



Gestión del Riesgo por Estrés Térmico por Frío en la Industria: Normativa ISO, Evidencia Médica y Rentabilidad

Ronald Fernando Nina Muñoz

Ingeniero de Higiene y Seguridad Industrial

CIP 121088

José Luis Mendoza Sarria

Asistente de Investigación

HSE Rent S.A.C.

Lima, Perú

Área temática: Seguridad y Salud en el Trabajo

Palabras clave: estrés térmico, frío ocupacional, ISO 11079, IREQ, ergonomía térmica, controles de ingeniería

Fecha: 18 de enero de 2026

1. Introducción

El estrés térmico por frío es un riesgo higiénico frecuentemente subestimado en la industria, a pesar de su impacto directo en la productividad y la seguridad. En sectores como la industria frigorífica, la agroexportación, el sector pesquero y la minería a gran altitud, los trabajadores enfrentan ambientes que absorben el calor corporal a un ritmo superior al que su metabolismo puede generarlo.

Cuando una empresa no monitoriza adecuadamente este parámetro, se produce un deterioro silencioso pero severo en el rendimiento del trabajador. A nivel nacional, existe un vacío técnico en la estandarización de los límites permisibles para el trabajo en frío, por lo que la ingeniería ocupacional debe recurrir a metodologías internacionales rigurosas. Este artículo desarrolla la evaluación del riesgo basada en la norma **ISO 11079**, analiza las consecuencias médicas de su falta de control demostradas en estudios reales, y detalla por qué la inversión en monitoreos ocupacionales especializados es una decisión altamente rentable para cualquier empresario.

2. Fisiopatología y Consecuencias de la Inacción

El cuerpo humano lucha constantemente por mantener una temperatura central (T_c) cercana a los $37^\circ C$. Ante un ambiente frío, el organismo activa la vasoconstricción periférica (reduce el flujo de sangre a las extremidades para proteger los órganos vitales) y el escalofrío (contracciones musculares para generar calor). Si el frío supera estas defensas, surgen dos tipos de consecuencias fatales para la operatividad de la empresa:

- **Efectos en la Seguridad (Riesgo de Accidentes):** El enfriamiento de las manos reduce la fuerza de agarre, la sensibilidad táctil y la destreza motriz fina. Un trabajador con las manos entumecidas tiene una probabilidad exponencialmente mayor de sufrir atrapamientos con maquinaria, cortes o caídas.
- **Salud Ocupacional (Enfermedades a Largo Plazo):** Investigaciones médicas han demostrado que el estrés por frío crónico no solo causa hipotermia. Un estudio clave de Thetkathuek et al. (2015) [2] en empresas de alimentos congelados comprobó que la falta de control térmico provocó incidencias alarmantes de trastornos musculoesqueléticos severos (lumbalgias y rigidez articular crónicas), síndrome de Raynaud (dedos blancos por daño vascular) y asma ocupacional inducida por el aire helado.

3. Marco Técnico: Metodología de Evaluación ISO 11079

Para un control profesional, no basta con mirar la temperatura ambiental. El riesgo real depende de una combinación de temperatura, velocidad del viento y humedad. La norma **ISO 11079:2007** establece los métodos científicos para evaluar este riesgo.

3.1. El Índice IREQ (Aislamiento de la Ropa Requerido)

El parámetro central de la norma **ISO 11079** es el IREQ (*Insulation Required*). Este cálculo matemático determina el nivel exacto de abrigo térmico que necesita un trabajador específico para no perder su equilibrio corporal.

La base de este índice es la **ecuación de balance térmico humano**. Para que un trabajador sobreviva y opere con seguridad, el calor que produce su “motor interno” debe igualar al calor que le arrebatara el ambiente frío. La fórmula general de este balance se expresa como:

$$M - W = E_{res} + C_{res} + E + R + C + S$$

Desglose de la generación de energía (El Trabajador):

- **M (Tasa Metabólica):** Es el calor interno generado por el esfuerzo físico. Un trabajador en construcción genera más calor (mayor M) que un supervisor de pie observando.
- **W (Potencia Mecánica):** Es la fracción de energía que se transforma en trabajo físico útil y abandona el cuerpo (suele ser un valor pequeño).

