....	28
3.4.3	Cálculo del Índice WBGT	30
3.4.4	Determinación de la tasa metabólica (M).....	31
3.4.5	Determinación de los efectos de la ropa (CAV).....	34
3.4.6	Tiempo de las mediciones	35
3.4.7	Duración de las mediciones	36
3.4.8	Variaciones espaciales y temporales	36
3.4.9	Determinación del Índice WBGT admisible ($WGBT_{ref}$) a partir de la tasa metabólica	37
3.4.10	Cálculo del grado de riesgo	38
3.5	VALORES LÍMIES DE EXPOSICIÓN	39
3.6	CONTROLES OPERACIONALES.....	40
3.6.1	Eliminación.....	40
3.6.2	Sustitución	41
3.6.3	Controles de ingeniería.....	41
3.6.4	Controles administrativos	42
3.6.5	Equipos de protección personal.....	44
3.7	Efectos a la salud asociados a estrés térmico laboral	46

3.7.1	Efectos Leves.....	46
3.7.2	Efectos Graves	47
3.8	Construcción vial.....	48
3.8.1	Metodología de construcción de una vía	48
3.8.2	Proceso colocación carpeta asfáltica	49
3.9	Rendimiento en obra.....	51
3.9.1	Estudio de rendimientos por promedios	51
3.10	Estrés térmico y trabajo	52
4	Materiales y metodología	53
4.1	Tipo, diseño y nivel de investigación	53
4.2	Método de investigación.....	54
4.3	Población y muestra	54
4.3.1	Población	54
4.3.2	Puestos de trabajo	54
4.3.2	Muestra	55
4.3.3	Tipos de instrumentos de investigación.....	55
4.3.4	Puntualizaciones importantes	57
4.4	Evaluación de puestos de trabajo con alto riesgo a estrés térmico.....	58
4.5	Estimar la incidencia del estrés térmico del personal en costos directos de obra	68
4.6	Plan de Propuestas de mejoras.....	78
5	Resultados y discusión	80
5.1	Puesto de trabajo: Rastrillero.....	80
5.2	Puesto de trabajo: Palero	82
5.3	Puesto de trabajo: Operador terminadora de asfalto.....	84
5.4	Puesto de trabajo: Operador de Rodillo.....	86
5.5	Correlación Estadística entre estrés térmico y rendimiento	87

5.6	Incidencia del rendimiento promedio en costo directo.....	88
5.7	Plan de propuestas de mejoras.....	90
6	Conclusiones.....	93
7	Recomendaciones.....	95
	Referencias.....	96
	Anexo 1- Recolección de datos (muestra).....	105
	Anexo 2- Certificado de calibración N° CGC-4220-008-25.....	107
	Anexo 3- Registro fotográfico de mediciones en campo.....	112
	Anexo 4- Gráficas de normalidad de variables.....	114
	Anexo 5- Plan de mejoras para mitigar los efectos del estrés térmico en la cuadrilla de asfaltado vial.....	115

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Situaciones de balance térmico	25
Tabla 2 Caracterización de parámetros ambientales y sus sensores de medición, índice WBGT	30
Tabla 3 Características promedio de hombres y mujeres, ISO 8896.....	31
Tabla 4 Tabla de estimación de la tasa metabólico según posición corporal y tipo de trabajo	32
Tabla 5 Intensidad de trabajo respecto al gasto metabólico (M).....	33
Tabla 6 Factor CAV (°C) para WBGT, acorde a tipo de vestimenta.	35
Tabla 7 Grado de riesgo a estrés térmico	38
Tabla 8 Niveles límites de exposición, según normativa ecuatoriana, AM-196	39
Tabla 9 Niveles límites de exposición, según NTE INEN-ISO 7243.....	39
Tabla 10 Niveles límites de exposición, según ACIGH.....	40
Tabla 11 Puestos de trabajo campo	55
Tabla 12 Técnicas e instrumentos de la investigación.....	56
Tabla 13 Técnicas e instrumentos de la investigación.....	58
Tabla 14 Estimación tabla metabólica (M) -Rastrillero	60
Tabla 15 Estimación tabla metabólica (M) -Palero	61
Tabla 16 Estimación tabla metabólica (M) -Operador de terminadora de asfalto.....	62
Tabla 17 Estimación tabla metabólica (M) -Operador de rodillo.....	63
Tabla 18 Registro WBGT, considerado ambiente heterogéneo	65
Tabla 19 Evaluación del riesgo a estrés térmico, para cada puesto de trabajo.	66
Tabla 20 Registro de tiempos efectivos, volúmenes y áreas de carpeta asfáltica tendida.	69
Tabla 21 Cálculo de rendimiento para cada jornada laboral	70

Tabla 22 Resultados de distribución normal para cada variable, por puesto de trabajo.	75
Tabla 23 Criterios de interpretación para correlación de Spearman.....	76
Tabla 24 Resultados de prueba de correlación de Spearman	77
Tabla 25 Datos obtenidos para evaluación a estrés térmico- Rastrillero.....	80
Tabla 26 Datos obtenidos para evaluación a estrés térmico- Palero	82
Tabla 27 Datos obtenidos para evaluación a estrés térmico- Operador de terminadora de asfalto	84
Tabla 28 Datos obtenidos para evaluación a estrés térmico- Operador de rodillo	86
Tabla 29 Diferencia de precios por variación de rendimientos de mano de obra.....	89
Tabla 30 Tabla resumen de resultados.	89

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de ubicación del proyecto en estudio.....	17
Figura 2 Parámetros ambientales para determinación del índice WBGT	29
Figura 3 Sección típica de la vía en estudio	49
Figura 4 Diagrama de flujo del proceso constructivo de asfaltado vial.	50
Figura 5 Medidor de estrés térmico utilizado.....	64
Figura 6 Comparación de APUS, con diferentes rendimientos.....	73
Figura 7 Estrés térmico (índice WBGT) vs rendimiento (h/m^2) -Rastrillero	81
Figura 8 Estrés térmico (índice WBGT) vs rendimiento (h/m^2) -Palero.....	83
Figura 9 Estrés térmico (índice WBGT) vs rendimiento (h/m^2) -Operador terminadora asfalto	85
Figura 10 Estrés térmico (índice WBGT) vs rendimiento (h/m^2) -Operador de rodillo	87

LISTA DE ECUACIONES

Eq. 1 Ecuación de balance energético.....	25
Eq. 2 Ecuación para cálculo de índice WBGT sin carga solar.....	31
Eq. 3 Ecuación para cálculo de índice WBGT con carga solar	31
Eq. 4 Ecuación para factor de corrección por peso, tasa metabólica	33
Eq. 5 Ecuación para cálculo de WBGT efectivo ($WBGT_{eff}$) por corrección de ropa ...	34
Eq. 6 Ecuación de cálculo para índice WBGT por variación de temperatura.....	36
Eq. 7 Ecuación de cálculo para índice WBGT por variación de condiciones ambientales	37
Eq. 8 Ecuación para tasa metabólica promedio M^{-}	37
Eq. 9 Ecuación para el cálculo del $WBGT_{ref}$, personas aclimatadas	38
Eq. 10 Ecuación para el cálculo del $WBGT_{ref}$, personas no aclimatadas.....	38
Eq. 11 Ecuación para cálculo de grado de riesgo	38
Eq. 12 Ecuación para rendimiento promedio de mano de obra \bar{R}	73

ANÁLISIS DEL EFECTO DEL ESTRÉS
TÉRMICO EN EL RENDIMIENTO
LABORAL Y SU INCIDENCIA EN LOS
COSTOS DE UNA OBRA VIAL EN EL
CANTÓN LA JOYA DE LOS SACHAS:
PROPUESTAS DE MEJORA.

AUTOR:

CARMEN ROCÍO YAMBAY DAMIÁN

RESUMEN

El estudio analizó el efecto del estrés térmico en el rendimiento de una cuadrilla de trabajadores encargados del tendido de la mezcla asfáltica y su incidencia en los costos de obra. Como primer paso se evaluó los puestos de trabajo que estuvieron expuestos a estrés térmico, mediante la metodología NTE INEN-ISO 7243:2023, se obtuvo que los puestos de “rastrillero” y “palero” fueron los más expuestos al estrés térmico, con valores WBGT de 30.19 °C y 30.31 °C, respectivamente, seguidos del operador de rodillo con un riesgo moderado, con un WBGT de 28.96 °C, finalmente el operador de terminadora de asfalto mostró una exposición limitada, con un WBGT de 30.13 °C.

El registro de rendimientos de la cuadrilla, se llevó a cabo durante los 13 días que duró el tendido de mezcla asfáltica en la vía, posterior a ello se aplicó una prueba de correlación de Spearman entre el estrés térmico (WBGT) y el rendimiento (h/m^2) obteniendo factores r , entre (-0.269 a -0.327), esto implicó una correlación inversa débil, es decir, un incremento en la carga térmica tiende a disminuir ligeramente el rendimiento, no obstante, los valores $p > 0.05$ determinaron que no existe evidencia estadística suficiente para afirmar un efecto significativo del estrés térmico sobre el rendimiento.

Para la relación de costos, se obtuvo un rendimiento promedio para la cuadrilla 0.004 h/m^2 (horas para tender 1.00 m^2 de mezcla asfáltica), superior al rendimiento contractual de 0.001 h/m^2 , lo que generó un monto a favor de USD 13,939.20, para el contratista; no obstante, estos niveles de productividad no son sostenibles en el tiempo, debido a que fueron alcanzados bajo condiciones de estrés térmico.

En consecuencia, se elaboró un plan de mejoras, con medidas acorde a la realidad de la empresa, y a la jerarquía de los controles operacionales, para cada puesto de trabajo y otras comunes para toda la cuadrilla.

Palabras clave:

Estrés térmico, rendimiento, costos, carpeta asfáltica, mezcla asfáltica, índice WBG, cuadrilla, rastrillero, palero, operador de rodillo, operador de terminadora de asfalto.

ABSTRACT

The study analyzed the effect of heat stress on the performance of a crew of workers responsible for laying asphalt mix and its impact on construction costs. As a first step, the jobs that were exposed to heat stress were evaluated using the NTE INEN-ISO 7243:2023 methodology. It was found that the jobs of “rake operator” and “shovel operator” were the most exposed to heat stress, with WBGT values of 30.19 °C and 30.31 °C, respectively, followed by the “roller operator” with a moderate risk, with a WBGT of 28.96 °C. Finally, the “asphalt paver operator” showed limited exposure, with a WBGT of 30.13 °C, indicating highly acclimatized personnel.

The crew's performance was recorded during the 13 days that the asphalt mixture was laid on the road. After that, a Spearman correlation test was applied between heat stress (WBGT) and performance (h/m²), obtaining r factors between (-0.269 and -0.327). This implied a weak inverse correlation, i.e., an increase in thermal load tends to slightly decrease performance. However, p values > 0.05 determined that there is insufficient statistical evidence to affirm a significant effect of thermal stress on performance.

For the cost ratio, an average performance of 0.004 h/m² (hours to lay 1.00 m² of asphalt mix) was obtained for the crew, which was higher than the contractual performance of 0.001 h/m², generating a surplus of USD 13,939.20 for the contractor. However, these productivity levels are not sustainable over time, as they were achieved under conditions of heat stress.

Consequently, an improvement plan was drawn up, with measures in line with the reality of the company and the hierarchy of operational controls, for each job position and others common to the entire crew.

Keywords:

Heat stress, performance, costs, asphalt pavement, asphalt mix, WBGT index, crew, rake operator, shovel operator, roller operator, asphalt paver operator

1 INTRODUCCIÓN

El estrés térmico es un riesgo físico, ocasionado por una alta carga de calor, el cual proviene de la sumatoria del calor proveniente de : la actividad física que desempeña, el tipo de vestimenta que usa y el generado por las condiciones ambientales del entorno, definición acorde a lo señalado por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) de España, (INSST, 2023).

La Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH), recomienda iniciar la valoración de estrés térmico en el trabajo, cuando la temperatura del aire sea igual o mayor a 27°C (80°F), con el fin de implementar un plan de gestión del riesgo , (ACGIH, 2024).

La Organización Mundial de la Salud (OIT), en sus últimos informes al respecto, señala que, a nivel mundial, cada año 2 140 millones de trabajadores de la construcción se exponen a calor excesivo, esto repercute en 22.85 millones de lesiones profesionales y 18 970 muertes laborales a cusa de este riesgo, (OIT, 2024).

Teniendo en cuenta el contexto global de alta exposición de los trabajadores de la construcción en especial aquellos que laboran en exteriores, esta investigación buscar sentar las bases del análisis del estrés térmico en la localidad, a través de la determinación de diferentes variables y sus correlaciones, lo que permitirá puntualizar que tanto y en qué medida el estrés térmico incide en el rendimiento del personal.

Al conocer las particularidades de cada puesto de trabajo, se podrán plantar medidas y/o planes viables que permitan la mitigación del riesgo físico en estudio.

2 DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

El cantón La Joya de los Sachas, en la provincia de Orellana, presenta un clima húmedo tropical, con temperaturas que oscilan entre los 18°C a 34°C, la época seca generalmente es de julio a febrero, con excepción de noviembre, en estos meses la presencia de lluvias disminuye notablemente lo que provoca incrementos de temperatura (GADCLJS, 2020), (Mori, 2024).

En este contexto se registra que el personal operativo de campo, encargado del proyecto: “Segunda etapa del asfaltado de la vía principal de acceso a la comunidad Eugenio Espejo de la parroquia San Carlos, cantón La Joya de los Sachas”, presentan temperaturas ambientales entre los 26 °C a 37°C, por lo que, eventualmente han suscitado eventos de insolación, dolores de cabeza y fatiga, especialmente en el personal encargado del tendido de mezcla caliente de carpeta asfáltica. Los síntomas reportados fueron anecdóticos recopilados durante interacciones con los trabajadores, no se tiene evidencia de un registro clínico sistemático; por tanto, no se estimó incidencia ni severidad.

Otro causal de la sobrecarga térmica en el personal es que, no se evidencia la ubicación de puntos fríos en los frentes de trabajo, limitando la hidratación y descanso bajo sombra, sumado a todo esto, los trabajos de tendido de asfalto dependen de maquinaria pesada, lo cual añaden calor a la carga térmica a la cual están expuestos los colaboradores.

2.1 IMPORTANCIA Y ALCANCES

En el año 2024, el país atravesó la peor sequía de los últimos 61 años, por más de 71 días no se registraron lluvias sobre el territorio ecuatoriano, en consecuencia, el gobierno nacional declaró a 15 provincias en emergencia aduciendo sequía hidrológica,

entre ellas la provincia de Orellana, por parte del Sistema Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR, 2024).

Según la estación meteorológica del aeropuerto Francisco de Orellana, administrada por la Dirección General de Aviación Civil, el 25 de octubre del 2024 se registró la temperatura ambiental máxima de 35.5 °C dentro de la jornada laboral de 7:00 a 17:00, (DGAC, 2025).

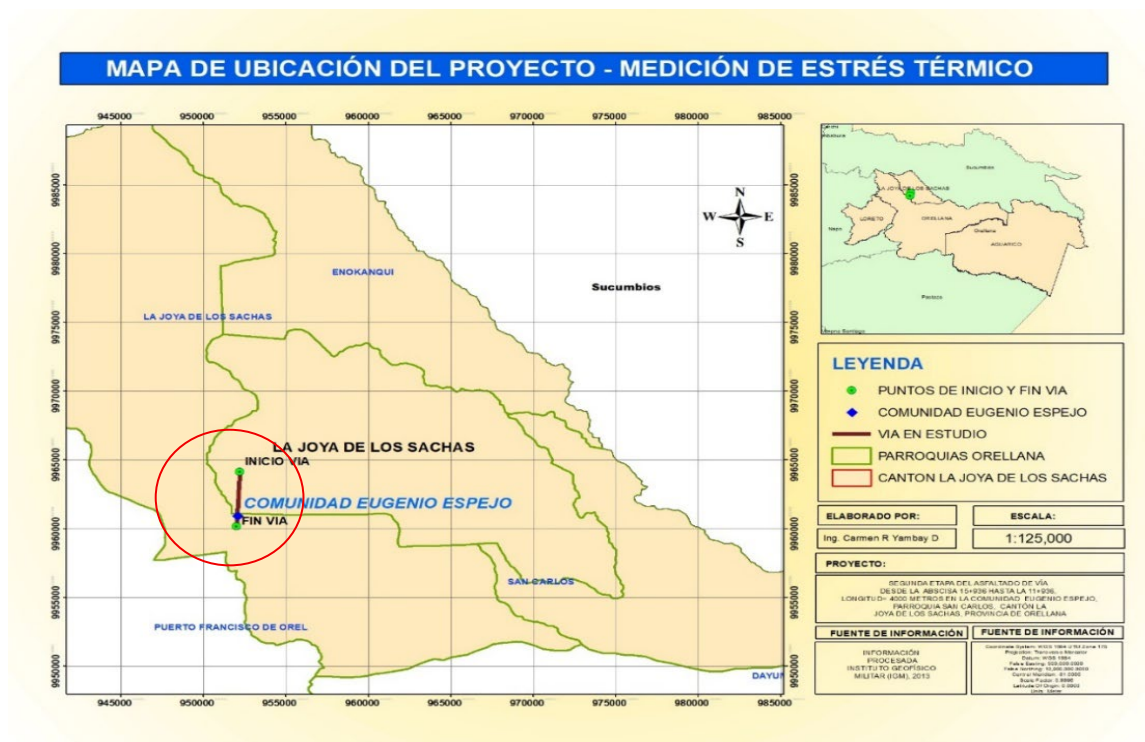
A este contexto se suma el hecho de que, un trabajador a una temperatura ambiental mayor a los 24°C, disminuye su productividad, y a los 33°C pierde el 50% de su capacidad para trabajos de intensidad moderada, (OIT, 2019) como suele suceder en el sector de la construcción.

2.2 DELIMITACIÓN

2.2.1 ESPACIAL O GEOGRÁFICA

Figura 1

Mapa de ubicación del proyecto en estudio



La figura 1 describe la ubicación geográfica de la vía en estudio, ubicada en la provincia de Orellana, cantón La Joya de los Sachas, parroquia San Carlos, comunidad Eugenio Espejo y comprende el mejoramiento vial a nivel de asfalto de, aproximadamente 4.00 Km.

2.2.2 TEMPORAL

El estudio en su fase de recolección de datos tendrá lugar durante 13 días, entre los meses de agosto 2025 (20 y 21), y del 02 al 12 septiembre del 2025, en este lapso de días se tendió la carpeta asfáltica en la vía de estudio.

2.2.3 INSTITUCIONAL

La construcción y mejoramiento vial se encuentra a cargo del Gobierno Provincial, en este caso la Prefectura de Orellana, quien mediante licitación pública adjudicó el proyecto un contratista de obra civil de la localidad.

2.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

2.3.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es el efecto del estrés térmico en el rendimiento de los trabajadores y cómo influye en los costos de una obra vial en el cantón La Joya de los Sachas, provincia de Orellana?

2.3.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuáles son los puestos de trabajo que presentan mayor riesgo a estrés térmico, dentro del personal operativo?
- ¿Cómo incide el estrés térmico en los costos directos de la obra?
- ¿Cuáles son las recomendaciones técnicas y organizacionales para mitigar los efectos del estrés térmico?

2.4 JUSTIFICACIÓN

El desarrollo vial de la provincia ha crecido notablemente, tanto en apertura de vías, asfaltados, lastrados y obras hidráulicas, es así que, al presente año, se prevé más de 10 millones de dólares, como parte de inversión del Ministerio de Obras Públicas (MTOPE), además de 2.8 millones de dólares para asfaltados que se ejecutaran en conjunto con la Prefectura de la provincia (MTOPE, 2025).

La creciente obra vial en el cantón genera plazas de trabajo, las cuales son cubiertas inicialmente con mano de obra local y en segunda instancia con trabajadores de diferentes partes del país. Es común ver grupos de trabajadores de la sierra ecuatoriana, en construcciones dentro del territorio amazónico, esto conlleva a que el colaborador se exponga a un proceso de adaptación en sus funciones metabólicas, hábitos y actividades.

Esta situación se presenta en el asfaltado vial en estudio, aquí convergen personal de la localidad como de provincias de la Sierra (Tungurahua y Bolívar), esto sumado a las temperaturas ambientales que oscilan desde los 23°C hasta los 36°C, en días extremos, adicionalmente existen puestos de trabajo como operadores y el equipo de asfalto, quienes interactúan directamente con maquinaria pesada.

Los controles no son eficientes, ya que solamente se cuenta con la dotación de agua una vez al día; todo esto ha ocasionado ya algunas afectaciones a la salud, pues se registran trabajadores con síntomas de insolación como: dolores de cabeza, mareos, debilidad, picazón de ojos, y casos de herpes labiales por deshidratación.

Es importante recordar que el principal recurso de una empresa, es el humano; por tal motivo, es necesario establecer estrategias de mitigación frente al estrés térmico, pues un trabajador desmotivado y descompensado disminuirá su rendimiento diario, lo cual está estrechamente relacionado al avance de obra, además es crucial que los empleadores

consideren que una inversión en seguridad laboral será mejor a los costos por accidentes de trabajo y/o enfermedades ocupacionales.

Con este propósito, el trabajo se plantea como una guía y una recopilación de información diseñada para apoyar la gestión del estrés térmico del personal operativo de la obra vial estudiada.

2.5 OBJETIVOS

2.5.1 OBJETIVO GENERAL

1. Analizar el efecto del estrés térmico en el rendimiento de los trabajadores y su incidencia en los costos de una obra vial en el cantón La Joya de los Sachas, con el fin de proponer lineamientos de mejora.

2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

2. Evaluar los puestos de trabajo que presentan alto riesgo a estrés térmico durante la construcción de la vía.
3. Estimar la incidencia del estrés térmico del personal en los costos directos de la obra.
4. Proponer un plan de recomendaciones técnicas y organizacionales para mitigar los efectos del estrés térmico en los trabajadores.

3 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1 HIGIENE INDUSTRIAL

Es disciplina preventiva, científica y técnica orientada a anticipar, reconocer, evaluar, controlar y confirmar la protección (ARECC) frente a factores ambientales o agentes estresores originados en el entorno laboral, los cuales pueden generar enfermedades, o provocar un malestar considerable en los trabajadores o en la población en general, esta definición es acuñada por la Asociación Estadounidense de Higiene Industrial (AIHA, 2022).

3.1.1 RIESGO HIGIÉNICO

El riesgo en general, se entiende como la probabilidad de generar afectación a la salud del trabajador, en base a ello se entiende como riesgo higiénico, aquel que es producido por agentes contaminantes (factores de riesgo) del tipo: químico, biológico y físico dentro se caracteriza por ser medibles, en diferentes unidades (Baraza et al., 2014).

3.1.2 AGENTES FÍSICOS

Son manifestaciones de energía, cuya presencia en el ambiente de trabajo puede originar riesgo higiénico, ejemplos de este tipo son: ruido, vibraciones, calor la presión, radiaciones, (Falagán et al., 2024).

En los riesgos físicos es importante determinar el tiempo y la intensidad de exposición al agente para su tratamiento, además de considerar las siguientes particularidades:

- Los agentes físicos se comportan de diferente forma, acorde a su naturaleza.
- Existen varias vías de entrada del agente, incluso indeterminadas (Generalitat, 2006).

3.1.3 AMBIENTE TÉRMICO

Es el entorno térmico que percibe el trabajador resultado de: los parámetros climatológicos (temperatura, humedad relativa, velocidad aire) del lugar, sumada a la intensidad de trabajo, más el tipo de vestimenta y, más las condiciones fisiológicas y conductuales del trabajador; esto origina diferentes niveles de tolerancia al ambiente térmico (INSST, 2025a).

3.2 CALOR

El calor es un tipo de energía, que se manifiesta en la interacción de dos cuerpos (o del mismo cuerpo) a diferentes temperaturas, en líneas generales el calor, no se considera como una propiedad de un cuerpo, sino como energía en tránsito (Álvarez, 2022).

3.2.1 TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONVECCIÓN

Se da en fluidos (aire, agua y gases), cuando dentro del mismo hay áreas con diferentes temperaturas, por ende, hay masas del fluido con diferentes densidades, produciendo un movimiento en el fluido, generando corrientes de convección, (Barrera, 2021).

Un ejemplo se da cuando, se coloca hielo en agua, el calor fluye desde el agua hacia el cubo de hielo por lo que este se derrite, además la convección está presente en el funcionamiento de un equipo de aire acondicionado, ya que este libera masas de aire frías lo que ocasiona que el aire caliente de una habitación se disipe.

3.2.2 TRANSFERENCIA DE CALOR POR RADIACIÓN

La radiación, por su parte, corresponde a la energía que la materia libera en forma de fotones o de ondas electromagnéticas, existiendo un espacio vacío entre ellas; como modelo claro, es la radiación solar sobre todo el planeta.

3.2.3 EVAPORACIÓN DEL SUDOR

Este tipo de transferencia de calor, tiene lugar en el organismo cuando el sudor en su estado líquido se pone en contacto con el calor de la piel, pasa a su forma de vapor. La humedad y velocidad del aire, determinan esta transferencia, a más humedad menor la tasa de evaporación; con una mayor velocidad del viento, mayor será la evaporación del sudor, (Falagán et al., 2024).

3.3 ESTRÉS TÉRMICO POR CALOR

Es la carga térmica neta a la que está expuesto el trabajador, resultado de la sumatoria del calor por: las condiciones termo higrométricas del lugar, el esfuerzo físico que realiza, el textil de la ropa que utiliza y otras como: maquinaria circundante en funcionamiento (OIT, 2024).

En términos de equilibrio, el estrés térmico tiene lugar cuando, el calor absorbido por el cuerpo humano, sobrepasa su capacidad para disiparlo, (COPERNICUS, 2024).

Debe considerarse que, las situaciones de estrés térmico ocurren cuando se combinan temperaturas elevadas (superiores a los 27 °C) con actividades de alta intensidad (Generalitat, 2006).

3.3.1 TERMOREGULACIÓN

Es un mecanismo corporal que, de acuerdo a las condiciones ambientales, permite aumentar o disminuir la temperatura central del individuo, manteniéndola en un valor

referencial de 37°C, (Priego & Quesada, 2022), aunque en muchos casos se maneja un intervalo entre 35 a 37 °C, (INSST, 2025b).

Su funcionamiento se basa en que, neuronas especializadas y localizadas en la piel, captan variaciones en la temperatura central del organismo y las comparan con las del ambiente, acorde a la necesidad activan respuestas centrales y periféricas para mantener el equilibrio fisiológico del individuo, (Pición et al., 2020).

3.3.1.1 MECANISMOS DE TERMOREGULACIÓN

En situaciones de calurosas, los mecanismos de termorregulación están orientados a la pérdida de calor, estos son:

Vasodilatación cutánea. – La elevación de la temperatura central interna, ocasiona que, el organismo incremente el flujo sanguíneo, desde el núcleo corporal hacia la piel, en este transporte se transfiere calor por convección desde el núcleo hacia la sangre, una vez que el calor llegue a la piel, la sudoración producirá un enfriamiento por evaporación, (Wong & Hollowed, 2017).

En este proceso también tiene lugar el ensanchamiento de los vasos capilares cercanos a la piel el cual facilitará el flujo.

Sudoración. – Este mecanismo se produce especialmente durante la ejecución de actividad física, donde hipotálamo para enfriar el organismo, direcciona a las glándulas sudoríparas de la piel, la segregación de sudor (agua más minerales), el cual al evaporarse, absorbe calor de la piel, reduciendo la temperatura corporal, (Patel et al., 2023).

Taquipnea.- Es común que durante el estrés térmico aumente la frecuencia respiratoria, para disipar el calor a través de la evaporación del aire exhalado, (Park & Khattar, 2024).

3.3.2 ECUACIÓN DE BALANCE TÉRMICO

Es una expresión de balance energético (Eq.1), entre dos fuentes de calor, el interno propio del organismo y el externo proveniente del entorno.

Eq. 1

$$G = M \pm C \pm R \pm K - E$$

G: Calor acumulado por el organismo

M: Calor producido por el metabolismo

Se considera la sumatoria del calor proveniente de las funciones basales del organismo, generado por la actividad física del trabajador.

C: Calor que se transmite por convección

Es la energía calórica que se intercambia entre fluidos con una gradiente de temperatura.

R: Calor por radiación

Es el calor que se transmite desde un objeto que está a una determinada temperatura.

K: Calor por conducción

Es el calor que se transmite por contacto directo con superficies muy frías o calientes, en este estudio no se considerará su aportación.

E: Calor por evaporación

Calor perdido por evaporación del sudor, termorregulación.

La tabla 1, describe los posibles escenarios de esta ecuación, permitiendo definir o no un estado de estrés térmico, de tener lugar dicho desequilibrio, el organismo activa un mecanismo de termorregulación.

Tabla 1

Situaciones de balance térmico

Expresión	Equilibrio	Riesgo
$G = 0$	Hay equilibrio térmico	No hay riesgo de estrés térmico
$G > 0$	Desequilibrio térmico	Estrés térmico por calor
$G < 0$	Desequilibrio térmico	Estrés térmico por frío

Fuente: (INSST, 2025b)

3.3.3 FACTORES AMBIENTALES

Humedad relativa. – Es la concentración de vapor de agua en una masa de aire.

Su expresión en porcentaje, indica la proximidad a la que está el aire de saturarse.

Cuando hay un alto nivel de humedad en el ambiente, el cuerpo continúa generando sudor, pero su evaporación se dificulta. Como resultado, el sudor que no logra evaporarse no contribuye al enfriamiento corporal, simplemente corre por la piel y no cumple su función en la regulación de la temperatura, (ILO, 2011).

La comunidad Eugenio Espejo al localizarse dentro de la Amazonía Ecuatoriana, presenta un clima cálido húmedo, en los meses de enero a julio alcanza sus picos altos con valores de 84 al 88% y agosto a octubre valores de 77 a 79%, por lo que se maneja un porcentaje de humedad relativa igual a 78.7 %, (GADPRSSC, 2024).

Velocidad del aire. – Facilita la evaporación del sudor de la piel hacia el aire, ambientes mayormente ventilados serán más óptimos para mantener un equilibrio térmico, el efecto de la velocidad del aire es insuficiente cuando la temperatura del aire supera los 35°C, (ISTAS, 2020).

En el área geográfica del estudio se registran una velocidad de viento media de, 2.06 m/s, los vientos se direccionan desde el Oeste al Este de septiembre a abril y viceversa en el resto de meses de años, (GADCLJS, 2020; GADPRSSC, 2024).

Temperatura. - Es la cantidad calor registrada en un punto y momento determinado, para que el cuerpo pueda perder calor mediante convección, la temperatura del aire debe estar por debajo de los 35 °C. Si supera ese valor, el intercambio térmico se invierte y el efecto puede resultar perjudicial, (INSST, 2025b).

3.3.4 FACTORES PERSONALES

Afecciones médicas. -Personas con sobrepeso, diabetes, presión alta y cardiopatías disminuye su capacidad de enfrentar el impacto del calor.

