

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>22-Nov-2009</b>

**EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A ESTRÉS TÉRMICO POR CALOR EN ÁREAS  
DE VOLADURA Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN CAMPO DE PALAS  
ELÉCTRICAS EN UNA MINA DE CARBÓN A CIELO ABIERTO**

**JENNY GÓMEZ  
JOSÉ LÚQUEZ  
OLGA GORDILLO**

**ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO  
BOGOTÁ, D.C.  
2016**

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>22-Nov-2009</b>


**EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A ESTRÉS TÉRMICO POR CALOR EN ÁREAS  
DE VOLADURA Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN CAMPO DE PALAS  
ELÉCTRICAS EN EN DOS MINAS DE CARBÓN A CIELO ABIERTO**

**JENNY GÓMEZ  
JOSÉ RICARDO LÚQUEZ SERNA  
OLGA GORDILLO**

**Anteproyecto de Investigación**

**CARLOS FERNANDO GUERRA ARANGO  
DIRECTOR DE SEMINARIO  
Magister en Informática Educativa**

**ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO  
BOGOTÁ, D.C.  
2016**

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>22-Nov-2009</b>

## TABLA DE CONTENIDO

1. TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	4
2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	4
2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	6
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
4. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
4.1. JUSTIFICACIÓN.....	7
4.2. DELIMITACIÓN.....	7
5. MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
5.1. MARCO TEÓRICO.....	8
5.2. MARCO CONCEPTUAL.....	8
5.3. MARCO LEGAL.....	8
6. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	38
7. DISEÑO METODOLÓGICO.....	38
8. FUENTES PARA LA OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN.....	40
8.1. FUENTES PRIMARIAS.....	40
8.2. FUENTES SECUNDARIAS.....	40
9. RECURSOS.....	41
10. CRONOGRAMA.....	42
11. RESULTADOS.....	43
12. ANALISIS Y CONCLUSIONES.....	57
13. REFERENCIAS (BIBLIOGRAFÍA).....	63

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> Investigación	<b>Fecha de emisión:</b> 22-Nov-2009	<b>Fecha de versión:</b> 22-Nov-2009

# 1. EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A ESTRÉS TÉRMICO POR CALOR EN ÁREAS DE VOLADURA Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN CAMPO DE PALAS ELÉCTRICAS EN EN DOS MINAS DE CARBÓN A CIELO ABIERTO

## 2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Una de las actividades económicas en la que los trabajadores se encuentran expuestos a diferentes factores de riesgo es la minería; puesto que la dinámica en la que esta se desarrolla ya sea subterránea o a cielo abierto lleva a que se creen ambientes de trabajo extremos, todo con el fin de que con la ejecución de estas actividades la cantidad y calidad del mineral explotado sea de calidad.

Uno de estos ambientes extremos a tener en cuenta son para aquellas actividades que se realizan al aire en minería a gran escala en cielo abierto, como en el caso de las minas de carbón que se explotan al norte de Colombia, específicamente en el departamento del Cesar. Se sabe que debido al piso térmico en que se encuentra esta región presenta temperaturas promedio altas durante el año, sumado a esto la minería produce gran impacto sobre la naturaleza, tanto que en las áreas explotadas no se observan árboles o cualquier otro tipo de flora que pueda reducir el calor que proviene de la radiación solar. En las minas de carbón los ambientes extremos se presentan en mayor medida en las áreas de voladura y mantenimiento preventivo de palas eléctricas.

Por otra parte, la evidencia en los estudios de salud para los trabajadores que se exponen a altas temperaturas indica que no solo hay que tener en cuenta el calor que se transfiera desde el ambiente hasta el trabajador, sino también el generado el consumo de calorías del cuerpo durante las actividades, lo cual está en función del esfuerzo físico y la velocidad con que estas se realizan; de igual forma se considera que tanto cubre la vestimenta con que la persona trabaja. Todos se suma para determinar variables con las que se puede evaluar el riesgo a estrés térmico por calor. La existencia de calor en el ambiente laboral constituye frecuentemente una fuente de problemas que se traducen en quejas por falta de confort, bajo rendimiento en el trabajo y, en ocasiones, riesgos para la salud.

El estudio del ambiente térmico requiere el conocimiento de una serie de variables del ambiente, del tipo de trabajo y del individuo. La mayor parte de las posibles combinaciones de estas variables que se presentan en el mundo del trabajo, dan lugar a situaciones de disconfort, sin que exista riesgo para la salud. Con menor frecuencia pueden encontrarse situaciones laborales térmicamente confortables y, pocas veces, el ambiente térmico puede generar un riesgo para la salud. Esto último está condicionado

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>22-Nov-2009</b>

casi siempre a la existencia de radiación térmica (superficies calientes), humedad (> 60%) y trabajos que impliquen un cierto esfuerzo físico.

La mina más grande actualmente de carbón a cielo abierto en departamento del Cesar se llama Mina 1, con lo cual es en la que se pueden presentar con mayor frecuencia los escenarios de altas temperaturas; pero para conocer si se exponen a estrés térmico por calor es necesario conocer con suficiente exactitud y precisión el balance de calor en las áreas de voladura y mantenimiento preventivo de palas eléctricas.

## 2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo evaluar la exposición a estrés térmico y tensión térmica por calor en áreas de voladura y mantenimiento de preventivo en campo de palas eléctricas en dos minas de carbón a cielo abierto ?

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>22-Nov-2009</b>


### 3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la exposición ocupacional derivada de las condiciones de trabajo asociadas a potenciales escenarios de estrés térmico por calor durante las tareas realizadas en las áreas de voladura y mantenimiento preventivo de palas eléctricas dos minas de carbón a cielo abierto ubicada en el departamento del Cesar, confrontando los resultados obtenidos con los valores de referencia e indicando, según hallazgos, recomendaciones técnicas y administrativas para eliminar o reducir la probabilidad de ocurrencia de patologías profesionales relacionadas con el agente de riesgo en estudio.

#### 3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las condiciones de trabajo en los sitios de interés higiénico de potencial exposición a calor.
- Documentar las circunstancias de trabajo relacionadas con el estrés térmico por calor.
- Determinar los indicadores WBGT y PHS a partir de la valoración de las diferentes variables ambientales y ocupacionales mediante la aplicación de las metodologías y técnicas pertinentes.
- Generar conclusiones y sugerencias para la prevención de enfermedades relacionadas con el factor de riesgo estudiado.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>22-Nov-2009</b>

## 4. JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN


### 4.1. JUSTIFICACIÓN

En Colombia la minería a cielo abierto, específicamente de carbón es una de los motores de desarrollo de la economía, puesto que primero la inversión es de gran envergadura, con efectos positivos en la bolsa de valores. Segundo, para su operación requiere de muchos trabajadores que laboran en diferentes áreas como producción, mantenimiento, administración; además otras empresas brindan servicios de soporte en la operación con lo cual se convierte en un gran enfoque generador de empleo. Por otra parte, las poblaciones cercanas se benefician de las múltiples inversiones y donaciones que realizan estas multinacionales.

Sin embargo, la minería a cielo abierto es una actividad que causa un gran impacto ambiental, puesto que para la extracción del carbón se debe remover toda la capa vegetal para su almacenamiento y posterior uso cuando terminen los proyectos. Así, la peligrosidad bajo estas condiciones para los trabajadores aumenta considerablemente, principalmente en dos riesgos, material particulado y sílice cristalina y altas temperaturas.

La minería a cielo abierto es una de esas actividades, en las que se cuenta con maquinaria de tamaño colosal para la remoción de material estéril y luego la extracción del mineral. Pero, hay tareas que se deben realizar en tierra, fuera de las cabinas de estas máquinas cuyo tiempo puede tomar toda la jornada laboral. Existen dos áreas características de las minas de carbón a cielo abierto, en las que los trabajadores se exponen a condiciones extremas como son material particulado respirable y sílice cristalina, altos niveles de ruido y altas temperaturas a causa de la radiación solar, estas son las áreas de voladura y el mantenimiento de equipo minero en campo

Este proyecto de investigación busca evaluar la exposición a estrés y tensión térmica por calor de los trabajadores que laboran en las áreas de voladura y mantenimiento preventivo de palas eléctricas, para poder conocer el impacto que pueden tener estos en su salud tanto por efectos agudos como crónicos de acuerdo a la evidencia. De esta forma, se podrían sugerir recomendaciones con las que se reduzca el riesgo de exposición a estos agentes.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> Investigación	<b>Fecha de emisión:</b> 22-Nov-2009	<b>Fecha de versión:</b> 22-Nov-2009

## 5. MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN

### 5.1. MARCO TEÓRICO

En la actualidad la preocupación por la prevención de los riesgos laborales es cada vez mayor en todo el mundo, debido a que los gobiernos de los países se han dado cuenta que los efectos en la salud que que lleguen a tener los trabajadores en su ambiente laboral pueden llegar a convertirse en un problema de salud pública. Con ello, han modificado la normatividad laboral para exigirle al empleador que basándose en la evidencia cuente con los controles para prevenir estas enfermedades. Sin embargo, aún falta bastante especialmente en países donde se hacen las inversiones extranjeras y se utiliza la mano de obra nacional como Colombia.

La minería en Colombia ha sido uno de los motores de desarrollo, aunque sus beneficios son mucho más bajos a los alcanzados por Chile, Brasil y Perú como referentes de la región, cuyos aportes a sus economías han superado el 5% al PIB y el 15% de las exportaciones<sup>1</sup>.

A lo largo de los años noventa la producción minera tuvo un crecimiento bastante lento, lo que implicó que el sector tuviera una ligera pérdida en su participación en el PIB nacional. Esta situación cambió en 2003, cuando el valor de producción del sector aumentó de 45.5 a 67.4 miles de millones de pesos constantes de 2004. Este incremento de la producción significó que la contribución del sector minero al PIB pasara de un nivel de menos de 2%, registrado durante varios años, a 2.8% en 2003.


A pesar de ese aumento, es importante destacar que la participación del sector minero en el PIB colombiano es muy inferior a la que tiene en los países en que la minería ha tenido un papel importante en el crecimiento económico.

La evolución reciente de la producción minera en Colombia se ve reflejada en el desempeño del empleo del sector. El empleo minero aumentó rápidamente durante los primeros años de esta década en términos absolutos, al pasar de 120.1 a 180.000 puestos de trabajo durante el periodo 2001-2004. No obstante, en el último año analizado se observa una pequeña reducción en el número de empleos.

El sector minero representa un componente fundamental de las exportaciones colombianas. Las cifras más recientes señalan que 21.3% de las

<sup>1</sup> La Minería en Colombia: Impacto Socioeconómico y Fiscal. Fedesarrollo. Abril 8 de 2008. Recuperado el 20 de febrero de 2016 en <http://www.fedesarrollo.org.co/wp-content/uploads/2011/08/La-miner%C3%ADa-en-Colombia-Informe-de-Fedesarrollo-2008.pdf>



	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>22-Nov-2009</b>

exportaciones totales se atribuyen a la minería. A diferencia de lo que sucede con el PIB y el empleo del sector, el crecimiento sostenido del valor de las exportaciones sí ha contribuido al incremento de su participación en las ventas totales del país, al pasar de 13% en 1999 a 21.3% en el año 2006. No obstante, hay que subrayar que las exportaciones mineras alcanzaron su máxima participación en las ventas externas en 2003, registrando un relativo estancamiento a partir de ese año. Este comportamiento es preocupante teniendo en cuenta que es justamente en los años recientes cuando el mercado internacional de minerales ha tenido un gran dinamismo.

A pesar de todos estos beneficios, la minería es una actividad muy dinámica y de gran impacto ambiental que durante el periodo de vida del proyecto minero puede llegar a modificar totalmente las condiciones que allí originalmente se dan; esto a su vez aumenta el riesgo a los que se exponen quienes realizan las tareas en cada uno de sus procesos.

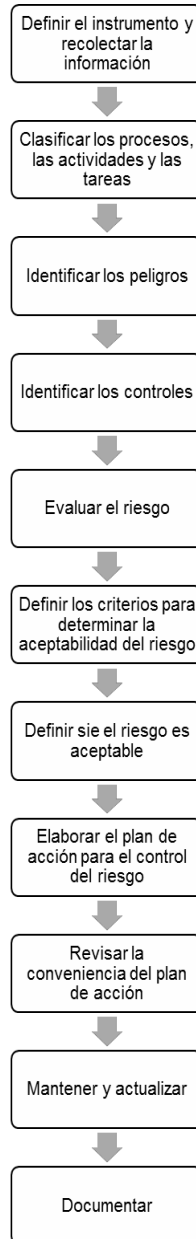
Para la OIT (Organización Internacional del Trabajo) en sus módulos de La Salud y la Seguridad en el trabajo expresa que “en casi todos los lugares de trabajo se puede hallar un número ilimitado de riesgos. En primer lugar están las condiciones de trabajo inseguras patentes, como las máquinas no protegidas, los suelos deslizantes o las insuficientes precauciones contra incendios, pero también hay distintas categorías de riesgos insidiosos (es decir, los riesgos que son peligrosos pero que no son evidentes), entre otras:

- Riesgos físicos. Ruido, vibración, insuficiencia de iluminación, radiaciones ionizantes y no ionizantes, temperaturas extremas.
- Riesgo Químico: Presencia de sólidos, líquidos, gases y vapores que pueden ingresar por vía respiratoria o dérmica.
- Riesgo biológico: Bacterias, virus, desechos infecciosos y las infestaciones.
- Riesgos psicológicos: Provocados por la tensión y la presión.
- Riesgos que producen la no aplicación de los principios de ergonomía, como por ejemplo el mal diseño de las máquinas y las herramientas, el mal diseño de los asientos y el lugar de trabajo o las malas prácticas laborales.

Muchos de estos riesgos se materializan por su frecuencia causando daños irreparables al trabajador, además de los accidentes que se generan cabe mencionar también que la mayoría de actividades conllevan a la presencia de enfermedades laborales que no solo dañan la salud del trabajador, sino que también desprestigian el éxito en la gestión de cualquier organización. Para ello gestionamos la prevención, es decir anticiparse a la materialización de cualquier riesgo y así evitar efectos o daños importantes.


	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>22-Nov-2009</b>

Para poder conocer el panorama al que se encuentran expuestos los trabajadores, en Colombia se cuenta se utiliza la Guía Técnica Colombiana GTC 45, con la cual se puede realizar un buen análisis para identificar, evaluar y controlar dichos riesgos.



**Gráfica 1. Metodología GTC 45 para la valoración y control de riesgos laborales**

El objetivo de esta investigación es evaluar condiciones que se presentan en el área de minería a cielo abierto, específicamente de la explotación de carbón térmico, por tanto

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>22-Nov-2009</b>

es indispensable que se conozcan los procesos que se llevan a cabo para contar con una mejor contextualización.

En las secciones siguientes se procederá a exponer el proceso que se lleva a cabo para la explotación de carbón a cielo abierto haciendo un mayor énfasis en los procesos de voladura y mantenimiento de palas eléctricas en campo.

### 5.1.1 Ambiente térmico

Las labores que se realizan en un ambiente térmico pueden afectar a la seguridad y salud de los trabajadores en mayor o menor grado. Aun cuando las condiciones no sean extremas o el trabajo no sea pesado, estas condiciones pueden afectar de manera significativa en el desarrollo y el rendimiento del trabajo. Las condiciones termohigrométricas por calor o frío pueden generar riesgos intolerables o riesgos por falta de confort, los cuales deben ser evaluados con métodos específicos para determinar su nivel de riesgos.

