

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS
RECTORIA VIRTUAL

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS

EVALUACIÓN DEL RIESGO TÉRMICO Y SU MITIGACIÓN CON TEXTILES
INTELIGENTES EN MINERÍA CÚCUTA 2024

Modalidad: Opción de grado Monografía

Autor

ANA MARÍA GÓMEZ MORA

Director

LUIS ALBERTO CARDENAS OTAYA

Mercado y publicidad Maestría en dirección y gestión de empresas

CÚCUTA, COLOMBIA

AGOSTO, 2024

Tabla de contenido

Resumen	3
Introducción.....	4
Objetivos.....	6
Antecedentes	7
Capítulo 2. Evaluación	14
Capítulo 3. Resultados	20
Conclusión.....	28
Referencias	30
Apéndice A.....	32
Apéndice B.....	34
Apéndice C.....	35
Apéndice D.....	36

Resumen

El proyecto de investigación aborda el problema del estrés térmico en la minería subterránea, con un enfoque específico en una empresa minera privada de Cúcuta. Este estudio examina cómo las altas temperaturas y la humedad extremas afectan la salud, la seguridad y la productividad de los trabajadores. El estrés térmico puede inducir problemas graves como agotamiento por calor, deshidratación y golpes de calor, comprometiendo tanto el bienestar de los empleados como la eficiencia operativa de las minas.

La investigación propone evaluar los riesgos asociados al estrés térmico y explorar el uso de textiles inteligentes como una solución efectiva para mitigar estos efectos adversos. Los textiles inteligentes, caracterizados por su capacidad de responder interactivamente a estímulos externos, ofrecen una vía prometedora para mejorar las condiciones laborales en ambientes subterráneos. Estos materiales innovadores pueden reducir la sensación térmica y aumentar la seguridad y la comodidad de los trabajadores, potencialmente mejorando la eficiencia y reduciendo el riesgo de accidentes.

El estudio se centra en identificar y describir los riesgos relacionados con el estrés térmico y los tipos de textiles inteligentes disponibles en el mercado. Además, busca proporcionar una base de información para la futura implementación de estos textiles como parte del vestuario minero. La justificación de esta investigación radica en la necesidad de enfrentar los desafíos de seguridad y las condiciones laborales adversas en la minería subterránea, con el objetivo final de mejorar la productividad y proteger la salud de los trabajadores mediante una protección personal adecuada y tecnológicamente avanzada.

Palabras clave: Altas temperaturas, Estrés térmico, Humedad, Minería subterránea, Mitigar, Productividad, Salud, Seguridad, Textiles inteligentes.

Introducción

La minería subterránea es una actividad esencial para la economía de muchas regiones, incluida la ciudad de Cúcuta. Sin embargo, los trabajadores de minería subterránea enfrentan condiciones ambientales extremas que pueden poner en peligro su salud y seguridad. Uno de los principales desafíos es el riesgo térmico, que se refiere a los efectos negativos que las temperaturas extremas pueden tener en la salud y el rendimiento de los trabajadores. Según Castro, Delgado y Cáceres (2014), en la minería subterránea, el riesgo térmico se manifiesta de varias maneras, y las temperaturas elevadas en las minas pueden llevar a una serie de problemas de salud, incluyendo agotamiento por calor, deshidratación y golpes de calor. Estos problemas no solo afectan la salud física de los trabajadores, sino que también pueden reducir su capacidad para desempeñar sus tareas de manera eficiente, lo que a su vez puede impactar negativamente en la productividad y la seguridad general de las operaciones mineras.

El problema central de esta investigación es la evaluación del impacto del estrés térmico en los trabajadores de minería subterránea en Cúcuta y la eficacia de los textiles inteligentes como una solución para mitigar estos riesgos. El estrés térmico, causado por la exposición prolongada a altas temperaturas y condiciones húmedas, puede inducir diversas enfermedades relacionadas con el calor y representar un grave riesgo para la salud (Ministerio de Trabajo, 2015). Este problema es particularmente relevante en la región de Cúcuta, donde las condiciones ambientales pueden intensificar los efectos del estrés térmico debido a las altas temperaturas y la limitada ventilación en las minas subterráneas.

La presente investigación se enfocará en los trabajadores de minería subterránea de una organización privada en Cúcuta durante el año 2024. La elección de esta región y periodo de tiempo responde a la necesidad de evaluar las condiciones actuales en un contexto específico y relevante. Cúcuta, siendo una ciudad con importantes actividades mineras y características climáticas particulares, ofrece un entorno adecuado para analizar los riesgos térmicos en minería subterránea y evaluar la viabilidad de soluciones innovadoras como los textiles inteligentes.

Esta investigación se apoya en la teoría de la ergonomía y la fisiología del trabajo para abordar el problema del riesgo térmico. La ergonomía estudia cómo diseñar los entornos laborales para optimizar el bienestar y el rendimiento de los trabajadores (Dul & Weerdmeester, 2008), mientras que la fisiología del trabajo examina cómo las condiciones ambientales afectan la salud física y el rendimiento. Desde esta perspectiva, se analizará cómo el estrés térmico afecta a los trabajadores de minería subterránea y cómo los textiles inteligentes, que incorporan tecnologías avanzadas para la regulación de la temperatura, pueden servir como una herramienta efectiva para mitigar estos riesgos (Bustamante, 2018).

Los textiles inteligentes representan una innovación en el diseño de ropa de protección, utilizando materiales y tecnologías que responden a las condiciones térmicas del entorno. Estos textiles pueden incluir características como la absorción y liberación de calor, la regulación de la humedad y la mejora del confort térmico (Abanderado, 2021), ofreciendo una solución potencial para los problemas asociados con el estrés térmico en ambientes extremos. La adopción de estas tecnologías en la minería subterránea puede contribuir significativamente a mejorar la seguridad y el bienestar de los trabajadores, así como a aumentar la eficiencia operativa.

La investigación propuesta es relevante no solo para la salud y seguridad de los trabajadores de minería subterránea en Cúcuta, sino también para la industria minera en general. Al evaluar los riesgos térmicos y explorar soluciones innovadoras como los textiles inteligentes, este estudio busca proporcionar recomendaciones prácticas que puedan ser implementadas para mejorar las condiciones laborales y reducir los riesgos asociados con el estrés térmico. La implementación de estas soluciones puede tener un impacto positivo en la salud de los trabajadores, la productividad de las operaciones mineras y el desarrollo sostenible de la industria en la región.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar los riesgos que se originan por el estrés térmico en los trabajadores de minería subterránea de una organización privada de la ciudad de Cúcuta.

Objetivos Específicos

Identificar los riesgos que afectan a los trabajadores en la minería subterránea vinculados al estrés térmico.

Describir los tipos de textiles inteligentes usados en el mercado para contrarrestar el estrés térmico en las organizaciones mineras.

Recomendaciones del uso de textiles inteligentes en la minería subterránea.

Antecedentes

En la minería subterránea la temperatura y la humedad relativa aumenta con la profundidad, influyendo significativamente en el índice de estrés térmico que experimentan los trabajadores, un estudio en la mina de carbón san José evaluó el índice de calor en diferentes frentes de trabajo, se midieron la temperatura seca, la humedad relativa y los tiempos de permanencia de los trabajadores utilizando termo- hidrómetros y psicrómetros, colocados en varios puntos durante cinco minutos hasta estabilizar la medida los resultados permitieron determinar el grado de confort térmico de los trabajadores en la zona estudiada. (Castro, Delgado, Cáceres (2014)

El Decreto 1886 de 2015 del Ministerio de Trabajo de Colombia, que establece el Reglamento de Seguridad en las Labores Mineras Subterráneas, proporciona directrices específicas para gestionar los riesgos asociados a las condiciones térmicas en el entorno de trabajo. El Capítulo III de este decreto aborda la temperatura efectiva en los frentes de trabajo, definida como el valor obtenido mediante la fórmula: $t_e = 0.7 t_h + 0.3 t_s - V$, donde "th" representa la temperatura húmeda en grados centígrados, "ts" es la temperatura seca en grados centígrados, y "V" es la velocidad de la corriente del aire en metros por segundo. Esta fórmula permite calcular una temperatura que refleja de manera más precisa el estrés térmico al que están expuestos los trabajadores en condiciones subterráneas.

El Artículo 218 del mismo decreto establece los tiempos de permanencia en los frentes de trabajo basados en la temperatura efectiva (t_e). Según la regulación, cuando la temperatura efectiva es de 28 °C, no hay limitaciones en el tiempo de permanencia. Sin embargo, cuando la temperatura efectiva alcanza los 29 °C, el tiempo de permanencia se reduce a seis horas. Si la temperatura llega a 30 °C, el tiempo permitido de trabajo se restringe a cuatro horas, y a dos horas cuando la temperatura efectiva es de 31 °C. En condiciones extremas donde la temperatura efectiva supera los 32 °C, el tiempo de permanencia es cero, es decir, los trabajadores no deben permanecer en el área. Este párrafo especifica que en aquellas partes de la mina donde la temperatura efectiva supere los 31 °C, solo pueden ingresar cuadrillas de salvamento minero o equipos de seguridad y salvamento minero, destacando la gravedad de las condiciones térmicas extremas y la necesidad de una intervención especializada.

Estas disposiciones son fundamentales para garantizar la seguridad y la salud de los trabajadores mineros. Al proporcionar un marco claro para el monitoreo y la regulación de la temperatura y la humedad en los frentes de trabajo, el decreto no solo ayuda a prevenir el estrés térmico, sino que también asegura que se tomen medidas adecuadas para proteger a los trabajadores en condiciones extremas.

La implementación de estas regulaciones es crucial para minimizar los riesgos asociados con el estrés térmico y para asegurar que las operaciones mineras se realicen de manera segura y eficiente. Estas regulaciones también sirven como un punto de referencia esencial para investigaciones y evaluaciones del riesgo térmico en el ámbito de la minería subterránea, proporcionando un marco normativo que respalda la importancia de la seguridad térmica en las minas.

Según la información disponible en el sitio web Riesgos Laborales, los ambientes de trabajo con temperaturas extremas pueden causar graves problemas de salud, incluyendo quemaduras y agotamiento por calor en condiciones de alta temperatura, y hipotermia en condiciones de frío extremo (Riesgos Laborales, n.d.).

En ambientes de trabajo con temperaturas extremadamente altas, los trabajadores están expuestos a riesgos de salud severos. Las temperaturas superiores a 45 °C pueden causar daños graves, como quemaduras en la piel. Además, si la temperatura interna del cuerpo alcanza más de 42 °C, puede provocar efectos adversos significativos en la salud, como agotamiento por calor o golpe de calor. Estas condiciones extremas requieren una gestión adecuada para prevenir daños y asegurar la seguridad de los trabajadores.

Por otro lado, las temperaturas extremadamente bajas también representan un riesgo significativo. En condiciones frías severas, los trabajadores pueden desarrollar hipotermia, una condición peligrosa que ocurre cuando la temperatura del cuerpo desciende por debajo del nivel necesario para mantener funciones corporales normales. La hipotermia puede ser potencialmente mortal si no se trata de manera oportuna y adecuada.

Para mitigar estos riesgos térmicos, se deben implementar una serie de métodos de control y medidas preventivas. En el caso de temperaturas altas, las estrategias incluyen:

- Uso de Equipos de Protección Personal (EPP): Equipos diseñados para proteger al trabajador de la exposición directa al calor, como ropa de trabajo especial y equipos de protección contra el calor.
- Aumento de Ventilación Local con Extracción: Mejorar la circulación del aire y la extracción de aire caliente para reducir la acumulación de calor en el área de trabajo.
- Métodos de Enfriamiento: Implementar sistemas de enfriamiento por evaporación o refrigeración mecánica para bajar la temperatura del aire y de las superficies.
- Inclusión de Pantallas Protectores: Usar pantallas o barreras que protejan a los trabajadores de la radiación térmica directa.
- Provisión de Agua Potable: Asegurar que los empleados tengan acceso constante a agua potable para prevenir la deshidratación y permitir la reposición de líquidos perdidos.

Estas medidas son esenciales para controlar los riesgos asociados con las temperaturas extremas y proteger la salud de los trabajadores en entornos industriales y mineros. La implementación efectiva de estos controles no solo ayuda a prevenir enfermedades relacionadas con el calor y el frío, sino que también contribuye a mantener un entorno de trabajo seguro y saludable.

