

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA**

### **GESTIÓN DEL RIESGO ASOCIADO AL ESTRÉS TÉRMICO EN EL PROCESO DE VACIADO DE POCETAS SANITARIAS DE FÁBRICA EDESA**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DE GRADO DE MAGÍSTER (MSc.) EN  
SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SALUD OCUPACIONAL**

**FAUSTO MIGUEL PEÑAFIEL VILLARREAL**  
fpenafiel100@yahoo.com

**DIRECTOR: Ing. EUCLIDES VICENTE UNDA PORTILLA, MSc.**

vunda@edesa.com.ec

**CODIRECTOR: Ing. FRANCISCO SALGADO, MSc.**

francisco.salgado@epn.edu.ec

**Quito, julio 2013**

© Escuela Politécnica Nacional (2013)  
Reservados todos los derechos de reproducción

## **DECLARACIÓN**

Yo, Fausto Peñafiel, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

---

Fausto Miguel Peñafiel Villarreal

## CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Fausto Miguel Peñafiel Villarreal, bajo nuestra supervisión.

---

Ing. Euclides Vicente Unda Portilla.  
Magister en Seguridad, Salud y Ambiente. UCE  
**DIRECTOR DE PROYECTO**  
C.I. 170872045-1

---

Ing. Francisco Salgado MSc.

**CODIRECTOR DEL PROYECTO**

## **AGRADECIMIENTO**

Dejo constancia a la Escuela Politécnica Nacional y a los Señores profesores de la Maestría, mi profundo agradecimiento por la calidad de la enseñanza impartida.

Agradezco además a fábrica EDESA en la persona del Ing. Vicente Unda, por abrirme las puertas de sus instalaciones para realizar el presente trabajo.

Fausto Miguel

## **DEDICATORIA**

A mi esposa Sandra Francisca y a mis hijos Sandra Carina, Berenice Raquel y Byron Darío por el soporte espiritual y elevada motivación para el logro de mis objetivos.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
<b>RESUMEN</b>	<b>viii</b>
	<b>INTRODUCCIÓN</b>
	<b>ix</b>
<b>1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>1</b>
1.1 Evaluación del riesgo de estrés térmico	1
1.1.1 Consumo metabólico	1
1.1.2 Ambiente térmico	9
1.1.3 Experiencias en la evaluación del riesgo de estrés térmico	18
1.2 Impactos del estrés térmico en la salud del trabajador	20
1.3 Alternativas de gestión del riesgo de estrés térmico	22
1.3.1 Gestión del riesgo sobre el ambiente, el trabajo y el trabajador	22
1.3.2 Medidas de ingeniería	23
1.3.3 Controles administrativos	28
<b>2 METODOLOGÍA</b>	<b>33</b>
2.1 Descripción de la empresa	33
2.2 Evaluación del riesgo de estrés térmico en la operación de vaciado	33
2.2.1 Clasificación de las actividades por tipo de carga metabólica	34
2.2.2 Cronometraje del tiempo de duración de las tareas de cada actividad	34
2.2.3 Cálculo del consumo de energía metabólica	34
2.2.4 Cálculo del metabolismo basal	37
2.2.5 Determinación del nivel real de actividad	37
2.2.6 Determinación del índice WBGT	38
2.2.7 Determinación del microclima laboral, a través del índice WBGT	38
2.2.8 Verificación de la calibración del equipo y del WBGT medido con el WBGT calculado con la ecuación	40
2.2.9 Fracción del tiempo de trabajo	42
2.3 Propuesta de medidas de gestión del riesgo	42
2.4 Implementación y evaluación de la eficacia de las medidas de gestión del riesgo	43
<b>3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>45</b>
3.1 Procesos y operaciones unitarias	45
3.1.1 Preparación de pasta	45
3.1.2 Formación de pocetas	46
3.1.3 Secado en verde	54
3.1.4 Formulación del esmalte	54

3.1.5	Aplicación del esmalte	54
3.1.6	Cocción en hornos	54
3.2	Evaluación del riesgo de estrés térmico en la operación de vaciado	555
3.2.1	Puesto de trabajo	55
3.2.2	Identificación de actividades y tareas que conforman la operación unitariadevaciado	57
3.2.2.1	Preparación de la moldura	57
3.2.2.2	Llenado de los moldes con pasta	60
3.2.2.3	Acabado interior de la poceta	63
3.2.2.4	Desconchar	69
3.2.2.5	Acabado exterior	70
3.2.2.6	Pulido de pocetas en verde	72
3.3	Carga metabólica	77
3.4	Determinación del índice WBGT	85
3.5	Microclima laboral, medido a través del índice WBGT	87
3.6	Riesgo de estrés térmico	93
3.6.1	Calibración del WBGT-103 heat stroke checker	95
3.7	Ventilación para calidad de aire del área de trabajo	99
3.8	Implementación de las medidas de gestión del riesgo	101
3.8.1	Resultados de implementar como medida administrativa la inclusión de un trabajador en las actividades de desconche y pulido	101
3.8.2	Resultado de implementar como medida de ingeniería el rediseño de los coches que se utilizan en el área de vaciado grande	105
3.8.3	Sistema de ventilación en el área de vaciado	108
3.9	Costo de implementación	111
3.9.1	Incremento de un trabajador	111
3.9.2	Rediseño de coches para transportar pocetas	112
3.9.3	Instalación de sistema de ventilación	113
3.10	Productividad	114
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>116</b>
4.1	Conclusiones	116
4.2	Recomendaciones	118
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>119</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>125</b>

