



ASOCIACIÓN CHILENA DE SEGURIDAD
GERENCIA DE PREVENCIÓN
ÁREA ESPECIALIDADES TÉCNICAS

GUIA TÉCNICA SOBRE EXPOSICIÓN A FRÍO

PREPARADO POR:
RÓMULO ZÚÑIGA R.
INGENIERO CIVIL QUÍMICO

JULIO 2011

GUIA TÉCNICA SOBRE EXPOSICION A FRÍO

1. IDENTIFICACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A FRÍO Y SUS RIESGOS

Una persona está expuesta a frío cuando las condiciones ambientales, principalmente, la temperatura y velocidad del viento, son tales que pueden hacer bajar su temperatura corporal por debajo de los 36 °C.

Como guía se puede considerar que temperaturas menores a 10 °C, especialmente al aire libre, generan condiciones de exposición a frío.

El dolor de las extremidades puede ser considerado como una primera señal de peligro de la exposición a frío. Otro signo importante de hipotermia son los tiritones severos, cuando ocurren la exposición debe terminar.

Los riesgos de la exposición a frío son producto del enfriamiento general del cuerpo o de partes localizadas de la piel.

El enfriamiento general del cuerpo, produce síntomas progresivos como: semi-inconsciencia, dificultad para mantener la presión sanguínea, cese de la actividad del corazón y del cerebro.

Por su parte, los principales daños localizados sobre la piel son perniosis (sabañones) y pie de trinchera. Los síntomas principales de la perniosis son irritación, enrojecimiento, inflamación y, en casos severos, posible ulceración de la piel preferentemente en mejillas, orejas y dedos. El pie de trinchera, se produce como resultado de la exposición prolongada a condiciones de humedad y frío, principalmente ocurre cuando el pie está constantemente húmedo; los síntomas son enrojecimiento de la piel, calambres en las piernas, inflamación, sensación de hormigueo, ampollas o úlceras, moretones y gangrena.

2. LÍMITES Y ESTÁNDARES PARA PREVENIR LOS RIESGOS DE ENFRIAMIENTO CORPORAL

En el Decreto Supremo N° 594/1999, la exposición a frío se encuentra regulada en los Artículos 99° al 102°. En lo principal, el Decreto establece que “a los trabajadores expuestos al frío deberá proporcionárseles ropa adecuada” y entrega límites máximos de tiempo de exposición.

2.1. Límites diarios de Tiempos de Exposición.

En la Tabla N° 1 se indican los límites de tiempo máximos de exposición diaria.

Tabla N° 1 (Extraída del Decreto Supremo N° 594/1999)
Límites Máximos Diarios de Tiempo de Exposición en Recintos Cerrados

Rango de Temperatura °C	Exposición Máxima Diaria
De 0° a -18°	♦ Sin límites siempre que la persona esté vestida con ropa de protección adecuada.
De -19° a -34°	♦ Tiempo Total de Trabajo: 4 horas, alternando una hora al interior y una hora fuera del área de baja temperatura. Es necesaria ropa de protección adecuada.
De -35° a -57°	♦ Tiempo Total de Trabajo 1 hora: Dos periodos de 30 minutos cada uno, con intervalos de por lo menos 4 horas. Es necesaria ropa de protección adecuada.
De -58° a -73°	♦ Tiempo Total de Trabajo 5 minutos durante una jornada de 8 horas. Es necesaria protección personal de cuerpo y cabeza.

Los periodos de descanso deben ser “en zonas templadas o con trabajos adecuados”.

Si bien estos límites están definidos para recintos cerrados se pueden utilizar como referencias para regular la exposición al aire libre tomando como valor de la temperatura del ambiente de trabajo la Temperatura Equivalente de Enfriamiento (Véase sección 3, Tabla N° 4).

2.2. Indicadores de la Ropa de Protección Adecuada para Frío.

Los límites de tiempo de exposición dados en la Tabla N° 1, se basan en que la persona debe estar vestida con la ropa de *protección adecuada*.