Desglose de las pérdidas de calor (El Entorno):

- **E_{res} y C_{res} (Pérdidas Respiratorias):** Representan el calor que el trabajador pierde al exhalar vapor de agua caliente (Evaporación, E_{res}) y aire caliente (Convección, C_{res}) hacia el ambiente helado.
- **E (Evaporación en la Piel):** Pérdida de calor por sudor. Incluso en el frío, si la tarea es pesada o el trabajador está “sobreabrigado”, el cuerpo suda, lo cual es muy peligroso si la ropa se humedece.
- **R (Radiación Térmica):** El calor infrarrojo que el cuerpo humano irradia hacia superficies más frías que lo rodean.
- **C (Convección):** El calor que el viento o las corrientes de aire “barren” de la superficie del trabajador. A mayor viento, mayor pérdida convectiva.
- **S (Almacenamiento de Calor):** Es la variación neta de calor en el cuerpo. Para evitar la hipotermia y los accidentes, este valor debe ser cero (0), garantizando un equilibrio perfecto.

A partir de este balance biológico, la norma ISO despeja matemáticamente el nivel de “barrera” que debe proporcionar la vestimenta de protección (EPP), obteniendo la ecuación de IREQ:

$$IREQ = \frac{T_{sk} - T_o}{R + C}$$

Donde:

- **T_{sk} (Temperatura media de la piel):** Para garantizar destreza motriz y evitar el congelamiento periférico, la norma exige que la temperatura de la piel se mantenga en niveles seguros, generalmente entre $30^{\circ}C$ y $33^{\circ}C$.

- T_o (**Temperatura Operativa**): Es la temperatura combinada del aire ambiente y las superficies radiantes del lugar de trabajo.

¿Qué significa esto para la toma de decisiones empresariales? Si la ropa de trabajo que compra la empresa tiene un nivel de aislamiento **menor** al IREQ calculado, el trabajador sufrirá una pérdida de calor progresiva, disminuyendo su rendimiento y entrando en riesgo inminente de accidente. Paradójicamente, si el abrigo provisto es **demasiado superior** al IREQ, el trabajador sudará profusamente; al detener su actividad, ese sudor se enfriará de golpe, acelerando una hipotermia. Por ende, calcular el IREQ mediante un monitoreo profesional es la única forma técnica de adquirir los EPP correctos y evitar gastos ineficientes.

3.2. Temperatura Equivalente de Enfriamiento por Viento (t_{wc})

El viento es el mayor agravante del frío. Un ambiente a $0^\circ C$ sin viento es tolerable, pero a la misma temperatura con vientos de 30 km/h, la piel se congela rápidamente. La ISO 11079 utiliza el índice WCI (*Wind Chill Index*), cuya fórmula empírica es:

$$t_{wc} = 13,12 + 0,6215 \cdot t_a - 11,37 \cdot v^{0,16} + 0,3965 \cdot t_a \cdot v^{0,16}$$

Donde t_a es la temperatura del aire en $^\circ C$ y v es la velocidad del viento en km/h. Este valor (t_{wc}) es la temperatura que realmente “siente” el trabajador y sobre la cual la empresa de monitoreo debe establecer los tiempos máximos de permanencia.

4. Impacto Real: Evidencia Estadística en la Empresa

¿Qué ocurre realmente en las empresas que deciden ahorrarse el costo de un monitoreo higiénico por frío? Basado en los datos epidemiológicos de plantas frigoríficas [2, 3], la Figura 1 muestra la alarmante prevalencia de afecciones en operarios expuestos crónicamente sin el IREQ adecuado. Para el empresario, esto se traduce directamente en descansos médicos, reemplazos constantes y baja productividad.