## ÍNDICE DE TABLAS



## PÁGINA

<b>Tabla 1.1.</b>	Valores límites admisibles de exposición al calor para determinar el régimen de trabajo	12
<b>Tabla 1.2.</b>	Límites de exposición permisibles para la exposición al calor, WBGT (°C)	15
<b>Tabla 1.3.</b>	Valores límite índice WBGT para V=0 y V≠0	16
<b>Tabla 1.4.</b>	Criterios de modificación del índice WBGT	17
<b>Tabla 1.5.</b>	Caudales de ventilación	26
<b>Tabla 1.6.</b>	Tasa de aire exterior	26
<b>Tabla 2.1.</b>	Límites del metabolismo del trabajo	38
<b>Tabla 2.2.</b>	Propuesta de medidas de gestión del riesgo	44
<b>Tabla 3.1.</b>	Registro de fabricación de vaciado. Modelo 1260. Semana 1	51
<b>Tabla 3.2.</b>	Registro de fabricación de vaciado. Modelo 1260. Semana 2	52
<b>Tabla 3.3.</b>	Registro de fabricación de vaciado. Modelo 1260. Semana 3	533
<b>Tabla 3.4.</b>	Información de los trabajadores que operan la máquina EVP1 M006/P1-VC-MP-06	56
<b>Tabla 3.5.</b>	Carga metabólica por trabajador y por actividad	78
<b>Tabla 3.6.</b>	Distribución de la carga metabólica en desconchado	81
<b>Tabla 3.7.</b>	Carga metabólica y tiempos promedios de la actividad de desconchado por trabajador	82
<b>Tabla 3.8.</b>	Gasto energético del trabajador (kcal/h)	86
<b>Tabla 3.9.</b>	Valores límite índice WBGT	86
<b>Tabla 3.10.</b>	Dispersión de WBGT <sub>trabajo</sub> medido en tres posiciones del tren de 50 moldes y en cada hora de medición	88
<b>Tabla 3.11.</b>	Dispersión de WBGT <sub>trabajo</sub> en toda la jornada laboral	89
<b>Tabla 3.12.</b>	Datos de calibración del equipo WBGT-103 HeatStrokechecker. Días 1 y 2	96
<b>Tabla 3.13.</b>	Datos de calibración del equipo WBGT-103 HeatStrokechecker. Días 3 y 4	97
<b>Tabla 3.14.</b>	Resultados de la prueba – F	98
<b>Tabla 3.15.</b>	Esquema de trabajo con un nuevo ayudante en la actividad de desconche	102
<b>Tabla 3.16.</b>	Distribución de la carga metabólica bajo el nuevo régimen de trabajo en la actividad de desconche	102
<b>Tabla 3.17.</b>	Ahorro de energía metabólica bajo el nuevo esquema de trabajo en la actividad de desconche	103
<b>Tabla 3.18.</b>	Resultados de las medidas administrativas de gestión del riesgo de estrés térmico	104
<b>Tabla 3.19.</b>	Índice WBGT límite °C, en situación de control	105
<b>Tabla 3.20.</b>	Desglose de haberes que percibe el trabajador	112
<b>Tabla 3.21.</b>	Desglose de costos de fabricación de coche con diseño modificado	112
<b>Tabla 3.22.</b>	Desglose de costos de un sistema de climatización	113
<b>Tabla 3.23.</b>	Desglose actualizado de los costos de un sistema de climatización	113
<b>Tabla 3.24.</b>	Resumen de costos de los sistemas implementados y por implementar	114
<b>Tabla AVI.1.</b>	Carga estática (Posturas)	133
<b>Tabla AVI.2.</b>	Carga dinámica en esfuerzos musculares	134
<b>Tabla AVI.3.</b>	Carga dinámica en desplazamientos	134

<b>Tabla AVI.4.</b>	Consumo de energía según la importancia de la carga desplazada (kcal/m)	135
<b>Tabla AVIII.1.</b>	Carga metabólica de los trabajadores W1 y W2 en la operación de preparación de moldes	137
<b>Tabla AVIII.2.</b>	Carga metabólica de los trabajadores W1 y W2 en la operación de llenado	141
<b>Tabla AVIII.3.</b>	Carga metabólica de los trabajadores W1 y W2 en la operación de acabado interior de pocetas	151
<b>Tabla AVIII.4.</b>	Carga metabólica de los trabajadores W1, W2 y W3 en la operación de desconchado con la variante de abrir huecos en la base de las pocetas	159
<b>Tabla AVIII.5.</b>	Carga metabólica de los trabajadores W1, W2 y W3 en la operación de desconchado, que incluye la operación de talquear la base del molde	161
<b>Tabla AVIII.6.</b>	Carga Metabólica de los trabajadores W1, W2 y W3 en calidad de ayudantes de la operación de desconchado	163
<b>Tabla AVIII.7.</b>	Carga metabólica en la operación de acabado exterior de un lote de 50 pocetas	165
<b>Tabla AVIII.8.</b>	Carga metabólica promedio de los trabajadores W1 y W2 en la operación de pulido	168
<b>Tabla AVIII.9.</b>	Carga metabólica en cargar y descargar pocetas de 18 kg de peso	174
<b>Tabla AVIII.10.</b>	Energía total gastada en pulir pocetas	174
<b>Tabla AVIII.11.</b>	Carga metabólica promedio del ayudante (W3) en la operación de pulido de 62 pocetas	175
<b>Tabla AVIII.12.</b>	Carga metabólica total del ayudante en cargar y descargar pocetas de 18 kg de peso	179
<b>Tabla AVIII.13.</b>	Carga metabólica total del ayudante en pulir pocetas	180
<b>Tabla AVIII.14.</b>	Carga metabólica total del ayudante en pulir pocetas	180
<b>Tabla AVIII.15.</b>	Carga metabólica del ayudante (W3) en la operación de acabado interior de pocetas	181
<b>Tabla AVIII.16.</b>	Carga metabólica del ayudante (W3) en la operación de acabado exterior de pocetas	181
<b>Tabla AVIII.17.</b>	Carga metabólica del ayudante (W3) en la operación de preparación de moldes	182
<b>Tabla AIX.1.</b>	Índice WBGT. Mediciones del día 1	183
<b>Tabla AIX.2.</b>	Índice WBGT. Mediciones del día 2	184
<b>Tabla AIX.3.</b>	Índice WBGT. Mediciones del día 3	185
<b>Tabla AIX.4.</b>	Índice WBGT. Mediciones del día 4	186
<b>Tabla A.X.1.</b>	Valores críticos superiores de la distribución F para $f_1$ y $F_2$ grados de libertad al 5% de nivel de significancia	187

## ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
<b>Figura 3.1.</b>	48

<b>Figura 3.2.</b>	Fotografía que muestra la canaleta aérea por donde se conduce el aire caliente al área de vaciado	49
<b>Figura 3.3.</b>	Fotografía que muestra los ventiladores instalados en el área de vaciado	50
<b>Figura 3.4.</b>	Fotografía que muestra el grupo de trabajadores del puesto de trabajo objeto de la presente investigación	57
<b>Figura 3.5.</b>	Fotografía que muestra al trabajador al realizar la actividad de aplicar vaselina al núcleo del molde del cuerpo de la poceta	59
<b>Figura 3.6.</b>	Fotografía que muestra el sistema de alimentación de pasta a los moldes	61
<b>Figura 3.7.</b>	Fotografía que muestra una escena de la tarea de taponado de pocetas	64
<b>Figura 3.8.</b>	Fotografía que muestra una escena de la tarea de cortar pestañas	66
<b>Figura 3.9.</b>	Fotografía que muestra la tarea de lavado de pozo	68
<b>Figura 3.10.</b>	Fotografía que muestra una escena de la tarea de desconchado	71
<b>Figura 3.11.</b>	Fotografía que muestra una escena de las tareas de acabado exterior de las pocetas	73
<b>Figura 3.12.</b>	Fotografía que muestra una escena de las tareas de pulido de las pocetas	74
<b>Figura 3.13.</b>	Fotografía que muestra el transporte manual de pocetas pulidas	75
<b>Figura 3.14.</b>	Fotografía que muestra la descarga de la poceta pulida en el coche	76
<b>Figura 3.15.</b>	Fotografía que muestra al trabajador posicionado el coche para proceder a empujarlo hasta el área de secado al ambiente, denominada área de cuarentena	76
<b>Figura 3.16.</b>	kcal/jornada de cada trabajador	78
<b>Figura 3.17.</b>	Distribución de carga metabólica total (3 066,43kcal/jornada) por operación macro del trabajador W1	80
<b>Figura 3.18.</b>	Distribución de carga metabólica total (2 594,66 kcal/jornada) por operación macro del trabajador W3	80
<b>Figura 3.19.</b>	Distribución de carga metabólica por operación y por trabajador	82
<b>Figura 3.20.</b>	Variación del índice WBGT°C durante el día 1	89
<b>Figura 3.21.</b>	Variación del índice WBGT°C durante el día 2	90
<b>Figura 3.22.</b>	Variación del índice WBGT°C durante el día 3	91
<b>Figura 3.23.</b>	Variación del índice WBGT°C durante el día 4	91
<b>Figura 3.24.</b>	Valor crítico de la distribución Fc (=2,03) a un nivel de significancia de 0,05, con 23 grados de libertad para los valores de WBGTmedido y 23 grados de libertad para los valores de WBGTcalculado	98
<b>Figura 3.25.</b>	Fotografía que muestra el diseño de los coches en el área de vaciado previa la implementación de la medida de gestión del riesgo de estrés térmico	107
<b>Figura 3.26.</b>	Fotografía que muestra el diseño de los coches en el área de vaciado después de implementar la medida de gestión	107
<b>Figura AI.1.</b>	Equipo digital para medir el índice WBGT	126
<b>Figura AII.1.</b>	Valores de WBGT para trabajadores aclimatados y no aclimatados	127
<b>Figura AI.1.1.</b>	Curvas de los valores de referencia de índice WBGT para tiempo de exposición de una hora	128
<b>Figura AIV.1.</b>	Diagrama de flujo de la preparación de pasta cerámica	129
<b>Figura AIV.2.</b>	Diagrama de flujo de preparación de solución de esmalte	130
<b>Figura AIV.3.</b>	Operaciones Unitarias de fabricación	131
<b>Figura AV.1.</b>	Metabolismo basal en función del peso corporal	132

<b>Figura AVII.1.</b>	Diagrama sicrométrico	136
<b>Figura AXII.1.</b>	Diseño de coches antes de la medida de gestión del riesgo	192
<b>Figura AXII.2.</b>	Diseño de coches después de implementar la medida de gestión del riesgo	193
<b>Figura AXII.3.</b>	Dimensiones del nuevo diseño de coches	194

## ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
<b>ANEXO I</b>	
Equipo digital para medir el índice WBGT	126
<b>ANEXO II</b>	

Valores de WBGT para trabajadores aclimatados y no aclimatados	127
<b>ANEXO III</b>	
Curvas de los valores de referencia de índice wbgt para tiempo de exposición de una hora	128
<b>ANEXO IV</b>	
Diagramas de operaciones unitarias	129
<b>ANEXO V</b>	
Gráfico de metabolismo basal en función del peso corporal	132
<b>ANEXO VI</b>	
Tablas INSHT (2006), ntp 177 para evaluar la carga metabólica estática y dinámica	133
<b>ANEXO VII</b>	
Diagrama sicrométrico	136
<b>ANEXO VIII</b>	
Resultados de la determinación de la carga metabólica	137
<b>ANEXO IX</b>	
Resultados de la medición del índice WBGT	183
<b>ANEXO X</b>	
Prueba-F (F-test)	187
<b>ANEXO XI</b>	
Detalle de cálculos	189
<b>ANEXO XII</b>	
Planos de diseño de coches	192

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue gestionar el riesgo asociado al estrés térmico en el proceso de vaciado de pocetas sanitarias de fábrica EDESA, a fin de reducir la exposición de los trabajadores a niveles aceptables, según lo establece la norma nacional vigente. Las actividades que realizan los trabajadores en el puesto de trabajo en estudio, son en su mayoría manuales.

