



FUNDAMENTOS FISIOLÓGICOS, APLICACIONES Y MÉTODOS PARA EL ESTUDIO ERGONÓMICO DE TRABAJADORES EXPUESTOS A CALOR.

Elías Apud y Esteban Oñate
Unidad de Ergonomía
Universidad de Concepción, Chile

Orientación del curso

- Fundamentos generales de equilibrio térmico
- Métodos fisiológicos para evaluar carga térmica
- Evaluación de temperaturas ambientales
- Límites de carga fisiológica
- Reduciendo la carga durante trabajos extremos:
 - Organización del trabajo
 - Selección de herramientas
 - Tamaño de cuadrillas
 - Pausas
 - Relevos
 - Alimentación e hidratación

¿Qué nos motivó a ofrecer este curso?

Para este verano, en la capital de Baja California se esperan temperaturas superiores a los 45 grados centígrados durante 50 días consecutivos.

Van 25 afectados y 4 muertos por calor en Mexicali

por: Uniradio Informa - 13 Julio 2017, 01:39 pm

Más de 7 mil incendios en Mexicali desquician a Bomberos

Un aproximado de 7 mil 600 incendios han sido atendidos de enero a julio en Mexicali



¿Qué nos motivó a ofrecer este curso?

- Todos los años en el mundo mueren personas por efectos de las altas temperaturas.
- Pueden estar expuestas a calor en las empresas en que trabajan, por ejemplo fundiciones.
- Pueden estar expuestas a calor ambiental y a algunas de las consecuencias desastrosas que puede traer consigo, como por ejemplo en muchos países los incendios rurales



Calor metabólico

- El organismo humano no sólo puede ganar calor proveniente de ambiente que lo rodea sino que también genera grandes cantidades de calor durante sus procesos metabólicos

Calor y trabajo físico

- El calor se genera aún en absoluto reposo y puede aumentar de 2 a 4 veces durante un trabajo liviano y hasta 20 veces durante trabajos físicos pesados.
- Si los mecanismos regulatorios para disipar el calor no existieran, un ser humano realizando trabajos físicos pesados podría aumentar su temperatura en una hora en alrededor de 20°C.

Calor específico

- El calor específico de un cuerpo corresponde a la cantidad de calor necesario para elevar la temperatura de ese cuerpo en 1°C .
- El calor específico del cuerpo humano es de 0.83.
- Se requieren 58.1 Kcal para elevar en un grado la temperatura de un hombre de 70 kg.

Calor específico

- En trabajadores de fundición se han registrado gastos de energía de 8 Kcal/min durante períodos prolongados.

En una hora:

- $8 \text{ Kcal/min} \times 60 \text{ minutos} = 480 \text{ Kcal}$
- Eficiencia mecánica 25%
($480 \times 0,75 = 360 \text{ Kcal}$)
- Aumento de Temperatura = $360/58.1 = 6.2 \text{ }^\circ\text{C}$
- Temperatura interna podría llegar a: 43.2°C

¿COMO SE PRODUCE EL EQUILIBRIO TERMICO?

Para que la temperatura corporal permanezca constante, la producción de calor metabólico y la ganancia de calor deben ser iguales a las pérdidas de calor.

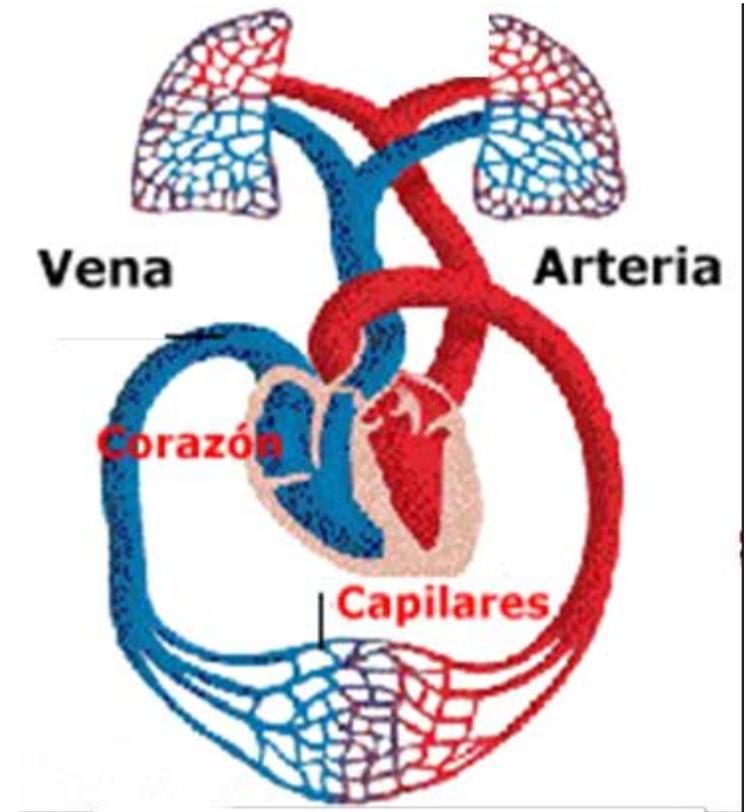
$$M \pm R \pm K \pm C - E = 0$$

Donde:

- M = Producción de calor metabólico
- R = Radiación
- K = Conducción
- C = Convección
- E = Evaporación

EQUILIBRIO TERMICO

- Para mantener la temperatura estable, el calor debe ser transportado desde los órganos que lo producen, básicamente los músculos en trabajo, hacia la superficie que emite calor, representada por la piel
 - Aumento del flujo sanguíneo
 - Aumento de la frecuencia cardiaca
 - Vasodilatación de los vasos sanguíneos de la piel



Conducción



- Cuando intercambiamos calor por contacto directo entre los objetos se llama conducción.

Convección



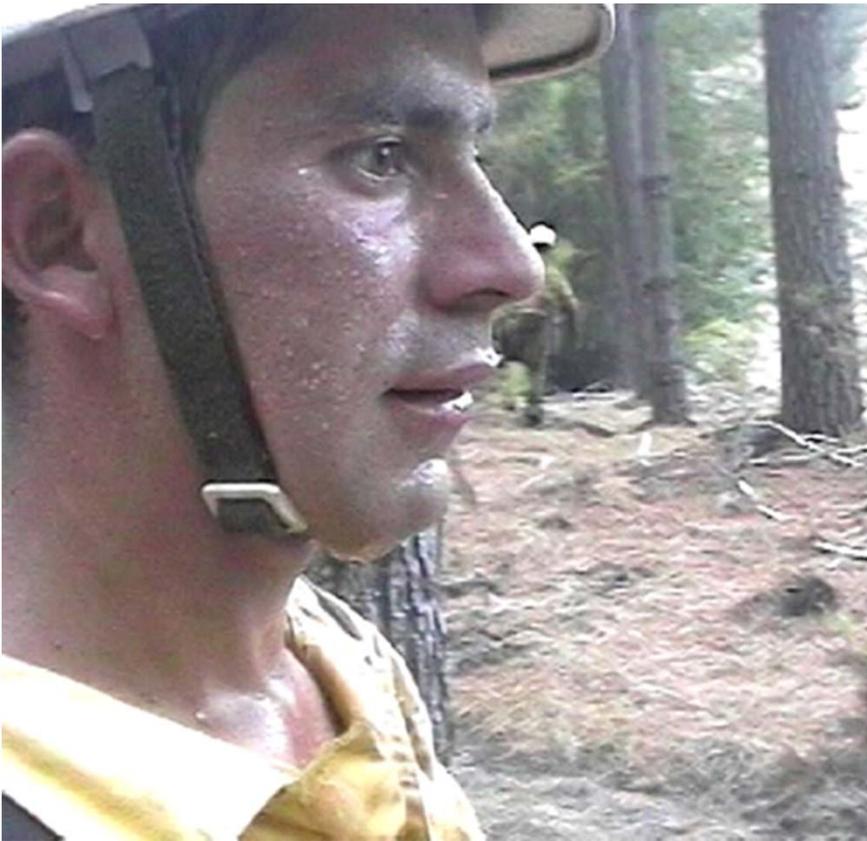
- El intercambio de calor con el aire que lo rodea, se llama **convección**.
- El que la persona gane o pierda calor depende de la temperatura y de la velocidad del aire.

Radiación



- La ganancia o pérdida de calor de los cuerpos se denomina **radiación**.
- Por ejemplo, si se trabaja cerca del cobre fundido hay ganancia de calor, porque éste emite ondas radiantes que tu cuerpo absorbe.
- También las personas irradian calor hacia objetos más fríos.

Sudoración



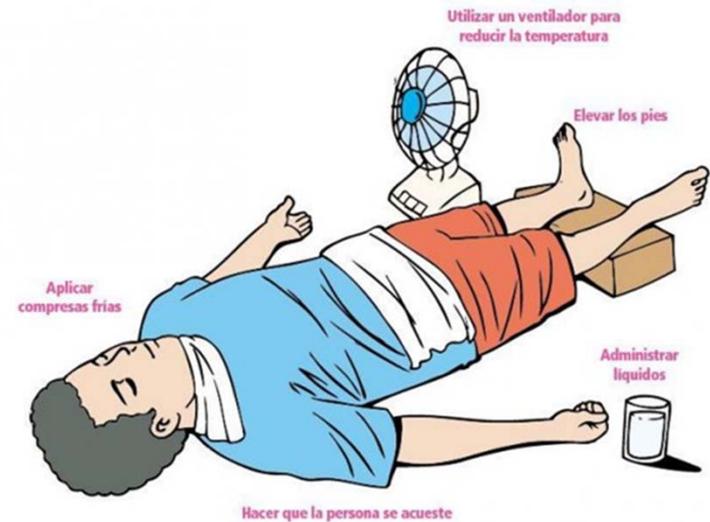
- Nuestra última defensa contra el calor es la sudoración que nos ayuda a eliminar el calor.
- OJO. El sudor que se produce no enfría, para ello tiene que evaporarse.

- Es conveniente mencionar que una alta humedad puede imponer severas limitaciones a la disipación del calor metabólico, especialmente en el trabajo pesado.
- Esto es particularmente verdadero si la humedad está combinada con altas temperaturas del aire o radiante. En tales casos puede incluso ser imposible realizar cualquier trabajo físico.



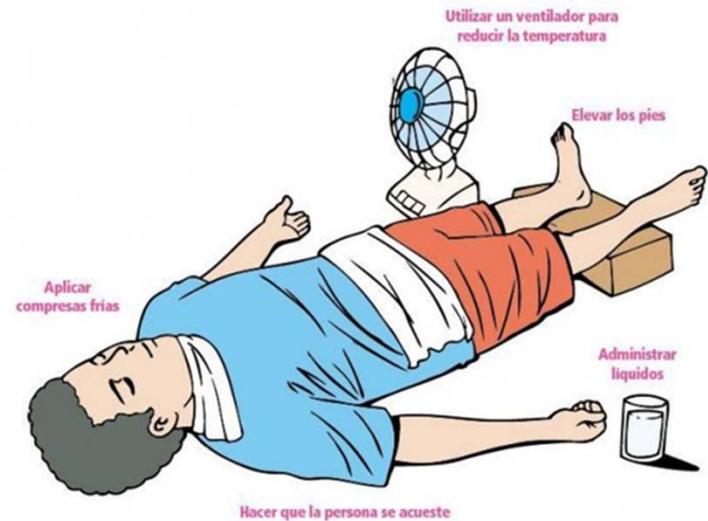
Lo que debemos evitar: fatiga o agotamiento por calor

- Piel fría y húmeda
- Sudoración intensa
- Desmayo
- Mareos
- Fatiga
- Pulso débil y acelerado
- Calambres musculares
- Náuseas
- Dolor de cabeza



Lo que debemos evitar: golpe de calor

- Fiebre 40 °C o más alta
- Mareos.
- Calambres musculares
- Sequedad de la piel y enrojecimiento.
- Dolor de cabeza.
- Pulso débil y acelerado.
- *Cambios en el estado mental o de comportamiento, tales como confusión, agitación o balbuceo*
- *Vómitos frecuentes.*
- *Problemas para respirar.*



Lo que debemos evitar: muertes

Year	Total LODD	Total LODD (Stress/Overexertion)	Percentage of total
2005	115	62	53.9%
2006	106	54	50.9%
2007	118	55	46.0%
2008	118	52	44.1%
2009	99	50	55.6%
2010	87	55	63.2%
2011	83	50	60.2%
20112	81	45	55.6%
2013	106	37	35.0%
2014	87	53	60.9%
Total	1,000	513	51.3%

United States Fire Administration 2015). <http://www.usfa.fema.gov/>
Muertes durante el combate de incendios



Influencia del calor en el rendimiento



Efectos del calor en la eficiencia laboral

Estudio	Tipo de Industria	Resumen de los resultados
Farmer et al 1923	Industria del vidrio	El rendimiento disminuye en verano
Vernon 1919, 1920	Industria acerera	El rendimiento disminuye en verano
Vernon 1919 ^a	Trabajador es Tinplate	El rendimiento disminuye en verano
Wyatt et al 1926	Tejedoras	El rendimiento baja si la temperatura del aire es superior a 24° y la humedad superior al 80%
Weston 1922	Tejedores	El rendimiento disminuye si la temperatura de bulbo húmedo es superior a 23°
Vernon 1919 ^b	N	La tasa de accidentes se incrementa cuando la temperatura aumenta sobre los 20°

Temperatura: trabajo y pausas

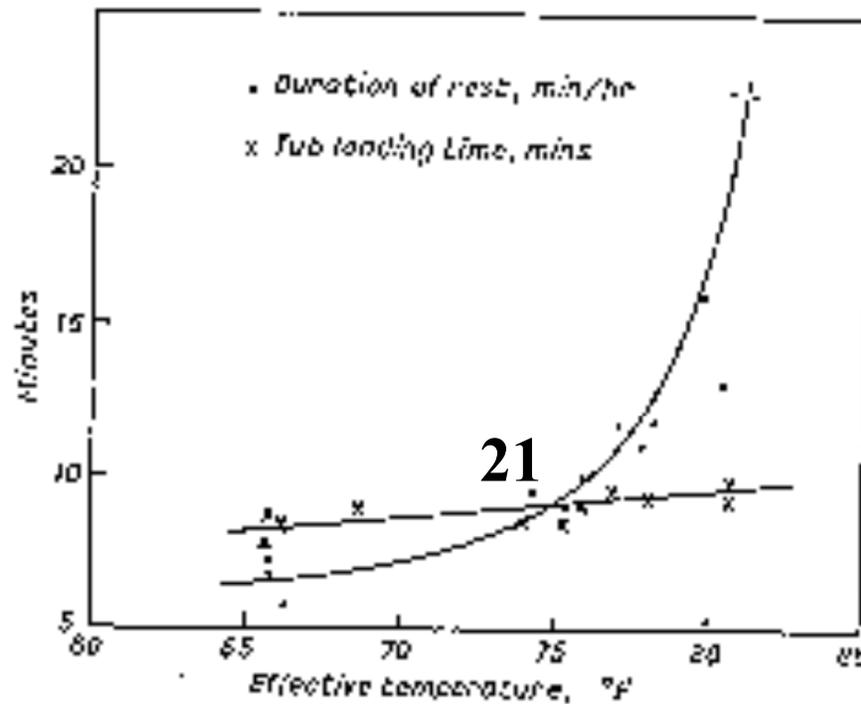
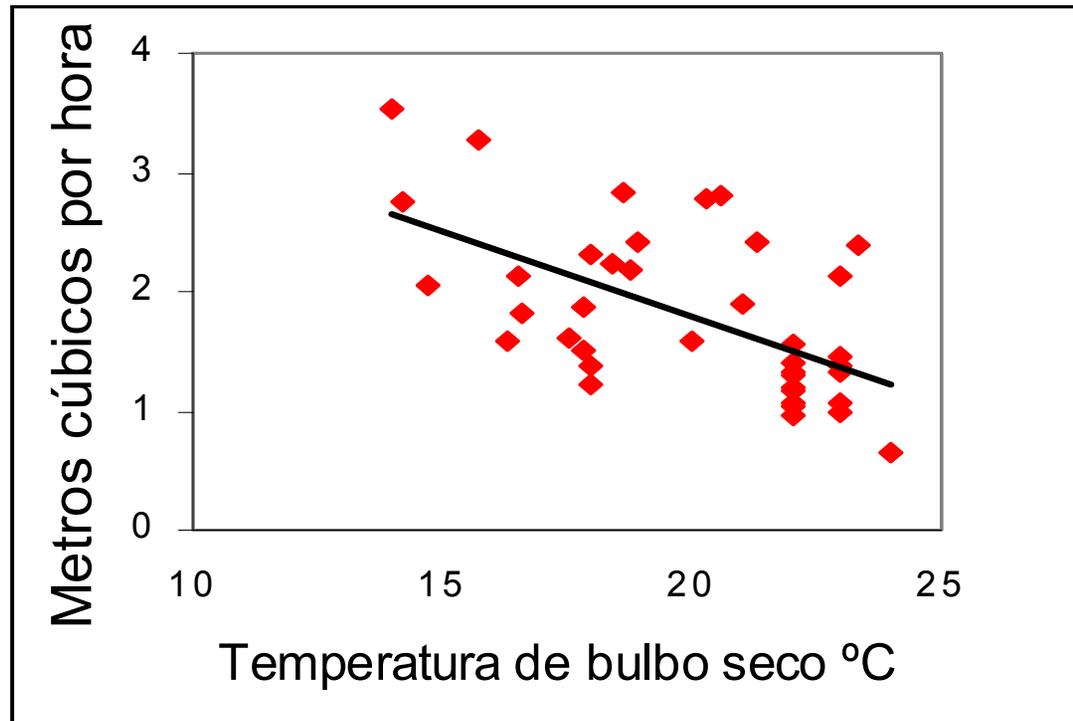
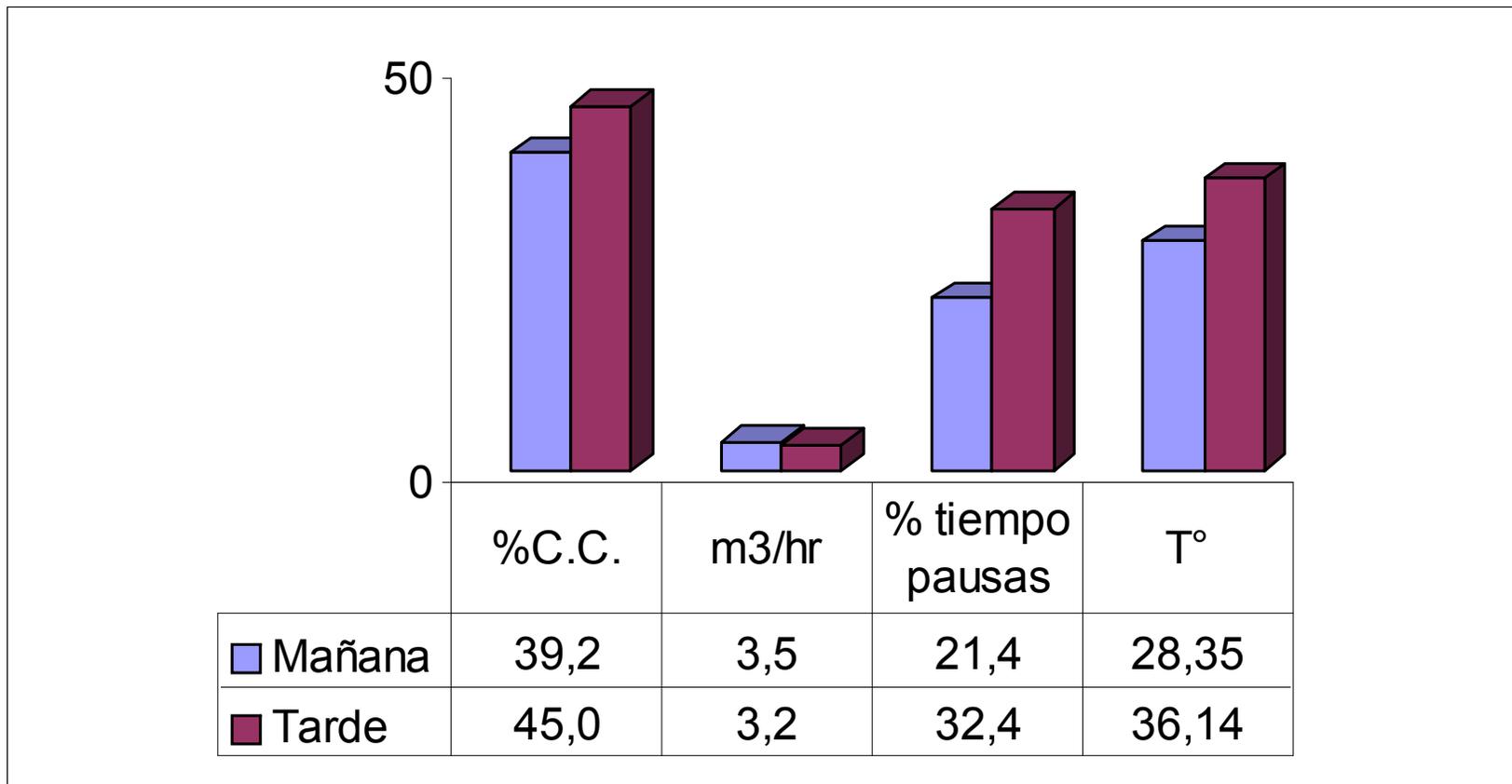


Fig. 91. The effect of temperature on work and rest when loading coal (after Vernon and Bedford, 1927a).

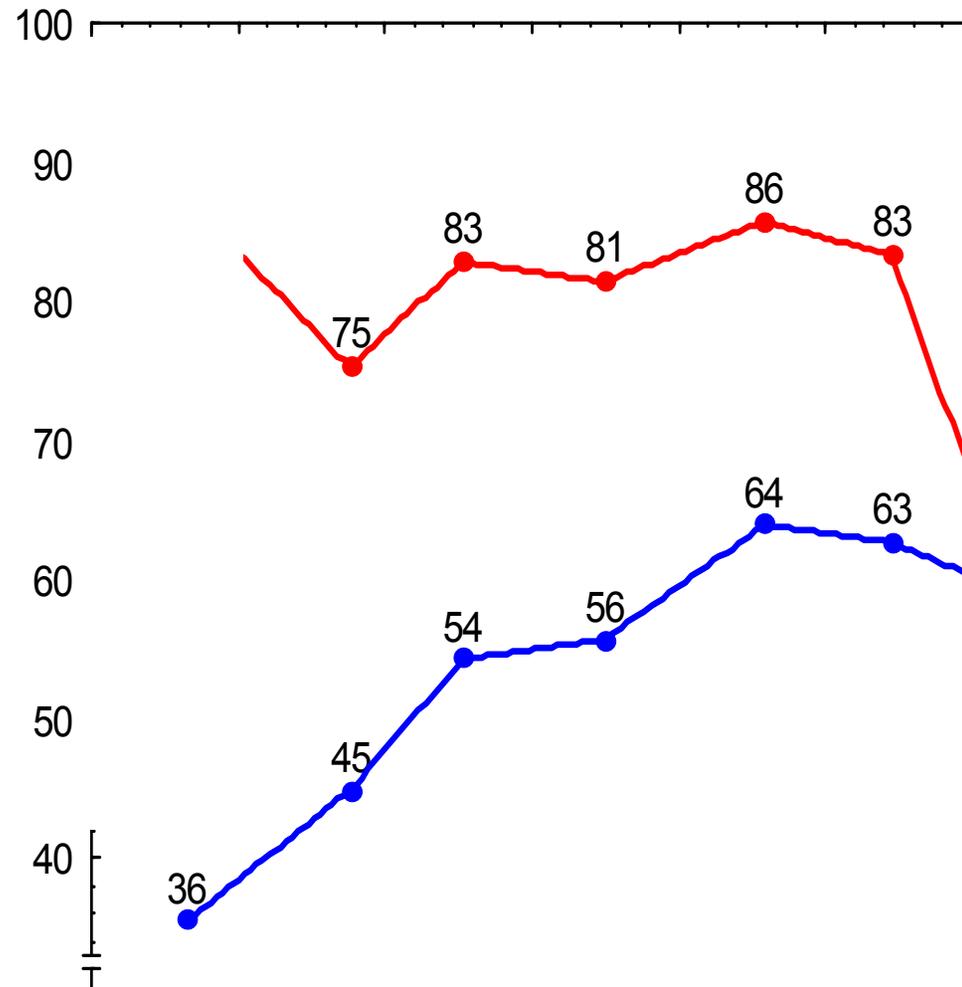
Relación entre rendimiento expresado en metros cúbicos por hora y temperatura de bulbo seco (°C) en motosierristas que voltean, desraman y trozan en raleo (n= 39 jornadas; $r = 0.69$)



Promedio de carga cardiovascular, tiempo de pausas, temperatura ambiente y rendimiento expresado en metros cúbicos por hora, durante trabajos de desrame con hacha. Resultados verificados en la mañana y en la tarde en días de verano de intenso calor



Porcentaje de tiempos principales (% TP), porcentaje de carga cardiovascular (% CC) y metros cuadrados de línea construidos por minuto (m²/min), para distintas condiciones de radiación calórica (temperatura de globo) clasificadas en rangos de 10 ° C.



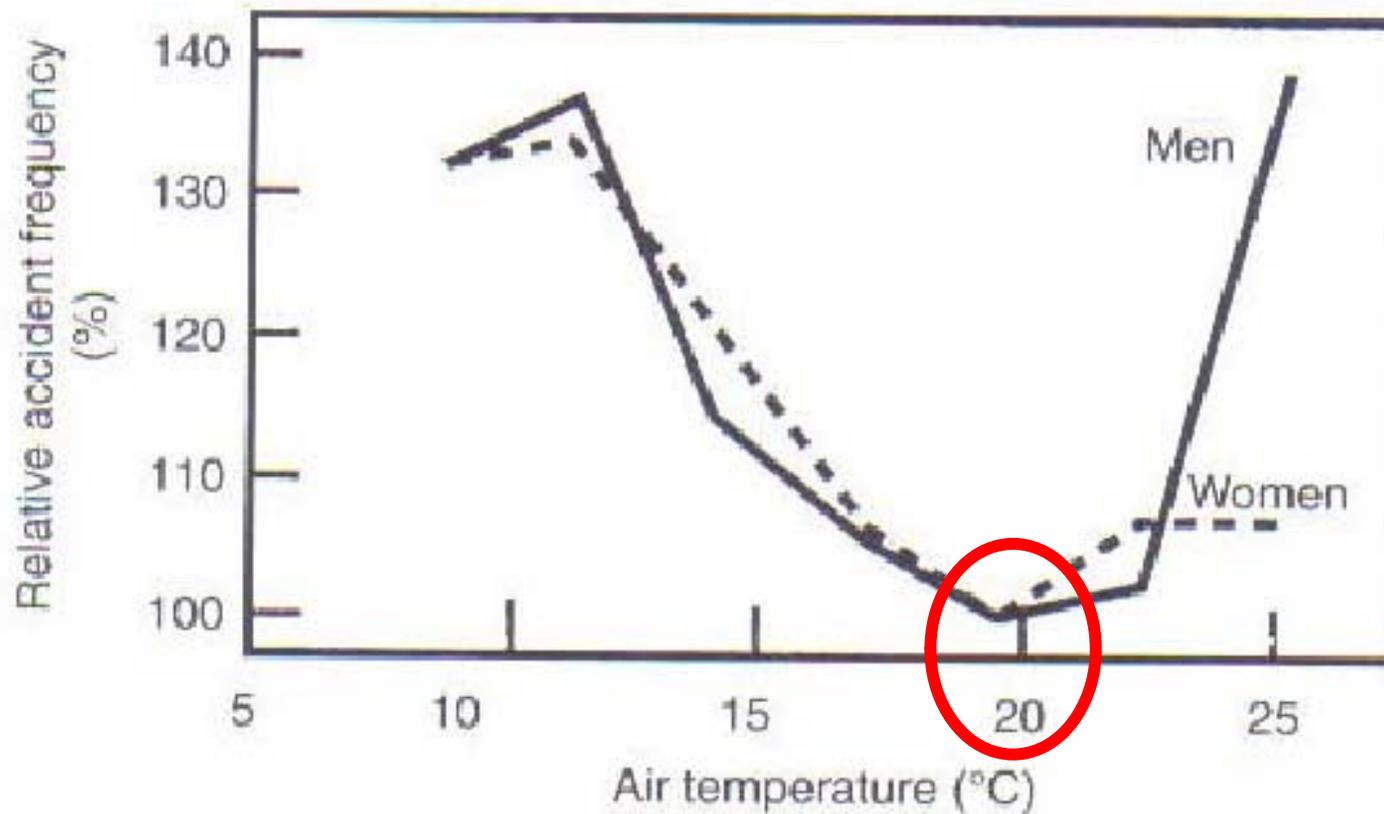
Accidentes y Calor: Causas directas

- Manos resbalosas por el sudor
- Contacto con superficies calientes
- Protección visual empañada
- Mareos y desmayos

Accidentes y calor: Causas Indirectas

- El malestar físico
- Irritabilidad
- Distracción
- Reacciones físicas y mentales más lentas

Relación entre frecuencia de accidentes y temperatura del aire, en una fabrica de municiones

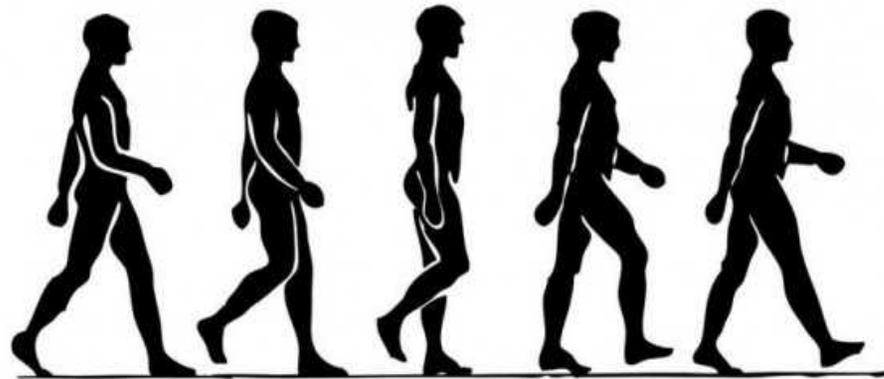


- Procesos generadores de energía y producción de calor humano

PROCESOS AEROBICOS



(Alimentos + Oxígeno ----> Agua + Anhídrido + Trabajo físico y **Calor**)
Carbónico



PROCESOS ANAEROBICOS



(Glucosa -----> Acido láctico + trabajo físico y **calor**)

O₂



ESTIMACION DEL GASTO DE ENERGIA

- UN LITRO DE OXIGENO CONSUMIDO POR EL ORGANISMO EQUIVALE A UN GASTO DE ENERGIA CERCANO A CINCO KILOCALORIAS.
- EN CONSECUENCIA, LA MEDICIÓN DE CONSUMO DE OXÍGENO ES LA TÉCNICA MÁS UTILIZADA EN ESTUDIOS ERGONÓMICOS PARA ESTIMAR EL GASTO DE ENERGÍA

CONSUMO DE OXIGENO

$$\dot{V}O_2 = \frac{V_E (\% O_2 AI - \% O_2 AE)}{100}$$

Donde:

$\dot{V}O_2$ = Consumo de oxígeno (litros por minuto)

V_E = Ventilación pulmonar (litros por minuto)

% O_2 AI = Porcentaje de oxígeno en aire inspirado

% O_2 AE = Porcentaje de oxígeno en aire espirado

METODO DEL SACO DE DOUGLAS



El método aún se usa en laboratorios

En trabajos reales es incómodo y puede alterar el ritmo normal de trabajo



RESPIROMETRO DE KOGRANYI Y MICHAELIS (KM)

El saco es reemplazado por un equipo que tiene incorporado un medidor de volumen que dirige una pequeña porción a una bolsita de goma desde donde se analiza el oxígeno en el aire espirado



OXYLOG II:

Los equipos más modernos son livianos y miden directamente el consumo de oxígeno y la ventilación pulmonar minuto a minuto



VO2000

Pesa 740 gramos y permite control a distancia



El uso de máscaras o válvulas respiratorias
dificulta la medición de $\dot{V}O_2$



Test de esfuerzo en ergómetro de bicicleta



Para calcular la carga por minuto, en una bicicleta ergométrica, es necesario:

- Conocer la distancia que se recorre en cada vuelta de pedal
- El peso que se desplaza
- El número de vueltas de pedal por unidad de tiempo.