Características físicas. – Referente a la edad, trabajadores mayores (40 años en adelante) son menos capaces de lidiar con el calor, debido a que la sudoración es en menor cantidad y tardía; por otro lado, mujeres embarazadas tiene menos capacidad de tolerar el calor; mantener un buen estado físico es clave para una correcta aclimatación, (Narocki, 2022).

Características conductuales. -En trabajadores que esta aclimatados el consumo de alcohol los deshidrata, el consumo de ciertas drogas aumenta la temperatura corporal (opioides, metanfetamina y cocaína).

Aclimatación. - Proceso de adaptación al calor, se recomienda que, en trabajadores nuevos o que retoman trabajos, inicien con una exposición del 20 % el primer día, aumentando en no más del 20 % cada día siguiente. Una estadística de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional, establece que, casi tres de cada cuatro muertes por enfermedad por calor, se producen en la primera semana de trabajo, (OSHA, 2023).

3.3.5 FACTORES DE TRABAJO

Cantidad de trabajo. – Durante la ejecución de una actividad el cuerpo genera calor interno, producto del metabolismo; cuanto más intensa sea la labor, mayor será el calor, lo que puede ocasionar estrés metabólico, (Villanueva, 2021). Depende del movimiento y posición del cuerpo durante la actividad.

Tasa de trabajo. – Se refiere al tiempo de trabajo efectivo al cual está expuesto el trabajador a altas temperaturas, este valor permite determinar los límites permisible de exposición al calor, (Saá, 2025).

Ropa de trabajo. – Determina la transferencia de calor con el entorno, (Narocki, 2022).

EVALUACIÓN DE RIESGO A ESTRÉS TÉRMICO

Se enfocará en un método instrumental en el que se medirá el Índice WBGT (temperatura del bulbo húmedo y de globo, en español), el cual se define como, un valor del nivel de severidad del ambiente térmico al que está expuesto un colaborador, considerando la carga de calor del ambiente junto con la tasa metabólica del individuo, (INSST, 2023).

Las mediciones del indicador serán acorde a la norma NTE INEN-ISO 7243:2023 titulada “Ergonomía del ambiente térmico – Evaluación del estrés térmico utilizando el índice WBGT (temperatura de globo y bulbo húmedo).

3.4.1 CONSIDERACIONES ISO 7243:2023

- La ISO 7243:2023, es aplicable para ambientes interiores y exteriores.
- Dirigida a adultos en condiciones aptas para trabajar.
- Es aplicable para largo periodos de exposición al calor, 8 horas laborales, no para periodos cortos (minutos).
- La vestimenta de trabajo determina la transferencia de calor.
- Ayuda a establecer niveles de exposición referenciales al calor para los trabajadores y en consecuencia formular medidas de prevención (ISO, 2017).

PARÁMETROS DE MEDICIÓN

3.4.2.1 *Temperatura seca del aire (TA)*

Es la temperatura real del aire sin tener en cuenta la humedad o radiación. Es la misma que mide un termómetro común expuesto al aire, protegido del sol directo, ver en la Figura 2, literal a. Representa el calor del aire, es decir, el que el trabajador siente por convección, (NIOSH, 2016).

3.4.2.2 Temperatura húmeda natural (THN)

Temperatura medida con un sensor envuelto en un paño humedecido y expuesto a una ventilación natural, ver Figura 2, literal b. La evaporación del agua enfría el sensor, por lo que este valor siempre es menor o igual a la temperatura seca.

Es la temperatura del aire combinada con la el porcentaje de humedad relativa, y refleja la capacidad del aire para evaporar el sudor (importante para enfriamiento del cuerpo), (INEN-ISO 7243, 2023)

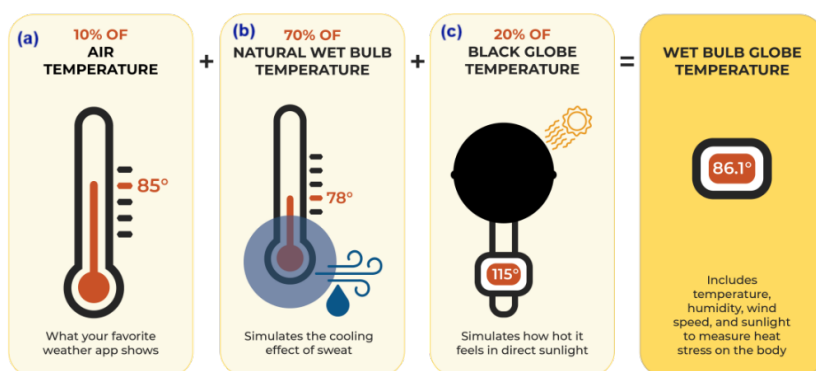
3.4.2.3 Temperatura de globo (TG)

Es la temperatura medida por un termómetro colocado en el centro de una esfera hueca pintada de negro (generalmente de 15 cm de diámetro), ver en la Figura 2, literal c. El globo negro absorbe radiación solar y de otras superficies, así como convección del aire.

Representa el efecto de la radiación térmica (sol, maquinaria, superficies calientes, etc) y en menor medida la temperatura del aire, (NIOSH, 2016).

Figura 2

Parámetros ambientales para determinación del índice WBGT



Nota. (a) Temperatura del aire, la que se puede ver en cualquier aplicación. (b) Temperatura húmeda natural, simula el efecto refrescante del sudor. (c) Temperatura de globo, simula la radiación directa del sol. Fuente: (Nicholas Institute, 2023)

La tabla 2, resume la conceptualización de las temperaturas influyentes para la determinación del índice WBGT, así como también indica las características técnicas de los sensores óptimos para realizar las mediciones

Tabla 2

Caracterización de parámetros ambientales y sus sensores de medición, índice WBGT

	Temperatura seca del aire (TA)	Temperatura húmeda natural (THN)	Temperatura de globo (TG)
Objetivo de medición	Temperatura del aire	Temperatura. + humedad sin ventilación forzada	Radiación térmica + aire
Influencia de:	Aire	Aire + humedad	Radiación + aire
Sensor utilizado	Termómetro bulbo seco	Termómetro bulbo húmedo natural	Termómetro de globo negro
Característica sensor:	<ul style="list-style-type: none"> - Debe mantenerse protegido de la radiación con un elemento que no obstaculice el flujo de aire circundante ni emita calor hacia el sensor. - El equipo debe medir en un rango de 10 °C a 60 °C, con una precisión de ±0,5 °C 	<ul style="list-style-type: none"> - Forma cilíndrica. - Diámetro externo: 6mm ± 1mm. - Longitud del sensor: 30 mm ±5 mm. - Rango de medición: 5°C a 40°C. - Exactitud: ±0.5°C. - La zona sensible del sensor debe estar cubierta por un tejido altamente absorbente (algodón). - El soporte del sensor debe tener un diámetro de 6 mm, y una sección de 20 mm - El tejido debe mantenerse limpio. - La parte inferior del tejido debe permanecer sumergida en agua destilada, mientras que la sección no sumergida debe tener una longitud comprendida entre 20 y 30 mm - El recipiente de agua destilada debe estar protegido de la radiación térmica del entorno. 	<ul style="list-style-type: none"> -Diámetro: 150 mm. - Coeficiente de emisión medio: 0.95 (negro y mate). - Espesor: delgado - Rango de medición: 20°C-120°C. - Exactitud de medición: Rango de 20°C-50°C: ±0.5°C Rango de 50°C-120°C: ± 1°C

Fuente: (INSST, 2023; NIOSH, 2016)

3.4.2.4 Instrumento de medición

Los equipos de medición deberán cumplir las exigencias técnicas definidas en la ISO 7726:2022 -Ergonomía de los ambientes térmicos Instrumentos de medida de las magnitudes físicas.

3.4.3 CÁLCULO DEL ÍNDICE WBGT

La (INEN-ISO 7243, 2023), considera dos fórmulas para el cálculo de éste índice, considerando dos escenarios:

- **Sin carga solar.** – Para interiores o afueras sin radiación solar.

Eq. 2

$$WBGT = 0,7 THN + 0,3 TG$$

- **Con carga solar.** – En exteriores.

Eq. 3

$$WBGT = 0,7 THN + 0,2 TG + 0.1 TA$$

3.4.4 DETERMINACIÓN DE LA TASA METABÓLICA (M)

Definición:

Conocida también como consumo o gasto metabólico. Es la energía que el cuerpo gasta en hacer actividades físicas durante un periodo determinado de tiempo, liberando calor en el proceso. Las unidades de medida son de energía y potencia como: Watios[W], kilocalorías [kcal], Joules[J] (Losilla, 2022).

Las conversiones entre estas unidades son: 1 kcal = 4,184 kJ; 1 kJ = 0,239 kcal; 1 kcal/h = 1,161 w ; 1 w = 0,861 kcal/h; 1 kcal/h = 0,644 w/m²; 1 w / m² = 1,553 kcal / hora ,teniendo en cuenta la superficie corporal de un hombre, {Formatting Citation}.

Puede determinarse, midiendo el consumo de oxígeno de la persona o estimarse utilizando tablas, como se señala en la ISO 8896 y la metodología de la ACIGH.

Consideraciones:

Los cálculos, tablas y demás datos presentados en esta norma internacional están basados en sujetos con características promedio.

Tabla 3

Características promedio de hombres y mujeres, ISO 8896

Sexo	Edad	Masa	Altura	Superficie corporal
Hombre	30 años	70 Kg	1.75 m	1.8 m ²
Mujer	30 años	60 Kg	1.70 m	1.6 m ²

Fuente: (INSHT, 2014)

Cálculo de la tasa metabólica a partir de los requisitos de la tarea:

Esta metodología asigna una tasa metabólica a cada actividad del trabajador, empleando tablas que proporcionan valores de: energía consumida en tareas comunes del trabajo, tipos de posturas y movimientos corporales, ver tabla 4; de modo que, al sumar la tasa energética de cada componente, y en adicional el metabolismo basal, se obtiene la tasa metabólica total de la actividad, (INSHT, 2014).

Tabla 4

Tabla de estimación de la tasa metabólica según posición corporal y tipo de trabajo

A. POSICIÓN Y MOVIMIENTO DEL CUERPO			
	Descripción		Kcal/ min
	Sentado		0.3
	De pie		0.6
	Andando		2.0 – 3.0
	Subida de una pendiente andando		Añadir 0.8 por m de subida
B. TIPO DE TRABAJO			
Parte del cuerpo	Intensidad	Media (Kcal/min)	Rango (Kcal/min)
Trabajo manual	Ligero	0.4	0.2 – 1.2
	Pesado	0.9	
Trabajo con un brazo	Ligero	1.0	0.7 – 2.5
	Pesado	1.8	
Trabajo con dos brazos	Ligero	1.5	1.0 – 3.5
	Pesado	2.5	
Trabajo con el cuerpo	Ligero	3.5	2.5 – 15.0
	Moderado	5.0	
	Pesado	7.0	
	Muy pesado	9.0	
C. GASTO METABÓLICO BASAL			
1.00 Kcal/min			

Nota: Se considerarán cuatro tipos de intensidades, las mismas que se explicarán en la tabla 5, que se adjunta a continuación. Fuente: (UC, 2017)

Corrección por peso:

Los valores de la tabla 4, en sus literales A, B y C, corresponden a individuos con peso de 70 Kg, por lo que, se requiere corregir el valor para pesos diferentes de 70Kg, mediante el siguiente factor:

Eq. 4

$$Factor = \frac{Peso (Kg)}{70 Kg}$$

El factor de corrección deberá ser multiplicado por la tasa metabólica obtenida en la estimación por tablas, (UC, 2017).

Intensidad de trabajo, acorde a gasto metabólico (Kcal/h)

Tabla 5

Intensidad de trabajo respecto al gasto metabólico (M)

Tasa metabólica (Kcal/h)	Tasa metabólica (W)	Categoría de Intensidad del Trabajo	Actividad (ejemplo)
<100	115 100 a 125	DESCANSO	-Sentado. -De pie. -Descanso a gusto.
100-200	180 125 a 235	LIGERO	Trabajo ligero a mano -Escribir. -Teclar. -Dibujar. Trabajo con manos y brazos -Trabajos con herramientas pequeñas. -Revisión, ordenamiento, ensamblaje o selección de materiales de baja densidad Trabajo con brazos y las piernas - Conducir vehículos en condiciones habituales, incluyendo la activación de interruptores o pedales mediante el pie. Trabajos en pie -Desplazamiento a paso lento (velocidad máxima de 2,5 km/h).
200-300	300 235 a 360	MODERADO	Trabajo con uso sostenido de manos y brazos -Clavar -Limar, etc. Trabajo con brazos y piernas Conducir de camiones, y/o maquinaria en obra.

Tasa metabólica (Kcal/h)	Tasa metabólica (W)	Categoría de Intensidad del Trabajo	Actividad (ejemplo)
			Trabajo con brazos y tronco - Manejo intermitente de pesos moderados. - Desplazamiento empujando carretillas de bajo peso, acompañado de marcha a una velocidad entre 2,5 y 5,5 km/h.
300-400	415 360 a 465	PESADO	Trabajo intenso con tronco y brazos - Transporte de materiales pesados. - Palar, rastrillar - Empleo de herramientas de gran peso, que requiere fuerza y precisión.
>400	520 Mayor de 465	MUY PESADO	- Actividad de elevada exigencia física, realizada a un ritmo muy rápido o máximo, como excavación o paleado de alta intensidad - Desplazarse a pie una velocidad superior a 7 km/h.

Fuente: (ISO, 2017; UC, 2017)

3.4.5 DETERMINACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA ROPA (CAV)

La ropa de trabajo estándar para determinar los límites de exposición a estrés térmico por calor, ha considerado una vestimenta de algodón (0,6 clo¹ e im = 0,38) como referencial. Dependiendo de los textiles de la ropa, variará la resistencia a la evaporación del sudor, (INSST, 2023).

El factor CAV es un valor de ajuste de la vestimenta, en el caso de no usar la "ropa de trabajo estándar" ver la tabla 6. En general, el CAV aumenta cuando incrementa la resistencia a la evaporación (o la disminución del índice de permeabilidad), (INEN-ISO 7243, 2023).

El CAV se suma al valor de WBGT medido para obtener un WBGT efectivo (WBGT_{eff}), el cual constituye una estimación del nivel de estrés térmico considerando la vestimenta utilizada, tratándola como si fuera un entorno equivalente, para ellos se tiene la siguiente ecuación:

$$WBGT_{eff} = WBGT + CAV$$

Eq. 5





¹Clo, representa la capacidad aislamiento de calor de la ropa. (INSHT, 2015).

A mayor valor de clo, la ropa retiene más calor, reduce la evaporación del sudor y aumenta el calor

A menor valor de clo, la ropa permite liberar más calor al ambiente y facilita la evaporación del sudor, lo que disminuye el riesgo de sobrecarga térmica,

Tabla 6

Factor CAV (°C) para WBGT, acorde a tipo de vestimenta.

Conjunto	Comentario	Imagen	CAV °C- WBGT
Ropa de trabajo	Traje de referencia (camisa de manga larga y pantalones)		0
Overoles	Tela tejida (algodón)		0
Overoles de tela no tejida SMS como una sola pieza	Telas no tejidas a partir de polipropileno.		0
Overoles de una sola pieza de poliolefina no tejida	Tejido patentado hecho de polietileno		2
Capucha ^a	Usar una capucha de cualquier tela con cualquier conjunto de ropa.	-	+1

Fuente: (INEN-ISO 7243, 2023)

3.4.6 TIEMPO DE LAS MEDICIONES

El índice WBGT, es una estimación del estrés térmico en un momento y tiempo determinado a causa del calor, por lo que se recomienda el periodo más caluroso, y del medio día en adelante, si el trabajo se divide en tareas, se puede medir y evaluar por separado, (INEN-ISO 7243, 2023).

De la información recopilada se tiene que, los meses de julio a octubre presentan los días más calurosos en el cantón, en especial se registra, el 25 de octubre del 2024 como el día más caluroso con 35.5 °C de temperatura ambiente, dentro de la jornada laboral de 7:00 a 17:00, (DGAC, 2025).

3.4.7 DURACIÓN DE LAS MEDICIONES

La norma NTE INEN – ISO 7243 indica que, la medición del índice WBGT, se deberá realizar durante un periodo aproximado de 1 hora, que representa adecuadamente las condiciones del ambiente. El tiempo que tome cada medición dependerá de la respuesta de cada sensor, ya que muchas veces la temperatura globo tarda en estabilizarse, por otro lado, es importante previo a anotar el valor, se alcance un estado estacionario (que no fluctúe).

3.4.8 VARIACIONES ESPACIALES Y TEMPORALES

3.4.8.1.1 UBICACIÓN DEL PUNTO DE MEDICIÓN

Si la temperatura del lugar es constante (ambiente homogéneo) en el entorno del trabajador, basta con una medición a la altura del abdomen, o más exactamente a 1.10m desde el piso hasta el centro de gravedad, (ISPCH, 2020), (INEN-ISO 7243, 2023).

Por el contrario, si la temperatura varía notablemente (ambiente heterogéneo) en los alrededores del puesto de trabajo, se realizarán tres mediciones a nivel de tobillos, abdomen y cabeza, y se aplicará la siguiente ecuación.

Eq. 6

$$WGBT = \frac{WGBT_{cabeza} + 2 \cdot WGBT_{abdomen} + WGBT_{tobillos}}{4}$$

3.4.8.1.2 VARIACIONES DE LUGARES DE TRABAJO Y CONDICIONES AMBIENTALES

Si durante la jornada laboral, hay variaciones de clima y de actividades se debe establecer un valor representativo; ponderando las mediciones (índice WGBT) tomadas en las diferentes actividades del trabajador, divididas para el tiempo total durante el cual se obtuvo cada medición, la base de tiempo T, es 1 hora, en términos de ecuación esto quiere decir:

Eq. 7

$$\overline{WGBT} = \frac{WGBT_1 \cdot t_1 + WGBT_2 \cdot t_2 + \dots + WGBT_n \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

Donde

$WGBT_1, WGBT_2, \dots, WGBT_n$ es la medición obtenida durante el tiempo t_1, t_2, \dots, t_n .

$T = t_1 + t_2 + \dots + t_n = 1h$

3.4.8.1.3 VARIACIONES DE LA TASA METABÓLICA

De igual forma que en el apartado anterior, un valor medio de tasa metabólica se obtiene de la ponderación de las estimaciones en tabla para cada tiempo de la actividad del trabajador, cuando exista duda sobre qué valor de gasto metabólico asignar, se utilizará el más alto.

Eq. 8

$$\bar{M} = \frac{M_1 \cdot t_1 + M_2 \cdot t_2 + \dots + M_n \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

3.4.9 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE WGBT ADMISIBLE
($WGBT_{ref}$) A PARTIR DE LA TASA METABÓLICA

El término “admisible”, hace referencia a un valor máximo, también conocido como TLV (Valor Límite Umbral) por la ACGIH.

EL valor límite umbral para el índice por estrés térmico ($WGBT_{ref}$), se entiende como la concentración máxima al calor, en el que la mayoría de trabajadores pueden exponerse repetidamente por 8 horas y 40 horas semanales, sin efectos adversos para la salud, (ACGIH, 2025).

- Personas aclimatadas

Eq. 9

$$WGBT_{ref} = 56.7 - 11.5 \log_{10}(M) \text{ [}^\circ\text{C]}$$

- Personas no aclimatadas

Eq. 10

$$WGBT_{ref} = 59.9 - 14.1 \log_{10}(M) \text{ [}^\circ\text{C]}$$

Tasa metabólica (M) se encuentra entre 115 y 520 W.

3.4.10 CÁLCULO DEL GRADO DE RIESGO




El grado de riesgo a estrés térmico, se establece como el cociente entre la carga térmica soportada por el trabajador ($WGBT_{eff}$) y la que puede soportar ($WGBT_{ref}$), la tabla 7, contiene la interpretación del grado de riesgo (Sánchez, 2015).

Eq. 11

$$\text{Grado Riesgo} = \frac{WGBT_{eff}}{WGBT_{ref}}$$

Tabla 7

Grado de riesgo a estrés térmico

Escala colores	Condición	Descripción
	>1	El trabajador se encuentra sobre expuesto a altas temperaturas
	= 1	El trabajador se encuentra en el umbral
	<1	El trabajador no se encuentra sobreexpuesto a altas Temperaturas

Fuente: (Saá, 2025)

3.5 VALORES LÍMITES DE EXPOSICIÓN

- **Norma técnica en seguridad e higiene del trabajo, Ecuador.**

Este documento fue emitido por del Ministerio de Trabajo (MDT) del Ecuador, mediante Acuerdo Ministerial 196. La tabla 8, describe los siguientes niveles máximos del índice WBGT (°C), en función del al tipo de trabajo y aclimatación del individuo.

Tabla 8

Niveles límites de exposición, según normativa ecuatoriana, AM-196

Tipo de trabajo	No aclimatado WBGT (°C)	Aclimatado WBGT (°C)
Liviano	≤ 28°C	≤ 30°C
Moderado	≤ 26°C	≤ 28°C
Pesado	≤ 25°C	≤ 27°C

Fuente:(MDT, 2024)

- **Valores de referencia de índice WBGT, según NTE INEN-ISO 7243.**

La siguiente tabla 9, describe valores umbrales de exposición al calor en forma índice WBGT, de referencia, en función de la tasa metabólica y aclimatación del trabajador.

Tabla 9

Niveles límites de exposición, según NTE INEN-ISO 7243

Tasa metabólica [W]	Aclimatado WBGT (°C)	No aclimatado WBGT (°C)
Basal	33°C	32°C
Baja	30°C	29°C
Moderada	28°C	26°C
Alta	26°C	23°C
Muy alta	25°C	20°C

Fuente:(INEN-ISO 7243, 2023)

- **Valores de referencia de índice WGBT, TLV**

La siguiente tabla 10, describe valores umbrales de exposición establecidos por la ACGIH, y permitirá determinar los tiempos de descanso recomendados para no exceder el límite umbral.

Tabla 10

Niveles límites de exposición, según ACIGH

Tasa metabólica [W]		Aclimatado WGBT	No aclimatado WGBT
Basal	115	33°C	32°C
	100 -125		
Baja	180	30°C	29°C
	125 - 235		
Moderada	300	28°C	26°C
	235 - 360		
Alta	415	26°C	23°C
	360 - 465		
Muy alta	520	25°C	20°C
	Mayor de 465		

Fuente:(INEN-ISO 7243, 2023)

3.6 CONTROLES OPERACIONALES

La Norma Técnica de Seguridad e Higiene en el Trabajo señala que, para gestionar un ambiente térmico caluroso, deben aplicarse medidas siguiendo la jerarquía de controles: eliminación, sustitución, controles de ingeniería, controles administrativos y equipos de protección personal, (MDT, 2024).

3.6.1 ELIMINACIÓN

El mejoramiento vial, es una obra que por su naturaleza se lleva a cabo en exteriores, en donde el trabajador está expuesto a varias fuentes de radiación que generan calor como: el sol, del cual por obvias razones no se puede prescindir, la maquinaria pesada y equipos de combustión; son elementos necesarios para la conformación de la vía, por lo que no procede este nivel de la jerarquía de controles.

3.6.2 SUSTITUCIÓN

- Usar materiales y equipos de menor emisión térmica (eléctricos en vez de combustión).
- Reemplazar superficies metálicas que acumulan calor por materiales con recubrimiento térmico.
- Reemplazar materiales que requieran alta exposición al calor (como asfalto recién vertido) por tecnologías de aplicación en frío cuando sea posible.

3.6.3 CONTROLES DE INGENIERÍA

Según (OSHA, 2024b), la implementación de algunos controles de ingeniería orientados a dos puntos importantes: hacer el ambiente laboral más fresco y reducir la carga de trabajo manual, como se describirá a continuación:

Enfriamiento de áreas de trabajo:

- Aumentar el flujo de aire en el área de trabajo para favorecer los procesos de evaporación y convección cuando la temperatura del aire sea menor a 35 °C, (MDT, 2024).
- La instalación de ventiladores en espacios cerrados y la habilitación de áreas sombreadas para las pausas en trabajos al aire libre constituyen medidas efectivas, de bajo costo y fáciles de implementar en diversos entornos laborales, en comparación con la climatización total, (Salas et al., 2025).
- Aire acondicionado en máquinas con cabina como: excavadoras, planta de asfalto, grúas.
- Aislamiento de superficies calientes como: bordes de la terminadora de asfalto, rodillos alisadores.

- Ventiladores nebulizadores que se coloquen en las zonas de descanso, esto pulverizaran el agua en gotas finas.
- Colocar pantallas que bloqueen la radiación, las cuales pueden consistir en placas metálicas, mallas u otros materiales (aluminio, zinc, acero pulido) que se interpongan entre el foco de radiación y los colaboradores, (Ávila et al., 2016).

Reducción de carga de trabajo manual:

- Uso de minicargadora para recolección de material residual, en lugar de carretillas.
- Uso de camiones, camionetas para transporte de materiales y/o equipos manuales.

3.6.4 CONTROLES ADMINISTRATIVOS

- **Tiempos de recuperación y/o descanso.-** Dentro de la jornada acorde a sistema de producción, se recomienda ciclos breves y frecuentes de trabajo- descanso, a ciclos prolongados, el descanso enfriado debe ser de al menos 5 minutos a la sombra, (Andrews, 2023). Sin embargo, la duración dependerá de la intensidad de trabajo que se realice.
- **Zonas de descanso**
 1. Se recomienda lugares con sombra estable, que bloquee la radiación directa del sol, la sombra debe ser de un tamaño que permita el descanso de los trabajadores sin aglomeraciones.
 2. De preferencia que se ubiquen en lugares con corriente de aire natural o ventiladores; evitar espacios cerrados que atrapen calor. Aire en movimiento ayuda a disipar el calor y mejorar la sensación térmica

3. Se requiere ubicar pisos que no transfieran calor como por ejemplo superficies metálicas, y techos o carpas que bloqueen la radiación solar, colocando toldos colores claros, (NIOSH, 2016).
 4. **Suministro de hidratación** con agua en buenas condiciones, fría, su temperatura debe estar entre 10 y 15°C, es recomendable que el trabajador ingiera un vaso agua cada 20 minutos, aun cuando no tenga sed, sin embargo advertir que, hacerlo en cantidades extremas provocará sensación de llenura, (OSHA & NIOSH, 2021). Para aquellos trabajos que tomen más de dos horas seguidas, se debe proporcionar bebidas electrolíticas, ya que pierden sales, que el agua no puede ayudar a compensar, (OSHA, 2024b).
 5. Para que estas zonas sean confortables se recomienda lograra temperaturas cercana a los 24.5°C y lo posible deberán estar lo más cercanas posibles de los frentes de trabajo, (Ávila et al., 2016).
 6. Contar con un mobiliario que permita al trabajador, sentarse, acostarse y descansar, aligerar la carga térmica de la ropa, (Andrews, 2023).
- **Plan de aclimatación**

En coordinación con las áreas productivas, se recomienda incrementar de forma progresiva la permanencia en ambientes calurosos durante un periodo de 7 a 14 días. Los trabajadores nuevos deberán iniciar con un máximo del 20 % de exposición al calor en su primera jornada y aumentar, como máximo, un 20 % adicional cada día. En el caso de los empleados con experiencia, la exposición debe limitarse al 50 % el primer día, al 60 % el segundo y al 80 % el tercero, permitiéndose la jornada completa a partir del cuarto día, (Echt et al., 2024).
 - **Organización del trabajo**

1. Reprogramar los trabajos que sean posibles a una hora más fresca del día, como la noche o la madrugada.
 2. Rotar funciones entre trabajadores para minimizar el esfuerzo y la exposición a calor.
 3. Realice tareas de prefabricación en un entorno con temperatura controlada cuando sea posible, como: corte y figurado de hierro, preparación de estacas para referencias topográficas.
- **Capacitación a los trabajadores**

Formación e información a todos los trabajadores sobre protocolos de acción en caso de emergencias relacionadas con golpes de calor e insolación del personal.

3.6.5 EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

- Los trajes de cuerpo entero de algodón humedecidos con agua son una técnica de enfriamiento personal económica y eficaz.
- La dotación de ropa de seguridad, debe ser en colores claros, y en telas de preferencia ligeras como el algodón y sobre todo que permitan un rápido secado, de igual forma se deberá motivar al trabajador a usar colores claros durante la jornada.
- **Chalecos refrigerantes**

Son prendas con características acorde tanto a las condiciones de temperatura y humedad relativa, como en función del puesto de trabajo; en un estudio realizado por el “Jozef Stefan Institute”, se midió la eficiencia de chalecos refrigerantes basados en diferentes conceptos de extracción de calor, así se tiene que:

1. **Chaleco de enfriamiento de aire activo:** Proporciona una circulación de aire frío comprimido, creando un microclima de alrededor de 19 °C, adecuado para altos valores de temperaturas y humedad; en el estudio se obtuvo que este chaleco

disminuyó la temperatura a nivel de torso de 35°C y 50% de humedad relativa (condiciones del experimento), a 33°C y la mantuvo estable durante la prueba (Ciuha et al., 2023).

2. Chaleco de circulación de agua fría: Circula agua fría, a través de pequeños tubos incrustados en la capa de tela interior del chaleco, cerca de la piel. El agua se bombea desde una vejiga de 2 L, la cual contiene 1.5 L de hielo y 0.3 L de agua helada, (Ciuha et al., 2021).

3. Chaleco evaporativo: Está diseñado para absorber agua (sumergirlo de 1 a 2 minutos) de forma que no se escurra ni se moje; en climas calurosos, secos o con circulación de aire, el agua comienza a evaporarse lentamente, este proceso consume energía en forma de calor, extrayéndola del entorno más cercano: el chaleco y el cuerpo del trabajador, por lo que se da una sensación de frescor. Su eficiencia se destaca en ambientes secos y corrientes de aire significativas, por lo que, en ambientes húmedos, se reduciría su capacidad de enfriamiento, (Rykaczewski, 2020).

En el estudio (Ciuha et al., 2023), se determina que, el chaleco evaporativo, reduce en aproximadamente 1°C de los 35°C a los que se inició la prueba, y aumento la humedad relativa, se atribuyó a que el chaleco fue remojado en agua antes de ponérselo.

4. Chaleco de gel/refrigeración por fase de cambio: Es una prenda que tiene geles y/o pastillas refrigerantes, las cuales deben ser congeladas a -18°C por 24 horas, y colocarlas en compartimentos del chaleco.

En comparación con los chalecos anteriores, el chaleco con inserto de geles, registra el mayor enfriamiento y que se midió la temperatura a nivel de torso y redujo de 35°C a 27°C, (Ciuha et al., 2023).

5. **Chaleco híbrido:** La capacidad de enfriamiento se puede mejorar aún más mediante ciertas combinaciones de enfriamiento, como: utilización de geles de refrigeración y el chaleco evaporativo, (Yanaoka et al., 2022).