Chavarría (2006), establece como umbral 2 000,00kcal por jornada laboral de 8 horas, a partir del cual un trabajo se cataloga como pesado. Dentro de este contexto, se encontró que la carga metabólica de los trabajadores de la operación unitaria de vaciado grande de EDESA, era de 3 064,40 y 2 594,70kcal por jornada laboral de 8 horas. Las operaciones inherentes al desconchado y de pulido aportaban con un 60% a la carga metabólica total, aproximadamente el 45% y el 15% de aporte de cada una respectivamente. Estos resultados llevaron a concluir que dichos trabajadores realizaban un trabajo pesado, evaluado en el mes de mayo, que puede considerarse como una época de otoño-verano.

Estos valores de carga metabólica correspondían a 383,00kcal/h y 324,00kcal/h, para los cuales la norma ISO 7243 (1982) y el DE 2393 (1986), establecen un límite WBGT de 25°C. Este indicador medido en el sitio de trabajo fue de 20°C a 25°C al inicio de la jornada y llegó hasta 31,70°C, de lo cual se concluyó que los trabajadores estaban sobreexpuestos al riesgo de estrés térmico. Estos resultados se validaron con la prueba "F" a un nivel de significancia de 0,05 con 23 grados de libertad, encontrándose que la diferencia de varianzas de los datos medidos y de los calculados no fue significativa, con lo cual se valida la hipótesis nula de la igualdad de varianzas.

La medida administrativa implementada en las operaciones de desconchado y pulido, redujo en 13,00% y 21,00% la carga metabólica y concomitantemente se redujo la sobreexposición a estrés térmico. Este resultado permitió alcanzar el objetivo de gestionar el riesgo para reducir la sobreexposición a niveles de norma y validar la hipótesis "La implementación de medidas preventivas y de control disminuirá la sobreexposición a estrés térmico del trabajador en la operación de vaciado de la empresa EDESA". La medida administrativa tuvo un costo anual de \$ 8 586,00, que básicamente considera el salario completo del trabajador adicional.

Se utilizó como indicador de productividad la cantidad de energía metabólica total por unidad de producción y por jornada laboral. El excedente de energía

metabólica que ocasionaba el estrés térmico en los trabajadores se trasladó a un cuarto trabajador, de tal manera que éste no resulte igualmente sobreexposto. El resultado fue la racionalización equitativa de la carga metabólica en las operaciones que demandan cerca del 60,00% de ésta. Así, a producción constante, el indicador de productividad de 43,60kcal/poceta/jornada, permaneció inalterable después que se implementó la medida.

**Palabras claves:** índice de estrés térmico, sobreexposición, carga metabólica, Prueba-F.

## INTRODUCCIÓN

EDESA dio a conocer que es una empresa que se dedica a la fabricación de piezas sanitarias de cerámica para el mercado nacional e internacional, en un promedio anual de dos millones de unidades.

Los trabajadores del área de vaciado grande realizan actividades en su mayoría manuales. Previa a la selección del tema de investigación se realiza un trabajo preliminar, que evidencia que dicho personal desarrolla trabajo pesado. Esta primera aproximación da lugar a plantearse preguntas inherentes al diagnóstico del riesgo, evaluación del mismo, cuantificación de la carga metabólica, determinación del régimen de trabajo e implementación de medidas de gestión del riesgo.

La respuesta a cada una de las preguntas conduce a plantearse el objetivo general y los objetivos específicos. El objetivo general de la investigación es gestionar el riesgo asociado al estrés térmico en el proceso de vaciado de pocetas sanitarias a fin de reducir la exposición de los trabajadores a niveles aceptables, según la normativa nacional vigente, que es el Decreto Ejecutivo 2393 (1986).

Para alcanzar este objetivo general se plantean como objetivos específicos, la evaluación del riesgo de estrés térmico y el planteamiento de actividades de gestión del riesgo, entendiéndose como tal la realización de actividades administrativas, de ingeniería o de control que hacen posible la reducción del riesgo. De ahí que los objetivos específicos se complementan con actividades de implementación y evaluación de la eficacia de las medidas de gestión para reducir el riesgo.

El desarrollo de la presente investigación se enmarca dentro de los procedimientos metodológicos establecidos por Chavarría (2006), en la norma NTP 177, ISO 7243 (1982) y Decreto Ejecutivo 2393 (1986), (p. 23).

Finalmente se establece como hipótesis que la implementación de medidas de gestión del riesgo asociado a estrés térmico en la operación de vaciado de EDESA S.A., permite controlar la sobreexposición laboral a este riesgo, sin afectar los niveles de productividad.



El trabajo de investigación se presenta en cuatro capítulos, que abarcan la revisión bibliográfica, la metodología, resultados y discusión, conclusiones y recomendaciones.

## GLOSARIO

Mondeloet al. (2001), puntualizan las siguientes definiciones en el ámbito de la medición del estrés térmico (p. 179):

**Aclimatación:** aumento de la tolerancia al calor o al frío, por adaptaciones fisiológicas, adquirido en el transcurso del trabajo realizado en ambientes calurosos o fríos.

**Actividad metabólica (M):** cambio de sustancia y transformaciones de energía que tienen lugar en los seres vivos. Suma de todas las reacciones químicas de todas las células, que se mide por la cantidad de calor producido durante dichas reacciones.