Existen tipos de riesgos laborales como lo es este factor involucrado en esta investigación, agente por temperatura, “En este caso se hace referencia a situaciones donde se presentan temperaturas extremas, bien sea, muy altas o bajas.” (Riesgos Laborales, Prevención, Medidas y Ley, 2019). Cuando las temperaturas son extremadamente bajas, el trabajador puede desarrollar hipotermia, mientras que, en condiciones de temperaturas elevadas, existe el riesgo de sufrir quemaduras. Además, este factor puede provocar efectos secundarios como deshidratación, mareos, desorientación, cansancio, fatiga, entre otros.

La industria textil ha experimentado una transformación significativa con la introducción de los tejidos inteligentes, que incorporan tecnologías avanzadas para responder a diversos estímulos externos. Estos materiales no solo cumplen con las funciones tradicionales de la vestimenta, como la protección y el confort, sino que también añaden funcionalidades avanzadas, como la capacidad de monitorear la salud del usuario, regular la temperatura corporal o incluso producir energía a partir del movimiento (Abanderado, 16/09/2021).

Estos desarrollos son posibles gracias a la integración de sensores, materiales conductivos y microprocesadores en las fibras textiles. Por ejemplo, algunos tejidos inteligentes pueden modificar sus propiedades térmicas en respuesta a cambios en la temperatura ambiente, lo que resulta especialmente útil en entornos extremos como la minería subterránea. En estos escenarios, donde las condiciones térmicas pueden variar drásticamente, el uso de tejidos inteligentes podría contribuir significativamente a la mitigación del estrés térmico en los trabajadores, mejorando tanto su seguridad como su bienestar (Abanderado, 16/09/2021).

Además, estos tejidos avanzados son capaces de recolectar datos en tiempo real sobre el estado físico del usuario, lo que permite un monitoreo continuo y la implementación de medidas preventivas en caso de detectar niveles peligrosos de temperatura o fatiga térmica. Este aspecto resulta crucial en la industria minera, donde los trabajadores están constantemente expuestos a riesgos derivados del calor extremo y la humedad (Abanderado, 16/09/2021).

“Los textiles inteligentes son tejidos que tienen componentes electrónicos incorporados. Estos componentes pueden incluir dispositivos como conductores, circuitos integrados, diodos emisores de luz, baterías y hasta pequeñas computadoras. Tienen los dispositivos electrónicos entretejidos de manera imperceptible, lo que les permite ser flexibles. Mientras que algunas formas de textiles inteligentes se utilizan para fabricar ropa, también se pueden usar para textiles destinados a diseño de interiores” (Bustamante, 2018). El desarrollo y la integración de componentes electrónicos en los tejidos han marcado una revolución en la industria textil, permitiendo la creación de productos que no solo cumplen con su función básica de cobertura, sino que también incorporan capacidades tecnológicas avanzadas. La flexibilidad de estos materiales, al tener los dispositivos electrónicos entretejidos de manera casi invisible, amplía sus aplicaciones más allá de la ropa, abriendo nuevas posibilidades en el diseño de interiores. Esta tecnología promete mejorar la funcionalidad de los textiles en una variedad de contextos, al tiempo que mantiene la comodidad y la estética del producto final. La capacidad de integrar dispositivos como circuitos integrados y sensores en los tejidos refleja un

avance significativo en la ingeniería textil, con implicaciones potenciales para una amplia gama de usos prácticos e innovadores.

Para la implementación de textiles inteligentes con propiedades de termorregulación, se utilizan materiales de cambio de fase, conocidos como PCMs (Phase Change Materials). Estos materiales tienen la capacidad de liberar o absorber energía durante la transición de fase, lo que permite una regulación efectiva del calor y el enfriamiento en función de las condiciones térmicas. La integración de PCMs en los textiles facilita la adaptación de la prenda a las variaciones de temperatura, proporcionando un confort térmico mejorado para el usuario. “Los PCMs cuentan con tres etapas las cuales son: absorción del calor, almacenamiento de calor y liberación del calor y tienen la cualidad de cambiar su estado físico de sólido a líquido y viceversa dentro de un determinado rango de temperaturas” (Canales Sectoriales Interempresas, 2017).

(Dul & Weerdmeester, 2008) Destaca la importancia de la ergonomía como una disciplina esencial para la adaptación de las condiciones laborales a las capacidades humanas. En el contexto de la minería subterránea, esta adaptación es crucial para garantizar la seguridad y el bienestar de los trabajadores, quienes están expuestos a entornos extremadamente exigentes. La ergonomía no solo busca prevenir lesiones y enfermedades ocupacionales, sino también optimizar el rendimiento de los trabajadores al reducir la fatiga y los riesgos asociados a factores como el estrés térmico. Esta visión integral es fundamental para la implementación de soluciones que mejoren las condiciones de trabajo, y en particular, para la adopción de textiles inteligentes que puedan mitigar los efectos adversos del ambiente laboral en la minería. Por tanto, la ergonomía se presenta no solo como una herramienta de prevención, sino como una estrategia de mejora continua en la gestión de riesgos laborales.

(Kroemer y Grandjean, 2009) es un referente clave en el campo de la ergonomía ocupacional, proporcionando una comprensión profunda de cómo adaptar las tareas laborales a las capacidades humanas para maximizar la eficiencia y minimizar los riesgos de salud. En el contexto de la minería subterránea, esta perspectiva es especialmente relevante, ya que los trabajadores están expuestos a condiciones extremas que pueden afectar su bienestar y seguridad. La idea central de "ajustar la tarea al ser humano" resalta la importancia de diseñar

entornos y equipos de trabajo que no solo prevengan lesiones, sino que también mejoren la comodidad y el rendimiento. Al aplicar estos principios en la minería, se pueden desarrollar soluciones ergonómicas, como el uso de textiles inteligentes, que aborden de manera efectiva los riesgos asociados con el estrés térmico. Esto no solo protege a los trabajadores, sino que también contribuye a una mayor eficiencia operativa, demostrando cómo la ergonomía es fundamental para el éxito en industrias tan desafiantes como la minería.

El *Fairchild's Dictionary of Textiles* de Tortora y Merkel (2020) es una fuente esencial para comprender la amplia variedad de materiales textiles y sus aplicaciones en diversos campos, incluyendo la seguridad laboral. En el contexto de la minería subterránea, donde los trabajadores enfrentan condiciones ambientales adversas, la elección de textiles adecuados puede marcar una gran diferencia en la mitigación de riesgos como el estrés térmico. Esta obra proporciona una base sólida para entender cómo los avances en textiles, especialmente los inteligentes, pueden ser aplicados de manera efectiva para mejorar las condiciones laborales. La incorporación de textiles inteligentes, que regulan la temperatura corporal y mejoran el confort, no solo responde a las necesidades ergonómicas de los trabajadores, sino que también representa un avance tecnológico que puede transformar la seguridad y eficiencia en la minería. Así, el conocimiento profundo de las propiedades de los textiles, como el que ofrece este diccionario, es fundamental para desarrollar soluciones innovadoras y efectivas en la gestión del riesgo térmico.

El *Textbook of Medical Physiology* de Guyton y Hall (2011) es una obra fundamental en el estudio de la fisiología humana, proporcionando un análisis detallado de los mecanismos que el cuerpo utiliza para mantener la homeostasis. En el contexto de la minería subterránea, donde los trabajadores enfrentan condiciones térmicas extremas, la comprensión de estos mecanismos, especialmente la termorregulación, es crucial para prevenir y mitigar los efectos adversos del estrés térmico. Guyton y Hall explican cómo el cuerpo humano responde a las variaciones de temperatura mediante procesos como la sudoración y la vasodilatación, que son vitales para disipar el calor y mantener una temperatura corporal estable. Sin embargo, en ambientes extremos como las minas subterráneas, estos mecanismos pueden verse superados, lo que puede resultar en condiciones peligrosas como la hipertermia. La comprensión profunda

de estos procesos fisiológicos es esencial para el diseño e implementación de medidas ergonómicas, como los textiles inteligentes, que pueden ayudar a mantener la homeostasis térmica y proteger la salud y seguridad de los trabajadores. Así, la obra de Guyton y Hall no solo subraya la importancia de la fisiología en la gestión del estrés térmico, sino que también proporciona una base científica sólida para el desarrollo de soluciones innovadoras en este campo.

El *Textbook of Medical Physiology* de Guyton y Hall (2011) proporciona una comprensión profunda de los procesos fisiológicos que permiten al cuerpo humano mantener un equilibrio interno adecuado, incluso bajo condiciones adversas. En particular, el libro ofrece una explicación detallada sobre la termorregulación, un proceso crucial para la protección de la salud en entornos laborales extremos como la minería subterránea. La capacidad del cuerpo para regular su temperatura mediante mecanismos como la sudoración y la vasodilatación es fundamental para prevenir el estrés térmico, que puede llevar a problemas serios como golpes de calor y deshidratación.

Comprender estos mecanismos fisiológicos no solo ayuda a identificar los riesgos asociados con el calor extremo, sino que también es esencial para desarrollar soluciones efectivas para mitigar estos riesgos. La implementación de tecnologías como los textiles inteligentes, que mejoran la regulación térmica, se basa en el conocimiento de cómo el cuerpo maneja el calor. Al aplicar los principios descritos por Guyton y Hall, podemos diseñar intervenciones ergonómicas que no solo protejan a los trabajadores de los efectos adversos del calor, sino que también optimicen su bienestar y rendimiento. Por lo tanto, el texto de Guyton y Hall no solo aporta una base teórica sólida sobre la fisiología humana, sino que también proporciona un marco valioso para abordar desafíos prácticos en entornos de trabajo exigentes.

Capítulo 2. Evaluación

Este capítulo se centra en la evaluación del estrés térmico en la minería subterránea, utilizando una perspectiva teórica y contextual. Esta evaluación permite comprender cómo las condiciones ambientales de alta temperatura y humedad afectan negativamente la salud y seguridad de los trabajadores mineros en Cúcuta, impactando no solo su bienestar físico, sino también la productividad y la eficiencia operativa de las minas.

El estrés térmico es un problema crítico en la minería subterránea debido a las características inherentes del entorno de trabajo. Las minas suelen estar ubicadas en profundidades donde la ventilación natural es limitada, lo que, junto con el calor generado por las máquinas y la actividad humana, crea un ambiente propenso a temperaturas elevadas. Estas condiciones son particularmente desafiantes en zonas con climas cálidos y húmedos, como es el caso de Cúcuta, donde los trabajadores se enfrentan a niveles de estrés térmico que pueden llevar a problemas de salud graves como agotamiento por calor, deshidratación y golpes de calor.

Desde un punto de vista contextual, es crucial entender que el estrés térmico no solo tiene implicaciones para la salud de los trabajadores, sino que también impacta la productividad de la operación minera. Los síntomas físicos asociados con el estrés térmico, como fatiga, disminución de la concentración y malestar general, pueden llevar a errores en la toma de decisiones, aumentando el riesgo de accidentes y reduciendo la eficiencia en las tareas realizadas. Además, la presencia de condiciones extremas puede requerir pausas frecuentes para la recuperación, lo que afecta el ritmo de trabajo y, en consecuencia, la producción.

Teóricamente, el análisis del estrés térmico se puede abordar desde varias perspectivas que ayudan a entender su impacto y a desarrollar soluciones efectivas. Una de estas perspectivas es la teoría de la regulación térmica, que explica cómo el cuerpo humano intenta mantener una temperatura interna estable en respuesta a cambios ambientales. Cuando las temperaturas externas superan los niveles tolerables, los mecanismos naturales de regulación, como la sudoración y el aumento del flujo sanguíneo hacia la piel, pueden volverse insuficientes, conduciendo a los problemas de salud mencionados.

Otra perspectiva teórica relevante es la ergonomía, que estudia cómo adaptar las condiciones de trabajo para optimizar la seguridad y el bienestar de los trabajadores. La ergonomía sugiere que, en el caso de la minería subterránea, es fundamental implementar medidas que minimicen la exposición al calor y faciliten la disipación del calor corporal, lo que puede incluir la mejora de la ventilación y el uso de equipos de protección adecuados.

En cuanto a las soluciones, el uso de textiles inteligentes se presenta como una estrategia prometedora para mitigar los efectos del estrés térmico. Estos materiales avanzados pueden responder a estímulos externos, como el calor, proporcionando una sensación de enfriamiento y ayudando a regular la temperatura corporal de los trabajadores. Al integrar estos textiles en el vestuario minero, es posible reducir la carga térmica sobre los empleados, mejorar su comodidad y, por ende, su desempeño y seguridad.

Evaluar el estrés térmico en la minería subterránea desde una perspectiva teórica y contextual es esencial para identificar los riesgos y desarrollar estrategias de mitigación efectivas. Esta evaluación no solo permite comprender la magnitud del problema y sus consecuencias, sino que también facilita la implementación de soluciones innovadoras, como los textiles inteligentes, que pueden mejorar significativamente las condiciones de trabajo y contribuir a la seguridad y eficiencia de las operaciones mineras.