La ropa de *protección adecuada* es aquella cuya resistencia térmica es tal que permite al individuo mantener constante su temperatura corporal, sin que disminuya bajo 37 °C. Depende básicamente de *la temperatura y velocidad del aire* y generación de *calor metabólico* de la tarea realizada.

Para determinar la resistencia térmica que corresponde a la ropa de *protección adecuada*, se utiliza la norma Chilena NCh2767 que define el índice IREQ, que traducido del inglés significa “aislamiento requerido de la vestimenta”. En la norma se distinguen dos niveles de protección:

- a) Un nivel mínimo, $IREQ_{min}$, en que el valor de resistencia se calcula aceptando la existencia de vaso constricción periférica, con temperatura media de la piel de 30 °C. Este estado coincide con una sensación térmica subjetiva de *levemente frío* y puede ser tolerada en forma continuada.
- b) Un nivel neutro, $IREQ_{neutro}$, en que la resistencia se calcula considerando que el balance térmico está equilibrado en un nivel de sensación térmica neutra en la cual la persona se encuentra cómoda.

En general la resistencia térmica de un material tiene unidades de °C m²/Watt, pero para la ropa de trabajo es más común utilizar como unidad el “clo”, el cual tiene como equivalencia 1 clo = 0,155 °C m²/Watt. La tabla N° 2 entrega valores de las resistencias térmicas “mínima” y “neutra” para distintos rangos de temperatura, velocidad del viento y generación de calor metabólico.

Tabla N° 2
Resistencia Térmica Requerida de la Ropa

Calor Metabólico W/m ²	Temperatura °C	Veloc. Aire Km/h	Resistencia de la Ropa	
			Mínima, clo	Neutra, clo
100	0	calmo	2,27	2,69
		8	2,56	2,96
		16	2,64	3,04
		40	2,72	3,11
	-10	calmo	3,26	3,68
		8	3,53	3,93
		16	3,59	4
		40	3,66	4,06
150	0	calmo	1,31	1,58
		8	1,59	1,84
		16	1,67	1,92
		40	2	1,75
	-10	calmo	1,98	2,25
		8	2,24	2,49
		16	2,31	2,56
		40	2,39	2,64
180	0	calmo	1,01	1,21
		8	1,26	1,46
		16	1,35	1,54
		40	1,43	1,62
	-10	calmo	1,56	1,78
		8	1,81	2,01
		16	1,88	2,08
		40	1,96	2,16

1 clo = 0,155 0,155 °C m²/Watt

En relación con los valores de la Tabla N° 2 se tienen las siguientes observaciones:

- Los valores de resistencia que se entregan en la tabla fueron calculados de acuerdo con la metodología de la norma chilena NCh 2667.Of2002¹ y se encuentran corregidos para ser comparados directamente con las resistencias básicas de la ropa que entrega la norma chilena NCh 2709.Of.2002.

¹ Para hacer estos cálculos se desarrolló un software que estará disponible en [sitio oficial AET](http://sharepoint.achs.cl/sitios/aet/default.aspx)
<http://sharepoint.achs.cl/sitios/aet/default.aspx>

- Calores metabólicos del orden de 100 W/m^2 corresponden a trabajos livianos como conducir un vehículo, taladrar piezas pequeñas, realizar inspección de equipos, caminar a menos de $3,5 \text{ km/h}$).
- Calores metabólicos del orden de 150 W/m^2 corresponden a trabajos moderados como bajar escaleras (80 pasos por minuto), colocar ladrillos construyendo un muro, estucar, etc.
- Calores metabólicos del orden de 180 W/m^2 corresponden a trabajos de consumo alto como armar un palet con bolsas, caminar subiendo cerro a 3 Km/h gradiente de 5° , transportar caga de 10 Kg en plano a 4 Km/h , hacer moldajes, etc.