1 kilopond metro es la fuerza que actúa sobre una masa de 1 kg a la aceleración de gravedad normal



Por ejemplo, si se pedalea a 50 revoluciones por minuto, desplazando un peso de 2 kg, seis metros en cada vuelta de pedal, la carga expresada en kilopond/metro/minuto, se calcula como sigue:

$$\text{Kpm/min} = 50 \times 6 \times 2 = 600 \text{ kpm/min}$$

CALCULO DE EFICIENCIA MECANICA

$$\% \text{ Eficiencia mecánica} = \frac{\text{Trabajo} \times 100}{\text{Energía trabajo-Energía basal}}$$

ERGOMETRO DE BICICLETA

$$\% \text{ Eficiencia mecánica} = \frac{\text{kpm/min} \times 100}{427 (\text{Kcal/min totales-Kcal/min basales})}$$

1 kilocaloría es igual a 427 kpm

EJERCICIO

CALCULO DE EFICIENCIA MECANICA

- Carga en la bicicleta = 600 kpm/min
- Consumo de oxígeno = 2.2 l/min
- Consumo de oxígeno basal 0.2 l/min
- Calcule eficiencia mecánica

$$\% \text{ Eficiencia mecánica} = \frac{600 \times 100}{427 (11-1)} = \frac{60000}{4270} = 14.05\%$$

85.95% de la energía se disipa como calor

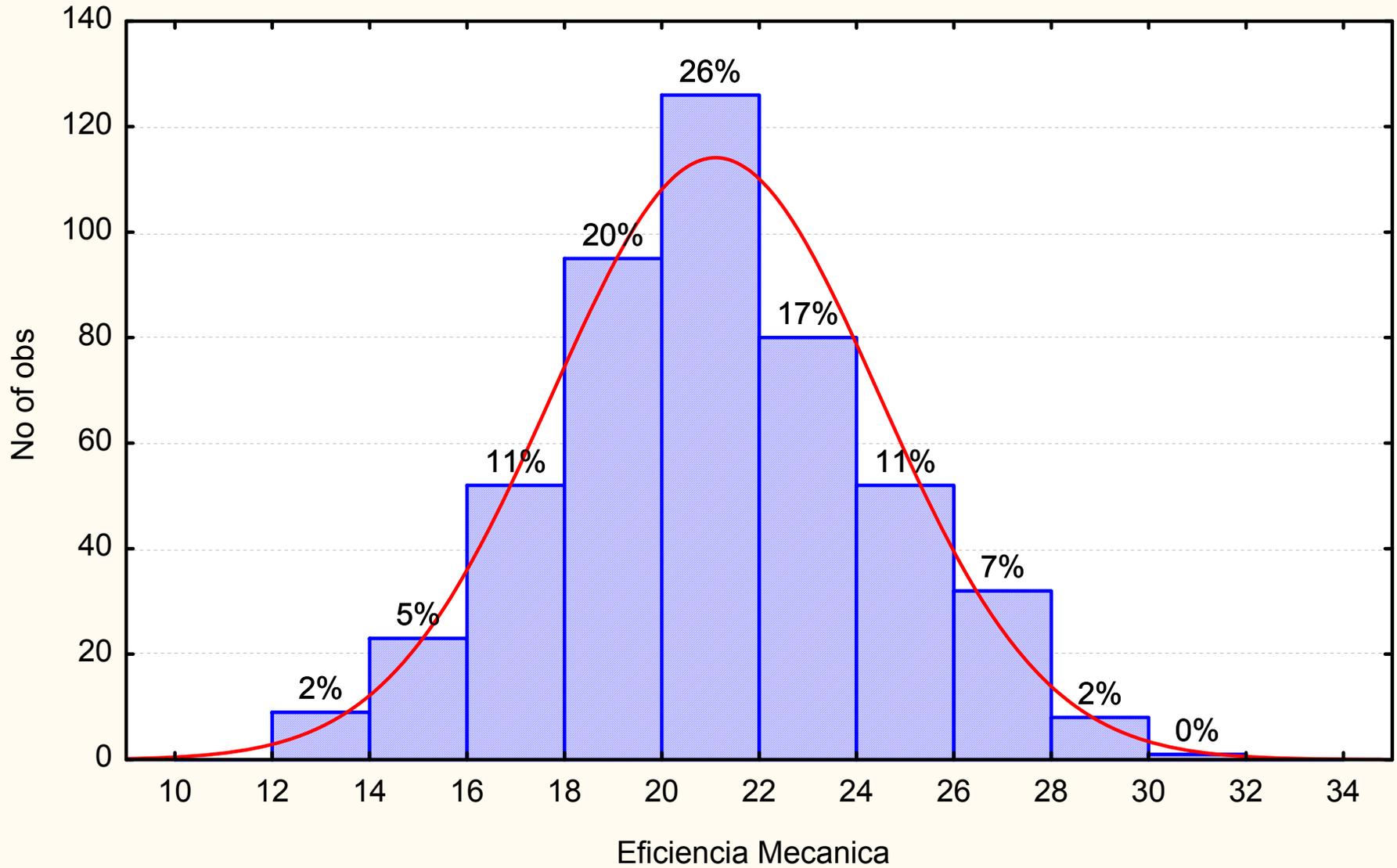
Eficiencia mecánica medida en cicloergometro

Smallest N for any variable: 478

Carga	Eficiencia Mecanica Means	Eficiencia Mecanica N	Eficiencia Mecanica Std.Dev.	Eficiencia Mecanica Minimum	Eficiencia Mecanica Maximum
300	19,4	139	3,32	12,8	27,6
450	21,1	69	2,68	15,2	26,3
600	21,7	139	3,45	13,6	29,6
750	21,9	67	2,53	17,2	27,0
900	22,2	64	3,35	16,9	31,5
All Grps	21,0	478	3,34	12,8	31,5

Histogram of Eficiencia Mecanica
vo2 medido estimados todos 14v*481c

$\text{Eficiencia Mecanica} = 478 \cdot 2 \cdot \text{normal}(x | 21,0446 | 3,3421)$





**INDICADORES DE RESPUESTA
FISIOLOGICA**

Evaluación fisiológica de la carga de trabajo en ambientes calurosos

- Tres índices fisiológicos útiles para la evaluación de la carga de trabajo en ambientes calurosos son:
 - la sudoración
 - la temperatura corporal
 - la frecuencia cardíaca

Medición de Sudor

- Es uno de los criterios para evaluar sobrecarga térmica.
- Es importante porque además orienta sobre las necesidades de hidratación



$$P2 = \frac{P1 + PCO + PBE + PO_2 - PCO_2 - POR - PDE - PH_2O - PS}{t2 - t1}$$

Donde:

P2 = peso al final de la jornada

P1 = peso al inicio de la jornada

PCO = peso de la comida ingerida

PBE = peso de las bebidas ingeridas

PO₂ = peso del oxígeno consumido

PCO₂ = peso del anhídrido carbónico producido

POR = peso de la orina

PDE = peso de las deposiciones

PH₂O = peso del agua perdida por la respiración

PS = peso del sudor

t2 = hora de término de la jornada

t1 = hora de inicio de la jornada

Formula simplificada para el cálculo de la pérdida de líquidos

$$\text{PLIQ} = \frac{\text{P2} - \text{P1} + \text{PCO} + \text{PBE} - \text{POR} - \text{PDE}}{\text{Horas control}}$$

Donde:

PLIQ= Pérdidas de líquido(sudor y respiración)

Ejemplo de cálculo de Sudoración

Un trabajador pesó: 62 kg. a las 8 de la mañana.y
60 kg a las 16:00

Entrada

Alimentos: 1 kg

Bebidas: 1,2

Salida

Orina:0,8

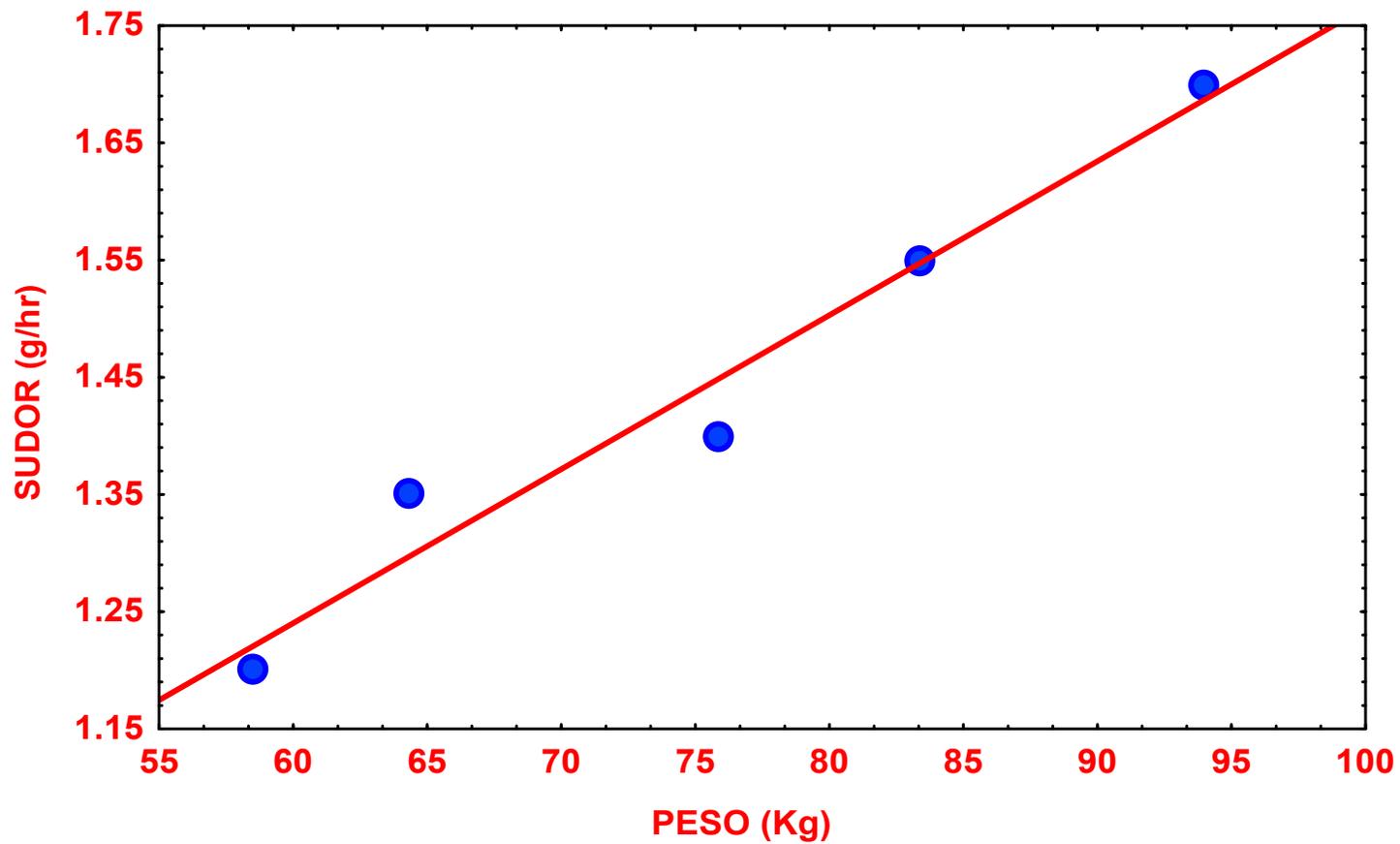
Deposiciones:0,5

$$\text{sudor} = \frac{(62-60) + (1+1,2) - (0,8+0,5)}{8 \text{ horas}} = 0,36 \text{ kg/hora } 362 \text{ g/hora}$$

Relación entre producción de sudor y
carga de trabajo:
Escala original de Christensen

Sudor(gramos/hora)	Carga de trabajo
Menos de 200	Baja
200 a 400	Mediana
400 a 600	Alta
600 a 800	Muy alta
Sobre 800	Extremadamente alta

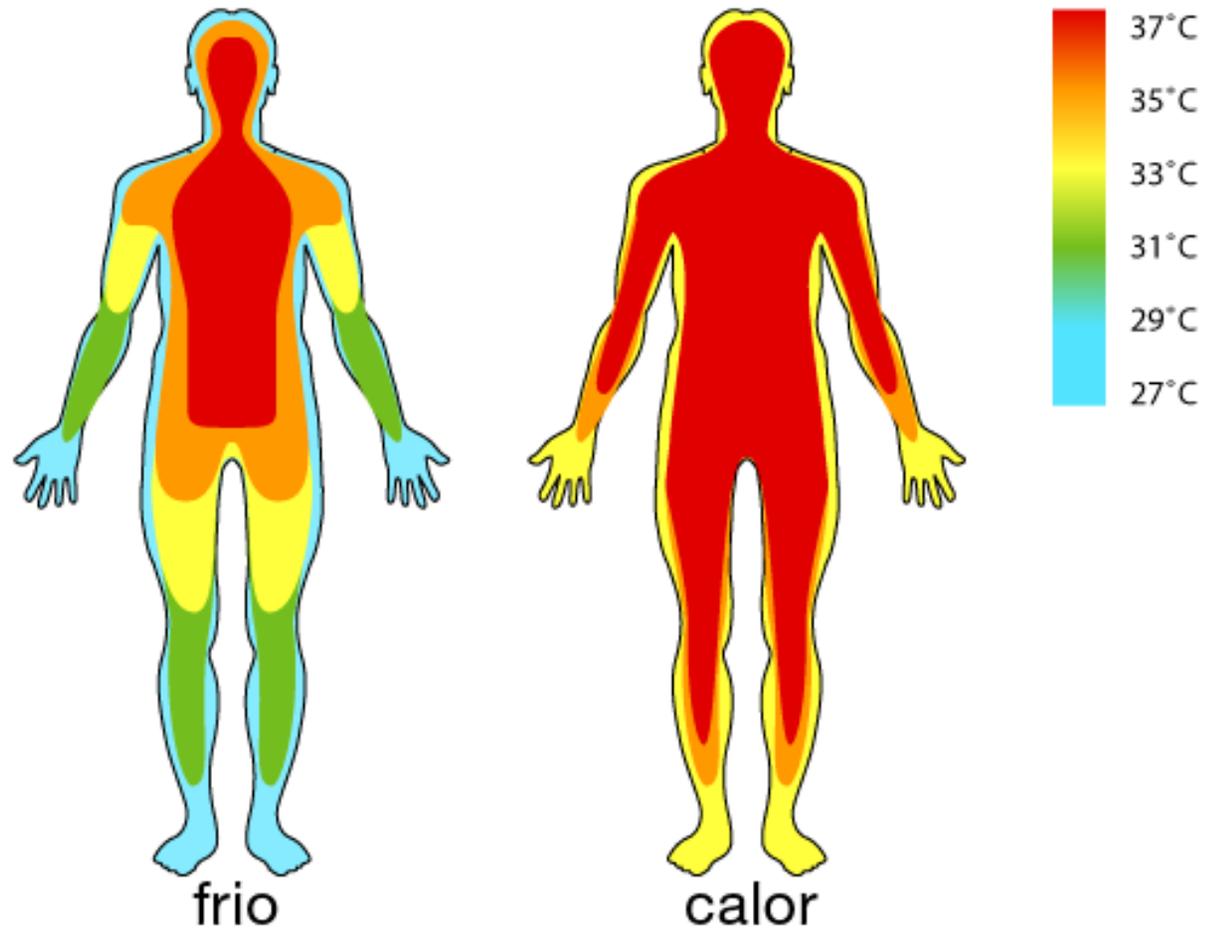
Relación entre pérdida de sudor y peso corporal



Relación entre producción de sudor y
carga de trabajo:
Escala adaptada para Chile

Sudor(gramos/hora)	Carga de trabajo
Menos de 175	Baja
175 a 350	Mediana
350 a 500	Alta
500 a 675	Muy alta
Sobre 675	Extremadamente alta

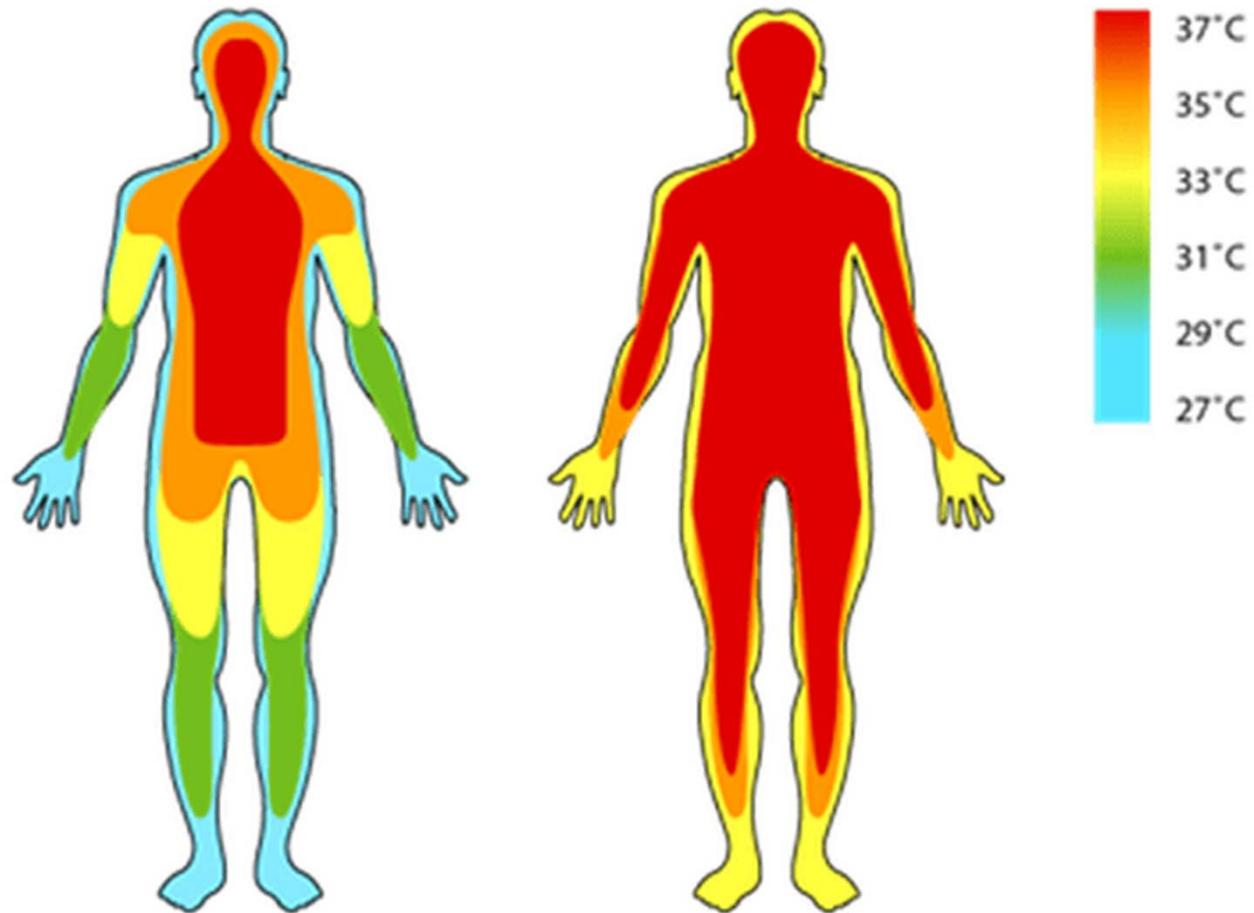
Temperatura corporal



Temperatura Corporal

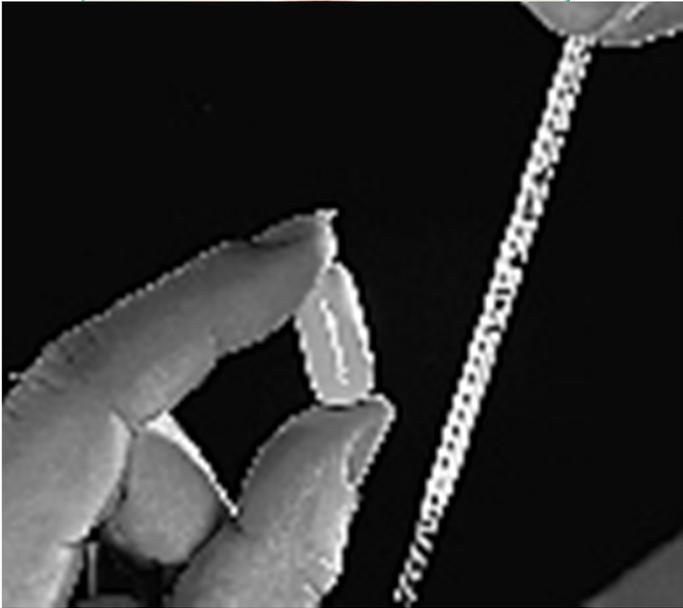
- Se requiere medir la temperatura central
- La temperatura rectal ha sido considerada como una forma válida pero poco práctica para evaluar trabajadores expuestos a calor.
- También se ha empleado la temperatura del conducto auditivo y de la piel

Gradientes de temperatura



Frío

Calor



RADIO PILL: el sistema viene incorporado en una cápsula desechable que la persona se traga. Transmite la temperatura a un receptor

Relación entre la temperatura corporal y la carga de trabajo

Temperatura corporal (°C)	Carga de trabajo
37.5	Baja
37.5 – 38.0	Moderada
38.0 – 38.5	Alta
38.5 – 39.0	muy alta
39.0	Extremadamente alta

Frecuencia cardíaca

- Es uno de los criterios más prácticos y aceptados para evaluar sobrecarga térmica.
- Es un muy buen indicador de la carga fisiológica derivada del trabajo físico, la exposición a calor o de una combinación entre ambos



% Carga cardiovascular



CARGA CARDIOVASCULAR

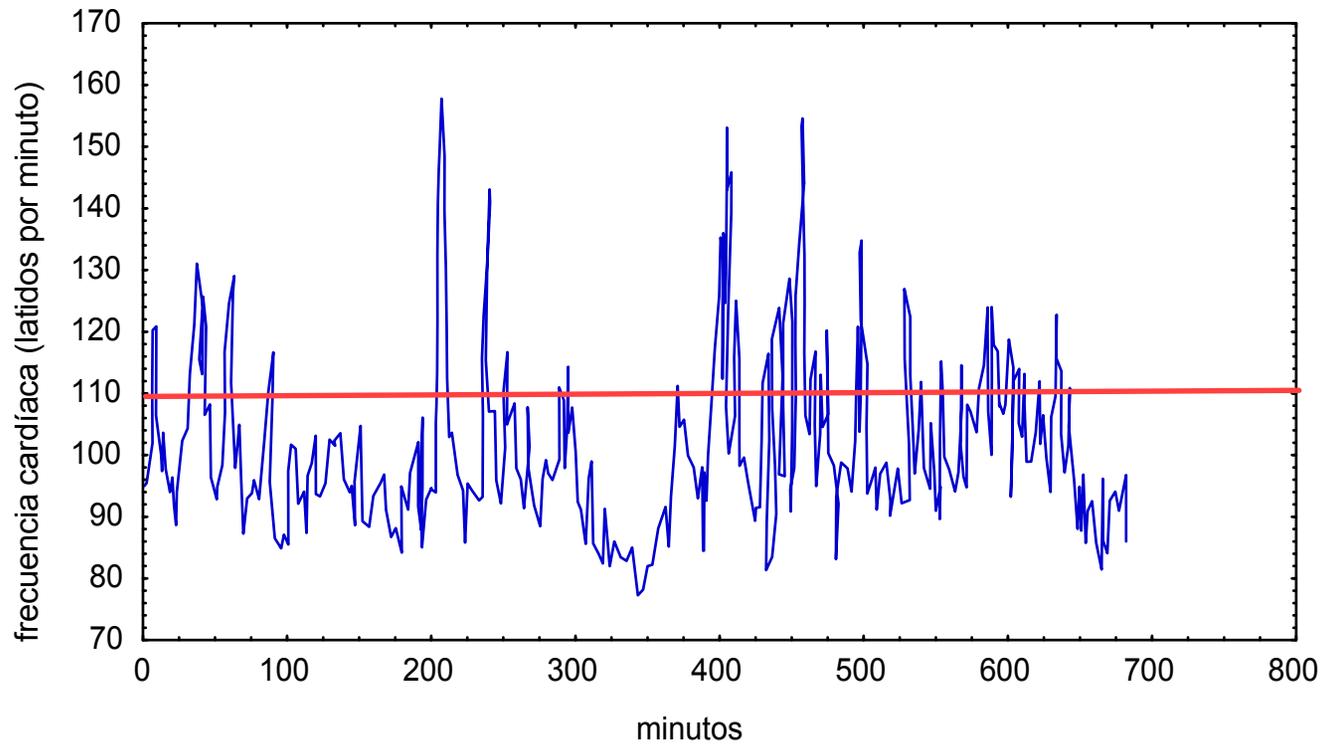
$$\% \text{ CC} = \frac{\text{fC TRABAJO} - \text{fC REPOSO}}{\text{fC MÁXIMA} - \text{fC REPOSO}} \times 100$$

- DONDE:
- CC = CARGA CARDIOVASCULAR
- fC = FRECUENCIA CARDIACA

Ejemplo de calculo:Trabajador minero



operador flotacion



Frecuencia Cardíaca	Promedio	Mínimo Máximo	Desviación estándar
Jorada	101	77-153	132
Trabajo AM	100	81-153	125
Trabajo FM	105	82-156	126

Ejemplo de cálculo del % de carga cardiovascular:

Trabajador de 30 años

Frecuencia cardiaca (latidos por minuto):

Trabajo= 101

Reposo = 60

Máxima estimada= $220 - \text{Edad} = 190$

$$\% \text{ CC} = \frac{\text{fC TRABAJO} - \text{fC REPOSO}}{\text{fC MÁXIMA} - \text{fC REPOSO}} \times 100$$

$$\% \text{ CC} = \frac{101 - 60}{190 - 60} \times 100$$

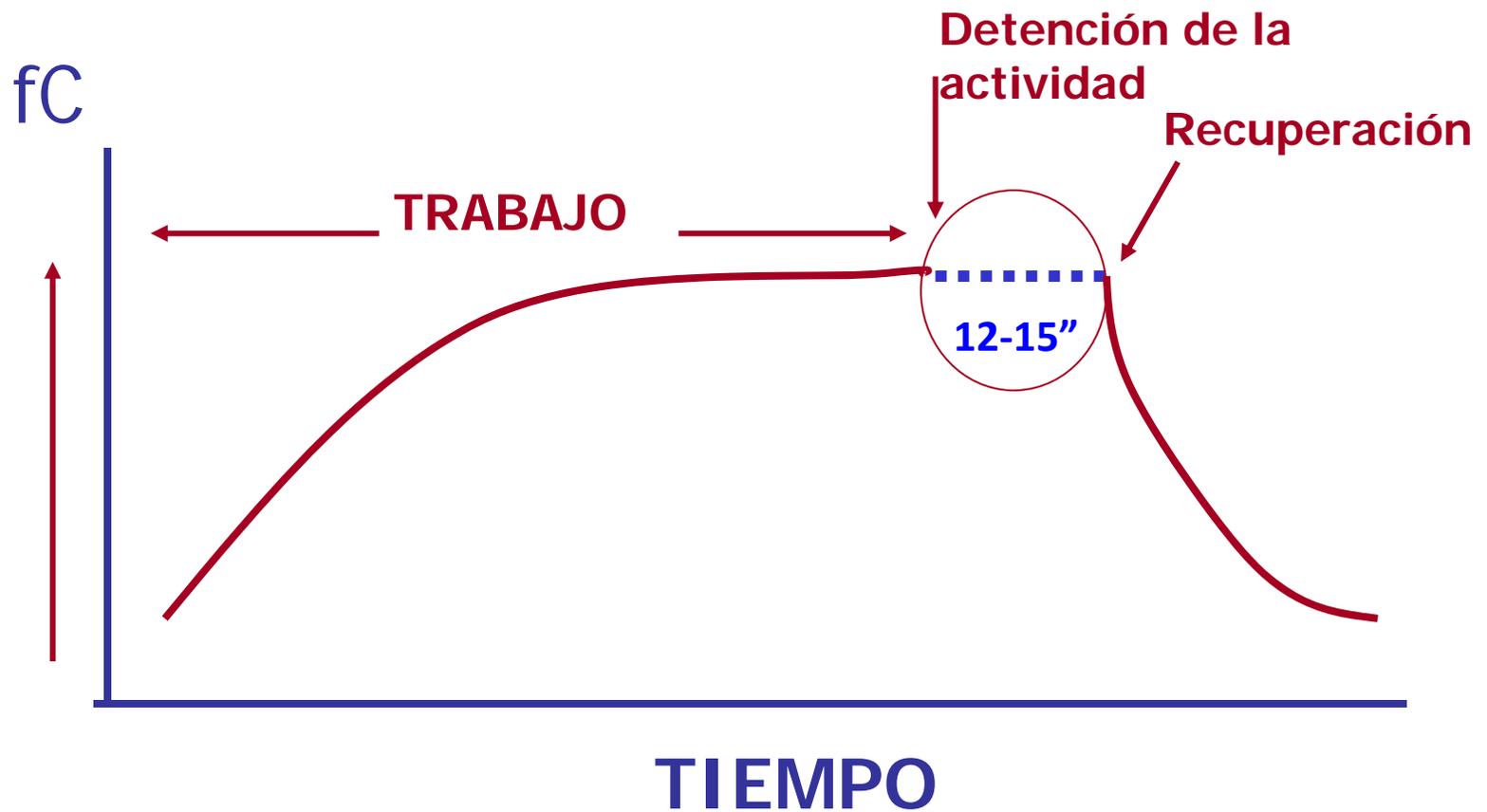
$$\% \text{ CC} = 31.5\%$$

SI NO TENEMOS NADA.....