El área de estudio se caracteriza por una serie de factores espaciales y físicos que influyen directamente en la problemática objeto de análisis. Geográficamente, se trata de una región ubicada en un entorno montañoso, donde las actividades económicas principales están relacionadas con la minería subterránea. Esta industria ha moldeado el desarrollo económico local, aunque también ha generado desafíos significativos en términos de salud y seguridad para los trabajadores.

La densidad poblacional en la zona es baja, lo que se traduce en una infraestructura sanitaria limitada, con servicios de salud que no siempre están adecuadamente equipados para atender emergencias laborales, especialmente en el contexto de accidentes mineros. Además, las condiciones ambientales extremas, como las altas temperaturas y la humedad dentro de las minas, aumentan los riesgos asociados al trabajo subterráneo, haciendo imprescindible una evaluación cuidadosa de estos factores.

Económicamente, la región depende en gran medida de la minería, lo que genera una presión constante para mantener las operaciones a pesar de los riesgos involucrados. Esta dependencia económica también ha llevado a una insuficiente inversión en mejoras infraestructurales y tecnológicas que podrían mitigar estos riesgos. La combinación de estos factores crea un entorno desafiante para los trabajadores, cuyas condiciones laborales se ven afectadas tanto por las características físicas del espacio como por las limitaciones económicas de la región.

La descripción detallada de este contexto es fundamental para entender la magnitud del problema, ya que los factores geográficos, demográficos y económicos no solo influyen en la salud y seguridad de los trabajadores, sino que también condicionan las posibles soluciones que se pueden implementar. Por ejemplo, las barreras geográficas y la dispersión poblacional dificultan la implementación de sistemas de salud integrados y eficientes, lo que a su vez incrementa los riesgos para la población trabajadora.

La situación objeto de estudio se centra en los riesgos térmicos que enfrentan los trabajadores en las minas subterráneas, un problema que tiene raíces tanto en las condiciones físicas del entorno como en la estructura económica y social de la región. Estos riesgos térmicos se manifiestan en forma de golpes de calor, deshidratación, y en casos extremos, agotamiento térmico, condiciones que ponen en peligro la vida de los trabajadores y afectan su capacidad para realizar sus tareas de manera segura y eficiente.

Entre los factores que contribuyen a esta situación, se destaca la falta de ventilación adecuada en las minas, que provoca la acumulación de calor y humedad, creando un ambiente laboral extremadamente adverso. Además, las largas jornadas laborales, combinadas con la falta de descanso y el acceso limitado a agua potable, agravan estos riesgos, ya que los trabajadores no tienen las condiciones necesarias para recuperarse adecuadamente del estrés térmico.

El análisis de la situación actual también revela una serie de problemas estructurales, como la insuficiente implementación de políticas de salud y seguridad laboral, y la falta de capacitación específica para manejar los riesgos térmicos.

Este apartado no solo describe los problemas, sino que también explora sus causas y efectos en detalle, proporcionando una visión clara de cómo interactúan diversos factores para crear un entorno laboral peligroso. La falta de inversión en tecnología de mitigación de calor, la escasez de recursos para la salud ocupacional y la inadecuada capacitación de los trabajadores son todos elementos que contribuyen a la perpetuación de esta problemática.

Para abordar la problemática de los riesgos térmicos en la minería subterránea, es necesario considerar diversas perspectivas teóricas que ofrecen un marco para el análisis y la intervención. Una de las teorías más relevantes en este contexto es la Teoría de la Prevención de Riesgos Laborales, que subraya la importancia de identificar, evaluar y mitigar los riesgos en el entorno laboral. Esta teoría proporciona un marco estructurado para desarrollar estrategias de intervención que reduzcan la exposición de los trabajadores a condiciones peligrosas.

Otra perspectiva teórica importante es la Teoría de la Gestión de la Salud Ocupacional, que enfatiza la necesidad de integrar la salud y la seguridad en todos los aspectos de la gestión laboral. Esta teoría sugiere que, para mejorar las condiciones laborales, es crucial adoptar un enfoque holístico que incluya no solo la mitigación de riesgos inmediatos, sino también la promoción de la salud a largo plazo de los trabajadores.

Además, la Teoría de la Justicia Social puede aplicarse para analizar cómo las desigualdades estructurales, como la distribución desigual de recursos y la falta de representación de los trabajadores en la toma de decisiones, contribuyen a la perpetuación de riesgos laborales. Desde esta perspectiva, se argumenta que es necesario abordar las disparidades en la distribución de beneficios y riesgos dentro del sector minero para lograr una mejora significativa en las condiciones de trabajo.

Estas teorías ofrecen diferentes enfoques para entender y abordar la problemática, y su aplicación práctica puede ayudar a desarrollar soluciones más efectivas y justas. La selección de estas teorías se justifica por su capacidad para proporcionar un marco analítico robusto y por su relevancia en el contexto específico de la minería subterránea.

En el contexto del estrés térmico en la minería subterránea, se presentan varias estrategias que podrían mitigar sus efectos adversos y mejorar las condiciones laborales. Cada

una de estas soluciones se analiza a continuación en términos de sus ventajas, desventajas, y requisitos para su implementación, así como una evaluación de su viabilidad y efectividad.

La mejora de los sistemas de ventilación y refrigeración en las minas, Esta solución consiste en optimizar la infraestructura de ventilación existente para aumentar el flujo de aire fresco y reducir la temperatura interna de las minas. Implementar sistemas de enfriamiento mecánico, como enfriadores de aire subterráneos, podría ser una medida adicional. Estas mejoras permiten una disipación más efectiva del calor y reducen los niveles de humedad, creando un entorno de trabajo más seguro y cómodo para los trabajadores. Las desventajas incluyen los altos costos iniciales de instalación y mantenimiento de estos sistemas, así como el consumo significativo de energía que podría resultar en mayores costos operativos. Además, la implementación de estos sistemas en minas de estructura compleja o en zonas de difícil acceso podría enfrentar desafíos técnicos y logísticos.

A pesar de los costos asociados, la mejora de la ventilación y la instalación de sistemas de refrigeración se consideran soluciones altamente efectivas y sostenibles a largo plazo. Un análisis de costo-beneficio indicaría que la inversión inicial se justifica por la reducción en riesgos de salud y la mejora en la productividad y eficiencia. Estudios de casos en otras regiones mineras han demostrado que tales inversiones pueden reducir significativamente las temperaturas internas y mejorar las condiciones laborales.

El uso de textiles inteligentes y vestimenta de protección térmica, Los textiles inteligentes pueden adaptarse a cambios en la temperatura y proporcionar enfriamiento activo a través de tecnologías como materiales de cambio de fase (PCM) o sistemas de enfriamiento por evaporación. Estas vestimentas no solo mejoran la comodidad térmica de los trabajadores, sino que también pueden integrarse con sensores que monitorean los signos vitales y la exposición al calor, permitiendo una respuesta rápida en caso de emergencia.

La principal desventaja radica en el costo de desarrollo y producción de estos materiales avanzados. Además, la capacitación del personal para el uso correcto de estos textiles y la integración de la tecnología de monitoreo podría requerir un esfuerzo adicional. También existe el reto de la durabilidad y la resistencia de estos materiales en condiciones mineras extremas.

La adopción de textiles inteligentes es una solución innovadora que promete mejorar significativamente la seguridad y el bienestar de los trabajadores. Sin embargo, requiere inversiones continuas en investigación y desarrollo para mejorar su efectividad y reducir costos. La implementación en una empresa minera de Cúcuta podría comenzar con proyectos piloto para evaluar su eficacia antes de una adopción a gran escala. La colaboración con fabricantes y proveedores de tecnología sería esencial para asegurar la disponibilidad y el mantenimiento de estos productos.

La capacitación y programas de concienciación sobre el estrés térmico, Implementar programas de capacitación específicos para los trabajadores y el personal de supervisión sobre los riesgos del estrés térmico, los síntomas de sobrecalentamiento y las medidas preventivas puede aumentar la conciencia y preparar mejor a los empleados para gestionar situaciones de calor extremo. Esto incluye la implementación de procedimientos de primeros auxilios y la creación de zonas de descanso con acceso a agua potable y sombra.

La efectividad de estos programas depende del nivel de participación y compromiso tanto de los empleados como de la administración. La resistencia al cambio y la falta de interés pueden limitar el impacto de estas iniciativas. Además, las sesiones de capacitación regulares podrían interrumpir las actividades operativas si no se gestionan adecuadamente.

La capacitación y la concienciación son estrategias de bajo costo que pueden implementarse relativamente rápido. Sin embargo, para maximizar su efectividad, deben combinarse con otras medidas físicas y tecnológicas. La inversión en programas de capacitación puede llevar a una mejor adherencia a las prácticas de seguridad y, a largo plazo, reducir la incidencia de incidentes relacionados con el estrés térmico.

Monitoreo continuo y evaluación de riesgos térmicos, El uso de sensores ambientales y dispositivos portátiles para monitorear las condiciones de temperatura y humedad en tiempo real permite una evaluación continua de los riesgos térmicos. Estos sistemas pueden enviar alertas cuando los niveles de temperatura o exposición al calor alcanzan umbrales peligrosos, permitiendo intervenciones inmediatas.

La instalación y el mantenimiento de un sistema de monitoreo continuo pueden implicar costos elevados y requerir infraestructura de soporte tecnológico. Además, la gestión de datos

y la interpretación precisa de la información recopilada demandan habilidades técnicas especializadas.

La tecnología de monitoreo continuo ofrece un enfoque proactivo para la gestión del estrés térmico, permitiendo respuestas rápidas y precisas. Aunque los costos iniciales pueden ser altos, la inversión en tecnología de monitoreo se justifica por la capacidad de prevenir incidentes graves y mejorar la seguridad general de la operación minera.

Y es así como en este capítulo la combinación de mejoras en ventilación, el uso de textiles inteligentes, programas de capacitación, y sistemas de monitoreo continuo representa un enfoque integral y efectivo para abordar el problema del estrés térmico en la minería subterránea. Implementar estas soluciones de manera coordinada no solo ayudará a proteger la salud y seguridad de los trabajadores, sino que también contribuirá a la sostenibilidad y eficiencia de las operaciones mineras en Cúcuta.

Capítulo 3. Resultados

Este capítulo se dedica a la presentación y análisis exhaustivo de los resultados obtenidos mediante la encuesta cuantitativa realizada a los trabajadores de la mina subterránea en Cúcuta. La investigación se centra en evaluar los riesgos asociados al estrés térmico en el entorno laboral y explorar el potencial de los textiles inteligentes como una solución para mitigar dichos riesgos. El objetivo principal es interpretar los datos recopilados en el contexto de los objetivos de la investigación, que incluyen identificar los riesgos térmicos, informar sobre la disponibilidad de textiles inteligentes y proporcionar recomendaciones para su uso.

Se abordará la información demográfica de los participantes, la percepción del riesgo térmico, los síntomas reportados, las medidas actuales de protección, y la familiaridad y disposición hacia los textiles inteligentes. A través de este análisis, se pretende proporcionar una visión integral de la problemática del estrés térmico y evaluar la viabilidad de los textiles inteligentes como una posible solución.

Comparando los datos obtenidos con estudios previos, se observa que la alta prevalencia de síntomas de estrés térmico en los trabajadores es consistente con la literatura

existente sobre ambientes laborales extremos. Los síntomas de mareos, fatiga y sudoración excesiva coinciden con los riesgos identificados en investigaciones anteriores sobre minería subterránea y estrés térmico.

La alta incidencia de fatiga y mareos entre los trabajadores refleja un nivel de estrés térmico que puede estar por encima de los límites recomendados. Según estudios previos, la fatiga y los mareos son indicativos de un nivel crítico de estrés térmico, que puede afectar negativamente la seguridad y la productividad laboral.

La deshidratación y la sudoración excesiva reportadas son preocupantes, ya que pueden llevar a condiciones más graves como golpes de calor. La literatura científica respalda que la exposición prolongada a altas temperaturas sin una adecuada hidratación y medidas de enfriamiento puede tener consecuencias severas para la salud.

En el contexto específico de la mina en Cúcuta, las altas temperaturas y la humedad elevada agravan el problema del estrés térmico. La falta de infraestructura adecuada, como áreas de descanso ventiladas y ropa de trabajo apropiada, contribuye a un entorno laboral que supera los estándares de seguridad recomendados.