**Aislamiento térmico de la ropa ( $I_{cl}$ ):** es la resistencia a la transferencia de calor entre la piel y la superficie exterior de la ropa.

**Calor (Q):** forma de energía debida a la agitación térmica de las moléculas que componen un cuerpo, que se manifiesta por las variaciones de temperatura, cambios de estado y de volumen de los mismos y que se transmite de unos a otros como consecuencia de una diferencia de temperatura.

**Carga dinámica:** es el metabolismo de trabajo calculado en función del desplazamiento, esfuerzos musculares y manutención de cargas.

**Carga estática:** es el metabolismo de trabajo calculado en función de las posturas de trabajo.

**Confort térmico:** manifestación subjetiva de satisfacción con el ambiente térmico existente.

**Convección (C):** intercambio de calor entre la piel y el aire que la rodea.

**Evaporación (E):** intercambio de calor entre la piel y el aire que la rodea debido a la evaporación del sudor.

**Estrés térmico:** agresiones intensas por calor al organismo humano.

**Humedad absoluta, HA:** es la masa de vapor de agua contenida en un volumen determinado de aire.

**Humedad relativa, HR:** relación que existe, expresada en tanto por ciento, entre la presión parcial del vapor de agua y la presión de saturación de dicho vapor correspondiente a la temperatura del aire.

**Intercambio de calor por radiación (R):** entre la piel y las superficies que la rodean.

**Metabolismo basal, MB:** metabolismo mínimo necesario para mantener el funcionamiento normal del cuerpo humano.

**Psicrómetro:** sistema constituido por un termómetro seco, un termómetro de bulbo húmedo y un ventilador de aspiración que produce convección forzada alrededor de los mismos.

**Relación de enfriamiento en el aire:** pérdida de calor del cuerpo expresada en  $W/m^2$ . Es una función de la temperatura del aire y la velocidad del viento sobre el cuerpo expuesto.

**Temperatura del aire o temperatura seca ( $t_a$ ):** es la temperatura del aire que rodea al cuerpo humano y que es representativa de las condiciones del entorno respecto al flujo de calor entre el cuerpo humano y el aire. La temperatura del aire a gran distancia del cuerpo no es necesariamente significativa en la determinación del flujo de calor entre cuerpo y ambiente. Asimismo, la temperatura del aire muy cercana al cuerpo humano tampoco será representativa pues estará influenciada por las condiciones de contorno del cuerpo humano.

**Temperatura de bulbo húmedo ( $T_{bh}$ ):** es la temperatura obtenida con un termómetro de mercurio cuyo bulbo está recubierto por una muselina que siempre ha de estar empapada con agua destilada y apantallado de las fuentes de radiación.

**Temperatura de bulbo húmedo natural ( $T_b$ ):** es la temperatura indicada por un termómetro de mercurio cuyo bulbo se encuentra recubierto por una muselina empapada con agua, ventilado únicamente de forma natural y no apantallado de las fuentes de radiación; no debe confundirse con la temperatura húmeda que es la empleada en los diagramas psicométricos.

**Temperatura corporal ( $T_c$ ):** es la media ponderada del valor parcial de la temperatura de todos los tejidos del cuerpo humano.

**Temperatura de enfriamiento ( $T_{ch}$ ):** Temperatura ambiente, que para una velocidad relativa de aire de 1,80 m/s, tiene el mismo poder de enfriamiento que las condiciones ambientales reales.

**Temperatura de globo ( $T_g$ ):** es la temperatura de un globo consistente en una esfera de cobre hueca, pintada de negro mate, generalmente de 15,00 cm de diámetro, en cuyo centro se ha colocado un captador de temperatura tal como el bulbo de un termómetro de mercurio, un termopar o una sonda de resistencia.

**Temperatura radiante media (TRM):** es la temperatura uniforme de una esfera de gran diámetro, negra y mate, en la cual los intercambios por radiación con el cuerpo humano son iguales a los intercambios por radiación en el ambiente real.

**Trabajo muscular:** es el que implica el poner en acción una serie de músculos que aportan la fuerza necesaria. Según la forma en que se produzcan las contracciones de estos músculos el trabajo se puede considerar como estático o dinámico.

**Trabajo muscular estático:** es el que se desarrolla cuando la contracción de los músculos se continúa y se mantiene durante un cierto período de tiempo.

**Trabajo muscular dinámico:** es el que produce una sucesión periódica de tensiones y relajamientos de los músculos activos, todas ellas de corta duración.

**Velocidad del aire ( $V_a$ ):** es la intensidad media de velocidad del aire integrada sobre todas las direcciones.

# 1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

## 1.1 EVALUACIÓN DEL RIESGO DE ESTRÉS TÉRMICO

### 1.1.1 CONSUMO METABÓLICO

El organismo humano genera calor de forma continua. Se puede considerar el calor generado como un subproducto de cualquier reacción bioquímica o de cualquier trabajo mecánico realizado. Es costumbre identificarlo con el nombre de carga o consumo metabólico o simplemente metabolismo. El símbolo "M" y la unidad de medida, kcal/h, el vatio, W o el  $W/m^2$  si se refiere a la superficie corporal (Domínguez et al., 2006, p.109).

Según Plog, Nilland y Quinlan (1996), los factores que pueden desestabilizar el equilibrio térmico del cuerpo humano son la cantidad de trabajo o carga metabólica, las condiciones ambientales en las que se realiza el trabajo y el tipo de vestimenta que se utiliza. Si el sistema de control experimenta un incremento de temperatura, el corazón bombea mayor cantidad de sangre, la cual se enfría por transferencia de calor a través de la piel (p. 321, 322, 337).

Al respecto, Berry, McNeely, Beauregard y Davis (2011), dan a conocer que los mecanismos más importantes de disipación de calor, son por evaporación de agua a medida que la cantidad de sudor se incrementa, por convección y por radiación. De ahí que la presión arterial es un factor importante que evidencia la tensión calórica (p.4).