La temperatura de torso suele disminuir de 35°C hasta 29°C, es decir una amplia reducción, proporcionaron una buena refrigeración, aunque solo a corto plazo (aproximadamente 1 h), la humedad relativa tiende a ser mayor, ya que la preda fue sumergida en agua inicialmente, (Ciuha et al., 2023).

3.7 EFECTOS A LA SALUD ASOCIADOS A ESTRÉS TÉRMICO LABORAL

Según la OSHA, los trabajadores de la construcción, especialmente los de carretera y techos, se encuentran dentro de los grupos laborales con mayor riesgo de sufrir de estrés térmico, (OSHA, 2024a). Por otra parte, Oficina de Estadísticas Laborales de EE. UU, indica que, entre el año 2011 a 2021, se registraron 436 muertes atribuidas a la exposición al calor ambiental, (U.S.LBS, 2023).

3.7.1 EFECTOS LEVES

Al ser leves se caracterizan por presentar síntomas/ efectos agudos, se utilizará la codificación CIE, para hacer referencia a las enfermedades, (OMS & WMO, 2025):

- **Fatiga por calor (NF01.3).** – Fatiga temporal, causada por la exposición continua al calor, recuperable con descanso e hidratación, puede manifestarse con: debilidad, mareo leve, sensación de calor extremo y fuerte cansancio. Se produce cuando para disipar el calor corporal, el flujo sanguíneo se concentra en la circulación periférica de la piel, dejando menos sangre en los músculos activos.

- **Miliaria (EE02).** - Conocida también como erupción por calor, trastorno frecuente de la piel ocasionado por el bloqueo de las glándulas sudoríparas, se exacerba en ambientes calurosos y húmedos. La sintomatología incluye ampollas superficiales y erupciones rojas con picazón.
- **Síncope por calor (NF01.1).** -Ocurre por falta de circulación sanguínea al cerebro, debido a que gran volumen de sangre se concentra en la circulación periférica de la piel para disipar el calor. Se caracteriza por presentarse con un desmayo repentino, antecedido por cambios de posturas abruptos.
- **Otros efectos leves (NF01.Z).** - Entre ellos, calambre por calor (pierna, brazo y torso), debido a falta de hidratación y pérdida de electrolitos al sudar, se tiene, además, edema por calor, es una inflamación de los vasos sanguíneos periféricos por el calor, se presenta en los brazos, pies, tobillos y piernas.

3.7.2 EFECTOS GRAVES

- **Agotamiento por calor (NF01.2).** - Incapacidad de sostener el gasto cardíaco y la presión arterial, debido a la elevada demanda de flujo sanguíneo hacia la piel para permitir la disipación del calor, cuando además se presentan hipertermias (temperatura corporal central ≥ 39 °C), es probable daños en órganos como riñones e hígado, y en tejidos como, el musculoesquelético, puede resolverse en meses, sin embargo puede causar un daño residual, lo que aumenta la morbilidad y mortalidad a largo plazo, (OMS & WMO, 2025).
- **Golpe de calor por esfuerzo (NF06.0).** - Es la incapacidad del organismo para disipar el calor metabólico producto de un esfuerzo físico excesivo. Puede causar disfunción del sistema nervioso, hígado, riñones, inflamación vascular y coagulopatías. Suele aparecer de forma esporádica en los primeros 60 minutos de

actividad, incluso sin altas temperaturas. En personas jóvenes y sanas la mortalidad es menor al 5%. En sedentarios o adultos mayores puede llegar al 20%.

Entre los síntomas se tiene: Hipertemia ($>40^{\circ}\text{C}$), delirios, convulsión, piel caliente y sudoración, (Araya, 2025).

- **Desequilibrios de líquidos y electrolitos (5C72, MG43.4Y).** – La hipohidratación es la pérdida rápida de agua y la deshidratación una reducción mayor del volumen corporal, cualquiera de las dos es grave cuando la masa disminuye más del 2%. La hiponatremia, caracterizada por la baja concentración de sodio ($<135\text{ mmol/L}$) tras un esfuerzo prolongado, presenta síntomas similares a la deshidratación como: confusión, dolor de cabeza y letargo; sin embargo, el signo distintivo es el vómito, que indica la necesidad de tratarla como hiponatremia si no hay respuesta inmediata a la rehidratación, (OMS & WMO, 2025).
- **Otros efectos del calor:** Dermatitis, lesión renal, aguda/crónica, cálculos renales (urolitiasis), dislipidemia inducida por calor.

3.8 CONSTRUCCIÓN VIAL

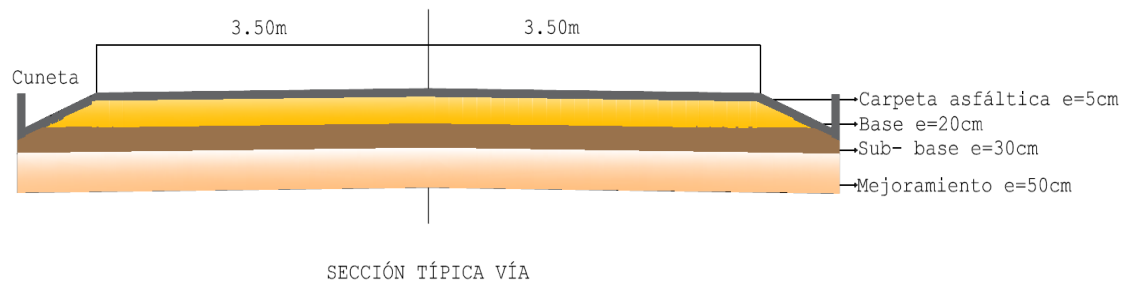
METODOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN DE UNA VÍA

Según la Norma Ecuatoriana Vial (NEVI), la fase constructiva de una obra vial, comprende en sí, la materialización de todos los estudios y diseños geométricos, inicia con la preparación del terreno, la colocación de diferentes niveles de materiales (sub base, base y capa de rodadura de hormigón asfáltico) a lo largo y ancho de la vía, y comprende además obras complementarias como: estabilización de taludes, construcción de drenajes y señalización vial (MTOPE, 2012).

En este contexto, la Figura 3 muestra un corte transversal de la vía en estudio, donde se puede apreciar las diferentes capas que conformarán la vía y los materiales que implicarán su construcción.

Figura 3

Sección típica de la vía en estudio



Nota. Estructura de conformación de la vía.

El entendimiento del proceso constructivo, es clave a la hora de definir puesto de trabajo, actividades, peligros y riesgos laborales.

3.8.2 PROCESO COLOCACIÓN CARPETA ASFÁLTICA

La Figura 4, describe un diagrama de procesos que contempla, maquinaria y puestos de trabajo que, se requieren para el asfaltado vial de la obra en estudio.

Figura 4

Diagrama de flujo del proceso constructivo de asfaltado vial.



3.9 RENDIMIENTO EN OBRA

Según (Consuegra, 2007), el rendimiento es la cantidad de tiempo que requiere un trabajador para ejecutar una cantidad determinada de obra, al ser una relación se puede interpretar de dos formas, por ejemplo: $2m^2/h=0.5h \times m^2$.

- Cantidad de obra por unidad de tiempo (se construye $2m^2$ por hora)
- Cantidad de tiempo necesario por unidad de obra (se requiere media hora para construir $1m^2$).

Esta relación se aplica en un escenario donde se planifica correctamente la organización del trabajo (suministro de material, tareas definidas y supervisión), por ende, no influye en el desempeño del trabajador.

3.9.1 ESTUDIO DE RENDIMIENTOS POR PROMEDIOS

Este método se basa en la recopilación diaria de información en distintas condiciones. Posteriormente, estos datos se organizan en registros mensuales con el fin de obtener promedios representativos. Esta metodología se ajusta adecuadamente a las particularidades del sector de la construcción, ya que los promedios reflejan la influencia de múltiples variables propias de una obra (rotación de personal, condiciones climáticas adversas, imprevistos). No obstante, es necesario considerar algunos aspectos adicionales, tales como:

- El alcance de las actividades y circunstancias para que sus datos sean representativos.
- No existen rendimientos globales de validez universal, ya que el desempeño laboral de cada persona está influido por su idiosincrasia y por las condiciones propias del país.

- El rendimiento de mano de obra pueden cambiar, acorde a las motivaciones positivas y negativas que reciban, (Consuegra, 2007).

3.10 ESTRÉS TÉRMICO Y TRABAJO

El aumento de desastres naturales de alta intensidad ya ha provocado pérdidas en la productividad. La Organización Internacional del Trabajo, pronostica que, para el 2030, los trabajadores de la construcción, reduzcan en un 19% sus horas de trabajo, a causa de una expansión del estrés térmico, especialmente en países subdesarrollados (OIT, 2019).

La reciente guía técnica de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM), denominada “Cambio climático y estrés térmico en el lugar de trabajo”, ha revelado que, después de los 20°C, por cada grado que incrementa la temperatura la productividad de los trabajadores disminuye del 2 al 3%, e incrementa los riesgos para la salud incluyen(OMS & WMO, 2025).

La afectación del estrés térmico recae también sobre la economía de un país, por ejemplo, en EEUU, en 1995 las pérdidas ligadas a estrés térmico se registraron en 280 000 millones de dólares; se prevé que esta cifra aumente a 2,4 billones (2 400 000 millones) en 2030, la diferencia relativa sería de 8.6 veces más para el 2030, es decir por cada por cada dólar perdido en 1995, en 2030 se perderán casi nueve dólares, y la cifra se exagera en el caso de países de tercer mundo y más vulnerables, (OIT, 2019).

4 MATERIALES Y METODOLOGÍA

4.1 TIPO, DISEÑO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

La caracterización de la investigación se realizará teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- **Enfoque**

Cuantitativo. – Se basa en la recopilación de datos (Índice WBGT, análisis de precios unitarios, rendimientos) para verificar hipótesis, utilizando mediciones numéricas y análisis estadísticos con el objetivo de identificar patrones de conducta y validar teorías. (Hernández et al., 1996)

- **Tipo y/o nivel:**

Correlacional. - Porque se pretende identificar la relación existente entre el estrés térmico y el rendimiento laboral, así como la conexión entre el rendimiento y los costos del proyecto. El análisis buscará establecer si existe una correlación estadísticamente significativa entre estas variables, sin que ello implique una relación causal directa.

- **Diseño:**

No experimental. -Debido a que no se manipularán variables, el estudio se basa en la observación del entorno real, con mediciones del índice WBGT y evaluación de puestos de trabajo.

Transversal. – Porque el estudio recopilará datos de un periodo en específico, es puntual, no se analiza a lo largo del tiempo.

4.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Analítico. –Este método se basa en la descomposición en partes del caso de estudio, para posterior poder sintetizarlas e interpretarlas juntas, (Lemus, 2020).

- Descomponer el problema general en unidades de análisis como: estrés térmico laboral, bajo rendimiento y aumento de costos por calor.
- Analizar por separado variables como el nivel de estrés térmico, el rendimiento por tarea, las pausas laborales, y los costos asociados.
- Establecer relaciones entre esas variables como: un alto nivel de estrés térmico (índice WBGT) reduce el rendimiento de mano de obra, y cómo eso eleva el costo del proyecto.

El método analítico permitirá identificar causas, efectos y relaciones entre las variables del estudio.

4.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

4.3.1 POBLACIÓN

La evaluación del estrés térmico y del rendimiento se enfocará en el grupo de asfaltado, considerando que, el rubro con mayor peso económico dentro de la obra es el tendido de carpeta asfáltica.

La cuadrilla de asfalto está conformada por 10 personas, 9 en campo y 1 en la planta de asfalto, para esta investigación se ha tomado en cuenta a los puestos de trabajo que se encuentran en la vía, ya que sus actividades están definidas y el avance es grupal.

3.3.2 PUESTOS DE TRABAJO

La tabla 11, describe 5 puestos de trabajo que se desarrollan exclusivamente para el tendido de carpeta asfáltica.

Tabla 11

Puestos de trabajo campo

Puesto	No. de trabajadores	Funciones
Operador de terminadora de asfalto	1	-Encargado de operar tablero de control de la terminadora de asfalto. -Inspeccionar el espesor de la carpeta asfáltica.
Rastrillero	3	Tender la mezcla asfáltica remanente a lo largo de la vía, para un recubrimiento uniforme.
Palero	3	Recoger granillo residual de la mezcla asfáltica.
Operador de rodillo liso	1	Encargado de operar rodillo liso, pasar y repasar hacia adelante y hacia atrás.
Operador de rodillo neumático	1	Encargo de dar flexibilidad y compactación a la carpeta asfáltica, inicia su acción posterior al rodillo liso.

Nota. Datos recopilados en campo y con asesoría del contratista.

4.3.2 MUESTRA

Se trabajarán las mediciones teniendo en cuenta a un colaborador de cada puesto de trabajo, considerando que, sus características sean estándar, no tengan condiciones especiales que pueda ocasionar sesgo en la medición.

- 1 trabajador por puesto de trabajo **“Rastrillero”**.
- 1 trabajador por puesto de trabajo **“Palero”**.
- 1 trabajador por puesto de trabajo **“Operador terminadora de asfalto”**.
- 1 trabajador por puesto de trabajo **“Operador de rodillo”**.

4.3.3 TIPOS DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

En la tabla 12, se describen las técnicas e instrumentos que se utilizarán a lo largo del estudio, se han planteado considerando las actividades planificadas para la ejecución de los objetivos específicos, dado que el objetivo general será el resultado del cumplimiento de éstos.

Tabla 12

Técnicas e instrumentos de la investigación

Actividades Previstas	Técnica	Instrumento
Objetivo Específico 1:		Evaluar los puestos de trabajo que presentan alto riesgo a estrés térmico durante la construcción de la vía.
1 Selección de las condiciones más desfavorables	Observación simple	Registros, notas
2 Entrevistas realizadas a representantes de puestos de trabajo	Observación sistemática	Entrevista
3 Determinación de tasa metabólica	Observación sistemática	Entrevista
4 Mediciones en campo de índice WBGT.	Técnica para determinar Índice de Temperatura de Globo y Bulbo Húmedo	Medidor de estrés térmico
5 Cálculo del índice \overline{WBGT}	Documental	NTE INEN-ISO 7243:2023
6 Evaluación del estrés térmico para cada puesto de trabajo	Documental	NTE INEN-ISO 7243:2023
6.1 Cálculo del índice WBGT eff (corrección de factor CAV)	Documental	NTE INEN-ISO 7243:2023
6.2 Cálculo del índice WBGT de referencia (WBGT ref)	Documental	NTE INEN-ISO 7243:2023
6.3 Comparativa entre WBGT y WBGT ref.	Documental	NTE INEN-ISO 7243:2023
Objetivo Específico 2:		Estimar la incidencia del estrés térmico del personal en los costos directos de la obra.
1 Registro de tiempos efectivos y m ² de colocación y tendido de carpeta asfáltica	Observación simple	Ficha de registro
2 Registro de m ² , de mezcla asfáltica tendida en cada jornada	Observación simple	Ficha de registro
3 Rendimiento (m ²) vs. Estrés térmico	Gráfica de relación	Excel
4 Prueba estadística correlacional entre índice WBGT y rendimientos	Prueba estadística	Minitab
Objetivo Específico 3:		Proponer recomendaciones técnicas y organizacionales para mitigar los efectos del estrés térmico en los trabajadores.
1 Propuesta de plan de medidas técnicas y organizacionales para mitigar el estrés térmico en los trabajadores de la obra.	Documental primaria y secundaria	Acuerdo Ministerial Nro. MDT-2024-196, anexo 3, art.8- Calor.

Nota. Contiene metodologías y documentación a utilizar. Fuente: (GADPO, 2024; INSST, 2023; MDT, 2024)

4.3.4 PUNTUALIZACIONES IMPORTANTES

NTE INEN ISO 7243: 2023 vs. ISO 7933:2023- Evaluación analítica del estrés térmico – Modelo PHS

Se ha seleccionado la NTE INEN-ISO 7243, para la evaluación del ambiente térmico considerando que, los trabajadores se encuentran expuestos al calor de manera prolongada durante la jornada laboral, en este contexto la ISO 7243, ofrece resultados válidos y suficientes para determinar si el trabajador se encuentra expuesto a un nivel aceptable o peligroso de estrés térmico, sin necesidad de monitoreo fisiológico.

Por otro lado, la ISO 7933, evalúa la respuesta fisiológica individual al calor por a través de la medición de parámetros fisiológicos (frecuencia cardíaca, presión arterial, etc), y está diseñada para exposiciones cortas. Se reconoce la especialización del método, y se considera como una recomendación el estudio a fondo de la respuesta fisiológica.

Para esta investigación se ha considerado ahondar en la relación entre el riesgo (estrés térmico) y el rendimiento laboral del grupo de asfalto en estudio, más que en la predicción de la respuesta fisiológica.

Aclimatación del grupo

En referencia a lo que indica la metodología (INEN-ISO 7243, 2023), se considera como personas aclimatada al trabajador en funciones bajo condiciones de calor (o en ambientes equivalentes o más severos) durante al menos una semana laboral previa la evaluación, caso contrario, el trabajador no está aclimatado.

En esta investigación se usará esta interpretación, para catalogar al personal en estudio como aclimatado o no, teniendo en cuenta de que cada trabajador es una muestra del puesto de trabajo, y que el estudio no se concentra en el análisis fisiológico individual.

Limitación Metodológica

Las mediciones se realizarán en un periodo post-sequía, caracterizado por valores reducidos de humedad relativa. Debido a que el WBGT depende en gran medida del componente húmedo los resultados podrían subestimar el estrés térmico que se presenta en periodos de mayor humedad.

4.4 EVALUACIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO CON ALTO RIESGO A ESTRÉS TÉRMICO

1. Selección de condiciones desfavorables

- Las mediciones del índice WBGT, se realizaron en los 13 días en los que la cuadrilla de asfalto colocó la carpeta asfáltica en la vía en estudio, entre los meses de agosto 2025 (días 20 y 21) y septiembre 2025 (días 2 al 12).
- Las mediciones más desfavorables, se entienden como aquellas horas de la jornada laboral en las que se registraron altas temperaturas ambientales, estas fueron desde, el medio día 12h00 a 15h00.

2. Entrevistas a personal por puesto de trabajo

La tabla 13, describe la recolección de datos para el cálculo de la tasa metabólica y ajuste de vestimenta, mediante una encuesta a un trabajador (muestra) por puesto de trabajo, siguiendo formato del, Anexo 1.

Tabla 13

Técnicas e instrumentos de la investigación

Puesto de trabajo	Edad (años)	Peso (Kg)	Altura (m)	Conjunto de ropa	Factor CAV asignado	Aclimatación ¹
Rastrillero	40	72	1.60	Camisa jean con marga larga y pantalones jean, (conjunto de referencia)	0	>15 días

Puesto de trabajo	Edad (años)	Peso (Kg)	Altura (m)	Conjunto de ropa	Factor CAV asignado	Aclimatación ¹
Palero	32	69	1.67	Buso de algodón y pantalón jean, (conjunto de referencia)	0	>15 días
Operador de terminadora de asfalto	47	110	1.75	Buso de algodón y pantalón jean, (conjunto de referencia)	0	>15 días
Operador de rodillo	50	120	1.65	Camisa jean con marga larga y pantalones jean, (conjunto de referencia)	0	>15 días

Nota. 1. Se conoce que el equipo de asfaltado realiza actividades similares en otras vías del mismo contratista, durante su jornada 22/8.

3. Determinación de la tasa metabólica

Se ha utilizado el método de cálculo de tasa metabólica a partir de los requisitos de la tarea, cronometrando los tiempos de ejecución de tareas, asignando valores de energía a la posición del cuerpo y tipo de trabajo, según las tablas 4 y 5, de igual forma se han ajustado los valores considerando un factor de corrección por el peso estándar del colaborador. Las tablas que siguen describen el cálculo del consumo metabólico para cada puesto de trabajo.

Tabla 14

Estimación tabla metabólica (M) -Rastrillero

DATOS GENERALES			
Fecha:	02/09/2025	Edad (años)	40
		Peso (Kg)	72
Puesto de trabajo:	Rastrillero	Altura (m)	1.60



TAREA	TIEMPO ti (min)	GASTO CALÓRICO GCn (kcal/min)			Gasto metabólico ponderado por tarea Mi=ti*GCn (kcal/min)
		Posición y movimiento del cuerpo	Tipo de trabajo	Sumatorio gasto calórico	
1) Rastrillar. - Utiliza rastrillo con las dos manos, para tender y disgregar los montículos de asfalto hasta dejarlo a nivel de espesor de la carpeta asfáltica.	5.30	3.00	5.00	8.00	42.40
2) Tender. - Utiliza rastrillo para halar residuos de granillo que no se han compactado	5.00	3.00	5.00	8.00	40.00
Metabolismo basal (kcal/min)					1.00
Tasa metabólico total M (kcal/min)					83.40
Duración ciclo (min)					10.30
Tasa metabólica media ponderada en función del tiempo					8.10
					$\bar{M} = \frac{M_1 \cdot t_1 + M_2 \cdot t_2 + \dots + M \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$
Corrección por factor de peso					1.03
					$F = \frac{\text{Peso real (kg)}}{70(\text{kg})}$
Tasa metabólica media ponderada en función del tiempo corregida (kcal/min)					$\overline{MC} = \bar{M} * F$ 8.33
M (kcal/h)					499.71
M (W)					580

Nota. El valor final de tasa metabólica M se encuentra en W (Watts).

Tabla 15

Estimación tabla metabólica (M) -Palero

DATOS GENERALES			
Fecha:	02/09/2025	Edad (años)	32
		Peso (Kg)	69
Puesto de trabajo:	Palero	Altura (m)	1.67



TAREA	TIEMPO ti (min)	GASTO CALÓRICO GCn (kcal/min)			Gasto metabólico ponderado por tarea Mi=ti*GCn (kcal/min)
		Posición y movimiento del cuerpo	Tipo de trabajo	Sumatorio gasto calórico	
1) Recoger.- Con pala recoger los restos de granillo dejados tras la colocación de la carpeta asfáltica	2.00	3.00	3.50	6.50	13.00
2) Cargar.- El granillo que recoge se coloca en carretilla para ser retirado del lugar	1.08	3.00	4.00	7.00	7.56
Metabolismo basal (kcal/min)					1.00
Tasa metabólico total M (kcal/min)					21.56
Duración ciclo (min)					3.08
Tasa metabólica media ponderada en función del tiempo		$\bar{M} = \frac{M_1 \cdot t_1 + M_2 \cdot t_2 + \dots + M \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$			7.00
Corrección por factor de peso		$F = \frac{\text{Peso real (kg)}}{70(\text{kg})}$			0.99
Tasa metabólica media ponderada en función del tiempo corregida (kcal/min)		$\bar{M}C = \bar{M} * F$			6.90
M (kcal/h)					414.00
M (W)					481

Nota. El valor final de tasa metabólica M se encuentra en W (Watts).

Tabla 16

Estimación tabla metabólica (M) -Operador de terminadora de asfalto

DATOS GENERALES			
Fecha:	20/9/2025	Edad (años)	47
		Peso (Kg)	110
Puesto de trabajo:	Operador de terminadora de asfalto	Altura (m)	1.75



TAREA	TIEMPO ti (min)	GASTO CALÓRICO GCn (kcal/min)			Gasto metabólico ponderado por tarea Mi=ti*GCn (kcal/min)
		Posición y movimiento del cuerpo	Tipo de trabajo	Sumatorio gasto calórico	
1) Conducción y operación de la terminadora de asfalto.	10.00	0.30	1.50	1.80	18.00
2) Inspección de espesor de carpeta asfáltica	5.00	0.60	0.40	1.00	5.00
Metabolismo basal (kcal/min)					1.00
Tasa metabólico total M (kcal/min)					24.00
Duración ciclo (min)					15.00
Tasa metabólica media ponderada en función del tiempo		$\bar{M} = \frac{M_1 \cdot t_1 + M_2 \cdot t_2 + \dots + M \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$			1.60
Corrección por factor de peso		$F = \frac{\text{Peso real (kg)}}{70(\text{kg})}$			1.57
Tasa metabólica media ponderada en función del tiempo corregida (kcal/min)		$\overline{MC} = \bar{M} * F$			2.51
M (kcal/h)					150.86
M (W)					175

Nota. El valor final de tasa metabólica M se encuentra en W (Watts).

Tabla 17

Estimación tabla metabólica (M) -Operador de rodillo

DATOS GENERALES			
Fecha:	02/09/2025	Edad (años)	50
		Peso (Kg)	120
Puesto de trabajo:	Operador rodillo	Altura (m)	1.65



TAREA	TIEMPO t_i (min)	GASTO CALÓRICO GCn (kcal/min)			Gasto metabólico ponderado por tarea $M_i = t_i \cdot GC_n$ (kcal/min)
		Posición y movimiento del cuerpo	Tipo de trabajo	Sumatorio gasto calórico	
1) Conducción y manejo de rodillo liso, vista de frente	10.00	0.30	1.50	1.80	18.00
2) Conducción y manejo de rodillo liso, vista para atrás	10.00	0.30	2.00	2.30	23.00
Metabolismo basal (kcal/min)					1.00
Tasa metabólico total M (kcal/min)					42.00
Duración ciclo (min)					20.00
Tasa metabólica media ponderada en función del tiempo					2.10
		$\bar{M} = \frac{M_1 \cdot t_1 + M_2 \cdot t_2 + \dots + M \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$			
Corrección por factor de peso					1.71
		$F = \frac{\text{Peso real (kg)}}{70(\text{kg})}$			
Tasa metabólica media ponderada en función del tiempo corregida (kcal/min)					3.60
		$\overline{MC} = \bar{M} \cdot F$			
M (kcal/h)					216.00
M (W)					251

Nota. El valor final de tasa metabólica M se encuentra en W (Watts).

4. Medición en campo de índice WBGT

Instrumento de medición

En la Figura 5, se muestra el medidor de estrés térmico digital y portátil utilizado en el estudio, marca: *Criffer*, modelo: *NHO-06*, No. serie: *13000148*, identificación: *EQ-22*, el cual cuenta con un certificado de calibración vigente, N° CGC-4220-008-25, ver anexo 2, de igual forma en el anexo 3 se adjunta un registro fotográfico de las mediciones.

Figura 5

Medidor de estrés térmico utilizado



Nota. Escala -20 a 150°C, precisión ± 0.5 °C, humedad de funcionamiento 0 a 85% RH.

Fuente: (Criffer, 2019).

5. Cálculo del índice WBGT ambiente heterogéneo

Se observó que, la temperatura no es constante alrededor del puesto de trabajo, por lo que se tomaron 3 mediciones a diferentes alturas del cuerpo, por 5 minutos. La tabla 18, registra el promedio de índice de estrés térmico \overline{WBGT} , tras aplicar la Ec.6, y

considerando que, para trabajadores de pie se tomó: a 0.1m tobillos, 1.10m abdomen y 1.70m cabeza; en el caso de que estuvieran sentados, a 0.1m tobillos, 0.6m abdomen y 1.10 m cabeza.

Tabla 18

Registro \overline{WBGT} , considerado ambiente heterogéneo

FECHA	Temperatura media	RASTRILLERO				PALERO			
		WBGT (°C) cabeza	WBGT (°C) abdomen	WBGT (°C) tobillos	\overline{WBGT} (°C)	WBGT (°C) cabeza	WBGT (°C) abdomen	WBGT (°C) tobillos	\overline{WBGT} (°C)
20/08/2025	29.30	28.40	28.30	31.00	29.00	29.20	29.50	31.30	29.88
21/08/2025	29.50	30.20	30.00	30.40	30.15	30.10	30.80	31.60	30.83
02/09/2025	29.70	29.70	29.30	30.20	29.63	29.80	30.00	29.90	29.93
03/09/2025	29.40	30.20	29.80	30.40	30.05	29.80	29.70	30.10	29.83
04/09/2025	30.70	32.10	31.70	30.60	31.53	31.70	31.80	31.60	31.73
05/09/2025	24.20	26.10	28.20	27.50	27.50	27.30	27.50	27.40	27.43
06/09/2025	28.50	31.40	30.30	29.40	30.35	28.90	29.70	30.30	29.65
07/09/2025	30.70	31.00	30.90	30.30	30.78	31.40	31.10	32.30	31.48
08/09/2025	27.40	29.90	30.60	31.30	30.60	29.40	30.40	29.60	29.95
09/09/2025	25.50	27.40	28.10	27.90	27.88	26.70	28.40	28.10	27.90
10/09/2025	28.30	30.90	31.80	31.60	31.53	30.40	31.70	31.90	31.43
11/09/2025	30.10	31.40	31.30	31.40	31.35	31.80	31.70	32.30	31.88
12/09/2025	31.50	31.90	32.10	32.70	32.20	31.70	32.40	32.10	32.15

FECHA	Temperatura media	OPERADOR TERMINADORA ASFALTO				OPERADOR DE RODILLO			
		WBGT (°C) cabeza	WBGT (°C) abdomen	WBGT (°C) tobillos	\overline{WBGT} (°C)	WBGT (°C) cabeza	WBGT (°C) abdomen	WBGT (°C) tobillos	\overline{WBGT} (°C)
20/08/2025	29.30	30.10	30.70	30.90	30.60	29.80	29.50	29.00	29.45
21/08/2025	29.50	29.70	29.90	30.70	30.05	29.20	28.30	28.70	28.63
02/09/2025	29.70	28.90	30.10	29.90	29.75	28.70	28.40	28.70	28.55
03/09/2025	29.40	29.50	29.40	29.70	29.50	28.90	27.40	27.70	27.85
04/09/2025	30.70	31.90	30.30	32.10	31.15	30.20	30.10	29.80	30.05
05/09/2025	24.20	26.10	26.50	26.00	26.28	24.10	24.20	24.90	24.35
06/09/2025	28.50	28.40	29.80	30.70	29.68	29.70	29.50	30.10	29.70
07/09/2025	30.70	28.80	30.60	30.50	30.13	28.70	28.20	28.10	28.30
08/09/2025	27.40	31.00	31.40	31.50	31.33	30.00	31.20	30.40	30.70
09/09/2025	25.50	27.30	27.80	27.10	27.50	26.10	27.90	26.80	27.18
10/09/2025	28.30	30.80	31.20	31.40	31.15	30.50	30.80	30.10	30.55
11/09/2025	30.10	31.70	31.60	32.40	31.83	30.60	31.40	30.20	30.90
12/09/2025	31.50	32.20	32.80	33.10	32.73	30.40	30.40	29.90	30.28

6. Evaluación del estrés térmico para cada puesto de trabajo

- Para el cálculo del índice WBGTEff, se ha aplicado la Ec. 4, considerando el factor CAV, registrado en la tabla 13.
- Para el cálculo del índice WBGTréf, se ha aplicado el la EC. 8, ya que se trata de personas aclimatadas y teniendo en cuenta la tasa metabólica M, de cada trabajador, calculados en las tablas 14,15,16 y 17.
- La evaluación del riesgo consiste en determinar si el puesto de trabajo en estudio está sometido a estrés térmico, para ello se realiza una comparativa del WBGTEff vs. WBGTréf, esta relación se expresa en la Ec. 10. La tabla 19 describe los resultados de los parámetros indicados.