La ubicación de la mina en una región con altas temperaturas y humedad es un factor crucial que influye en la severidad del estrés térmico. Estos factores ambientales exacerban los problemas térmicos y requieren una atención especial para mitigar sus efectos.

La falta de medidas adecuadas, como áreas de descanso con refrigeración y ropa de trabajo adecuada, refuerza la necesidad de intervenciones específicas. Mejorar estas prácticas puede ser esencial para reducir el impacto del estrés térmico y proteger la salud de los trabajadores.

Los resultados muestran una clara necesidad de intervención para abordar el estrés térmico. La alta prevalencia de síntomas y la percepción negativa de las condiciones térmicas sugieren que las medidas actuales son insuficientes. La implementación de textiles inteligentes podría ser una solución efectiva, ya que estos productos están diseñados para mejorar la regulación térmica y el confort en ambientes extremos.

La receptividad hacia los textiles inteligentes indica que estos podrían ser una solución viable para el estrés térmico. La capacidad de estos textiles para regular la temperatura

corporal y proporcionar comodidad adicional puede reducir significativamente los síntomas reportados por los trabajadores.

Ahora Este capítulo detalla los resultados obtenidos mediante la encuesta realizada a los trabajadores de la mina subterránea en Cúcuta, con un enfoque particular en los riesgos asociados al estrés térmico. A través de un análisis exhaustivo, se busca identificar los riesgos específicos, comprender la prevalencia de los síntomas relacionados con el estrés térmico, y evaluar la efectividad de las medidas actuales de protección.

1 identificar los riesgos que afectan a los trabajadores en la minería subterránea vinculados al estrés térmico:

Pregunta 1 (Género): La encuesta reveló que la mayoría de los trabajadores en la muestra eran hombres, lo que refleja la composición predominante del personal en la minería subterránea. Este hallazgo es relevante para el análisis, ya que el estrés térmico puede afectar a los trabajadores de manera diferente según el género, aunque en este caso, la percepción del estrés térmico no mostró variaciones significativas entre hombres y mujeres. Sin embargo, este dato subraya la necesidad de aplicar medidas inclusivas que consideren las particularidades de todos los trabajadores, independientemente de su género.

Pregunta 2 (Edad): La distribución etaria mostró una prevalencia notable de trabajadores en el rango de 25-34 años, seguida de cerca por el rango de 35-44 años. Esta información es crucial, ya que la tolerancia al calor y la capacidad para adaptarse a condiciones extremas pueden variar con la edad. Los trabajadores más jóvenes, con menos experiencia, pueden enfrentar mayores desafíos en la gestión del estrés térmico, mientras que los trabajadores más maduros podrían haber desarrollado estrategias más efectivas para manejar el calor. La diferencia en la percepción del estrés térmico entre estos grupos etarios destaca la importancia de personalizar las estrategias de mitigación para abordar las necesidades específicas de cada grupo.

Pregunta 3 (Experiencia en el sector minero): La mayoría de los encuestados tenía entre 1-5 años de experiencia en la minería subterránea. Esta información indica que gran parte del personal está relativamente nuevo en el sector, lo que puede influir en su capacidad para manejar el estrés térmico. Los trabajadores con menos experiencia pueden no estar

completamente familiarizados con las prácticas y estrategias efectivas para manejar el calor, lo que resalta la necesidad de formación y orientación adecuadas para estos trabajadores nuevos.

Pregunta 4 (Riesgo de exposición a altas temperaturas): La percepción del riesgo de exposición a altas temperaturas fue calificada como alta o extremadamente alta por la mayoría de los trabajadores. Este alto nivel de percepción de riesgo subraya la importancia de considerar el estrés térmico como un problema significativo en el lugar de trabajo. La percepción generalizada de que el riesgo es alto indica que el estrés térmico es una preocupación predominante, y la implementación de medidas efectivas para mitigar este riesgo es crucial.

Pregunta 5 (Frecuencia del impacto en el rendimiento laboral): Un alto porcentaje de trabajadores reportó que las altas temperaturas afectan su rendimiento laboral con frecuencia o siempre. Este hallazgo refuerza la importancia de abordar el estrés térmico no solo desde una perspectiva de salud, sino también en términos de productividad laboral. Las altas temperaturas no solo afectan la salud física de los trabajadores, sino que también tienen un impacto directo en su capacidad para realizar sus tareas de manera eficiente. La necesidad de medidas de mitigación efectivas es evidente para mejorar tanto la salud como la productividad en el entorno laboral.

Pregunta 6 (Síntomas relacionados con el estrés térmico): La mayoría de los encuestados experimentó síntomas como mareos, fatiga y sudoración excesiva. Estos síntomas son indicativos de un nivel crítico de estrés térmico, que puede tener consecuencias graves para la salud de los trabajadores. Los mareos y la fatiga, en particular, son síntomas que pueden afectar la seguridad y el bienestar general de los trabajadores. La frecuencia de estos síntomas refleja la necesidad urgente de estrategias efectivas para gestionar y mitigar el estrés térmico en el entorno laboral.

Pregunta 7 (Medidas actuales de protección): Las medidas comunes para protegerse del calor incluyen hidratación frecuente y descansos en áreas frescas. Aunque estas prácticas son esenciales para manejar el estrés térmico, los datos sugieren que podrían no ser suficientes por sí solas para mitigar adecuadamente el estrés térmico. La dependencia de medidas básicas

indica la necesidad de explorar soluciones adicionales, como tecnologías avanzadas, que puedan ofrecer una protección más completa contra el calor.

Pregunta 13 (Medidas para reducir el estrés térmico): Las recomendaciones para mejorar la ventilación, aumentar la frecuencia de descansos y proporcionar más agua y electrolitos reflejan una necesidad de cambios significativos en las prácticas actuales. La alta incidencia de estas sugerencias indica que las medidas actuales de protección son vistas como insuficientes, y que los trabajadores están buscando soluciones que puedan mejorar de manera efectiva sus condiciones térmicas. La implementación de estas recomendaciones podría contribuir a una reducción notable en los problemas de estrés térmico y mejorar las condiciones laborales.

El análisis de la familiaridad y disposición hacia los textiles inteligentes proporciona una visión crítica sobre la aceptación de esta tecnología en la minería subterránea. A continuación, se presenta un análisis basado en las respuestas relacionadas con este objetivo:

2 Describir los tipos de textiles inteligentes usados en el mercado para contrarrestar el estrés térmico en las organizaciones mineras:

Pregunta 8 (Familiaridad con textiles inteligentes): La falta de familiaridad con los textiles inteligentes entre la mayoría de los trabajadores indica una brecha en el conocimiento sobre esta tecnología. La falta de información puede ser una barrera para la adopción de nuevos productos. Para superar esta barrera, es esencial llevar a cabo campañas educativas y formativas que aumenten la conciencia sobre los beneficios de los textiles inteligentes y cómo pueden mejorar el confort térmico en entornos laborales extremos.

Pregunta 9 (Opinión sobre la implementación de textiles inteligentes): Aunque la familiaridad con los textiles inteligentes es baja, la mayoría de los trabajadores considera que estos podrían mejorar el confort y reducir el riesgo asociado con las altas temperaturas. Este interés en la adopción de textiles inteligentes sugiere que los trabajadores están abiertos a probar nuevas soluciones tecnológicas que puedan mejorar sus condiciones laborales. La percepción positiva hacia esta tecnología debe ser aprovechada para fomentar su implementación y evaluar su efectividad en el entorno de trabajo.

Pregunta 10 (Disposición a utilizar textiles inteligentes): A pesar de la falta de familiaridad, muchos trabajadores están dispuestos a utilizar vestuario con textiles inteligentes si se ofrece. Esta disposición sugiere una apertura hacia la innovación y una aceptación de nuevas tecnologías que podrían aliviar los problemas térmicos. La disposición a probar estos productos es un indicio positivo para la posible adopción de textiles inteligentes como una solución para el estrés térmico en la minería subterránea.

Pregunta 11 (Beneficios percibidos de los textiles inteligentes): Los trabajadores identificaron la reducción del riesgo de estrés térmico y la mejora en el rendimiento laboral como los principales beneficios de los textiles inteligentes. Este feedback es crucial para justificar la inversión en esta tecnología. La capacidad de los textiles inteligentes para mejorar el confort térmico y, a su vez, aumentar la productividad, destaca su potencial como solución efectiva para el estrés térmico.

Pregunta 12 (Efectividad percibida de los textiles inteligentes): La mayoría de los encuestados cree que los textiles inteligentes pueden ser efectivos para reducir el estrés térmico. Esta percepción positiva respalda la viabilidad de estos productos como una solución para los problemas identificados en el entorno laboral. La alta percepción de efectividad debe ser considerada al desarrollar estrategias para la implementación de textiles inteligentes en la minería subterránea.

El análisis de la disposición y percepción de los trabajadores hacia los textiles inteligentes proporciona una base sólida para formular recomendaciones sobre su uso. A continuación, se presenta un análisis de los resultados relevantes para este objetivo:

3. Recomendaciones del uso de textiles inteligentes en la minería subterránea:

Pregunta 9 (Opinión sobre la implementación de textiles inteligentes): La alta aceptación de la idea de incorporar textiles inteligentes en el vestuario laboral sugiere que la implementación de esta tecnología podría ser bien recibida por los trabajadores. Para asegurar una adopción exitosa, es fundamental seleccionar textiles inteligentes que se ajusten a las necesidades específicas del entorno minero y que ofrezcan mejoras tangibles en las condiciones laborales.

Pregunta 10 (Disposición a utilizar textiles inteligentes): La disposición positiva hacia el uso de textiles inteligentes destaca el interés en nuevas soluciones para el estrés térmico. La disposición a probar estos productos sugiere que los trabajadores están abiertos a experimentar con tecnologías que podrían aliviar sus problemas térmicos, lo que facilita la introducción de textiles inteligentes en el entorno laboral.

Pregunta 11 (Beneficios percibidos de los textiles inteligentes): La identificación de la reducción del estrés térmico y la mejora en el rendimiento laboral como beneficios clave de los textiles inteligentes proporciona una justificación sólida para su implementación. Estos beneficios deben ser utilizados para formular recomendaciones específicas sobre cómo integrar los textiles inteligentes en la estrategia de mitigación del estrés térmico en la minería subterránea.

Pregunta 12 (Efectividad percibida de los textiles inteligentes): La percepción de alta efectividad de los textiles inteligentes refuerza la recomendación de considerar seriamente su implementación. La evidencia de su potencial para reducir el estrés térmico justifica la inversión en pruebas y la eventual adopción de estos materiales en el entorno laboral.

Pregunta 14 (Participación en programas de prueba): La disposición a participar en programas de prueba sugiere que los trabajadores están interesados en evaluar nuevas soluciones antes de su implementación completa. Realizar evaluaciones piloto de textiles inteligentes puede proporcionar información valiosa sobre su efectividad y aceptación, y facilitar la toma de decisiones informadas sobre su adopción.

Pregunta 15 (Sugerencias adicionales): Las sugerencias y comentarios adicionales de los trabajadores pueden ofrecer perspectivas útiles sobre las expectativas y preocupaciones relacionadas con la gestión del riesgo térmico. Incorporar este feedback en las recomendaciones finales puede ayudar a ajustar las estrategias de implementación de textiles inteligentes para que se alineen mejor con las necesidades reales de los trabajadores.

Mejorar la infraestructura de descanso es crucial para permitir a los trabajadores recuperarse efectivamente del calor. La implementación de áreas de descanso adecuadas con

ventilación y refrigeración puede mejorar la recuperación y reducir el riesgo de problemas de salud asociados al calor.

Los hallazgos de la encuesta destacan la gravedad del estrés térmico en la mina subterránea y la necesidad de soluciones efectivas. La alta prevalencia de síntomas y las deficiencias en las medidas de protección actuales justifican la consideración de nuevas tecnologías, como los textiles inteligentes, que podrían mejorar significativamente las condiciones laborales.

La mejora en la regulación térmica mediante textiles inteligentes no solo podría reducir los síntomas de estrés térmico, sino también aumentar la productividad y el bienestar de los trabajadores. Estos beneficios potenciales subrayan la importancia de explorar e implementar soluciones innovadoras.

Los resultados de la encuesta corroboran la literatura existente sobre estrés térmico y la efectividad de los textiles inteligentes. La evidencia respalda la idea de que estos productos pueden ser efectivos en la mitigación del estrés térmico, alineando los hallazgos de la investigación con estudios previos y fortaleciendo la validez de las conclusiones.

Los resultados de la encuesta revelan una alta incidencia de estrés térmico entre los trabajadores de la mina subterránea, con síntomas significativos que afectan su salud y rendimiento. La percepción negativa de las condiciones térmicas y la deficiencia en las medidas de protección actuales indican una necesidad urgente de intervención.