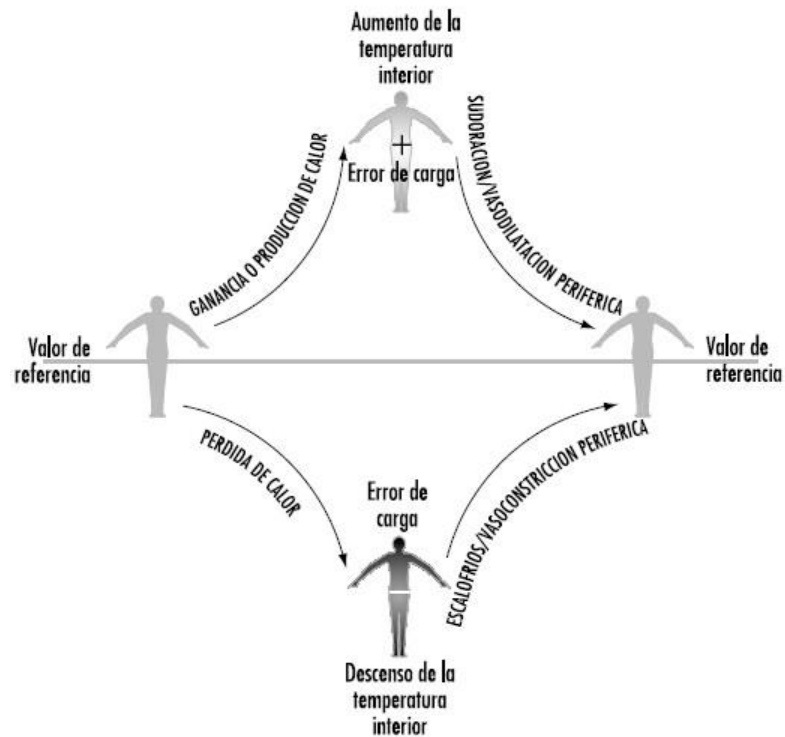
De acuerdo a estudios realizados, se indica que el Hipotálamo es el centro encargado de regular las temperaturas de todo el cuerpo humano frente a aportes o pérdidas de calor, utilizando al sistema nervioso central como medio de información para controlar las variaciones de temperaturas. Para lo cual se presentan dos mecanismos de regulación de temperatura; uno es de naturaleza fisiológica y el otro que depende del comportamiento de la persona. Ambas formas interactúan de tal manera que evitan la presencia de enfermedades y logran que las personas se sientan confortables.

El ser humano desprende calor al medio ambiente principalmente mediante una combinación de procesos secos (radiación y convección) y evaporación. Para facilitar este intercambio, se activan y regulan los dos principales sistemas efectores: vasodilatación periférica y sudoración<sup>2</sup>. Aunque la vasodilatación periférica suele producir pequeños aumentos en la pérdida de calor seco (radiactivo y convectivo), su principal función es transferir calor del interior del cuerpo a la periferia (transferencia interna de calor), mientras que la evaporación de sudor constituye un medio extremadamente eficaz para enfriar la sangre antes de que regrese a los tejidos corporales profundos (transferencia externa de calor).

En la imagen 1 se presenta un modelo del proceso de termorregulación por parte de los seres humanos.

<sup>2</sup> Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. Cap. 42 p 3– Calor y Frío. OIT

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>22-Nov-2009</b>



**Imagen 1. Modelo de termorregulación del cuerpo humano**

De acuerdo a estudios realizados, se indica que el Hipotálamo es el centro encargado de regular las temperaturas de todo el cuerpo humano frente a aportes o pérdidas de calor, utilizando al sistema nervioso central como medio de información para controlar las variaciones de temperaturas. Para lo cual se presentan dos mecanismos de regulación de temperatura; uno o es de naturaleza fisiológica y el otro que depende del comportamiento de la persona. Ambas formas interactúan de tal manera que evitan la presencia de enfermedades y logran que las personas se sientan confortables.

Cuando el cuerpo humano siente que varía la temperatura central (37 °C), sea por la influencia del medio ambiente, la fuerte actividad física o simplemente cuando la ropa impide la pérdida de calor, este reacciona con sus mecanismos propios de regulación, controlando así la temperatura corporal. El exceso de calor interno en el cuerpo humano, obliga a perder calor y así evitar un desequilibrio térmico. Este efecto provoca que la circulación de la sangre se eleve lo que significa un aumento de la frecuencia cardíaca y la vasodilatación cutánea. Hay que considerar que la sudoración es el mecanismo de pérdida de calor más importante y esta aumenta su volumen en presencia de calor.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>22-Nov-2009</b>

La aclimatación al calor permite trabajar con menor riesgo en ambiente cálido y esta aclimatación es específica ya que no es lo mismo un ambiente caluroso húmedo que otro caluroso seco.

Mientras que la termorregulación comportamental e refiere específicamente a las actitudes y comportamientos de la persona, es decir son comportamientos de naturaleza voluntaria que llevan a una mejor adaptación al calor. Actitudes como:

- Descansos.
- Esfuerzos musculares.
- Ubicarse en sitios con sombra, frescos o cálidos.
- Usar ropa ligera en presencia de calor cuando sea posible o lo contrario en presencia de frío.
- Ingesta regular de bebidas frescas.
- Utilización de pantallas, polisombras para el control de la radiación.
- Modificación de los horarios de trabajo.
- Reducción de la actividad física.

Algunos conceptos a tener en cuenta para el entendimiento de las condiciones de ambiente laboral son las siguientes.

#### 5.1.1.1 Temperatura

Propiedad de los sistemas que determina si están en equilibrio térmico. El concepto de temperatura se deriva de la idea de medir el calor o frío relativos y de la observación de que el suministro de calor a un cuerpo conlleva un aumento de su temperatura mientras no se produzca la fusión o ebullición. En el caso de dos cuerpos con temperaturas diferentes, el calor fluye del más caliente al más frío, hasta que sus temperaturas sean idénticas y se alcance el equilibrio térmico<sup>3</sup>.

#### 5.1.1.2 Transferencia de calor

El calor tiende a pasar desde los puntos en los que la temperatura es alta hacia aquellos en los que es inferior.

De acuerdo con los materiales en los cuales se está realizando la transferencia de calor se tienen diferentes procesos como son:

- **Conducción:** Cuando la transferencia de calor se realiza a través de sólidos o fluidos que no están en movimiento,

<sup>3</sup> Curso de Higiene y Seguridad Industrial - Temperatura. Facultad de Ingeniería Industrial. Escuela Colombiana de Ingeniería. 2008

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> Investigación	<b>Fecha de emisión:</b> 22-Nov-2009	<b>Fecha de versión:</b> 22-Nov-2009

- **Convección:** Cuando la transferencia se realiza a través de fluidos en movimiento.
- **Radiación:** Cuando el calor es transferido de un cuerpo a otro sin soporte material alguno.

#### 5.1.1.3 Temperatura ambiente

Es la temperatura experimentada por una persona en un ambiente dado. Esta temperatura es el resultado del intercambio de calor por conducción (a través de pisos o herramientas) y radiación (Muros, plafones, sol).

#### 5.1.1.4 Temperatura efectiva

Es un índice determinado experimentalmente, que incluye la temperatura, el movimiento del aire y la humedad. El intervalo normal es desde 18.3 C0 hasta 22.8 C0, con una humedad relativa de 20% a 60%.

#### 5.1.1.5 Humedad

Medida de concentración de agua o vapor de agua en un sólido, un líquido o un gas. A continuación se presentan los tipos de humedad:

**Humedad Absoluta:** Es la masa de agua o vapor de agua por unidad de volumen. En el caso del aire se expresa en g/m<sup>3</sup>.

**Humedad Específica:** Es la relación entre la masa de agua o vapor de agua y la masa total. En el caso del aire se expresa en gramos de vapor de agua por kilogramo de aire húmedo.

**Humedad Relativa:** Es la relación entre la masa de agua o vapor de agua que existe en un determinado volumen y la cantidad de agua o vapor de agua necesaria para que se sature dicho volumen a la misma temperatura. Se expresa en porcentaje.

#### 5.1.1.6 Zona termal comfortable


Es el intervalo normal de temperatura efectiva. Se recomiendan temperaturas de 18.8° C y 22.9° C como límites externos para la regulación termostática.

#### 5.1.1.7 Temperatura operativa

Es la temperatura del cuerpo de un trabajador. Se determina por los efectos acumulativos de todas las fuentes y receptores de calor.

#### 5.1.1.8 Fatiga por calor

Se presenta cuando hay un ascenso máximo en la temperatura del cuerpo de un individuo de 1° C.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>22-Nov-2009</b>

### 5.1.1.9 CLO

Medida de aislamiento proporcionado por la ropa. Se tiene que 1 CLO es igual 0.16° C por Watt y por metro cuadrado del área superficial del cuerpo.


Para condiciones en las que el trabajador se encuentra bajo determinado rango de temperaturas se puede utilizar ropa protectora que proporcione equilibrio entre la temperatura, la actividad física y el aislamiento de la ropa.

El grado de aislamiento que ofrece una configuración de ropa o elementos aislantes a determinado trabajo representa el grado de CLO es decir, el CLO es una medida de aislamiento térmico.

### 5.1.2 Sobrecarga por calor

Cuando el cuerpo humano se expone a ambientes calurosas inmediatamente se activan mecanismos, cuya función es llevar nuestro cuerpo al equilibrio inicial, para ello se dan algunos cambios fisiológicos que van a estar en función de las condiciones ambientales y de la actividad que realiza el trabajador, dentro de estas se encuentran:

- Aumento de la Sudoración:** Se debe considerar que la sudoración de por si no garantiza la evacuación del calor de la piel, sino la evaporación del sudor. Estas condiciones son dependientes de otros factores externos a la persona, como: la humedad del aire, calidad y tipo de ropa y de la velocidad del aire. De esta misma forma se debe de considerar que el exceso de sudoración por largos periodos de tiempo, puede generar efectos negativos en la persona, ya que la sudoración implica la pérdida de agua y sales.
- Frecuencia cardiaca y la temperatura interna:** Al elevarse la temperatura corporal, la frecuencia cardiaca aumenta, provocando que la persona presente malestares, desinterés por las actividades y hasta sed. Es importante que la persona antes de iniciar sus actividades, este se aclimate a las condiciones, paulatinamente. Es decir, someter al trabajador a la mitad de la carga física y la mitad de la carga térmica. A partir del siguiente día y durante unos días más se incrementan las cargas. El tiempo necesario para la finalización de la aclimatación es del orden de 15 días, lo cual debe ser tenido en cuenta en la planificación de las tareas de los nuevos sujetos y en los primeros días de verano la perdida de la aclimatación es muy rápida, ya que en tres o cuatro días ha perdido gran parte de su eficacia. Se deben de considerar no aclimatados a aquellos trabajadores que retornan a un puesto de trabajo después de: vacaciones, baja laboral, cualquier motivo por el


	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>22-Nov-2009</b>

que no hayan trabajado durante varios días seguidos en el puesto considerado y exposición alternante.

Existen muchos efectos severos que pueden afectar al cuerpo generando enfermedades, las cuales se listan en la tabla 1.

Enfermedades relacionadas con el calor	Causas	Síntomas	Primeros auxilios (p. aux.)/ prevención (prev.)
<b>Erupción cutánea</b>	Piel mojada debido a excesiva sudoración o a excesiva humedad ambiental.	Erupción roja desigual en la piel. Puede infectarse. Picores intensos. Molestias que impiden o dificultan trabajar y descansar bien.	P. AUX: Limpiar la piel y secarla. Cambiar la ropa húmeda por seca.  PREV.: Ducharse regularmente, usar jabón sólido y secar bien la piel. Evitar la ropa que oprima. Evitar las infecciones.
<b>Calambres</b>	Pérdida excesiva de sales, debido a que se suda mucho. Bebida de grandes cantidades de agua sin que se ingieran sales para reponer las perdidas con el sudor.	Espasmos (movimientos involuntarios de los músculos) y dolores musculares en los brazos, piernas, abdomen, etc. Pueden aparecer durante el trabajo o después.	P. AUX: Descansar en lugar fresco. Beber agua con sales o bebidas isotónicas. Hacer ejercicios suaves de estiramiento y frotar el músculo afectado. No realizar actividad física alguna hasta horas después de que desaparezcan. Llamar al médico si no desaparecen en 1 hora.  PREV.: Ingesta adecuada de sal con las comidas. Durante el periodo de aclimatación al calor, ingesta suplementaria de sal.
<b>Síncope por calor</b>	Al estar de pie e inmóvil durante mucho tiempo en sitio caluroso, no llega suficiente sangre al cerebro. Pueden sufrirlo sobre todo los trabajadores no aclimatados al calor al principio de la exposición.	Desvanecimiento, visión borrosa, mareo, debilidad, pulso débil.	P. AUX: Mantener a la persona echada con las piernas levantadas en lugar fresco.  PREV.: Aclimatación. Evitar estar inmóvil durante mucho rato, moverse o realizar alguna actividad para facilitar el retorno venoso al corazón.
<b>Deshidratación</b>	Pérdida excesiva de agua, debido a que se suda mucho y no se repone el agua perdida	Sed, boca y mucosas secas, fatiga, aturdimiento, taquicardia, piel seca, acartonada, menos frecuentes y de menor volumen, orina concentrada y oscura.	P. AUX: Beber pequeñas cantidades de agua cada 30 minutos.  PREV.: Beber abundante agua fresca con frecuencia, aunque no se tenga sed. Ingesta adecuada de sal con las comidas.
<b>Golpe de calor o insolación</b>	En condiciones de estrés térmico por calor: trabajo continuado de trabajadores no aclimatados, mala forma física, susceptibilidad	Taquicardia, respiración rápida y débil, tensión arterial elevada o baja, disminución de la sudación, irritabilidad,	P. AUX: Lo más rápidamente posible, alejar al afectado del calor, empezar a enfriarlo y llamar urgentemente al médico: Tumbarle en un lugar fresco.