5. El Monitoreo Ocupacional como Decisión Financiera

En el Perú, la R.M. 085-2013-TR (Norma Básica de Ergonomía) exige protección contra ambientes térmicos, pero no detalla los límites para el frío con la precisión necesaria. Ante auditorías de SUNAFIL, la única manera de que una empresa demuestre debida diligencia es presentando un informe técnico basado en la norma internacional **ISO 11079**.

Contratar a una empresa de monitoreos ocupacionales no es un gasto, es un blindaje legal y operativo. Los especialistas utilizan termoanemómetros calibrados para calcular matemáticamente los límites de exposición.

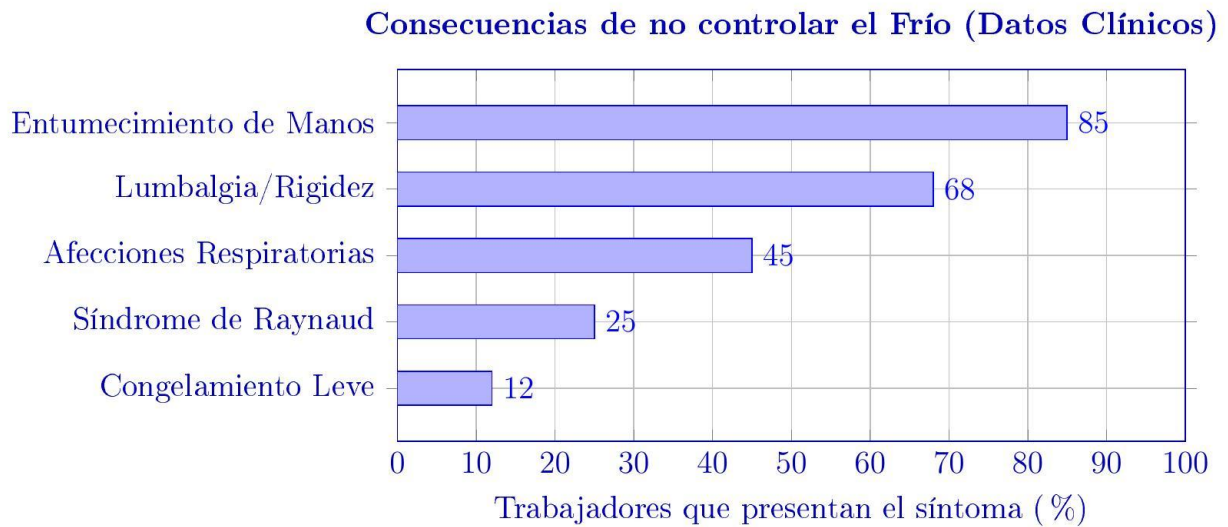


Figura 1: Prevalencia de enfermedades en trabajadores expuestos a frío extremo sin EPP certificado por cálculo IREQ. El 85% presenta entumecimiento, condición que dispara el riesgo de amputaciones y accidentes mecánicos [2].