El análisis de los resultados de la encuesta subraya la gravedad del estrés térmico en la mina subterránea y la insuficiencia de las medidas actuales para mitigar este riesgo. La alta prevalencia de síntomas relacionados con el estrés térmico y las deficiencias en las medidas de protección actuales refuerzan la necesidad de soluciones innovadoras. Los textiles inteligentes, con su potencial para mejorar la regulación térmica y el confort, emergen como una solución prometedora. La receptividad de los trabajadores hacia estos productos sugiere que podrían ser una herramienta eficaz para abordar el estrés térmico y mejorar las condiciones laborales en la minería subterránea.

La implementación de textiles inteligentes podría no solo aliviar los síntomas del estrés térmico, sino también aumentar la productividad y el bienestar de los trabajadores. Los

hallazgos de esta investigación, al ser consistentes con la literatura existente, apoyan la viabilidad de estos productos como una solución efectiva. La evaluación cuidadosa y la prueba de estos textiles serán pasos clave para validar su efectividad y asegurar su integración exitosa en el entorno laboral.

Conclusión

La investigación revela hallazgos significativos sobre la percepción y manejo del estrés térmico entre los trabajadores de minería subterránea. La mayoría de los trabajadores califican el riesgo de exposición a altas temperaturas en sus lugares de trabajo como alto o extremadamente alto. Esta percepción está respaldada por la frecuencia con la que experimentan síntomas relacionados con el estrés térmico, como mareos, fatiga y sudoración excesiva.

En cuanto a las medidas de protección actuales, la hidratación frecuente y los descansos en áreas frescas son las más utilizadas, seguidas del uso de ropa ligera. Estas prácticas reflejan la conciencia de los trabajadores sobre la necesidad de mitigar el impacto del calor, aunque su eficacia puede ser limitada.

La familiaridad con los textiles inteligentes es baja, pero existe una disposición positiva hacia su uso. A pesar de no conocer ampliamente estos textiles, la mayoría de los trabajadores están dispuestos a utilizar vestuario con textiles inteligentes si la empresa lo ofreciera, y creen que estos podrían mejorar su confort térmico y reducir los riesgos asociados. La percepción general es que estos textiles podrían ser efectivos para mitigar el estrés térmico, y muchos trabajadores están dispuestos a participar en programas de prueba.

Los hallazgos sugieren varias áreas para futuras investigaciones. Primero, aunque las medidas actuales de protección, como la hidratación y los descansos en áreas frescas, son fundamentales, podrían no ser suficientes para abordar completamente el estrés térmico. Sería útil investigar la efectividad comparativa de estas medidas en relación con otras estrategias, como la mejora de la ventilación en las minas o el uso de textiles inteligentes.

El interés y la disposición hacia los textiles inteligentes abren nuevas líneas de investigación. Evaluar la efectividad de diferentes tipos de textiles inteligentes en condiciones

reales de trabajo en minería subterránea sería valioso. Estudios de campo podrían medir su impacto en la reducción de síntomas térmicos y en la mejora del rendimiento laboral.

La falta de familiaridad con los textiles inteligentes indica una brecha en el conocimiento y la educación sobre innovaciones tecnológicas. Se podría investigar cómo mejorar la comunicación y formación sobre nuevas tecnologías entre los trabajadores y cómo esto podría influir en su aceptación y uso.

Además, se podría explorar el impacto de los aspectos psicosociales, como la cultura laboral y la resistencia al cambio, en la adopción de nuevas tecnologías. Esto ayudaría a entender mejor cómo estos factores afectan la disposición de los trabajadores a utilizar innovaciones como los textiles inteligentes.

Finalmente, se debe considerar la investigación de nuevas estrategias para mejorar el confort térmico más allá de los textiles inteligentes. Por ejemplo, el desarrollo de sistemas de enfriamiento personal o mejoras en los sistemas de ventilación en las minas podrían ofrecer alternativas efectivas.

Es importante reconocer algunas limitaciones en el estudio. La falta de familiaridad de los trabajadores con los textiles inteligentes podría haber influido en las percepciones sobre su efectividad. Además, aunque la muestra de 40 trabajadores proporciona información valiosa, puede no reflejar completamente la diversidad de condiciones en diferentes minas o regiones.

El análisis de los hallazgos proporciona una visión clara de las percepciones y prácticas actuales relacionadas con el estrés térmico en la minería subterránea. Las investigaciones futuras podrían profundizar en la efectividad de los textiles inteligentes, la educación sobre nuevas tecnologías y explorar nuevas estrategias para mejorar el confort térmico y la seguridad de los trabajadores. La comprensión de estos aspectos será crucial para desarrollar soluciones más efectivas y adecuadas para los desafíos que enfrentan los trabajadores en este entorno exigente.

Referencias

- Abanderado. (16/09/2021). Tejidos inteligentes para el futuro del textil. Abanderado.
<https://www.abanderado.es/blog/tejidos-inteligentes-para-el-futuro-del-textil/>
- Bustamante, R. C. (2018). Textiles inteligentes. Asociación Peruana de Técnicos Textiles.
- Canales Sectoriales Interempresas. (2017, 30 de marzo). Textiles inteligentes con material de cambio de fases (PCM), entre la oferta de Tectextil
[https://www.interempresas.net/Proteccion-laboral/Articulos/212875-Textiles-inteligentes-con-material-de-cambio-de-fases-\(PCM\)-entre-la-oferta-de-Tectextil.html](https://www.interempresas.net/Proteccion-laboral/Articulos/212875-Textiles-inteligentes-con-material-de-cambio-de-fases-(PCM)-entre-la-oferta-de-Tectextil.html)
- Castro, Y., Delgado, J. Cáceres J. (2014) Análisis del índice de impacto térmico generado en un ambiente subterráneo. Respuestas, vol. 19, no. 2, pp. 32-40, 2014.
<https://revistas.ufps.edu.co/index.php/respuestas/article/view/435/459>
- Dul, J., & Weerdmeester, B. (2008). Ergonomics for beginners: A quick reference guide (3rd ed.). CRC Press.
- Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2011). Textbook of medical physiology (12th ed.). Saunders Elsevier.
- Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2011). Textbook of medical physiology (12th ed.). Saunders Elsevier.
- Hernández Sampieri, R. y Mendoza Torres, C. P. (2018). Análisis de datos en la ruta cuantitativa. En Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta (pp. 310-386). McGraw-Hill.
- Hernández Sampieri, R. y Mendoza Torres, C. P. (2018). Recolección y análisis de datos en la ruta cualitativa. En Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta (pp. 440-521). McGraw-Hill.

Kroemer, K. H. E., & Grandjean, E. (2009). Fitting the task to the human: A textbook of occupational ergonomics (5th ed.). CRC Press.

Ministerio de Trabajo. (2015). Decreto 1886 de 2015: Por el cual se establece el Reglamento de Seguridad en las Labores Mineras Subterráneas. <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=1268685>

Riesgos Laborales, Prevención, Medidas y Ley. (2019). Riesgo físico: Definición, agentes y ejemplos. <https://riesgoslaborales.info/riesgo-fisico/>

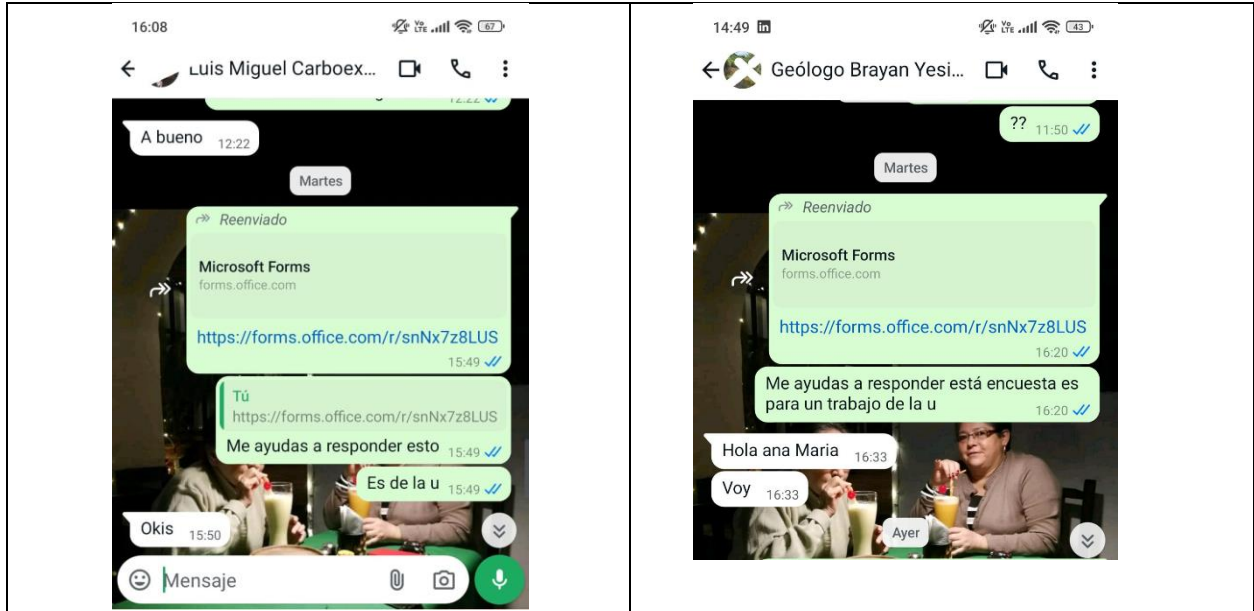
Riesgos Laborales. (n.d.). Riesgo físico. Riesgos Laborales. <https://riesgoslaborales.info/riesgo-fisico/>

Tortora, P. G., & Merkel, R. S. (2020). Fairchild's dictionary of textiles (8th ed.). Bloomsbury Publishing.

Apéndice A

Capturas envió de encuestas

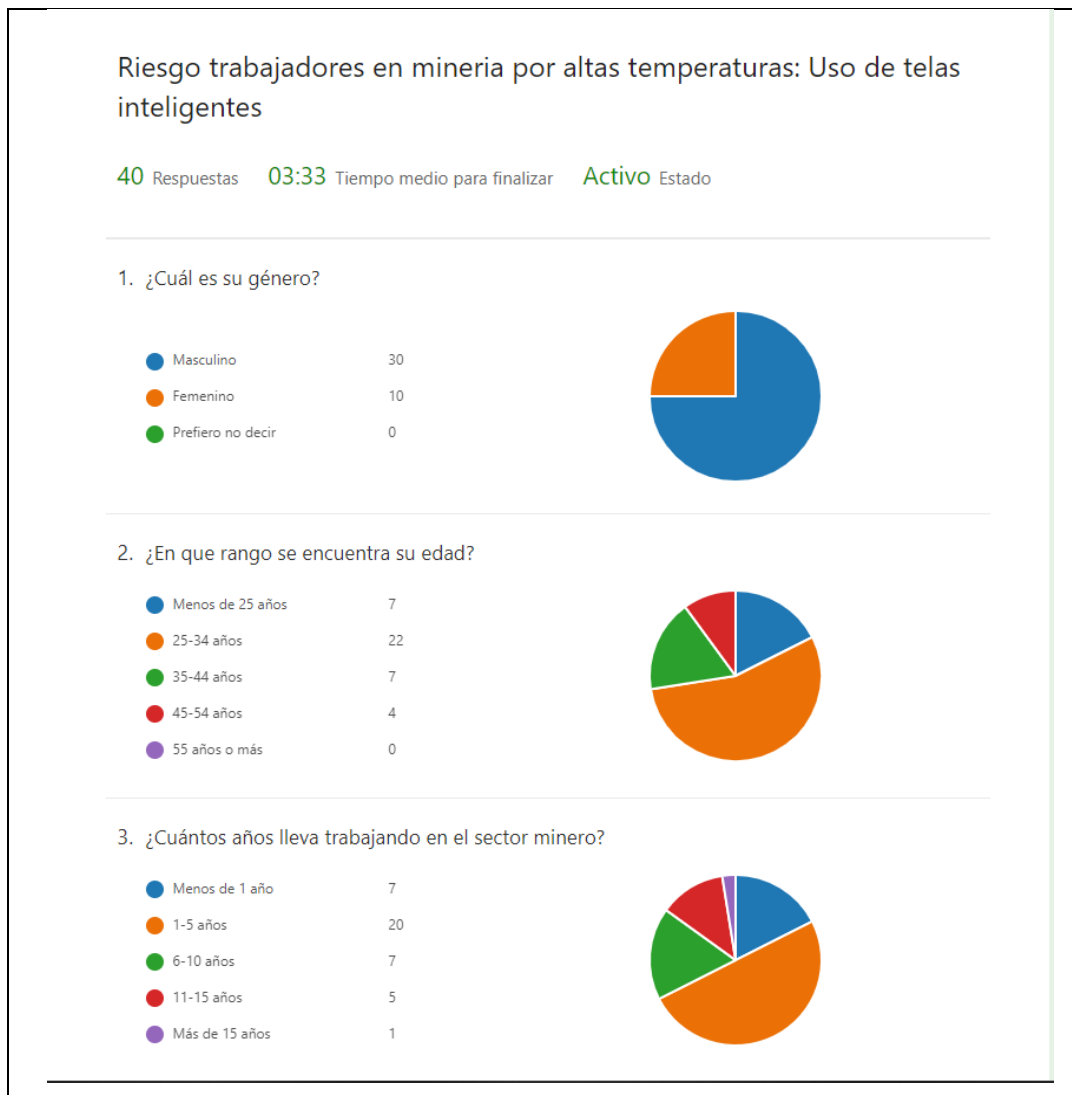




Apéndice B

Cuando le doy clic en ver resultado me remite a un análisis de gráficas y columnas donde podemos ver de una manera rápida los resultados de esta encuesta, adjunto captura y copio link:

<https://forms.office.com/Pages/AnalysisPage.aspx?AnalyzerToken=fUr9978SIPQwYMonQ56DmRQLTc6yI0CG&id=64W6sVOiZ0Se6NT47U3zAFrtJNFWtptBtdpBuVD1m4ZUREoyWkVLQzk1QIM0RTVQS0FBSDFMRExMRS4u>



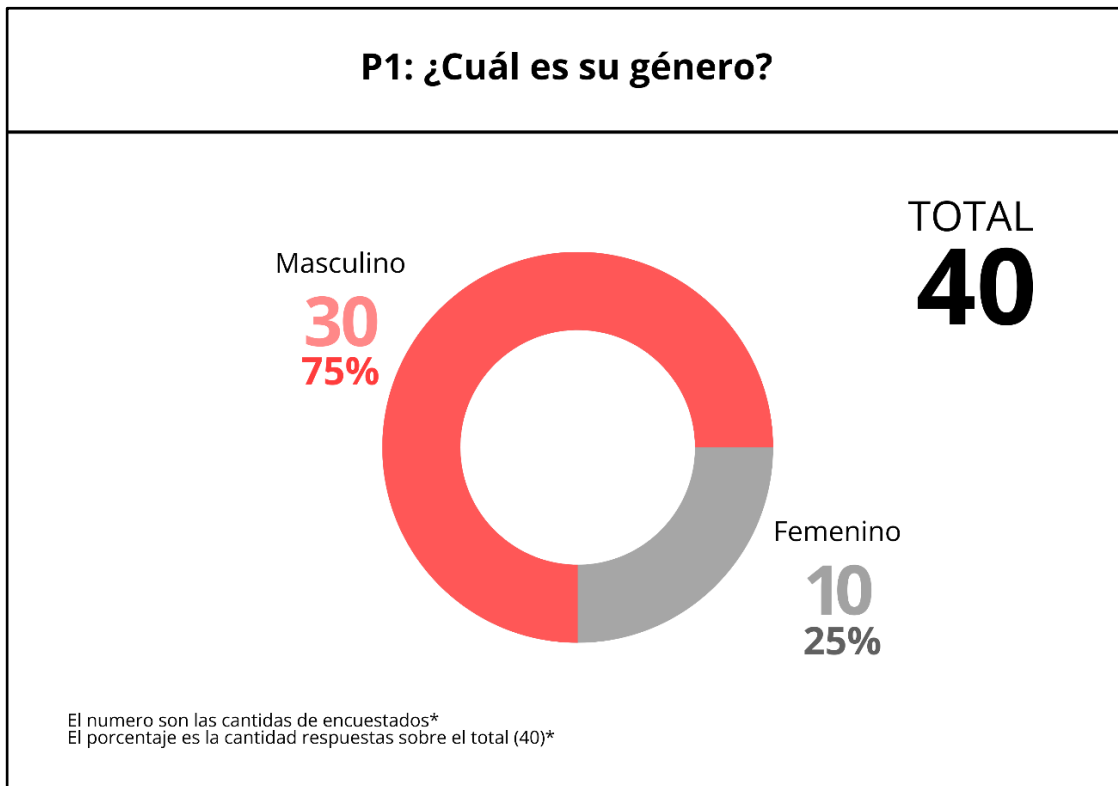
Apéndice C

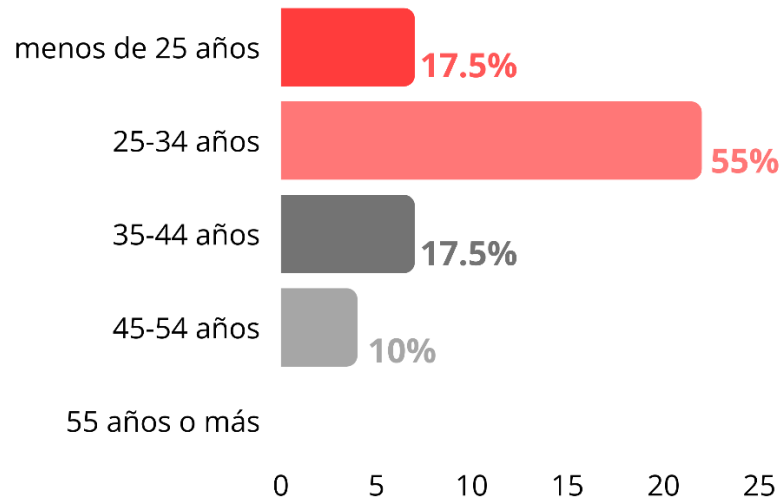
Para la codificación de datos, como mi encuesta fue realizada en Microsoft Forms, esta herramienta me permite descargar un Excel donde puedo tener una mejor visualización de la información recolecta, y como lo podemos observar ya están las cuarenta (40) respuestas, donde podemos adicionalmente ver la fecha y hora en la que se respondieron, se muestran enumeradas las respuestas, adjunto link para acceder y un capture de pantalla por si no se puede visualizar el link: https://uniminuto0-my.sharepoint.com/:x/g/personal/ana_gomez-mor_uniminuto_edu_co/EUalpNjYmtpAi94OU-b-m8cBKB4ZBggiaZLaHKLeRouukQ?e=LpyziW

ID	hora de inicio	hora de finalización	Correo electrónico	Nombre	¿Cuál es su género?	¿En que rango se encuentra su edad?	¿Cuántos años lleva en una escala del 1 a 5?	¿En una escala del 1 a 5?	¿Con qué frecuencia?	¿Es experimental?	¿Qué medidas actualmente?	¿Está usted familiarizado con el uso de ropa ligera?	¿En relación con las medidas de seguridad de la empresa ofrece?	¿En su opinión, cuál es el nivel de riesgo de la actividad?	
1	16/07/2024 15:28	16/07/2024 15:34	anonimus		Femenino	Menos de 25 años	6-20 años	3	Frecuentemente	Si	Uso de ropa ligera	Si	Totamente de acuerdo	Si	Reducción del riesgo 3
2	16/07/2024 15:43	16/07/2024 15:43	anonimus		Masculino	Menos de 25 años	1-5 años	4	Siempre	Si	Descanso en áreas frescas, Uso	No	Totamente de acuerdo	Si	Mejora en el rendimiento 4
3	16/07/2024 15:47	16/07/2024 15:50	anonimus		Masculino	25-34 años	1-5 años	5	Frecuentemente	Si	Hidratación frecuente	No	De acuerdo	Si	Reducción del riesgo 0 4
4	16/07/2024 16:02	16/07/2024 16:06	anonimus		Femenino	15-44 años	1-5 años	5	A veces	Si	Hidratación frecuente, Uso de ropa	No	De acuerdo	Si	Reducción del riesgo 0 4
5	16/07/2024 16:20	16/07/2024 16:22	anonimus		Masculino	Menos de 25 años	Menos de 1 año	5	Frecuentemente	Si	Hidratación frecuente, Uso de ropa	No	De acuerdo	Si	Reducción del riesgo 0 3
6	16/07/2024 16:27	16/07/2024 16:29	anonimus		Masculino	Menos de 25 años	1-5 años	3	Rara vez	No	Hidratación frecuente, Descanso	No	De acuerdo	Si	Reducción del riesgo 0 3
7	16/07/2024 16:32	16/07/2024 16:34	anonimus		Masculino	25-34 años	1-5 años	5	Frecuentemente	Si	Hidratación frecuente	No	De acuerdo	Si	Reducción del riesgo 0 4
8	16/07/2024 16:33	16/07/2024 16:35	anonimus		Femenino	25-34 años	Menos de 1 año	3	A veces	Si	Hidratación frecuente	No	Totamente de acuerdo	Si	Reducción del riesgo 0 3
9	16/07/2024 16:38	16/07/2024 16:40	anonimus		Masculino	Menos de 25 años	1-5 años	3	A veces	Si	Uso de ropa ligera, Hidratación	No	De acuerdo	Si	Reducción del riesgo 0 4
10	16/07/2024 16:38	16/07/2024 16:45	anonimus		Masculino	25-34 años	6-20 años	5	A veces	No	Hidratación frecuente	Si	De acuerdo	Si	Mejora en el rendimiento 3
11	16/07/2024 16:48	16/07/2024 16:50	anonimus		Femenino	25-34 años	1-5 años	4	Frecuentemente	Si	Hidratación frecuente, Descanso	No	Totamente de acuerdo	Si	Reducción del riesgo 0 5
12	16/07/2024 16:50	16/07/2024 16:56	anonimus		Masculino	25-34 años	Menos de 1 año	2	Nunca	No	Uso de ropa ligera, Hidratación	No	De acuerdo	Si	Reducción del riesgo 0 5
13	16/07/2024 17:00	16/07/2024 17:11	anonimus		Masculino	25-34 años	1-5 años	4	Frecuentemente	Si	Hidratación frecuente, Descanso	No	De acuerdo	Si	Reducción del riesgo 0 3
14	16/07/2024 18:37	16/07/2024 17:18	anonimus		Masculino	45-54 años	11-25 años	4	Siempre	No	Hidratación frecuente, Descanso	No	De acuerdo	Si	Reducción del riesgo 0 4
15	16/07/2024 17:28	16/07/2024 17:24	anonimus		Masculino	25-34 años	6-20 años	5	A veces	No	Hidratación frecuente	No	De acuerdo	Si	Reducción del riesgo 0 4
16	16/07/2024 17:29	16/07/2024 17:31	anonimus		Masculino	25-34 años	1-5 años	1	A veces	No	Hidratación frecuente	Si	Totamente de acuerdo	Si	Reducción del riesgo 0 5
17	16/07/2024 17:28	16/07/2024 17:32	anonimus		Masculino	Menos de 25 años	1-5 años	1	Rara vez	No	Hidratación frecuente, Descanso	Si	Totamente de acuerdo	Si	Reducción del riesgo 0 5
18	16/07/2024 19:03	16/07/2024 19:00	anonimus		Femenino	25-34 años	1-5 años	4	Siempre	No	Hidratación frecuente, Descanso	Si	De acuerdo	Si	Reducción del riesgo 0 4
19	16/07/2024 19:11	16/07/2024 19:13	anonimus		Femenino	25-34 años	6-20 años	4	Rara vez	Si	Hidratación frecuente	No	Totamente de acuerdo	Si	Mejora en el rendimiento 5
20	16/07/2024 20:36	16/07/2024 20:37	anonimus		Femenino	35-44 años	1-5 años	4	A veces	No	Descanso en áreas frescas	Si	Totamente de acuerdo	Si	Reducción del riesgo 0 4
21	17/07/2024 8:07	17/07/2024 8:10	anonimus		Femenino	25-34 años	Menos de 1 año	4	A veces	No	Hidratación frecuente, Descanso	No	De acuerdo	Si	Reducción del riesgo 0 4
22	17/07/2024 9:43	17/07/2024 9:45	anonimus		Masculino	Menos de 25 años	1-5 años	4	Frecuentemente	Si	Uso de ropa ligera, Hidratación	No	Totamente de acuerdo	Si	Reducción del riesgo 0 4
23	17/07/2024 14:58	17/07/2024 15:01	anonimus		Femenino	25-34 años	6-20 años	3	A veces	Si	Descanso en áreas frescas, Hidr	No	Ni de acuerdo ni en des	Si	Reducción del riesgo 0 5
24	18/07/2024 9:47	18/07/2024 9:14	anonimus		Masculino	25-34 años	Menos de 1 año	3	Frecuentemente	Si	Hidratación frecuente, Descanso	Si	De acuerdo	Si	Reducción del riesgo 0 3
25	19/07/2024 10:53	19/07/2024 10:56	anonimus		Masculino	25-34 años	1-5 años	4	A veces	Si	Hidratación frecuente	No	De acuerdo	Si	Reducción del riesgo 0 4
26	19/07/2024 13:10	19/07/2024 13:13	anonimus		Femenino	25-34 años	Menos de 1 año	1	Nunca	No	Hidratación frecuente, Descanso	No	Totamente de acuerdo	Si	Reducción del riesgo 0 5
27	19/07/2024 15:34	19/07/2024 15:35	anonimus		Masculino	25-34 años	11-25 años	5	Siempre	Si	Hidratación frecuente	No	Totamente de acuerdo	Si	Reducción del riesgo 0 5
28	20/07/2024 17:42	20/07/2024 17:44	anonimus		Masculino	25-34 años	1-5 años	4	Siempre	Si	Descanso en áreas frescas, Uso	No	De acuerdo	Si	Reducción del riesgo 0 3
29	26/07/2024 14:36	26/07/2024 14:38	anonimus		Masculino	25-34 años	6-20 años	4	A veces	Si	Descanso en áreas frescas	No	Totamente de acuerdo	Si	Reducción del riesgo 0 5
30	26/07/2024 14:39	26/07/2024 14:39	anonimus		Masculino	35-44 años	11-25 años	5	Frecuentemente	Si	Hidratación frecuente	No	Totamente de acuerdo	Si	Reducción del riesgo 0 5
31	26/07/2024 14:44	26/07/2024 14:53	anonimus		Masculino	35-44 años	1-5 años	5	Siempre	Si	Hidratación frecuente	No	Totamente de acuerdo	Si	Reducción del riesgo 0 5
32	26/07/2024 14:56	26/07/2024 14:59	anonimus		Masculino	45-54 años	Más de 25 años	5	Siempre	Si	Hidratación frecuente	No	Totamente de acuerdo	Si	Reducción del riesgo 0 5
33	26/07/2024 14:56	26/07/2024 15:01	anonimus		Masculino	45-54 años	11-25 años	5	Siempre	Si	Hidratación frecuente	No	Totamente de acuerdo	Si	Reducción del riesgo 0 5
34	26/07/2024 15:02	26/07/2024 15:02	anonimus		Masculino	45-54 años	11-25 años	5	Siempre	Si	Hidratación frecuente	No	Totamente de acuerdo	Si	Reducción del riesgo 0 4
35	26/07/2024 15:02	26/07/2024 15:04	anonimus		Masculino	39-44 años	6-20 años	5	Frecuentemente	Si	Descanso en áreas frescas	No	Totamente de acuerdo	Si	Reducción del riesgo 0 5
36	26/07/2024 15:04	26/07/2024 15:05	anonimus		Masculino	35-44 años	1-5 años	3	A veces	Si	Descanso en áreas frescas	No	Ni de acuerdo ni en des	Si	Reducción del riesgo 0 4
37	26/07/2024 15:05	26/07/2024 15:07	anonimus		Masculino	35-44 años	1-5 años	4	Rara vez	Si	Hidratación frecuente	No	De acuerdo	Si	Reducción del riesgo 0 4
38	26/07/2024 15:42	26/07/2024 15:42	anonimus		Masculino	Menos de 25 años	Menos de 1 año	4	Frecuentemente	Si	Hidratación frecuente	No	Ni de acuerdo ni en des	Si	Reducción del riesgo 0 4
39	29/07/2024 7:40	29/07/2024 7:41	anonimus		Masculino	25-34 años	1-5 años	5	Siempre	Si	Hidratación frecuente	No	Totamente de acuerdo	Si	Reducción del riesgo 0 5
40	29/07/2024 7:43	29/07/2024 7:43	anonimus		Masculino	25-34 años	1-5 años	5	Siempre	Si	Uso de ropa ligera	No	Totamente de acuerdo	Si	Reducción del riesgo 0 5