	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>22-Nov-2009</b>


Enfermedades relacionadas con el calor	Causas	Síntomas	Primeros auxilios (p. aux.)/ prevención (prev.)
	<p>individual, enfermedad cardiovascular crónica, toma de ciertos medicamentos, obesidad, ciertos de alcohol, deshidratación, agotamiento por calor, etc.</p> <p>Puede aparecer de manera brusca y sin síntomas previos. Fallo del sistema de termorregulación fisiológica.</p> <p>Elevada temperatura central y daños en el sistema nervioso central, riñones, hígado, etc., con alto riesgo de muerte.</p>	<p>confusión y desmayo.</p> <p>Alteraciones del sistema nervioso central Piel caliente y seca, con cese de sudoración.</p> <p>La temperatura rectal puede superar los 40,5 °C.</p> <p><b>PELIGRO DE MUERTE</b></p>	<p>Aflojarle o quitarle la ropa y envolverle en una manta o tela empapada en agua y abanicarle, o introducirle en una bañera de agua fría o similar ¡ES UNA EMERGENCIA MÉDICA!</p> <p>PREV.: Vigilancia médica previa en trabajos en condiciones de estrés térmico por calor importante. Aclimatación. Atención especial en olas de calor y épocas calurosas. Cambios en los horarios de trabajo, en caso necesario. Beber agua frecuentemente. Ingesta adecuada de sal con las comidas.</p>
<b>Agotamiento por calor</b>	<p>En condiciones de estrés térmico por calor: trabajo continuado, sin descansar o perder calor y sin reponer el agua y las sales perdidas al sudar. Puede desembocar en golpe de calor.</p>	<p>Debilidad y fatiga extremas, náuseas, malestar, mareos, taquicardia, dolor de cabeza, pérdida de conciencia, pero sin obnubilación. Piel pálida, fría y mojada por el sudor. La temperatura rectal puede superar los 39 °C.</p>	<p>P. AUX: Llevar al afectado a un lugar fresco Y tumbarlo con los pies levantados. Aflojarle o quitarle la ropa y refrescarle, rociándole con agua y abanicándole. Darle agua fría con sales o una bebida isotónica fresca.</p> <p>PREV.: Aclimatación. Ingesta adecuada de sal con las comidas y mayor durante la aclimatación. Beber agua abundante aunque no se tenga sed.</p>

**.Tabla 1. Enfermedades generadas por la exposición a calor.**

### 5.1.3 Estrés térmico por calor

No existe una manera clara de determinar los efectos de la exposición al calor o al frío, ya que algunos factores presentan una complejidad en la identificación y evaluación. En experimentos realizados las reacciones resultan ser variadas y completamente diferentes, esto puede depender de las diferencias fisiológicas entre las personas (Aclimatación, edad, aptitud física, sexo, constitución corporal, etc.).

En conclusión podemos decir que el estrés térmico por calor es: Cuando la temperatura del cuerpo sobrepasa el nivel en que fluctúa la temperatura corporal (36–38 °C), el cuerpo reacciona para eliminar del exceso de calor. Sin embargo, si el cuerpo sigue recibiendo calor en una cantidad mayor a la que puede eliminar, la temperatura corporal aumenta y la persona sufre estrés térmico. Los problemas de

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>22-Nov-2009</b>

salud derivados del estrés térmico son conocidos como trastornos causados por calor. Este tipo de trastornos ocurren más a menudo cuando se está realizando trabajo físico arduo en ambientes calurosos y húmedos y cuando el cuerpo, como consecuencia, pierde demasiado fluido y sal en el sudor.

Según se menciona en la enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo de la OIT, el estrés térmico se define como "El estrés por calor se produce cuando el entorno de una persona (temperatura del aire, temperatura radiante, humedad y velocidad del aire), su ropa y su actividad interactúan para producir una tendencia a que la temperatura corporal aumente".

Dentro de las causas para el desarrollo de estrés térmico se deben a las siguientes causas:

- Condiciones ambientales: Temperatura del aire, flujo de aire, humedad, calor radiante (radiación solar, emisión de cuerpos calientes como hornos, etc).
- Condiciones del trabajador: Aclimatación, hidratación, vestimenta, condiciones médicas.
- Condiciones del trabajo: Cantidad de trabajo, tasa de trabajo.

### 5 . 1 . 3 . 1 Factores que influyen en Los Efectos de la exposición<sup>4</sup>


A continuación se presentaran los criterios, en el momento de realizar estudios de estrés térmico:

**Velocidad del Aire:** Permite el intercambio calórico entre el individuo y el ambiente laboral, al facilitar la pérdida de calor por convección.

**Humedad Relativa:** Es una variable que facilita o dificulta la transmisión de calor del individuo al medio ambiente, al permitir o no la evaporación del sudor que requiere el individuo para lograr su equilibrio térmico.

**Tipo de Trabajo:** La actividad física que demanda la realización del trabajo, al igual que la posición y movimientos del cuerpo, origina un gasto energético en el individuo, el cual está directamente relacionado con el valor límite permitido para exposición a altas temperaturas (ACGIH).

<sup>4</sup> Documentation of the TLVs® and BEIs with Other Worldwide Occupational Exposure Values: 2015. American Conference of Governmental Industrial Hygienist (ACGIH). 2015.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>22-Nov-2009</b>

**Tiempo de Exposición:** Se entiende como el régimen de trabajo en horas al cual está expuesto el trabajador a altas temperaturas, incidiendo directamente en el valor límite permitido.

**Susceptibilidad Individual:** Es la característica que posee cada persona de reaccionar ante la exposición al factor de riesgo por sus condiciones y antecedentes personales.

### 5.1.3.2 Evaluación de estrés térmico calor e índices de estrés térmico por calor

El estrés por calor se produce cuando el entorno de una persona (temperatura del aire, temperatura radiante, humedad y velocidad del aire), su ropa y su actividad interactúan para producir una tendencia a que la temperatura corporal aumente. El sistema de regulación térmica del organismo responde para aumentar la pérdida de calor. Tal respuesta puede ser poderosa y eficaz, pero puede también producir un estrés en el organismo que origine molestias, enfermedades o incluso la muerte. Por tanto, es importante evaluar los ambientes calurosos para garantizar la salud y la seguridad de los trabajadores<sup>5</sup>.


Los índices de estrés por calor proporcionan herramientas para evaluar ambientes calurosos y estimar el estrés térmico a que pueden verse expuestos los trabajadores. Los valores límite basados en los índices de estrés por calor indicarán cuando este estrés puede llegar a ser inaceptable.

En general, los mecanismos del estrés por calor se conocen bien y las prácticas de trabajo para ambientes cálidos están bien establecidas. Entre ellas se incluyen: conocimiento de los signos de advertencia de estrés por calor, programas de aclimatación y rehidratación. No obstante, el gran número de accidentes que siguen produciéndose sugiere la necesidad de repasar estos conocimientos.

#### 5.1.3.2.1 Índices de estrés por calor

Un índice de estrés por calor es un único número que integra los efectos de seis parámetros básicos en cualquier ambiente térmico al que puede verse expuesto un ser humano, de tal manera que su valor varía dependiendo del estrés térmico experimentado por la persona expuesta a un ambiente caluroso. El valor del índice (medido o calculado) puede utilizarse para diseñar puestos de trabajo o prácticas de trabajo y establecer unos límites de seguridad. Se han realizado numerosas investigaciones para determinar el índice definitivo de estrés por calor y no existe acuerdo sobre cuál es el mejor de todos ellos. Por ejemplo, Goldman (1988) presenta 32 índices de estrés por calor y es probable que en

<sup>5</sup> Enciclopedia de la Salud y la Seguridad en el Trabajo. OIT. Calor y Frío. Cap. 42 – P17.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>22-Nov-2009</b>

todo el mundo se utilicen como mínimo el doble de ese número. Muchos índices no consideran los seis parámetros básicos, aunque todos ellos tienen que tenerlos en cuenta a la hora de su aplicación.

La utilización de uno u otro índice dependerá de cada contexto y de ahí que existan tantos índices diferentes. Algunos índices son teóricamente inadecuados, aunque su uso puede estar justificado para aplicaciones específicas por la experiencia de una industria en particular.

Según Kerslake (1972), “Es evidente que la manera de combinar los factores ambientales tiene que depender de las propiedades de la persona expuesta a ellos, pero ninguno de los índices de estrés por calor que se utilizan en la actualidad tienen esto en cuenta”. La reciente tendencia a la normalización [p. ej., ISO 7933 (1989b) e ISO 7243 (1989a)] ha creado presiones para que se adopten índices similares en todo el mundo. No obstante, será necesario adquirir experiencia con el uso de cualquier nuevo índice.

La mayoría de los índices de estrés por calor consideran, ya sea directa o indirectamente, que el principal factor de estrés para el organismo es el relacionado con la sudoración. Por ejemplo, cuanto más sudor tenga que perderse para mantener el equilibrio térmico y la temperatura corporal interna, mayor será el estrés impuesto al organismo. Para que un índice del estrés por calor refleje el ambiente térmico humano y sirva para predecir el estrés por calor, se precisa un mecanismo que estime la capacidad de una persona para, a través de la sudoración, perder calor en un ambiente caluroso.

Los índices basados en la evaporación del sudor al ambiente son útiles cuando las personas mantienen la temperatura corporal interna principalmente a través de la sudoración. En general, se dice que estas condiciones están en la zona prescriptiva (OMS 1969). Así, la temperatura corporal interna permanece relativamente constante, mientras que la frecuencia cardíaca y el nivel de sudoración aumentan con el estrés por calor. En el límite superior de la zona prescriptiva (LSZP), la regulación térmica es insuficiente para mantener el equilibrio térmico y la temperatura corporal aumenta. Se denomina zona de urgencia ambiental (OMS 1969). En esta zona, el almacenamiento de calor está relacionado con la temperatura corporal interna y puede utilizarse como un índice para determinar los tiempos de exposición permisibles (p. ej., basados en un límite de seguridad establecido para mantener una temperatura “interior” de 38 °C).

Los índices de estrés por calor pueden clasificarse como racionales, empíricos o directos.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>22-Nov-2009</b>

Los índices racionales se basan en cálculos para los que se utiliza la ecuación del equilibrio térmico; los índices empíricos se basan en el uso de ecuaciones obtenidas a partir de las respuestas fisiológicas de los seres humanos (p. ej., pérdida de sudor); y los índices directos se basan en la medición (normalmente de la temperatura) de instrumentos utilizados para simular la respuesta del cuerpo humano.

A continuación se describen los índices más importantes y más utilizados.


**Índice de Estrés por Calor (Heat Stress Index, HSI):** Es la proporción entre la evaporación necesaria para mantener el equilibrio térmico  $L_{req}$  y la evaporación máxima que podría conseguirse en ese ambiente  $E_{max}$ , expresada como porcentaje (Belding y Hatch 1955).

El HSI está pues relacionado con el estrés, fundamentalmente en términos de sudoración corporal, para valores de entre 0 y 100. Con un  $HSI = 100$ , la evaporación necesaria es la máxima posible y representa el límite superior de la zona prescriptiva. Con un  $HSI >100$ , se almacena calor en el organismo y los tiempos de exposición permisibles se calculan en función de un aumento de  $1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  de la temperatura interna del organismo (calor almacenado de 264 kJ). Con un  $HSI <0$  existe un ligero estrés por calor; por ejemplo, cuando los trabajadores se están recuperando de la exposición al calor. Se asigna un límite superior de  $390\text{ W/m}^2$  a  $E_{max}$  (sudoración de 1 l/h como la máxima tasa de sudoración mantenida durante 8 horas), se hacen supuestos sencillos sobre los efectos de la ropa (camisa de manga larga y pantalones) y se supone que la temperatura cutánea se mantiene constante a  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**Índice de Estrés Térmico (Index of Thermal Stress):** Givoni (1963, 1976) propuso el índice de Estrés Térmico, que es una versión mejorada del Índice de Estrés por Calor. Una mejora importante es que se reconoce que no todo el sudor se evapora.

**Tasa de sudoración requerida:** Otra mejora teórica y práctica incorporada al HSI y al ITS fue la tasa de sudoración requerida (required sweat rate,  $SW_{req}$ ) (Vogt y cols. 1981). Es un índice que calcula la sudoración necesaria para conseguir el equilibrio térmico a partir de una ecuación perfeccionada del equilibrio térmico, pero lo más importante es que constituye un método práctico para interpretar los cálculos comparando lo que se necesita con lo que es fisiológicamente posible y aceptable en el ser humano.

Los extensos debates y las evaluaciones industriales y de laboratorio (CEC 1988) de este índice tuvieron como resultado su aceptación como Norma Internacional ISO 7933 (1989b). Las diferencias entre las respuestas observadas y esperadas de los trabajadores motivaron la inclusión de notas de advertencia con relación a los métodos de evaluación de la deshidratación y la transferencia de calor por

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>22-Nov-2009</b>

evaporación a través de la ropa en la propuesta de su adopción como Norma Europea (prEN-12515).

**Temperatura Efectiva (TE) y Temperatura Efectiva Corregida:** El índice de Temperatura Efectiva (Houghton y Yaglou 1923) se creó inicialmente para proporcionar un método de determinación de los efectos relativos de la temperatura del aire y la humedad en la sensación de bienestar. Tres personas juzgaron cuál de dos cámaras climatizadas era más cálida caminando por ellas. Utilizando diferentes combinaciones de temperatura y humedad del aire (y después otros parámetros), se determinaron las líneas de bienestar equivalente. Las tres personas describieron sus impresiones inmediatas y se registraron sus respuestas transitorias. El resultado fue que se sobrestimó el efecto de la humedad a temperaturas bajas y se subestimó a temperaturas altas (en comparación con las respuestas en estado estable). Aunque en un principio era un índice de bienestar, la sustitución de la temperatura de bulbo seco por la temperatura del globo negro en los nomogramas de la TE proporcionó la Temperatura Efectiva Corregida (TEC) (Bedford 1940). Los estudios publicados por Macpherson (1960) sugirieron que la TEC predecía los efectos fisiológicos de un aumento de la temperatura radiante media. En la actualidad, la TE y la TEC se utilizan rara vez como índices del bienestar, aunque se han utilizado como índices del estrés por calor. Bedford (1940) propuso la TEC como un índice de calor, con límites superiores de 34 °C para una “eficiencia razonable” y de 38,6 °C para la tolerancia. Ahora bien, otras investigaciones han demostrado que la TE presenta importantes desventajas cuando se utiliza como índice del estrés por calor, razón por la cual se empezó a utilizar el índice de la tasa de sudoración prevista durante cuatro horas (TSP4).

**Tasa de Sudoración Prevista durante 4 horas:** El índice de la tasa de sudoración prevista durante cuatro horas (TSP4) fue propuesto en Londres por McArdle y cols. (1947) y evaluado en Singapur durante 7 años de trabajo resumido por Macpherson (1960). Es la cantidad de sudor secretado por hombres jóvenes aclimatados y en buena forma física expuesto al ambiente durante 4 horas mientras cargan munición en cañones durante una batalla naval. El número (valor de índice) que por sí sólo resume el efecto de los seis parámetros básicos es la cantidad de sudor producido por esa población específica, pero debe utilizarse como un valor de índice y no como una indicación de la cantidad de sudor en un determinado grupo de interés. Con todo, fuera de la zona prescriptiva (p. ej.,  $TSP4 > 5$  l), la tasa de sudoración no parecía ser un buen indicador del estrés.