METODO DE LAS DIEZ PULSACIONES

- Habitualmente cuando se mide la frecuencia cardíaca se cuenta un número variable de latidos en un tiempo fijo
- Por el contrario, con el método de las diez pulsaciones se cuenta un número fijo de latidos en un tiempo variable

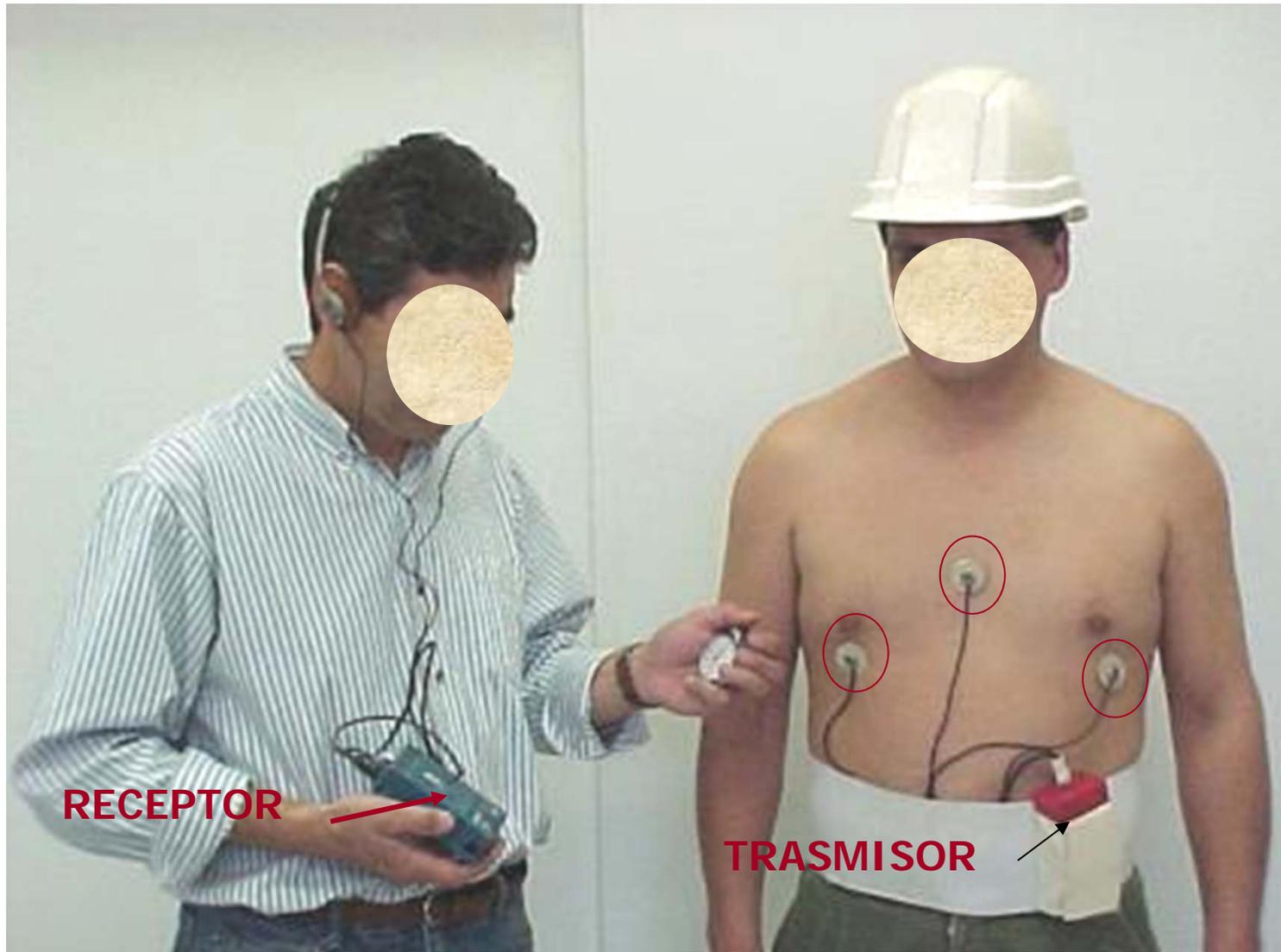
Frecuencia cardiaca de trabajo: Al detener la actividad hay un período cercano a 15 segundos en que la frecuencia cardíaca permanece en el mismo nivel que durante el trabajo



CONVERSION DEL TIEMPO QUE TOMA CONTAR DIEZ LATIDOS A LATIDOS POR MINUTO

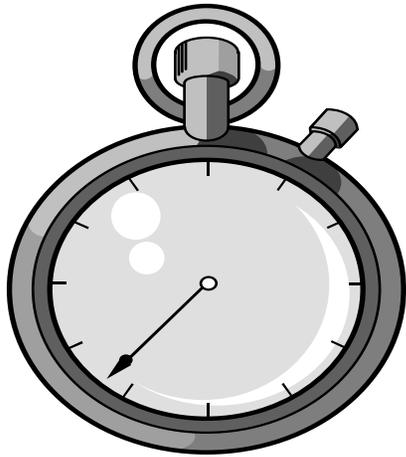
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
3	200	194	188	182	176	171	167	162	158	154
4	150	146	143	140	136	133	130	128	125	122
5	120	118	115	113	111	109	107	105	103	102
6	100	98	97	95	94	92	91	90	88	87
7	86	85	83	82	81	80	79	78	77	76
8	75	74	73	72	71	71	70	69	68	67
9	67	66	65	65	64	63	63	62	61	60

Sistema telemétrico para registro de frecuencia cardíaca



EQUIPO POLAR PARA LA MEDICION DE LA FRECUENCIA CARDIACA

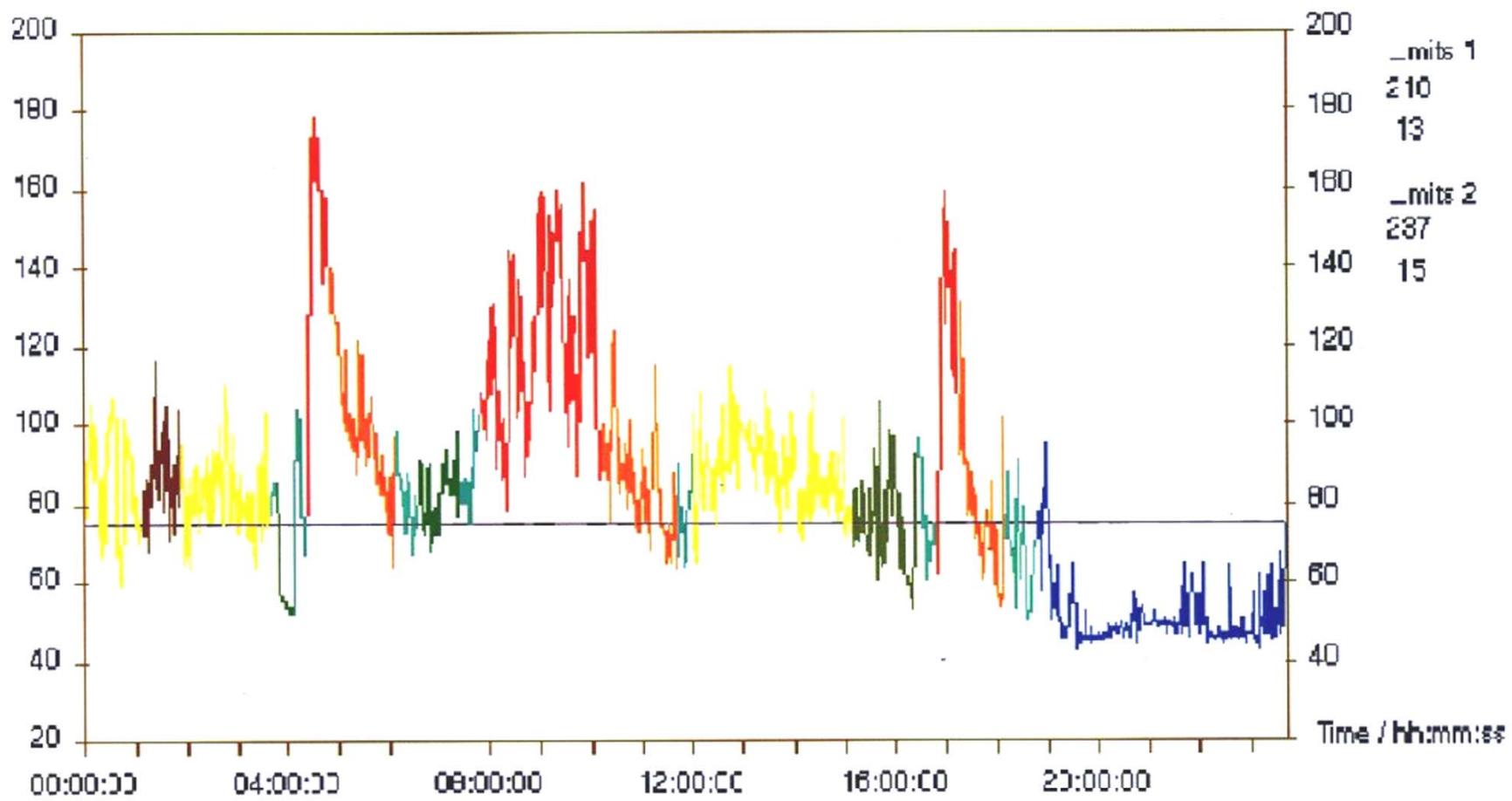




Registro de tiempos



Corre
HR / bpm



- | | |
|---|---|
|  Stand-by en el campamento |  Espera en el incendio |
|  Stand-by en terreno |  Mantenición de herramientas |
|  Traslado en el movil |  Recostado |
|  Combate de incendio |  Durmiendo |

Ejemplo: Mantenedor mecánico taller



Estudio de tiempo y carga física de trabajo

Las labores asociadas a la actividad principal, tales como mantención de partes y piezas, revisión e inspección, ocupan un 49,8% de la jornada.

Un 14,3% de la jornada desarrolla labores de coordinación y administración

Un 15,6% del tiempo lo utiliza para traslados.

Es importante destacar que las labores de mantención, al menos en el día en que se realizó la evaluación, no superaron los 40 minutos (9,9%) de trabajo continuo y que estuvieron separadas por periodos de pausa.

Tiempo		Actividad	Porcentaje
Inicio	Término		
8:30	8:51	Coordinación	5.2 %
8:51	9:00	Conducción de camión	2.2 %
9:00	9:21	Coordinación/instrucciones	5,2%
9:21	9:32	Revisa equipos	2,7%
9:32	9:42	Conduce camión	2.5%
9:42	10:08	Mantención de equipo:	6.4%
10:08	10:27	Trabajo en taller	4,7%
10:27	10:31	Desplazamiento con tambores	1%
10:31	10:43	Preparación de herramientas	3%
10:43	10:53	Conduce	2.5%
10:53	11:09	Coordina	3.9%
11:09	11:35	Conduce	5.9%
11:35	12:48	Colación	18%
12:50	13:04	Preparación de herramientas	3.4%
13:04	13:40	Reparación brazo hidráulico	8.8%
13:40	13:50	Conduce	2.5%
13:50	13:59	Taller de mangueras	2.2%
13:59	14:04	Conduce	1.2%
14:04	14:44	Repara cilindro de levante: Repara cilindro-maneja puente grúa-Utiliza pistola hidráulica	9.9%
14:44	15:15	Termina labores: Guardar equipos	7.7%
Tiempo total de evaluación	6 horas, 45 minutos		

Promedio, mínimo, máximo y desviación estándar de la frecuencia cardiaca y el porcentaje de carga cardiovascular (%CC).

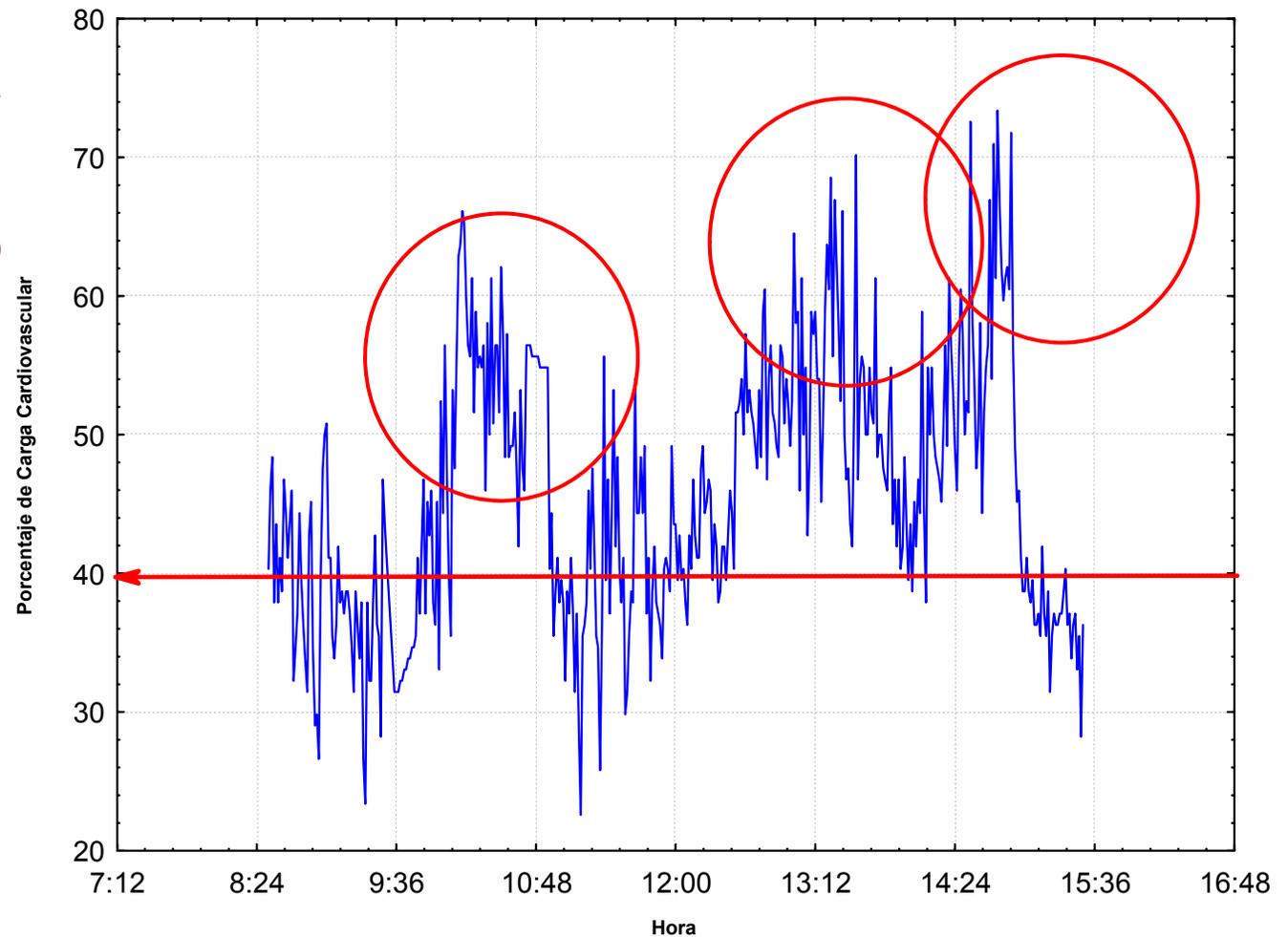
Variables				
	Promedio	Mínimo	Máximo	D.E
Frecuencia Cardiaca	116,8	88,00	151,0	11,70
Porcentaje de Carga Cardiovascular	45,8	22,58	73,4	9,44

La carga cardiovascular entre las 10:00 y las 10:48 , alcanza niveles entre el 40% y el 65%, momento en que el trabajador estaba realizando mantención de equipo, trabajo en el taller y desplazamiento con tambores

Entre las 13:00 y 13:45, la carga está en niveles entre el 50% y 70% y esta asociada a la reparación del brazo hidráulico,

Entre las 14:00 y las 14:45 la carga se situó entre los 45% y los 73%, cuando repara cilindro de levante

Gráfico del Porcentaje de Carga Cardiovascular durante la jornada de trabajo



Relación entre frecuencia cardíaca y carga de trabajo

Frecuencia cardíaca	Carga de trabajo
75	Muy baja
75 a 100	Baja
100 a 115	Moderada
115 a 130	Alta
139 a 150	Muy alta
Sobre 150	Extremadamente alta

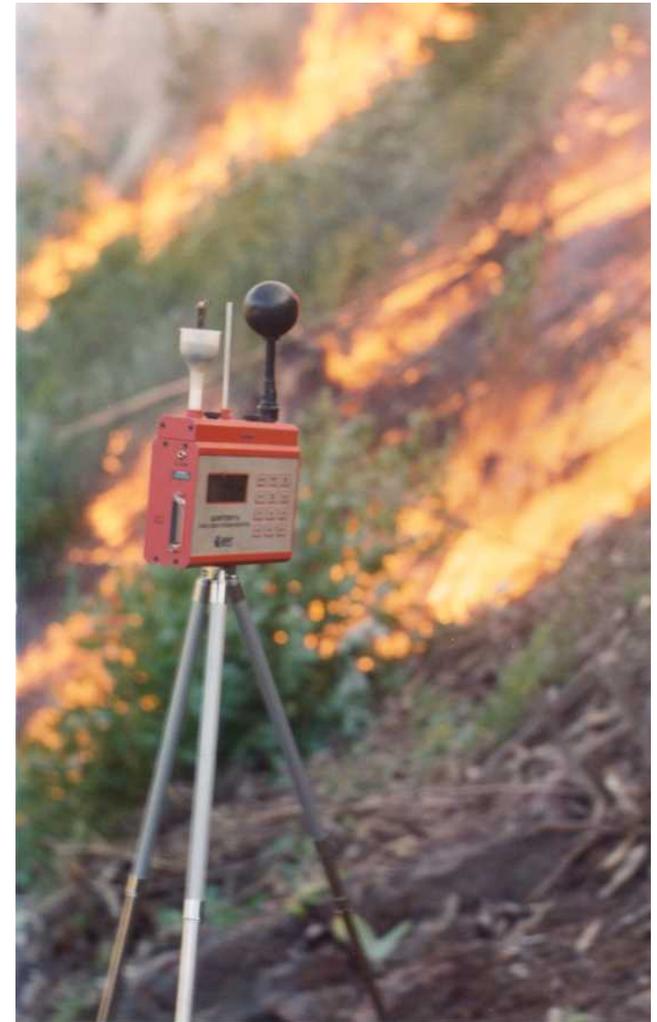
Evaluación de Carga térmica

Desde un punto de vista ergonómico, cuando se detecta sobrecarga térmica hay que identificar el factor que la genera:

- Temperatura del aire,
• Termómetro de bulbo seco

- Humedad,
• Termómetro de bulbo húmedo

- Radiación,
• Termómetro de globo



Psicrómetro

Termómetro bulbo seco



Termómetro Bulbo Húmedo

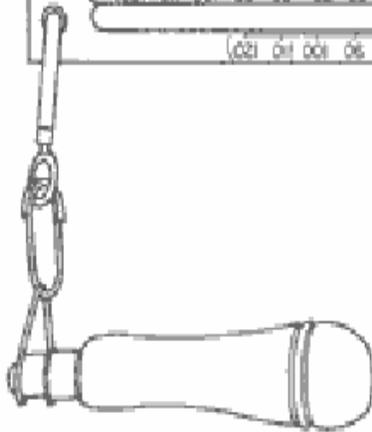
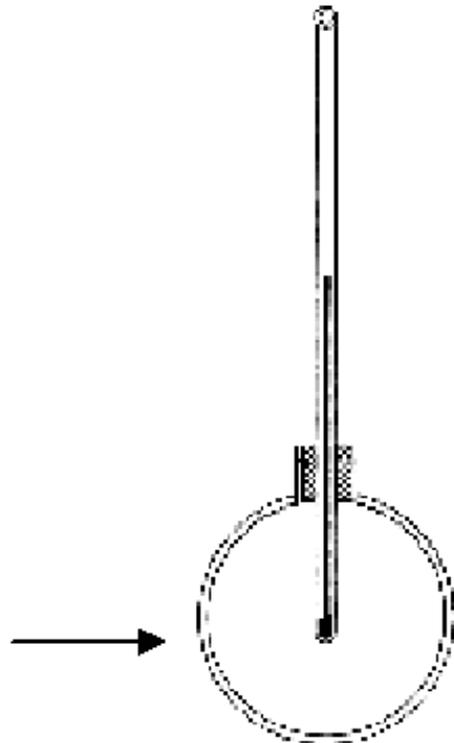


Tabla psicrométrica										
Temperatura de un termómetro seco	Diferencia de temperatura entre los termómetros seco y húmedo (en °C)									
	(El valor de la lectura medida especifica la humedad relativa en %)									
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	100	82	64	47	31	14				
1	100	83	66	60	34	18				
2	100	84	68	52	37	22				
3	100	84	69	54	40	25	12			
4	100	85	70	56	42	28	18			
5	100	86	72	58	45	32	19	7		
6	100	86	73	60	47	35	23	11		
7	100	87	75	61	49	37	26	14		
8	100	87	75	62	51	40	29	18	7	
9	100	88	76	64	53	42	31	21	11	
10	100	88	77	65	55	44	34	24	14	5
11	100	88	77	66	56	46	36	26	17	8
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11
13	100	89	79	69	59	49	40	31	23	14
14	100	90	79	70	60	51	42	33	25	17
15	100	90	80	71	61	53	44	36	27	20
16	100	90	81	71	62	54	46	37	30	22
17	100	90	81	72	63	56	47	39	32	24
18	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27
19	100	91	82	74	65	58	50	43	36	29
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	31
21	100	91	83	75	67	60	52	45	39	32
22	100	92	83	75	68	61	54	47	40	34
23	100	92	84	76	69	62	55	48	42	36
24	100	92	84	77	70	62	56	49	43	37
25	100	92	85	77	70	63	57	51	44	39
26	100	92	85	78	71	64	58	51	45	40
27	100	93	85	78	71	65	59	53	47	41
28	100	93	86	79	72	65	59	53	48	42
29	100	93	86	79	72	66	60	54	49	43
30	100	93	86	79	73	67	61	55	50	44

Termómetro de globo



Termómetro
inserto en la
esfera



Esfera de cobre de 10
cm. de diámetro pintada
de color negro



Velocidad del
viento
Anemómetro

El índice TGBH es aplicable a trabajadores aclimatados, que ejecutan sus actividades completamente vestidos y que disponen de una provisión adecuada de agua y sal. En cuanto al procedimiento para el cálculo del índice se proponen las siguientes fórmulas:

- Trabajo al aire libre con carga solar:

$$TGBH = 0,7 TBH + 0,2 TG + 0,1 TBS$$

- Trabajo al aire libre sin carga solar, o bajo techo:

$$TGBH = 0,7 TBH + 0,3 TG$$

Donde:

TBH = Temperatura de bulbo húmedo natural, en °C

TG = Temperatura de globo, en °C

TBS = Temperatura de bulbo seco, en °C

CARGA DE TRABAJO SEGUN COSTO ENERGETICO (CE_{prom})

TIPO DE TRABAJO	LIVIANA inferior a 375 Kcal/h	MODERADA 375 a 450 Kcal/h	PESADA Superior a 450 Kcal/h
Trabajo continuo	30,0	26,7	25,0
75% trabajo 25% descanso cada hora	30,6	28,0	25,9
50% trabajo 50% descanso cada hora	31,4	29,4	27,9
25% trabajo 75% descanso cada hora	32,2	31,1	30,0

TGBH Promedio

$$\text{TGBH}_{\text{promedio}} = \frac{(\text{TGBH})_1 \times t_1 + (\text{TGBH})_2 \times t_2 + \dots + (\text{TGBH})_n \times t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

Donde:

$(\text{TGBH})_1, (\text{TGBH})_2, \dots, (\text{TGBH})_n$: son los TGBH encontrados en las diferentes áreas de trabajo y descanso en las que el trabajador permaneció durante la jornada laboral.

t_1, t_2, \dots, t_n : son los tiempos en horas de permanencia en las respectivas áreas

Ejemplo de Calculo de TGBH

Actividad	Tiempo en cada actividad (min)	Gasto Energético (kcal/min)	Temperatura de Globo (°C)	Temperatura Seca (°C)	Temperatura húmeda (°C)	Índice TGBH
1	60	4	50	25	22	27,9
2	48	4,3	42	32	25	29,1
3	124	6,1	40	30	25	28,5
4	205	7,5	35	30	27	28,9
5	25	8	32	25	19	22,2
6	18	9	32	25	19	22,2
Total	480	3102,3				

Calculo del TGBH ponderado

Para el cálculo del TGBH promedio se usa la fórmula:

$$\text{TGBH}_{\text{promedio}} = \frac{(\text{TGBH})_1 \times t_1 + (\text{TGBH})_2 \times t_2 + \dots + (\text{TGBH})_n \times t_n}{t_1 + t_2 + \dots}$$

$$\text{TGBH}_{\text{promedio}} = \frac{27,9 \times 60 + 29,1 \times 48 + 28,5 \times 124 + 28,9 \times 205 + 22,2 \times 25 + 22,2 \times 18}{60 + 48 + 124 + 205 + 25 + 18}$$

$$\text{TGBH}_{\text{promedio}} = 28,0$$

Calculo del gasto de energía ponderado

$$CE_{\text{prom}} = \frac{CE_1 \times t_1 + CE_2 \times t_2 + \dots + CE_n \times t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

$$CE_{\text{prom}} = \frac{4 \cdot 60 + 4,3 \cdot 48 + 6,1 \cdot 124 + 7,5 \cdot 205 + 25 \cdot 8 + 18 \cdot 9}{60 + 48 + 124 + 205 + 25 + 18}$$

$$CE_{\text{prom}} = 6,46 \text{ kcal/min o } 387,8 \text{ kcal/hora}$$

Para entrar a la tabla:

1. Primero ubicar la columna de gasto energético según lo estimado o medido, que en este caso es la tercera columna, **Gasto de energía en nivel moderado**
2. Ubicar el valor de TGBH estimado anteriormente: **28,0** , en la **columna seleccionada**.
3. Una vez ubicado ambos valores, se debe leer lo que dice la primera columna, como lo indica la flecha roja.

CARGA DE TRABAJO SEGÚN COSTO ENERGÉTICO (CE_{prom})				
TIPO DE TRABAJO	LIVIANA inferior a 375 Kcal/h	MODERADA 375 a 450 Kcal/h	PESADA Superior a 450 Kcal/h	
Trabajo continuo	30,0	26,7	25,0	
75% trabajo 25% descanso cada hora	30,6	28,0	25,9	
50% trabajo 50% descanso cada hora	31,4	29,4	27,9	
25% trabajo 75% descanso cada hora	32,2	31,1	30,0	

Resultado

El valor obtenido revela que para evitar la sobrecarga térmica el trabajo debe organizarse considerando 75% de trabajo y 25% de pausas.