Tabla 19

Evaluación del riesgo a estrés térmico, para cada puesto de trabajo.

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE WGBT- RASTRILLERO						
FECHA	WGBT (°C)	FACTOR CAV (°C)	WBGTEff (°C)	TASA METAB \overline{Mc}	WBGTréf (Con Aclimatación) (°C)	GRADO DE RIESGO
20/08/2025	29.00	0.00	29.00	580.00	24.92	1.16 ESTRÉS TÉRMICO
21/08/2025	30.15	0.00	30.15	580.00	24.92	1.21 ESTRÉS TÉRMICO
02/09/2025	29.63	0.00	29.63	580.00	24.92	1.19 ESTRÉS TÉRMICO
03/09/2025	30.05	0.00	30.05	580.00	24.92	1.21 ESTRÉS TÉRMICO
04/09/2025	31.53	0.00	31.53	580.00	24.92	1.27 ESTRÉS TÉRMICO
05/09/2025	27.50	0.00	27.50	580.00	24.92	1.10 ESTRÉS TÉRMICO
06/09/2025	30.35	0.00	30.35	580.00	24.92	1.22 ESTRÉS TÉRMICO
07/09/2025	30.78	0.00	30.78	580.00	24.92	1.23 ESTRÉS TÉRMICO
08/09/2025	30.60	0.00	30.60	580.00	24.92	1.23 ESTRÉS TÉRMICO
09/09/2025	27.88	0.00	27.88	580.00	24.92	1.12 ESTRÉS TÉRMICO
10/09/2025	31.53	0.00	31.53	580.00	24.92	1.27 ESTRÉS TÉRMICO
11/09/2025	31.35	0.00	31.35	580.00	24.92	1.26 ESTRÉS TÉRMICO
12/09/2025	32.20	0.00	32.20	580.00	24.92	1.29 ESTRÉS TÉRMICO
Promedios			30.19	580.00	24.92	1.21 ESTRÉS TÉRMICO

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE WGBT- PALERO						
FECHA	WGBT (°C)	FACTOR CAV (°C)	WBGTEff (°C)	TASA METAB \overline{Mc}	WBGTréf (Con Aclimatación) (°C)	GRADO DE RIESGO

20/08/2025	29.88	0.00	29.88	481.00	25.86	1.16	ESTRÉS TÉRMICO
21/08/2025	30.83	0.00	30.83	481.00	25.86	1.19	ESTRÉS TÉRMICO
02/09/2025	29.93	0.00	29.93	481.00	25.86	1.16	ESTRÉS TÉRMICO
03/09/2025	29.83	0.00	29.83	481.00	25.86	1.15	ESTRÉS TÉRMICO
04/09/2025	31.73	0.00	31.73	481.00	25.86	1.23	ESTRÉS TÉRMICO
05/09/2025	27.43	0.00	27.43	481.00	25.86	1.06	ESTRÉS TÉRMICO
06/09/2025	29.65	0.00	29.65	481.00	25.86	1.15	ESTRÉS TÉRMICO
07/09/2025	31.48	0.00	31.48	481.00	25.86	1.22	ESTRÉS TÉRMICO
08/09/2025	29.95	0.00	29.95	481.00	25.86	1.16	ESTRÉS TÉRMICO
09/09/2025	27.90	0.00	27.90	481.00	25.86	1.08	ESTRÉS TÉRMICO
10/09/2025	31.43	0.00	31.43	481.00	25.86	1.22	ESTRÉS TÉRMICO
11/09/2025	31.88	0.00	31.88	481.00	25.86	1.23	ESTRÉS TÉRMICO
12/09/2025	32.15	0.00	32.15	481.00	25.86	1.24	ESTRÉS TÉRMICO
Promedios			30.31	481.00	25.86	1.17	ESTRÉS TÉRMICO

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE WBGT- OPERADOR TERMINADORA ASFALTO

FECHA	WBGT (°C)	FACTOR CAV (°C)	WBGT _{eff} (°C)	TASA METAB $\overline{M_c}$	WBGT _{ref} (Con Aclimatación) (°C)	GRADO DE RIESGO	
20/08/2025	30.60	0.00	30.60	175.00	30.91	0.99	NO ESTRÉS TÉRMICO
21/08/2025	30.05	0.00	30.05	175.00	30.91	0.97	NO ESTRÉS TÉRMICO
02/09/2025	29.75	0.00	29.75	175.00	30.91	0.96	NO ESTRÉS TÉRMICO
03/09/2025	29.50	0.00	29.50	175.00	30.91	0.95	NO ESTRÉS TÉRMICO
04/09/2025	31.15	0.00	31.15	175.00	30.91	1.01	ESTRÉS TÉRMICO
05/09/2025	26.28	0.00	26.28	175.00	30.91	0.85	NO ESTRÉS TÉRMICO
06/09/2025	29.68	0.00	29.68	175.00	30.91	0.96	NO ESTRÉS TÉRMICO
07/09/2025	30.13	0.00	30.13	175.00	30.91	0.97	NO ESTRÉS TÉRMICO
08/09/2025	31.33	0.00	31.33	175.00	30.91	1.01	ESTRÉS TÉRMICO
09/09/2025	27.50	0.00	27.50	175.00	30.91	0.89	NO ESTRÉS TÉRMICO
10/09/2025	31.15	0.00	31.15	175.00	30.91	1.01	ESTRÉS TÉRMICO
11/09/2025	31.83	0.00	31.83	175.00	30.91	1.03	ESTRÉS TÉRMICO
12/09/2025	32.73	0.00	32.73	175.00	30.91	1.06	ESTRÉS TÉRMICO
Promedios			30.13	175.00	30.91	0.97	NO ESTRÉS TÉRMICO

EVALUACIÓN DEL ÍNDICE WBGT-OPERADOR RODILLO

FECHA	WBGT (°C)	FACTOR CAV (°C)	WBGT _{eff} (°C)	TASA METAB $\overline{M_c}$	WBGT _{ref} (Con Aclimatación) (°C)	GRADO DE RIESGO	
20/08/2025	29.45	0.00	29.45	251.00	29.10	1.01	ESTRÉS TÉRMICO
21/08/2025	28.63	0.00	28.63	251.00	29.10	0.98	NO ESTRÉS TÉRMICO
02/09/2025	28.55	0.00	28.55	251.00	29.10	0.98	NO ESTRÉS TÉRMICO
03/09/2025	27.85	0.00	27.85	251.00	29.10	0.96	NO ESTRÉS TÉRMICO

04/09/2025	30.05	0.00	30.05	251.00	29.10	1.03	ESTRÉS TÉRMICO
05/09/2025	24.35	0.00	24.35	251.00	29.10	0.84	NO ESTRÉS TÉRMICO
06/09/2025	29.70	0.00	29.70	251.00	29.10	1.02	ESTRÉS TÉRMICO
07/09/2025	28.30	0.00	28.30	251.00	29.10	0.97	NO ESTRÉS TÉRMICO
08/09/2025	30.70	0.00	30.70	251.00	29.10	1.05	ESTRÉS TÉRMICO
09/09/2025	27.18	0.00	27.18	251.00	29.10	0.93	NO ESTRÉS TÉRMICO
10/09/2025	30.55	0.00	30.55	251.00	29.10	1.05	ESTRÉS TÉRMICO
11/09/2025	30.90	0.00	30.90	251.00	29.10	1.06	ESTRÉS TÉRMICO
12/09/2025	30.28	0.00	30.28	251.00	29.10	1.04	ESTRÉS TÉRMICO
Promedios			28.96	251.00	29.10	0.99	NO ESTRÉS TÉRMICO

Nota. Los cálculos y ecuaciones están en referencia a la NTE INEN ISO 7243.

4.5 ESTIMAR LA INCIDENCIA DEL ESTRÉS TÉRMICO DEL PERSONAL EN COSTOS DIRECTOS DE OBRA

1. Registro de tiempos efectivos y m² de tendido de carpeta asfáltica

- La jornada laboral generalmente dura de 7:00 a 17:00, sin embargo, debido a los tiempos de cumplimiento de entrega de obra, este grupo trabajo por avance, es decir, a más avance de obra mayores son los pagos por lo que en ciertos días de asfaltado, se registraron horas extras de la jornada.
- Se observó además que, por cada hora de trabajo efectivo, se tendió 2 volquetas (volumen =12m³), la duración del tiempo de tendido fue de aproximadamente 15 minutos, por lo que se pudo determinar que, en cada hora de trabajo se contaba con un tiempo de descanso entre la llegada de volqueta con mezcla asfáltica.
- Este tiempo de descanso es el momento en el que la cuadrilla aprovecha para hidratación, alimentación y descanso.
- En la tabla 19, se ha registrado, horas trabajadas, tiempos de descanso y tiempo efectivo (horas dedicadas a asfaltar); así como también el número de volquetas de mezcla asfáltica tendida por jornada laboral, el conocimiento de este dato permite determinar el volumen (m³) total de mezcla colocado en la vía, y su

correspondiente área (m^2) al dividir para el espesor de la carpeta asfáltica, el cual es de 5.00 cm.

Es importante manejar términos de rendimiento en m^2 , ya que el análisis de precios unitario APUS de contratación y el presupuesto general de obra establece el rubro de “Capa de Rodadura de Hormigón asfáltico de 5 cm” y unidad de medición es el m^2 .

Tabla 20

Registro de tiempos efectivos, volúmenes y áreas de carpeta asfáltica tendida.

No. día	FECHA	T° media	Horas trabajadas	Tiempo descanso total (min)	Tiempo descanso total (h)	Horas efectivas de asfalto	No. volquetas despachadas	V (m^3)	A (m^2)
1	20/08/2025	29.30	10.00	75.00	1.25	8.75	6.00	72.00	1440.00
2	21/08/2025	29.50	10.00	90.00	1.50	8.50	7.00	84.00	1680.00
3	02/09/2025	29.70	10.00	120.00	2.00	8.00	9.00	108.00	2160.00
4	03/09/2025	29.40	10.00	90.00	1.50	8.50	7.00	84.00	1680.00
5	04/09/2025	30.70	10.00	195.00	3.25	6.75	14.00	168.00	3360.00
6	05/09/2025	24.20	11.00	240.00	4.00	7.00	17.00	204.00	4080.00
7	06/09/2025	28.50	10.00	45.00	0.75	9.25	4.00	48.00	960.00
8	07/09/2025	30.70	11.00	240.00	4.00	7.00	17.00	204.00	4080.00
9	08/09/2025	27.40	11.00	255.00	4.25	6.75	18.00	216.00	4320.00
10	09/09/2025	25.50	10.00	165.00	2.75	7.25	12.00	144.00	2880.00
11	10/09/2025	28.30	10.00	225.00	3.75	6.25	16.00	192.00	3840.00
12	11/09/2025	30.10	11.00	255.00	4.25	6.75	18.00	216.00	4320.00
13	12/09/2025	31.50	10.00	90.00	1.50	8.50	7.00	84.00	1680.00

Nota. Los datos han sido registrados y constatados con los técnicos residentes de obra. Los tiempos de descanso corresponden a pausas operativas observadas en obra y no a los tiempos de rotación trabajo–descanso establecido conforme a los criterios de la ACGIH para el control del estrés térmico.

2. Estrés térmico y Rendimiento (h/m^2).

- De la observación en campo se pudo constatar que, el rendimiento de cada puesto de trabajo es el mismo, ya que se trata de un trabajo en grupo, que se ejecuta al mismo tiempo.
- El rendimiento se calculó con la relación, entre el tiempo (horas efectivas de asfalto) y el área tendida A (m²), durante cada jornada en la que se asfalto la vía, como lo indica la tabla 21.

Tabla 21

Cálculo de rendimiento para cada jornada laboral

CÁLCULO DE RENDIMIENTO (h/m ²) – RASTRILLERO							
No. día	FECHA	Horas efectivas de asfalto	A (m ²)	Rendimiento (h/m ²)	WBGT eff (°C)	WBGT ref Con aclimatación (°C)	GRADO DE RIESGO
1	20/08/2025	8.75	1440.00	0.006	29.00	24.92	1.16 ESTRÉS TÉRMICO
2	21/08/2025	8.50	1680.00	0.005	30.15	24.92	1.21 ESTRÉS TÉRMICO
3	02/09/2025	8.00	2160.00	0.004	29.63	24.92	1.19 ESTRÉS TÉRMICO
4	03/09/2025	8.50	1680.00	0.005	30.05	24.92	1.21 ESTRÉS TÉRMICO
5	04/09/2025	6.75	3360.00	0.002	31.53	24.92	1.27 ESTRÉS TÉRMICO
6	05/09/2025	7.00	4080.00	0.002	27.50	24.92	1.10 ESTRÉS TÉRMICO
7	06/09/2025	9.25	960.00	0.010	30.35	24.92	1.22 ESTRÉS TÉRMICO
8	07/09/2025	7.00	4080.00	0.002	30.78	24.92	1.23 ESTRÉS TÉRMICO
9	08/09/2025	6.75	4320.00	0.002	30.60	24.92	1.23 ESTRÉS TÉRMICO
10	09/09/2025	7.25	2880.00	0.003	27.88	24.92	1.12 ESTRÉS TÉRMICO
11	10/09/2025	6.25	3840.00	0.002	31.53	24.92	1.27 ESTRÉS TÉRMICO
12	11/09/2025	6.75	4320.00	0.002	31.35	24.92	1.26 ESTRÉS TÉRMICO
13	12/09/2025	8.50	1680.00	0.005	32.20	24.92	1.29 ESTRÉS TÉRMICO

CÁLCULO DE RENDIMIENTO (h/m ²) – PALERO							
No. día	FECHA	Horas efectivas de asfalto	A (m ²)	Rendimiento (h/m ²)	WBGT eff (°C)	WBGT ref Con aclimatación (°C)	GRADO DE RIESGO

1	20/08/2025	8.75	1440.00	0.006	29.88	25.86	1.16	ESTRÉS TÉRMICO
2	21/08/2025	8.50	1680.00	0.005	30.83	25.86	1.19	ESTRÉS TÉRMICO
3	02/09/2025	8.00	2160.00	0.004	29.93	25.86	1.16	ESTRÉS TÉRMICO
4	03/09/2025	8.50	1680.00	0.005	29.83	25.86	1.15	ESTRÉS TÉRMICO
5	04/09/2025	6.75	3360.00	0.002	31.73	25.86	1.23	ESTRÉS TÉRMICO
6	05/09/2025	7.00	4080.00	0.002	27.43	25.86	1.06	ESTRÉS TÉRMICO
7	06/09/2025	9.25	960.00	0.010	29.65	25.86	1.15	ESTRÉS TÉRMICO
8	07/09/2025	7.00	4080.00	0.002	31.48	25.86	1.22	ESTRÉS TÉRMICO
9	08/09/2025	6.75	4320.00	0.002	29.95	25.86	1.16	ESTRÉS TÉRMICO
10	09/09/2025	7.25	2880.00	0.003	27.90	25.86	1.08	ESTRÉS TÉRMICO
11	10/09/2025	6.25	3840.00	0.002	31.43	25.86	1.22	ESTRÉS TÉRMICO
12	11/09/2025	6.75	4320.00	0.002	31.88	25.86	1.23	ESTRÉS TÉRMICO
13	12/09/2025	8.50	1680.00	0.005	32.15	25.86	1.24	ESTRÉS TÉRMICO

CÁLCULO DE RENDIMIENTO (h/m²) – OPERADOR DE TERMINADORA DE ASFALTO

No. día	FECHA	Horas efectivas de asfalto	A (m ²)	Rendimiento (h/m ²)	WBGT eff (°C)	WBGT ref Con aclimatación (°C)	GRADO DE RIESGO
1	20/08/2025	8.75	1440.00	0.006	30.60	30.91	0.99 NO ESTRÉS TÉRMICO
2	21/08/2025	8.50	1680.00	0.005	30.05	30.91	0.97 NO ESTRÉS TÉRMICO
3	02/09/2025	8.00	2160.00	0.004	29.75	30.91	0.96 NO ESTRÉS TÉRMICO
4	03/09/2025	8.50	1680.00	0.005	29.50	30.91	0.95 NO ESTRÉS TÉRMICO
5	04/09/2025	6.75	3360.00	0.002	31.15	30.91	1.01 ESTRÉS TÉRMICO
6	05/09/2025	7.00	4080.00	0.002	26.28	30.91	0.85 NO ESTRÉS TÉRMICO
7	06/09/2025	9.25	960.00	0.010	29.68	30.91	0.96 NO ESTRÉS TÉRMICO
8	07/09/2025	7.00	4080.00	0.002	30.13	30.91	0.97 NO ESTRÉS TÉRMICO
9	08/09/2025	6.75	4320.00	0.002	31.33	30.91	1.01 ESTRÉS TÉRMICO

10	09/09/2025	7.25	2880.00	0.003	27.50	30.91	0.89	NO ESTRÉS TÉRMICO
11	10/09/2025	6.25	3840.00	0.002	31.15	30.91	1.01	ESTRÉS TÉRMICO
12	11/09/2025	6.75	4320.00	0.002	31.83	30.91	1.03	ESTRÉS TÉRMICO
13	12/09/2025	8.50	1680.00	0.005	32.73	30.91	1.06	ESTRÉS TÉRMICO

CÁLCULO DE RENDIMIENTO (h/m²) – OPERADOR DE RODILLO

No. día	FECHA	Horas efectivas de asfalto	A (m ²)	Rendimiento (h/m ²)	WBGT eff (°C)	WBGT ref Con aclimatación (°C)	GRADO DE RIESGO	
1	20/08/2025	8.75	1440.00	0.006	29.45	29.10	1.01	ESTRÉS TÉRMICO
2	21/08/2025	8.50	1680.00	0.005	28.63	29.10	0.98	NO ESTRÉS TÉRMICO
3	02/09/2025	8.00	2160.00	0.004	28.55	29.10	0.98	NO ESTRÉS TÉRMICO
4	03/09/2025	8.50	1680.00	0.005	27.85	29.10	0.96	NO ESTRÉS TÉRMICO
5	04/09/2025	6.75	3360.00	0.002	30.05	29.10	1.03	ESTRÉS TÉRMICO
6	05/09/2025	7.00	4080.00	0.002	24.35	29.10	0.84	NO ESTRÉS TÉRMICO
7	06/09/2025	9.25	960.00	0.010	29.70	29.10	1.02	ESTRÉS TÉRMICO
8	07/09/2025	7.00	4080.00	0.002	28.30	29.10	0.97	NO ESTRÉS TÉRMICO
9	08/09/2025	6.75	4320.00	0.002	30.70	29.10	1.05	ESTRÉS TÉRMICO
10	09/09/2025	7.25	2880.00	0.003	27.18	29.10	0.93	NO ESTRÉS TÉRMICO
11	10/09/2025	6.25	3840.00	0.002	30.55	29.10	1.05	ESTRÉS TÉRMICO
12	11/09/2025	6.75	4320.00	0.002	30.90	29.10	1.06	ESTRÉS TÉRMICO
13	12/09/2025	8.50	1680.00	0.005	30.28	29.10	1.04	ESTRÉS TÉRMICO

Nota. Los datos han sido registrados y constatados con los técnicos residentes de obra.

3. Rendimiento promedio de mano de obra

Con la consideración de que el rendimiento es el mismo para los puestos de trabajo, se obtuvo un rendimiento promedio (\bar{R}) de la mano de obra.

Eq. 12

$$\bar{R} = \frac{\sum \text{Rendimiento diario}}{\text{N}^\circ \text{días de tendido asfalto}}$$

$$\bar{R} = \frac{0.006 + 0.005 + 0.004 + 0.005 + 0.002 + 0.002 + 0.010 + 0.002 + 0.002 + 0.003 + 0.002 + 0.000 + 0.005}{13}$$

$$\bar{R} = 0.004$$

Este valor se aplicó al análisis de precios unitarios (APUS), del rubro “Capa de Rodadura de Hormigón asfáltico de 5 cm”, figura 6, en el apartado de mano de obra para aquellos puestos de trabajo seleccionados, con la finalidad de observar la variación en el precio.

Figura 6

Comparación de APUS, con diferentes rendimientos

(a) GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO DE LA PROVINCIA DE ORELLANA						
PROYECTO: 2da ETAPA DEL ASFALTADO DE VÍA DESDE LA ABCISGA 15+936 HASTA LA 11+936, LONGITUD = 4.000 METROS EN LA COMUNIDAD EUGENIO ESPEJO, PARROQUIA SAN CARLOS, CANTÓN LA JOYA DE LOS SACHAS, PROVINCIA DE ORELLANA UBICACION: PARROQUIA SAN CARLOS, CANTÓN LA JOYA DE LOS SACHAS, PROVINCIA DE ORELLANA						
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS				HOJA 15 DE 44		
RUBRO : 15				UNIDAD: m2		
DETALLE : Capa de Rodadura de Hormigón asfáltico de 5 cm						
EQUIPO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
DESCRIPCION	A	B	C=AxB	R	D=CxR	
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.04	
Planta Asfáltica	1.00	126.00	126.00	0.0100	1.26	
Cargadora frontal 191 HP	1.00	30.00	30.00	0.0100	0.30	
Planta Eléctrica 175 KVA	1.00	26.70	26.70	0.0100	0.27	
Terminadora de Asfalto 174 HP	1.00	81.00	81.00	0.0100	0.81	
Rodillo Neumático 99 HP	1.00	35.00	35.00	0.0100	0.35	
Rodillo tandem 100 HP	1.00	42.00	42.00	0.0100	0.42	
SUBTOTAL M					3.45	
MANO DE OBRA	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
DESCRIPCION	A	B	C=AxB	R	D=CxR	
Op. Acabado Pav Asfáltico	OP C2	1.00	4.42	4.42	0.0100	0.04
Operador Cargadora	OP C1	1.00	4.65	4.65	0.0100	0.05
Op. Planta Asfáltica	OP C2	1.00	4.42	4.42	0.0100	0.04
Operador de Rodillo	OP C2	2.00	4.42	8.84	0.0100	0.09
Operador de equipo liviano	EO D2	3.00	4.19	12.57	0.0100	0.13
Peón	EO E2	10.00	4.14	41.40	0.0100	0.41
Maestro Mayor ejec. obra civil	EO C1	1.00	4.65	4.65	0.0100	0.05
SUBTOTAL N					0.81	
MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO		
DESCRIPCION		A	B	C=AxB		
Asfalto (esmeraldas)	lt	10.8000	0.43	4.64		
Material pétreo, para carpeta (incluye transporte)	m3	0.1050	15.00	1.58		
Diesel	lt	2.2500	0.75	1.69		
Aditivo de adherencia	lt	0.1010	2.88	0.29		
SUBTOTAL O				8.20		
TRANSPORTE	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO		
DESCRIPCION		A	B	C=AxB		
SUBTOTAL P				0.00		
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					12.46	
INDIRECTOS (%)					20.00%	
UTILIDAD (%)					0.00%	
COSTO TOTAL DEL RUBRO					14.95	
VALOR UNITARIO					14.95	

(b)

GOBIERNO AUTONOMO DE Scentralizado DE LA PROVINCIA DE ORELLANA						
PROYECTO: 2da ETAPA DEL ASFALTADO DE VIA DESDE LA ABCISIA 15+936 HASTA LA 11+936, LONGITUD = 4.000 METROS EN LA COMUNIDAD EUGENIO ESPEJO, PARROQUIA SAN CARLOS, CANTON LA JOYA DE LOS SACHAS, PROVINCIA DE ORELLANA UBICACION: PARROQUIA SAN CARLOS, CANTON LA JOYA DE LOS SACHAS, PROVINCIA DE ORELLANA						
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS		HOJA 15 DE 44		UNIDAD: m2		
RUBRO : 15						
DETALLE : Capa de Rodadura de Hormigón asfáltico de 5 cm						
EQUIPO DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR	
Herramienta Menor 5% de M.O.					0.04	
Planta Asfáltica	1.00	126.00	126.00	0.01	1.26	
Cargadora frontal 191 HP	1.00	30.00	30.00	0.01	0.30	
Planta Electrica 175 KVA	1.00	26.70	26.70	0.01	0.27	
Terminadora de Asfalto 174 HP	1.00	81.00	81.00	0.01	0.81	
Rodillo Neumático 99 HP	1.00	35.00	35.00	0.01	0.35	
Rodillo tandem 100 HP	1.00	42.00	42.00	0.01	0.42	
					3.45	
SUBTOTAL M						
MANO DE OBRA DESCRIPCION	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR	
Op. Acabado Pav Asfáltico	OP C2	1.00	4.42	4.42	0.010	0.04
Operador Cargadora	OP C1	1.00	4.65	4.65	0.010	0.05
Op. Planta Asfáltica	OP C2	1.00	4.42	4.42	0.004	0.02
Operador de Rodillo	OP C2	2.00	4.42	8.84	0.004	0.04
Operador de equipo liviano	EO D2	3.00	4.19	12.57	0.010	0.13
Peón (Rastrillero + Palero)	EO E2	10.00	4.14	41.40	0.004	0.15
Maestro Mayor ejec. obra civil	EO C1	1.00	4.65	4.65	0.004	0.02
					0.44	
SUBTOTAL N						
MATERIALES DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=AxB		
Asfalto (esmeraldas)	lt	10.80	0.43	4.64		
Material pétreo, para carpeta (incluye transporte)	m3	0.1050	15.00	1.58		
Diesel	lt	2.25	0.75	1.69		
Aditivo de adherencia	lt	0.10	2.88	0.29		
				8.20		
SUBTOTAL O						
TRANSPORTE DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=AxB		
				0.00		
SUBTOTAL P						
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				12.09		
INDIRECTO % (%)		20.00%		2.42		
UTILIDAD (%)		0.00%		0.00		
COSTO TOTAL DEL RUBRO				14.51		
VALOR UNITARIO				14.51		

Nota. Se han mantenido los otros costos contractuales de equipos, materiales y transporte, ya que no sea han considerado para el estudio.

4. Prueba estadística correlacional entre índice WGBT y rendimiento del personal

Un análisis correlacional es una prueba estadística que permite conocer el grado de asociación lineal entre dos variables cuantitativas, en este caso: el estrés térmico

(independiente -X) y el rendimiento (dependiente-Y), adicional indica la dirección de esta relación y su fuerza de asociación, (Mendivelso & Rodr, 2021).

Para ello se calcula un coeficiente de correlación (Pearson o Spearman), de forma diferencial se puede decir que, Pearson se ocupa para variables con distribución normal, y Spearman cuando las variables no cumplen con la condición de normalidad, (Pinilla & Ortiz, 2021).

Proceso

1. Mediante el programa de análisis estadístico Minitab se determinó la normalidad para cada variable, mediante la prueba de Anderson Darling, que se aplica cuando se cuenta con número de datos menores a 50, $N (13) < 50$, los resultados se evidencian en la tabla 22, en vista de que el rendimiento no presenta una distribución normal, se ha seleccionado el coeficiente de Spearman para determinar la correlación de las dos variables. Las gráficas de normalidad se adjuntan en el anexo 4.

Tabla 22

Resultados de distribución normal para cada variable, por puesto de trabajo.

1. RASTRILLERO				
Variabes		Valor p	Condición normalidad	Conclusión
Independiente	WBGT (°C)	0.498	$p > 0.05$ datos siguen comportamiento datos normal	Normal
Dependiente	R (h/m ²)	0.018	$P < 0.05$ datos NO siguen comportamiento normal	No normal
2. PALERO				
Variabes		Valor p	Condición normalidad	Conclusión
Independiente	WBGT (°C)	0.171	$p > 0.05$ datos siguen comportamiento datos normal	Normal
Dependiente	R (h/m ²)	0.018	$P < 0.05$ datos NO siguen comportamiento normal	No normal
3. OPERADOR TERMINADORA ASFALTO				

Variables		Valor p	Condición normalidad	Conclusión
Independiente	WBGT (°C)	0.239	p>0.05 datos siguen comportamiento datos normal	Normal
Dependiente	R (h/m ²)	0.018	P<0.05 datos NO siguen comportamiento normal	No normal

4. OPERADOR RODILLO

Variables		Valor p	Condición normalidad	Conclusión
Independiente	WBGT (°C)	0.171	p>0.05 datos siguen comportamiento datos normal	Normal
Dependiente	R (h/m ²)	0.018	P<0.05 datos NO siguen comportamiento normal	No normal

Nota. WBGT corresponde al estrés térmico y R a rendimiento.

2. Coeficiente de correlación de Spearman

- Previo a calcular del coeficiente, se plantea las hipótesis correspondientes a la prueba estadística:

H0: No existe relación entre el índice WBGT (estrés térmico) y el rendimiento del trabajador, en la obra vial en estudio.

H1: Existe relación entre el índice WBGT (estrés térmico) y el rendimiento del trabajador, en la obra vial en estudio.

Tabla 23

Criterios de interpretación para correlación de Spearman.

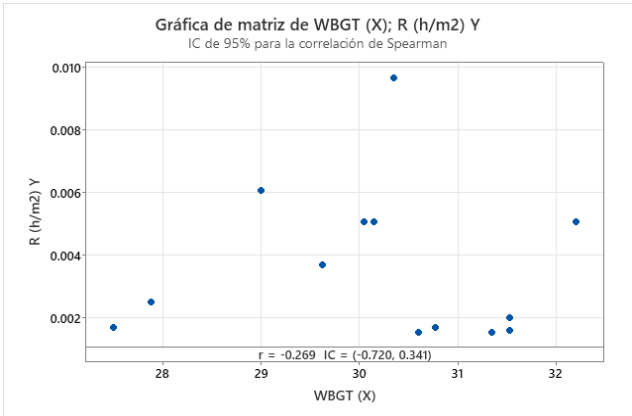
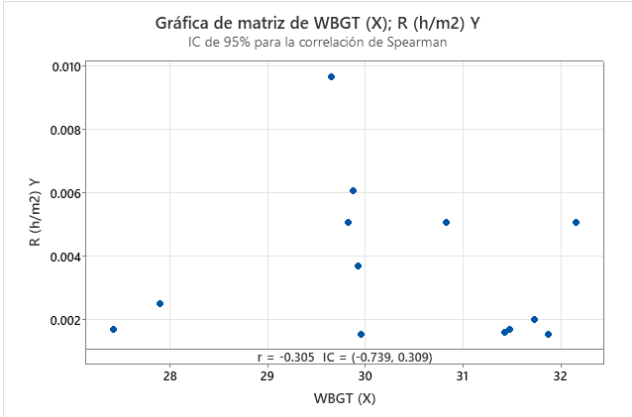
Coefficiente r	Valor p
Dirección	
(+) Relación positiva (si aumenta estrés térmico, aumenta rendimiento)	valor p es ≤ 0.05 , se rechaza la H0
(-) Relación negativa y/o inversa (si aumenta estrés térmico, disminuye rendimiento)	valor p > 0.05 no se rechaza la H0.
Fuerza correlación	
0.00 a 0.19 Muy débil	
0.20 a 0.39 Débil	
0.40 a 0.59 Moderado	
0.60 a 0.79 Fuerte	
0.80 a 0.99 Muy fuerte	
1.00 Perfecto	

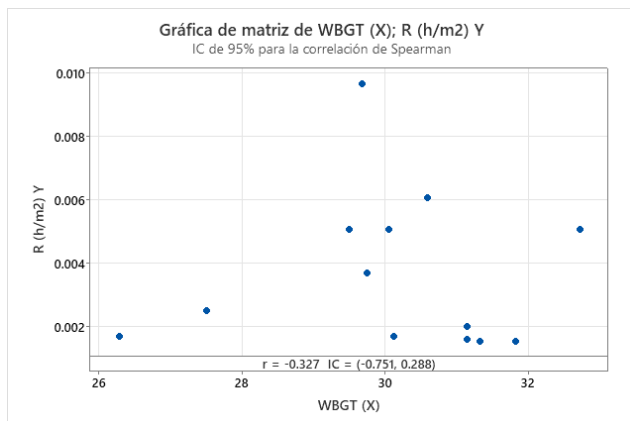
Nota. Fuente: (Peter, 2025).