**Predicción de la frecuencia cardiaca como índice:** Fuller y Brouha (1966) propusieron un índice sencillo basado en la predicción de la frecuencia cardíaca (heart rate, HR) en latidos por minuto. La relación, tal como fue formulada con la tasa metabólica en BTU/h y la presión parcial de vapor en mmHg permitía realizar

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>22-Nov-2009</b>

una predicción sencilla de la frecuencia cardíaca a partir de (T+p), de ahí el índice T + p. Givoni y Goldman (1973) propusieron también ecuaciones para la variación de la frecuencia cardíaca con el tiempo y correcciones para tener en cuenta el grado de aclimatación de las personas. NIOSH (1986) describe un método para predecir la frecuencia cardíaca durante el trabajo y la recuperación (obtenido de Brouha 1960 y Fuller y Smith 1980, 1981). La temperatura corporal y la frecuencia cardíaca se miden durante el período de recuperación después de un ciclo de trabajo o en determinados momentos durante la jornada de trabajo. Al final de un ciclo de trabajo, el trabajador se sienta en un taburete, se le toma la temperatura oral y se registran las siguientes tres frecuencias de pulso:

P<sub>1</sub>: frecuencia de pulso medida entre 30 segundos y 1 minuto

P<sub>2</sub>: frecuencia de pulso medida entre 1,5 y 2 minutos

P<sub>3</sub>: frecuencia de pulso medida entre 2,5 y 3 minutos

El principal criterio de estrés por calor es una temperatura oral de 37,5 °C. Si  $3 \leq P_3 - P_1 \leq 10$  lpm indica una carga de trabajo grande, aunque con sólo un pequeño aumento de la temperatura corporal. Si  $P_3 > 90$  lpm y  $P_3 - P_1 < 10$  lpm, el estrés (calor + trabajo) es demasiado grande y se deben adoptar medidas para diseñar el trabajo.

La finalidad de este estudio es evaluar la exposición a estrés térmico or calor a través del índice WBGT, al cual continuación se expondrán sus principales fundamentos


### 5.1.3.2.2 Índice WBGT

Este índice fue establecido por Young y Minard<sup>6</sup>, en los años 50, para la Marina Norteamericana, como método para estudiar el ambiente térmico durante la ejecución de ejercicios y entrenamientos militares. La gran ventaja de este método radica en su sencillez de aplicación: mediciones, cálculos e interpretación.

Los valores límites del WBGT se utilizaron para determinar cuándo los reclutas militares podían recibir instrucción. Se observó que los accidentes por calor y el tiempo perdido por interrupción de la instrucción se reducían cuando se utilizaba el índice WBGT en lugar de tan sólo la temperatura del aire. El índice WBGT fue adoptado por NIOSH (1972), ACGIH para una persona aclimatada

<sup>6</sup> Bioengineering, Thermal Psychology and Comfort. K. Cena, J.A. Clark. ELSEVIER. 1981. Recuperado el 15 de Septiembre de 2015 en

[https://books.google.com.co/books?id=S2DYOtBNUm0C&pg=PA100&lpg=PA100&dq=Young+y+Minard+WBGT&source=bl&ots=Da\\_wOiUAS-&sig=nTjcr-vFFvfLyrLIVIAv8Jaf7ps&hl=es&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Young%20y%20Minard%20WBGT&f=false](https://books.google.com.co/books?id=S2DYOtBNUm0C&pg=PA100&lpg=PA100&dq=Young+y+Minard+WBGT&source=bl&ots=Da_wOiUAS-&sig=nTjcr-vFFvfLyrLIVIAv8Jaf7ps&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=Young%20y%20Minard%20WBGT&f=false)

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>22-Nov-2009</b>

en reposo con una ropa de 0,6 clo, el valor límite del WBGT es de 33 °C. Los límites establecidos por ISO 7243 (1989a) y NIOSH 1972 son casi idénticos.

Gracias a la simplicidad de este índice ya su aplicación por organismos influyentes, se ha conseguido su aceptación generalizada. Al igual que todos los índices directos, presenta limitaciones cuando se utiliza para simular la respuesta humana y debe utilizarse con precaución en aplicaciones prácticas. En el mercado existen instrumentos portátiles que miden el índice WBGT (p. ej., Olesen 1985).

En la norma ISO 7243 (1989a), basada en el índice WBGT, se describe un método sencillo de utilizar en ambientes calurosos para establecer un diagnóstico “rápido”. Dicha norma incluye también las especificaciones de los instrumentos de medida, como son los valores límite del WBGT para personas aclimatadas y no aclimatadas.

El indicador aceptado por la legislación colombiana es el índice WBGT, de acuerdo con lo estipulado en la resolución 2400 de 1979.

Es un índice basado en la combinación de las cargas de calor ambiental y cargas de calor metabólico.

**Cargas de calor ambiental:** Están representadas por los valores de temperatura de bulbo húmedo, temperatura de globo, y la temperatura de bulbo seco, cuando se trabaja bajo exposición solar.

**Calor metabólico:** Es la suma del calor que se produce en el cuerpo humano debido a la acción de las funciones vegetativas tales como digestión, respiración, circulación sanguínea etc; más el calor producido por las funciones físicas que se estén realizando de acuerdo al trabajo efectuado, o labor que este desempeñando el trabajador.

Este indicador consiste en la ponderación fraccionada de las temperaturas húmedas, de globo y a veces temperaturas secas. Las principales fórmulas que lo definen son:


**En Exteriores (con exposición solar)**

$$\text{WBGT} = 0.7 \cdot \text{TBH} + 0.2 \cdot \text{TG} + 0.1 \cdot \text{TBS} \text{ (}^\circ\text{C)}$$

**En Interiores (sin exposición solar - a la sombra)**

$$\text{WBGT} = 0,7 \cdot \text{TBH} + 0.3 \cdot \text{TG} \text{ (}^\circ\text{C)}$$



	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>22-Nov-2009</b>

Siendo:

**TBS (Temperatura de bulbo seco o de referencia °C):** Es la temperatura indicada por un termómetro de mercurio cuyo bulbo se ha apantallado de la radiación por algún medio que no restrinja la circulación natural del aire a su alrededor.

Es la temperatura tomada con el termómetro convencional para tener un parámetro de comparación frente a las otras dos. Tiene importancia cuando las mediciones se realizan en exteriores con carga solar.

El sensor cuenta con las siguientes características mínimas:

- Forma cilíndrica
- Diámetro externo de 6 mm  $\pm$  1
- Longitud de 30 mm  $\pm$  5
- Rango de medida 5° C a 40° C.
- Precisión mínima de  $\pm$  0.5° C
- El soporte del sensor debe tener un diámetro de 6 mm y arte de él (20 mm) debe estar cubierto por un tejido para reducir el calor transmitido por conducción desde el soporte del sensor.
- El tejido debe formar la manga que ajuste sobre el sensor. No debe estar demasiado apretado, ni demasiado holgado.
- El tejido debe mantenerse limpio.

**TBH (Temperatura Húmeda °C):** Es la temperatura indicada por un termómetro de mercurio cuyo bulbo se encuentra recubierto por una muselina empapada de agua, ventilado únicamente de forma natural y no apantallado de las fuentes de radiación.

Esta es la temperatura parte de evaluar la velocidad aproximada a la que el trabajador está perdiendo agua a causa de su exposición al calor.

**TG (Temperatura de globo °C):** Es la temperatura indicada por un termómetro cuyo bulbo se encuentra alojado en el centro de una esfera de cobre hueca, de 15 cm de diámetro y pintada exteriormente de negro mate. Es la temperatura a la que se encuentra sometido el trabajador a causa de la radiación (una de las formas en que se transmite el calor) de una fuente de calor que se encuentra cercana a la zona donde este desempeña sus función. Esta componente es la que indica la temperatura proveniente de la radiación en el sitio de la evaluación.

La esfera debe tener las siguientes características:

- 150 mm de diámetro.
- Coeficiente de emisión medio: 90 (negro y mate)

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>22-Nov-2009</b>

- El grosor debe ser tan delgado como sea posible
- La escala de medición debe ser entre 20° C y 120° C.
- Precisión:  $\pm 0.5^\circ$  C de 20° C a 50° C y  $\pm 1$  de 50° C a 120° C.

#### 5.1.3.2.2.1 Limitaciones del método WBGT<sup>7</sup>

La simplicidad del método hace que esté sujeto a ciertas limitaciones, debidas a las obligadas restricciones en algunas variables. Así por ejemplo, la curva límite sólo es de aplicación a individuos cuya vestimenta ofrezca una resistencia térmica aproximada de 0,6 clo., que corresponde a un atuendo veraniego.

La velocidad del aire: Sólo interviene a partir de cierto valor del consumo metabólico y de forma cualitativa, aumentando 1 ó 2 °C los límites del índice WBGT, cuando existe velocidad de aire en el puesto de trabajo. Ver tabla 1

La aclimatación al calor es un proceso de adaptación fisiológica que incrementa la tolerancia a ambientes calurosos, fundamentalmente por variación del flujo de sudor y del ritmo cardíaco. La aclimatación es un proceso necesario, que debe realizarse a lo largo de 6 ó 7 días de trabajo, incrementando poco a poco la exposición al calor.


Cuando la situación de trabajo no se adapte al campo de aplicación del método, es decir, que la velocidad del aire o el vestido sean muy diferentes de lo indicado, debe recurrirse a métodos más precisos de valoración.

Al utilizar el instrumento que existe en el laboratorio de Ergonomía de la ECI, para la toma de temperaturas, es necesario dejar el instrumento durante 20 min, en el lugar donde se esté tomando la medida de temperatura, para lograr que se estabilice el agua destilada, lo cual genera otro de las limitaciones de este método (claro está, con este instrumento en particular, ya que con los instrumentos de alta tecnología, no se tiene que realizar este procedimiento).

#### 5.1.3.2.3 Consumo metabólico (M)

La cantidad de calor producido por el organismo por unidad de tiempo es una variable que es necesario conocer para la valoración del estrés térmico. Para estimarla se puede utilizar el dato del consumo metabólico, que es la energía total generada por el organismo por unidad de tiempo (potencia), como

<sup>7</sup> Curso de Higiene y Seguridad Industrial - Temperatura. Facultad de Ingeniería Industrial. Escuela Colombiana de Ingeniería. 2008

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>22-Nov-2009</b>

consecuencia de la tarea que desarrolla el individuo, despreciando en este caso la potencia útil (puesto que el rendimiento es muy bajo) y considerando que toda la energía consumida se transforma en calorífica.

El término **M** puede medirse a través del consumo de oxígeno del individuo, o estimarlo mediante tablas. Esta última forma es la más utilizada, pese a su imprecisión, por la complejidad instrumental que conlleva la medida del oxígeno consumido.

Existen varios tipos de tablas que ofrecen información sobre el consumo de energía durante el trabajo. Unas relacionan, de forma sencilla y directa, el tipo de trabajo con el término **M** estableciendo trabajos concretos (escribir a máquina, descargar camiones etc.) y dando un valor a **M** por cada uno de ellos. Otras, determinan un valor a **M** según la posición y movimiento del cuerpo, el tipo de trabajo y el metabolismo basal. Este último se considera de 1 Kcal / min como media para la población laboral y debe añadirse siempre.

#### 5.1.3.2.4 Criterios de valoración<sup>8</sup>

A continuación se presentarán los principales criterios que se deben tener en cuenta en el momento de llevar a cabo estudios de estrés térmicos:

##### 5.1.3.2.4.1 Gasto energético y valor límite permisible para altas temperaturas

La American Conference of Governmental Industrial Hygienists (**ACGIH**) ha establecido los siguientes valores máximos de exposición, los cuales se presentan en las Tablas No. 1, 2 y 3.

RÉGIMEN DE TRABAJO- DESCANSO	CARGA DE TRABAJO Kcal/hr		
	LIGERO 200 Kcal/hora o menos	MODERADO 200 Kcal/hora - 300 Kcal/hora	PESADO Más de 300 kcal/hora
Trabajo continuo	30.0 °C	26.7 °C	25.0 °C
75% trabajo - 25% descanso (cada hora)	30.6 °C	28.0 °C	25.9 °C
50% trabajo - 50% descanso (cada hora)	31.4 °C	29.4 °C	27.9 °C
25% trabajo - 75% descanso (cada hora)	32.2 °C	31.1 °C	30.0 °C

**Fuente:** Mondelo, Pedro. Gregori Torada, Enrique. Uriz Comas, Santiago. Vilella Castejón,

<sup>8</sup> Documentation of the TLVs® and BEIs with Other Worldwide Occupational Exposure Values: 2015. American Conference of Governmental Industrial Hygienist (ACGIH). 2015.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>22-Nov-2009</b>

Emilio. Lacambra Bartolomé, Esther. Ergonomía 2. Confort y Estrés Térmico. Alfaomega – UPC. México. 2001. Pág. 109.

**Tabla 2. Valores de las Temperaturas WBGT Admisibles.**

Posición y movimientos del cuerpo	Kcal/minuto
Sentado	0.3
De pie	0.6
Andando en terreno llano	2.0 - 3.0
Andando en terreno inclinado	Añadir a terreno llano 0.8 por metro de desnivel

**Fuente:** Mondelo, Pedro. Gregori Torada, Enrique. Uriz Comas, Santiago. Vilella Castejón, Emilio. Lacambra Bartolomé, Esther. Ergonomía 2. Confort y Estrés Térmico. Alfaomega – UPC. México. 2001. Pág. 62.

**Tabla 3. Gasto Energético por la Posición y Movimiento del Cuerpo.**

Tipo de trabajo	Media (Kcal/min)	Rango (Kcal/min)
Trabajo manual ligero	0.4	0.2 - 1.2
Trabajo manual pesado	0.9	
Trabajo ligero con un brazo	1.0	0.7 - 2.5
Trabajo pesado con un brazo	1.7	
Trabajo ligero con ambos brazos	1.5	1.0 - 3.5
Trabajo pesado con ambos brazos	2.5	
Trabajo ligero con el cuerpo	3.5	2.5 - 15
Trabajo moderado con el cuerpo	5.0	
Trabajo pesado con el cuerpo	7.0	
Trabajo muy pesado con el cuerpo	9.0	

**Fuente:** Mondelo, Pedro. Gregori Torada, Enrique. Uriz Comas, Santiago. Vilella Castejón, Emilio. Lacambra Bartolomé, Esther. Ergonomía 2. Confort y Estrés Térmico. Alfaomega – UPC. México. 2001. Pág. 61.

**Tabla 4. Gasto Energético por tipo trabajo**

#### 5.1.3.2.4.2 Aislamiento térmico del vestido (CLO)

El CLO es la medida de Aislamiento Proporcionado por la ropa. Se tiene que 1 CLO es igual a  $0.16 \text{ }^{\circ}\text{C}$  por Watt y por metro cuadrado del área superficial del cuerpo.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>22-Nov-2009</b>

Tipo de Vestido	I <sub>CLO</sub>	
	(Clo)	(m <sup>2</sup> ·°C/W)
Desnudo	0.0	0.000
Pantalones cortos	0.1	0.015
Conjunto tropical: Pantalones cortos, camisa de manga corta abierta, calcetines finos, sandalias y calzoncillos.	0.3	0.045
Conjunto ligero de verano: Pantalones largos ligeros, camisa ligera de manga corta, calcetines finos, zapatos y calzoncillos.	0.5	0.078
Ropa de trabajo ligera: Ropa interior, camisa de manga larga, pantalones de vestir, calcetines de lana y zapatos.	0.7	0.108
Conjunto de invierno de interior: Ropa interior, camisa de manga larga, pantalones de vestir, chaqueta o jersey de manga larga, calcetines de invierno y zapatos.	1.0	0.155
Conjunto completo de trabajo en interiores tradicional europeo: Ropa interior, camisa, traje incluyendo chaqueta, pantalones y chaleco, calcetines de lana y zapatos.	1.5	0.232


**Tabla 5. Aislamiento Térmico del Vestido.**

**Fuente:** Mondelo, Pedro. Gregori Torada, Enrique. Uriz Comas, Santiago. Vilella Castejón, Emilio. Lacambra Bartolomé, Esther. Ergonomía 2. Confort y Estrés Térmico. Alfaomega – UPC. México. 2001. (Tomada del Programa Spring 3.0).