Es importante destacar que este método estima el tiempo de pausas, pero no permite visualizar cuáles son los momentos adecuados para introducirlas

Consideraciones especiales de la ACGHI 2017

Tipo de ropa	Agregar al TGBH (°C)
Ropa ligera u overol	0
Overol y ropa (dos capas)	+3
Tyvek®	+1
Trajes cerrados	+11

MEDIDAS DE CONTROL PARA REDUCIR LA SOBRECARGA TERMICA



Agentes ambientales: 4 normas básicas



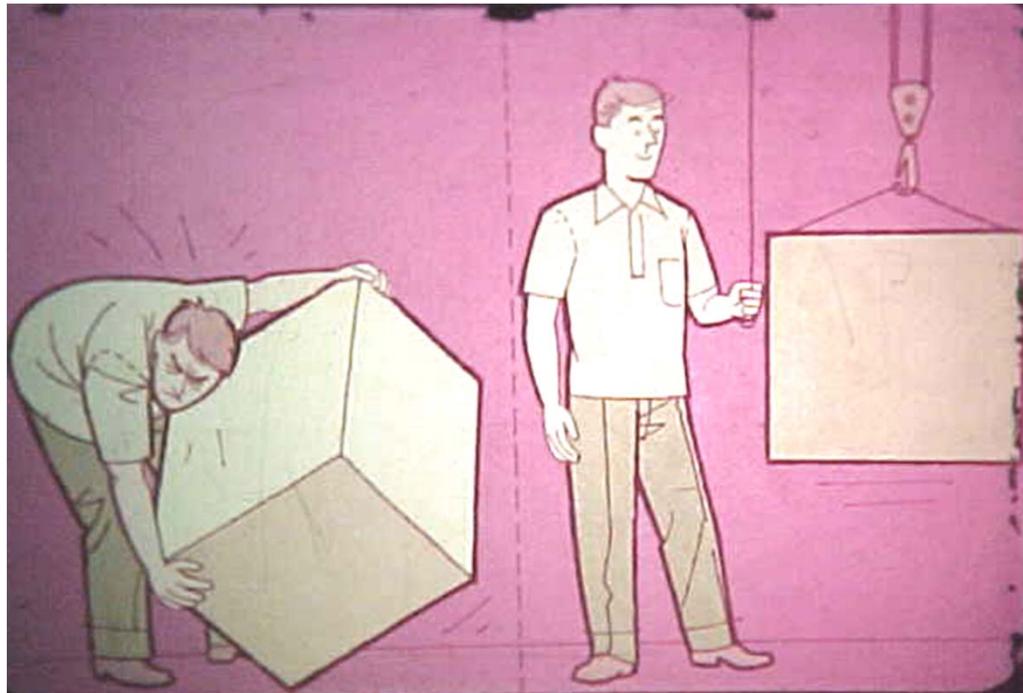
- Alejar la fuente de riesgo de los trabajadores
- Alejar a los trabajadores del riesgo
- Aislar la fuente de riesgo
- Proveer equipos de protección personal

Reducción de la carga térmica

- Cuando es posible se debe reducir la temperatura en la fuente de origen
- También se puede buscar la forma para que el trabajo se haga más lejos de ellas

MEDIDAS ERGONOMICAS

- Rediseñar o mecanizar la tarea para reducir el tiempo de trabajo y el esfuerzo físico, bajando así la producción de calor



MEDIDAS DE INGENIERIA:

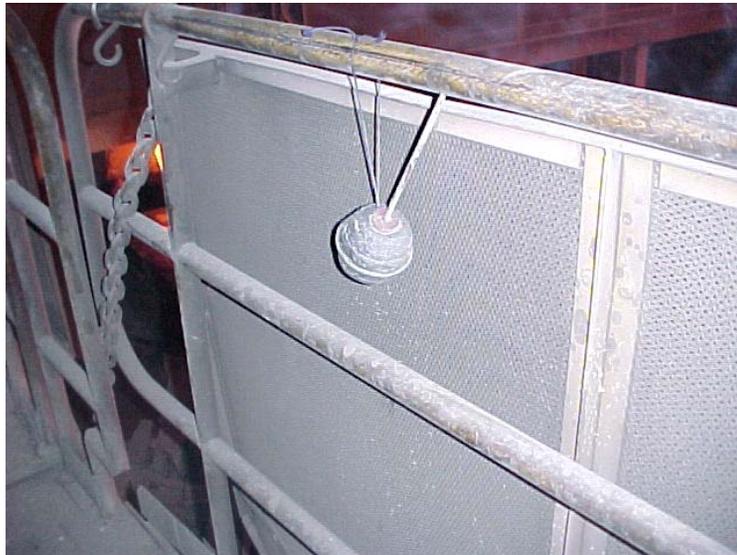
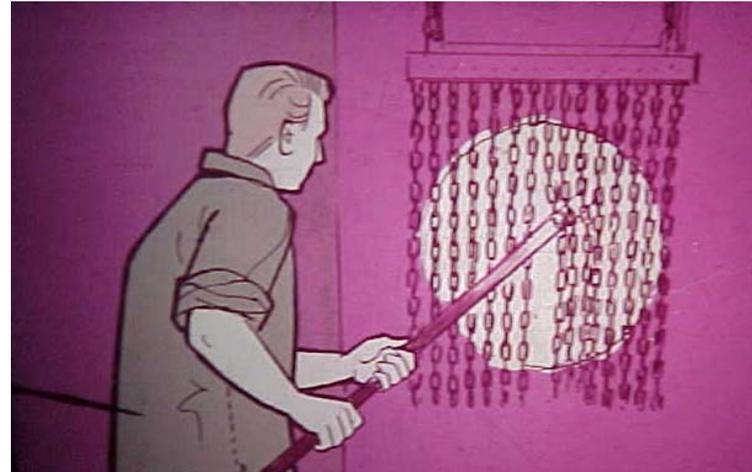
Control de la radiación calórica

- REFLECTIVIDAD de una superficie es la fracción que refleja de la radiación incidente total
- ABSORTIVIDAD es la fracción que absorbe de la radiación incidente total

Absortividad y reflectividad de algunos materiales

Material	Absortividad	Reflectividad
Aluminio pulido	0.02 a 0.05	0.98 a 0.95
Aluminio opaco	0.10 a 0.20	0.90 a 0.80
Lamina hierro	0.55 a 0.60	0.45 a 0.40
Ladrillo	0.85 a 0.95	0.15 a 0.05
Superficie negra no metálica	0.90 a 0.98	0.10 a 0.02

MEDIDAS DE INGENIERIA:
Pueden emplearse materiales
pintados negros que absorben
la radiación



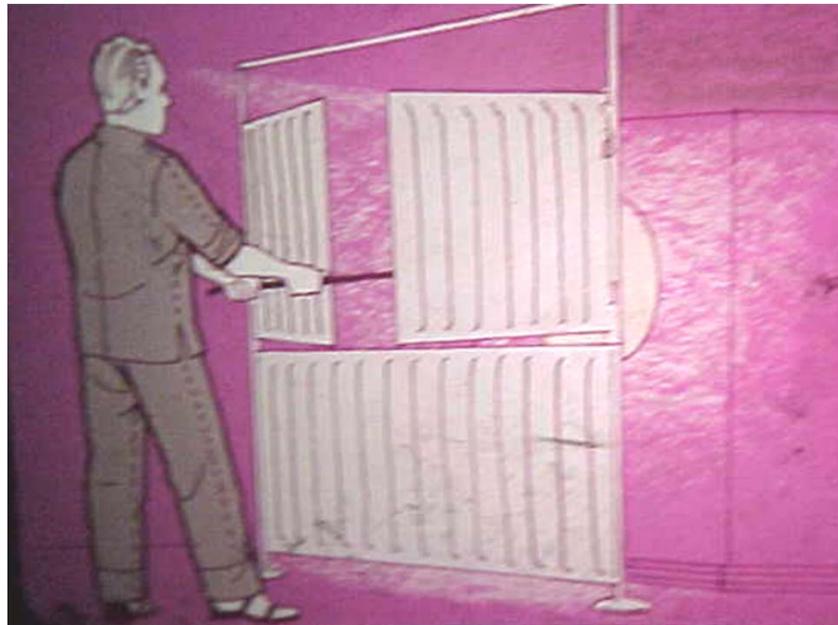
**Temperatura Globo
75° C**



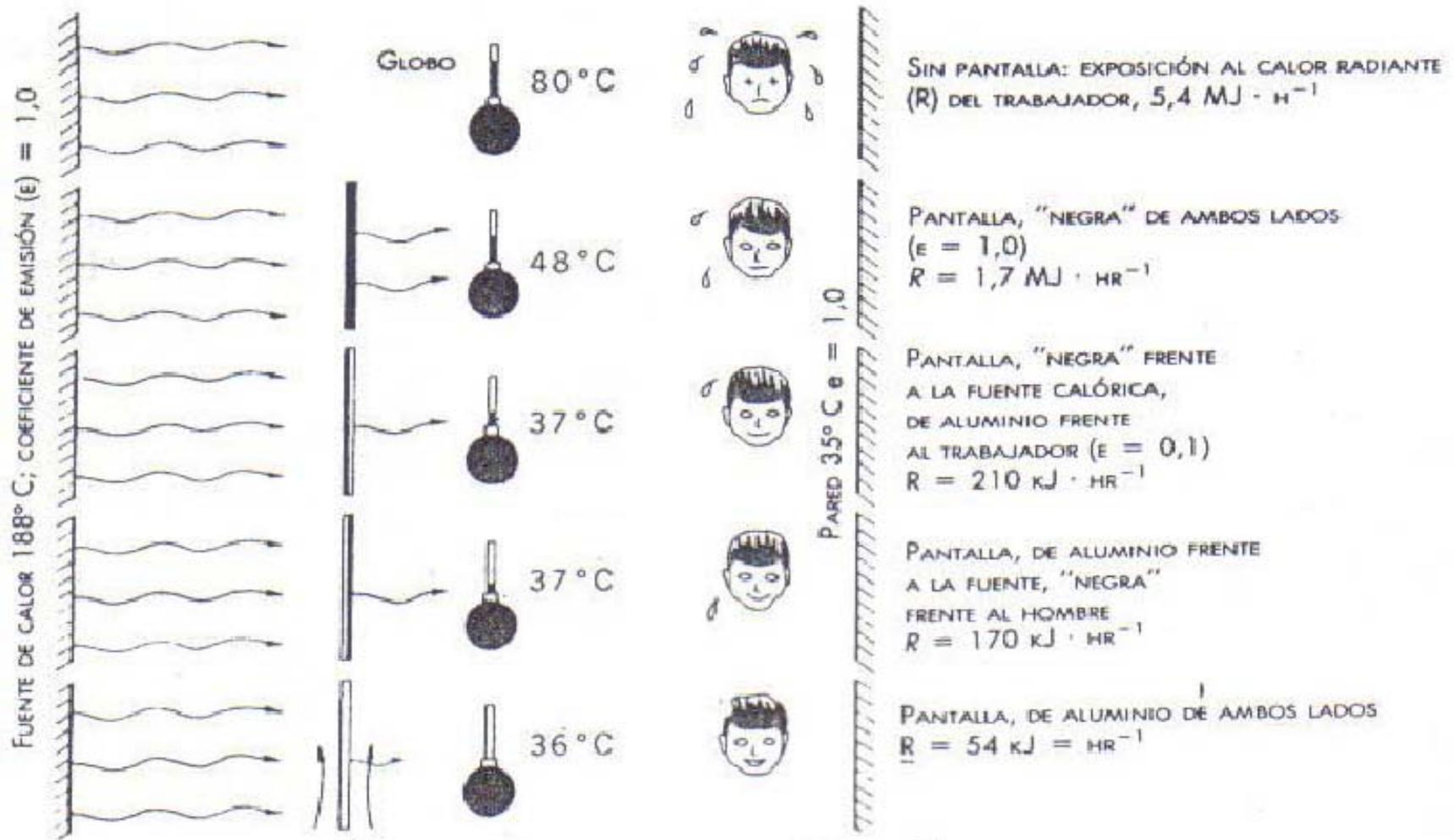
**Temperatura Globo
96° C**

MEDIDAS DE INGENIERIA

- Para controlar el calor radiante se pueden colocar barreras entre el trabajador y la fuente de calor
- Las placas de acero, aluminio u otros metales brillantes reflejan el calor de vuelta hacia la fuente
- Pueden usarse radiadores metálicos por los que circule agua fría



Efecto de las protecciones en la reducción de calor radiante.



SUPUESTOS: VELOCIDAD DEL AIRE = 1,5 m · s⁻¹

TEMP. DEL AIRE = 35°C

TEMP. DE LA PIEL = 35°C

MEDIDAS PARA CONTROLAR EL INTERCAMBIO POR CONVECCION

- La temperatura y velocidad del aire pueden modificarse para controlar los intercambios de calor por convección.
- La ventilación general se usa para diluir el aire caliente con aire más frío

MEDIDAS PARA CONTROLAR EL INTERCAMBIO POR CONVECCION

- El tratamiento del aire difiere de la ventilación ya que reduce la temperatura del aire removiendo el calor y en algunos casos también la humedad.
- El acondicionamiento del aire es un método de enfriamiento

Medidas de organización ergonómica

- Horario del trabajo
- Sistemas trabajo pausas
- Ritmo de trabajo
- Selección de trabajadores

CAPACIDAD FISICA

- LA CAPACIDAD AEROBICA HOY EN DIA SE ACEPTA COMO ESTANDAR DE REFERENCIA PARA EVALUAR LA CAPACIDAD FISICA DE QUIENES EJECUTAN TRABAJOS PESADOS



- CAPACIDAD AEROBICA ES SINONIMO DE CONSUMO MAXIMO DE OXIGENO
- REFLEJA LA CAPACIDAD DE LOS SISTEMAS CARDIOVASCULAR Y RESPIRATORIO PARA CAPTAR, TRANSPORTAR, ENTREGAR Y UTILIZAR OXIGENO



- Se abrevia como $\dot{V}O_2$ max.
- Se expresa habitualmente en litros de oxígeno por minuto ($\text{l O}_2 \text{ min}^{-1}$) o (L / min)
- También en mililitros de oxígeno por minuto y por kilogramo de peso corporal ($\text{ml min}^{-1} \text{ kg}^{-1}$) o ($\text{mL}/\text{min}/\text{kg}$)



La capacidad aeróbica se asocia con rendimiento en trabajos manuales dinámicos de alta intensidad



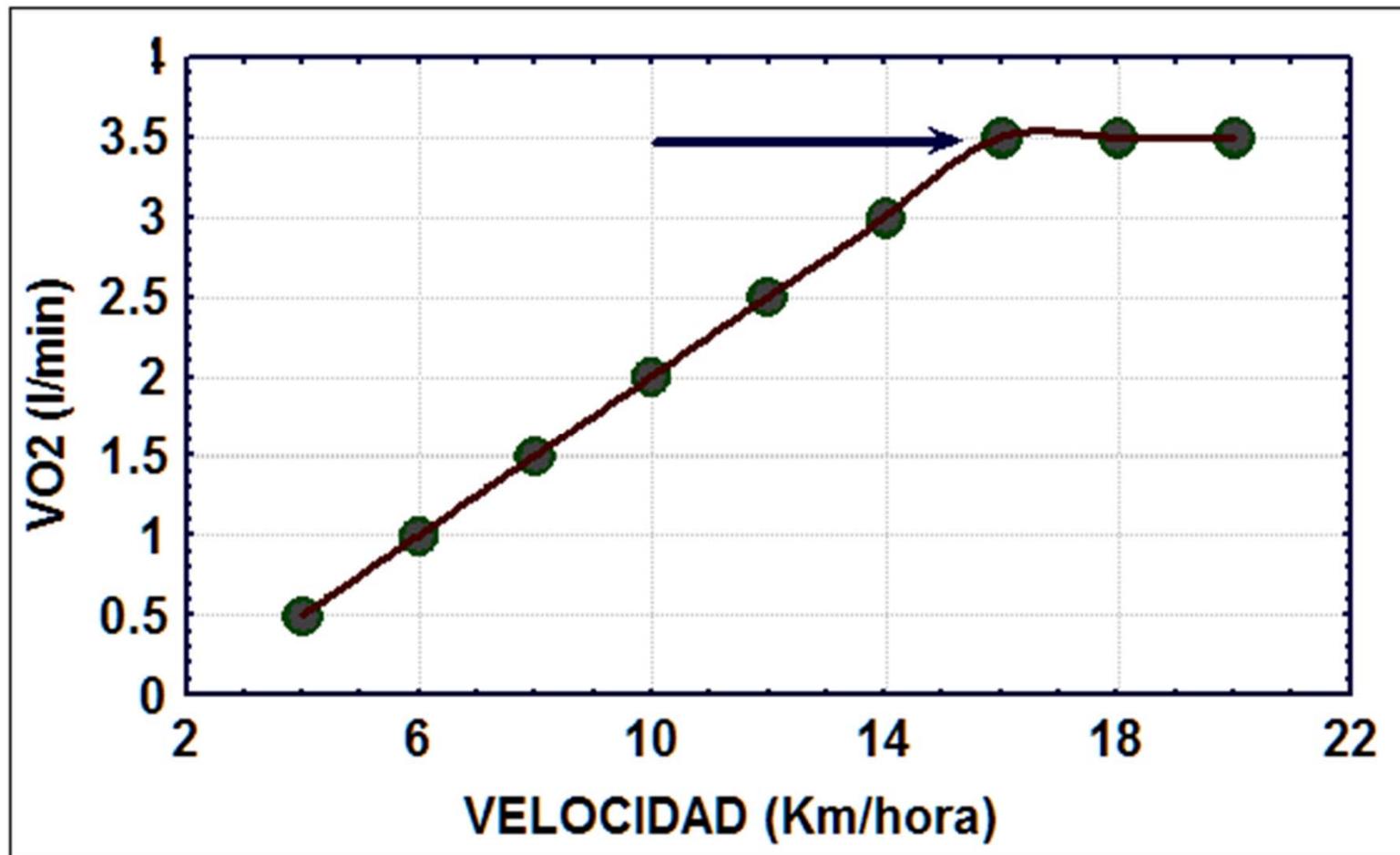
Coeficientes de correlación simple entre rendimiento y variables de los sujetos en faena de poda con escaladores

- * RENDIMIENTO VERSUS:

	r
• Edad (años)	- 0.86
• Peso (kg)	- 0.01
• Estatura (cm)	0.64
• Masa grasa(%)	- 0.70
• Masa libre de grasa(kg)	0.52
• Capacidad aeróbica (l O ₂ /min)	0.91

* Rendimiento expresado en árboles podados por jornada

Capacidad aeróbica: Medición directa



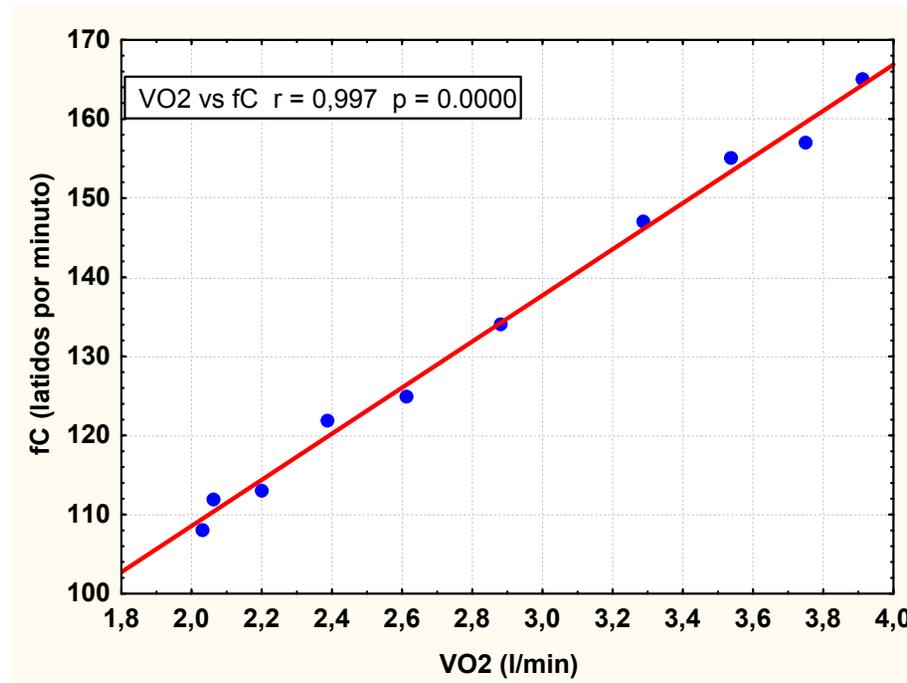
Capacidad aeróbica: Medición directa

- La persona debe trabajar a niveles máximos e incluso supramáximos.
- La ventilación pulmonar puede alcanzar valores sobre 100 litros por minuto
- La frecuencia cardíaca debe alcanzar niveles máximos.
- El sujeto debe llegar al agotamiento total
- Es una prueba de riesgo si no es aplicada por especialistas y no es recomendable para trabajadores que se evalúan en condiciones de terreno

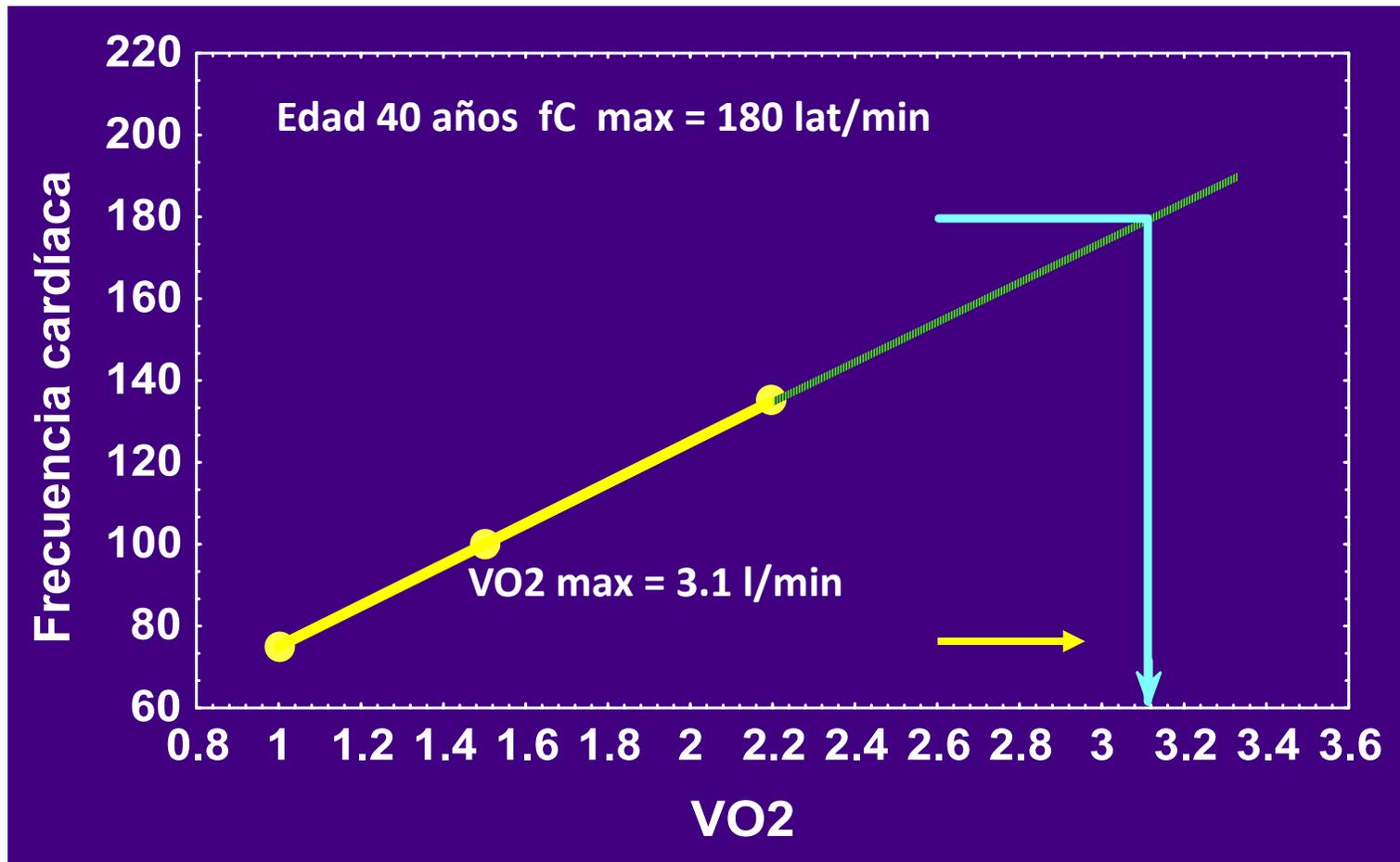


Métodos indirectos para estimar la capacidad aeróbica

- La mayor parte se basa en la relación directamente proporcional que existe entre la frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno



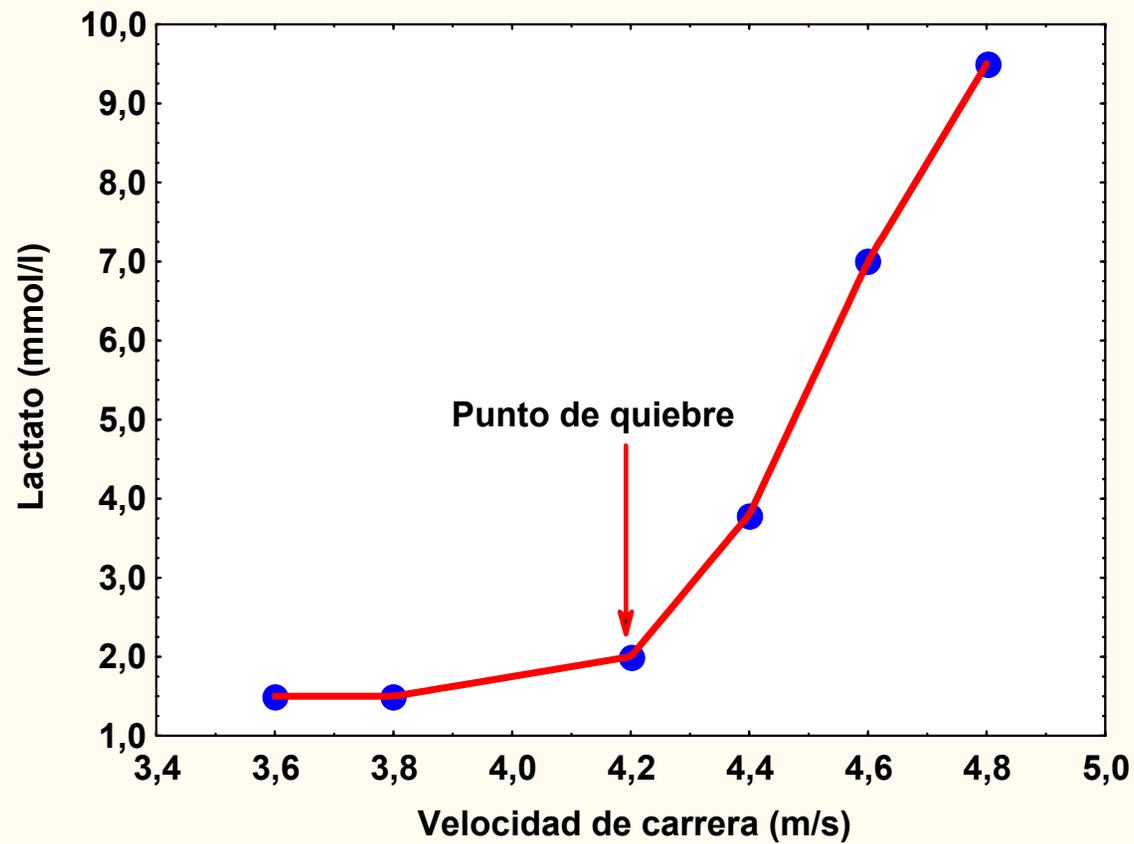
Método de extrapolación



UMBRAL ANAEROBICO

- Se define como la intensidad de ejercicio o de trabajo físico por encima de la cual empieza a aumentar de forma progresiva la concentración de lactato en sangre

UMBRAL DE LACTATO



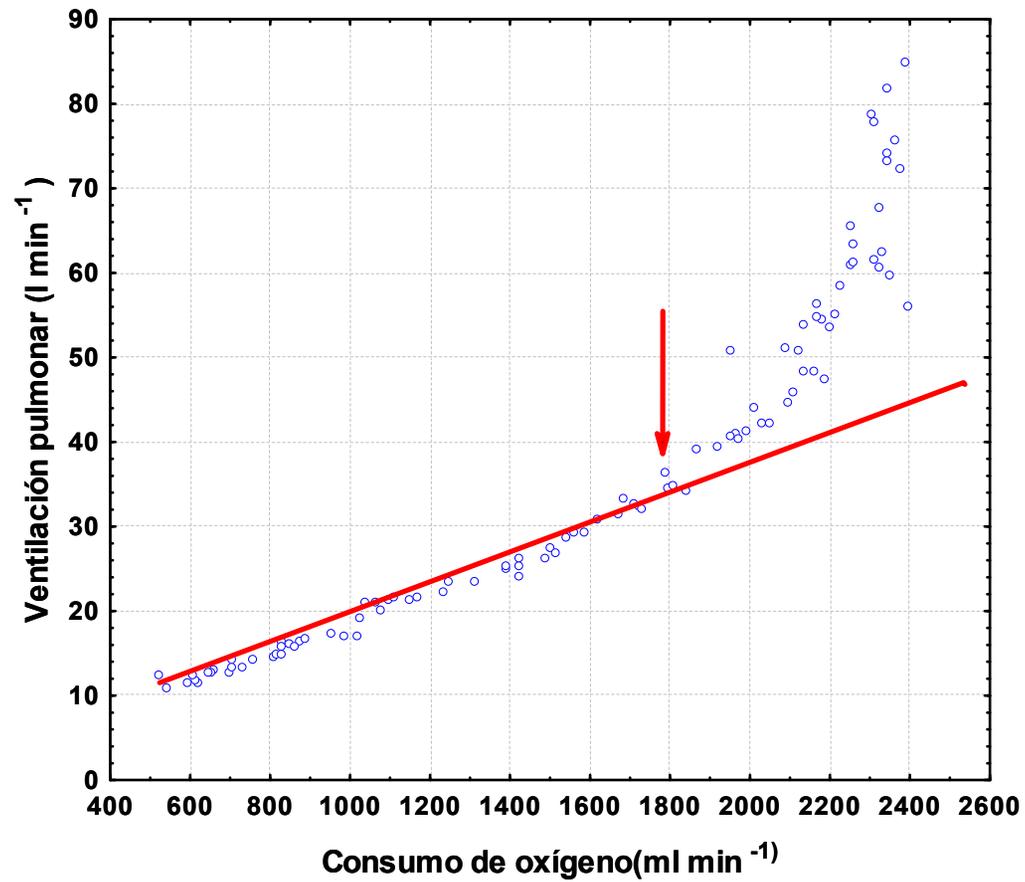
Para determinar el umbral de lactato se requiere tomar muestras seriadas de sangre para determinar el punto de esfuerzo en que el ácido láctico comienza a elevarse



Umbral ventilatorio

- Se ha demostrado que cuando el ácido láctico comienza acumularse, la ventilación pulmonar, que tiene una relación directamente proporcional con el aumento de consumo de oxígeno y de frecuencia cardiaca, empieza a incrementarse en mayor proporción produciéndose un quiebre en la linealidad.
- La determinación de este punto de quiebre permite estimar el denominado umbral ventilatorio que es cercano al umbral de lactato