Berry et al. (2011), mencionan que la sudoración es el mecanismo más efectivo para disipar el calor almacenado en el cuerpo en un intenso ambiente calórico y/o debido a la realización de trabajos pesados. Estos investigadores puntualizan que a medida que el calor desde la piel es utilizado para evaporar el sudor, se pierde 0,58 kcal por gramo de sudor evaporado. Completan la información con el dato de que la mayoría del área de la piel contiene glándulas sudoríparas que se activan por el cerebro de acuerdo a las necesidades (p.4).

La evaporación de un cuarto de sudor desde la piel, disipa aproximadamente 600,00kcal de calor del cuerpo. La tasa de evaporación por convección depende entre otros factores, de la temperatura del aire, humedad relativa, velocidad del viento y tipo de ropa de trabajo (Berry et al, 2011, p.4).

La transferencia de calor por rayos infrarrojos o calor por “radiación” implica el flujo de energía calórica desde superficies calientes hacia medios más fríos que existan en el ambiente. La piel que ha sido calentada por el torrente sanguíneo irradia calor desde el cuerpo al ambiente, pero si en el entorno de trabajo existen en operación hornos, calderos, secadores y otros equipos, que están a una temperatura superior a la de la piel, el flujo de calor es inverso, es decir se desplaza desde el ambiente al cuerpo humano.

Plog et al. (1996), dan a conocer que existen dos métodos combinados para evaluar el riesgo de estrés térmico, la evaluación de la carga metabólica o gasto energético y la evaluación del ambiente térmico de trabajo. La determinación del gasto energético sirve a su vez para evaluar la carga física y es una variable necesaria para evaluar la agresión térmica (p. 320).

Plog et al. (1996), indican que un método para evaluar la carga metabólica, es clasificar las tareas que se realiza en categorías, que pueden estar asociadas a metabolismos ligero, moderado, elevado y muy elevado (p. 325). El gasto energético según Nogareda, S. y Luna, P. (2006), en la norma NTP 323, se clasifica por tipo de actividad, profesión, edad, sexo. Un segundo método para evaluar el gasto energético es por la medición de parámetros fisiológicos, tales como el consumo de oxígeno al realizar determinada tarea, la temperatura corporal y la pérdida de agua (p. 2).

Según Nogareda et al. (2006), el método de la estimación de la carga metabólica a través de valores tabulados no puede aplicarse en el caso de que exista variación en las condiciones de trabajo, excepto los valores tabulados en función de la profesión. En este caso los valores de gasto energético se ponderan en función del tiempo, lo cual disminuye el riesgo de error en la estimación (p.8). Si

este es el caso se aplica el método descrito por Chavarría (2006), NTP177 para la estimación del gasto energético.

Los dos métodos son ampliamente utilizados, sin embargo, en los dos casos existe el riesgo de sobreestimación del riesgo. Al respecto Nogareda et al. (2006), establecen una precisión de +/-15,00%, en la determinación del metabolismo energético a través de la medición de parámetros fisiológicos (p.2).

Para medir la fuerza aplicada para empujar cargas se dispone de los métodos de la fuerza estática y de la fuerza dinámica. El primero es el método más utilizado y mide la fuerza aplicada por un número de músculos, en tanto que el segundo mide la fuerza aplicada por todo el cuerpo, por lo que es más real. LaDou (1993), señala que la fuerza estática ejercida por la mayoría de trabajadores varones en la operación de empujar hacia afuera a nivel de cintura, parado, erecto es de 311 N (p.68).

Plog et al. (1996), dan a conocer que para el empuje de carga con la fuerza localizada a 95 centímetros del suelo, en una longitud de 2,10 metros cada 8 horas, el límite máximo establecido de la fuerza de empuje es de 34,00kgf (333,4 N) (p.372). Esto para el caso en que el 90,00% de los trabajadores están en capacidad de realizar este trabajo. Los dos valores son muy aproximados.

Bueche y Hecht (2001), dan a conocer que en la operación de empuje de cargas se debe considerar el coeficiente de rozamiento estático ( $\mu_e$ ) y el coeficiente de rozamiento dinámico ( $\mu_c$ ), factores que forman parte de las ecuaciones 1.1 y 1.2 (p.37).

$$F_{f \max} = \mu_e F_N \quad [1.1]$$

$$F_f = \mu_c F_N \quad [1.2]$$

Donde

$F_{f\max}$ : fuerza de fricción estática

$F_f$ : fuerza de fricción



- $\mu_e$ : coeficiente de roce caucho//cemento (seco) estático = 1,00  
 $\mu_c$ : coeficiente de fricción dinámico  
 $F_N$ : fuerza normal entre la banda de caucho del coche y el cemento seco

Según Fajardo (2009), el coeficiente de roce estático para el caucho//cemento es de 1,00 y el coeficiente de rozamiento dinámico es de 0,80.

LaDou (1993), puntualiza que jalar una fuerza de 350,00 N, a la altura de 66,00 cm por arriba del piso, produce una fuerza de compresión sobre la columna vertebral inferior de alrededor de 8000,00 N, valor que supera la máxima fuerza de 6400,00 N, que la mayoría de trabajadores pueden tolerar sin lesionarse (p. 64).

Para medir el cambio de energía al empujar o jalar cargas, medida en kcal/operación de empujar o jalar, Arun, Chaffin y Herrin (1978), dan a conocer la siguiente ecuación:

$$\Delta E = 10^2 \times (0,112BW + 0,505SFE) \quad [1.3]$$

Donde:

- $\Delta E$ : kcal/empuje o tracción  
 BW: peso corporal (kg)  
 FE: fuerza promedio aplicada por las manos al empujar o jalar cargas (kgf)  
 S: constante con valor de 1 para hombres y 0 para mujeres.