El aislamiento del conjunto puede determinarse a partir del aislamiento de cada una de las prendas que lo componen, utilizando la siguiente ecuación:

$$I_{cl} = 0.82 \cdot \sum I_{cli}$$

A continuación se presenta una tabla donde se presentan los valores de aislamiento de las prendas que componen el conjunto del vestido.


	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>22-Nov-2009</b>

TIPO DE PRENDA	Aislamiento (CLO)	TIPO DE PRENDA	Aislamiento (CLO)
<b>Ropa interior</b>		· Vestido de manga corta	0.29
· Sujetador + tanga	0.04	· Vestido de manga larga de verano	0.29
· Sujetador + media hasta la rodilla + tanga	0.06	· Vestido de manga larga de invierno	0.40
· Tanga hombre	0.03	<b>Jerseys</b>	
· Calzoncillo corto	0.04	· Ligerito manga corta con cuello en V de algodón	0.20
· Calzoncillo media pierna	0.08	· Ligerito manga corta con cuello en V sintético	0.25
· Camiseta de tirantes de algodón	0.06	· Ligerito de manga larga sintético	0.28
· Camiseta de algodón	0.10	· De manga larga sin cuello de lana	0.36
· Camiseta manga larga de algodón	0.12	<b>Varios</b>	
<b>Camisas y Blusas</b>		· Overol	0.52
· Polo de manga corta	0.17	· Chaqueta de trabajo sintética	0.21
· Camisa de manga corta	0.19	· Chaqueta de trabajo de algodón	0.26
· Camisa de manga larga ligera	0.20	· Blusa de laboratorio	0.35
· Camisa de manga larga normal	0.25	· Smoking: de verano	0.13
· Camisa de manga larga de franela	0.34	· Smoking: de invierno	0.45
· Blusa sin cuello	0.25	· Chaleco	0.13
<b>Pantalones</b>		<b>· Zapatos - Calcetines</b>	
· Pantalones cortos de algodón	0.08	· Calcetines finos	0.02
· Pantalón ligero	0.20	· Calcetines gruesos	0.05
· Pantalón normal	0.25	· Media pierna finos	0.03
· Pantalón de franela	0.28	· Media pierna gruesos	0.10
· Pantalón-peto contrirantes	0.28	· Zapatos	0.03
<b>Faldas y Vestidos</b>		· Zapatillas de deporte	0.02
· Falda altura rodilla de verano	0.15	· Guantes gruesos	0.08
· Falda altura rodilla de invierno	0.23		

**Tabla 6. Aislamiento Térmico por Prenda.**

**Fuente:** Mondelo, Pedro. Gregori Torada, Enrique. Uriz Comas, Santiago. Vilella Castejón, Emilio. Lacambra Bartolomé, Esther. Ergonomía 2. Confort y Estrés Térmico. Alfaomega – UPC. México. 2001. (Tomada del Programa Spring 3.0).

Además de los conceptos propiamente técnicos para la evaluación de estrés térmico por calor también se deben considerar las condiciones del lugar en donde se va a realizar la investigación. Para ello se hace necesario el

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>22-Nov-2009</b>

conocimiento de los procesos que se llevan a cabo en minería, específicamente las tareas de voladura y mantenimiento en exteriores.

#### **5.1.4 Actividades operativas de la minería a cielo abierto**

La minería de carbón a cielo abierto por su complejidad, requiere de la implementación de altos niveles tecnológicos para la recuperación adecuada de los depósitos carboníferos, lo cual implica el desarrollo secuencial de actividades operativas que han de garantizar el éxito de la explotación, no sólo en lo referente a los niveles de producción, sino también al manejo ambiental del proyecto minero. A continuación se hace una breve descripción de las actividades operativas más representativas de un proyecto de minería

##### **5.1.4.1 Remoción de vegetal**

Corresponde a la primera actividad a ser ejecutada dentro de la etapa de descapote inicial, es decir, la actividad con la cual se inicia la fase de producción y, es desarrollada, luego de que han sido adecuadas las vías de acceso, se ha realizado el desvío de corrientes superficiales, se han preparado las zonas de botadero, patios de acopio de carbón y pilas de suelo, así como también la construcción de la infraestructura de soporte. La cubierta vegetal podrá ser retirada siempre y cuando se haya hecho un inventario y caracterización de ella y, así mismo, se haya definido con base en el programa de manejo ambiental del recurso forestal su manejo posterior, ya sea para su utilización como madera, posteadura, trinchos de madera, filtros de sedimentos, o para trozarla e incorporarla a las pilas de suelo, o a las parcelas de experimentación.

##### **5.1.4.2 Remoción de capa vegetal**

Corresponde a la labor de retirar la capa vegetal o suelo agrícola, la cual se encuentra generalmente representada por los horizontes O, A y B del material edáfico. Antes de proceder por su remoción, es imperativo haber elaborado el correspondiente estudio de suelos, haber realizado el correspondiente inventario y registro, así como la caracterización in-situ del área en donde se proyecta hacer la remoción de este material. Con base en esta información se determina una profundidad promedio de descapote y, de acuerdo con sus características agrológicas y con lo establecido en el programa de manejo de suelos y en el plan de restauración, se procederá a su traslado a pilas de suelo, parcelas de experimentación o escombreras.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>22-Nov-2009</b>

### 5.1.4.3 Remoción de estéril

Las labores de remoción de estéril están determinadas por el método de explotación seleccionado (Numeral 5.1.4), definido en el diseño de la mina. En dicha definición juegan un papel preponderante, tanto el equipo a utilizar, como las características del conjunto de rocas que han de ser removidas. Con respecto al equipo, habrá de considerarse el alcance del brazo de la excavadora, del cual dependerán la altura de los bancos de explotación y la ubicación de los estériles. De igual forma, se tendrá en cuenta la capacidad del cucharón, la cual determinará el rendimiento de la máquina. Los equipos frecuentemente utilizados para la remoción de estéril son las excavadoras hidráulicas, palas eléctricas, cargadores, mototraillas, dragalinas, excavadoras de ruedas de cangilones y mineros continuos de superficie.

#### 5.1.4.3.1 Perforación y voladura

Algunos estériles que yacen sobre las formaciones carboníferas corresponden a material consolidado, el cual, para su remoción mediante máquinas excavadoras, debe ser arrancado mediante voladura. Para la preparación de ésta, inicialmente deberá perforarse el terreno para colocar una carga explosiva, la cual será activada de manera posterior, para así lograr el fraccionamiento de las rocas en tamaños fáciles de manipular con las excavadoras.

Para la perforación, se utilizan comúnmente taladros rotatorios provistos de brocas tricónicas, ya sean para rocas blandas o para rocas duras. El barrido de los residuos y polvos producidos por la broca, se hace inyectando aire comprimido a lo largo de la barrena a medida que avanza la perforación, lo cual sirve, a su vez, para controlar la temperatura de la broca.

Los explosivos de más amplio uso son el nitrato de amonio y el indugel. Para la detonación se utilizan cebadores de dinamita de alto poder o cordón detonante, los cuales se disparan con espoletas eléctricas de diferentes retardos, con lo cual se logra el adecuado fraccionamiento de la roca y, además, se logra controlar el desplazamiento de cantos que pongan en peligro equipos e instalaciones próximos, al tiempo que se previenen los efectos dañinos que pueda ocasionar la onda explosiva.

La operación unitaria o proceso productivo de "Voladura", tiene como objetivo el arrancar el material involucrado desde su lugar original, de modo que este material triturado puede ser cargado y retirado por los equipos respectivos (y procesado según se requiera), por lo que este material tendrá que cumplir con una granulometría y una disposición espacial apta para los posteriores procesos asociados.



	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>22-Nov-2009</b>

El primer proceso de conminución que se aplica al material es la voladura, por lo que su éxito permitirá realizar un buen manejo de este material por parte de los procesos posteriores (chancado por ejemplo).

Como sabemos la granulometría dependerá de las características de la roca misma y de energía aplicada sobre ella, por lo que si deseamos una granulometría fina debemos utilizar mayor cantidad de recursos (explosivos) o aumentar su potencia, es decir aumentar el Factor de carga de nuestra voladura.

La proyección del material es también un tema muy importante, ya que no queremos que el material quede esparcido en un área muy grande, sino que deberá quedar dispuesto espacialmente de modo que el equipo que se encargue de su manejo posterior pueda hacerlo en condiciones acordes a su diseño de operación.

Para agregar el material explosivo se utiliza un camión que lo contiene y personal en tierra que van a garantizar el llenado de los barrenos perforados por los taladros. A este cargo se les conoce como auxiliares de voladura los cuales van a demarcar el área a volar e indicar donde se van a perforar los pozos, llenarlos y posteriormente amarrarlos con alambre d voladura que forma el circuito eléctrico para que la explosión sea simultánea. Estas actividades toman toda su jornada de trabajo y se expone a las condiciones extremas de la mina, exponiéndose a material particulado y ruido de altos niveles de presión sonora generado por los taladros al perforar y las otras áreas de explotación a los alrededores y altas temperaturas; los cuales pueden llegar a producir efectos graves en la salud de ellos.

#### **5.1.4.3.2 Botaderos de material estéril o escombreras**

En la minería a cielo abierto se producen grandes cantidades de material estéril, las cuales deben ser objeto de manejo para su almacenamiento en condiciones adecuadas de estabilidad, seguridad e integración al entorno. Tales depósitos se conocen comúnmente como escombreras ó botaderos de estéril.

Los materiales estériles son de litologías distintas y granulometría variables, razón por la cual presentan problemas físicos e incluso químicos, para la implantación posterior de la vegetación. Por lo general, predominan los estériles en forma de fragmentos gruesos con una distribución espacial distinta a la que existía dentro de los depósitos, como consecuencia de la segregación que sufren las partículas al ser depositadas dentro de las escombreras.

Para la implementación de una escombrera, deberán adelantarse estudios previos que consideren, al menos, los siguientes aspectos: ubicación y límites de las áreas de botadero; morfología y materiales y estudio geotécnico.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>22-Nov-2009</b>

#### **5.1.4.3.3 Ubicación y límites**

Generalmente, la ubicación de zonas de botadero está condicionada técnicamente por el desarrollo del método de explotación previsto y, económicamente, por la necesidad de reducir en lo posible la distancia de acarreo, de tal forma que no afecte de manera notable la viabilidad económica del proyecto. En este sentido, se suele aprovechar terrenos próximos al yacimiento, los cuales presenten condiciones aptas para el efecto, tales como laderas de pendiente suave y hondonadas naturales. El desarrollo del proyecto de explotación permitirá establecer igualmente la dinámica del botadero, determinando sus límites en función de los volúmenes previstos en la planificación general de la operación y, estableciendo así, las superficies ocupadas para cada una de las etapas de la explotación.

#### **5.1.4.3.4 Morfología y materiales**

La identificación de las áreas previamente reconocidas para la explotación, permitirá clasificar los materiales en suelos, materiales meteorizados de arranque directo, o rocas de arranque por voladura. Por sus características mecánicas y de granulometría, así como por la posibilidad de su utilización posterior (caso de suelos para restitución), estos materiales pueden ser objeto de depósitos diferentes (p.ej. pilas de suelos y/o escombreras).

#### **5.1.4.4 Extracción de carbón**

Las labores para la extracción de carbón, al igual que para la remoción del estéril, están determinadas por el método de explotación seleccionado y, éste, a su vez, como se ha visto de manera previa, juega un papel preponderante en el diseño de la mina y la selección del equipo con el cual se va a acometer la extracción de carbón. Previa a esta labor, es necesario realizar la limpieza del manto de carbón, la cual se puede ejecutar con tractor de orugas, tractor sobre llantas, motoniveladoras o, si así se prefiere, manualmente. La extracción propiamente dicha se puede realizar mediante una combinación buldozer/cargador, excavadoras hidráulicas, palas eléctricas cuando el espesor y el buzamiento lo permiten o mineros continuos de superficie.

#### **5.1.4.5 Cargue**

En la minería a cielo abierto se utilizan generalmente dos métodos de cargue: i) método cíclico y, ii) método continuo. En el primero de ellos, los ciclos se cumplen a través de la siguiente secuencia: parqueo de volquetes, llenado de cucharón, cargue y despacho de vehículo. Los equipos utilizados en este método son las palas de empuje, retroexcavadoras, cargadores frontales sobre llantas, dragalinas y grúas de almejas.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>22-Nov-2009</b>

Por su parte, en el método continuo se efectúan las mismas operaciones que en el anterior, pero en forma sucesiva e ininterrumpida. Los equipos que se utilizan en él, son las ruedas de cangilones que alimentan bandas transportadoras y los mineros continuos.

#### **5.1.4.6 Transporte interno de materiales**

Los continuos adelantos tecnológicos para la fabricación de equipos de mayor capacidad y tamaño, han permitido en la actualidad el planeamiento de minas de gran volumen de producción. Con esta nueva oferta tecnológica y el apoyo del computador, hoy día es posible implementar sistemas de control de cargue y despachos de volquetes, con lo cual se logra mayor agilidad, flexibilidad y rendimiento de la utilización de los equipos mineros.

Para los acarreo dentro de las explotaciones, se utilizan frecuentemente tres tipos de volquetes: i) de descargue trasero, ii) de descargue lateral y, iii) de descargue por el fondo. Además de lo anterior, dependiendo de la localización y condiciones topográficas de la mina, se pueden instalar bandas transportadoras, especialmente para llevar el carbón al beneficiadero.

#### **5.1.4.7 Acopio y beneficio de carbón**

El acopio o almacenamiento de carbón se hace con el fin de compensar las diferencias que existen entre producción, transporte y despachos de carbón (consumo). De otro lado, el almacenamiento también es una garantía de disponibilidad del mineral, cuando se presentan interrupciones inesperadas en la operación. Los sistemas de almacenamiento de carbón más utilizados son las pilas y los silos.

Para cada una de las fases descritas anteriormente se llevan a cabo, existe un personal de mantenimiento, los cuales pueden realizar sus tareas en taller o campo, lo cual va a depender del mantenimiento que se vaya a ser o de la facilidad para transportar el equipo hasta el centro de mantenimiento. Las palas hidráulicas, que son los equipos de mayores dimensiones luego de las dragalinas se les realiza mantenimiento en campo, en zonas un poco apartadas de las operaciones. Los trabajadores que realizan este tipo de mantenimiento se exponen a las condiciones del área y de la naturaleza de las actividades desde poco hasta muy intensas.

El mantenimiento en exteriores de las palas hidráulicas incluye tareas de técnicos mecánicos, electricistas y soldadores, por tanto al momento de realizar el estudio se debe tener en cuenta que tipo de actividad que se está evaluando.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>22-Nov-2009</b>

## 5.2 MARCO LEGAL

**Ley 9 de 1979:** Se establecen normas para preservar, conservar y mejorar la salud de los individuos en sus ocupaciones laborales señalando en su Artículo 81 que la salud de los individuos es una condición indispensable para el desarrollo socio económico del país. Desde la resolución 2400 de 1979 se han presentado una serie de normas que permiten a los empleadores, ARP y a los trabajadores relacionar la productividad, calidad y la seguridad como un solo eslabón no se puede concebir una productividad sin seguridad y no se puede diseñar productos o servicios de calidad a costa de la salud e integridad de los trabajadores

**Resolución 02400 DE 1979:** Por la cual se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo.

**Artículo 1:** Debe prevalecer la higiene y la seguridad en todos los establecimientos de trabajo con el fin de preservar y mantener l salud física y mental y prevenir accidentes y enfermedades profesionales para mejorar el bienestar de los trabajadores en sus actividades laborales.