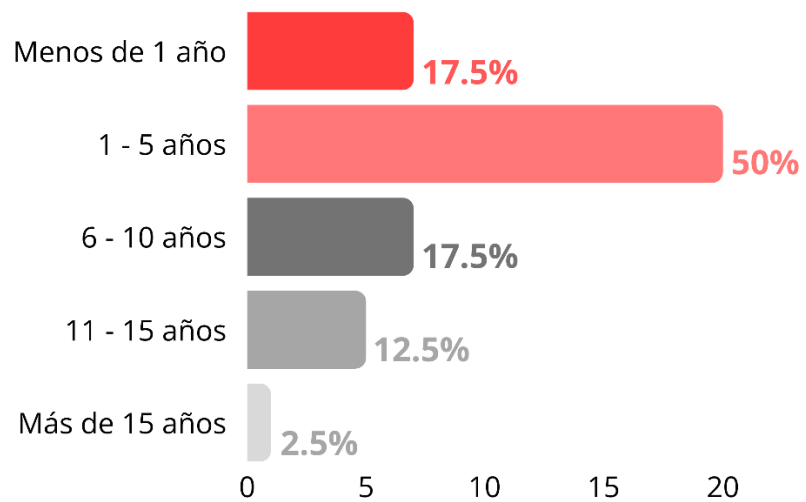
Apéndice D

Visualización de datos encuesta aplicada



P2: ¿En que rango se encuentra su edad?

El porcentaje es la cantidad respuestas sobre el total (40)*

P3: ¿Cuántos años lleva trabajando en el sector minero?

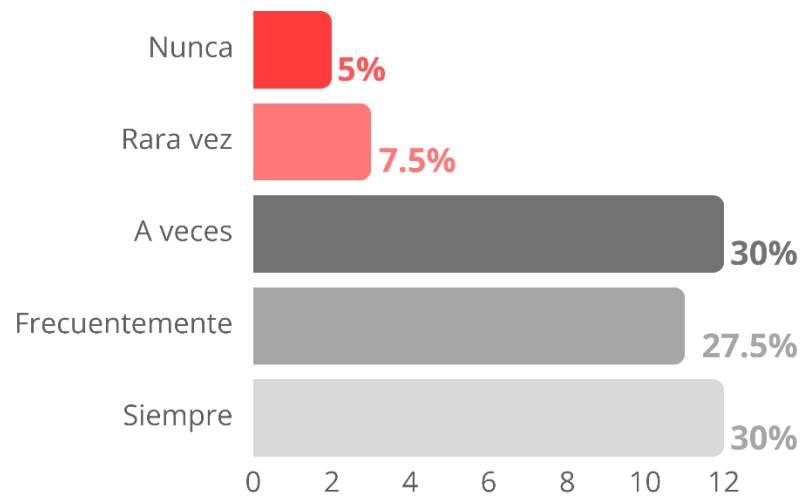
El porcentaje es la cantidad respuestas sobre el total (40)*

P4: En una escala del 1 al 5, donde 1 es "Nada riesgoso" y 5 es "Extremadamente riesgoso", ¿cómo calificaría el riesgo de exposición a altas temperaturas en su lugar de trabajo?



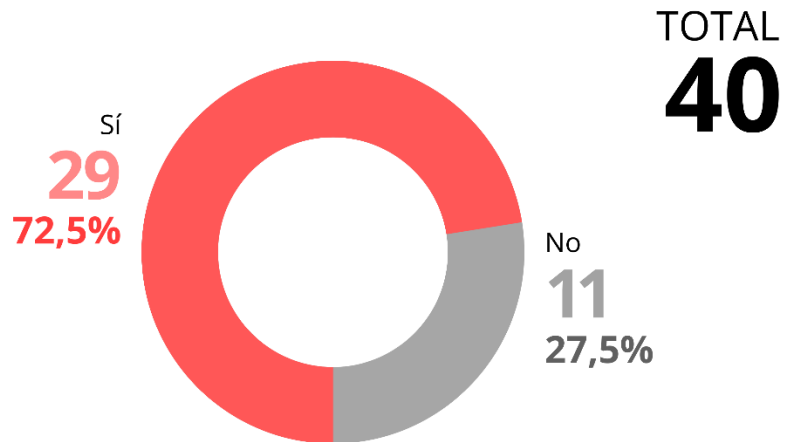
El porcentaje es la cantidad respuestas sobre el total (40)*

P5: ¿Con qué frecuencia siente que las altas temperaturas afectan su rendimiento laboral?



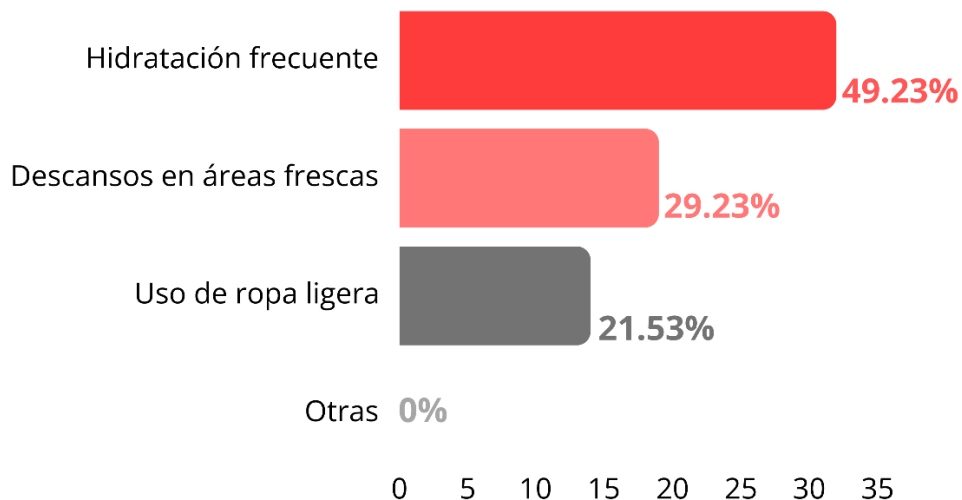
El porcentaje es la cantidad respuestas sobre el total (40)*

P6: ¿Ha experimentado alguna vez síntomas relacionados con el estrés térmico (como mareos, fatiga, sudoración excesiva) durante su jornada laboral?



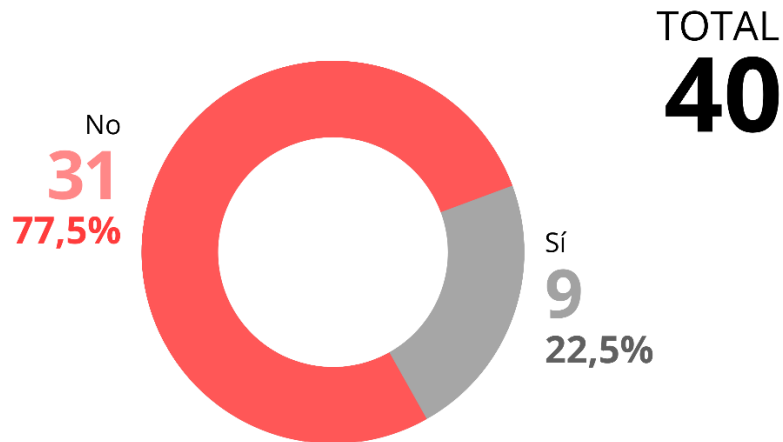
El numero son las cantidades de encuestados*
El porcentaje es la cantidad respuestas sobre el total (40)*

P7: ¿Qué medidas actualmente toma para protegerse del calor en su lugar de trabajo? (Seleccione todas las que apliquen)



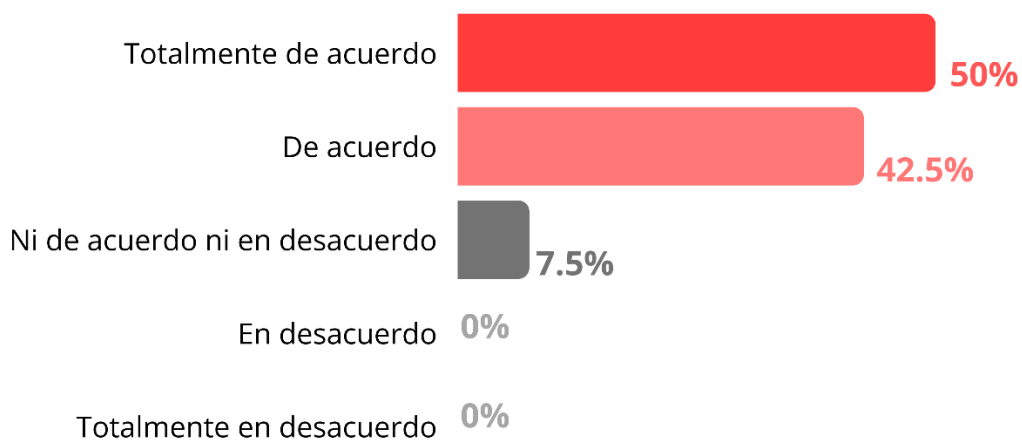
El porcentaje es la cantidad respuestas sobre el total (65)*

P8: ¿Está usted familiarizado con los textiles inteligentes diseñados para mejorar el confort térmico?