La tabla 23 contiene los criterios de valoración para la prueba estadística, y que permitirán la interpretación de los resultados de la tabla 24.

Tabla 24

Resultados de prueba de correlación de Spearman

Resultados y gráfica		Interpretación												
RASTRILLERO														
 <p>Correlaciones en parejas de Spearman</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Muestra 1</th> <th>Muestra 2</th> <th>N</th> <th>Correlación</th> <th>IC de 95% para ρ</th> <th>Valor p</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>R (h/m²) Y</td> <td>WBGT (X)</td> <td>13</td> <td>-0.269</td> <td>(-0.720; 0.341)</td> <td>0.374</td> </tr> </tbody> </table>		Muestra 1	Muestra 2	N	Correlación	IC de 95% para ρ	Valor p	R (h/m ²) Y	WBGT (X)	13	-0.269	(-0.720; 0.341)	0.374	<ul style="list-style-type: none"> El coeficiente $r = -0.269$, al ser negativo indica que la relación es inversa, es decir cuando aumenta el índice WBGT (°C), el rendimiento (h/m²) tiende a disminuir. El valor numérico de 0.269, lo que indica que, la fuerza de la asociación es débil. Valor p, $0.374 > 0.05$, no se rechaza Ho. No hay evidencia estadística suficiente para afirmar que el estrés térmico influya significativamente en el rendimiento del rastrillero en la obra vial.
Muestra 1	Muestra 2	N	Correlación	IC de 95% para ρ	Valor p									
R (h/m ²) Y	WBGT (X)	13	-0.269	(-0.720; 0.341)	0.374									
PALERO														
 <p>Correlaciones en parejas de Spearman</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Muestra 1</th> <th>Muestra 2</th> <th>N</th> <th>Correlación</th> <th>IC de 95% para ρ</th> <th>Valor p</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>R (h/m²) Y</td> <td>WBGT (X)</td> <td>13</td> <td>-0.305</td> <td>(-0.739; 0.309)</td> <td>0.311</td> </tr> </tbody> </table>		Muestra 1	Muestra 2	N	Correlación	IC de 95% para ρ	Valor p	R (h/m ²) Y	WBGT (X)	13	-0.305	(-0.739; 0.309)	0.311	<ul style="list-style-type: none"> El coeficiente $r = -0.305$, al ser negativo indica que la relación es inversa, es decir cuando aumenta el índice WBGT (°C), el rendimiento (h/m²) tiende a disminuir. El valor numérico de 0.305, lo que implica que, la fuerza de la asociación es débil. Valor p, $0.311 > 0.05$, no se rechaza Ho. No hay evidencia estadística suficiente para afirmar que el estrés térmico influya significativamente en el rendimiento del palero en la obra vial.
Muestra 1	Muestra 2	N	Correlación	IC de 95% para ρ	Valor p									
R (h/m ²) Y	WBGT (X)	13	-0.305	(-0.739; 0.309)	0.311									
OPERADOR DE TERMINADORA ASFALTO														



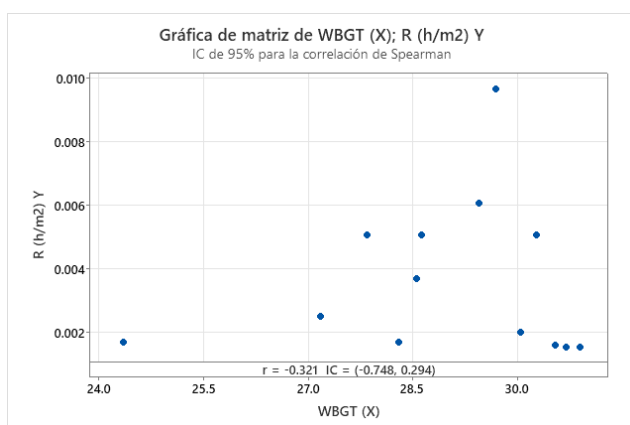
Correlaciones en parejas de Spearman

Muestra 1	Muestra 2	N	Correlación	IC de 95% para ρ	Valor p
R (h/m ²) Y	WBGT (X)	13	-0.327	(-0.751; 0.288)	0.275

- El coeficiente $r = -0.327$, al ser negativo indica que la relación es inversa, es decir cuando aumenta el índice WBGT (°C), el rendimiento (h/m²) tiende a disminuir.
- El valor numérico de 0.327, lo que implica que, la fuerza de la asociación es débil.
- Valor p, $0.275 > 0.05$, no se rechaza Ho.

No hay evidencia estadística suficiente para afirmar que el estrés térmico influya significativamente en el rendimiento del operador de terminadora de asfalto en la obra vial.

OPERADOR DE RODILLO



Correlaciones en parejas de Spearman

Muestra 1	Muestra 2	N	Correlación	IC de 95% para ρ	Valor p
R (h/m ²) Y	WBGT (X)	13	-0.321	(-0.748; 0.294)	0.284

- El coeficiente $r = -0.321$, al ser negativo indica que la relación es inversa, es decir cuando aumenta el índice WBGT (°C), el rendimiento (h/m²) tiende a disminuir.
- El valor numérico de 0.321, lo que implica que, la fuerza de la asociación es débil.
- Valor p, $0.284 > 0.05$, no se rechaza Ho.

No hay evidencia estadística suficiente para afirmar que el estrés térmico influya significativamente en el rendimiento del operador de rodillo en la obra vial.

Nota. Para todos los casos los intervalos de confianza incluyen el 0, denotando la necesidad de una recolección de datos más robusta.

4.6 PLAN DE PROPUESTAS DE MEJORAS

El Ministerio de Trabajo, autoridad de control laboral en el Ecuador, a través del Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo, Decreto Ejecutivo No. 255, en su artículo 15, numeral 2, establece que, es obligación de los empleadores, “(2) *Identificar peligros, evaluar y controlar los riesgos laborales*”.

Razón por la cual se en este apartado del estudio se describe la metodología a seguir para la elaboración de un plan de mejoras frente al estrés térmico, partiendo del conocimiento de la evaluación del riesgo de los puestos de trabajo estudiados.

Métodos aplicados

- Revisión de documental primaria y secundaria.
- Sugerencias hechas por trabajadores, durante la entrevista.
- Medición de índice WBGT, en los puestos de trabajo, acorde a normativa NTE INEN-ISO 7243
- Observación y registro de trabajos de asfaltado.

Criterios de planificación

El plan de propuestas para hacer frente al estrés térmico se fundamentará en criterios de validación (Estasio, 2022) , y servirán de guía para proponer medidas de actuación, a la par de la jerarquía de controles demanda en el Decreto Ejecutivo No. 255.

Estos criterios son:

- **Conceptualización.** – El plan propuesto tiene fundamentos y bases teóricas sólidas, conceptos claros.
- **Actualidad.** – La propuesta está acorde a procedimientos actuales, científicos y tecnológicos del entorno.
- **Factibilidad.** – La propuesta puede ponerse en práctica de manera realista, teniendo en cuenta los recursos disponibles.
- **Pertinencia.** – Verifica que el contenido de la propuesta sea coherente con el problema.

El plan de mejoras se adjunta en el anexo 5.

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección, se mostrará los resultados de los diferentes cálculos y estimaciones realizadas por puesto de trabajo, sin embargo, a continuación, se señalan puntos importantes:

- El análisis del rendimiento parte de la comprensión de la unidad de medida del rendimiento, definida como las horas necesarias para tender un metro cuadrado (1.00 m²) de mezcla asfáltica.
- El rendimiento será el mismo para los cuatro puestos de trabajo, ya que el trabajo es en equipo y ocurre al mismo tiempo.
- Los hallazgos presentados se limitan a describir la exposición al riesgo térmico (WBGT) y los indicadores de rendimiento y costo, mientras que la información clínica únicamente se expuso de forma cualitativa, sin aportar mediciones o análisis epidemiológicos cuantificables.

5.1 PUESTO DE TRABAJO: RASTRILLERO

- **Evaluación de riesgo a estrés térmico**

En la tabla 25, se puede observar que este puesto de trabajo se encuentra expuesto a estrés térmico, dato obtenido tanto si se compara con un índice WBGT_{ref} como a los TLV de la AICGH.

Tabla 25

Datos obtenidos para evaluación a estrés térmico- Rastrillero

Intensidad de trabajo		
M (W)	Intensidad de trabajo	Interpretación
580.00	>465 W "Muy pesado"	Actividad muy intensa a ritmo de muy rápido a máximo, cavado, paleado intenso

Evaluación de riesgo a estrés térmico

WBGT _{eff} promedio de 13 días (°C)	WBGT _{ref} Con aclimatación	TLV – AICGH* (°C)	Condición	Días con estrés térmico
30.19	24.92	28.00	Trabajador expuesto a estrés térmico	13.00

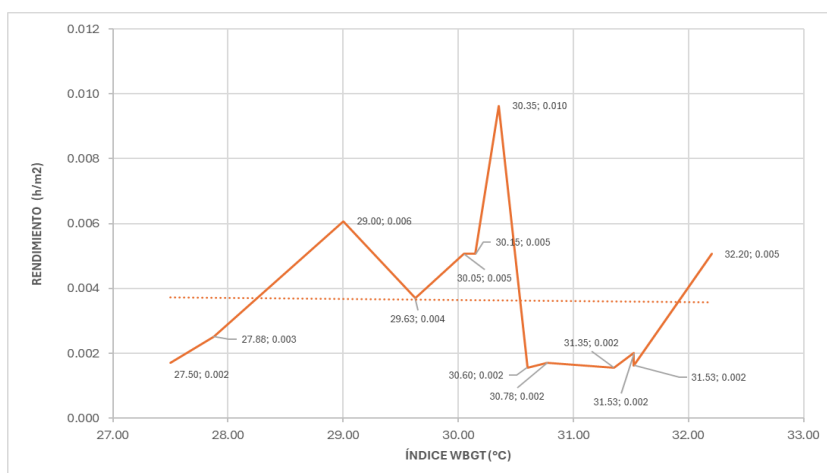
Nota. *El TLV, se ha escogido considerando, 50% tiempo de recuperación, trabajo muy pesado, trabajador aclimatado. Fuente: (ACGIH, 2024).

En este sentido, al comparar el valor de WBGT promedio medido (30,19 °C) con los límites establecidos por la ACGIH para actividades de elevada carga metabólica, se evidencia que, desde el punto de vista normativo, serían requeridos periodos de descanso estructurados de mayor duración (45 minutos). Sin embargo, el presente estudio mantiene un enfoque descriptivo y se limita a analizar la práctica real observada en obra, con el objetivo de cuantificar su impacto productivo y económico; dejando a la implementación de un esquema rotacional trabajo – descanso, como propuesta de mejora. La consideración anterior es aplicable para todos los puestos de trabajo.

- **Incidencia de estrés térmico en rendimiento**

Figura 7

Índice WBGT (°C) vs rendimiento (h/m²) -Rastrillero



Nota. Esta gráfica proviene de los valores ordenados de la tabla 21, apartado, “Cálculo de rendimiento (h/m²) – Rastrillero”.

La figura 7 evidencia que los rendimientos más favorables se presentan cuando el índice WBGT se encuentra entre 30.60 y 31.53 °C (promedio 31.15°C), alcanzando valores cercanos a 0.002 h/m². Este comportamiento puede explicarse a partir de observaciones realizadas en campo: durante los días soleados, las cuadrillas aprovechan las condiciones secas para avanzar en el tendido, ya que el proceso requiere que la superficie no esté húmeda ni se presenten lluvias. En consecuencia, el personal incrementa su ritmo de trabajo para maximizar el progreso en estas jornadas favorables, aun cuando las condiciones térmicas son más exigentes.

Es importante señalar además que se trata de una cuadrilla aclimatada, la cual es contratada para únicamente realizar el tendido de asfalto, y que se mantiene ejecutando la misma función en diferentes obras viales dentro de la localidad, por lo que se puede inferir que, la aclimatación ha jugado un papel importante en alcanzar estos rendimientos.

5.2 PUESTO DE TRABAJO: PALERO

- **Evaluación de riesgo a estrés térmico**

En la tabla 26, se puede observar que este puesto de trabajo “Palero” se encuentra expuesto a estrés térmico.

Tabla 26

Datos obtenidos para evaluación a estrés térmico- Palero

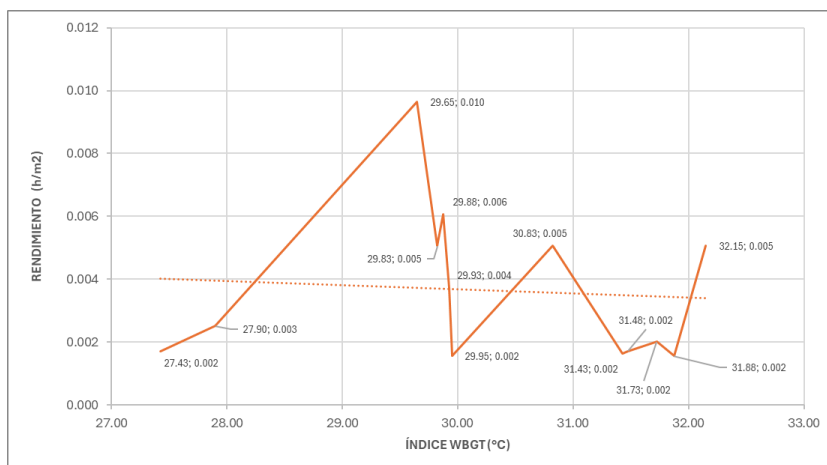
Intensidad de trabajo				
M (W)	Intensidad de trabajo	Interpretación		
481.00	>465 W “Muy pesado”	Actividad muy intensa a ritmo de muy rápido a máximo, cavado, paleado intenso		
Evaluación de riesgo a estrés térmico				
WBGT _{eff} promedio de 13 días (°C)	WBGT _{ref} Con aclimatación	TLV – AICGH* (°C)	Condición	Días con estrés térmico
30.31	25.86	28.00	Trabajador expuesto a estrés térmico	13

Nota. *El TLV, se ha escogido considerando, 50% tiempo de recuperación, trabajo muy pesado, trabajador aclimatado. Fuente: (ACGIH, 2024).

- **Incidencia de estrés térmico en rendimiento**

Figura 8

Índice WBGT(°C) vs rendimiento (h/m²) -Palero



Nota. Esta gráfica proviene de los valores ordenados de la tabla 21, apartado, “Cálculo de rendimiento (h/m²) – Palero”.

La figura 8, describe el comportamiento del rendimiento del “palero”, respecto al estrés térmico que experimenta, coincidiendo con lo encontrado en el puesto de trabajo anterior, que, si bien son trabajadores que están expuestos a estrés térmico, se registra altos rendimientos (0.002 h/m²) más favorables a la producción en las condiciones más calurosas con índices WBGT de 31.43 a 31.88 °C (promedio 31.63C).

La explicación de este comportamiento es la misma que la descrita en el numeral 4.1 para el puesto de trabajo anterior, la necesidad de aprovechar días soleados, sumada a la óptima aclimatación, determinan rendimientos convenientes en condiciones de estrés térmico.

5.3 PUESTO DE TRABAJO: OPERADOR TERMINADORA DE ASFALTO

- **Evaluación de riesgo a estrés térmico**

Tabla 27

Datos obtenidos para evaluación a estrés térmico- Operador de terminadora de asfalto

Intensidad de trabajo				
M (W)	Intensidad de trabajo	Interpretación		
175.00	125-235 W "Ligero"	Trabajo con los brazos y las piernas. Conducción de vehículos.		
Evaluación de riesgo a estrés térmico				
WBGT _{eff} promedio de 13 días (°C)	WBGT _{ref} Con aclimatación	TLV – AICGH* (°C)	Condición	Días con estrés térmico
30.13	30.91	32.00	El trabajador no se encuentra sobreexposto a altas temperaturas	5

Nota. * El TLV, se ha escogido considerando, 50% tiempo de recuperación, trabajo ligero, trabajador aclimatado. Fuente: (ACGIH, 2024).

El índice WBGT promedio (30.1 °C) se mantuvo por debajo del TLV de 32 °C establecido por la ACGIH para trabajadores aclimatados en labores ligeras, considerando un 50% de tiempo de recuperación. Esto sugiere que, en condiciones normales de operación, el trabajador no se encuentra sobreexposto a estrés térmico.

No obstante, se identificaron cinco días con condiciones de estrés térmico, lo que pone de manifiesto que las condiciones ambientales pueden fluctuar significativamente, especialmente en jornadas con alta radiación solar o limitada ventilación.

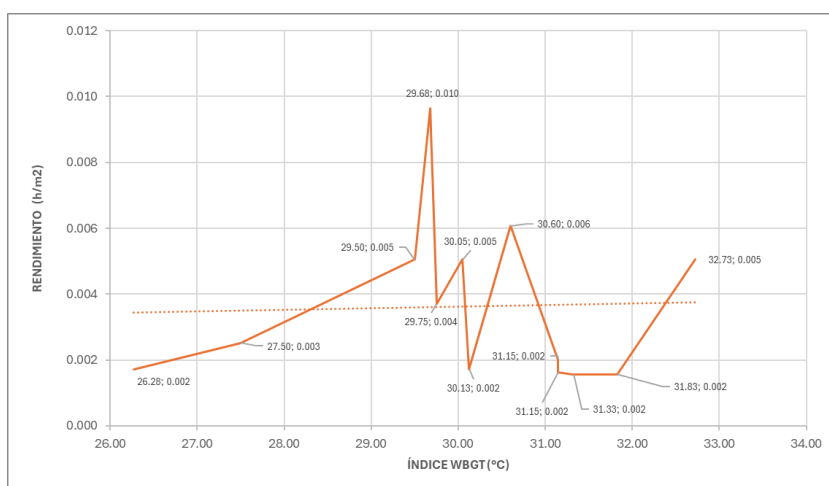
Aclimatación: En conjunto, los resultados evidencian que la aclimatación del personal desempeña un papel importante en la tolerancia al calor, permitiendo mantener el rendimiento laboral dentro de parámetros seguros, aun en ambientes calurosos.

Este dato se respalda con lo descrito por (Brown et al., 2024), quien en su artículo evidenció que, la aclimatación al calor, lograda por exposición repetida o trabajo físico en ambientes calurosos, realmente produce adaptaciones fisiológicas medibles y consistentes, el cuerpo se adapta y aprende a mantener una temperatura corporal más baja y una frecuencia cardíaca menor.

- **Incidencia de estrés térmico en rendimiento**

Figura 9

Índice WBGT (°C) vs rendimiento (h/m^2) -Operador terminadora asfalto



Nota. Esta gráfica proviene de los valores ordenados de la tabla 21, apartado, “Cálculo de rendimiento (h/m^2) – Operador de terminadora de asfalto”.

En el análisis de la figura 9, se puede determinar que los cinco días en los que el trabajador experimenta estrés térmico índice WBGT 31.15 a 31.83 °C (promedio 31.36°C), son en los que el rendimiento es más favorable ($0.002h/m^2$) para el avance de la obra, esto se debe a lo explicado anteriormente. En contraste con un índice WBGT de 29.68°C, el rendimiento recae a $0.01 h/m^2$, lo que significa que se tendió menos superficie ($960.00m^2$), que el promedio esperado ($2806.15 m^2$).

5.4 PUESTO DE TRABAJO: OPERADOR DE RODILLO

- **Evaluación de riesgo a estrés térmico**

Tabla 28

Datos obtenidos para evaluación a estrés térmico- Operador de rodillo

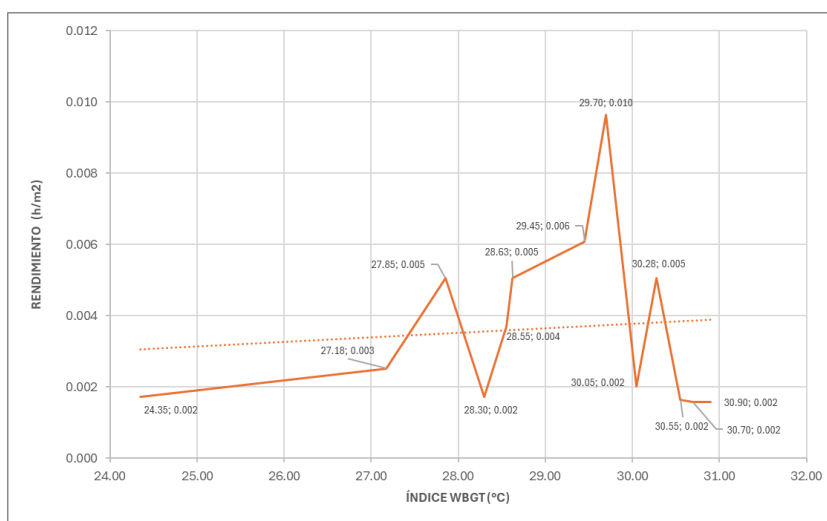
Intensidad de trabajo				
M (W)	Intensidad de trabajo	Interpretación		
251.00	235W-360W "Moderado"	Trabajo sostenido con manos y brazos constante		
Evaluación de riesgo a estrés térmico				
WBGT _{eff} promedio de 13 días (°C)	WBGT _{ref} Con aclimatación	TLV – AICGH* (°C)	Condición	Días con estrés térmico
28.96	29.10	30.00	El trabajador no se encuentra sobreexposto a altas temperaturas. Sin embargo, dada la cercanía con los valores referenciales se calificará como que el trabajador se encuentra en el umbral de riesgo.	7

Nota. * El TLV, se ha escogido considerando, 50% tiempo de recuperación, trabajo moderado, trabajador aclimatado. Fuente: (ACGIH, 2024).

El índice WBGT (28.96 °C) se presenta muy próximo al límite permisible (30 °C), aunque no hubo sobreexposición directa, el riesgo fue latente, ya que su ocurrencia dependía de presentarse condiciones ambientales más calurosas (menor velocidad del viento, mayor radiación solar o humedad).

Es importante señalar que la máquina en cuestión no contaba con cabina ni sistema de aire acondicionado. Este aspecto resalta la necesidad de implementar un control de ingeniería que permita gestionar adecuadamente este puesto de trabajo y reducir su nivel de riesgo por debajo del umbral permitido

- **Incidencia de estrés térmico en rendimiento**

Figura 10*Índice WBGT (°C) vs rendimiento (h/m²) -Operador de rodillo*

Nota. Esta gráfica proviene de los valores ordenados de la tabla 21, apartado, “Cálculo de rendimiento (h/m²) – Operador de rodillo”.

En la figura 10, se observa que para valores del índice WBGT comprendidos entre 30.05 y 30.90 °C (promedio 30.55°C), el rendimiento del operador se mantiene favorable (0.002 h/m²), lo que contribuye al adecuado avance de la obra. Sin embargo, estos valores superan el umbral térmico recomendado por la ACGIH para trabajos moderados, indicando la presencia de una sobrecarga térmica. Esta situación implica que, aunque el trabajador continúe cumpliendo con los objetivos de producción, el esfuerzo fisiológico adicional podría derivar en una disminución progresiva del rendimiento o incluso en fatiga térmica aguda, con el consecuente riesgo de colapso, afectación de la salud y ausentismo laboral.

5.5 CORRELACIÓN ESTADÍSTICA ENTRE ESTRÉS TÉRMICO Y RENDIMIENTO

Acorde a las interpretaciones de la tabla 24, de forma general para los cuatros puestos de trabajo, la correlación es inversa (negativa) débil, lo que indica que, al

incrementar el estrés térmico (índice WBGT) tiende a disminuir ligeramente el rendimiento (h/m^2). Sin embargo, los valores p (>0.05) no alcanzaron el nivel de significancia, lo que permite concluir que, no hay evidencia estadística suficiente para afirmar que el estrés térmico tenga un efecto directo y significativo sobre el rendimiento de los trabajadores.

En estudios anteriores se encuentran situaciones similares en las que el rendimiento de los trabajadores no se reduce a causa del calor, pues se trata de grupo altamente aclimatados, (Nizam et al., 2023).

No se puede dejar pasar por alto que la tendencia negativa de la correlación, esto quiere decir que, existieron días en los niveles elevados de WBGT pueden ocasionar fatiga y por ende disminuir el rendimiento, sobre todo cuando se sobrepasa los niveles de exposición ACGIH.

Las mediciones y valoraciones se realizaron en un número limitado de días de muestreo (13), lo que impide detectar asociaciones débiles o moderadas entre variables ambientales (WBGT) y operativas (rendimiento, tiempos efectivos de trabajo). Este tamaño muestral reducido implica que el **poder estadístico del análisis es limitado**, lo que aumenta la probabilidad de no detectar relaciones existentes.

5.6 INCIDENCIA DEL RENDIMIENTO PROMEDIO EN COSTO DIRECTO

El rendimiento de la cuadrilla está asociado a la mano de obra (costo directo), si el rendimiento varía, cambiará el precio de la mano de obra y por ende el precio del APU, para el rubro en estudio.

En la figura 6 (izquierda), el rendimiento contractual es ($0.010 \text{ h}/\text{m}^2$), y el precio del rubro es de \$14.95, en comparación con el rendimiento promedio obtenido de este

estudio (0.004 h/m²), el precio del rubro es de \$14.51, (derecha) esto permite concluir dos cosas:

- En términos estrictamente financieros, el rendimiento de la cuadrilla en estudio (0.004 h/m²) incide a favor del contratista, ya que, el personal se toma menos tiempo en tender 1.00 m²; teniendo en cuenta el área total por asfaltar, el ahorro de \$13,939.20, referirse a la tabla 29.

Tabla 29

Diferencia de precios por variación de rendimientos de mano de obra.

Rendimiento (h/m ²)	Precio APU (\$/m ²)	Área asfaltar (m ²)	Precio total	Diferencia
0.001 (contractual)	\$ 14.95	31 680.00	\$ 473, 616.00	\$13,939.20
0.004 (promedio)	\$14.51	31 680.00	\$ 459,676.00	

Nota. Esta tabla se elaboró en referencia a la figura 6.

- Ambos rendimientos se alcanzan bajo condiciones de estrés térmico, lo que desde el criterio de seguridad no es sostenible en el tiempo, ya que la continua exposición sin control del riesgo, ocasionará a corto y mediano plazo el apareamiento de lesiones relacionadas al estrés térmico y por ende los índices de ausentismo empezaran a influir en los costos indirectos de la obra.

Tabla 30

Tabla resumen de resultados.

Puestos de trabajo	EVALUACIÓN PUESTOS DE TRABAJO							Conclusión
	Resultados		NTE ISO 7243		AICGH		Nº días Estrés térmico	
	Tasa metabólica (W)	WBGT eff (°C)	WBGT ref (°C)	°C diferencia	TLV-ACGIH (°C)	°C diferencia		
Rastrillero	580	30.19	24.92	5.27	28	2.19	13	ESTRÉS TÉRMICO
Palero	481	30.31	25.86	4.45	28	2.31	13	ESTRÉS TÉRMICO
Op. Terminadora de asfalto	175	30.13	30.91	-0.78	32	-1.87	5	NO ESTRÉS TÉRMICO

Op. Rodillo	251	28.96	29.10	-0.14	30	-1.04	7	UMBRAL RIESGO
RENDIMIENTO R (h/m ²)								
Puestos de trabajo	Bajo rendimiento		Alto rendimiento		Rendimiento promedio			
	WBGT prom (°C)	R (h/m ²)	WBGT prom (°C)	R (h/m ²)	WBGT prom (°C)	R (h/m ²)		
Rastrillero	30.35	0.010	31.15	0.002	29.63	0.004		
Palero	29.65	0.010	31.63	0.002	29.93	0.004		
Op. Terminadora de asfalto	29.68	0.010	31.36	0.002	29.75	0.004		
Op. Rodillo	29.7	0.010	30.55	0.002	28.55	0.004		
CORRELACION (Coeficiente de Spearman)								
Puestos de trabajo	Correlación Spearman		Conclusión					
	Coeficiente r	Valor p						
Rastrillero	-0.269	0.374	Relación inversa débil entre WBGT y R; no hay evidencia estadística significativa					
Palero	-0.305	0.311	Relación inversa débil entre WBGT y R; no hay evidencia estadística significativa					
Op. Terminadora de asfalto	-0.327	0.275	Relación inversa débil entre WBGT y R; no hay evidencia estadística significativa					
Op. Rodillo	-0.321	0.284	Relación inversa débil entre WBGT y R; no hay evidencia estadística significativa					
RENDIMIENTO-COSTO OBRA								
	Promedio	Bajo (contractual)		Alto				
Rendimiento (h/m ²)	0.004	0.01		0.002				
Valor APU	14.51	14.95		14.39				
Área asfaltar	31680	31680		31680				
Precio total	\$ 459,676.80	\$ 473,616.00		\$ 455,875.20				

5.7 PLAN DE PROPUESTAS DE MEJORAS

En el anexo 5, se adjunta el “Plan de mejoras para mitigar los efectos del estrés térmico”, contiene medidas generales de aplicación a toda la cuadrilla, como:

- Implementar ventiladores – nebulizadores en cada puesto de descanso también nombrado como punto frío (control de ingeniería).
- Se propone la implementación de puntos fríos equipados con sombra (carpas y toldos), sistemas de ventilación con nebulización, estaciones de hidratación (agua y electrolitos) y mobiliario adecuado para el descanso del personal. Esta medida se plantea debido a que la obra actualmente no dispone de un espacio

de recuperación térmica, lo cual hace necesaria su instalación para dar cumplimiento al Decreto Ejecutivo 255 – Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo, cuyo artículo 54 establece los requisitos mínimos para las condiciones de los centros y lugares de trabajo.