**Decreto 614:** Por el cual se determina las bases para la organización y administración de salud ocupacional en el país Y posterior constitución de de un plan unificado en el campo de la prevención accidentes y enfermedades relacionadas con el trabajo.

**Ley 100 de 1993:** Consagra la obligatoriedad de la afiliación de los trabajadores al sistema de seguridad social esta ley establece la legislación en 4 frentes generales

- Sistema general de pensiones
- Sistema general de seguridad social en salud
- Sistema general de riesgos profesionales
- Los servicios sociales complementarios

**Decreto ley 1295 de 1994:** Sus objetivos son establecer Las actividades de promoción para mejorar las condiciones de trabajo y salud de los trabajadores, en el Artículo 21 literal D se obliga a los empleadores a programar, ejecutar y controlar el cumplimiento de la salud ocupacional en la empresa y en el artículo 22 literal D se obliga a los trabajadores a cumplir las normas e instrucciones de salud ocupacional fomentadas por la empresa.

**Decreto 1281 de 1994:** Por el cual se reglamentan las actividades de alto riesgo. Estas actividades son: trabajo de minería trabajo en altas temperaturas, trabajos con exposiciones ionizantes y trabajo con sustancias comprobadas cancerígenas.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

**Decreto 2644 de 1994:** Por el cual se expidió la tabla única para las indemnizaciones por pérdida de la capacidad laboral entre el 5% y el 49.99% y la prestación económica correspondiente.


**Resolución 4059 de 1995:** Por la cual se adopta el formato único de reporte de accidente de trabajo, y el formato único de reporte de enfermedades profesionales  
Decreto 1609 del 2002: por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera.

**Resolución 01013 del 2008:** Por el cual se adoptan las guías de atención integral de salud ocupacional basadas en la evidencia para asma ocupacional, trabajadores expuestos a benceno, plaguicidas inhibidores de las colinesterasa, dermatitis de contacto y cáncer pulmonar relacionado con el trabajo.

**Resolución 1570 del 2005:** Por la cual se establecen las variables y mecanismos para recolección de información en salud ocupacional y riesgos profesionales y se dictan otras disposiciones.

**Decreto 2566 del 2009:** Por el cual se adopta la tabla de enfermedades profesionales Colombia cuenta con las resoluciones 2400 de 1979 artículo 64 y el decreto 2222 de 1993 las cuales establecen las metodologías de evaluación del ambiente térmico a través del índice WBGT. En la Tabla 7 se listan un cuadro comparativo.

Sistemática	Colombia	Unión Europea	Estados unidos	México	Chile	Referente
<b>Identificación</b>	Resolución 2400 de 1979 Ley 9 de 1979 Decreto 2222 de 1993 Decreto 1281 de 1994					ISO 7243:1989 ISO 7933:2004 ISO 11079:2007 ISO 15743:2008
<b>Estrategias de evaluación</b>						
<b>Instrumentos de medición</b>		Directiva 89/654/CEE	29 CFR 1910.132	NOM-015-STPS-2001	DS 594-2011	
<b>Valores de referencia</b>	Resolución 2400 de 1979 Decreto 2222 de 1993					ISO 7243:1989 ISO 7933:2004 ISO 11079:2007 ISO 15743:2008 ACGIH

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

Sistemática	Colombia	Unión Europea	Estados unidos	México	Chile	Referente
<b>Métodos de referencia</b>	Resolución 2400 de 1979 Ley 9 de 1979 Decreto 2222 de 1993 Decreto 1281 de 1994					ISO 7243:1989 ISO 7933:2004 ISO 11079:2007 ISO 15743:2008

**Tabla 7. Cuadro comparativo marco legal para ambiente térmico**

## 6. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación a realizar es de campo de carácter cuantitativo con la que se pretende aplicar a los datos recolectados en campo análisis correlacional, al igual que se van a reseñar los rasgos, cualidades y atributos más importantes del fenómeno objeto de estudio.

Según Hernández<sup>9</sup> la investigación correlacional es un tipo de estudio que tiene como propósito evaluar la relación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables (en un contexto en particular). Los estudios cuantitativos correlacionales miden el grado de relación entre esas dos o más variables (cuantifican relaciones). Es decir, miden cada variable presuntamente relacionada y después también miden y analizan la correlación.

Se van a realizar unas mediciones en campo, siguiendo las directrices de la ISO 7243:1989 para luego realizar cálculos y comparar estos resultados con unos valores de referencia. A partir de las observaciones realizadas se establecen relaciones de causalidad, a partir de las cuales se pueden sugerir recomendaciones para el control de la exposición en los trabajadores que realizan las tareas de voladura y mantenimiento en exteriores tanto en la mina Mina 1 como en Mina 2 ubicadas en el corredor minero del departamento del Cesar.

## 7. DISEÑO METODOLÓGICO

En la literatura sobre la investigación es posible encontrar diferentes clasificaciones de los tipos de diseño. Hernández, Fernández y Baptista (2003)

<sup>9</sup> Hernández (2003) et al

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>22-Nov-2009</b>

consideran vigente la siguiente clasificación: investigación experimental e investigación no experimental. La investigación no experimental se subdivide en diseños transeccionales o transversales, y diseños longitudinales. Los diseños experimentales son propios de la investigación cuantitativa y los diseños no experimentales se aplican en ambos enfoques” (Hernández, et al (2003) p.187).

Esta investigación es de tipo cuantitativa porque se recolecta información de cantidades del fenómeno observado para luego realizarles un tratamiento y analizarlos.

Para realizar este estudio se procederá con los siguientes pasos:

1. Determinación de las áreas a evaluar tanto en la mina Mina 1 como en Mina 2. Este paso es muy importante porque la minería es una actividad dinámica, con lo cual las áreas están cambiando constantemente. La remoción de material estéril para la extracción de carbón requiere que se realice voladura, por tanto solo durante un periodo de tiempo, pueden ser algunos días, el auxiliar de voladura se encuentra en determinada área. También, las palas, que son los equipos encargados del cargue de material estéril van cambiando su ubicación en diferentes áreas de la mina, a medida que se terminan los cortes.
2. Dirigirse hasta las áreas para realizar las mediciones para caracterizar el ambiente térmico. En este caso se debe tener en cuenta que el día de la evaluación deben darse las condiciones regulares, las cuales son de clima seco y sol ardiente. Además, la evaluación de estrés térmico por calor se realiza con el fin de prevenir efectos agudos en la salud, para lo cual se hace conveniente la selección del peor escenario de exposición. Para este estudio se tomó el horario que va de 10:00 a.m. a 12:00 p.m. y de 2:00 p.m. a 4:00 p.m. Evaluaron las condiciones en estos dos escenarios para cada una de las áreas. Cabe decir que en este estudio se evitó la publicación de fotografías de las áreas, puesto que la información contenida puede afectar a la compañía propietaria de estas minas y a las empresas contratistas que allí laboran.
3. Durante las mediciones se debe recolectar la información descriptiva de las tareas que realizan los auxiliares de voladura y los técnicos de mantenimiento, con el fin de establecer la tasa metabólica y la relación de trabajo y descanso. Además, se observan otras fuentes de transferencia de calor que se den por conducción convección y radiación.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>22-Nov-2009</b>

4. Con los datos recolectados durante el tiempo establecido, se procede a su procesamiento mediante las ecuaciones para el cálculo de los índices WBGT.
5. Estos resultados se comparan con los valores límites permisibles recomendados por la Conferencia Americana de Higienistas del Gobierno (ACGIH) y se establecen cuales están cumpliendo con la conformidad.
6. A partir de la información descriptiva se procede a establecer relaciones entre estos fenómenos y los resultados. Apoyándose en estudios reportados en la literatura y en el asesoramiento de la empresa especialista en higiene industrial Centro Nacional del Estudio de la Enfermedad Profesional CRP Ltda. con su unidad de minería.
7. De las conclusiones obtenidas se estos análisis se van a seleccionar y determinar recomendaciones con las que se puedan prevenir los efectos en la salud sobre los trabajadores por exposición a altas temperaturas. Esto al igual con el equipo técnico de minería de la empresa CRP Ltda.
8. Por último se procede a documentar la información apoyada en la literatura y en la asesoría de CRP Ltda.

## **8. FUENTES PARA LA OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN**


### **8.1 Fuentes Primarias**

Las fuentes primarias para la obtención de la información son básicamente la documentación referente a la metodología desarrollada en la ISO 7243 y las metodologías desarrolladas e información discernida en documentos internos por la empresa CRP Ltda. A lo largo de más de 15 años de experiencia.

### **8.2 Fuentes secundarias**

Las fuentes secundarias utilizadas son publicaciones en físico y virtuales con estudios similares, como revistas, artículos científicos, trabajos de grado, etc.



	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>22-Nov-2009</b>


## 9. RECURSOS

Para la realización del proyecto se utilizó un integrador de temperatura propiedad de CRP Ltda. Con el que se puede medir temperatura de bulbo seco, bulbo húmedo, temperatura de globo, humedad relativa y velocidad del aire. En la Imagen 1 se muestra el equipo.

### Imagen 1. Integrador de temperatura


Al igual que este equipo también se contó con los siguientes recursos:

- Camioneta para dirigirse hasta las áreas en óptimas condiciones, con las autorizaciones por parte del área de seguridad física e industrial de la compañía propietaria de las minas.
- Elementos de protección personal para dos personas, incluían botas de seguridad, gafas de seguridad, casco, protección auditiva y respiratoria.
- Un computador para procesar los datos y documentar toda la información
- Servicio de internet permanente.
- Papelería (libretas para toma de apuntes, lapiceros, etc).
- Celular con servicio del operador que se puede utilizar en las minas.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

## 10. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividades	Octubre	Noviembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Consultas con CRP Ltda. y búsqueda de información documental						
Solicitud y aprobación para el ingreso a las minas						
Búsqueda de los recursos						
Recolección de la información en campo						
Procesamiento de la información						
Creación del documento						

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>22-Nov-2009</b>

## 11. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en ese proyecto corresponden a los obtenidos en cada una de las fases de la metodología, haciendo un mayor énfasis en los que se obtiene de la comparación con los WBGT recomendados por la ACGIH. Para tal caso se utilizará una convención de colores como se muestra en la Tabla 8, basado en los TLV's y en la descripción de colores de la norma Guía Técnica Colombiana GTC 45.


Color	Interpretación	Sugerencia
<b>Rojo</b>	WBGT superior al valor límite permisible. El trabajador se enfrenta en alto riesgo de sufrir estrés por calor.	Requiere intervención Técnica inmediata
<b>Amarillo</b>	WBGT superior al nivel que da lugar a una acción, pero menor al valor límite permisible. El trabajador está riesgo moderado de sufrir estrés por calor.	Requiere intervención técnica
<b>Verde</b>	WBGT por debajo del nivel que da lugar a una acción. El trabajador está en riesgo bajo de sufrir estrés por calor	Mantener condiciones actuales

**Tabla 8. Convención de colores para los resultados WBGT.**

En la Tabla 9 aparecen las circunstancias de exposición observadas durante las observaciones en campo para cada una de las áreas.

En la tabla 10 y 11 se encuentran los resultados obtenidos de las mediciones del ambiente térmico antes y después de mediodía, es decir, temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo, temperatura de globo, humedad relativa y velocidad del aire.

En la tabla 12 y 13 se realizan los cálculos WBGT de las mediciones antes y después de mediodía para cada una de las áreas y se comparan para todas las condiciones de tasa metabólica y porcentaje de trabajo/descanso.


	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> Investigación	<b>Fecha de emisión:</b> 22-Nov-2009	<b>Fecha de versión:</b> 22-Nov-2009

**Tabla 9. Áreas de voladura y mantenimiento en exteriores junto con circunstancias de exposición**

No.	Fecha	Mina	Área evaluada	Circunstancia evaluada	Frecuencia	Tiempo aproximado	Fuentes de calor identificadas	Tareas críticas
1	02/02/2016	Mina 1	Manto Gran Madre North West	Amarre de voladura y llenado de pozos con emulsión	Diaria	8 horas	Radiación solar. Transferencia de calor por convección del aire que se calienta por acción de la radiación solar y de los taladros y camiones de explosivos en funcionamiento.	Tareas con desplazamientos largos alrededor de medio día
2	02/02/2016	Mina 1	Manto Rouzaud Norte		Diaria	8 horas		
3	02/02/2016	Mina 1	Manto Babilla Norte		Diaria	8 horas		
4	03/02/2016	Mina 1	Manto Águila Rider Norte		Diaria	8 horas		
5	03/02/2016	Mina 1	Manto Monito Norte		Diaria	8 horas		
6	03/02/2016	Mina 1	Manto La Loma Norte		Diaria	8 horas		
7	04/02/2016	Mina 1	Manto Gran Madre AB Sur		Diaria	8 horas		
8	04/02/2016	Mina 1	Manto La Loma Sur		Diaria	8 horas		
9	04/02/2016	Mina 1	Manto Monito Sur		Diaria	8 horas		
10	05/02/2016	Mina 1	Manto Águila Rider Sur		Diaria	8 horas		

No.	Fecha	Mina	Área evaluada	Circunstancia evaluada	Frecuencia	Tiempo aproximado	Fuentes de calor identificadas	Tareas críticas
11	05/02/2016	Mina 1	North West Rampa 4 - PM pala 31	Mantenimiento de palas hidráulicas	Dos veces por semana	8 horas	Radiación solar. Transferencia de calor por convección del aire que se calienta por acción de la radiación solar, uso de herramientas y reflejo en superficies metálicas. Trabajos de soldadura	Uso de herramientas de forma repetitiva y prolongada alrededor de medio día
12	05/02/2016	Mina 1	North West Rampa 4 - Pala 45	Mantenimiento de palas hidráulicas	Dos veces por semana	8 horas		
13	09/02/2016	Mina 1	Vía Panamericana - PM pala 48		Dos veces por semana	8 horas		
14	09/02/2016	Mina 1	Nivel Dragalina Oe Tobe II	Mantenimiento de dragalina	Una vez al mes	8 horas		
15	09/02/2016	Mina 1	Nivel Dragalina Oe Tobe II	Mantenimiento de alimentadores (feeders)	Diaria	8 horas		