2.3. Características de la Ropa Contra Frío y Resistencia Térmica.

En términos de aislación térmica el vestuario se considera compuesto de tres capas:

- **Capa Interior:** se encuentra en contacto con la piel y debe ser suave, flexible, no alérgica y, un aspecto principal, no retener la humedad sino que transmitirla hacia la capa siguiente. Para este efecto el algodón no es apropiado porque se moja y seca muy lentamente.
- **Capa Media:** tiene como función atrapar el aire frío que viene del exterior y no permitir que llegue a la piel. Debe mantener el flujo de humedad hacia el exterior y retener el calor del cuerpo. Se recomiendan prendas de fibras sintéticas porque secan rápido, son más livianas y permiten libertad de movimientos.
- **Capa Exterior:** cubre y protege las demás capas. Debe ser impermeable, respirable, cortaviento (en caso de existir corrientes de aire o en trabajo en el exterior) y resistente a los esfuerzos mecánicos y desgaste que exige el tipo de trabajo realizado.

En la Tabla N° 3 se presenta una lista de las resistencias térmicas que tendrían dos conjuntos típicos de prendas de protección contra frío. Cada prenda se identifica con un número que permite identificarla en las Figuras 1, 2 y 3; la composición de las telas, resistencia en clo, y peso en gramos, fueron obtenidos de la norma chilena NCh 2709.Of2002.

Tabla N° 3
Resistencia Térmica Básica de la Ropa (NCh1709)

Descripción	N°	Telas	Conjunto 1		Conjunto 2	
			Clo	g	Clo	g
Ropa Interior						
Calzoncillo pierna corta	1	Algodón, Poliester	0,04	70		
Calzoncillo pierna larga	2	Polipropileno			0,13	165
Camiseta manga corta	3	Algodón	0,10	180		
Camiseta manga larga	4	Algodón, Poliester, poliamida			0,25	360
Calcetines	5	80% Acrílico, 20 %-nylon	0,06	68	0,06	68
Ropa Intermedia						
Camisa	6	Algodón	0,33	362	0,33	362
Polar	7	Poliamida			0,39	417
Chomba	8	85 % lana, 15% nylon	0,37	459		
Pantalón Buzo Deportivo	9	Poliamida			0,40	341
Pantalón	10	50 % lana, 50% poliester	0,24	404		
Vestuario Exterior						
Buzo Térmico	11	Multicomponente			1,13	1215
Parka	12	Multicomponente	0,79	1440		
Botas	13		0,10	-	0,10	-
Gorro	14		0,01	100	0,01	100
Guantes	15		0,08	70	0,08	70
Total			2,12	3153	2,88	3098

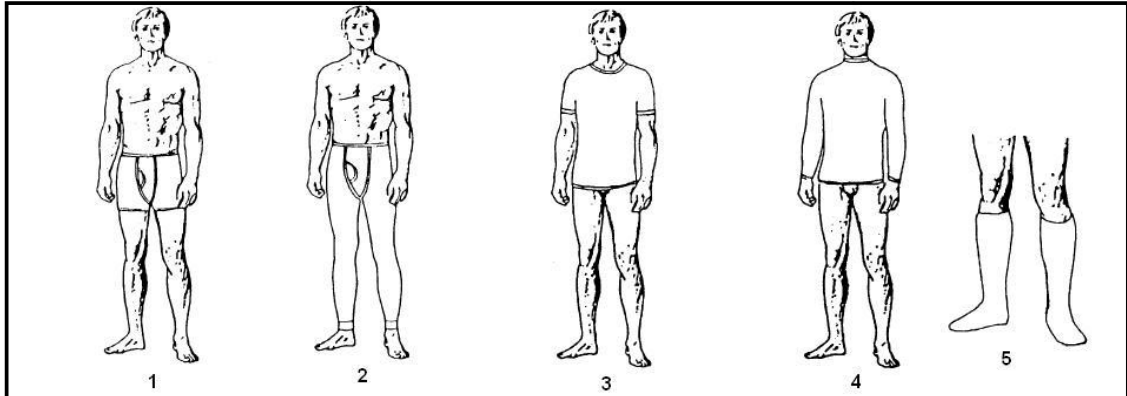


Figura 1

Capa Interior. Debe ser de materiales ligeros y evacuar rápidamente la humedad. Transpirable, funcional, resistente a la abrasión, comprimible. De rápido secado y máximo confort.