- Designación de suministro de hidratación al personal acorde al requerimiento de la jornada laboral.
- Reprogramación de trabajos. – Se observó en campo que, la cuadrilla de asfalto trabaja únicamente al final de la obra, lo que implica sobre exigencias de rendimiento, por tal motivo se propone que los trabajos avancen de forma escalonada, para evitar acumulación de carga laboral al término del proceso constructivo.
- Implementación de un esquema rotacional de descanso – trabajo, acorde a los criterios de la AICGH.
- Es importante la formación e información del personal, ya que muchos de ellos no tenían conocimiento de protocolos de acción frente a lesiones relacionadas al estrés térmico.

En este mismo contexto las medidas particulares, han sido propuestas acordes a cada puesto de trabajo, consumo metabólico, posiciones y tiempos de trabajo, así, por ejemplo:

- En el caso de puestos de trabajo con riesgo a estrés térmico (Rastrillero y palero), se propone equipo de protección especializado (geles refrigerantes) durante sus tiempos de recuperación, y cambio de herramientas metálicas por unas con menos transferencia de calor.
- En el caso del Operador de terminadora de asfalto se optó por un equipo de protección (chaleco con flujo de aire activo), considerando su desplazamiento y cambios de posiciones.

- Para el cargo de “Operador de rodillo”, se propone un control de ingeniería, con la adaptación de un sistema de ventilación- nebulización, sin necesidad de confinar la cabina de los rodillos.

6 CONCLUSIONES

1. El análisis de estrés térmico se orientó a la cuadrilla de asfaltado vial de la obra en estudio, y consistió en el tratamiento de variables como; índice WBGT ($^{\circ}\text{C}$), rendimiento (h/m^2), y costo de mano de obra (USD); el estudio contiene información desde la recolección de datos, su tratamiento y el establecimiento de relaciones entre variables que permitirán formular un plan de mejoras para mitigar el estrés térmico en el personal expuesto.
2. Los puestos de “rastrillero” y “palero” son los más expuestos a estrés térmico, con valores WBGT de 30.19°C y 30.31°C y gastos metabólicas de 580 W y 481 W, concernientes a trabajos de intensidad, muy pesadas. En ambos casos, los límites TLV-ACGIH se superaron en aproximadamente 2°C , y el WBGTref en $4-5^{\circ}\text{C}$, situación asociada al contacto directo con la mezcla asfáltica caliente.

El “operador de rodillo” se ubicó en un umbral de riesgo, con una actividad de trabajo moderada (175W), su WBGT de 28.96°C , quedó a 1.04°C del TLV-ACGIH y a 0.14°C del WBGTref, lo que evidencia una exposición potencial ante condiciones ambientales más severas.

Finalmente, el “operador de terminadora de asfalto” presentó una exposición limitada, registrando estrés térmico solo en 5 de los 13 días, con un WBGT de 30.13°C , por debajo del TLV-ACGIH, con 1.87°C , y con 0.78°C debajo del WBGTref, el consumo metabólico de 251W, concluye una actividad ligera.
3. **Relación WBGT -Rendimiento.** - La aplicación de la correlación de Spearman permitió concluir en los cuatro casos que, la **correlación es inversa (negativa) débil** esto quiere decir, al incrementar el estrés térmico (índice WBGT) tiende a disminuir ligeramente el rendimiento (h/m^2). Sin embargo, los valores p (>0.05)

no alcanzaron el nivel de significancia, lo cual implica que, no hay evidencia estadística suficiente para afirmar que el estrés térmico tenga un efecto directo y significativo sobre el rendimiento de los trabajadores, debido a que el muestreo tuvo lugar por 13 días, por lo que se podría sugerir seguimiento longitudinal.

Relación rendimiento – costo directo. - En términos estrictamente financieros, el rendimiento promedio de la cuadrilla en estudio (0.004 h/m^2) incide a favor del contratista, ya que, el personal se toma menos tiempo en tender 1.00 m^2 ; teniendo en cuenta el área total por asfaltar, el ahorro de \$13,939.20. Sin embargo, tanto el rendimiento contractual (0.001 h/m^2) como el rendimiento promedio (0.004 h/m^2), no son sostenibles en el tiempo, ya que ambos han alcanzados con trabajadores con exposición a estrés térmico.

4. Se ha elaborado un documento denominado “*Plan de mejoras para mitigar los efectos del estrés térmico en la cuadrilla de asfaltado vial*”, en cumplimiento con la jerarquía de controles, en éste se detalla medidas tanto generales para la cuadrilla como: sistemas de ventilación – nebulización, hidratación planificada, reajustes de trabajos, y zonas de descanso; de igual forma cuenta con acciones para cada puesto de trabajo considerando las particularidades del caso y su eficiencia de ejecución.
5. La investigación se centró en el análisis relacional de las variables: estrés térmico y rendimiento laboral, por tal motivo, la información clínica referida en el documento, fue reportada cualitativamente sin cuantificación epidemiológica.
6. Las mediciones y evaluación de las variables, se realizaron en un periodo climatológico seco (humedad relativa baja), por lo que, los resultados podrían subestimar el riesgo potencial que enfrentan los trabajadores en las épocas de mayor humedad de la zona.

7 RECOMENDACIONES

1. Desarrollar investigaciones con un seguimiento longitudinal más amplio (3 a 6 meses) que permita determinar la variación diaria de las condiciones térmicas, los procesos de adaptación fisiológica y los efectos crónicos asociados a exposiciones repetidas, como por ejemplo nefropatía hipertermia repetida.
2. Abordar investigaciones desde el punto de estudio de la respuesta fisiológica del trabajador frente a la exposición al calor (ISO 7933), teniendo el monitoreo de variables funcionales; esto permitirá evaluar de manera más precisa la respuesta individual al calor y mejorar la interpretación de la carga térmica real.
3. Trabajar y/o determinar herramientas formales para evaluar la incidencia y severidad de síntomas vinculados al estrés térmico, utilizando clasificaciones estandarizadas, con la finalidad de generar análisis epidemiológicos dentro de la población trabajadora.

REFERENCIAS

- American Conference of Governmental Industrial Hygienists. (2024). *Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents & Biological Exposure Indices: TLVs and BEIs*. (ACGIH (ed.); 4th ed.). ACGIH. <https://www.acgih.org>
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists. (2025). *TLV Chemical Substances Introduction*. ACGIH Globally Protecting Worker Health. <https://www.acgih.org/science/tlv-bei-guidelines/tlv-chemical-substances-introduction/>
- American Industrial Hygiene Association. (2022). *El desafío para la higiene industrial 4.0*. <https://publications.aiha.org/202202-new-stage-ih>
- Álvarez, H. (2022). Modelado de procesos con transferencia de calor. In *Modelado dinámico de procesos químicos y biológicos*.
- Andrews, T. (2023). *Agua, sombra y descanso*. Western Center for Agricultural Health and Safety. <https://aghealth.ucdavis.edu/es/news/agua-sombra-y-descansos>
- Araya, E. (2025). Heatstroke: Keys to Early Recognition and Management in Times of Climate Change. *Revista Medica Clinica Las Condes*, 36(3), 198–204. <https://doi.org/10.1016/j.rmcl.2025.06.002>
- Ávila, I., Martínez, Y., Baques, R., López, C., Sáez, W., & González, O. (2016). *Estrés térmico, salud y confort laboral* (I. M. Rodríguez (ed.); Primera). <https://www.paho.org/sites/default/files/2021-04/Folleto-estres-termico.pdf>
- Baraza, X., Castejón, E., & Guardino, X. (2014). *Higiene Industrial* (Editorial). Oberta UOC Publishing, SL. <https://elibro.net/es/ereader/bibliotecaups/57709?page=24>
- Barrera, F. (2021). *Mecanismos de Transferencia de Calor*. 16, 38–42. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/tepexi/issue/archive>

- Brown, H. A., Topham, T. H., Clark, B., Ioannou, L. G., Flouris, A. D., Smallcombe, J. W., Telford, R. D., Jay, O., & Périard, J. D. (2024). Quantifying exercise heat acclimatisation in athletes and military personnel : A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 54(3), 727–741. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01972-4>
- Ciuha, U., Valenčič, T., Ioannou, L. G., & Jozef, I. B. M. (2023). Efficacy of cooling vests based on different heat-extraction concepts: The HEAT-SHIELD project. *Journal of Thermal Biology*, 112(December 2022). <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2022.103442>
- Ciuha, U., Valenčič, T., & Mekjavic, I. B. (2021). Cooling efficiency of vests with different cooling concepts over 8-hour trials. *Ergonomics*, 64(5), 625–639. <https://doi.org/10.1080/00140139.2020.1853820>
- Consuegra, J. G. (2007). *Presupuestos de construcción* (E-bcom (ed.)). Cargraphics.
- Copernicus Program. (2024). *Heat stress: what is it and how is it measured?* <https://climate.copernicus.eu/heat-stress-what-it-and-how-it-measured>
- Criffer. (2019). *Manual de instrucciones de medidor de estrés térmico Protemp 4-Criffer*. https://elisa.elicrom.com/documentos/EQUIPOS_GENERICOS/8001-8100/8093/Manual_de_instrucciones.pdf?v=1762209920519
- Dirección General de Aviación Civil – Ecuador. (2025). *Registro información climatológica aeronáutica: Temperatura del aire*.
- Echt, A., Earnest, S., Garza, E., & Socias, C. (2024). *Estrés térmico en la constr.* Blog Científico de NIOSH. <https://blogs-cdc-gov.translate.goog/niosh-science-blog/2020/05/21/heat-stress-construction/>
- Estasio, R. (2022). *Diseño de un programa de control para exposición a Estrés Térmico en la Compañía EDESA S.A.* [Universidad Tecnológica Israel].

<http://repositorio.uisrael.edu.ec/bitstream/47000/3248/1/UISRAEL-EC-MASTER-SSO-378.242-2022-042.pdf>

Falagán, M., Canga, A., Pedro, F., & José, F. (2024). *Manual básico de prevención de riesgos laborales: Higiene industrial, Seguridad y Ergonomía* (Sociedad Asturiana de Medicina y Seguridad en el Trabajo & F. M. Asturias. (eds.)).

<https://www.cea.es/wp-content/uploads/2023/03/Manual-basico-de-PRL.pdf>

Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón La Joya de los Sachas . (2020). *Plan de desarrollo, ordenamiento territorial del cantón La Joya de los Sachas 2019 - 2023* (Vol. 1). https://www.gadjoyasachas.gob.ec/wp-content/uploads/2024/10/PDOT_sacha_-2020_1.1.pdf

Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Orellana. (2024). *Análisis de precios unitarios*.

<https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/informacionProcesoContratacion2.cpe?idSoliCompra=-wDDbH7-eVeuvW3UnXgyjhL4I7-cUJ9ikRpUpaqcPzU>,

Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de San Sebastián del Coca . (2024).

GAD parroquial de San Sebastián del Coca. <https://sansebastiandelcoca.gob.ec/la-parroquia/datos-generales/84-clima.html>

Generalitat, C. (2006). Identificación y evaluación de riesgos higiénicos. In Generalitat Catalunya; Departamente de Trabajo; Dirección General de Relaciones Laborales (Ed.), *Manual para la identificación y evaluación de riesgos laborales* (Versión 3., pp. 52–101). <https://doi.org/B-31872-2006>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (1996). Metodología de la investigación. In M. G. Z. Bosque, Ricardo; Islas, Noé: Rocha (Ed.), *Edición McGraw-Hill* (Cuarta). McGraw-Hill Interamericana.

http://www.academia.edu/download/38758233/sampieri-et-al-metodologia-de-la-investigacion-4ta-edicion-sampieri-2006_ocr.pdf

International Labour Organization. (2011). Calor y frío. In V. Jean (Ed.), *Encyclopaedia of Occupational Health & Safety* (p. 42.5).

https://www.cso.go.cr/temas_de_interes/higiene/agentes/fisico/06_temperaturas.pdf

Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN-ISO 7243). (2023). *Norma Técnica Ecuatoriana: Ergonomía del ambiente térmico-Evaluación del estrés por calor, utilizando el índice WBFT, (temperatura de globo y búlbo húmedo ISO 7243:2017, IDT)*.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2014). NTP 1011:

Determinación del metabolismo energético mediante tablas. In 272-14-024-5.

<https://www.insst.es/documentacion/colecciones-tecnicas/ntp-notas-tecnicas-de-prevencion/29-serie-ntp-numeros-996-a-1030-ano-2014/nota-tecnica-de-prevencion-ntp-1011>

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2015). *Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo* (I. N. de seguridad e H. en el T. (INSHT) (ed.); Vol. 17).

<https://www.insst.es/documents/94886/203536/Guía+técnica+para+la+evaluación+y+prevención+de+los+riesgos+relativos+a+la+utilización+de+lugares+de+trabajo/deac8eb9-e242-48c4-a634-4cf88927fff7>

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2023). *Evaluación del riesgo de estrés térmico: Índice WBGT - NTP 1189*.

<https://www.insst.es/documents/94886/7788900/NTP+1189+Evaluación+del+riesgo+de+estrés+térmico.Índice+WBGT-+24-11-2023.pdf/e5142369-0e0e-1455-7c74->

[23d646770b1e?version=1.0&t=1727186870915](https://www.insst.es/materias/riesgos/riesgos-ergonomicos/ambiente-termico)

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2025a). *Ambiente térmico*.

<https://www.insst.es/materias/riesgos/riesgos-ergonomicos/ambiente-termico>

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2025b). Tema 56: Ambiente

Térmico. In *Contenido del programa del proceso selectivo para el acceso, por el sistema general de acceso libre, en la escala de titulados superiores del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo* (Vol. 13, pp. 1–12).

[https://www.sesst.org/wp-content/uploads/2018/08/estres-laboral-](https://www.sesst.org/wp-content/uploads/2018/08/estres-laboral-guia.pdf)

[guia.pdf](https://www.insst.es/documents/94886/4155701/Tema%2013.%20Estr%C3%A9s%20laboral.pdf)
[https://www.insst.es/documents/94886/4155701/Tema 13. Estrés laboral.pdf](https://www.insst.es/documents/94886/4155701/Tema%2013.%20Estr%C3%A9s%20laboral.pdf)

International Organization for Standardization. (2017). *ISO 7243:2017 Ergonomics of*

the thermal environment — Assessment of heat stress using the WBGT (wet bulb globe temperature). <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:7243:ed-3:v1:en>

Instituto de Salud Pública de Chile. (2020). *Protocolo para la medición de estrés*

térmico. <https://doi.org/D071-PR-500-02-001>

Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud. (2020). *Exposición laboral a estrés*

térmico por calor y sus efectos en la salud. [https://istas.net/sites/default/files/2019-04/Guia Estres Térmico por exposición a calor_0.pdf](https://istas.net/sites/default/files/2019-04/Guia%20Estres%20Termico%20por%20exposicion%20a%20calor%200.pdf)

Lemus, S. (2020). *Aportes de la formación en el método analítico al ejercicio clínico psicológico, según egresados de la universidad EAFIT* [EAFIT University].

[https://repository.eafit.edu.co/server/api/core/bitstreams/ae7f5e2b-6437-437e-b2b3-0eba65047777/content#:~:text=El método analítico es definido,%2C](https://repository.eafit.edu.co/server/api/core/bitstreams/ae7f5e2b-6437-437e-b2b3-0eba65047777/content#:~:text=El%20m%C3%A9todo%20anal%C3%ADtico%20es%20definido,%2C)
[Ramírez y Henao%2C 2016.](https://repository.eafit.edu.co/server/api/core/bitstreams/ae7f5e2b-6437-437e-b2b3-0eba65047777/content#:~:text=El%20m%C3%A9todo%20anal%C3%ADtico%20es%20definido,%2C)

Losilla, J. (2022). *Valoración del riesgo de estrés térmico: Índice “WBGT.”* Dialnet.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8771910>

Ministerio de Trabajo. (2024). *Norma técnica en seguridad e higiene del trabajo*.

<https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2024/10/ACUERDO-MINISTERIAL-NRO.-MDT-2024-196-signed.pdf>

Mendivelso, F., & Rodr, M. (2021). *Prueba no paramétrica de correlación de Spearman*. 24(1), 42–45.

<https://revistas.unisanitas.edu.co/index.php/rms/article/view/578/478>

Mori, J. (2024). *Plan de desarrollo turístico cantonal La Joya de los Sachas 2024-2028*.

<https://www.gadjoyasachas.gob.ec/wp-content/uploads/2024/07/PRODUCTO-3-PLAN-DE-TURISMO-LA-JOYA-DE-LOS-SACHAS-signed.pdf>

Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2012). Norma Ecuatoriana Vial. In

Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador: Vol. Volumen 2A.

https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_2A.pdf

Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2025). *El gobierno nacional garantiza conectividad y desarrollo para la Amazonía con la recuperación de la vía E45, tramo «Y» de Baeza – Narupa – Huataraco – Coca*. 29 de Enero 2025.

<https://www.obraspublicas.gob.ec/el-gobierno-nacional-garantiza-conectividad-y-desarrollo-para-la-amazonia-con-la-recuperacion-de-la-via-e45-tramo-y-de-baeza-narupa-huataraco-coca/#>

Narocki, C. (2022). *Los episodios de altas temperaturas como riesgo laboral* (ETUI

aisbl (ed.)). ETUI. [https://istas.net/sites/default/files/2022-06/Los episodios de altas temperaturas como riesgo laboral-2022.pdf](https://istas.net/sites/default/files/2022-06/Los%20episodios%20de%20altas%20temperaturas%20como%20riesgo%20laboral-2022.pdf)

Nicholas Institute. (2023). *What is Wet Bulb Globe Temperature (WBGT)?*

<https://nicholasinstitute.duke.edu/project/heat-policy-innovation-hub/what-is-wet-bulb-globe-temperature-wbgt>

- National Institute for Occupational Safety and Health. (2016). *Occupational Exposure to heat and Hot Environments*. <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2016-106/pdfs/2016-106.pdf>
- Nizam, C. M., Ismail, A. R., & Husshin, N. (2023). Malaysia construction worker perception on heat stress and its impact on work performance. *Journal of Business Leadership and Management*, 1(1), 9–16.
<https://doi.org/10.59762/jblm8459204612023023009092253>
- Organización Internacional del Trabajo. (2019). *Trabajar en un planeta más caliente: el impacto del estrés térmico en la productividad laboral y el trabajo decente* (O. I. del Trabajo (ed.); Primera).
https://www.ilo.org/global/publications/books/WCMS_768707/lang--es/index.htm
- Organización Internacional del Trabajo. (2024). Garantizar la seguridad y la salud en el trabajo en un clima cambiante. In *Informe* (Primera ed).
<https://www.ilo.org/es/publications/garantizar-la-seguridad-y-la-salud-en-el-trabajo-en-un-clima-cambiante>
- Organización Mundial de la Salud y Organización Meteorológica Mundial. (2025). Climate change and heat stress technical report and guidance. In *Occupational Medicine* (Vol. 74, Issue 2). <https://doi.org/10.1093/occmed/kqad129>
- Occupational Safety and Health Administration. (2023). *Proteger a los trabajadores de los efectos del calor*.
<https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/OSHA4371.pdf>
- Occupational Safety and Health Administration. (2024a). *Heat*. Overview: Working in Outdoor and Indoor Heat Environments. <https://www.osha.gov/heat-exposure>
- Occupational Safety and Health Administration. (2024b). *Prevention*. Engineering controls, work practices and personal protective equipment.

<https://www.osha.gov/heat-exposure/controls>

Occupational Safety and Health Administration & National Institute for Occupational Safety and Health. (2021). *Protecting Workers from Heat Illness*.

<http://www.osha.gov/publications>

Park, S., & Khattar, D. (2024). *Taquipnea* (Stat Pearls (ed.)).

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK541062/>

Patel, B., Treister, A., McCaustand, C., Lio, P., & Jozsa, F. (2023). *Anatomy, skin,*

sudoriferous gland. StatPearls. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK513244/>

Peter, C. R. (2025). *Statistics : Open for Everyone* (LibreTexts).

Picón, Y., Molina, J., Molina, J., & Franky, M. (2020). Control central de la temperatura corporal y sus alteraciones: fiebre, hipertermia e hipotermia.

MedUNAB, 23(1), 118–130. <https://doi.org/10.29375/01237047.3714>

Pinilla, J. O., & Ortiz, A. (2021). ¿Pearson y Spearman , coeficientes intercambiables ? *Comunicaciones En Estadística*, 14(1), 53–63.

<https://revistas.unisanitas.edu.co/index.php/rms/article/view/578/478>

Priego, J., & Quesada. (2022). New advances in human thermophysiology. *Life*, 12(8), 11–13. <https://doi.org/10.3390/life12081261>

Rykaczewski, K. (2020). Rational design of sun and wind shaded evaporative cooling vests for enhanced personal cooling in hot and dry climates. *Applied Thermal Engineering*, 171(February), 115122.

<https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2020.115122>

Saá, J. L. (2025). *Ambientes Térmicos* (Vol. 12).

Salas, N., Ferrer, A., & Linares, P. (2025). *Propuesta de intervención para reducir el riesgo por estrés térmico en el trabajo* (ISTAS (ed.)).

<https://1mayo.ccoo.es/9bdb1c3df9df7f0145ceb93745aadeac000001.pdf>

- Sánchez, J. (2015). El estrés térmico laboral: ¿Un nuevo riesgo con incidencia creciente? *Revista Colombiana de Salud Ocupacional*, 5(3), 1–6.
<https://doi.org/10.18041/2322-634X/rcso.3.2015.4903>
- Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. (2024). *Resolución Nro. SNGR-306-2024*.
<https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/2024/09/RESOLUCION-DE-ALERTA-ROJA-21-09-24-so-tn-signed.pdf>
- Bureau of Labor Statistics. (2023). *36 work related deaths due to environmental heat exposure in 2021*. U.S. Bureau of Labor Statistics.
<https://www.bls.gov/opub/ted/2023/36-work-related-deaths-due-to-environmental-heat-exposure-in-2021.htm>
- Universidad Continental. (2017). *Seguridad e higiene industrial: guías de laboratorio (DO-FIN-107-GL-AAUCC00115-2018), guía práctica N° 3*.
https://doi.org/DO_FIN_107_GL_AAUC00115_2018
- Villanueva, V. (2021). *Diseño de un programa de gestión ante el estrés térmico, para los trabajadores expuestos en el restaurante La Regatta de San Andrés islas, Colombia*. [Universidad ECCI].
<https://repositorio.ecci.edu.co/server/api/core/bitstreams/2b6a794d-4d43-4bc2-9905-0fe76ece7678/content>
- Wong, B., & Hollowed, C. (2017). Current concepts of active vasodilation in human skin. *Multidisciplinary Biomedical Journal*, 4.
<https://doi.org/10.1080/23328940.2016.1200203>
- Yanaoka, T., Iwahashi, M., & Hasegawa, H. (2022). Effects of mixed-method cooling between exercise bouts on thermoregulation and cycling time-trial performance in the heat. *Journal of Thermal Biology*, 109(September), 103329.
<https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2022.103329>





ANEXOS

ANEXO 1- RECOLECCIÓN DE DATOS (MUESTRA)

RECOLECCIÓN DE DATOS																																									
I. ESTIMACIÓN DEL CONSUMO METABÓLICO																																									
DATOS GENERALES																																									
Fecha: <u>02/ Septiembre 2025</u>																																									
Nombre: <u>Juan Mansilla</u>		Edad: <u>40 años</u>																																							
Puesto de trabajo: <u>Rastrillero</u>		Peso: <u>72 kg</u>		Altura: <u>1.60 m</u>																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">A. POSICIÓN Y MOVIMIENTO DEL CUERPO</th> </tr> <tr> <th style="width: 80%;">Descripción</th> <th style="width: 20%;">Kcal/ min</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sentado</td> <td>0.3</td> </tr> <tr> <td>De pie</td> <td>0.6</td> </tr> <tr> <td>Andando</td> <td>2.0 - 3.0</td> </tr> <tr> <td>Subida de una pendiente andando</td> <td>Añadir 0.8 por m. de subida</td> </tr> </tbody> </table>						A. POSICIÓN Y MOVIMIENTO DEL CUERPO		Descripción	Kcal/ min	Sentado	0.3	De pie	0.6	Andando	2.0 - 3.0	Subida de una pendiente andando	Añadir 0.8 por m. de subida																								
A. POSICIÓN Y MOVIMIENTO DEL CUERPO																																									
Descripción	Kcal/ min																																								
Sentado	0.3																																								
De pie	0.6																																								
Andando	2.0 - 3.0																																								
Subida de una pendiente andando	Añadir 0.8 por m. de subida																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">B. TIPO DE TRABAJO</th> </tr> <tr> <th style="width: 20%;">Parte del Cuerpo</th> <th style="width: 10%;">Intensidad</th> <th style="width: 20%;">Media (Kcal/min)</th> <th style="width: 50%;">Rango (Kcal/min)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Trabajo manual</td> <td>Ligero</td> <td>0.4</td> <td rowspan="2">0.2 - 1.2</td> </tr> <tr> <td>Pesado</td> <td>0.9</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Trabajo con un brazo</td> <td>Ligero</td> <td>1.0</td> <td rowspan="2">0.7 - 2.5</td> </tr> <tr> <td>Pesado</td> <td>1.8</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Trabajo con dos brazos</td> <td>Ligero</td> <td>1.5</td> <td rowspan="2">1.0 - 3.5</td> </tr> <tr> <td>Pesado</td> <td>2.5</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">Trabajo con el cuerpo</td> <td>Ligero</td> <td>3.5</td> <td rowspan="4">2.5 - 15.0</td> </tr> <tr> <td>Moderado</td> <td>5.0</td> </tr> <tr> <td>Pesado</td> <td>7.0</td> </tr> <tr> <td>Muy Pesado</td> <td>9.0</td> </tr> </tbody> </table>						B. TIPO DE TRABAJO				Parte del Cuerpo	Intensidad	Media (Kcal/min)	Rango (Kcal/min)	Trabajo manual	Ligero	0.4	0.2 - 1.2	Pesado	0.9	Trabajo con un brazo	Ligero	1.0	0.7 - 2.5	Pesado	1.8	Trabajo con dos brazos	Ligero	1.5	1.0 - 3.5	Pesado	2.5	Trabajo con el cuerpo	Ligero	3.5	2.5 - 15.0	Moderado	5.0	Pesado	7.0	Muy Pesado	9.0
B. TIPO DE TRABAJO																																									
Parte del Cuerpo	Intensidad	Media (Kcal/min)	Rango (Kcal/min)																																						
Trabajo manual	Ligero	0.4	0.2 - 1.2																																						
	Pesado	0.9																																							
Trabajo con un brazo	Ligero	1.0	0.7 - 2.5																																						
	Pesado	1.8																																							
Trabajo con dos brazos	Ligero	1.5	1.0 - 3.5																																						
	Pesado	2.5																																							
Trabajo con el cuerpo	Ligero	3.5	2.5 - 15.0																																						
	Moderado	5.0																																							
	Pesado	7.0																																							
	Muy Pesado	9.0																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">C. GASTO METABÓLICO BASAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">1 Kcal/min</td> </tr> </tbody> </table>						C. GASTO METABÓLICO BASAL		1 Kcal/min																																	
C. GASTO METABÓLICO BASAL																																									
1 Kcal/min																																									
DATOS OBSERVADOS EN CAMPO																																									
TAREA	TIEMPO t _i (min)	GASTO CALÓRICO GC _n (kcal/min)			Gasto metabólico ponderado por tarea M _i =t _i *GC _n (kcal/min)																																				
		Posición y movimiento del cuerpo	Tipo de trabajo	Sumatoria gasto calórico																																					
1 RASTRILLAR: Utilizar rastrillo con las dos manos, para tender y disgregar los mantillos de asfalto hasta dejarlo a nivel espesa de vía.	5.30	3.00	5.00	8.00	42.40																																				
2 TENDER: Utilizar para balar residuos de granillo que no se han compactado.	5.00	3.00	5.00	8.	40.00																																				
3																																									
4																																									
Metabolismo basal					1 kcal/min (1.00)																																				
Tasa metabólico total M (kcal/min)					83.40																																				
Duración ciclo (min)					10.30																																				
Tasa metabólica media ponderada en función del tiempo					8.10																																				
					$\bar{M} = \frac{M_1 \cdot t_1 + M_2 \cdot t_2 + \dots + M_n \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$																																				

Corrección por factor de peso	$F = \frac{\text{Peso real (kg)}}{70(\text{kg})}$	1.03
Tasa metabólica media ponderada en función del tiempo corregida	$\overline{Mc} = \overline{M} * F$	8.33 Kcal/min

II. TIPO DE ROPA

Conjunto	Comentario	Imagen	CAV	Observación
			[°C- WBG]	
Ropa de trabajo	La ropa de trabajo hecha de tela tejida es el conjunto de referencia (camisa de manga larga y pantalones)		0	Comisa y pantalón jean x con manga larga.
Overoles	Tela tejida (algodón)		0	
Overoles de una sola pieza de poliolefina no tejida	Un tejido patentado hecho de polietileno		2	
Doble capa de ropa tejida	Generalmente se considera un overol sobre la ropa de trabajo.		3	
Capucha ^a	Usar una capucha de cualquier tela con cualquier conjunto de ropa.		1	

Aclimatación:	
¿Cuánto tiempo lleva trabajando dentro del grupo de asfaltado?	2 años ; >10 años
¿Cuál es su horario de trabajo?	07:00 a 17:00
¿Ha presentado algún malestar a su salud por el calor?	Algunas veces dolor de cabeza.

Sugerencias de mejora:
Contar con una carpa, con agua y con una hidratación para el personal durante toda la jornada.

ANEXO 2- CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CGC-4220-008-25

		LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO ISO/IEC 17025:2017 <i>Accredited Calibration Laboratory ISO/IEC 17025:2017</i>			
 <p>Escanee este QR para descargar informe original con firma electrónica en pdf</p>		CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN <i>Certificate of Calibration</i> N° CGC-4220-008-25			
Cliente: <i>Customer</i>	_____	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los estándares nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el cliente y/o usuario es responsable de definir el período de calibración según la recomendación del fabricante, uso, análisis de deriva o exactitud de medición.</p> <p><i>This calibration certificate documents the traceability to national or international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI)</i></p> <p><i>In order to ensure measurements, the customer and/or user is responsible for defining the calibration period according to the manufacturer's recommendation, use, drift analysis or measurement accuracy.</i></p>			
Dirección: <i>Address</i>	_____				
Teléfono: <i>Phone Number</i>	1ER PISO 6008080				
Persona de Contacto: <i>Contact Person</i>	_____				
Objeto: <i>Item</i>	MEDIDOR DE ESTRES TERMICO				
 <p>Escanee este QR y encuentre: Etiqueta electrónica, Certificados originales en pdf, Histórico de Intervenciones, Documentos relevantes, manuales, fotografías</p>					
Marca: <i>Manufacturer</i>	CRIFFER				
Modelo: <i>Model</i>	NHO-08				
No. de Serie: <i>Serial Number</i>	13000148				
Identificación: <i>Identification</i>	EQ-22				
Ubicación del Objeto⁽¹⁾: <i>Item Location</i>	LABORATORIO DE HIGIENE INDUSTRIAL				
Fecha de Recepción: <i>Date of Receipt</i>	2025-08-18				
Fecha de Calibración: <i>Calibration Date</i>	2025-08-23				
Próxima Fecha de Calibración: <i>Due Date</i>	-				
Técnico Responsable: <i>Responsible Technician</i>	_____				
Persona que Autoriza / Fecha de Emisión: _____ a / 2025-08-25 <i>Person authorizing / Date of Issue</i>					
 Gerente Técnico		Autorizado y firmado electrónicamente por SAVINO ENRIQUE PINEDA GONZALEZ Nombre de reconocimiento (DN): cn=SAVINO ENRIQUE PINEDA GONZALEZ, serialNumber=1103187462-030625142341, ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION, o=SECURITY DATA S.A. 2, c=EC Fecha: 2025-06-25 09:12:56			
Pta: (593-4) 2282007 www.elicrom.com		Emitido por: ELICROM CIA. LTDA. Cda. Guayaquil, Mz. 21 Calle Tera, Solar 10 frente al Mall del Sol Guayaquil - Ecuador		Este informe contiene 5 página(s). Página 1 de 5	



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
ISO/IEC 17025:2017
 Accredited Calibration Laboratory ISO/IEC 17025:2017



Escanee este QR
 para descargar
 Informe original
 con firma
 electrónica en pdf

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
 Certificate of Calibration
N° CGC-4220-008-25

Este certificado no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita del laboratorio Elicrom - Calibración. Los resultados contenidos en este certificado son válidos únicamente para el ítem aquí descrito, en el momento y bajo las condiciones en que se realizó la calibración.