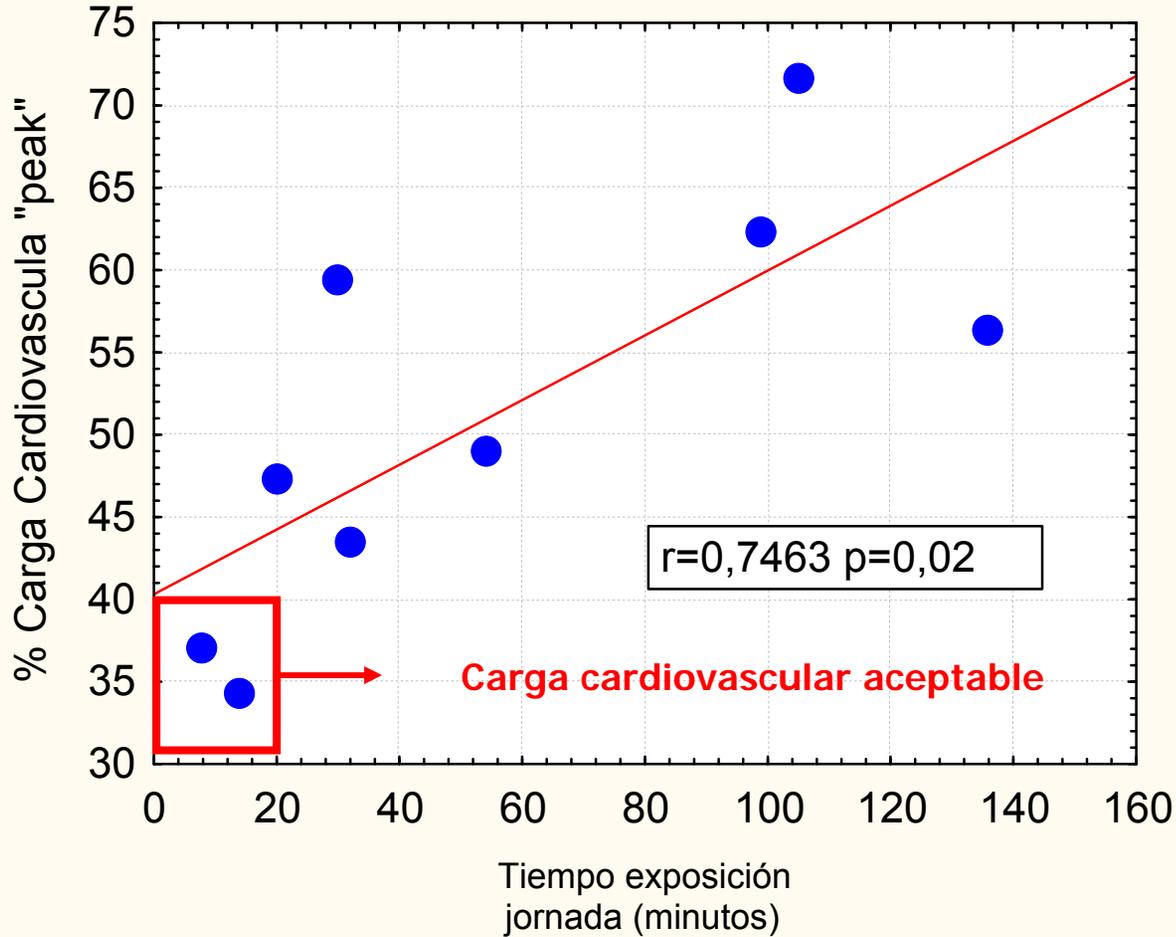
UMBRALE VENTILATORIO

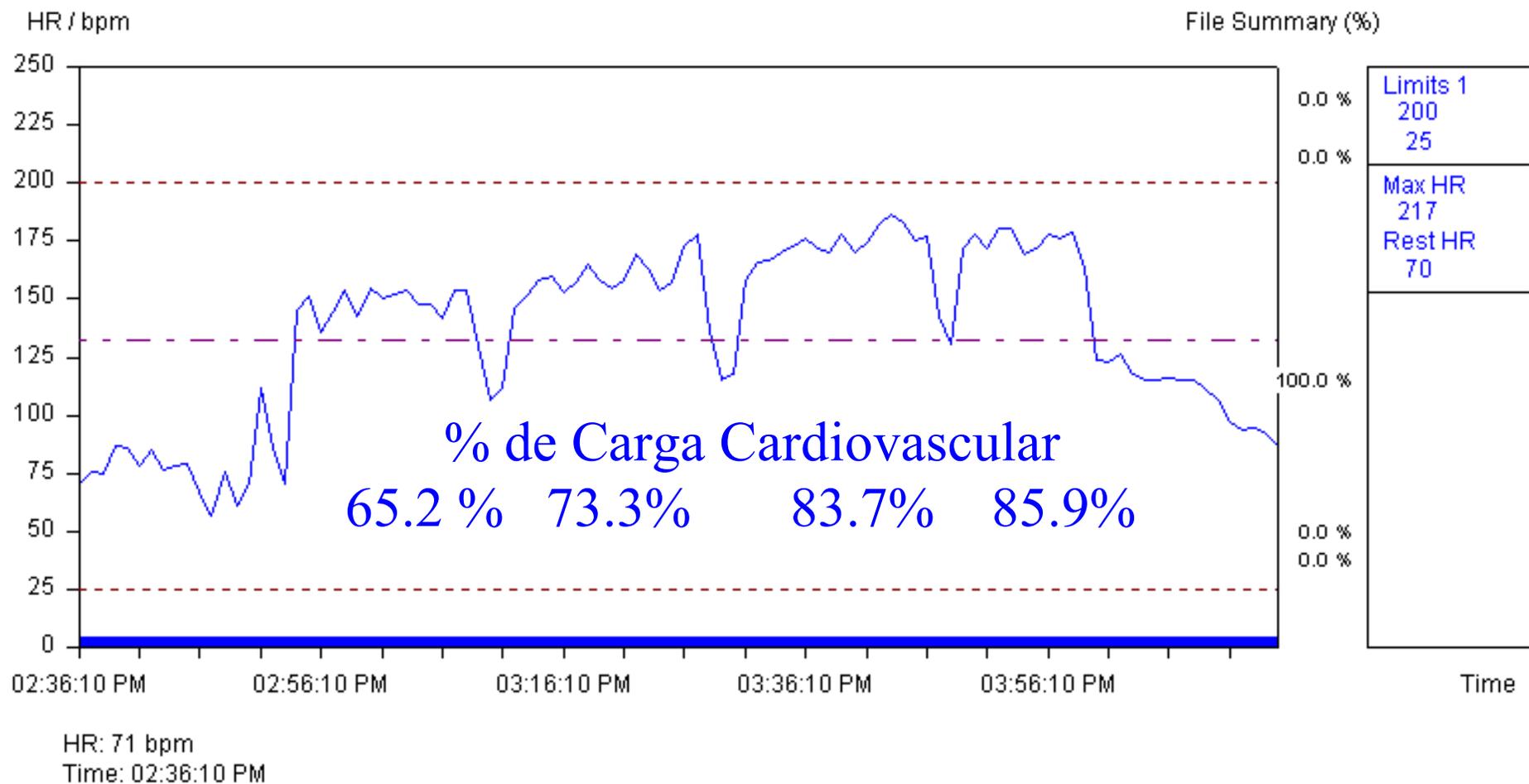


Umbral ventilatorio brigadistas forestales

	n	UA LMIN	UA %	UA FC
EMPRESA 1	18	2,7	60,6	137,1
EMPRESA 2	15	2,3	61,1	143,9
EMPRESA 3	13	2,5	61,1	142,1
GRUPO TOTAL	46	2,5	60,9	140,7

Relación entre porcentaje de carga cardiovascular "peak" y tiempo de exposición total de la jornada trabajando en la rueda de moldeo expresado en minutos





Person	Pedro Mella	Date	07-02-2001	Average	132 bpm	Recovery	-29 bpm
Exercise	2001-02-07 02:36:10 PM 60s	Time	02:36:10.0 PM	Duration of exercise: 1:48:16.4			
Note	NV	Selected period: 02:36:10 PM - 04:24:10 PM (1:48:00.0)					

Prácticas de trabajo

- Programa de aclimatización
- Sistema de vigilancia del trabajador expuesto
- Áreas para el descanso
- Provisión de líquidos



Aclimatización al calor

- NO SE DEBE EXPONER A UN TRABAJADOR NO ACLIMATADO
- LOS TRABAJADORES ACLIMATIZADOS:
 - Presentan menor temperatura central
 - Menor frecuencia cardíaca
 - Producen mayor cantidad de sudor
 - El sudor es más diluido

SUDOR

- El sudor es una solución débil de ClNa y agua, pequeñas cantidades de potasio, urea, trazas de electrolitos y ácido láctico.
- Tiene un peso específico de 1,002 y un pH que oscila entre 4.2 y 7.5
- La concentración de ClNa oscila entre 50 y 100 mEq/l.

Composición del sudor

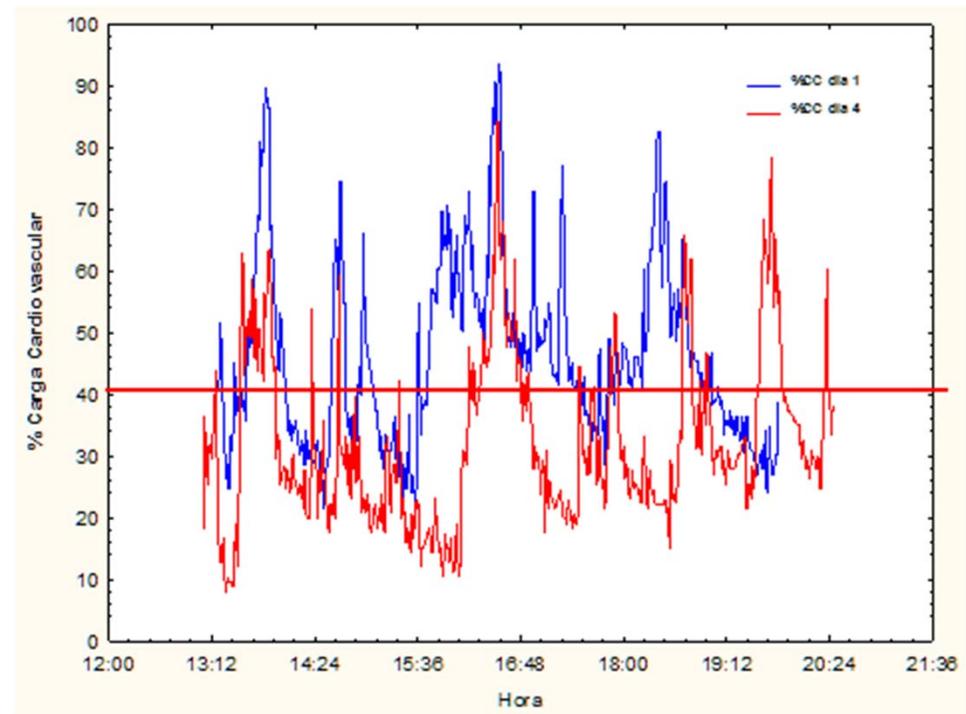
Electrolitos	Sudor de persona	
	desentr. y no aclimat.	entrenada y aclimat.
Na, Sodio	80 ± 2,6	40 ± 1,8
K, Potasio	8,0 ± 0,2	4,0 ± 0,1
Mg, Magnesio	1,5 ± 0,1	1,5 ± 0,1
Cl, Cloro	50 ± 1,4	30 ± 0,9

Tiempo para aclimatización

- Alrededor del 80% ocurre entre 4 y 7 días
- Debe iniciarse con una jornada de dos a cuatro horas de exposición que aumente gradualmente
- Si el trabajador se aleja de la actividad entre 10 y 14 días debe volver a aclimatarse

Variaciones de carga cardiovascular, durante el primer y cuarto día de trabajo después de 40 días ausente.

Hora	%CC	%CC
	Dia 1	Dia 4
13-14	51,6	35,5
14-15	39,0	27,2
15-16	41,2	20,0
16-17	59,6	42,3
17-18	44,0	29,1
18-19	53,2	31,2
19-20	33,6	38,9
20-21		33,5
Jornada	46,1	32,1



Áreas de descanso

- Los trabajadores deben tener áreas donde recuperarse, completamente aisladas de la fuentes de calor.
- Deben incluso tener la posibilidad de cambiarse ropa en estos períodos



Vestuario de protección

- Debe ser adecuado a las características del ambiente

Vestuario de protección para altas temperaturas en ambientes húmedos

- Se debe usar ropa ligera para permitir la máxima exposición de la piel y facilitar la evaporación de sudor
- Hoy en día hay tejidos que absorben la humedad y permiten al sudor evaporarse rápidamente a través de la ropa para una mejor refrigeración natural del cuerpo.
- Cuando se trabaja al sol se debe usar ropa clara

Vestuario de protección para altas temperaturas en ambientes secos

- En climas secos la evaporación de sudor no es problema
- En ambientes con temperaturas extremadamente altas se puede usar ropas aisladas por aire o por agua.

Equipos para evaluar vestuario



Si la radiación es muy alta se debe usar ropa que la refleje

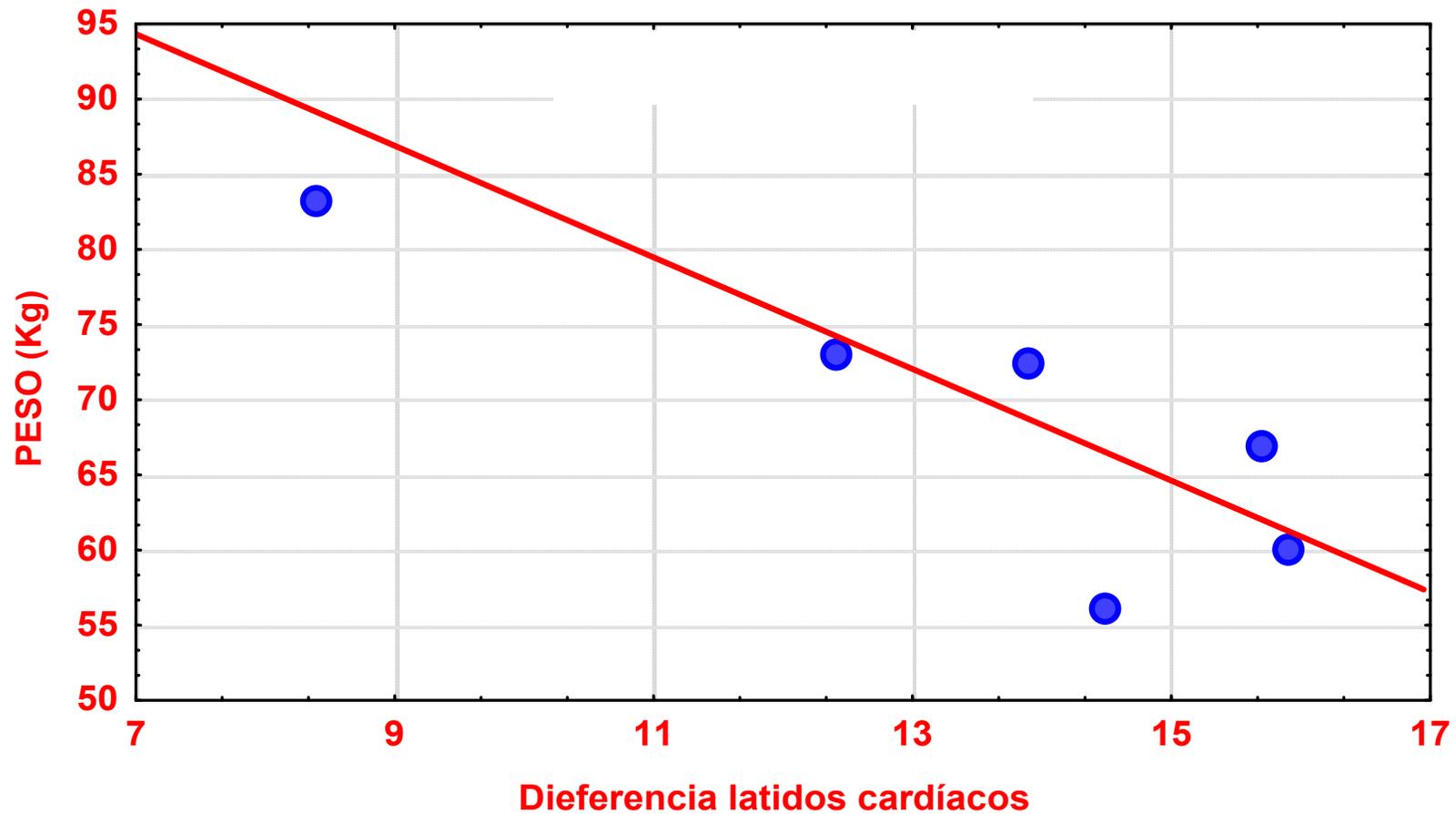


A igual trabajo el peso del vestuario, implementos de seguridad y herramientas pueden aumentar la producción de calor



Efecto del peso del vestuario sobre la carga de trabajo

$$y = 120.305 - 3.712 * x + \text{eps}$$



Ropa protectora

- Hay que considerar que sólo el sudor que se evapora tiene la capacidad de enfriamiento.
- Por eso es muy importante que la ropa deje al descubierto las áreas del cuerpo no expuestas.
- Si no es posible deben tener buenas salidas para ventilación



Nótese que a este trabajador solo le queda la cara descubierta cuando no usa el protector visual

SUDORACION

- El agua al evaporarse requiere 0.6 Kcal/g
- 1 litro de sudor evaporado disipa alrededor de 600 Kcal.
- Por vía aérea se disipa cerca de 2 g de agua por minuto, equivalente a 72 Kcal/hora.

Sudor retenido en la ropa

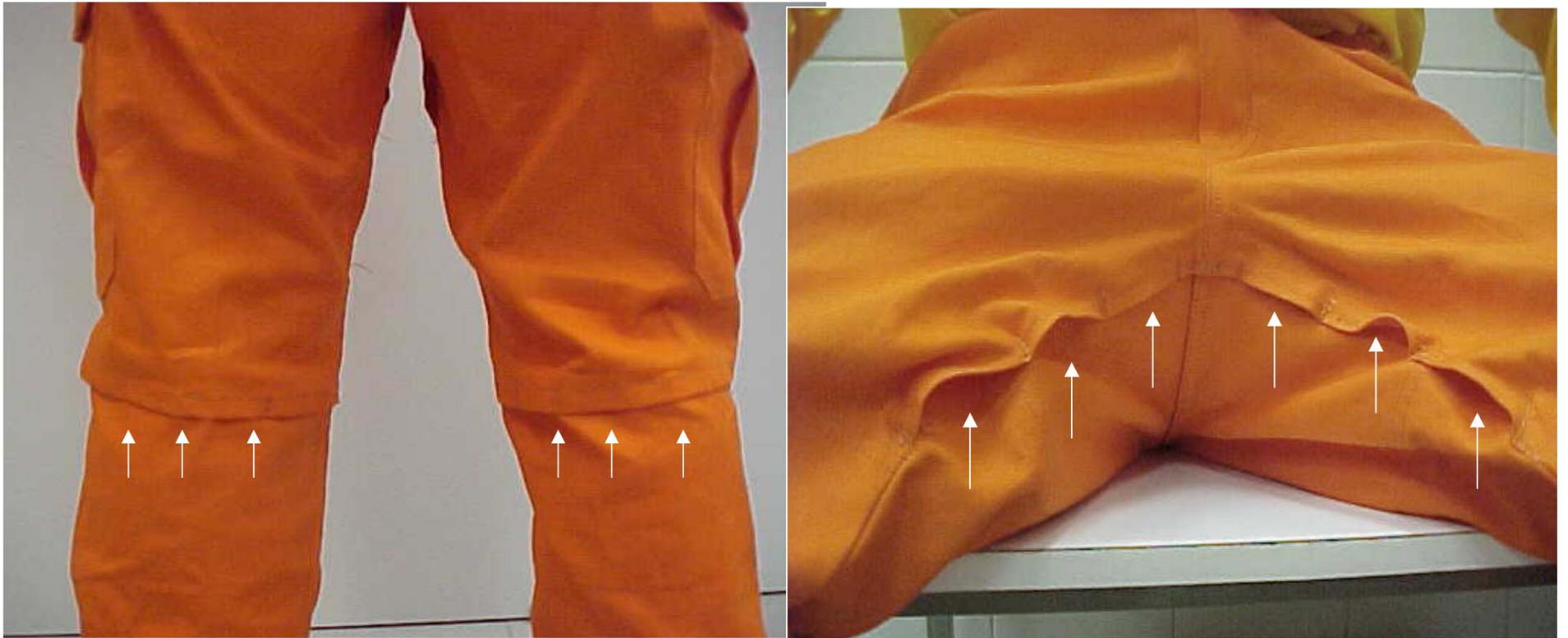
<i>Ensayo 1 hora duración</i>	
<i>Peso con ropa combate antes</i>	80.4
<i>Peso con ropa combate después</i>	79.4
<i>Líquido ingerido durante</i>	0.68
<i>Líquido eliminado</i>	1.68
<i>% evaporado</i>	59.6
<i>% retenido en la ropa</i>	40.4

Ensayo 4 períodos de trabajo de 15 minutos con 3 minutos de descanso después de cada uno

Camisa con salidas de ventilación en espalda y mangas y refuerzos en zonas mas expuestas



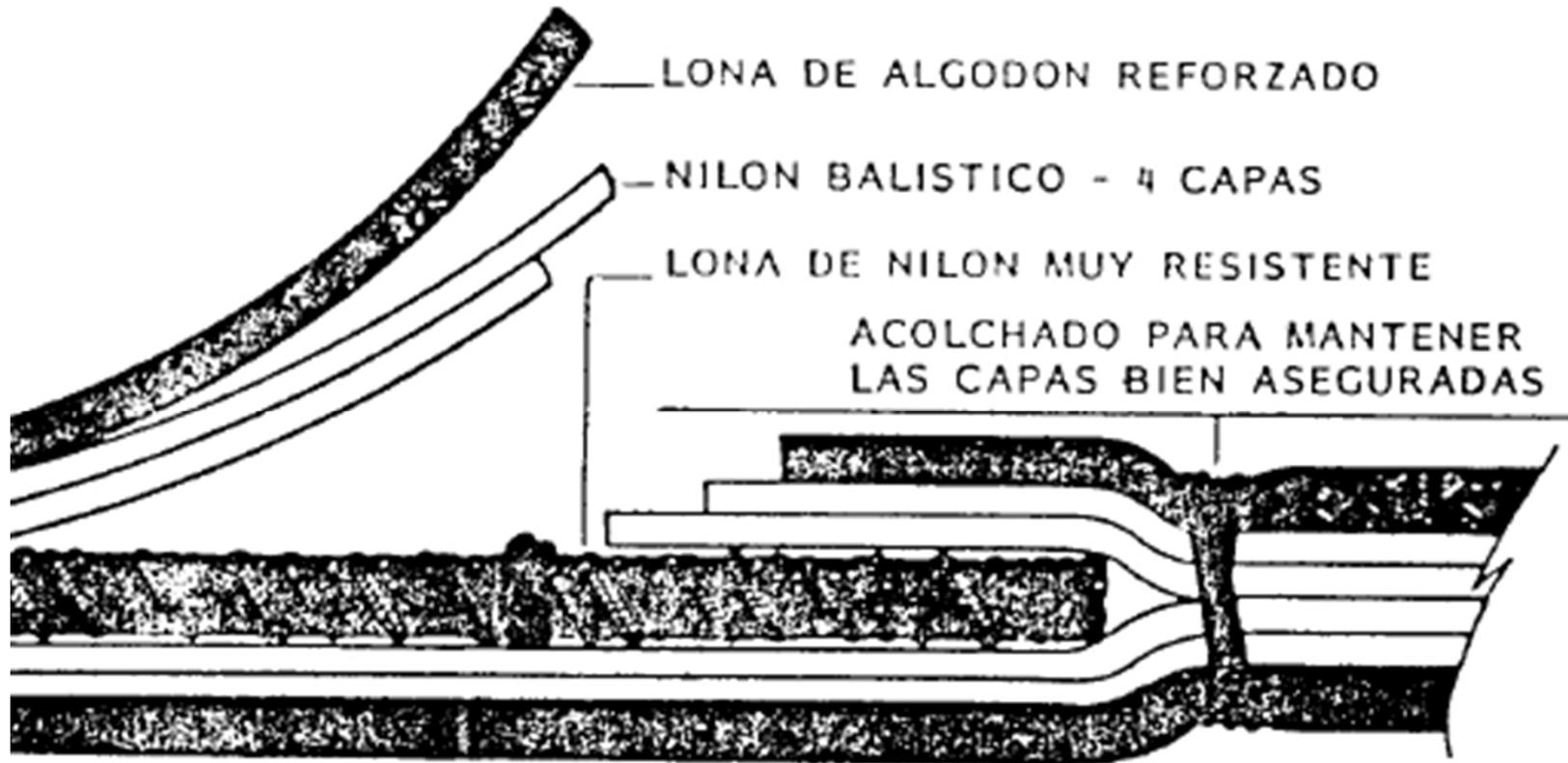
Pantalón con salidas de ventilación en piernas y zona genital



Motosierrista usando perneras además de la ropa sin ventilación



Material anticorte



Pernera anticorte que permite usar pantalones con salidas para ventilación

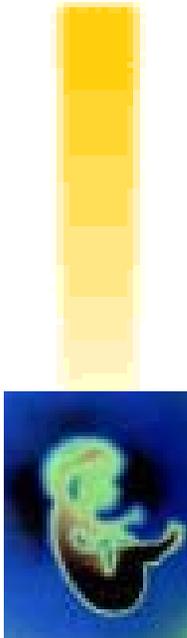




Sudoración e Hidratación

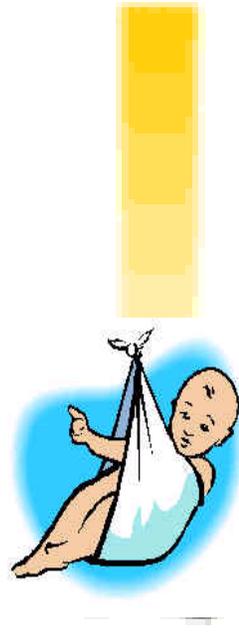
Porcentaje de agua en el cuerpo humano

100%



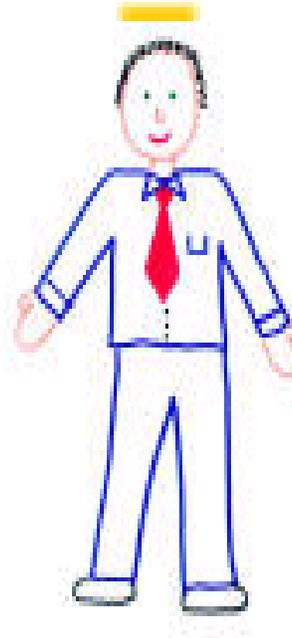
Feto

80%



Al nacer

70%



Adulto

50%



Anciano

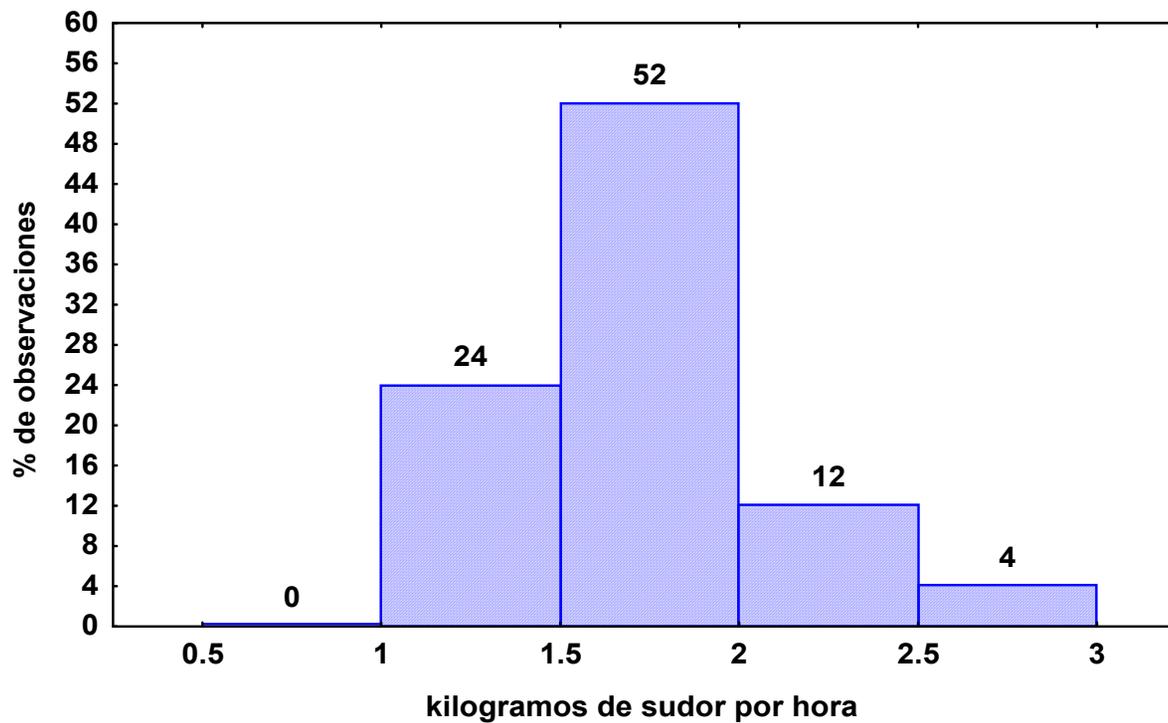
<i>Deshidratación</i>	<i>Síntomas</i>
1%	Sed
2%	Sed fuerte, incomodidad, sensación de opresión, pérdida de apetito
3%	Reducción de la orina, boca seca
4%	Mayor cansancio durante el trabajo, piel roja, impaciencia, somnolencia, apatía, náuseas, inestabilidad emocional
5%	Dificultad para concentrarse
6%	Aumento del pulso y la frecuencia respiratoria
8%	Mareos, dificultad para respirar y para hablar, sensación de debilidad, confusión mental
10%	Espasmos musculares, Incapacidad para mantener el equilibrio con los ojos cerrados, incapacidad general, delirio, lengua hinchada
11%	Insuficiencia circulatoria, disminución del volumen de sangre y falla de la función renal
15%	Muerte

Estudios de sudoración en Chile

- Fundición de Cobre
- Cucharero 234 g/hora
- Hornero 240 g/hora
- Ayudante hornero 432 g/hora
- Albañil 739 g/hora
- Albañil II 773 g/hora

Sudoración de combatientes de incendios

	Promedio	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar
Sudor (kg./hora)	1.7	1.0	3.0	0.44



LA IMPORTANCIA DE LA HIDRATACION

- COMBATIENTES INCENDIOS: ENSAYOS DE HIDRATACION
- Sin beber agua 1390 g/hora
- bebida deportiva 1670 g/hora
- bebiendo agua 1650 g/hora

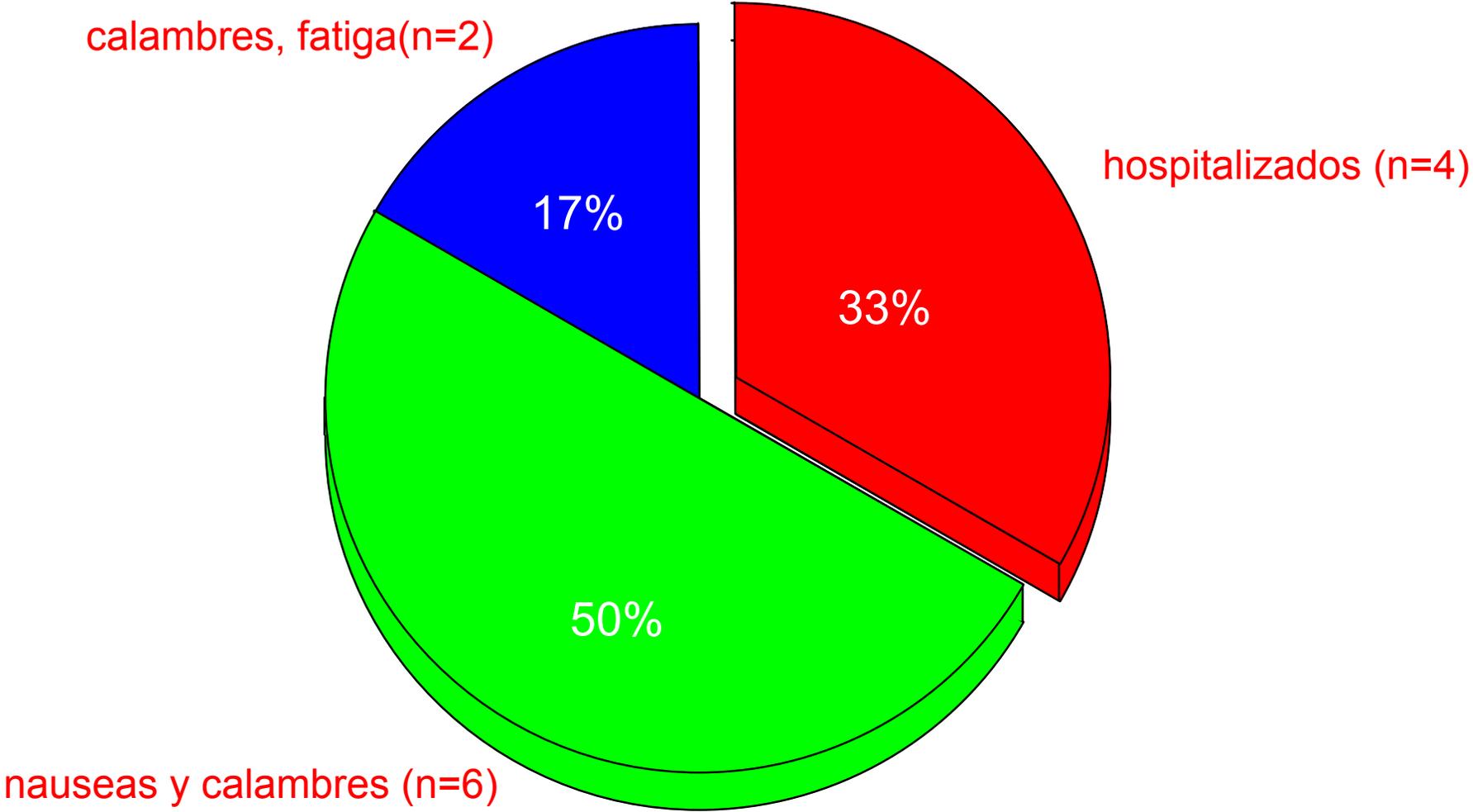
Hidratación

- Sudoraciones muy altas pueden llevar a la deshidratación si no repone el líquido perdido por esta vía.
- Se ha demostrado que una pérdida de sudor de 1 litro produce un aumento de alrededor de 8 latidos por minuto.