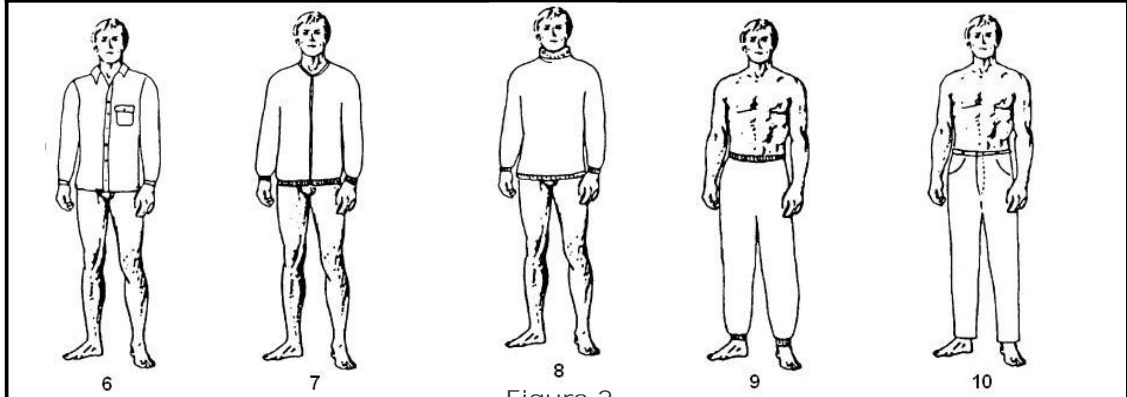


Figura 2

Capa Intermedia. Debe ser de materiales livianos flexibles que retengan el calor corporal y dejen pasar la humedad.

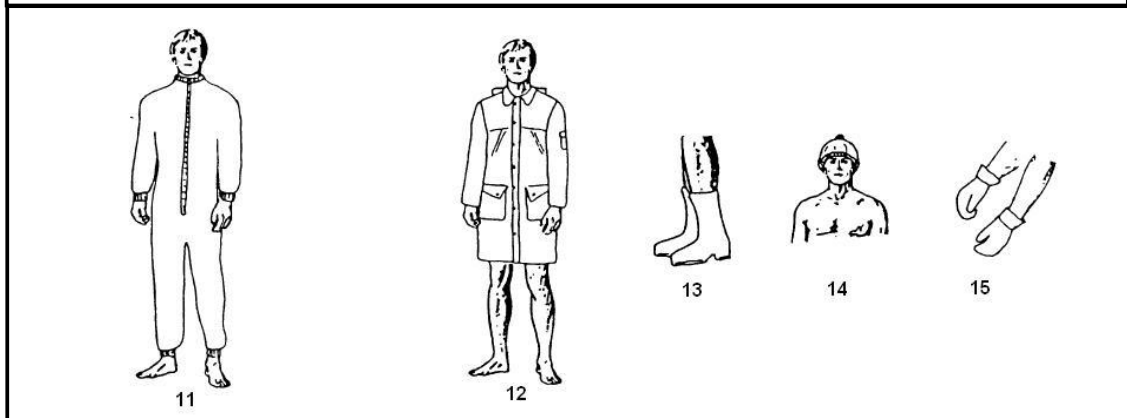


Figura 3

Capa Externa. Debe ser de materiales impermeables y resistentes al desgaste.