La versión en inglés del certificado de calibración no es una traducción vinculante. Si algún asunto da lugar a controversia, se debe utilizar el texto original en español.

This certificate may not be reproduced other than in full except with the written approval of the Elicrom - Calibration laboratory. The results contained in this certificate relate only to the item calibrated, at the time and under the conditions in which the calibration was performed.

The English version of the calibration certificate is not a binding translation. If any matter gives rise to controversy, the Spanish original text must be used.

Incertidumbre de medida

Measurement Uncertainty

La incertidumbre expandida de medición reportada (intervalo de confianza), se evaluó con base en el documento JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections) "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", multiplicando la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k, que para una distribución t (de Student) corresponde a un nivel de confianza de aproximadamente el 95,45%.

The reported expanded uncertainty of the measurement (confidence interval), was evaluated based on the document JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections) "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", and is stated as the combined standard uncertainty of the measurement multiplied by the coverage factor k, which for a t (Student's) distribution corresponds to a confidence level of approximately 95.45%

Equipamiento Utilizado

Equipment Used

Identificación ID Number	Nombre Name	Marca Manufacturer	Modelo Model	No. de Serie Serial Number	Vence Cal. Due Date	N° Certificado N° Certificate
EL_PT.773	TERMÓMETRO DIGITAL	CONTROL COMPANY	6412	181228173	2025-12-16	CGC-7682-010-24
EL_PT.696	CÁMARA DE ESTABILIDAD	KAMBIC	KK-105 CHLT	17075513	2025-11-12	CGC-6988-010-24
EL_PC.033	TERMÓHIGROMETRO PATRÓN	VAISALA	MI70/HMP76B	M1530040/M2130075	2026-10-07	2024007119
EL_PT.365	TERMOHIGRÓMETRO	CENTER	342	190601469	2026-03-21	CGC-1492-020-25



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
ISO/IEC 17025:2017
Accredited Calibration Laboratory ISO/IEC 17025:2017



Escanee este QR
para descargar
informe original
con firma
electrónica en pdf

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
Certificate of Calibration
N° CGC-4220-008-25

Calibración

Calibration

Unidad de Medida (Temperatura): <i>Unit of Measurement (Temperature)</i>	°C	
Resolución (Temperatura): <i>Resolution (Temperature)</i>	0,1 °C	
Intervalo de Medición (Temperatura del Aire - Bulbo Seco)⁽¹⁾: <i>Measurement Range (Air Temperature - Dry Bulb)</i>	-20 °C a 150 °C	
Intervalo de Medición (Temperatura de Bulbo Húmedo)⁽²⁾: <i>Measurement Range (Wet Bulb Temperature)</i>	-20 °C a 150 °C	
Intervalo de Medición (Temperatura de Globo)⁽²⁾: <i>Measurement Range (Globe Temperature)</i>	-20 °C a 150 °C	
Lugar de Calibración: <i>Calibration Site</i>	Lab. Temperatura Y Humedad (Elicrom)	
Método de Calibración: <i>Calibration Method</i>	Comparación Directa Con Termohigrómetro Patrón Y Cámara De Estabilidad	
Documento de Referencia: <i>Reference Document</i>	CEM TH-007:2008 (Edición Digital 1)	
Procedimiento de Calibración: <i>Calibration Procedure</i>	PEC.EL.04	
Condiciones Ambientales: <i>Environmental Conditions</i>	Temperatura del Aire <i>Air Temperature</i>	21,5 °C ± 0,1 °C
	Humedad Relativa del Aire <i>Air Relative Humidity</i>	50,3 %HR ± 0,1 %HR

Observaciones

Observations

- ⁽¹⁾ Información proporcionada por el cliente. Elicrom no es responsable de dicha información.
⁽²⁾ Información tomada de las especificaciones del objeto de calibración (proporcionada por el fabricante).

⁽¹⁾ Information provided by the customer. Elicrom is not responsible for such information.
⁽²⁾ Information taken from the specifications of the calibration item (provided by the manufacturer).

LAS CALIBRACIONES MARCADAS CON (*) NO ESTÁN INCLUIDAS EN EL ALCANCE DE ACREDITACIÓN DE A2LA.



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
ISO/IEC 17025:2017
 Accredited Calibration Laboratory ISO/IEC 17025:2017



Escanee este QR para descargar informe original con firma electrónica en pdf

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
 Certificate of Calibration
N° CGC-4220-008-25

Declaración de Trazabilidad Metrológica

Statement of Metrological Traceability

Los resultados de calibración contenidos en este certificado son trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI) por medio de una cadena ininterrumpida de calibraciones a través del NIST (National Institute of Standards and Technology - Estados Unidos) o de otros Institutos Nacionales de Metrología (INMs).

The calibration results contained in this certificate are traceable to the International System of Units (SI) through an unbroken chain of calibrations through NIST (National Institute of Standards and Technology - United States) or other National Metrology Institutes (NMIs).

Resultados de la Calibración en Temperatura

Temperature Calibration Results

Bulbo Seco

Dry Bulb

Valor de Prueba	Indicación Ítem	Indicación Patrón	Error de Medición (e)	Incertidumbre (U)	Factor de Cobertura (k)	Humedad Relativa
Test Value	Item Reading	Standard Reading	Measurement Error (e)	Uncertainty (U)	Coverage Factor	Relative Humidity
°C	°C	°C	°C	°C		%RH
5	5,4	5,10	0,30	0,20	2,00	50,09
25	25,5	25,02	0,48	0,18	2,00	50,11
50	50,3	50,01	0,29	0,27	2,00	80,81

Bulbo Húmedo

Wet Bulb

Valor de Prueba	Indicación Ítem	Indicación Patrón	Error de Medición (e)	Incertidumbre (U)	Factor de Cobertura (k)	Temperatura de cámara	Humedad Relativa
Test Value	Item Reading	Standard Reading	Measurement Error (e)	Uncertainty (U)	Coverage Factor	Chamber Temperature	Relative Humidity
°C	°C	°C	°C	°C		°C	%RH
5	5,4	4,98	0,42	0,19	2,00	9,8	50,09
25	25,8	24,78	0,82	0,18	2,00	32,7	50,11
50	50,4	49,48	0,92	0,27	2,00	53,1	80,81

Globo

Globe

Valor de Prueba	Indicación Ítem	Indicación Patrón	Error de Medición (e)	Incertidumbre (U)	Factor de Cobertura (k)	Humedad Relativa
Test Value	Item Reading	Standard Reading	Measurement Error (e)	Uncertainty (U)	Coverage Factor	Relative Humidity
°C	°C	°C	°C	°C		%RH
5	5,4	5,10	0,30	0,20	2,00	50,09
25	25,5	25,02	0,48	0,18	2,00	50,11
50	50,3	50,01	0,29	0,27	2,00	80,81

Temperatura de Globo del Bulbo Húmedo WBGT

Wet bulb globe temperature WBGT

Valor de Prueba	Indicación Ítem	Indicación Patrón	Error de Medición (e)	Incertidumbre (U)	Factor de Cobertura (k)	Humedad Relativa
Test Value	Item Reading	Standard Reading	Measurement Error (e)	Uncertainty (U)	Coverage Factor	Relative Humidity
°C	°C	°C	°C	°C		%RH
8	5,4	8,37	-2,97	0,19	2,00	1,15
30	25,8	30,41	-4,81	0,18	2,00	1,15
52 (*)	50,4	52,17	-1,77	0,18	2,00	1,15

El valor de humedad relativa reportado corresponde al de la cámara climática durante la calibración del ítem.

The relative humidity value reported corresponds to that of the climatic chamber during the calibration of the item.



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
ISO/IEC 17025:2017
Accredited Calibration Laboratory ISO/IEC 17025:2017



Escanee este QR
para descargar
informe original
con firma
electrónica en pdf

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
Certificate of Calibration
N° CGC-4220-008-25

Nota

Note

- La indicación del patrón y el error de medición (mejor estimación del valor verdadero) se muestran con la misma cantidad de decimales que la incertidumbre reportada (véase 7.2.6 de la GUM).
- El valor del patrón en el parámetro de temperatura de bulbo húmedo es obtenido a través de la fórmula de Stull.
- El valor del patrón en el parámetro de temperatura de punto de rocío es obtenido a través de la fórmula de Magnus.

- The standard reading and the measurement error (best estimate of the true value) are shown with the same number of digits as the reported uncertainty (see GUM 7.2.6).

- The standard value for the wet-bulb temperature parameter is obtained using Stull's formula.

- The standard value for the dew-point temperature parameter is obtained using Magnus's formula.

FO.PEC.04-04 Rev. 16

ANEXO 3- REGISTRO FOTOGRÁFICO DE MEDICIONES EN CAMPO

Medición en operador de asfalto



Medición en rastrillero



Medición en palero



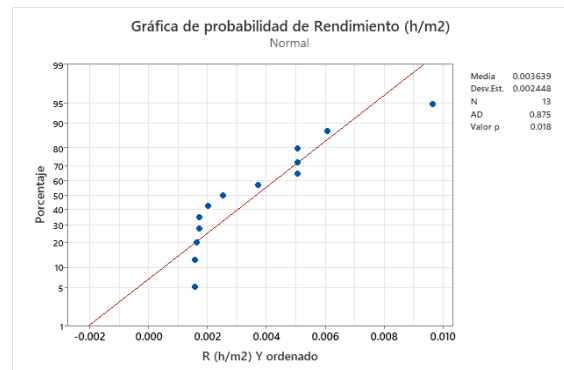
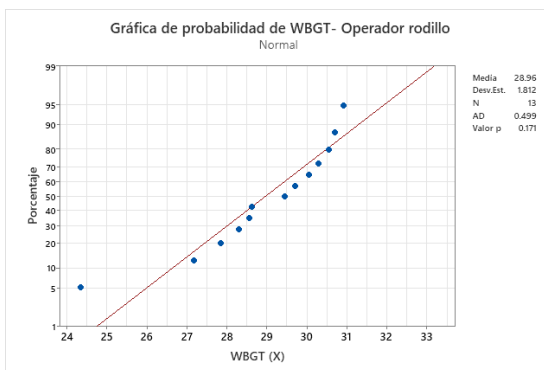
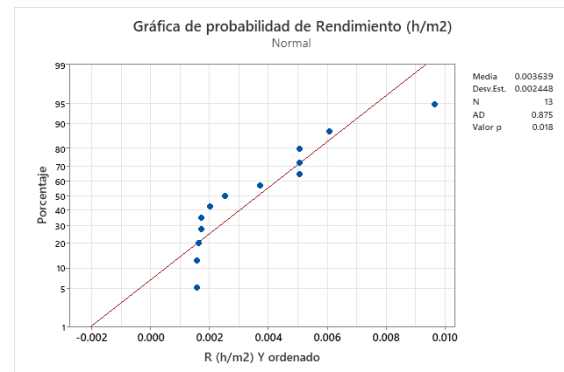
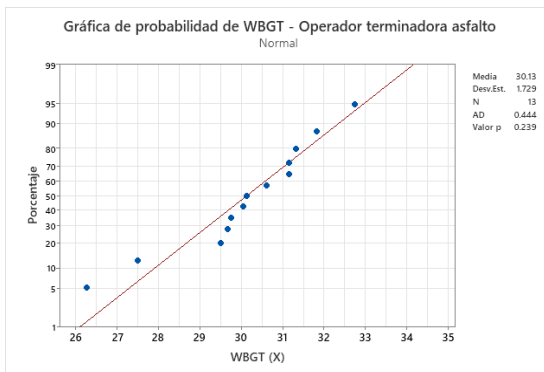
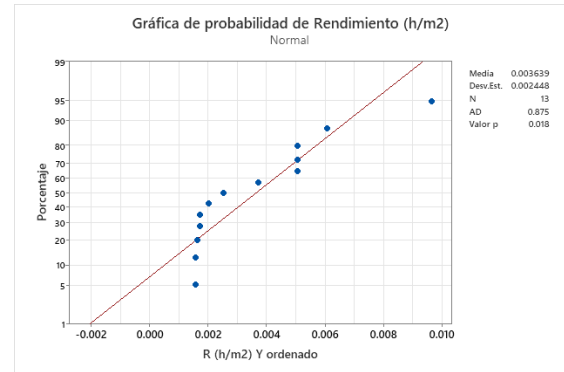
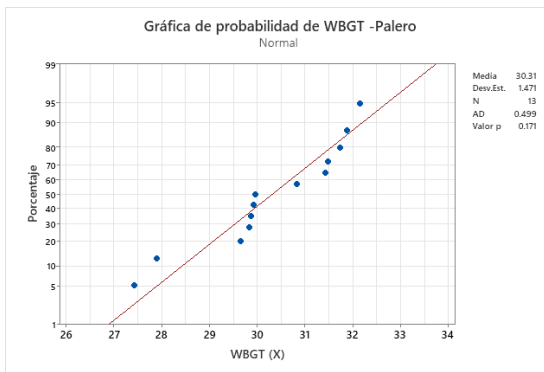
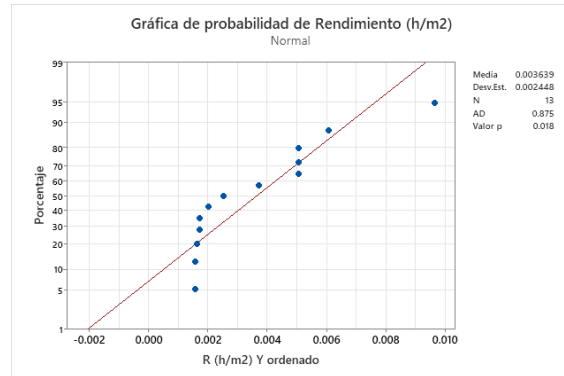
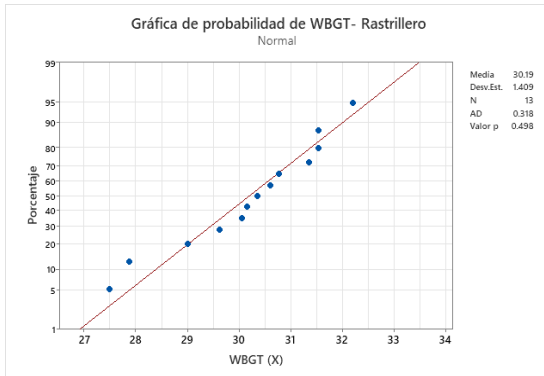
Medición de operador de rodillo



Instalación de equipo



ANEXO 4- GRÁFICAS DE NORMALIDAD DE VARIABLES



ANEXO 5- PLAN DE MEJORAS PARA MITIGAR LOS
EFECTOS DEL ESTRÉS TÉRMICO EN LA CUADRILLA
DE ASFALTADO VIAL

	CONSORCIO ASFALTOS DEL ORIENTE	
	PLAN DE MEJORAS PARA MITIGAR LOS EFECTOS DEL ESTRÉS TÉRMICO EN LA CUADRILLA DE ASFALTADO VIAL	Versión: 1
Código: CAO-SSO-01	Fecha: 2025-11-01	Página 1 de 20

PLAN DE MEJORAS PARA MITIGAR LOS EFECTOS DEL ESTRÉS TÉRMICO EN LA CUADRILLA DE ASFALTADO VIAL



CONSORCIO ASFALTOS DEL ORIENTE

ING. CARMEN R YAMBAY D.

2025

	CONSORCIO ASFALTOS DEL ORIENTE	
	PLAN DE MEJORAS PARA MITIGAR LOS EFECTOS DEL ESTRÉS TÉRMICO EN LA CUADRILLA DE ASFALTADO VIAL	Versión: 1
Código: CAO-SSO-01	Fecha: 2025-11-01	Página 2 de 20

ÍNDICE GENERAL

1	INTRODUCCIÓN	4
2	OBJETIVO	4
3	ALCANCE	4
4	DEFICIONES	5
5	MARCO LEGAL	5
6	RESPONSABLES	6
7	DIAGRAMA DE FLUJO EJECUCIÓN DEL PLAN	6
8	MATRIZ DE MEDIDAS.....	7
9	DESCRIPCIÓN DE MEDIDAS	11
9.1	Chalecos de gel/refrigeración por fase de cambio, durante los tiempos de recuperación.....	11
9.2	Chaleco de enfriamiento de aire activo	11
9.3	Instalar maquinaria (rodillos) un sistema de ventilación con nebulización.....	12
9.4	Ventiladores nebulizadores	14
9.5	Puntos fríos	14
9.6	Hidratación	16
9.7	Simulacros de emergencias	16
10	CONCLUSIONES	19
11	REFERENCIAS	19

	CONSORCIO ASFALTOS DEL ORIENTE	
	PLAN DE MEJORAS PARA MITIGAR LOS EFECTOS DEL ESTRÉS TÉRMICO EN LA CUADRILLA DE ASFALTADO VIAL	Versión: 1
Código: CAO-SSO-01	Fecha: 2025-11-01	Página 3 de 20

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Medidas propuestas para mitigación de estrés térmico.....	7
Tabla 2 Efectos leves y graves relacionado al estrés térmico	16

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de flujo plan de mejoras.....	7
Figura 2 Chaleco con gel/ refrigeración por fase de cambio	11
Figura 3 Chaleco de enfriamiento por aire activo.....	12
Figura 4 Esquema de montaje de sistema de ventilación- nebulización	13
Figura 5 Ventilador- nebulizador.	14
Figura 6 Esquema de puntos fríos – zonas de descanso para el personal.....	15
Figura 7 Diagrama de flujo de proceso de actuación frente a emergencias.....	18

	CONSORCIO ASFALTOS DEL ORIENTE	
	PLAN DE MEJORAS PARA MITIGAR LOS EFECTOS DEL ESTRÉS TÉRMICO EN LA CUADRILLA DE ASFALTADO VIAL	Versión: 1
		Página 4 de 20
Código: CAO-SSO-01	Fecha: 2025-11-01	

1 INTRODUCCIÓN

Un trabajador experimenta estrés térmico, cuando la cantidad total de calor a la que está expuesto es producto de la combinación de: las condiciones ambientales del lugar de trabajo, el esfuerzo físico que realiza, las propiedades de la vestimenta que utiliza y también las fuentes de calor procedentes de entornos industriales, (OIT, 2024).

Las situaciones de estrés térmico ocurren cuando se combinan temperaturas elevadas (superiores a los 27 °C) con actividades de alta intensidad (Generalitat, 2006).

Se registra que el personal operativo de campo, encargado del proyecto: “Segunda etapa del asfaltado de la vía principal de acceso a la comunidad Eugenio Espejo de la parroquia San Carlos, cantón La Joya de los Sachas”, presentan temperaturas ambientales entre los 26 °C a 37°C, por lo que, eventualmente han suscitado eventos de insolación, dolores de cabeza y fatiga, especialmente en el personal encargado del tendido de mezcla caliente de carpeta asfáltica, es decir la cuadrilla de asfaltado vial.

Dicha cuadrilla está conformada por los puestos de trabajo de: Rastrillero, palero, operador de terminadora de asfalto y operador de rodillo; el presente plan, está orientado a proponer actividades y/o mejoras para este grupo de trabajo, acorde a la evaluación de riesgo realizada y teniendo en cuenta la legislación pertinente.

2 OBJETIVO

Proponer un plan de recomendaciones técnicas y organizacionales para mitigar los efectos del estrés térmico en los trabajadores de la cuadrilla de asfaltado vial.

3 ALCANCE

Este plan está dirigido a los trabajadores de la cuadrilla de asfaltado vial, del “Consortio Asfaltos del Oriente”, empresa contratista de diferentes proyectos viales dentro de la provincia de Orellana.

Además, se puede aplicar en áreas de trabajo donde se evidencie riesgo de estrés térmico por calor en situaciones similares al área de estudio.

	CONSORCIO ASFALTOS DEL ORIENTE	
	PLAN DE MEJORAS PARA MITIGAR LOS EFECTOS DEL ESTRÉS TÉRMICO EN LA CUADRILLA DE ASFALTADO VIAL	Versión: 1
Código: CAO-SSO-01	Fecha: 2025-11-01	Página 5 de 20

4 DEFICIONES

Consumo Metabólico. - Es la energía que el cuerpo gasta para realizar actividades físicas durante un periodo determinado de tiempo, en términos laborales, se puede decir que , es la cantidad de calor producido por el organismo del trabajador durante una actividad, se expresa en unidades de energía y potencia como: Watios[W], kilocalorías [kcal], Joules[J] (Losilla, 2022)

Estrés térmico. - Es la carga térmica neta a la que un trabajador puede estar expuesto debido a los efectos combinados del calor metabólico, los factores ambientales y las exigencias de la vestimenta, (ACGIH, 2024).

Índice WGBT. - Wet Bulb Globe Temperature, traducido como índice de temperatura del globo negro y bulbo húmedo, es un parámetro que vincula las condiciones meteorológicas con el nivel de estrés térmico que experimentan las personas, dependiendo de la actividad física que realizan y la ropa que utilizan, (Kirchner, 2013).

5 MARCO LEGAL

Decisión 584- Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo.

- Artículo 4.
- Artículo 11, literales b, e.

Constitución de la República del Ecuador.

- Artículo 326, numeral 5.

Código del Trabajo.

- Artículo 42, numeral 2.

Decreto Ejecutivo 255-2024: Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo.

- Artículo 15, numeral 2
- Artículo 41
- Artículo 47
- Artículo 59, numeral 1

Acuerdo Ministerial MDT-2024-196: Anexo 3 - Norma Técnica en Seguridad e Higiene del Trabajo

	CONSORCIO ASFALTOS DEL ORIENTE	
	PLAN DE MEJORAS PARA MITIGAR LOS EFECTOS DEL ESTRÉS TÉRMICO EN LA CUADRILLA DE ASFALTADO VIAL	Versión: 1
Código: CAO-SSO-01	Fecha: 2025-11-01	Página 6 de 20

- Artículo 8, numeral 3

6 RESPONSABLES

Gerencia. – Se refiere al empleador, entre sus funciones se encuentra:

- Asegurar los recursos necesarios para establecer, implementar, mantener y mejorar el plan.
- Asegurarse que el plan alcance los resultados previstos.
- Apoyar los roles del área de seguridad.
- Aprobar la implementación de planes de seguridad, acción y/o propuestas de mejora referente al riesgo higiénico que genera el estrés térmico en los trabajadores.

Técnico de seguridad. – Será el encargo de:

- Ejecución y seguimiento a las actividades del plan de mejoras.
- Coordinar los recursos y facilidades para las mediciones higiénicas.
- Evaluación del riesgo a estrés térmico, acorde a lo estipulado en el plan.

Médico Ocupacional. – a su cargo estará:

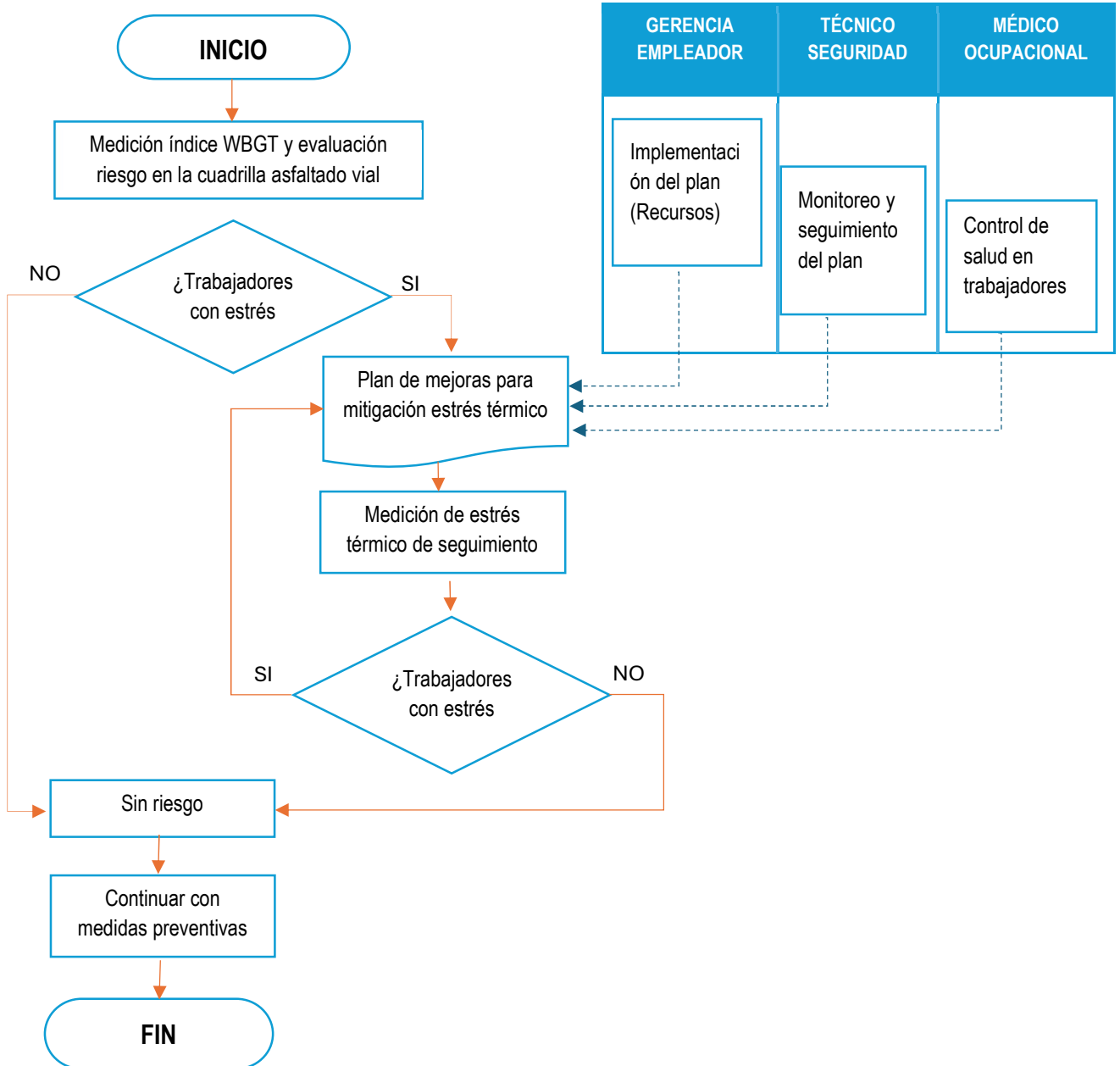
- Vigilancia de la salud de los trabajadores de la cuadrilla de asfaltado vial.
- Procesos de calificación de aptitud para determinados puestos de trabajo.
- Registro epidemiológico de síntomas y episodios de malestares provenientes de la sobre carga térmica.
- Trabajo en conjunto con el técnico de seguridad en implementación de medidas acorde a su área profesional.

7 DIAGRAMA DE FLUJO EJECUCIÓN DEL PLAN

	CONSORCIO ASFALTOS DEL ORIENTE	
	PLAN DE MEJORAS PARA MITIGAR LOS EFECTOS DEL ESTRÉS TÉRMICO EN LA CUADRILLA DE ASFALTADO VIAL	Versión: 1
Código: CAO-SSO-01	Fecha: 2025-11-01	Página 7 de 20

Figura 1

Diagrama de flujo plan de mejoras



Nota. El plan de mejoras comprende medidas acordes a la jerarquía de controles.