Hidratación

- Al no reemplazar el líquido se pone una carga indebida en el corazón que resulta en un deterioro del sistema de enfriamiento del cuerpo que es la circulación sanguínea.
- El resultado es un aumento de la temperatura interna, una disminución del rendimiento y riesgos de presentar síntomas severos.

Consecuencias para un cuadrilla que trabajo 12 horas expuesta a calor con escasez de agua y alimentos



¿COMO
HIDRATARSE?



Sed

- Es el deseo consciente de agua
- En la exposición a calor no se debe esperar a tener sed, ya que el deseo de beber agua puede ocurrir cuando la persona ya ha comenzado a deshidratarse

Exposición de 1 hora o menos

- Es suficiente con beber sólo agua
- Es recomendable que la persona antes de exponerse beba un vaso de agua (200cc). El agua demora 20 a 30 minutos en distribuirse en el organismo.
- Si la sudoración es alta se debe beber agua cada 15 minutos

Exposiciones prolongadas

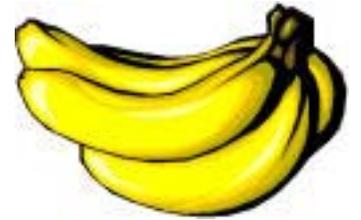
- Los trabajadores deben reponer energía y en algunos casos también electrólitos
- No es recomendable agregar sal al agua ni dar tabletas de sal a los trabajadores.
- Tampoco es conveniente dar bebidas con grandes cantidades de hidratos de carbono

Exposiciones prolongadas

- Es conveniente que las bebidas tengan carbohidratos pero en concentraciones no superiores al 8%
- Las bebidas deportivas tienen usualmente alrededor de 6%, lo que equivale 240 kcal/litro
- Concentraciones mayores retardan el vaciamiento del estómago



Electrolitos: Potasio



- Cuando el potasio disminuye se produce debilidad muscular, fatiga, mareos y confusión mental.
- Este elemento, se encuentra presente en lo vegetales de hoja verde, frutas y papas. Se sugiere una ingestión diaria de 2 a 3,5 gramos

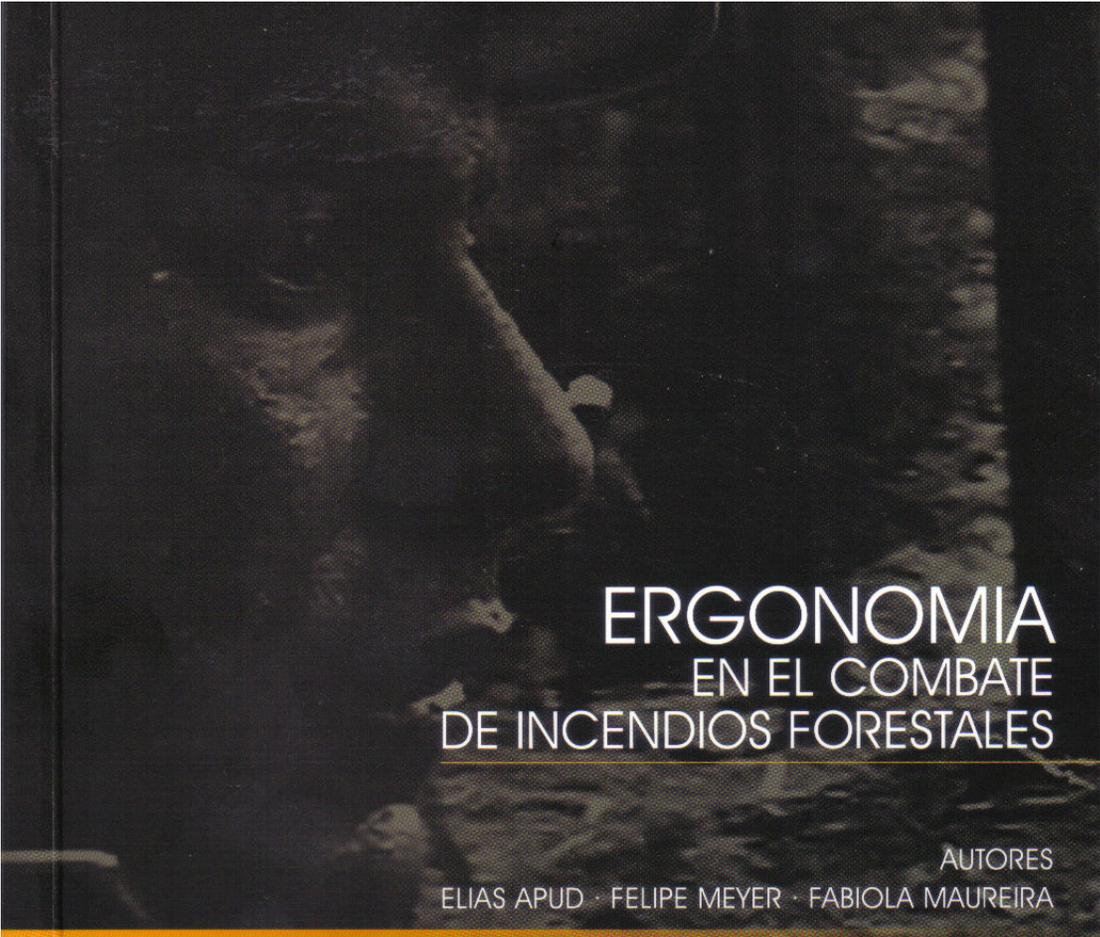


Electrolitos: Sodio

- Aunque los términos "sal" y "sodio" se usan indistintamente, no significan lo mismo.
- La sal es sólo una de las numerosas fuentes de sodio y está compuesta de sodio y cloruro, mientras que el sodio se encuentra también en otros productos, como el bicarbonato de sodio y la levadura en polvo.
- En cuanto a la cantidad de sodio que debe estar presente en la dieta, se recomienda un consumo diario de alrededor de 2,4 gramos

Aporte de sodio y potasio de algunos alimentos de consumo habitual.

	Porción	Sodio Mg	Potasio Mg
Pan marraqueta o hallulla	50	290	45
Galletas de agua	8 unidades	268	154
Apio	70 gramos	61	201
Queso mantecoso	20 gramos	163	24
Palta	40 gramos	4	240
Plátano	60 gramos	0.6	395
Carne vacuno	50 gramos	31	197
Mortadela	3 tajadas	596	135
Atún en aceite	50 gramos	313	106
Carne pollo cocido	50 gramos	35	90
Poroto cocido	50 gramos	12	438
Margarina	24 gramos	259	9
Tocino	1 tajada 1/2	479	146
Bliss sport	250 cc	140	233
Agua mineral	250 cc	6.0	1.0
Cerveza	1 lata	15	75
Vino	1 vaso	9	202



ERGONOMIA EN EL COMBATE DE INCENDIOS FORESTALES

AUTORES
ELIAS APUD · FELIPE MEYER · FABIOLA MAUREIRA



2002

Quito Ecuador, 2012



A MANUEL MONTOYA(43) y a ISAÍAS HUENUÁN (28), los dos chilenos que murieron combatiendo los devastadores incendios forestales en Portugal, los habían elegido por su vasta experiencia en el combate de estos siniestros.

Año 2003



Como héroes murieron 4 brigadistas

Dos de ellos lograron salvar a varios compañeros antes de morir abrazados por las llamas, Guarilhue, 3 de Marzo de **2003**

Chile: Incendio en Carahue deja 7 brigadistas muertos
VERANO 2012



Cinco brigadistas chilenos murieron en incendio forestal en Portugal
Julio 9, 2006

**Incendios Forestales
Control eficiente del fuego**

Trabajadores

**Aptitudes y Necesidades
Físicas y Psicológicas**

Tecnología

**Herramientas
Máquinas
Organización del trabajo**

Trabajo

**Combustible
Clima, Terreno
Carga física**

Algunas preguntas que es necesario responder desde el punto de vista de la Ergonomía



1. ¿Cuáles son las aptitudes específicas que deben tener las personas que se integran a cada tarea en los sistemas de control del fuego?
2. ¿Qué organización deben tener los campamentos y que actividades físicas y recreativas deben realizarse durante los períodos que los brigadistas permanecen en ellos para que mantengan una buena salud física y mental, que les permita enfrentarse a su trabajo en forma eficiente y segura?
3. ¿Son las herramientas, vestuario, implementos de seguridad y accesorios los más adecuados desde un punto de vista ergonómico?
4. ¿Qué pausas requieren los brigadistas cuando combaten el fuego?
5. ¿Cuánto tiempo puede permanecer una persona trabajando bajo las adversas condiciones de un incendio forestal?
6. ¿Qué número de trabajadores deben integrar las cuadrillas?
7. ¿Qué relevos se necesitan para combatir el fuego en el menor tiempo posible sin riesgos para la salud y seguridad de los combatientes?
8. ¿Qué cantidad de energía y nutrientes deben tener las raciones de combate?

**Límites de sobrecarga
fisiológica por trabajo
físico**

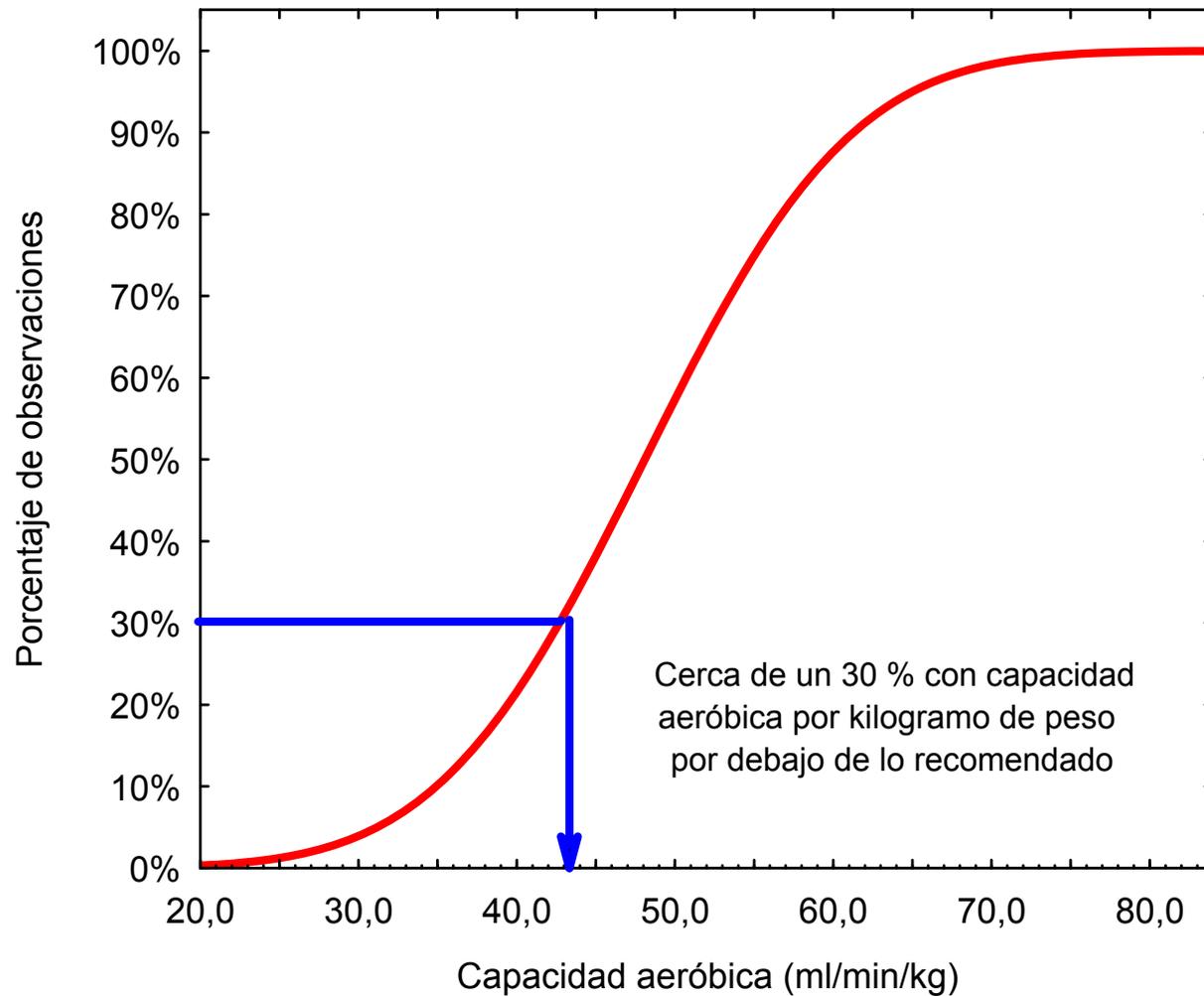


INTENSIDAD DEL ESFUERZO

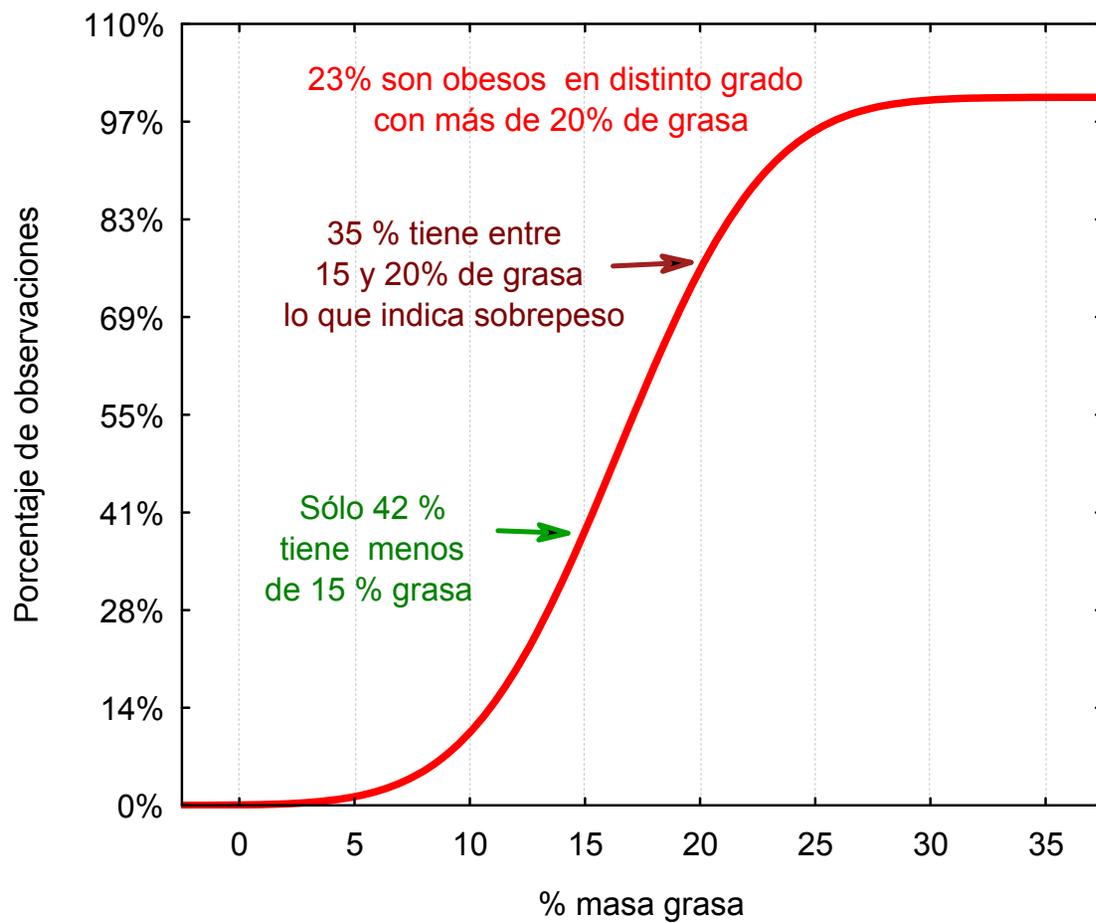
**GASTO DE ENERGIA
CARGA FISICA**

APTITUD FISICA

Se justifica la selección física de brigadistas?

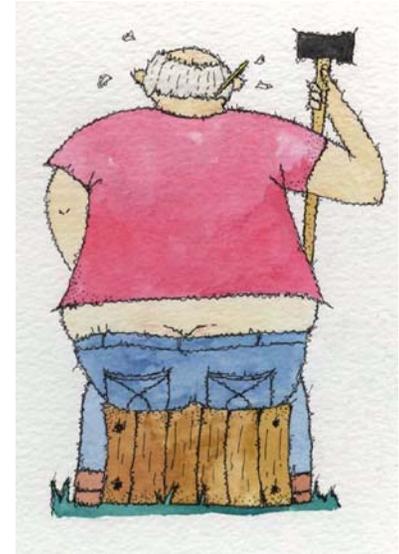


Distribución del porcentaje de masa grasa de los brigadistas forestales



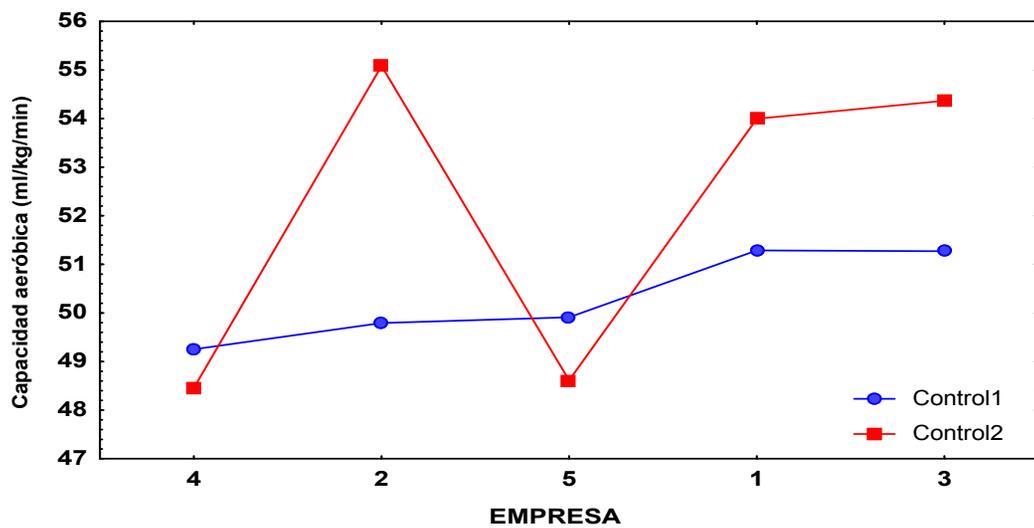
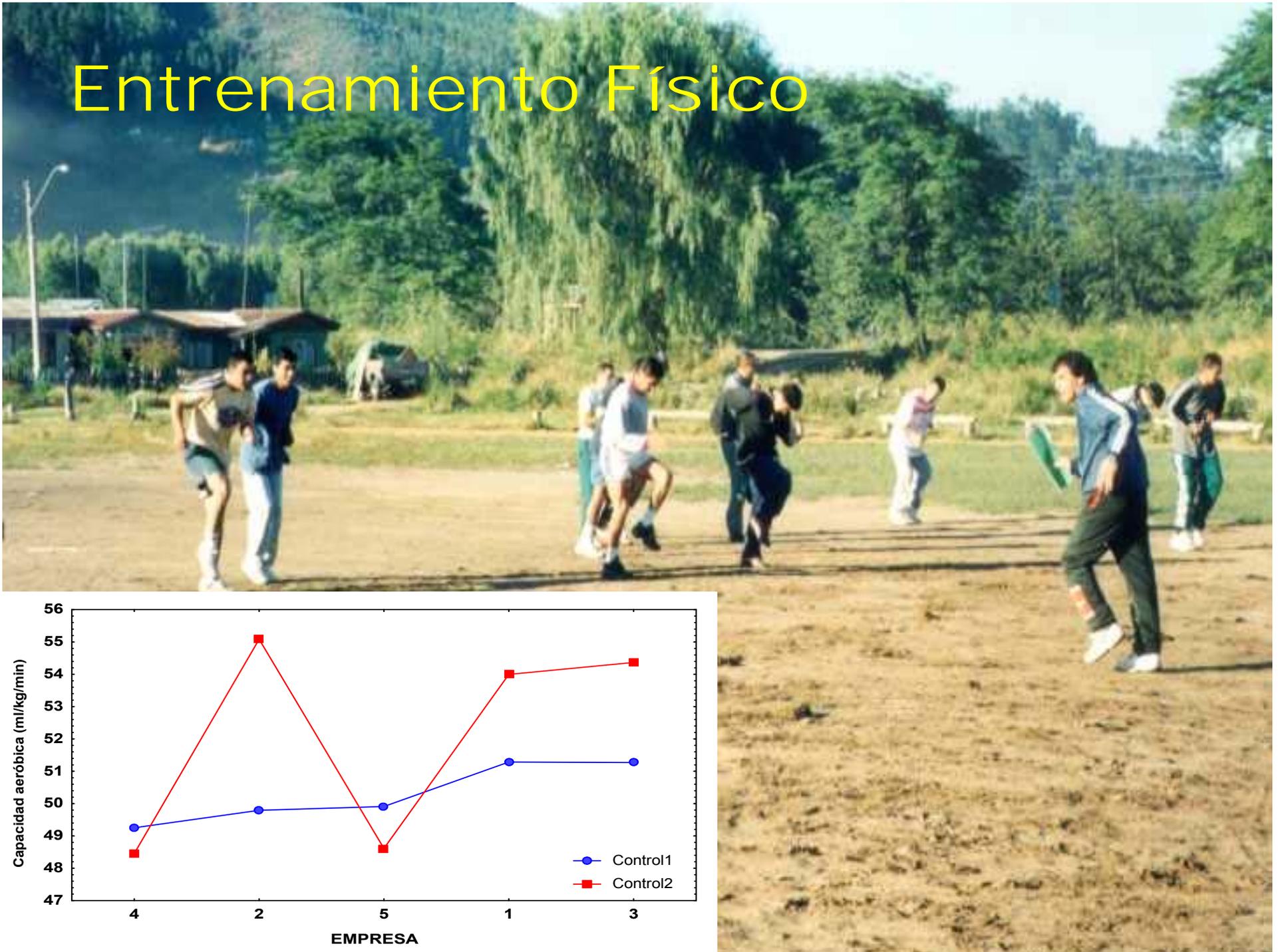
Sobre la base de antecedentes objetivos, los mínimos requisitos para brigadistas jóvenes, que recién ingresan, son los siguientes:

- Capacidad aeróbica superior a 3.0 litros de oxígeno por minuto
 - Capacidad aeróbica superior a 43.5 ml/minuto/kilogramo de peso
- Masa grasa no superior a 15%

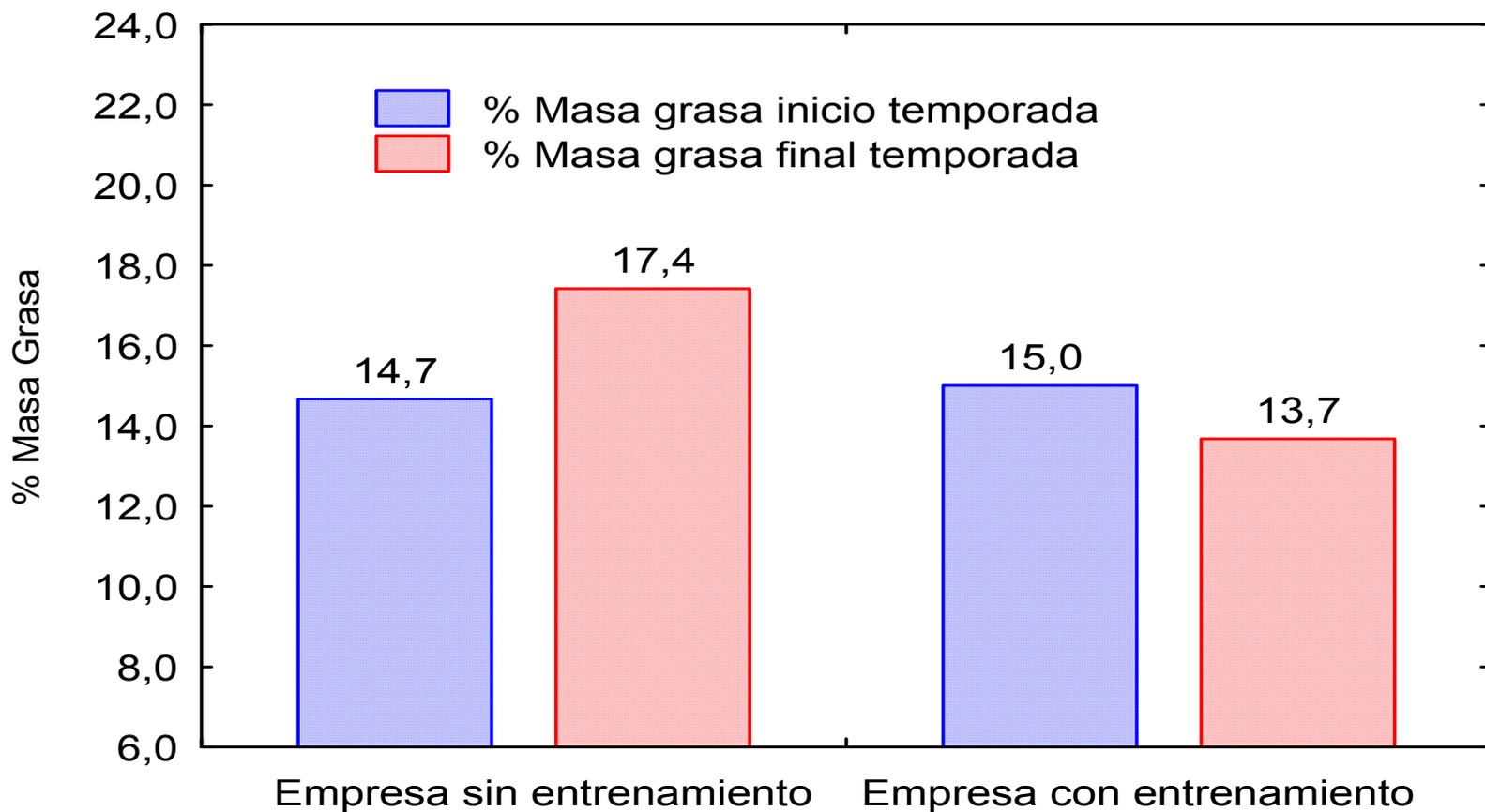


Estos índices no deben considerarse en forma aislada y se debe tener claro que son modificables con entrenamiento y dentro de ciertos márgenes con alimentación adecuada

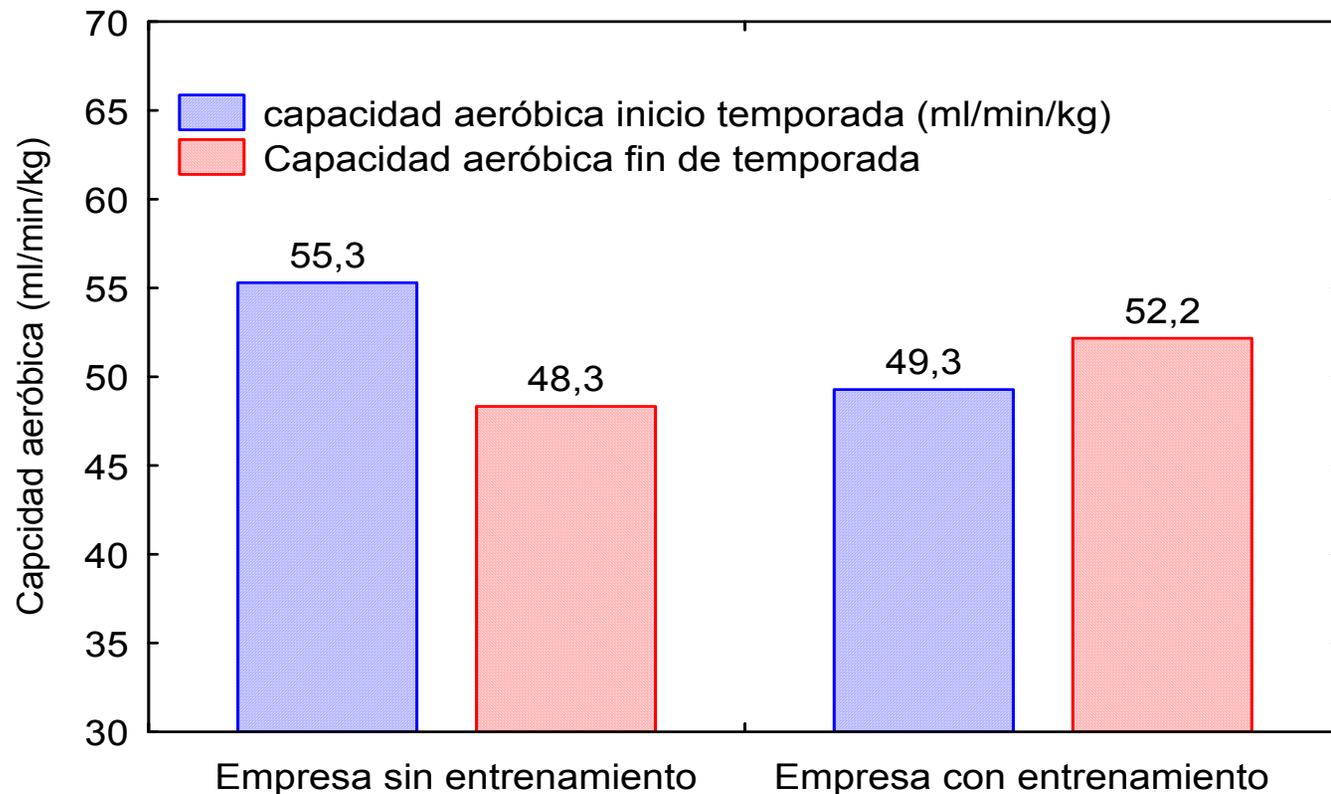
Entrenamiento Físico



% de masa grasa a comienzos y fines de temporada en brigadistas de dos empresas forestales que hacían selección de personal, pero sólo una de ellas tenía programas de entrenamiento físico controlados.