En el empuje o arrastre es el piso el que soporta el peso de la carga. Por lo tanto, la variable relevante a evaluar es la componente horizontal de la fuerza aplicada por el trabajador. Existen, al menos, dos tipos de fuerza involucradas en estas tareas, a saber:

Fuerza inicial: máxima fuerza dinámica necesaria para poner el objeto en movimiento (acelerar desde el reposo).

Fuerza de sustentación: máxima fuerza dinámica necesaria para mantener el objeto en movimiento (alcanzar velocidad constante).

La Subsecretaría de Previsión Social Ministerio del Trabajo y Previsión Social de Chile (2008), propone la siguiente relación para el cálculo de la fuerza promedio aplicada para sacar del reposo, empuje o arrastre:

$$FE = \left( \frac{WP + WC}{20} \right) + 6,5 \quad [1.4]$$

Donde:

FE: promedio de la fuerza aplicada para sacar del reposo el coche (kgf)

WP: peso de la carga a empujar (kg)

WC: peso del medio de transporte que se empuja (kg)

6,5: Constante.

Arunet al. (1978), en su investigación "Prediction of metabolic rates for manual material handling jobs", dan a conocer que un método directo para evaluar la carga metabólica es la medida del consumo de oxígeno al desarrollar una actividad; sin embargo puntualizan los inconvenientes que se presentan en la medida del consumo de oxígeno, y que están relacionados con el cambio constante de los métodos, operaciones, peso y tamaño de los materiales que son objetos de manipulación. Por lo que los resultados del consumo pueden variar significativamente día a día.

Nogareda et al. (2006), puntualizan que existe una relación casi lineal entre dicho consumo y el nivel de metabolismo. El consumo de 1 litro de oxígeno corresponde a 4,85 kcal o 20,20 kJ o 20,20 kW. A pesar de su gran precisión, este método suele utilizarse poco, ya que constituye una prueba de laboratorio.

Según Nogareda et al. (2006), el metabolismo energético o carga metabólica se determina también al medir la frecuencia cardíaca en condiciones determinadas. Ploget al. (1996), suman a este método la medida de la temperatura del cuerpo, vía oral y la medida de la pérdida de agua (p. 333).

La frecuencia cardíaca tomada al minuto de haber terminado el trabajo debe ser igual o menor de 110 pulsaciones por minuto y si se mide a los tres minutos, debe ser menor a 90 pulsaciones por minuto. Si la presión arterial promedio en 8 horas de trabajo es mayor de 110 pulsaciones por minuto se puede concluir que la carga de trabajo es excesiva. Nogareda et al. (2006), indican que “este método es especialmente recomendado en aquellos casos en que el trabajo es principalmente de componente estático, o en aquellos en que se utiliza un pequeño número de músculos”(p.10).

La información necesaria para aplicar el método es: sexo, edad, talla, peso, hábitos tóxicos, patología actual, actividad deportiva e ingesta de fármacos. En cuanto a factores ambientales se tendrá en cuenta la temperatura y la humedad. Se puede clasificar la penosidad de un puesto de trabajo a partir de la medición individualizada de la frecuencia cardíaca y comparándola posteriormente con unos valores de referencia.

Arunet al. (1978), acotan primero que es obligación del empleador estudiar la demanda de trabajo y la capacidad de soportar esa demanda por parte del trabajador, en segundo lugar dan a conocer que las medidas biomédicas y fisiológicas, a las que se refiere Ploget al. (1996), como la medida de la temperatura del cuerpo, frecuencia cardíaca y pérdida de peso, proporcionan una escala objetiva para comparar diversos tipos de trabajos industriales con respecto a la tensión física y fatiga. Complementariamente agregan que la determinación de gasto de energía metabólica y la medida de la frecuencia cardíaca son los métodos que en la literatura técnica, se sugieren con mayor frecuencia para determinar la máxima carga metabólica que puede desarrollar una persona sin acumular una excesiva cantidad de tensión o fatiga física.

La determinación del gasto de energía metabólica puede ser utilizada para evaluar métodos alternativos de trabajo, determinar salarios e incentivos, establecer tiempo de duración y frecuencia de los descansos y para determinar el riesgo de estrés térmico, cuando la temperatura y la humedad superan los límites normales de confort térmico.

Chavarría (2006), establece que la realización de un trabajo muscular implica el poner en acción una serie de músculos que aportan la fuerza necesaria; según la forma en que se produzcan las contracciones de estos músculos el trabajo desarrollado se puede considerar como estático o dinámico (p.1). Plog et al. (1996), en su obra "Fundamentals of Industrial Hygiene", definen la carga metabólica como la tasa interna de generación de calor, que en su mayoría es el resultado del esfuerzo muscular y, puntualizan que esta energía debe ser disipada del cuerpo a fin de mantener el equilibrio termal (p.325).

Rowett Research Institute (1992), indica que el gasto energético total se divide en la tasa metabólica basal, la dieta inducida o termogénesis y la carga de trabajo (p.2). Garza y Martínez (2001), ratifican esta aseveración (p.28).

Para una persona en reposo la tasa metabólica basal representa el 60,00% del total de energía gastada. La dieta inducida es la cantidad de energía utilizada en la digestión, absorción y transporte de nutrientes, y representa el 10,00% del gasto energético total. El resto del gasto energético corresponde a la actividad física. En tanto que para una persona activa estas cifras cambian en secuencia a 40,00%, 10,00% y 50,00%, respectivamente. Las variaciones para individuos de talla media (en altura y peso) son de una kilocaloría por kilogramo de peso corporal (Garza et al, 2001, p.23).