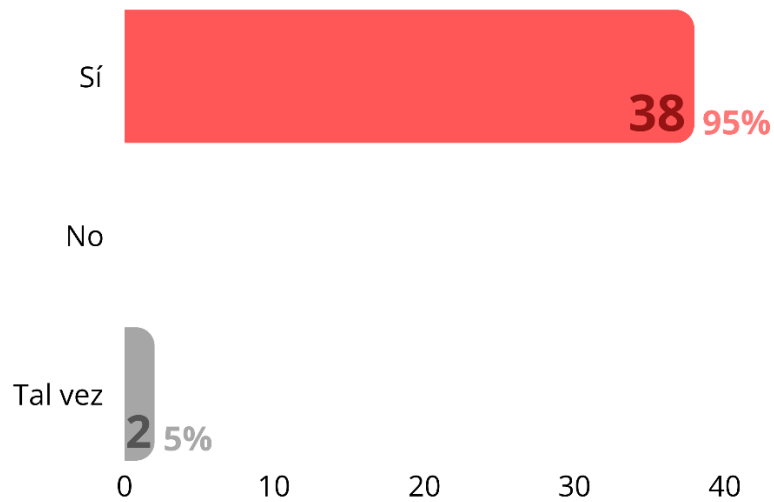
El número son las cantidades de encuestados*
El porcentaje es la cantidad de respuestas sobre el total (40)*

P9: En relación con las altas temperaturas a las que están expuestos los trabajadores en el sector minero, ¿considera usted que la implementación de textiles inteligentes en su vestuario podría mejorar su confort y reducir el riesgo asociado a estas condiciones térmicas?



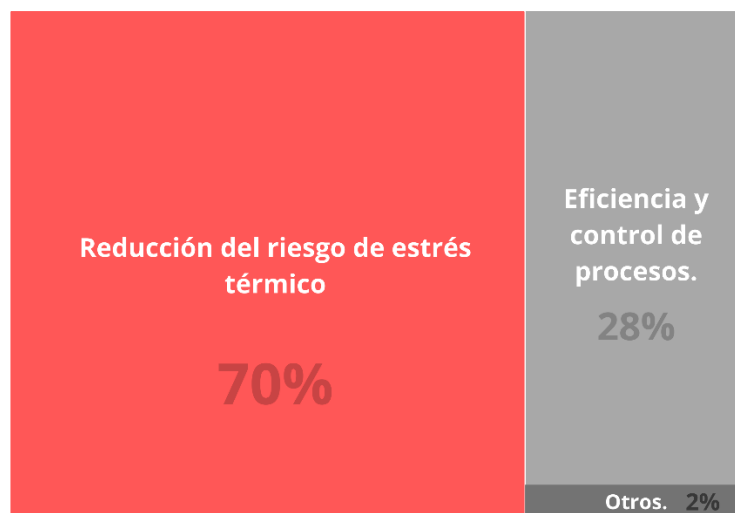
El porcentaje es la cantidad de respuestas sobre el total (40)*

P10: Si la empresa ofreciera vestuario con textiles inteligentes, ¿estaría dispuesto a utilizarlo?

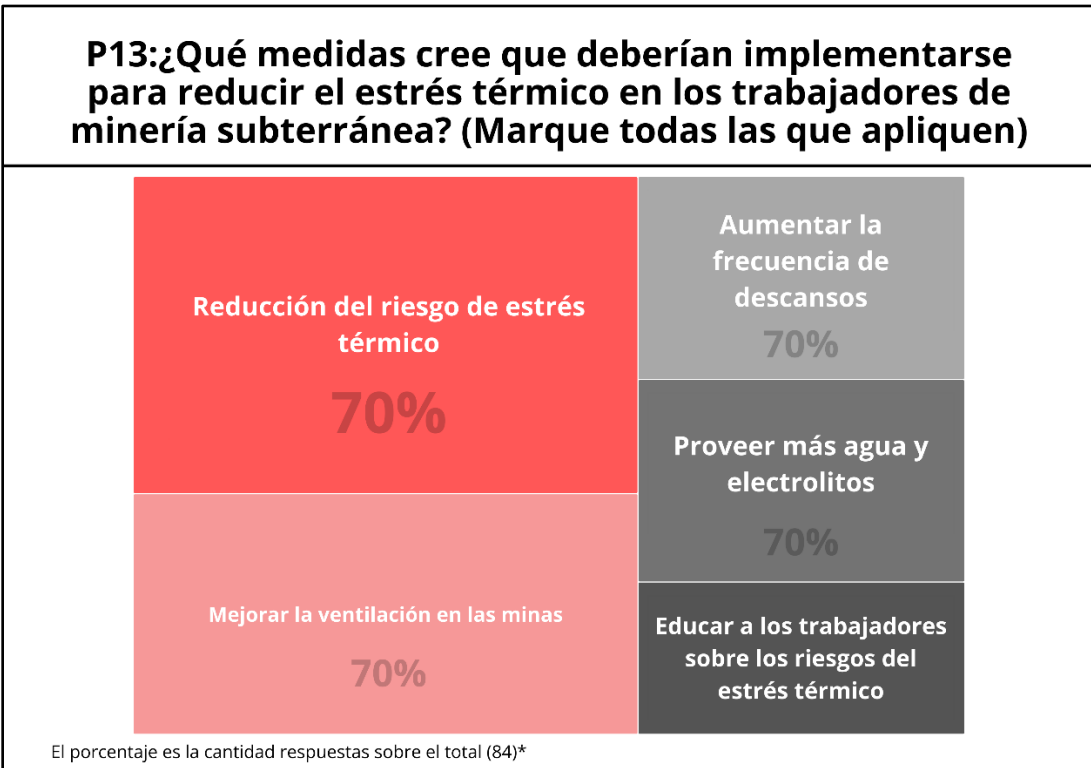
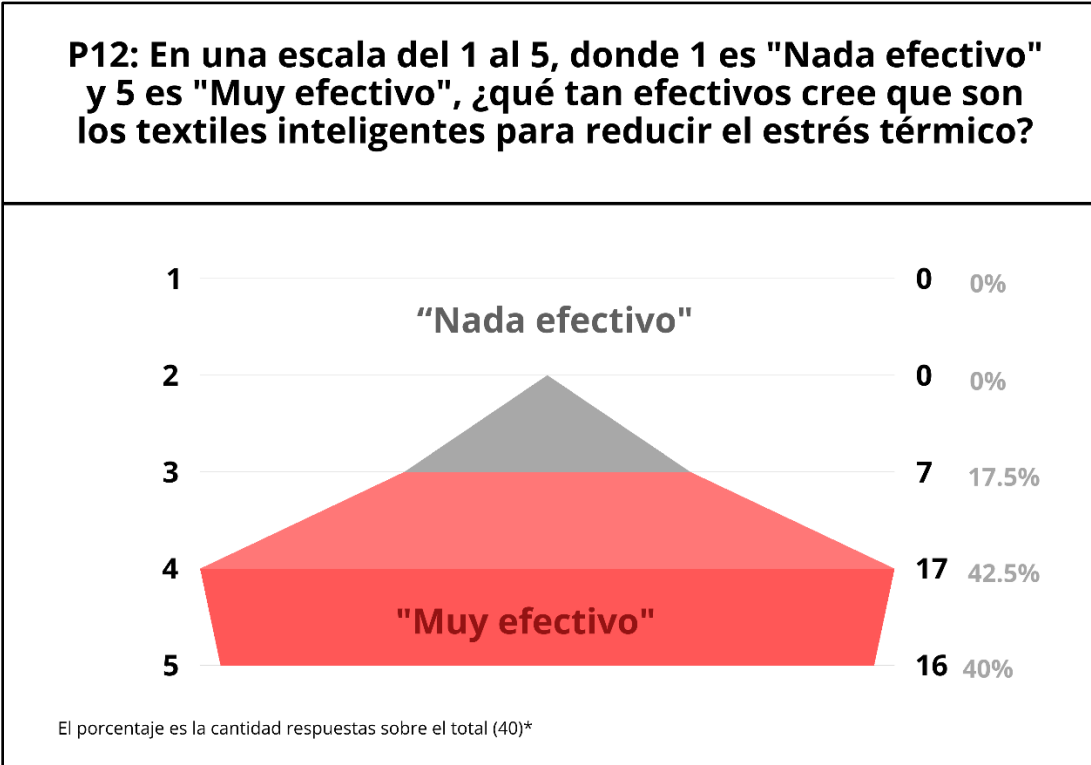


El número son las cantidades de encuestados*
El porcentaje es la cantidad respuestas sobre el total (40)*

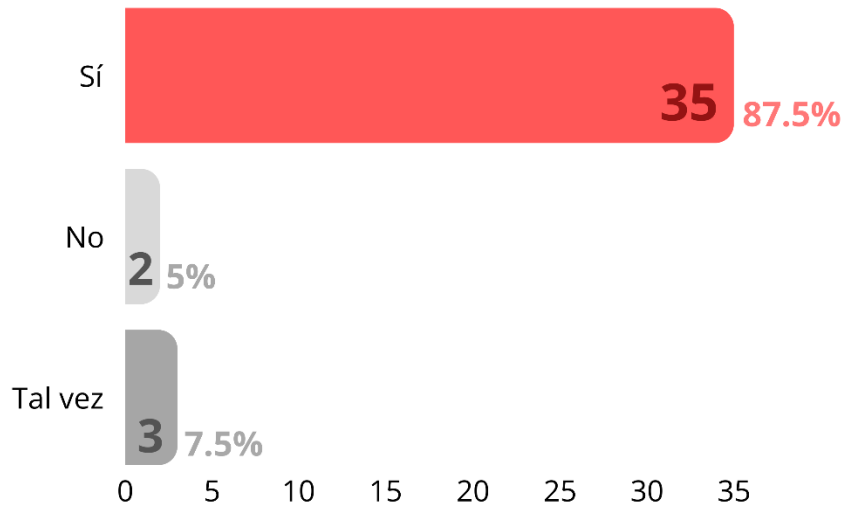
11: En su opinión, ¿cuáles serían los principales beneficios de utilizar textiles inteligentes en el vestuario laboral? (Seleccione todas las que apliquen).



El porcentaje es la cantidad respuestas sobre el total (40)*

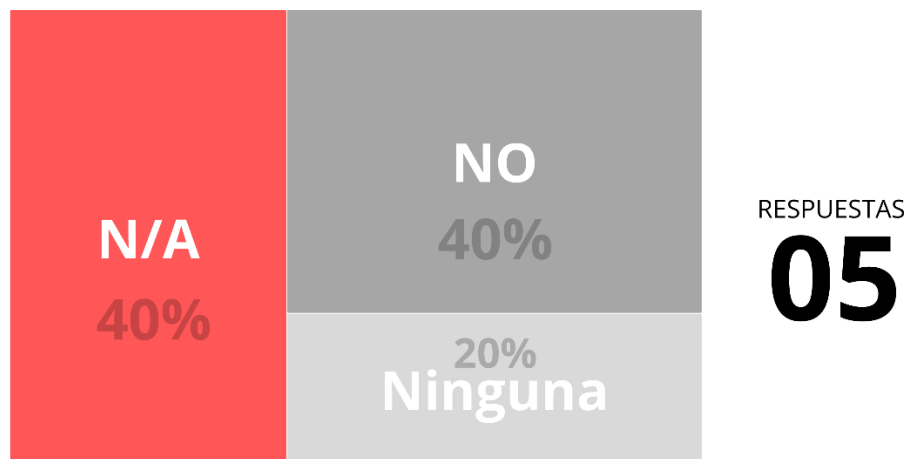


P14: ¿Estaría dispuesto a participar en programas de prueba para nuevos textiles inteligentes en su vestuario laboral?



El porcentaje es la cantidad respuestas sobre el total (40)*

P15: ¿Hay alguna otra sugerencia o comentario que le gustaría compartir sobre la gestión del riesgo térmico en su lugar de trabajo?



Pregunta no obligatoria*