Capacidad aeróbica, expresada en mililitros de oxígeno por kilogramo de peso corporal a comienzos y fines de temporada, en brigadistas de dos empresas forestales, que hacían selección de personal, pero sólo una de ellas tenía programas de entrenamiento físico controlados.



Una vez que los brigadistas han sido seleccionados y que participan de programas de actividad física bien diseñados, la Ergonomía contribuye a la búsqueda de herramientas, vestuario, implementos de seguridad y accesorios adecuados desde un punto de vista ergonómico?



VEAMOS ALGUNOS EJEMPLOS

Vestuario

La misión de la vestimenta para incendios no es sólo proteger a los brigadistas del calor externo, sino que **debe permitir que el calor que producen pueda salir al exterior**, ya que esa acción es la que reduce la sobrecarga térmica"



Problemas que genera el no poder eliminar el calor que producimos

Aumento de la sudoración



Aumento de la temperatura interna



El trabajador puede sufrir síntomas severos que le podrían ocasionar la muerte

Resultados ensayo para detectar sudor retenido en la ropa

Ensayo construcción líneas 1 hora duración* (kg)	Peso
Peso con ropa combate antes (kg)	80.4
Peso con ropa combate después (kg)	79.4
Líquido ingerido durante ensayo (kg)	0.68
Líquido eliminado (kg)	1.68
% evaporado	59.6
% retenido en la ropa	40.4

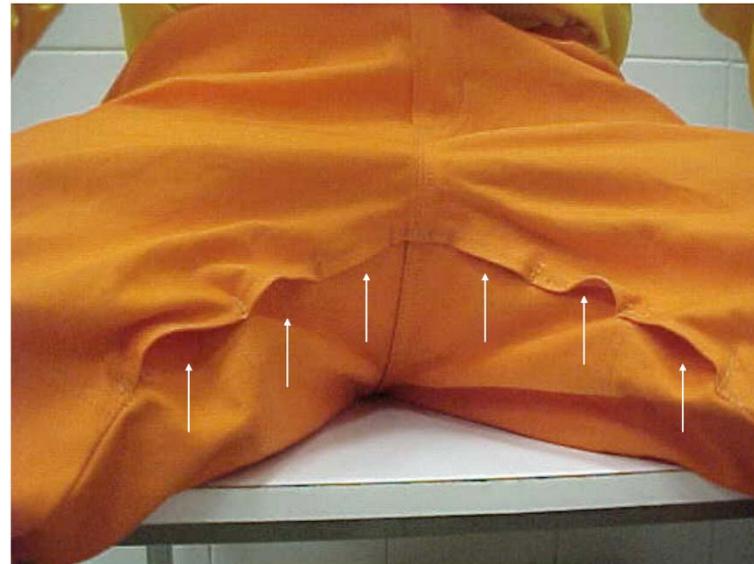
* ensayo 4 períodos de trabajo de 15 minutos con 3 minutos de descanso después de cada uno

- 1 litro de sudor evaporado disipa alrededor de 580 Kcal.
- El gasto de energía de un brigadista podría alcanzar en promedio 600 Kcal/hora.
- Si el 40% del sudor queda retenido en la ropa. Se necesita producir 1.68 kg de sudor por hora ya que sólo evaporan aproximadamente 1 Kg., equivalente a 600 Kcal por hora.

En los casos extremos, con temperaturas del aire muy altas, en que no haya otra forma de eliminar el calor, la barrera del vestuario puede tornarse crítica y producirse un aumento de la temperatura interna de estas personas, que los puede llevar al golpe de calor.



Vestuario con salidas de ventilación



Pernera anticorte tradicional y modelo propuesto que deja la parte posterior de la pierna descubierta. Esto permite que la ventilación del pantalón sea efectiva



Un ejemplo simple: Bolsa y cantimplora en que transportan el agua los brigadistas.



Cantimplora forrada en papel aluminio para los ensayos de temperatura del agua.



Resultados de las pruebas para reducir la temperatura del agua en las cantimploras. Ensayo 1 envase original y Ensayo 2 cantimplora forrada con papel de aluminio.

	ENSAYO 1	ENSAYO 2
Temperatura de globo al inicio	39	39
Temperatura de globo al término	52	52
Temperatura del agua al inicio	12	13
Temperatura del agua a la media hora	21	15
Diferencia de temperatura a la media hora	9	2
Temperatura del agua después de una hora	28	16
Diferencia de temperatura en la 2° media hora	7	1

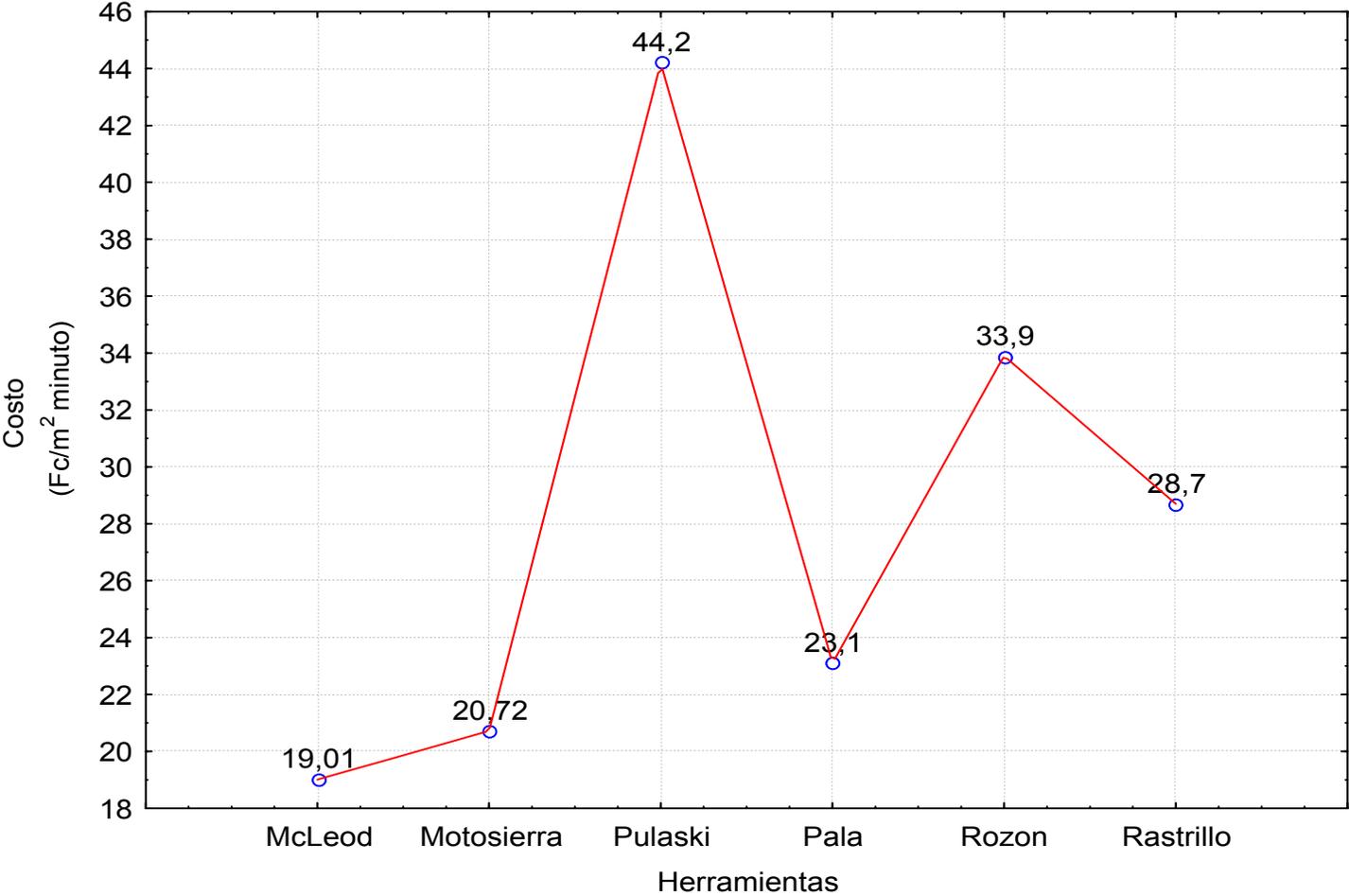
Prototipo de bolsa para mantener el agua fresca, diseñada durante la ejecución del proyecto que se está fabricando comercialmente.



Rendimiento y respuesta fisiológica trabajando con herramientas de incendios forestales.



Sobrecarga relativa. Incremento de la frecuencia cardiaca por metro cuadrado de línea con distintas herramientas



Cumplidas las etapas anteriores la Ergonomía contribuye a la organización del trabajo ayudando a responder las siguientes preguntas

¿Qué pausas requieren los brigadistas cuando combaten el fuego?

¿Cuánto tiempo puede permanecer una persona trabajando bajo las adversas condiciones de un incendio forestal?

¿Qué número de trabajadores deben integrar las cuadrillas?

¿Qué relevos se necesitan para combatir el fuego en el menor tiempo posible sin riesgos para la salud y seguridad de los combatientes?

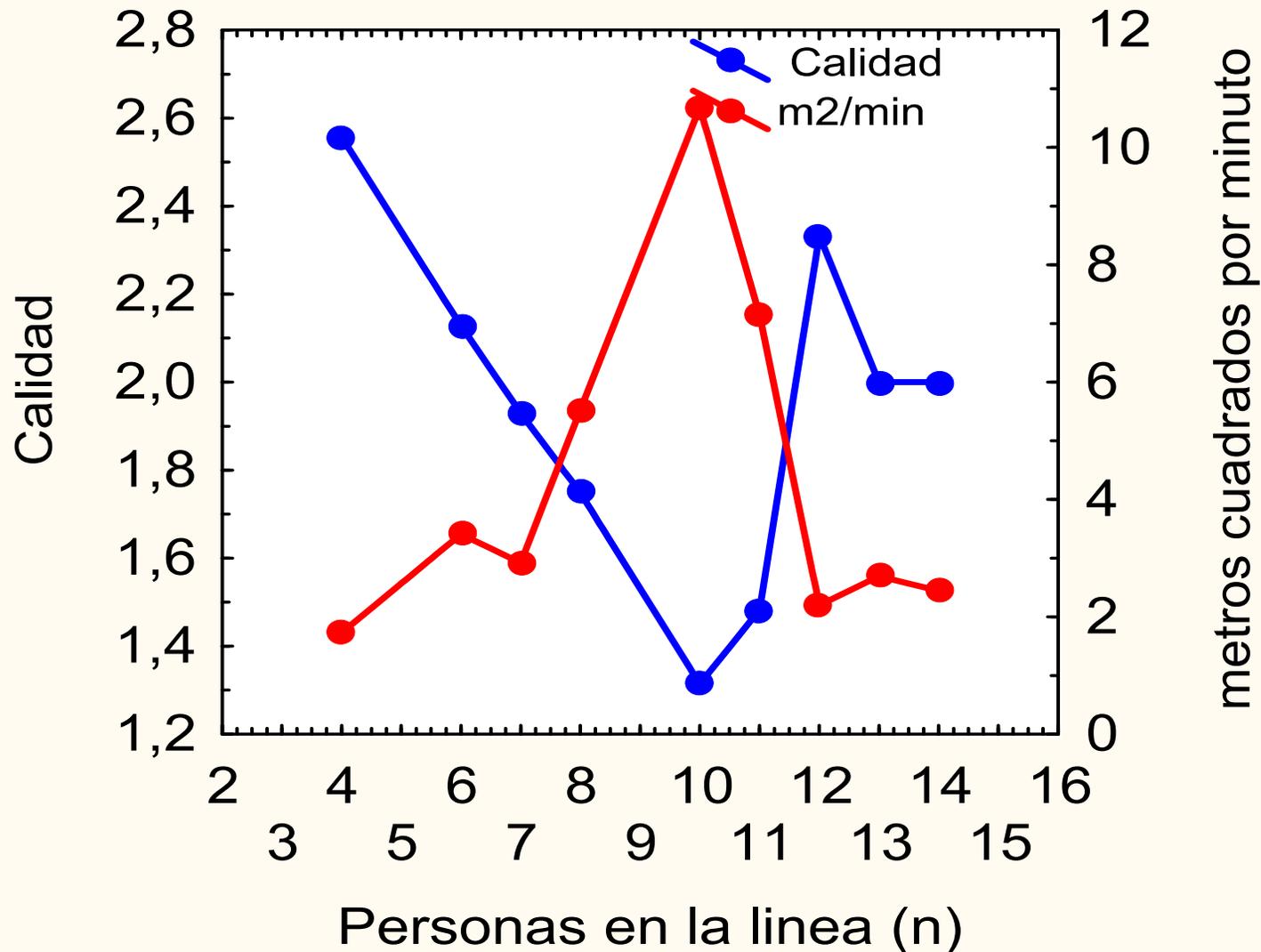
Calidad, rendimiento y número de
trabajadores en la línea en incendios reales



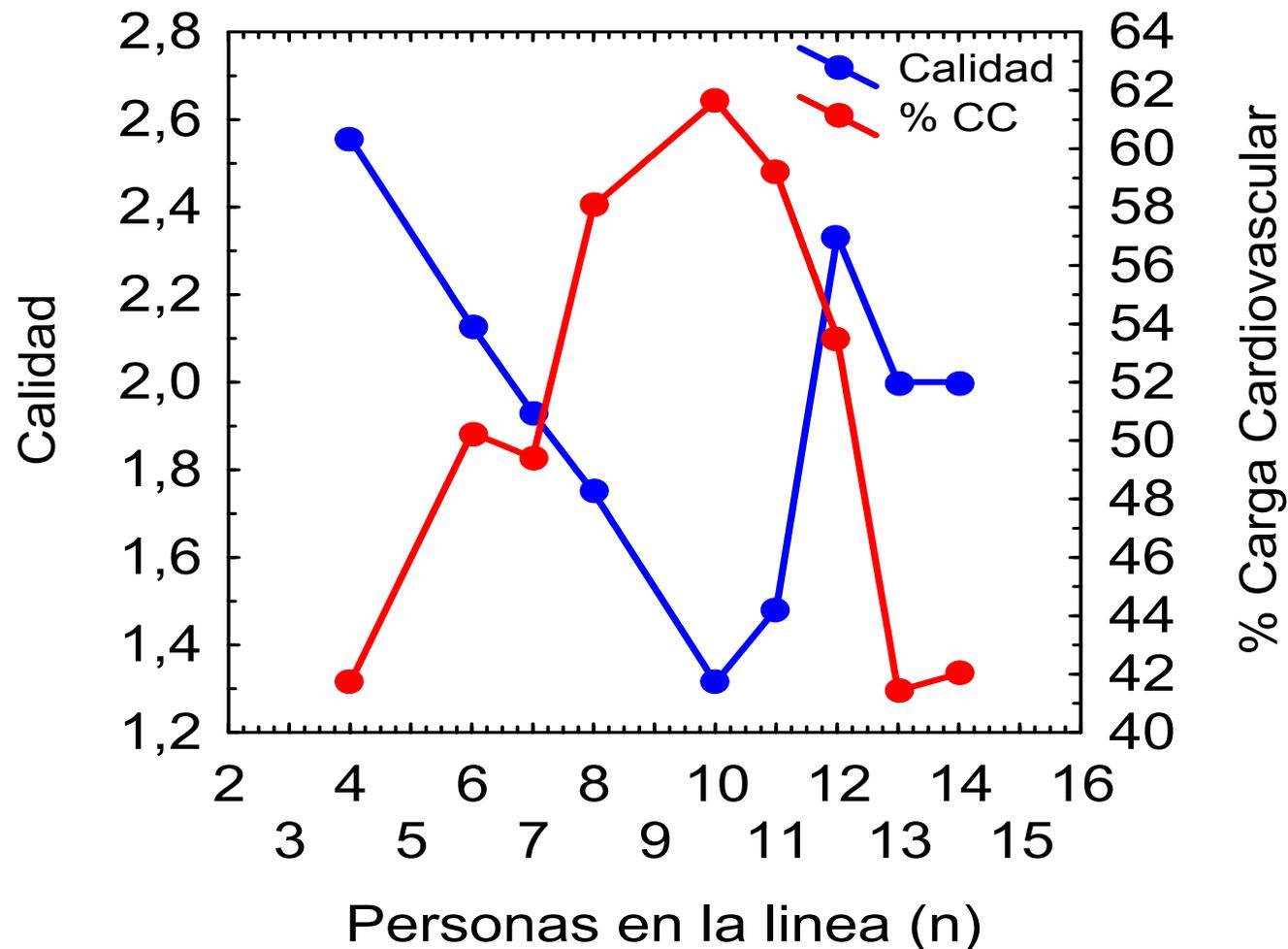
Calidad durante los ensayos de construcción de líneas

Calidad	Porcentaje	Explicación
1	100	100% del suelo mineral expuesto
1.1 a 2	99-85	Entre un 99% y un 85% del suelo mineral expuesto
2.1 a 3	84-70	Entre un 84% y un 70% del suelo mineral expuesto
3.1 a 4	69-55	Entre un 69% y un 55% del suelo mineral expuesto
4.1 a 5	<55	Menos de un 55% del suelo mineral expuesto

Calidad y rendimiento en relación al número de personas en la línea



Calidad y carga cardiovascular en relación al número de personas en la línea



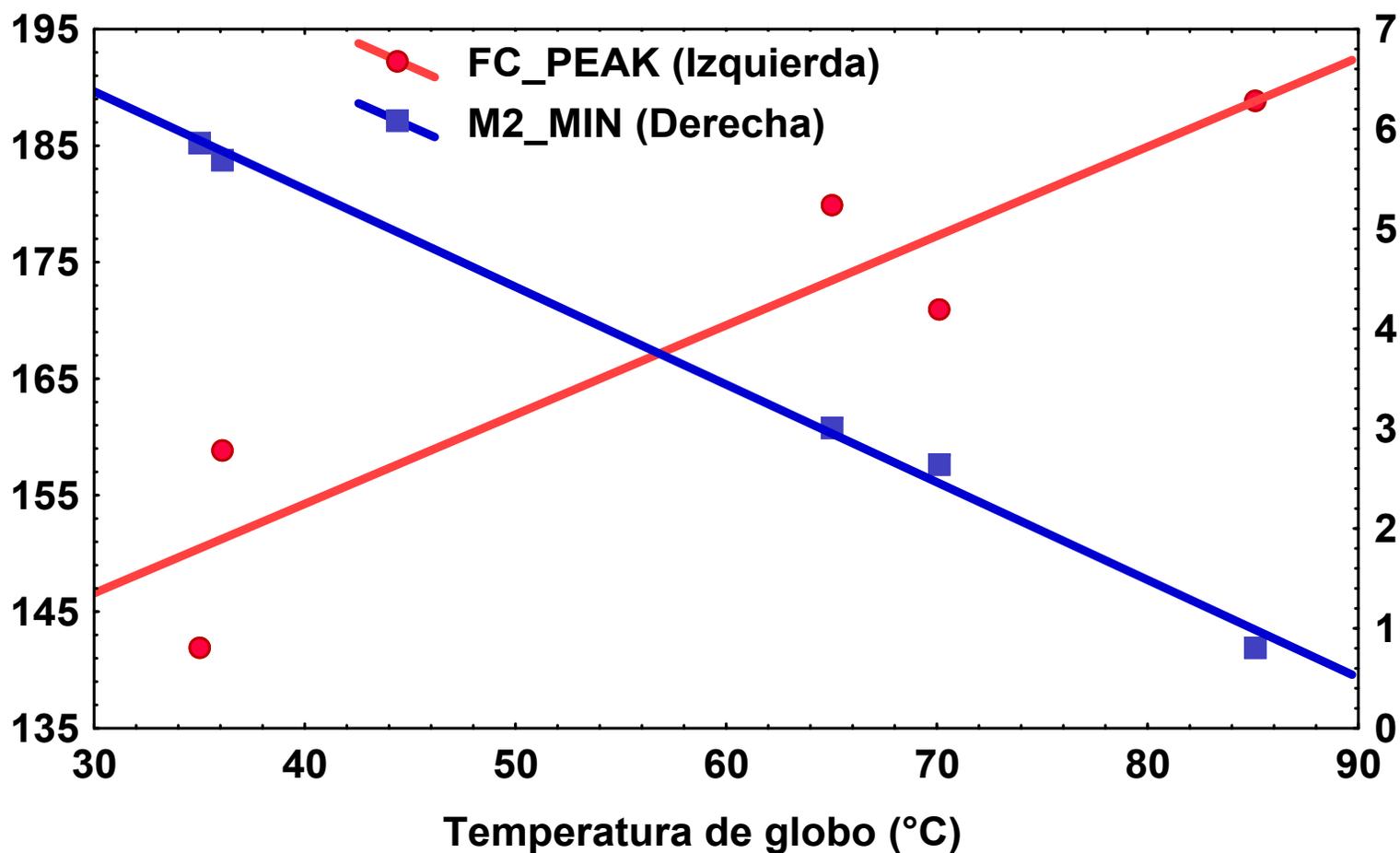
Trabajadores combatiendo el fuego sin respetar las distancias mínimas entre ellos



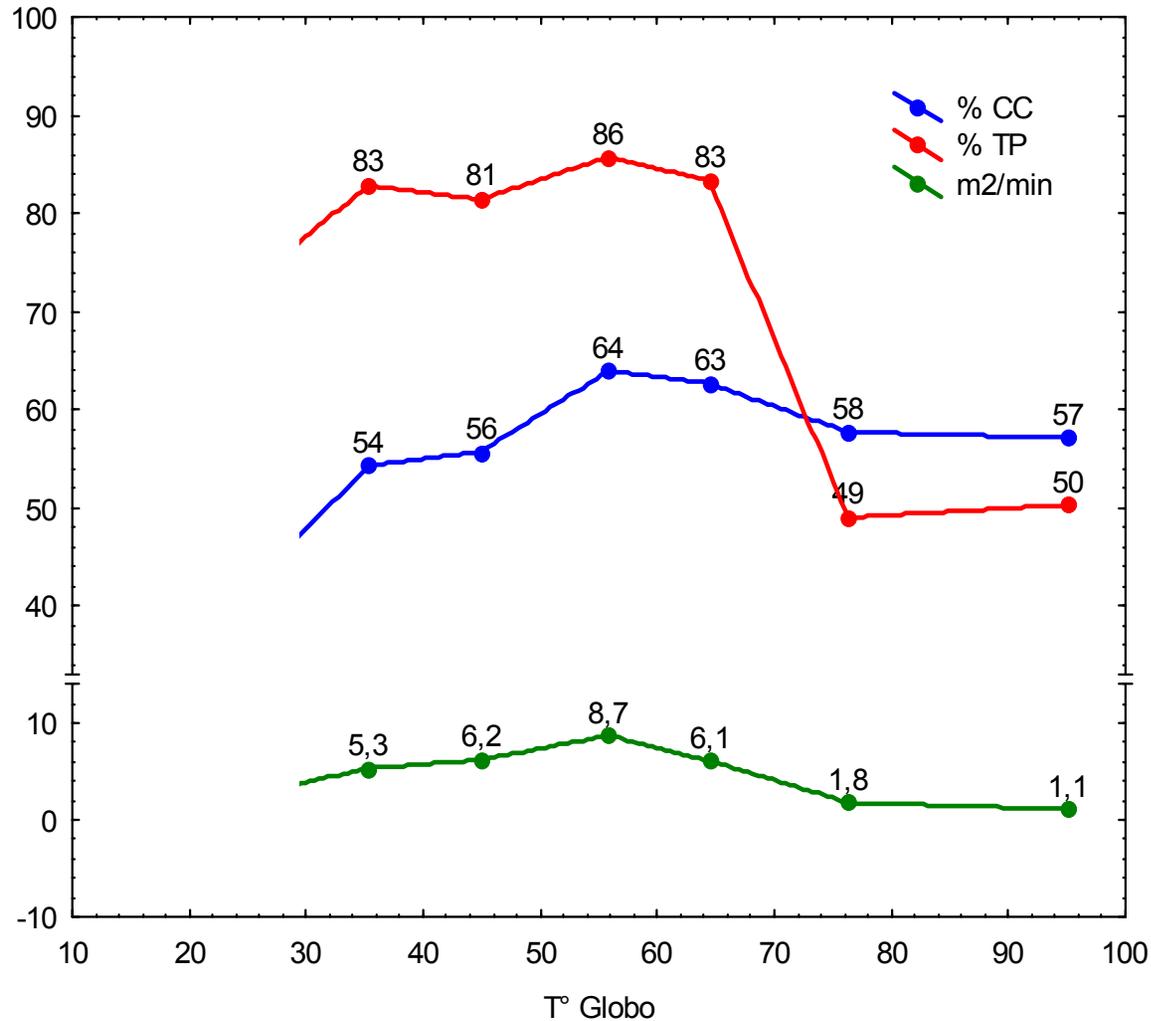
Efectos del calor



Rendimiento y frecuencias cardíacas "peak" en un trabajador evaluado trabajando con Mcleod en 5 incendios en que se registró un amplio rango de radiación calórica



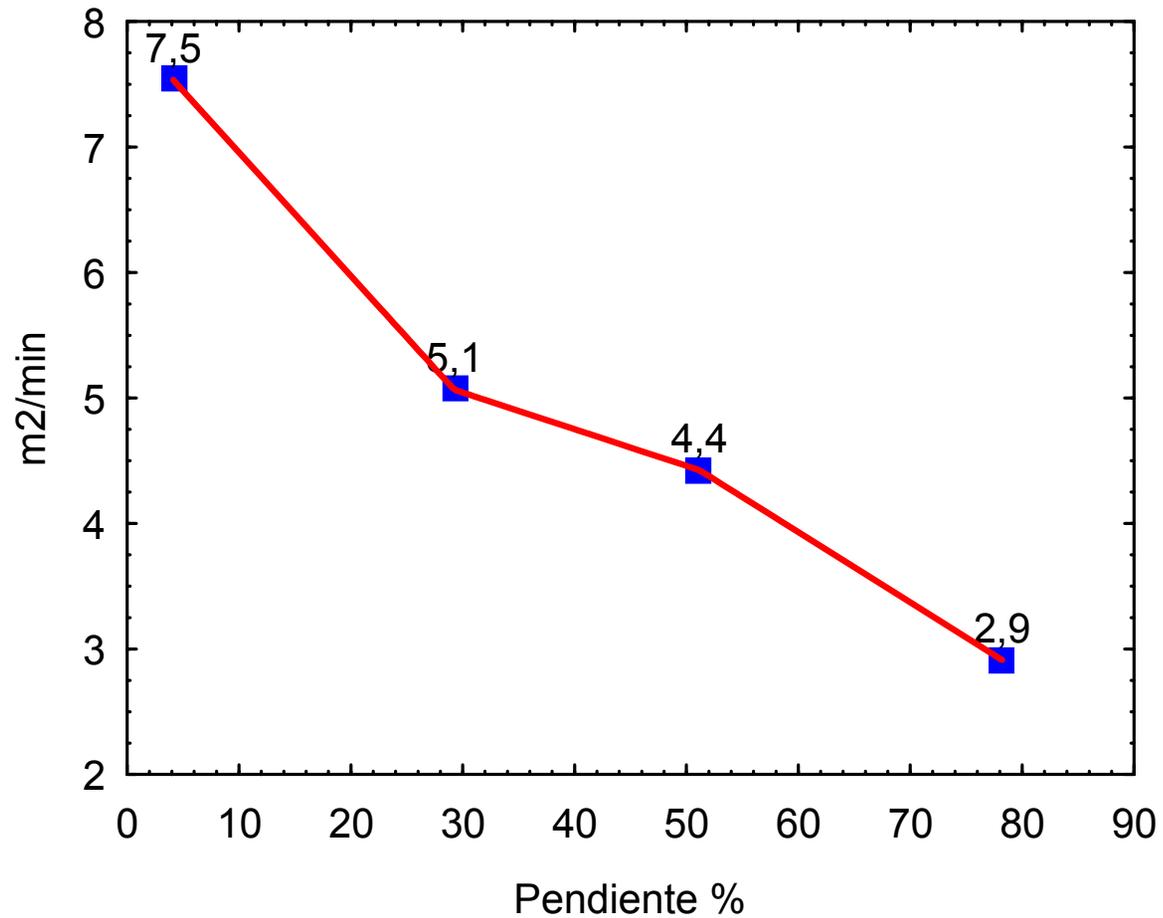
Porcentaje de tiempos principales (% TP), porcentaje de carga cardiovascular (% CC) y metros cuadrados de línea construidos por minuto (m²/min), para distintas condiciones de radiación calórica (temperatura de globo) clasificadas en rangos de 10 ° C.