8 MATRIZ DE MEDIDAS

Tabla 1

Medidas propuestas para mitigación de estrés térmico

	CONSORCIO ASFALTOS DEL ORIENTE
	PLAN DE MEJORAS PARA MITIGAR LOS EFECTOS DEL ESTRÉS TÉRMICO EN LA CUADRILLA DE ASFALTADO VIAL Versión: 1
Código: CAO-SSO-01	Fecha: 2025-11-01 Página 8 de 20

No.	Puesto trabajo	Situación	Origen	Personal expuesto	Peligro SST	Riesgo SST	Factor riesgo	Tipo de control	Medida	Evidencia esperada	Indicador	Frecuencia	Responsable	RECURSOS			
														Personal	Equipos - materiales	Documentos	Presupuesto
1	Rastrillero	Rutinario	Interno	3	Calor excesivo	Estrés térmico	Físicos	Sustitución	Reemplazar rastrillos con cabos metálicos por rastrillos con cabos de madera.	~Registro fotográfico ~Checklist de herramienta manual	N° rastrillos mango madera/ N° rastrillos en uso	Una vez, reposición acorde a la necesidad	Téc. Seguridad		Rastrillos nuevos con cabo de madera	Proforma de compra	\$270.00
2	Rastrillero	Rutinario	Interno	3	Calor excesivo	Estrés térmico	Físicos	EPP	Dotar de chalecos de gel/refrigeración por fase de cambio, durante los tiempos de recuperación.	~Registro fotográfico ~Registro de entrega y dotación de chalecos ~Encuesta de percepción del trabajador	N° trabajadores con chalecos/ N° chalecos planificados	Una vez, reposición acorde a la necesidad	Téc. Seguridad	~Compras		Especificaciones técnicas del chaleco	\$300.00
3	Palero	Rutinario	Interno	3	Calor excesivo	Estrés térmico	Físicos	Sustitución	Dotar de chalecos de gel/refrigeración por fase de cambio, durante los tiempos de recuperación.	~Registro fotográfico ~Registro de entrega y dotación de chalecos ~Encuesta de percepción del trabajador	N° trabajadores con chalecos/ N° chalecos planificados	Una vez, reposición acorde a la necesidad	Téc. Seguridad	~Compras		Especificaciones técnicas del chaleco	\$300.00
4	Op. Terminador asfalto	Rutinario	Interno	1	Calor excesivo	Estrés térmico	Físicos	EPP	Dotar de un chaleco de enfriamiento de aire activo	~Registro fotográfico ~Registro de entrega y dotación de chalecos ~Encuesta de percepción del trabajador	N° trabajadores con chalecos/ N° chalecos planificados	Una vez, reposición acorde a la necesidad	Téc. Seguridad			Especificaciones técnicas del chaleco	\$120.00

	CONSORCIO ASFALTOS DEL ORIENTE	
	PLAN DE MEJORAS PARA MITIGAR LOS EFECTOS DEL ESTRÉS TÉRMICO EN LA CUADRILLA DE ASFALTADO VIAL	Versión: 1
		Página 9 de 20
Código: CAO-SSO-01	Fecha: 2025-11-01	

No.	Puesto trabajo	Situación	Origen	Personal expuesto	Peligro SST	Riesgo SST	Factor riesgo	Tipo de control	Medida	Evidencia esperada	Indicador	Frecuencia	Responsable	RECURSOS			
														Personal	Equipos - materiales	Documentos	Presupuesto
5	Op. Rodillo	Rutinario	Interno	2	Calor excesivo	Estrés térmico	Físicos	Ingeniería	Instalar en el rodillo un sistema de ventilación con nebulización (ventilador eléctrico y un tanque de agua) montados en un soporte metálico con el fin de proporcionar flujo de aire y microaspersión al operador	~Registro fotográfico ~Checklist de estado funcional del rodillo	N° de sistemas ventilación instalados/ N° rodillos	Una vez	Gerente general	Técnico en refrigeración y climatización	~Ventiladores nebulizadores ~Tanque de agua ~Soporte mecánico ~Implementos de instalación	Esquema del montaje del sistema de ventilación	\$350.00
6	Cuadrilla	Rutinario	Interno	9	Calor excesivo	Estrés térmico	Físicos	Ingeniería	Dotar de ventiladores nebulizadores en las zonas de descanso (puntos fríos), esto pulverizaran el agua en gotas finas.	~Registro fotográfico	N° de ventiladores nebulizadores / N° de puntos fríos	Una vez	Téc. Seguridad	Téc. Seguridad (implementación)	ventiladores nebulizadores	Proforma de compra	\$150.00
7	Cuadrilla	Rutinario	Interno	9	Calor excesivo	Estrés térmico	Físicos	Administrativo	Implementar puntos fríos, con carpas y/o toldos, adecuadas para el descanso	~Registro fotográfico ~Checklist de inspección de puntos fríos	N° de puntos fríos adecuados/ N° de zonas de descanso	Una vez	Téc. Seguridad	2 trabajadores para montaje y desmontaje	Retroexcavadora	Proforma de compra	\$775.00
8	Cuadrilla	Rutinario	Interno	9	Calor excesivo	Estrés térmico	Físicos	Administrativo	Designar a un camión de logística, el suministro de hidratación (hielo, agua y bebidas electrolíticas) en los puntos fríos	~Registro fotográfico ~Checklist de puntos de hidratación	N° puntos hidratación/ N° puntos fríos	Diario	Médico Ocupacional	1 trabajador logística	Camión logístico, hieleras		\$20.00

	CONSORCIO ASFALTOS DEL ORIENTE	
	PLAN DE MEJORAS PARA MITIGAR LOS EFECTOS DEL ESTRÉS TÉRMICO EN LA CUADRILLA DE ASFALTADO VIAL	Versión: 1
		Página 10 de 20
Código: CAO-SSO-01	Fecha: 2025-11-01	

No.	Puesto trabajo	Situación	Origen	Personal expuesto	Peligro SST	Riesgo SST	Factor riesgo	Tipo de control	Medida	Evidencia esperada	Indicador	Frecuencia	Responsable	RECURSOS			
														Personal	Equipos - materiales	Documentos	Presupuesto
9	Cuadrilla	Rutinario	Interno	9	Calor excesivo	Estrés térmico	Físicos	Administrativo	Reprogramación de trabajos del grupo de asfaltado vial, distribuyéndolas desde etapas tempranas de la obra, con el fin de evitar acumulaciones de trabajo al final, que incrementen el riesgo de estrés térmico.	~Reprogramación de avance de obra. ~ Panilla de avance de obra.	N° de meses con actividad de asfaltado / N° meses duración de la obra	Una vez	Gerente general	Téc. Seguridad Residente de obra Fiscalización		Cronograma de trabajos reprogramado, aprobado por fiscalización	\$0.00
10	Cuadrilla	Rutinario	Interno	9	Calor excesivo	Estrés térmico	Físicos	Administrativo	Simulacros de emergencias relacionadas con golpes de calor e insolación del personal.	~Informes de simulacro ~Brigadas de emergencia	N° de simulacros realizados/ N° simulacros planificados	Semestral	Médico Ocupacional	Téc. Seguridad Cuadrilla de asfaltado	Camilla Kit de primeros auxilios Hidratación Tensiómetro digital	Actas de constitución de brigadas	\$150.00
11	Cuadrilla	Rutinaria	Interno	9	Calor excesivo	Estrés térmico	Físico	Administrativo	Implementar esquema de rotación trabajo–descanso de 15 min de trabajo por 45 min de descanso en zona sombreada y ventilada, conforme a criterios ACGIH, manteniendo la continuidad operativa mediante rotación de cuadrillas	~Registro diario de tiempos de trabajo y descanso ~Listas de rotación. ~Registro WBGT. ~Actas de supervisión	N° ciclos trabajo-descanso cumplidos/ N° ciclos trabajo-descanso programados	Diario	Téc. Seguridad	Residente de obra	Puntos fríos, hidratación	Procedimiento de rotación trabajo–descanso; registros de WBGT	0.00

	CONSORCIO ASFALTOS DEL ORIENTE	
	PLAN DE MEJORAS PARA MITIGAR LOS EFECTOS DEL ESTRÉS TÉRMICO EN LA CUADRILLA DE ASFALTADO VIAL	Versión: 1
Código: CAO-SSO-01	Fecha: 2025-11-01	Página 11 de 20

9 DESCRIPCIÓN DE MEDIDAS

9.1 Chalecos de gel/refrigeración por fase de cambio, durante los tiempos de recuperación.

Un chaleco de refrigeración, es una prenda que tiene geles y/o pastillas refrigerantes, las cuales deben ser congeladas a -18°C por 24 horas, y colocarlas en compartimentos del chaleco. Registra el mayor enfriamiento a nivel de torso de 35°C a 27°C , (Ciuha et al., 2021).

Se recomienda su uso durante los tiempos de descanso, especialmente en trabajadores con alto consumo metabólico y actividad física exigente (Rastrillero y palero). La evidencia muestra que el rendimiento del trabajado mejora, luego del uso del chaleco, debido a que, al temperatura de la piel disminuye de 33.76°C a 36.74°C (diferencia de 2.38°C), favoreciendo a la termorregulación de la piel, (Chaen et al., 2020).

Figura 2

Chaleco con gel/ refrigeración por fase de cambio



Nota. Fuente: (ICE BEAR, 2024)

9.2 Chaleco de enfriamiento de aire activo

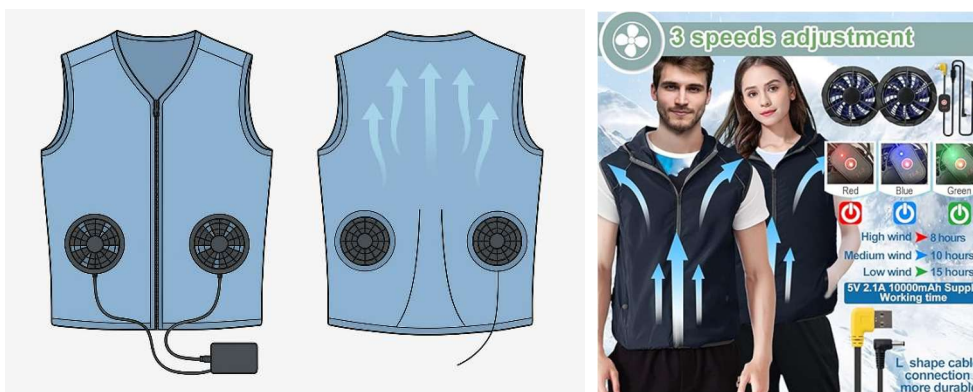
Proporciona una circulación de aire frío comprimido, creando un microclima de alrededor de 19°C , adecuado para altos valores de temperaturas y humedad, (Ciuha et al., 2021).

	CONSORCIO ASFALTOS DEL ORIENTE	
	PLAN DE MEJORAS PARA MITIGAR LOS EFECTOS DEL ESTRÉS TÉRMICO EN LA CUADRILLA DE ASFALTADO VIAL	Versión: 1
Código: CAO-SSO-01	Fecha: 2025-11-01	Página 12 de 20

Este tipo de chaleco se recomienda para puestos de trabajo como el de operador de terminadora de asfalto, debido a las diferentes posiciones que adquiere durante los trabajos, en ocasiones se encuentra de sentado operando la terminadora de asfalto e inspecciona de pie el espesor de la carpeta asfáltica tendida.

Figura 3

Chaleco de enfriamiento por aire activo



Nota. Fuente: (Salescout, 2023)

9.3 Instalar maquinaria (rodillos) un sistema de ventilación con nebulización

Los rodillos de compactación (liso, neumático) son maquinarias no cabinadas debido a las altas vibraciones que genera de su funcionamiento, esto provoca que los operadores se expongan directamente a la radiación solar, el calor del aire y el proveniente de la carpeta asfáltica, recién tendida, razón por la cual se propone la instalación de un sistema de ventilación – nebulización, que no implica necesariamente el cabinaje del rodillo.

Teniendo en cuenta que el operador permanece sentado únicamente al momento de conducir el rodillo, se puede optar por un control de ingeniería para reducir el estrés térmico, como se evidencia en la figura 4, este sistema consiste en instalar un ventilador-nebulizador a la cabina del rodillo, el cual ese sujeto por un soporte metálico, además de contar con un reservorio de agua que suministrará el líquido al ventilador por una serie de adaptaciones y mangueras.

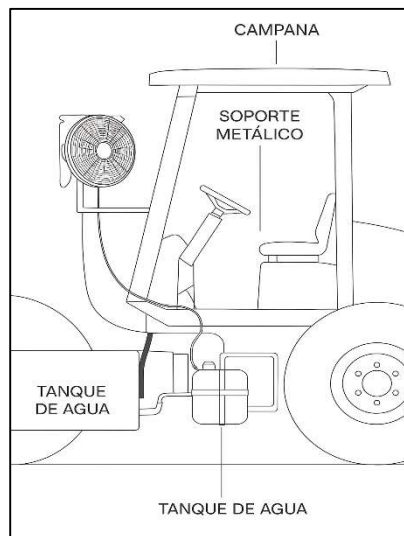
No se deberá instalar el ventilador de manera directa al rostro del trabajador, sino a una distancia mínima de 40.00 cm. La evidencia demuestra que sistemas de ventilación-nebulización redujo la

	CONSORCIO ASFALTOS DEL ORIENTE	
	PLAN DE MEJORAS PARA MITIGAR LOS EFECTOS DEL ESTRÉS TÉRMICO EN LA CUADRILLA DE ASFALTADO VIAL	Versión: 1
Código: CAO-SSO-01	Fecha: 2025-11-01	Página 13 de 20

temperatura del aire en un promedio de 2,42 °C, con un valor máximo de enfriamiento de 5,68 °C, (Wang et al., 2024).

Figura 4

Esquema de montaje de sistema de ventilación- nebulización



Nota. La figura es un bosquejo del sistema de ventilación – nebulización adaptada a la cabina de un rodillo no cabinado.

Especificaciones técnicas del sistema:

Este trabajo deberá ser coordinado con un técnico de refrigeración y aclimatación, sin embargo, en líneas generales se enlista algunos componentes del sistema:

1. Ventilador industrial
 - Caudal mínimo 1500 a 300m³/h.
 - Niveles de ruido menores a 70dB.
 - Motor eléctrico compatible con maquinaria móvil.
 - Resistencia al polvo
2. Sistema de nebulización
 - Nebulización baja presión
 - Boquilla de acero inoxidable, caudal 0.05 L/min
3. Depósito de agua

	CONSORCIO ASFALTOS DEL ORIENTE	
	PLAN DE MEJORAS PARA MITIGAR LOS EFECTOS DEL ESTRÉS TÉRMICO EN LA CUADRILLA DE ASFALTADO VIAL	Versión: 1
Código: CAO-SSO-01	Fecha: 2025-11-01	Página 14 de 20

- 15 litros recomendable para 6 horas de operación.
- Polietileno, con tapa hermética
- 4. Bomba de presión
 - Bomba tipo diafragma 12V/24V, presión nominal 60-100 psi.
 - Válvula automática de cierre por presión.

9.4 Ventiladores nebulizadores

Cada punto frío y/o zona de descanso, contará con dos ventiladores tipo nebulizador, figura 5, los cuales permitan reducir el microclima del lugar, en un 18,3W/m², es decir que, el trabajador pierde 18,3W de calor por m² de la piel, por efecto del aumento de convección (ventilador), sumada a la evaporación del nebulizador, (Farnham & Yuan, 2025).

Figura 5

Ventilador- nebulizador.



Nota. El equipo en la fotografía es recargable, voltaje 120/220V, capacidad de agua de 3.2L.

Fuente: (Construex, 2022)

9.5 Puntos fríos

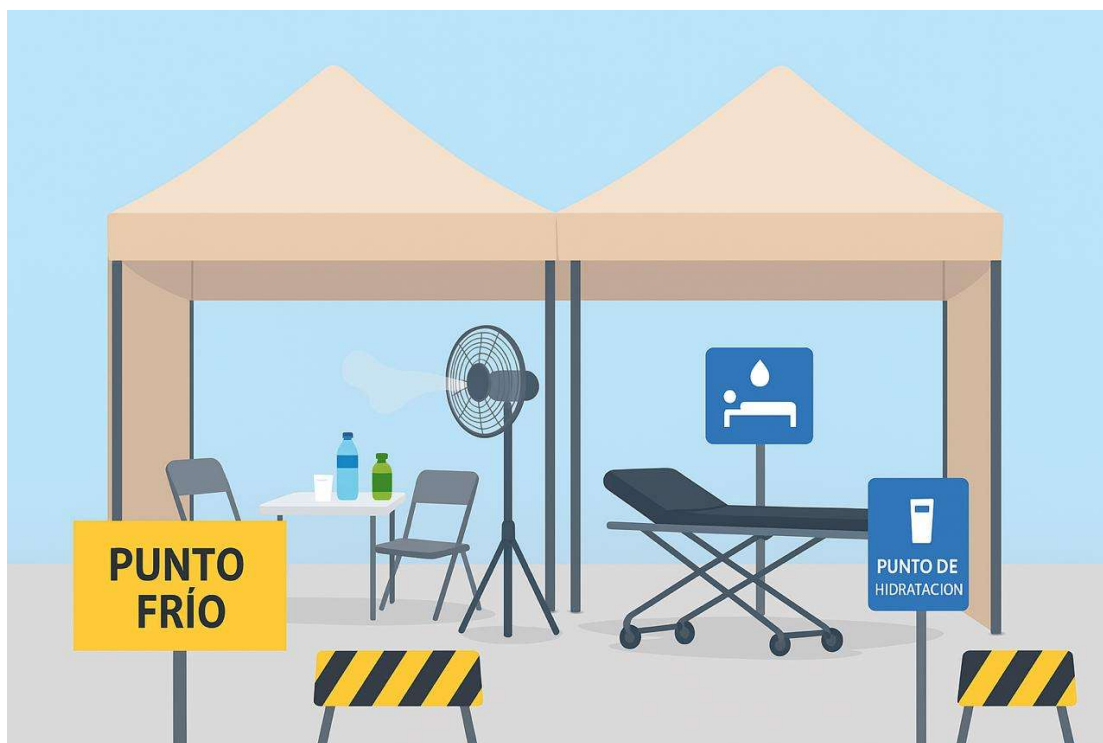
- Para que la zona de descanso y/o punto frío sea confortable para el trabajador, se recomienda alcanzar los 24.5°C y en lo posible estar cerca a los frentes de trabajo, (Ávila et al., 2016)

	CONSORCIO ASFALTOS DEL ORIENTE	
	PLAN DE MEJORAS PARA MITIGAR LOS EFECTOS DEL ESTRÉS TÉRMICO EN LA CUADRILLA DE ASFALTADO VIAL	Versión: 1
Código: CAO-SSO-01	Fecha: 2025-11-01	Página 15 de 20

- Se recomienda lugares con sombra estable, que bloquee la radiación directa del sol, la sombra debe ser de un tamaño que permita el descanso de los trabajadores sin aglomeraciones.
- De preferencia que se ubiquen en lugares con corriente de aire natural o ventiladores; evitar espacios cerrados que atrapen calor. Aire en movimiento ayuda a disipar el calor y mejorar la sensación térmica. Se requiere ubicar pisos que no transfieran calor como por ejemplo superficies metálicas, y techos o carpas que bloqueen la radiación solar, colocando toldos colores claros, (NIOSH, 2016).
- Contar con un mobiliario que permita al trabajador, sentarse, acostarse y descansar, aligerar la carga térmica de la ropa, (Andrews, 2023). La figura 6 muestra un esquema de implementación de punto fríos para la cuadrilla de asfaltado.

Figura 6

Esquema de puntos fríos – zonas de descanso para el personal.



Nota. La imagen muestra controles de ingeniería (ventilación), administrativos (hidratación, señalización y descanso).

	CONSORCIO ASFALTOS DEL ORIENTE	
	PLAN DE MEJORAS PARA MITIGAR LOS EFECTOS DEL ESTRÉS TÉRMICO EN LA CUADRILLA DE ASFALTADO VIAL	Versión: 1
Código: CAO-SSO-01	Fecha: 2025-11-01	Página 16 de 20

9.6 Hidratación

La hidratación estará en función de los requerimientos que el médico ocupacional determine, sin embargo se recomienda, agua en buenas condiciones, fría, su temperatura debe estar entre 10 y 15°C, es recomendable que el trabajador ingiera un vaso agua cada 20 minutos, aun cuando no tenga sed, sin embargo advertir que, hacerlo en cantidades extremas provocará sensación de llenura, (OSHA & NIOSH, 2021)

Para aquellos trabajos que tomen más de dos horas seguidas, se debe proporcionar bebidas electrolíticas, ya que pierden sales, que el agua no puede ayudar a compensar, (OSHA, 2024).

9.7 Simulacros de emergencias

La tabla 1, describe la información de las lesiones y enfermedades más comunes relacionadas al estrés térmico.

Tabla 2

Efectos leves y graves relacionado al estrés térmico

EFFECTOS LEVES	
Fatiga por calor (NF01.3)	Fatiga temporal, causada por la exposición continua al calor, recuperable con descanso e hidratación, puede manifestarse con: debilidad, mareo leve, sensación de calor extremo y fuerte cansancio. Se produce cuando para disipar el calor corporal, el flujo sanguíneo se concentra en la circulación periférica de la piel, dejando menos sangre en los músculos activos.
Miliaria (EE02)	Conocida también como erupción por calor, trastorno frecuente de la piel ocasionado por oclusión de los conductos de las glándulas sudoríparas, se exagera en ambientes calurosos y húmedos. La sintomatología incluye ampollas superficiales y erupciones rojas con picazón.
Síncope por calor (NF01.1)	Ocurre por falta de circulación sanguínea al cerebro, debido a que gran volumen de sangre se concentra en la circulación periférica de la piel para disipar el calor. Se caracteriza por presentarse con un desmayo repentino, antecedido por cambios de posturas abruptos.
Otros	Entre ellos, calambre por calor (pierna, brazo y torso), debido a falta de hidratación y pérdida de electrolitos al sudar, se tiene, además, edema por calor, es una inflamación de los vasos sanguíneos periféricos por el calor, se presenta en los brazos, pies, tobillos y piernas
EFFECTOS GRAVES	

	CONSORCIO ASFALTOS DEL ORIENTE	
	PLAN DE MEJORAS PARA MITIGAR LOS EFECTOS DEL ESTRÉS TÉRMICO EN LA CUADRILLA DE ASFALTADO VIAL	Versión: 1
Código: CAO-SSO-01	Fecha: 2025-11-01	Página 17 de 20

Agotamiento por calor (NF01.2)	Consiste en la incapacidad para mantener el gasto cardíaco y presión arterial, causado por la alta demanda de flujo sanguíneo a la piel para disipar el calor, cuando además se presentan hipertermias (temperatura corporal central ≥ 39 °C), es probable daños en órganos como riñones e hígado, y en tejidos como, el musculoesquelético, puede resolverse en meses, sin embargo, puede causar un daño residual, lo que aumenta la morbilidad y mortalidad a largo plazo.
Golpe de calor por esfuerzo (NF06.0)	Es la incapacidad del organismo para disipar el calor metabólico producto de un esfuerzo físico excesivo. Puede causar disfunción del sistema nervioso, hígado, riñones, inflamación vascular y coagulopatías. Suele aparecer de forma esporádica en los primeros 60 minutos de actividad, incluso sin altas temperaturas. En personas jóvenes y sanas la mortalidad es menor al 5%. En sedentarios o adultos mayores puede llegar al 20%. Entre los síntomas se tiene: Hipertemia (>40 °C), delirios, convulsión, piel caliente y sudoración
Desequilibrios de líquidos y electrolitos (5C72, MG43.4Y)	La hiperhidratación es la pérdida rápida de agua y la deshidratación una reducción mayor del volumen corporal, cualquiera de las dos es grave cuando la masa disminuye más del 2%. La hiponatremia, caracterizada por la baja concentración de sodio (<135 mmol/L) tras un esfuerzo prolongado, presenta síntomas similares a la deshidratación como: confusión, dolor de cabeza y letargo; sin embargo, el signo distintivo es el vómito, que indica la necesidad de tratarla como hiponatremia si no hay respuesta inmediata a la rehidratación.
Otros	Dermatosis, lesión renal, aguda/crónica, cálculos renales (urolitiasis), dislipidemia inducida por calor

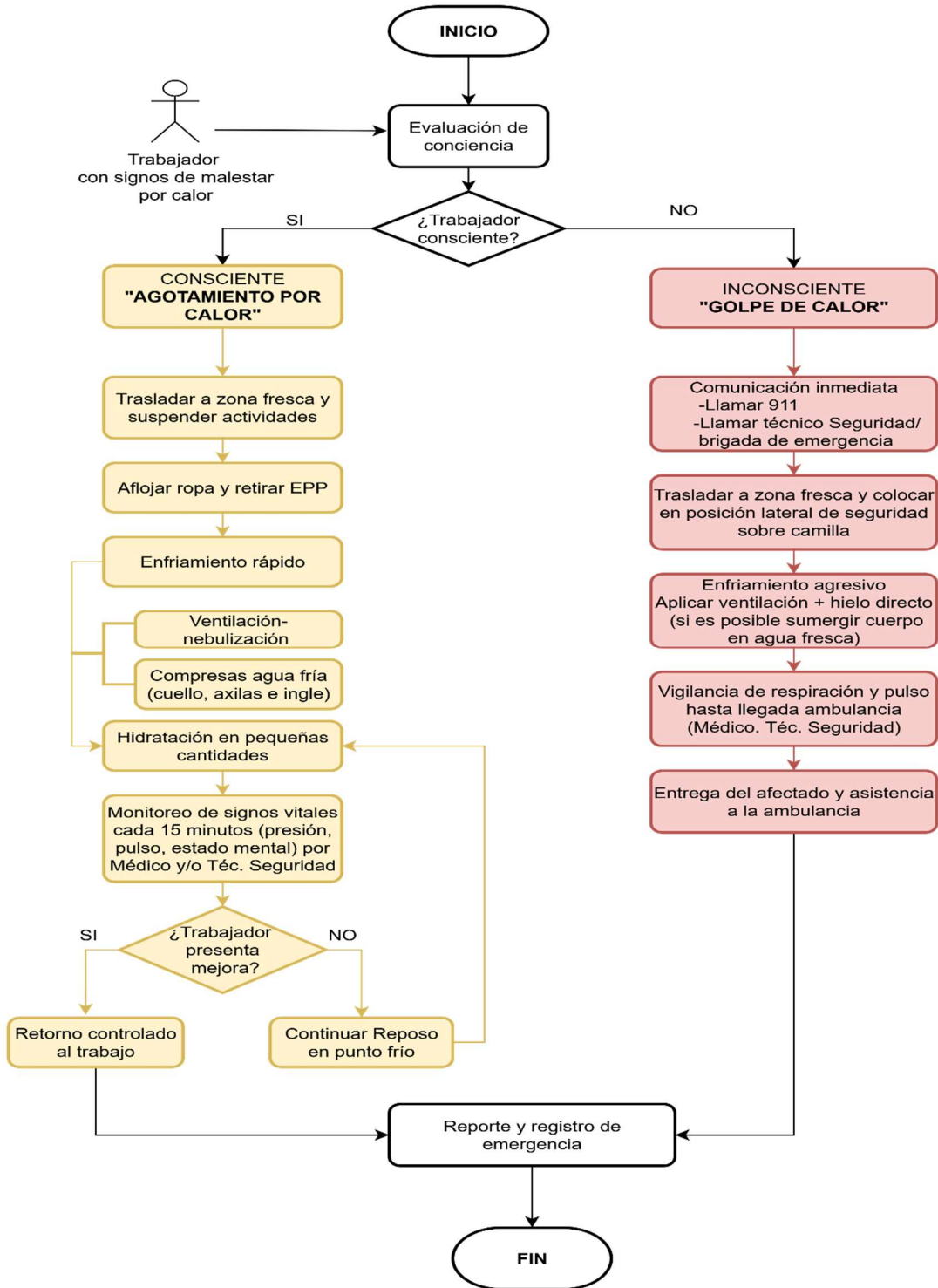
Nota. Fuente: (OMS & WMO, 2025)

Se deberá conformar una brigada de actuación frente a emergencias producto del estrés térmico, este protocolo contará con los recursos asignado para la actuación y con el trabajo conjunto de la cuadrilla de asfalto, personal técnico y médico ocupacional, como se observa en la figura 7.

	CONSORCIO ASFALTOS DEL ORIENTE	
	PLAN DE MEJORAS PARA MITIGAR LOS EFECTOS DEL ESTRÉS TÉRMICO EN LA CUADRILLA DE ASFALTADO VIAL	Versión: 1
Código: CAO-SSO-01	Fecha: 2025-11-01	Página 18 de 20

Figura 7

Diagrama de flujo de proceso de actuación frente a emergencias



Nota. La imagen muestra un protocolo de acción frente a agotamiento y golpe de calor.

	CONSORCIO ASFALTOS DEL ORIENTE	
	PLAN DE MEJORAS PARA MITIGAR LOS EFECTOS DEL ESTRÉS TÉRMICO EN LA CUADRILLA DE ASFALTADO VIAL	Versión: 1
Código: CAO-SSO-01	Fecha: 2025-11-01	Página 19 de 20

10 CONCLUSIONES

- Este documento contiene una serie de propuestas de mejora para el control del riesgo a estrés térmico, se han planteado considerando tanto las particularidades de cada puesto de trabajo, como medidas generales de aplicación a la cuadrilla de asfaltado vial.
- En la matriz de medidas, se encontrarán presupuestos referenciales para su implementación, sin embargo, es los precios pueden fluctuar acorde a las fechas de implementación.

11 REFERENCIAS

- American Conference of Governmental Industrial Hygienists. (2024). *Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents & Biological Exposure Indices: TLVs and BEIs*. (ACGIH (ed.); 4th ed.). ACGIH. <https://www.acgih.org>
- Andrews, T. (2023). *Agua, sombra y descanso*. Western Center for Agricultural Health and Safety. <https://aghealth.ucdavis.edu/es/news/agua-sombra-y-descansos>
- Ávila, I., Martínez, Y., Baques, R., López, C., Sáez, W., & González, O. (2016). *Estrés térmico, salud y confort laboral* (I. M. Rodríguez (ed.); Primera). <https://www.paho.org/sites/default/files/2021-04/Folleto-estres-termico.pdf>
- Chaen, Y., Onitsuka, S., & Hasegawa, H. (2020). *Wearing a Cooling Vest During Half-Time Improves Intermittent Exercise in the Heat*. 10(June 2019), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00711>
- Ciuha, U., Valenčič, T., & Mekjavic, I. B. (2021). Cooling efficiency of vests with different cooling concepts over 8-hour trials. *Ergonomics*, 64(5), 625–639. <https://doi.org/10.1080/00140139.2020.1853820>
- Construex. (2022). *Ventilador nebulizador agua*. https://www.construex.com.ec/exhibidores/aire_control/producto/ventilador_nebulizador_agua
- Farnham, C., & Yuan, J. (2025). *Evaluation of the Cooling Effect of an Outdoor Misting Fan for Workers in Hot Environments Wearing Personal Protective Equipment (PPE)*.

	CONSORCIO ASFALTOS DEL ORIENTE	
	PLAN DE MEJORAS PARA MITIGAR LOS EFECTOS DEL ESTRÉS TÉRMICO EN LA CUADRILLA DE ASFALTADO VIAL	Versión: 1
		Página 20 de 20
Código: CAO-SSO-01	Fecha: 2025-11-01	

ICE BEAR. (2024). *Refrigeración en verano por evaporación de la Chaqueta Ice Cool Vest.*

https://es.made-in-china.com/co_icebear/product_Evaporative-Summer-Cooling-Ice-Jacket-Cool-Vest_ysnyyghsug.html

Losilla, J. (2022). *Valoración del riesgo de estrés térmico: Índice “WBGT.”* Dialnet.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8771910>

National Institute for Occupational Safety and Health. (2016). *Occupational Exposure to heat and Hot Environments.* <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2016-106/pdfs/2016-106.pdf>

OIT. (2024). *Garantizar la seguridad y la salud en el trabajo en un clima cambiante.* In *Informe* (Primera ed). <https://www.ilo.org/es/publications/garantizar-la-seguridad-y-la-salud-en-el-trabajo-en-un-clima-cambiante>

OMS & WMO. (2025). *Climate change and heat stress technical report and guidance.* In *Occupational Medicine* (Vol. 74, Issue 2). <https://doi.org/10.1093/occmed/kgad129>

OSHA. (2024). *Prevention. Engineering controls, work practices and personal protective equipment.* <https://www.osha.gov/heat-exposure/controls>

OSHA, & NIOSH. (2021). *Protecting Workers from Heat Illness.* www.osha.gov/publications

Salescout. (2023). *Chaleco de refrigeración.* <https://www.salescoutonline.com/producto-p-107015.html>

Wang, P., Sumei, L., Xiaowei, W., & Ning, L. (2024). *Mist Spraying as an Outdoor Cooling Spot in Hot-Humid Areas : Effect of Ambient Environment and Impact on Short-Term Thermal Perception.* *Buildings*, 14(336), 1–22. <https://doi.org/10.3390/buildings14020336>