No.	Fecha	Mina	Área evaluada	Circunstancia evaluada	Frecuencia	Tiempo aproximado	Fuentes de calor identificadas	Tareas críticas
16	10/02/2016	Mina 2	Nivel 110	Amarre de voladura y llenado de pozos con emulsión	Diaria	8 horas	Radiación solar. Transferencia de calor por convección del aire que se calienta por acción de la radiación solar y de los taladros y camiones de explosivos en funcionamiento.	Tareas con desplazamientos largos alrededor de medio día
17	10/02/2016	Mina 2	Nivel 270		Diaria	8 horas		
18	10/02/2016	Mina 2	Nivel 250		Diaria	8 horas		
19	11/02/2016	Mina 2	Nivel 210		Diaria	8 horas		
20	11/02/2016	Mina 2	Nivel 150		Diaria	8 horas		
21	11/02/2016	Mina 2	Rampa 8 - PM pala 47	Mantenimiento de palas hidráulicas	Dos veces por semana	8 horas	Radiación solar. Transferencia de calor por convección del aire que se calienta por acción de la radiación solar, uso de herramientas y reflejo en superficies metálicas. Trabajos de soldadura	Uso de herramientas de forma repetitiva y prolongada alrededor de medio día
22	12/02/2016	Mina 2	Nivel 200 - PM pala 11		Dos veces por semana	8 horas		
23	12/02/2016	Mina 2	Nivel Dragalina Marion	Mantenimiento de dragalina	Una vez al mes	8 horas		
24	12/02/2016	Mina 2	Nivel Dragalina Elza	Mantenimiento de alimentadores feeders	Diaria	8 horas		
25	15/02/2016	Mina 2	Rampa 9 - Movimiento de cables pala 43	Mantenimiento de palas hidráulicas	Dos veces por semana	8 horas		


	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001 Versión:01</b>
	<b>Proceso: Investigación</b>	<b>Fecha de emisión: 22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión: 22-Nov-2009</b>

**Tabla 10. Resultados de las mediciones de ambiente térmico antes de medio día**

<b>Área</b>	<b>Temperatura de bulbo seco (°C)</b>	<b>Temperatura de bulbo húmedo (°C)</b>	<b>Temperatura globo (°C)</b>	<b>Humedad relativa (%)</b>	<b>Velocidad media del aire (m/s)</b>
Manto Gran Madre North West	38.4	23.6	44.7	23.5	0.5
Manto Rouzaud Norte	39.6	27.3	39.7	35.0	0.6
Manto Babilla Norte	36	24.5	48	34.5	0.6
Manto Águila Rider Norte	38.9	25.4	40.3	29.3	0.5
Manto Monito Norte	36.1	24.6	41.8	34.6	0.6
Manto La Loma Norte	41.4	25	44.3	21.4	0.5
Manto Gran Madre AB Sur	35.7	27.8	42.5	51.9	0.7
Manto La Loma Sur	41.2	23.8	47.9	17.7	0.4
Manto Monito Sur	37.6	27.3	45.1	41.8	0.6
Manto Águila Rider Sur	41.2	25.3	41.8	23.0	0.5
North West Rampa 4 - PM pala 31	39.7	28.1	50.4	38.1	0.6
North West Rampa 4 - Pala 45	37.2	28.7	51.1	50.1	0.7
Vía Panamericana - PM pala 48	40.1	24.6	44.2	23.0	0.5
Nivel Dragalina Oe Tobe II	40.5	25	48.8	23.5	0.5
Nivel Dragalina Oe Tobe II	41.4	24.4	47.8	19.4	0.4
Nivel 110	33.8	25.2	41.6	46.3	0.7
Nivel 270	33.9	28.4	49.3	63.8	0.8


Área	Temperatura de bulbo seco (°C)	Temperatura de bulbo húmedo (°C)	Temperatura globo (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad media del aire (m/s)
Nivel 250	39.9	23.6	46.2	19.9	0.4
Nivel 210	37.6	25.4	43.2	33.2	0.6
Nivel 150	35.2	25.8	51.1	43.7	0.7
Rampa 8 - PM pala 47	40.4	27	40.2	31.4	0.6
Nivel 200 - PM pala 11	39.9	27.8	43.9	36.2	0.6
Nivel Dragalina Marion	34.1	26.2	50.5	50.4	0.7
Nivel Dragalina Elza	40.4	25.5	49.6	25.7	0.5
Rampa 9 - Movimiento de cables pala 43	35.5	28.3	43.3	55.4	0.7




	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001 Versión:01</b>
	<b>Proceso: Investigación</b>	<b>Fecha de emisión: 22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión: 22-Nov-2009</b>

**Tabla 11. . Resultados de las mediciones de ambiente térmico después de medio día**

Área	Temperatura de bulbo seco (°C)	Temperatura de bulbo húmedo (°C)	Temperatura globo (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad media del aire (m/s)
Manto Gran Madre North West	27.4	27.4	45	44.1	0.7
Manto Rouzaud Norte	23.7	23.7	49.9	22.1	0.5
Manto Babilla Norte	23.5	23.5	41.4	29.6	0.5
Manto Águila Rider Norte	28.5	28.5	44.5	50.3	0.7
Manto Monito Norte	25.6	25.6	51	48.9	0.7
Manto La Loma Norte	28.5	28.5	41.1	60.8	0.8
Manto Gran Madre AB Sur	27.8	27.8	40.3	49.7	0.7
Manto La Loma Sur	25.8	25.8	48.5	25.8	0.5
Manto Monito Sur	24.7	24.7	50.4	36.4	0.6
Manto Águila Rider Sur	24.6	24.6	45.4	43.2	0.7
North West Rampa 4 - PM pala 31	25.7	25.7	48.4	39.7	0.6
North West Rampa 4 - Pala 45	26.1	26.1	50.2	52.1	0.7
Vía Panamericana - PM pala 48	24.1	24.1	40.5	26.0	0.5
Nivel Dragalina Oe Tobe II	26.5	26.5	46.3	26.3	0.5
Nivel Dragalina Oe Tobe II	27.6	27.6	46.6	47.9	0.7
Nivel 110	23.9	23.9	42.1	25.5	0.5
Nivel 270	28.5	28.5	40.5	36.3	0.6
Nivel 250	25.1	25.1	50.3	30.1	0.5
Nivel 210	27.1	27.1	46.3	57.8	0.8
Nivel 150	25	25	46.6	25.6	0.5

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001 Versión:01</b>
	<b>Proceso: Investigación</b>	<b>Fecha de emisión: 22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión: 22-Nov-2009</b>

Área	Temperatura de bulbo seco (°C)	Temperatura de bulbo húmedo (°C)	Temperatura globo (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad media del aire (m/s)
Rampa 8 - PM pala 47	25.8	25.8	42	49.6	0.7
Nivel 200 - PM pala 11	26.9	26.9	48.7	31.9	0.6
Nivel Dragalina Marion	27.1	27.1	41.5	55.4	0.7
Nivel Dragalina Elza	24.8	24.8	48.7	27.3	0.5
Rampa 9 - Movimiento de cables pala 43	23.1	23.1	49.5	54.3	0.9


	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>22-Nov-2009</b>

**Tabla 12. Resultados antes de mediodía de WBGT y conformidad con los valores límites permisibles**

Área	WBGT antes de medio día	Tasa metabólica ligera y trabajo/reposo 25%	Tasa metabólica ligera y trabajo/reposo 50%	Tasa metabólica ligera y trabajo/reposo 75%	Tasa metabólica moderada y trabajo/reposo 25%	Tasa metabólica moderada y trabajo/reposo 50%	Tasa metabólica moderada y trabajo/reposo 75%	Tasa metabólica Pesada y trabajo/reposo 25%	Tasa metabólica Pesada y trabajo/reposo 50%	Tasa metabólica Pesada y trabajo/reposo 75%
Manto Gran Madre North West	29.93	Conformidad	Acción	Acción	Acción	Acción	No Conformidad	Acción	No Conformidad	No Conformidad
Manto Rouzaud Norte	31.02	Acción	Acción	No Conformidad	Acción	No conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad
Manto Babilla Norte	31.55	Acción	Acción	No Conformidad	No Conformidad	No conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad
Manto Aguila Rider Norte	29.87	Conformidad	Acción	Acción	Acción	Acción	No Conformidad	Acción	No Conformidad	No Conformidad
Manto Monito Norte	29.76	Conformidad	Acción	Acción	Acción	Acción	No Conformidad	Acción	No Conformidad	No Conformidad
Manto La Loma Norte	30.79	Acción	Acción	Acción	Acción	No conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad
Manto Gran Madre AB Sur	32.21	Acción	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad
Manto La Loma Sur	31.03	Acción	Acción	No Conformidad	Acción	No conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad
Manto Monito Sur	32.64	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad
Manto Aguila Rider Sur	30.25	Acción	Acción	Acción	Acción	No conformidad	No Conformidad	Acción	No Conformidad	No Conformidad
North West Rampa 4 - PM pala 31	34.79	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad

Área	WBGT antes de medio día	Tasa metabólica ligera y trabajo/reposo 25%	Tasa metabólica ligera y trabajo/reposo 50%	Tasa metabólica ligera y trabajo/reposo 75%	Tasa metabólica moderada y trabajo/reposo 25%	Tasa metabólica moderada y trabajo/reposo 50%	Tasa metabólica moderada y trabajo/reposo 75%	Tasa metabólica Pesada y trabajo/reposo 25%	Tasa metabólica Pesada y trabajo/reposo 50%	Tasa metabólica Pesada y trabajo/reposo 75%
North West Rampa 4 - Pala 45	35.42	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad
Vía Panamericana - PM pala 48	30.48	Acción	Acción	Acción	Acción	No conformidad	No Conformidad	Acción	No Conformidad	No Conformidad
Nivel Dragalina Oe Tobe II	32.14	Acción	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad
Nivel Dragalina Oe Tobe II	31.42	Acción	Acción	No Conformidad	Acción	No conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad
Nivel 110	30.12	Acción	Acción	Acción	Acción	No conformidad	No Conformidad	Acción	No Conformidad	No Conformidad
Nivel 270	34.67	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad
Nivel 250	30.38	Acción	Acción	Acción	Acción	No conformidad	No Conformidad	Acción	No Conformidad	No Conformidad
Nivel 210	30.74	Acción	Acción	Acción	Acción	No conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad
Nivel 150	33.39	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad
N	30.96	Acción	Acción	Acción	Acción	No conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad
Rampa 8 - PM pala 47	32.63	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad
Nivel 200 - PM pala 11	33.49	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad

Área	WBGT antes de medio día	Tasa metabólica ligera y trabajo/reposo 25%	Tasa metabólica ligera y trabajo/reposo 50%	Tasa metabólica ligera y trabajo/reposo 75%	Tasa metabólica moderada y trabajo/reposo 25%	Tasa metabólica moderada y trabajo/reposo 50%	Tasa metabólica moderada y trabajo/reposo 75%	Tasa metabólica Pesada y trabajo/reposo 25%	Tasa metabólica Pesada y trabajo/reposo 50%	Tasa metabólica Pesada y trabajo/reposo 75%
Nivel Dragalina Marion	32.73	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad
Nivel Dragalina Elza	32.8	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad
Rampa 9 - Movimiento de cables pala 43	32.29	Acción	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>22-Nov-2009</b>


**Tabla 13. Resultados antes de mediodía de WBGT y conformidad con los valores límites permisibles**

Área	WBGT después de medio día	Tasa metabólica ligera y trabajo/reposo o 25%	Tasa metabólica ligera y trabajo/reposo o 50%	Tasa metabólica ligera y trabajo/reposo o 75%	Tasa metabólica moderada y trabajo/reposo o 25%	Tasa metabólica moderada y trabajo/reposo 50%	Tasa metabólica moderada y trabajo/reposo o 75%	Tasa metabólica Pesada y trabajo/reposo o 25%	Tasa metabólica Pesada y trabajo/reposo o 50%	Tasa metabólica Pesada y trabajo/reposo o 75%
Manto Gran Madre North West	32.68	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad
Manto Rouzaud Norte	31.56	Acción	Acción	No Conformidad	No Conformidad	No conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad
Manto Babilla Norte	28.87	Conformidad	Conformidad	Acción	Conformidad	Acción	Acción	Acción	Acción	No Conformidad
Manto Águila Rider Norte	33.3	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad
Manto Monito Norte	33.22	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad
Manto La Loma Norte	32.28	Acción	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad
Manto Gran Madre AB Sur	31.55	Acción	Acción	No Conformidad	No Conformidad	No conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad
Manto La Loma Sur	32.61	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad

Área	WBGT despu és de medio día	Tasa metabólica ligera y trabajo/repos o 25%	Tasa metabólica ligera y trabajo/repos o 50%	Tasa metabólica ligera y trabajo/repos o 75%	Tasa metabólica moderada y trabajo/repos o 25%	Tasa metabólica moderada y trabajo/repo so 50%	Tasa metabólica moderada y trabajo/repos o 75%	Tasa metabólica Pesada y trabajo/repos o 25%	Tasa metabólica Pesada y trabajo/repos o 50%	Tasa metabólica Pesada y trabajo/repos o 75%
Manto Monito Sur	32.41	Acción	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad
Manto Águila Rider Sur	30.84	Acción	Acción	Acción	Acción	No conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad
North West Rampa 4 - PM pala 31	32.51	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad
North West Rampa 4 - Pala 45	33.33	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad
Vía Panameric ana - PM pala 48	29.02	Conformidad	Conformidad	Acción	Acción	Acción	No Conformidad	Acción	No Conformidad	No Conformidad
Nivel Dragalina Oe Tobe II	32.44	Acción	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad
Nivel Dragalina Oe Tobe II	33.3	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad
Nivel 110	29.36	Conformidad	Conformidad	Acción	Acción	Acción	No Conformidad	Acción	No Conformidad	No Conformidad
Nivel 270	32.1	Acción	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad
Nivel 250	32.66	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad
Nivel 210	32.86	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad

Área	WBGT después de medio día	Tasa metabólica ligera y trabajo/reposo 25%	Tasa metabólica ligera y trabajo/reposo 50%	Tasa metabólica ligera y trabajo/reposo 75%	Tasa metabólica moderada y trabajo/reposo 25%	Tasa metabólica moderada y trabajo/reposo 50%	Tasa metabólica moderada y trabajo/reposo 75%	Tasa metabólica Pesada y trabajo/reposo 25%	Tasa metabólica Pesada y trabajo/reposo 50%	Tasa metabólica Pesada y trabajo/reposo 75%
Nivel 150	31.48	Acción	Acción	No Conformidad	Acción	No conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad
Rampa 8 - PM pala 47	30.66	Acción	Acción	Acción	Acción	No conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad
Nivel 200 - PM pala 11	33.44	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad
Nivel Dragalina Marion	31.42	Acción	Acción	No Conformidad	Acción	No conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad
Nivel Dragalina Elza	31.97	Acción	Acción	No Conformidad	No Conformidad	No conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad
Rampa 9 - Movimiento de cables pala 43	31.02	Acción	Acción	No Conformidad	Acción	No conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad	No Conformidad



	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

## 12. ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

El primer resultado observado de la información recolectado en campo, es que las tareas de voladura se realizan a diario utilizando los mismos métodos siempre. Mientras que el mantenimiento en exteriores solo en una proporción durante la semana o una sola vez al mes para el mantenimiento de dragalina. También, es usual que en la mina Mina 1 exista mayor actividad en las tareas de voladura y mantenimiento en comparación con la mina Mina 2 como se observa en la Tabla 11.

Ya en materia, en relación al riesgo de estrés térmico por calor, se observa que la principal fuente de calor para ambas tareas es la radiación solar, la cual se puede convertir en la variable independiente para la determinación de esta condición que puede llegar a generar efectos negativos en la salud de los trabajadores.