Si se comparan las resistencias totales de cada conjunto de prendas con las resistencias requeridas presentadas en la Tabla N° 2, se tienen las siguientes observaciones:

- La vestimenta del Conjunto 1, con una resistencia básica de 2,12 clo, *No sería suficiente* para trabajos de consumo metabólico del orden de 100 W/m². Para trabajos de consumo metabólico del orden de 150 W/m², *sería suficiente o más que suficiente*, a la temperatura de 0 °C y velocidades del viento de hasta 40 Km/h; a la temperatura de -10 °C solo *sería suficiente* cuando el viento es calmo. Para trabajos de consumo metabólico alto, del orden de 180 W/m² sería *más que suficiente*, tanto a 0 °C como a -10 °C, para velocidades del viento menores a 40 Km/h.
- La vestimenta del Conjunto 2, con una resistencia básica de 2,88 clo, *sería suficiente o más que suficiente* para un trabajo de consumo metabólico del orden de 100 W/m² a la temperatura de 0 °C y velocidades del viento de hasta 40 km/h y sería *insuficiente* a -10 °C. Para trabajos de consumos metabólicos mayores a 150 W/m² sería *más que suficiente*, tanto a 0 °C como a -10 °C y velocidades del viento de hasta 40 Km/h.

En la práctica, con la ropa térmica normal, es difícil obtener conjuntos que proporcionen una resistencia térmica mayor a 3 clo. En general, si no es posible satisfacer los requerimientos de resistencia, es decir la resistencia de la ropa resulta *insuficiente*, se debe calcular el tiempo máximo de exposición considerando que la pérdida máxima permisible de calor desde el cuerpo es de 40 W-h/m².

Por otra parte, se debe tener presente que demasiado aislamiento del vestuario, es decir resistencia de la ropa *más que suficiente*, puede resultar en sobrecalentamiento, transpiración excesiva que puede humedecer la vestimenta y generar un enfriamiento posterior.

3. LÍMITES Y ESTÁNDARES PARA PREVENIR EL ENFRIAMIENTO DE PARTES LOCALIZADAS

La temperatura equivalente de enfriamiento o sensación térmica es el parámetro o estándar que se utiliza para caracterizar los distintos niveles de riesgo de exposición a frío de partes localizadas de la piel.

La temperatura equivalente de enfriamiento depende de la temperatura y velocidad del aire. En la Tabla N° 4 se entregan las temperaturas de enfriamiento que son equivalentes para distintas combinaciones de estas variables.

Tabla N° 4

Valores Equivalentes de Enfriamiento para la piel expuesta por efectos de la Temperatura y velocidad del aire.

Velocidad del Viento Km/h	Temperatura real leída en el termómetro en °C									
	10	4	-1	-7	-12	-18	-23	-29	-34	-40
	Temperatura de enfriamiento equivalente									
Calmo	10	4	-1	-7	-12	-18	-23	-29	-34	-40
8	9	3	-3	-9	-14	-21	-26	-32	-38	-44
16	4	-2	-9	-16	-23	-31	-36	-43	-50	-57
24	2	-6	-13	-21	-28	-36	-43	-50	-58	-65
32	0	-8	-16	-23	-32	-39	-47	-55	-63	-71
40	-1	-9	-18	-26	-34	-42	-51	-59	-67	-76
48	-2	-11	-19	-28	-36	-44	-53	-62	-70	-78
56	-3	-12	-20	-29	-37	-46	-55	-63	-72	-81
64	-3	-12	-21	-29	-38	-47	-56	-65	-73	-82
Superior a 64 Km/h poco efecto adicional	Peligro Bajo. Para exposición de la piel seca por menos de una hora. El principal riesgo es el falso sentido de seguridad				Aumento del Peligro. De congelamiento para las partes expuestas al desnudo en menos de 1 minuto.			Gran Peligro. Que partes expuestas al desnudo se congelen en menos de 30 segundos.		

(*)Valores de la tabla extraídos de Art. 99° Decreto Supremo 594. Clasificación del peligro en base a TLVs 2010 AGIH

Se debe tener presente que los riesgos que se indican en la Tabla N° 4 se aplican a las partes de la piel que normalmente se exponen sin protección como son las manos y cara, es decir, se consideran para evaluar el enfriamiento localizado, no el enfriamiento general del cuerpo, que se asume protegido por la vestimenta.