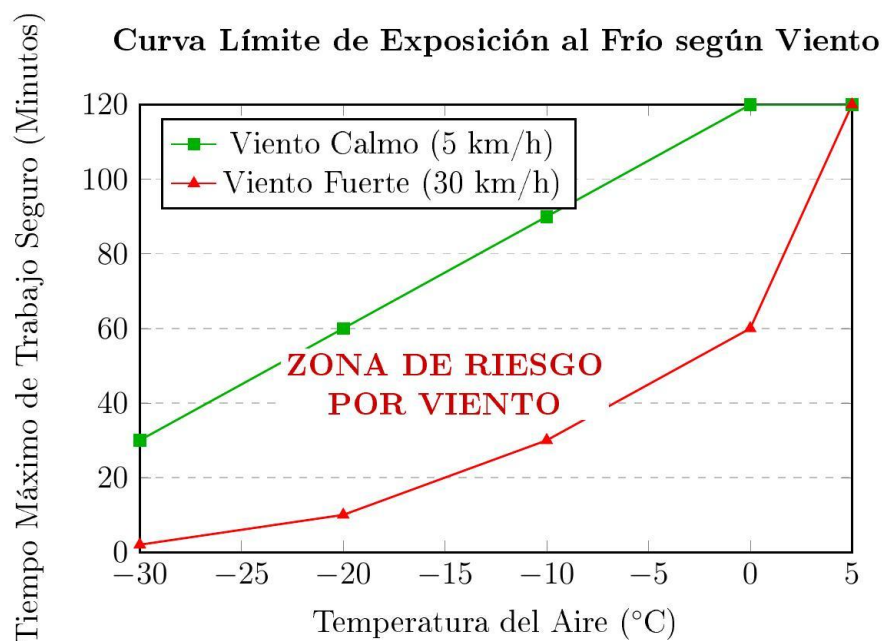


Figura 2: Herramienta de decisión técnica. Se observa cómo el tiempo de trabajo seguro colapsa cuando el viento aumenta, incluso a temperaturas no tan extremas. Sin un monitoreo con anemómetros, los gerentes operan a ciegas.

6. Estrategias y Controles de Ingeniería Aplicados

A nivel gerencial, la mejor estrategia financiera es implementar **Controles de Ingeniería**. Estos modifican el entorno físico, independizando la seguridad de la conducta del trabajador y reduciendo los gastos recurrentes en EPP especializado extremo. A continuación, se detallan tres intervenciones técnicas con sus respectivos parámetros métricos, indispensables para la adecuación de las áreas de trabajo.

6.1. Barreras Cortavientos (Control Convectivo)

Como se demostró en la ecuación del WCI (t_{wc}), el viento acelera el enfriamiento. En almacenes o cámaras frigoríficas, el ingreso continuo de montacargas genera corrientes de aire helado críticas.

- **Medida Técnica:** Instalación de cortinas de lamas de PVC polar (resistentes a la fractura por frío) en los accesos vehiculares y peatonales.
- **Parámetros de Diseño:** Las lamas deben tener un espesor mínimo de 2 a 3 mm y un ancho estándar de 200 a 300 mm. Para garantizar la ruptura de la corriente de viento, se requiere un traslape (superposición) entre tiras del **50 %** al **100 %** dependiendo de la presión diferencial del aire.

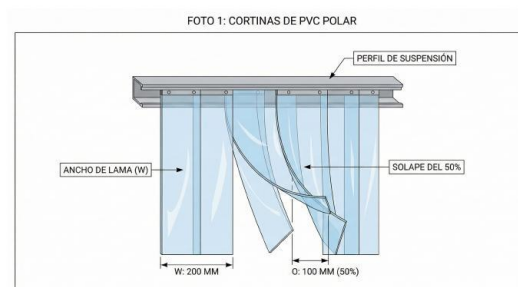


Figura 3: Esquema de instalación de cortinas de PVC, rompiendo la convección del viento (C) y mejorando la eficiencia energética de la cámara.

6.2. Calefacción Infrarroja Localizada (Control Radiante)

En áreas donde no se puede calentar el aire porque se malograría el producto (ej. empaque de pescados o carnes congeladas), se utiliza la transferencia de calor por radiación (R).

- **Medida Técnica:** Calefactores radiantes infrarrojos suspendidos sobre la estación de trabajo fija. Este sistema no calienta el aire circundante, sino que calienta directamente la ropa y la piel del trabajador que está bajo su haz luminoso.
- **Parámetros de Diseño:** Se deben instalar a una altura vertical (h) de entre 2,5 m y 3,0 m directamente sobre el operario, con potencias que varían entre 1500 W y 3000 W por estación. Un ángulo de inclinación de 15° a 30° optimiza la absorción térmica en la zona lumbar y espalda.