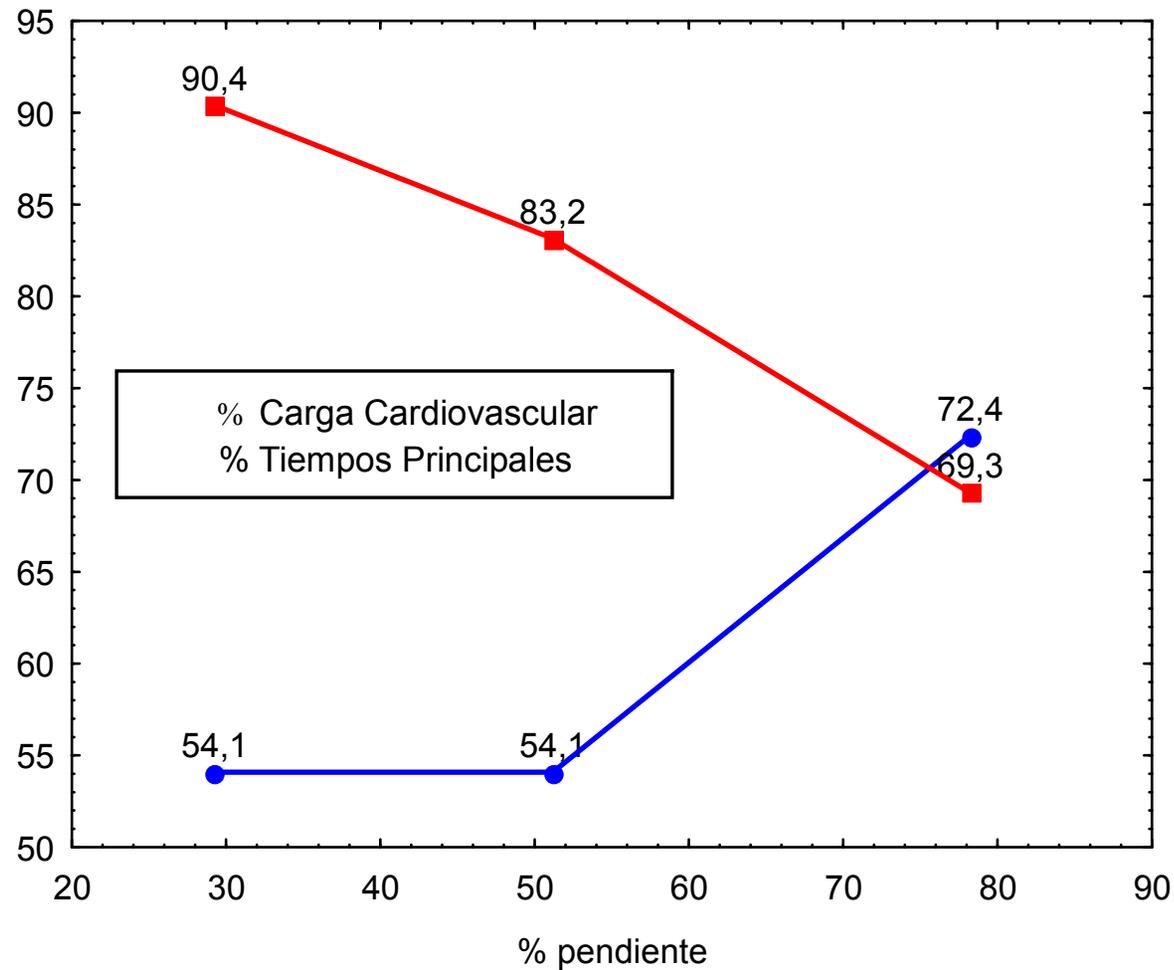
Efectos de la pendiente del terreno



Relación entre rendimiento (m^2/min) y pendiente del terreno



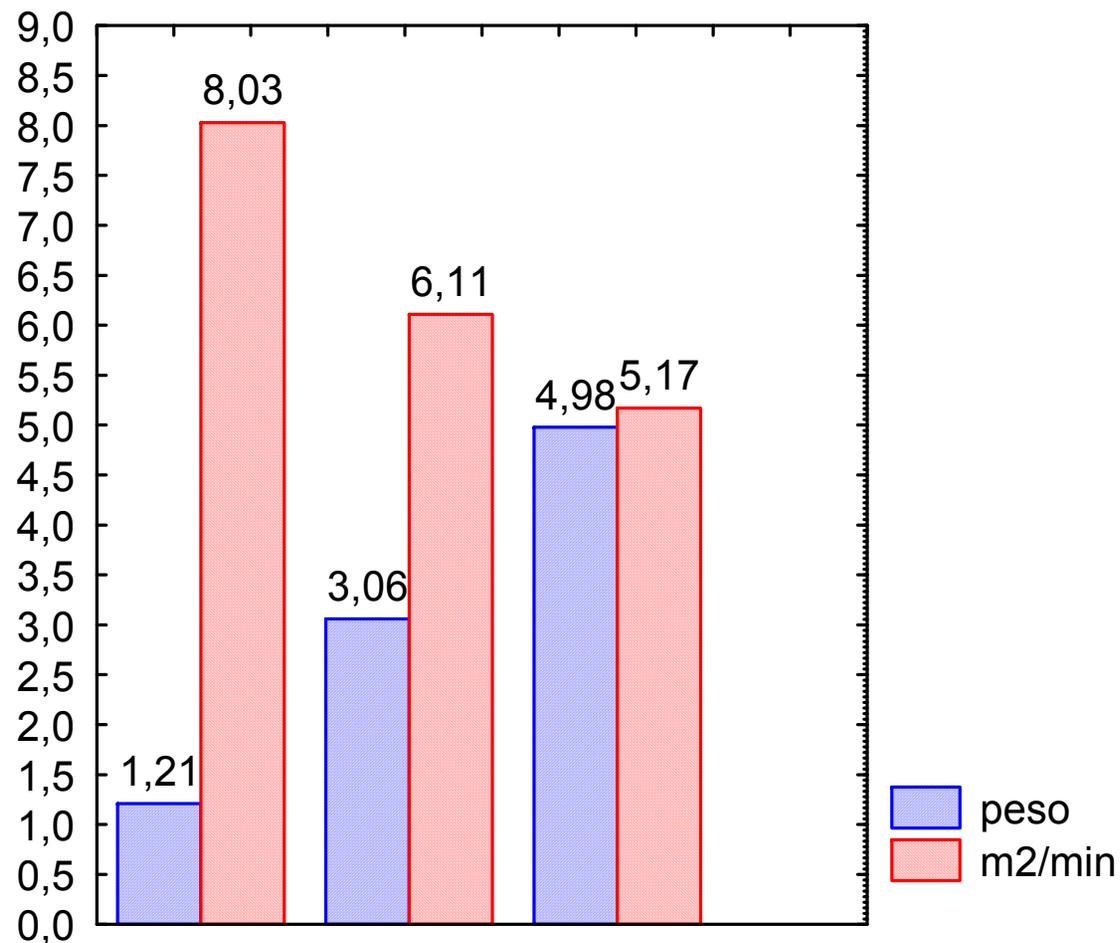
Porcentaje de tiempos principales y porcentaje de carga cardiovascular en brigadistas trabajando con rangos de pendiente entre 20 y 40%, 40 y 60% y sobre 60 %.



Efectos del peso de los combustibles

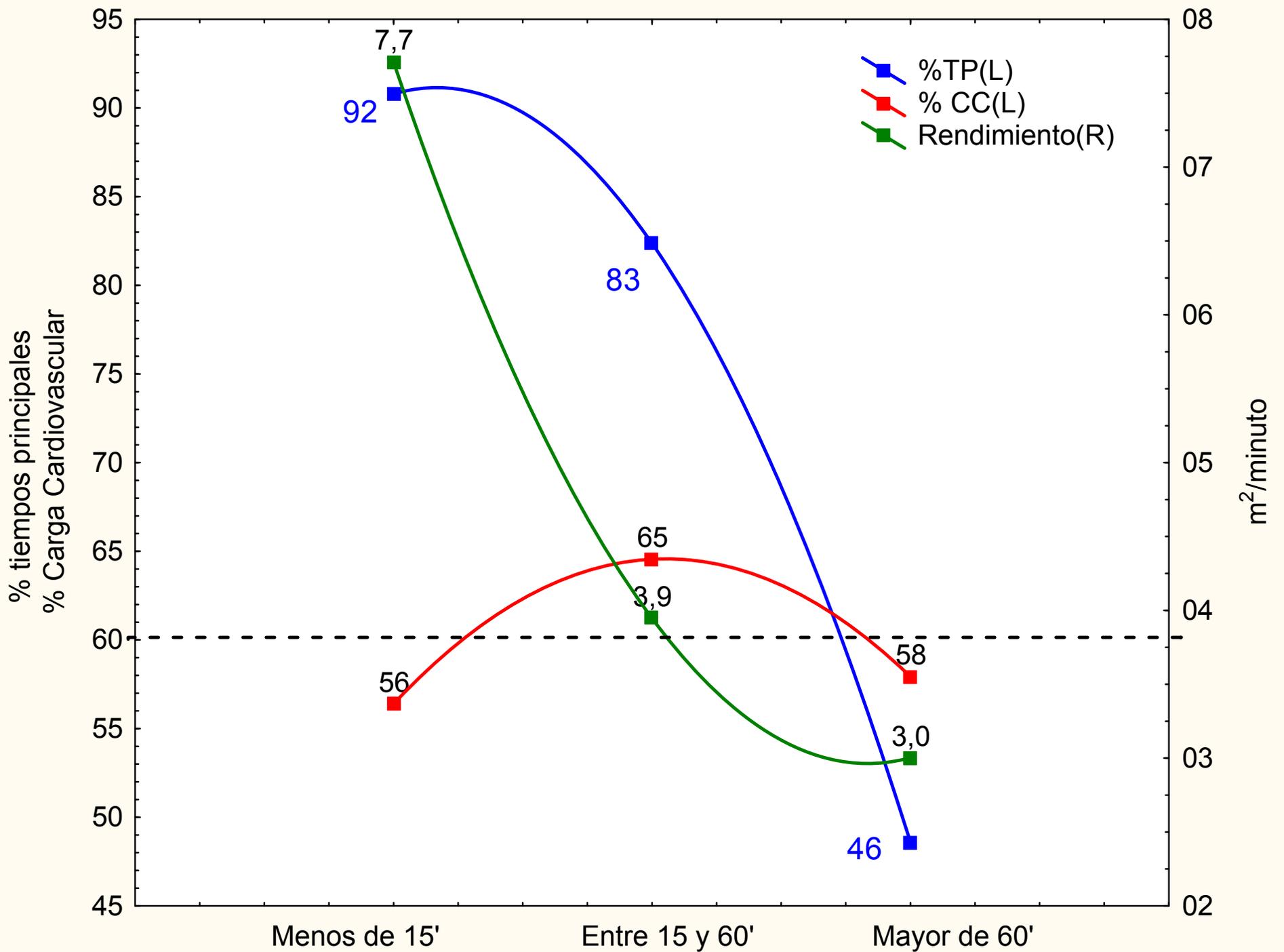


Peso de los combustibles, separados por rangos de menos de 2 kg, entre 2 y 4 kg y sobre 6 kg, y rendimientos observados, expresados en metros cuadrados por minuto.



Efectos de la duración de los incendios





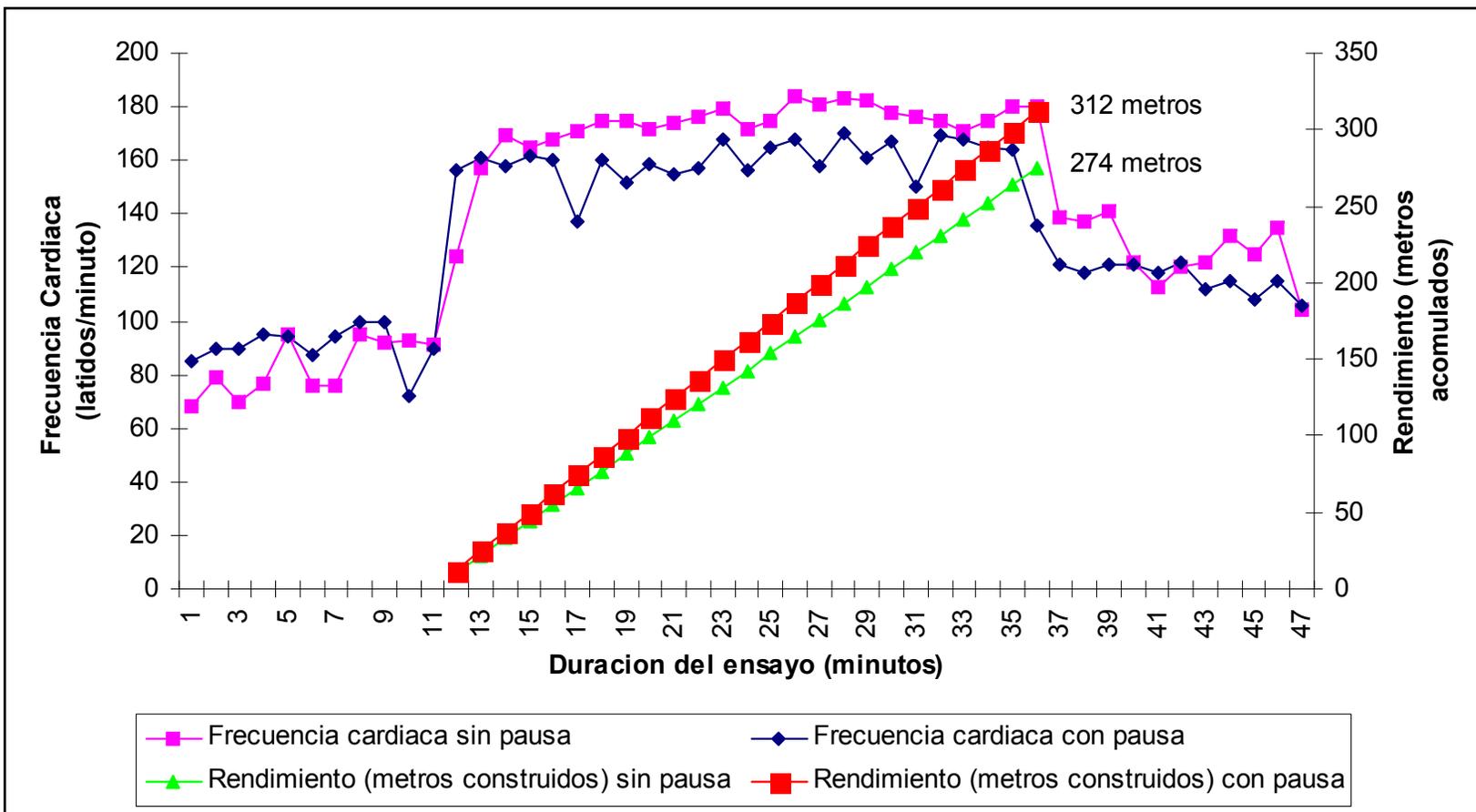


Ensayos de pausas y rotación de funciones

Medidas para disminuir el efecto en la carga de trabajo Esquema de rotacion y pausas dinamicas en brigadas de incendios



Niveles de frecuencia cardiaca y rendimiento para ensayos de 25 minutos, con pausas y sin pausas, para un brigadista durante la temporada 2001-2002



**Alimentación e hidratación
para el combate del fuego.**



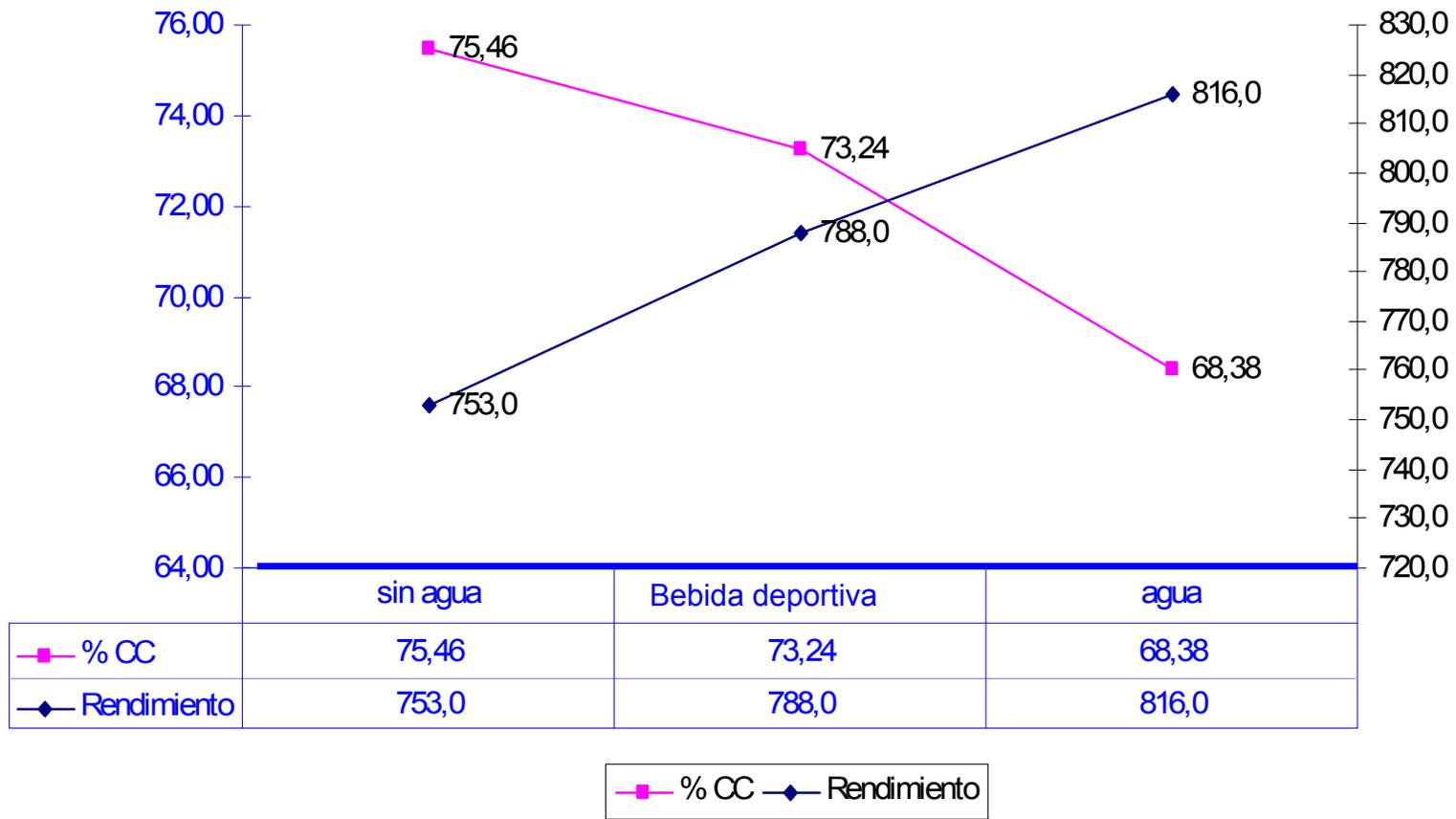
Temperaturas medidas y sudoración durante los ensayos de hidratación y en incendios

	Ensayos hidratación	Incendios
Temperatura de bulbo húmedo (°C)	19,3	17.4
Temperatura de bulbo seco (°C)	26,5	23.0
Temperatura de globo (°C)	28,4	44,7

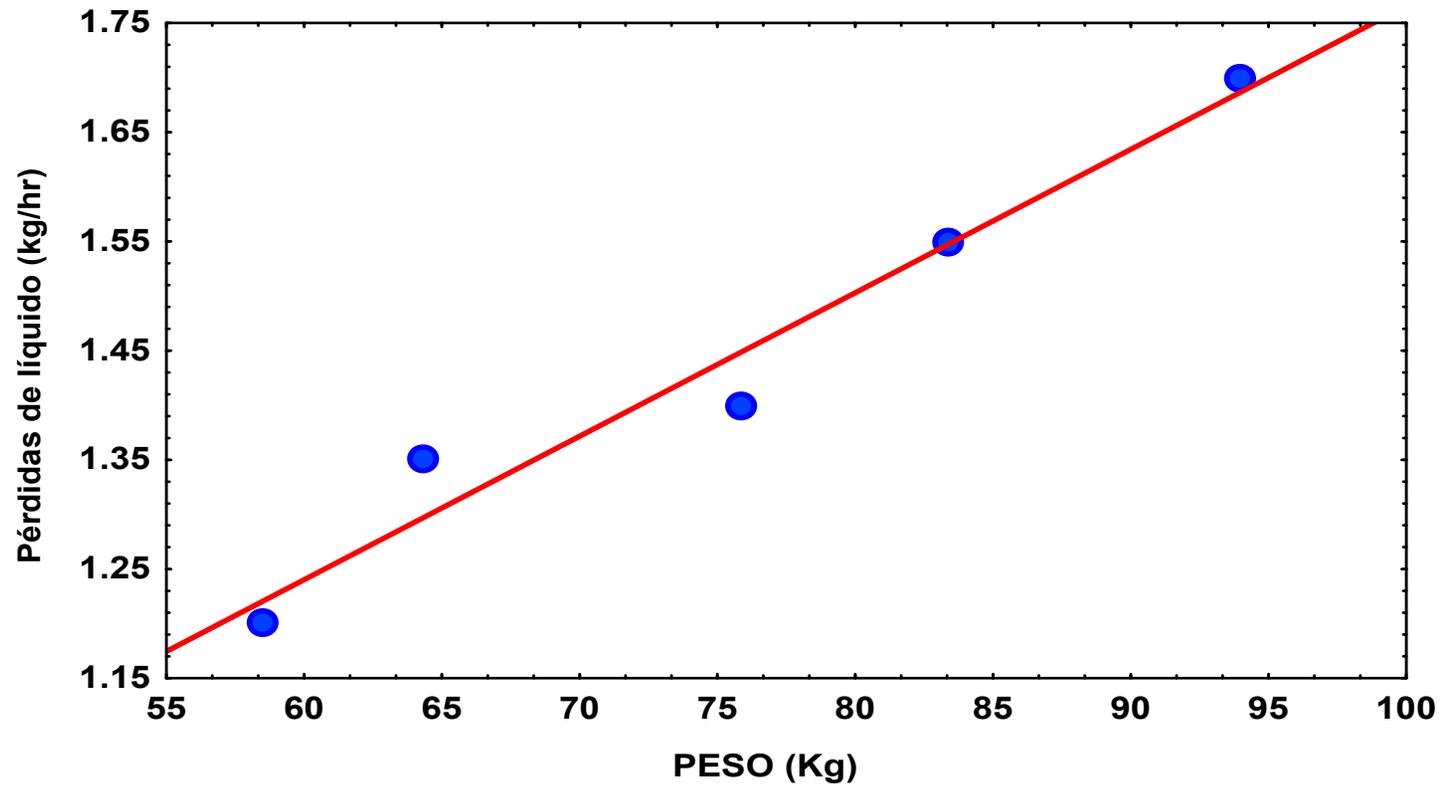
	Promedio	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar
Sudor (kg./hora)	1.7	1.0	3.0	0.44



Porcentaje de carga cardiovascular y metros de línea construidos durante 1 hora de trabajo con pausas intercaladas de 3 minutos de duración, cuando el trabajo se hizo con los brigadistas bebiendo agua, bebida deportiva y sin ingestión de líquido.



Relación entre pérdidas de líquido y peso corporal en cinco trabajadores de distinto tamaño realizando el mismo trabajo de construcción de líneas con Mcleod, alcanzando todos igual rendimiento.

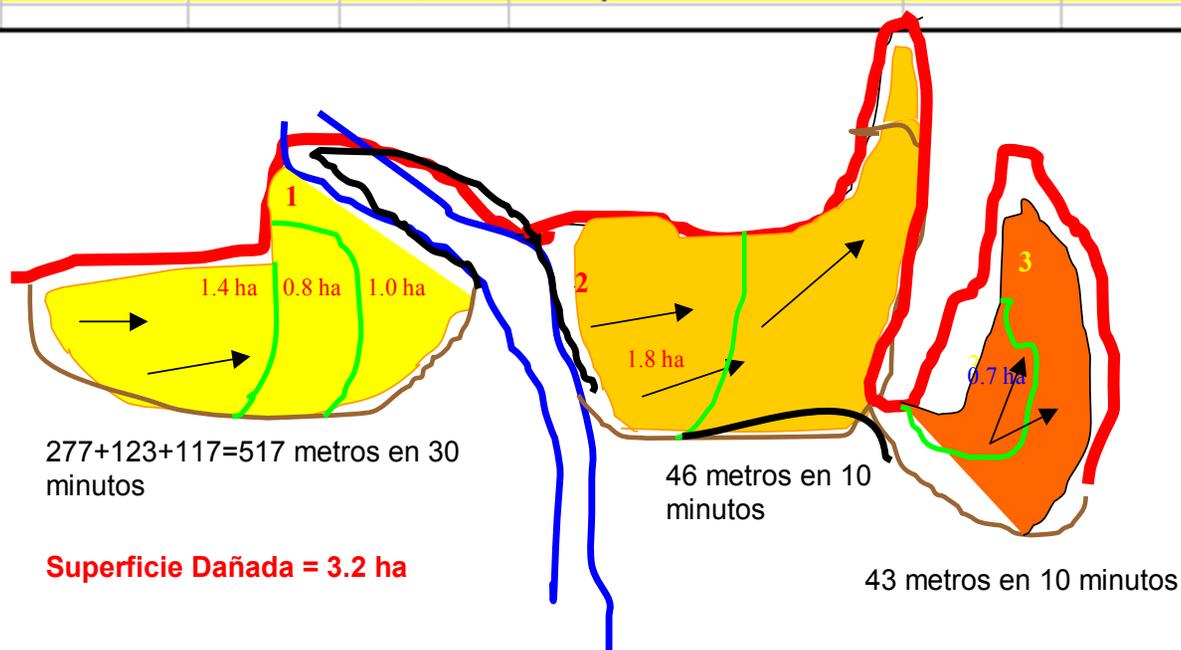


Un último ejemplo de importancia:
El costo de una mala planificación



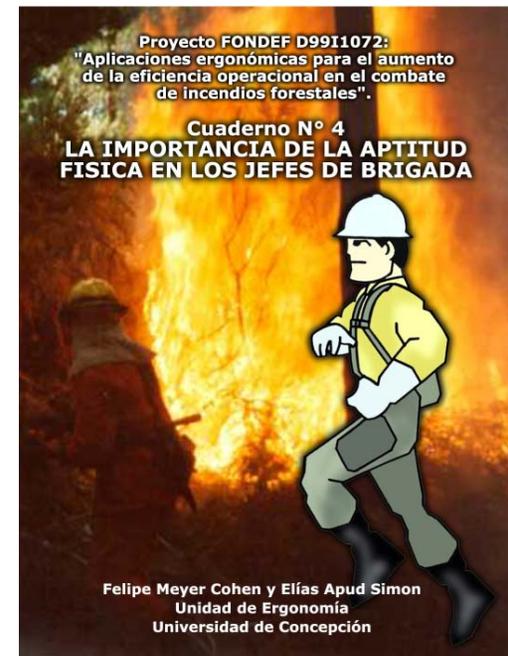
Seguimiento a un brigadista en un incendio que duró 90 minutos, en que la construcción de líneas la efectuó una cuadrilla integrada por 15 personas. El brigadista tenía 18 años.

fC Media	fC peak	% CC	Minutos	Actividad	Metros línea	Calidad	TGBH
148	177	67	7,20	corriendo al foco			
189	202	92	10,00	combatiendo	277	1	41,3
188	202	92	10,00	combatiendo	123	2	42,4
187	205	91	10,00	combatiendo	117	2	36,7
170	199	81	10,00	cambio a otro frente			
180	203	87	10,00	combatiendo	46,7	2	39,4
173	186	82	10,00	cambio a otro frente			
166	179	78	10,00	combatiendo	43,1	2	37,9
124	168	52	64,00	recuperandose al fin			



CARGA DE TRABAJO SEGUN COSTO ENERGETICO (CE_{prom})			
TIPO DE TRABAJO	LIVIANA inferior a 375 Kcal/h	MODERADA 375 a 450 Kcal/h	PESADA Superior a 450 Kcal/h
Trabajo continuo	30,0	26,7	25,0
75% trabajo 25% descanso cada hora	30,6	28,0	25,9
50% trabajo 50% descanso cada hora	31,4	29,4	27,9
25% trabajo 75% descanso cada hora	32,2	31,1	30,0

Foco	Hectáreas totales perdidas	Pérdidas que se pudo evitar
1	3,2	1,8
2	4,2	2,0
3	1,8	1,1
Total	9,2	4,9



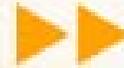
**Autocuidado de los
trabajadores**

**La urgencia de la
educación**

www.educ.cl/ergonomia



Universidad de Concepción



EDUC
PROGRAMA DE
EDUCACION A DISTANCIA



Diplomado
en **Ergonomía**



→ GRUPO OBJETIVO

→ FUNDAMENTOS

→ OBJETIVOS

→ METODOLOGIA

→ DURACION

→ DIRECTOR DEL PROGRAMA

→ GRUPO DOCENTE

→ PLAN DE ESTUDIOS

→ REQUISITOS

→ APROBACION

→ ARANCEL

ACCESO A
MODULOS



http://magisterergonomia.udec.cl

[Inicio](#) | [FAQ's](#) | [Contacto](#)



[Magíster](#) [Nuestros Académicos](#) [Postulaciones](#)



BIENVENIDA

Desde un punto de vista ergonómico, el equilibrio entre producción y protección de las personas sólo puede

[Ingreso a Plataforma](#)

[Acceder](#)

[Video Presentación](#)

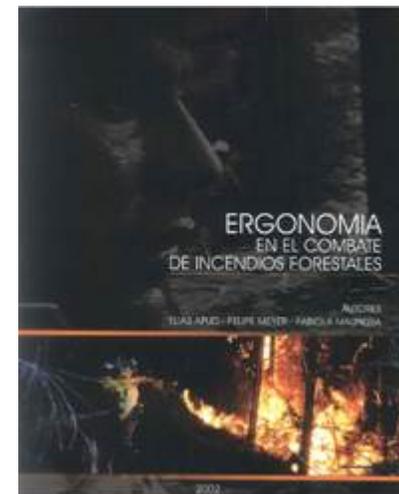
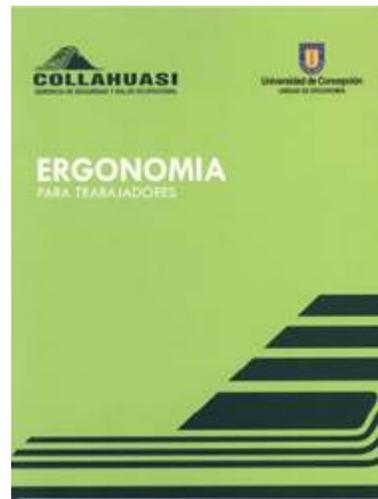
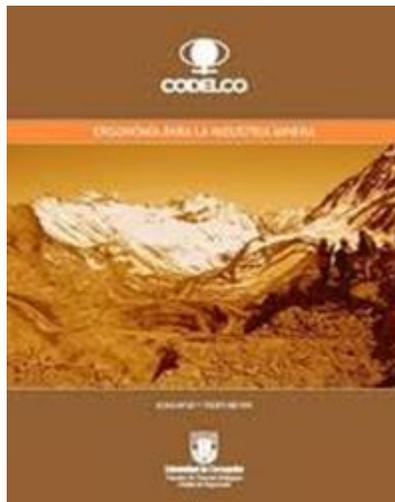


[Testimonios](#)

"Concepción cuna de la Ergonomía Latinoamericana"

Libros y vídeos de Ergonomía

- http://152.74.15.202/doc_ergonomia/
- Usuario: ergonomia
- Contraseña: ergoudec



<http://magisterergonomia.udec.cl>

<http://www.educ.cl/ergonomia>

Elias Apud: eapud@udec.cl

Esteban Oñate: estebanonate@udec.cl