El análisis estadístico de las mediciones ambientales antes de mediodía tanto para el área de voladura como de mantenimiento en exteriores se resume en las Tabla 14 y 15.


	Temperatura seca (°C)	Temperatura húmeda (°C)	Temperatura de globo (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad del aire (m/s)
<b>Promedio</b>	38.6	25.5	43.6	31.7	0.55
<b>Desviación estándar</b>	2.23	1.50	2.90	10.4	0.084

**Tabla 14. Análisis estadístico mediciones antes de mediodía en las áreas de voladura en la mina Mina 1**

	Temperatura seca (°C)	Temperatura húmeda (°C)	Temperatura de globo (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad del aire (m/s)
<b>Promedio</b>	39.8	26.2	48.5	30.8	0.54
<b>Desviación estándar</b>	1.57	2.07	2.71	12.93	0.11

**Tabla 15. Análisis estadístico mediciones antes de mediodía en las áreas de mantenimiento en la mina Mina 1**

Al comparar ambos resultados para las dos áreas de estudio de la mina Mina 1, se observa que la temperatura seca en las áreas de mantenimiento fue mayor que en las áreas de voladura, con un valor promedio un poco más de 1° C más alto y con una desviación estándar menor. La temperatura húmeda y la temperatura de globo mantienen la misma tendencia, con valores más altos que en las áreas de mantenimiento que en las de voladura. Estos resultados los corroboran humedades relativas y velocidades de aire un poco mayores en las áreas de voladura. Las razones de esto es que por la actividad en el ciclo y en minas que han alcanzado la madurez operacional, las áreas de voladura se encuentran en zona más profundas cerca de

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		Código: IN-IN-001 Versión:01
	Proceso: Investigación	Fecha de emisión: 22-Nov-2009	Fecha de versión: 22-Nov-2009

paredes altas a los alrededores, con lo cual se reduce un poco la radiación solar directa hasta las áreas de trabajo. Cabe aclarar, que los auxiliares de voladura necesariamente deben permanecer por tiempos de exposición prolongadas a las condiciones evaluadas, esto lleva a que el nivel de riesgo se eleve.

Al igual que en la mina Mina 1, se presenta un análisis estadístico similar en la mina Mina 2 en las tablas 16 y 17.

	Temperatura seca (°C)	Temperatura húmeda (°C)	Temperatura de globo (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad del aire (m/s)
<b>Promedio</b>	36.08	25.7	46.3	41.4	0.6
<b>Desviación estándar</b>	2.63	1.73	3.99	16.31	0.1


**Tabla 16. Análisis estadístico mediciones antes de mediodía en las áreas de voladura en la mina Mina 2**

	Temperatura seca (°C)	Temperatura húmeda (°C)	Temperatura de globo (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad del aire (m/s)
<b>Promedio</b>	38.3	26.8	46.7	38.6	0.63
<b>Desviación estándar</b>	3.27	1.19	3.25	13.84	0.08

**Tabla 17. Análisis estadístico mediciones antes de mediodía en las áreas de mantenimiento en la mina Mina 2**

Al igual que en la mina Mina 1 la temperatura húmeda y la temperatura radiante en las áreas de mantenimiento en exteriores cuentan con mayores valores que en las áreas de voladura y con valores más precisos por las menores desviaciones estándares observadas. Esto se debe a que en esta mina se siguen patrones similares a Mina 1.

Luego de medio día también se realizaron análisis para ambas minas y áreas de la operación. Resultados que se presentan en de la tabla 18 a la 21. En estas se observan que al igual que en las mediciones de temperatura de de bulbo seco, húmedo y de globo realizadas antes de mediodía se mantiene la tendencia que los valores en las áreas de voladura son mayores, aunque la diferencia es mínima sin superar 1.5<sup>o</sup> C. otro aspecto importante a destacar es que la humedad se eleva un poco, esto se debe a que el agua evaporada de las superficies de la mina durante toda la mañana comienzan a satura un poco el aire, luego de mediodía la presión parcial de vapor saturado en aire es mayor.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> Investigación	<b>Fecha de emisión:</b> 22-Nov-2009	<b>Fecha de versión:</b> 22-Nov-2009

	Temperatura seca (°C)	Temperatura húmeda (°C)	Temperatura de globo (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad del aire (m/s)
<b>Promedio</b>	36.4	26.0	45.8	41.1	0.52
<b>Desviación estándar</b>	2.97	1.92	4.03	12.35	0.09

**Tabla 18. Análisis estadístico mediciones después de mediodía en las áreas de voladura en la mina Mina 1**

	Temperatura seca (°C)	Temperatura húmeda (°C)	Temperatura de globo (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad del aire (m/s)
<b>Promedio</b>	37.2	26	46.4	38.4	0.62
<b>Desviación estándar</b>	2.97	1.27	3.65	12.02	0.34

**Tabla 19. Análisis estadístico mediciones después de mediodía en las áreas de mantenimiento en la mina Mina 1**

	Temperatura seca (°C)	Temperatura húmeda (°C)	Temperatura de globo (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad del aire (m/s)
<b>Promedio</b>	37.4	25.9	44.6	37.5	0.6
<b>Desviación estándar</b>	3.01	1.65	3.72	13.41	0.37

**Tabla 20. Análisis estadístico mediciones después de mediodía en las áreas de voladura en la mina Mina 2**

	Temperatura seca (°C)	Temperatura húmeda (°C)	Temperatura de globo (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad del aire (m/s)
<b>Promedio</b>	36.4	25.4	47.7	43.7	0.67
<b>Desviación estándar</b>	3.29	1.65	3.53	13.13	0.36

**Tabla 21. Análisis estadístico mediciones después de mediodía en las áreas de mantenimiento en la mina Mina 2**

En cuanto a las determinaciones de los WBGT, en las tablas 12 y 13 se comparan con los valores límites para cada una de las tasas metabólicas y las relaciones de trabajo/descanso ponderado una hora de trabajo.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>22-Nov-2009</b>

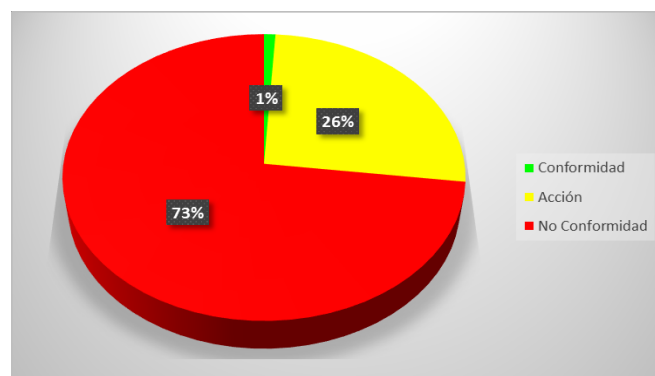
En las evaluaciones antes de mediodía se presentaron solo tres valores en conformidad con la norma ISO 7243, correspondiente a áreas de voladura; estas fueron el Manto Gran Madre North West, Manto Águila Rider Norte y Manto Monito Norte, Todos de la mina Mina 1, con tasa metabólica ligera y una relación de trabajo/descanso hasta el 25%. Dentro de estas tareas se pueden incluir cortos movimientos durante la tarea, en la que no se levante ningún objeto pesado.

Mientras que en las evaluaciones después de mediodía la conformidad se presenta en el Manto Babilla para trabajos de voladura con tasas metabólicas ligeras y porcentajes de trabajo/descanso del 25 y 50%. También en esta misma área se presenta para una tasa metabólica moderada y una relación de trabajo/descanso del 25%. Esto indica que en esta área, la condición a controlar es la proporción de las actividades con respecto a los tiempos de recuperación. También en la mina Mina 2 se presentó conformidad en el manto 110 para una tasa metabólica ligera y porcentajes de trabajo/descanso del 25 y 50%.

Por otra parte, el 26% de las muestras tomadas antes de mediodía se encuentran superando el valor que da lugar a una acción, cuya distribución se presenta en tasas metabólicas moderadas y ligeras con porcentajes de trabajo/descanso de 25 a 75%. En tasas metabólicas pesadas no se observa este resultado. La no conformidad se dio en la mayoría de los resultados antes de mediodía, con un porcentaje del 73%.

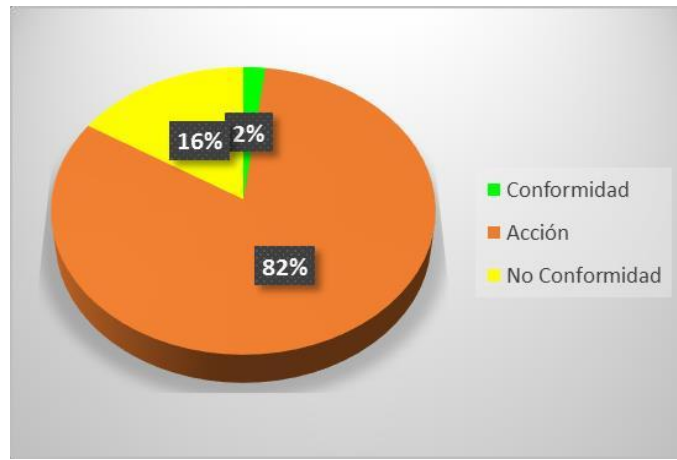
Para las mediciones después de mediodía, los valores que dan lugar a una acción o superan la mitad del valor límite permisible son del 16% y los valores de no conformidad con el estándar es del 82%, dejando el restante 2% para la conformidad en las áreas descritas anteriormente.

En las gráficas 1 y 2 se muestran las proporciones en que se dieron los índices WBGT antes y después de mediodía considerando tanto las áreas de voladura como los de mantenimiento en exteriores.




**Gráfica 1. Porcentajes de conformidad mediciones antes de mediodía**

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>22-Nov-2009</b>



**Gráfica 2. Porcentajes de conformidad mediciones antes de mediodía**

Del anterior análisis se concluye que la principal fuente de calor a la que se exponen los trabajadores es la radiación solar, por tal motivo el riesgo de estrés térmico por calor se puede presentar cuando esta cuenta con su máxima intensidad, es decir alrededor del mediodía. Las mediciones de temperatura de bulbo seco, bulbo húmedo y globo, humedad relativa y velocidad del aire presentaron valores similares en todas las evaluaciones realizadas, pero ligeramente mayores en las áreas de mantenimiento en exteriores en comparación directa con las de voladura. La mayor probabilidad para estas actividades de que se presente estrés térmico por calor se presenta luego de mediodía, puesto que la existe una mayor humedad en el ambiente producto de la evaporación de la humedad de las superficies de las minas a lo largo de la mañana, lo que lleva a que al cuerpo se le dificulte la sudoración de los trabajadores como respuesta biológica de su cuerpo. Estas condiciones disminuyen a valores más seguros cuando la tasa metabólica es menor y el porcentaje de trabajo/descanso no supera el 25%. Las compañías que laboran en estas áreas realizando las tareas que fueron objeto de estudio de esta investigación u otras que cuenten con tiempos de exposición considerables deben estar atentos y realizar actividades de prevención y promoción para reducir el riesgo de estrés térmico por calor.

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>22-Nov-2009</b>

### 13. BIBLIOGRAFÍA

ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists). 1990. Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices for 2015.

Bedford, T. 1940. Environmental warmth and its measurement. Medical Research Memorandum No. 17. Londres: Her Majesty's Stationery Office.

Belding, HS, TF Hatch. 1955. Index for evaluating heat stress in terms of resulting physiological strain. Heating Piping Air Condit 27:129–136.

Bioengineering, Thermal Psychology and Comfort. K. Cena, J.A. Clark. ELSEVIER. 1981. Recuperado el 15 de Septiembre de 2015 en [https://books.google.com.co/books?id=S2DYOtBNUm0C&pg=PA100&lpg=PA100&dq=Young+y+Minard+WBGT&source=bl&ots=Da\\_wOiUAS-&sig=nTjCR-vFFvfLyrLIVIAv8Jaf7ps&hl=es&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Young%20y%20Minard%20WBGT&f=false](https://books.google.com.co/books?id=S2DYOtBNUm0C&pg=PA100&lpg=PA100&dq=Young+y+Minard+WBGT&source=bl&ots=Da_wOiUAS-&sig=nTjCR-vFFvfLyrLIVIAv8Jaf7ps&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=Young%20y%20Minard%20WBGT&f=false)

Bittel, JHM, C Nonotte-Varly, GH Livecchi-Gonnot, GLM Savourey, AM Hanniquet. 1988. Physical fitness and thermoregulatory reactions in a cold environment in men. J Appl Physiol 65:1984-1989.

Bittel, JHM, GH Livecchi-Gonnot, AM Hanniquet, JL Etienne. 1989. Thermal changes observed before and after J.L. Etienne's journey to the North Pole. Eur J Appl Physiol 58:646–651.

Bittel, JHM. 1987. Heat debt as an index for cold adaptation in men. J Appl Physiol 62(4):1627–1634.

Bligh, J, KG Johnson. 1973. Glossary of terms for thermal physiology. J Appl Physiol 35(6):941–961.

Botsford, JH. 1971. A wet globe thermometer for environmental heat measurement. Am Ind Hyg J 32:1–10.

Curso de Higiene y Seguridad Industrial - Temperatura. Facultad de Ingeniería Industrial. Escuela Colombiana de Ingeniería. 2008

Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. Cap. 42 p 3– Calor y Frío. OIT

La Minería en Colombia: Impacto Socioeconómico y Fiscal. Fedesarrollo. Abril 8 de 2008. Recuperado el 20 de febrero de 2016 en <http://www.fedesarrollo.org.co/wp->

	<b>GUÍA PARA PRESENTACIÓN DE ANTEPROYECTO DE INVESTIGACIÓN (SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN)</b>		<b>Código: IN-IN-001</b> <b>Versión:01</b>
	<b>Proceso:</b> <b>Investigación</b>	<b>Fecha de emisión:</b> <b>22-Nov-2009</b>	<b>Fecha de versión:</b> <b>22-Nov-2009</b>

content/uploads/2011/08/La-miner%C3%ADa-en-Colombia-Informe-de-Fedesarrollo-2008.pdf

Metodología de la Investigación. Hernández R., Fernández C., Baptista P. 4<sup>o</sup> Edición. Recuperado el 05 de abril de 2016 en [https://competenciashg.files.wordpress.com/2012/10/sampieri-et-al-metodologia-de-la-investigacion-4ta-edicion-sampieri-2006\\_ocr.pdf](https://competenciashg.files.wordpress.com/2012/10/sampieri-et-al-metodologia-de-la-investigacion-4ta-edicion-sampieri-2006_ocr.pdf)

Mondelo, Pedro. Gregori Torada, Enrique. Uriz Comas, Santiago. Vilella Castejón, Emilio. Lacambra Bartolomé, Esther. Ergonomía 2. Confort y Estrés Térmico. Alfaomega – UPC. México. 2001. Pág. 61.

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). 1972. Occupational exposure to hot environments. HSM 72-10269. Washington, DC: US Department of Health Education and Welfare.

Organización Internacional de Normalización (ISO). 1985. ISO 7726. Thermal Environments—Instruments and Methods for Measuring Physical Quantities. Ginebra: ISO. —. 1989a. ISO 7243. Hot Environments—Estimation of the Heat Stress on Working Man, Based on the WBGT Index (Wet Bulb Globe Temperature). Ginebra: ISO.