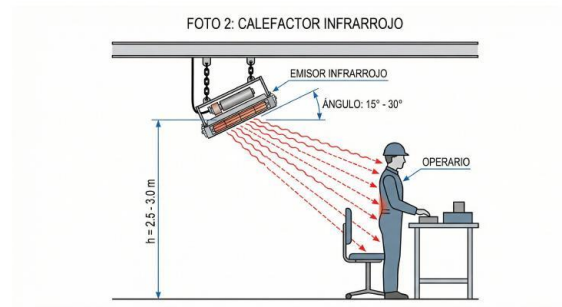


Figura 4: Calefacción radiante direccional. Calienta al operario sin romper la cadena de frío del producto.

6.3. Aislamiento de Herramientas (Control de Conducción)

El agarre prolongado de metales fríos extrae el calor de la mano por contacto directo (conducción), siendo la causa número uno del "Síndrome de Dedo Blanco".

- **Medida Técnica:** Reemplazo de herramientas con mangos de acero desnudo por herramientas con empuñaduras poliméricas, de madera o revestimientos de caucho celular.
- **Parámetros de Diseño:** El material del mango debe tener una conductividad térmica (k) baja, idealmente inferior a $0,20 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$. El grosor del aislamiento de goma o caucho debe ser de **al menos 5 mm a 10 mm**.

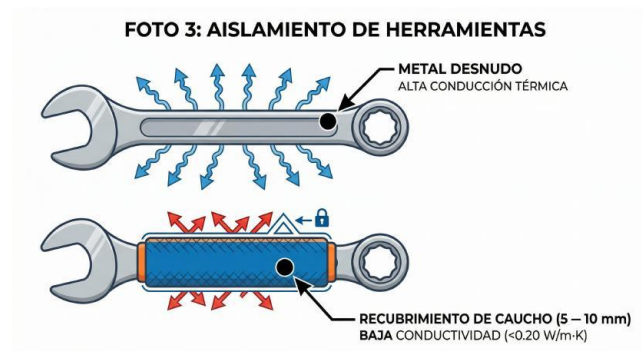


Figura 5: El uso de recubrimientos de baja conductividad térmica ($< 0,20 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$) salva a las extremidades del enfriamiento por conducción.

7. Conclusiones

El estrés térmico por frío impacta transversalmente la matriz de costos de una empresa: eleva las tasas de accidentabilidad, dispara el ausentismo por enfermedades respiratorias y musculoesqueléticas crónicas, y ralentiza la eficiencia operativa en planta. La evaluación del riesgo térmico ya no puede basarse en la simple "sensación" de frío ni en termómetros convencionales.

El uso de la normativa **ISO 11079** es indispensable. Al contratar un servicio profesional de monitoreo ocupacional, el empresario obtiene el cálculo preciso del Índice IREQ y la

temperatura equivalente por viento (t_{wc}). Esto le permite tomar decisiones financieras inteligentes y aplicar **controles de ingeniería con dimensiones exactas**, como cortinas de solape del 50 % o calefactores radiantes direccionales a 2.5 metros. En la industria moderna, invertir en prevención e ingeniería higiénica es la vía comprobada para garantizar la rentabilidad y sostenibilidad del negocio, eliminando los riesgos y protegiendo la vida del trabajador.

Referencias

- [1] International Organization for Standardization. (2007). *ISO 11079:2007 Ergonomics of the thermal environment — Determination and interpretation of cold stress when using required clothing insulation (IREQ) and local cooling effects*. Ginebra.
- [2] Thetkathuek, A., Yingratanasuk, T., Jaidee, W., & Ekburanawat, W. (2015). *Cold Exposure and Health Effects Among Frozen Food Processing Workers in Eastern Thailand*. *Safety and Health at Work*, 6(1), 56-61.
- [3] Mäkinen, T. M., et al. (2009). *Cold temperature and low humidity are associated with increased occurrence of respiratory tract infections*. *Respiratory Medicine*, 103(3), 456-462.
- [4] Organización Internacional del Trabajo (OIT). (2012). *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo: Capítulo 42 - Riesgos Físicos: Frío*.
- [5] Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo. (2013). *R.M. 085-2013-TR: Norma Básica de Ergonomía y de Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico*. Lima, Perú.