A continuación se entregan una serie de guías y recomendaciones², que complementan las indicaciones de la Tabla N° 4, para prevenir los riesgos de exposición a frío:

- Se debe tener presente que el congelamiento local de tejido (superficial o interno) solo puede ocurrir a temperaturas menores a -1 °C, independiente de la velocidad del viento.
- El trabajador no puede exponer su piel en forma continua a temperaturas de enfriamiento bajo -31 °C. Si se observa la Tabla N° 4, esto puede ocurrir por ejemplo a temperaturas de -12 °C con velocidad del viento mayores a 24 Km/h.
- Si la ropa del trabajador resulta mojada, a temperaturas menores a 2 °C, es imperativo que se la cambie en forma inmediata.

² La mayoría de estas recomendaciones están tomadas de TLVs and BEIs 2010. ACGIH

- Las manos deben tener protección especial para mantener su destreza previniendo accidentes. Si el trabajo involucra motricidad fina y debe ser realizado a manos desnudas por más de 10 a 20 minutos en ambientes bajo 16 °C, es necesario proporcionar a los trabajadores condiciones que mantengan tibias sus manos por ejemplo: jet de aire caliente, radiador eléctrico, etc.
- Si el trabajo no requiere motricidad fina y la temperatura es menor a 16 °C en el caso de actividad sedentaria o menor a 4 °C si la actividad es liviana o menor a -7 °C en el caso de actividad moderada, los trabajadores deben usar guantes.
- Si en el sector de trabajo existe viento es necesario minimizar su efecto instalando protecciones o proporcionando al trabajador algún tipo de prenda cortaviento.
- Si el trabajo se debe realizar en forma continua en un ambiente con temperatura de enfriamiento equivalente a -7 °C, o más baja, en las cercanías se debe disponer de un refugio calefaccionado (cabina, carpa, etc.)
- Para trabajos a temperaturas menores a -12 °C, es necesario considerar las siguientes recomendaciones:
 1. El trabajador debe estar bajo observación o supervisión permanente.
 2. La carga de trabajo física no debe ser tan alta como para que transpire y se humedezcan sus ropas. En caso de ser necesario debe tomar periodos de descanso en el refugio y cambiar su ropa.
 3. Los empleados nuevos, los primeros días, no deben trabajar la jornada completa expuestos a frío. Se debe considerar un período de adaptación a las condiciones de trabajo y ropa de protección requerida.
 4. Se debe considerar el peso y volumen de la ropa al estimar el rendimiento del trabajador.
 5. El trabajo debe ser planificado evitando períodos prolongados en que deba estar de pie o sentado sin movimiento.
 6. El trabajador debe ser instruido para reconocer los riesgos y señales de peligro de la exposición a frío.

Los trabajadores que se expongan a temperaturas de -24 °C, con velocidades del viento menores a 8 Km/h, o bajo -18 °C y velocidades mayores a 8 Km/h, deben tener un certificado de autorización dado por un médico.

4. PARÁMETROS O VARIABLES QUE SE DEBEN MEDIR O MONITOREAR

En el lugar de trabajo se recomienda mantener el siguiente monitoreo:

1. Cuando la temperatura en el lugar de trabajo es menor a 16 °C se deben tener los equipos adecuados para medir la temperatura y velocidad del aire de modo que se puedan poner en práctica las recomendaciones entregadas en los puntos anteriores.
2. Cuando la temperatura del aire sea menor a -1 °C, su valor se debe medir y registrar a lo menos cada 4 horas.
3. También es necesario a -1 °C, medir y registrar la velocidad del viento.
4. Con los datos de temperatura y velocidad del viento se debe obtener la velocidad de enfriamiento desde la Tabla N° 4 y dejar un registro de su valor cuando resulta menor o igual a -7 °C.

5. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN Y CONTROL DE EXPOSICIÓN A FRÍO

La norma chilena NCh 2667.Of2002, presenta una metodología y estrategia detallada para evaluar la exposición a frío. *El estrés por frío se evalúa en términos del enfriamiento general del cuerpo y del enfriamiento local de partes específicas, como por ejemplo extremidades y cara.*

A continuación se especifican las etapas a seguir:

5.1. Datos del lugar de trabajo.

- a. **Temperatura y humedad del aire.** En recintos cerrados normalmente la temperatura del aire se registra y controla por requerimientos del proceso. El contenido total de humedad del aire frío es bajo, de modo que se puede estimar la humedad relativa en 50 % sin introducir un mayor error en los cálculos.
- b. **Temperatura radiante media.** En la mayoría de los casos se puede asumir igual a la temperatura del aire.
- c. **Velocidad del aire.** En recintos cerrados se puede considerar que el aire es calmo, con valores menores a 8 Km/h, en caso contrario se debe medir.
- d. **Tareas y actividades realizadas por el personal expuesto.** El objetivo de este dato es calcular la generación de calor metabólico.
- e. **Ropa de trabajo y vestuario personal que utilizan los expuestos.** Estos datos se utilizan para estimar la *resistencia térmica disponible* que tiene el trabajador para protegerse del frío.

5.2. Cálculos Necesarios.

- a. **Calor Metabólico.** Para calcular la generación de calor metabólico de acuerdo con las tareas y actividades que realizan los trabajadores se debe utilizar la norma chilena NCh 2644.Of2001. En el sitio referenciado en la nota 1 se tiene un programa de computación que ayuda en este cálculo.
- b. **Resistencia de la Ropa de Trabajo.** La resistencia básica de la ropa se calcula de acuerdo con la norma chilena NCh2709.Of2002, según el tipo de tela y su diseño.(Véase Tabla 3).
- c. **Resistencia Requerida IREQ.** La resistencia requerida de la ropa para las condiciones de viento y temperatura del lugar de trabajo se puede obtener de la norma chilena NCh 2767.Of.2002 o de la Tabla N° 2 de esta guía o con programa de computación que se indica en la nota 1.

5.3. Evaluación.

Enfriamiento General del Cuerpo

La evaluación del estrés por frío a que se encuentra expuesto el trabajador consiste en comparar la resistencia resultante de la ropa de trabajo, calculada en el punto 5.2 (b), con la resistencia requerida calculada en el punto 5.2 (c)

Las posibilidades son las siguientes:

- 1) Resistencia de ropa de trabajo $< IREQ_{min}$. El aislamiento de las vestimentas es *insuficiente* para prevenir el enfriamiento del cuerpo. Con la exposición progresiva aumenta el riesgo de hipotermia.
- 2) $IREQ_{min} < Resistencia\ ropa\ trabajo < IREQ_{neutro}$. Las vestimentas proporcionan un *aislamiento suficiente*. La respuesta fisiológica es aceptable y el ambiente se percibe de levemente frío a moderado.
- 3) Resistencia de ropa de Trabajo $> IREQ_{neutro}$. Las vestimentas entregan un aislamiento *más que suficiente*. Se debe tener presente que demasiado aislamiento del vestuario puede resultar en sobrecalentamiento, transpiración excesiva que puede humedecer la vestimenta y generar un enfriamiento posterior.

Enfriamiento General del Cuerpo

Con los datos de temperatura y velocidad del viento se debe calcular la temperatura de enfriamiento utilizando la Tabla N° 4 y obtener el riesgo al que se encuentran expuesta la piel del trabajador.

Con la temperatura de enfriamiento se revisan las recomendaciones indicadas en el punto 3 de esta guía y se seleccionan las que resulten pertinentes.

Se debe tener presente que la metodología recomendada para evaluar el riesgo, tanto del enfriamiento general del cuerpo como de partes localizadas, se basa en ecuaciones desarrolladas con modelos aproximados de las condiciones reales de trabajo, por lo cual, si bien sirven de guía para caracterizar el estrés por frío y definir la resistencia requerida de la ropa, ***en primer termino se debe considerar la observación directa de síntomas y señales de exposición a frío y la susceptibilidad individual de los trabajadores, para determinar la ropa de protección adecuada en cada caso.***

Santiago, julio 11 de 2011.