Nogareda et al. (2006), definen el metabolismo basal como el "consumo de energía de una persona acostada y en reposo. Representa el gasto energético necesario para mantener las funciones vegetativas, tales como respiración, circulación, etc. (p.5). Según Chavarría (2006), dentro del metabolismo basal se incluye el metabolismo llamado de reposo que se refiere al consumo energético necesario para facilitar la digestión y la termorregulación (p.2).

Según Chavarría (2006), el gasto energético puede ser estimado por la suma de los siguientes componentes de energía: el metabolismo basal, la carga estática, determinada por la postura que adopta el trabajador y la carga dinámica que a su vez se descompone en gasto energético por desplazamiento, gasto energético por

esfuerzos musculares y gasto energético por manejo de cargas, esto es, subir, bajar, empujar cargas (p. 2). Según Plog et al. (1996), la expresión matemática del gasto energético es (p. 326):

$$M_{\text{actividad}} = B + P + A + V \quad [1.5]$$

Donde:

M: Gasto energético por actividad, promedio en W

B: metabolismo basal, promedio en W

P: metabolismo por posturas, promedio en W

A: actividad, basada en el grado de complejidad e involucramiento de los miembros del cuerpo, promedio en W

V: movimientos verticales, promedio en W

Garza et al. (2001), dan a conocer que el requerimiento energético total se determina al medir en un equipo de respiración, la cantidad de oxígeno consumida y la producción de dióxido de carbono en el organismo en un periodo dado (p. 43). RowettResearchInstitute (1992), ratifica la utilización de este método (p. 3). Las lecturas se traducen en unidades de energía, que se interpretan como el calor producido por metro cuadrado de superficie corporal por hora. Los investigadores mencionan también que el método considera factores específicos de la persona, tales como el peso, la talla, el sexo, edad y horas de sueño.

Al respecto Mondelo, Torada, Comas, Castejón y Lacambra (2001), señalan que la edad como factor que influye en el estrés térmico, es debido a que conforme avanza el tiempo, los mecanismos termorreguladores del organismo se hacen menos eficientes, la frecuencia cardíaca máxima y la capacidad de trabajo físico disminuye, y la producción de calor metabólico correspondiente a una determinada cantidad de trabajo aumenta poco o nada con la edad. En cuanto al sexo, señalan que las mujeres tienen menor capacidad de resistir la sobrecarga calórica (p. 25).

Chavarría (2006), establece que un trabajo es considerado ligero si el metabolismo que desarrolla el trabajador es menor a 1600,00kcal por jornada

laboral de 8 horas, un trabajo es considerado moderado si el trabajador desarrolla un metabolismo entre 1 600,00 y 2 000,00kcal por jornada de 8 horas y, es considerado pesado si desarrolla un metabolismo superior a 2 000,00kcal por jornada de trabajo de 8 horas (p. 3).Castillo y Orozco (2010), afirman que en escalaseestablecetrabajo ligero (<1600,00kcal/jornada); trabajo moderado (1600,00-2000 kcal/jornada) y trabajo pesado (>2000,00kcal/jornada) (p. 28).

### 1.1.2 AMBIENTE TÉRMICO

El ambiente térmico puede limitar la disipación del calor. La humedad relativa es la medida de la cantidad de vapor de agua que puede tener el aire a determinada temperatura.Así a una humedad relativa de 100,00%, el aire está saturado con vapor de agua. Si se intenta poner una cantidad adicional de vapor de agua, ésta se puede condensar en forma de rocío.

El aire caliente puede contener mayor humedad que el aire frío, por lo tanto no será factible eliminar la humedad del sudor y más bien dicha humedad puede convertirse en una barrera a la disipación del calor a través de la piel. El tipo de ropa de trabajo también puede impedir la disipación de calor por convección (Berryet al, 2011, p. 3).

Ploget al. (1996),concluyen que tanto la humedad, la velocidad del aire como la temperatura promedio del entorno son los factores principales en la evaluación del ambiente térmico en el que se desarrollan las actividades laborales(p.322).

Entre los índices más utilizados que permiten evaluar el riesgo de estrés térmico se tiene el índice WBGT, de carácter instrumental y el de sudoración requerida, de carácter biológico analítico, basado en el estudio de cada una de las variables que intervienen en el “balance térmico”. Este índice completa la evaluación realizada con el primero. La ecuación práctica del balance térmico según Mondeloet al.(2001), (p.21):

$$A = M \pm R \pm C - E$$

[1.6]

Donde:

- A: ganancia o pérdida de calor en el cuerpo, kcal/min
- M: metabolismo basal, kcal/min
- R: intercambio de calor por radiación, kcal/min
- C: intercambio de calor por convección, kcal/min
- E: pérdida de calor por evaporación del sudor, kcal/min

El factor A es el calor acumulado (si  $A > 0$ ), o perdido (si  $A < 0$ ), en el cuerpo humano como consecuencia de un desequilibrio térmico; y si  $A = 0$ , significa que existe equilibrio térmico. Estas posibles situaciones determinan que la ecuación general pueda adoptar las formas siguientes (p.21.):

$$M \pm R \pm C = 0 \quad [1.7]$$

Donde:

( $E = 0$ ) significa equilibrio en condiciones necesarias pero no suficientes para el confort térmico

$$M \pm R \pm C - E = 0 \text{ equilibrio en condiciones de calor permisible} \quad [1.8]$$

$$M \pm R \pm C > 0 \text{ desequilibrio por condiciones críticas por calor.} \quad [1.9]$$

$$M \pm R \pm C < 0 \text{ desequilibrio por condiciones críticas por frío} \quad [1.10]$$

El índice WBGT es el más utilizado en el estudio de exposición a calor y para estimar el confort térmico. En el campo de la higiene industrial, el índice WBGT (WetBulbGlobeTemperature) es utilizado para establecer la relación entre la temperatura del globo negro ( $T_g$ ) y la temperatura húmeda natural ( $T_b$ ) (Castillo et al, 2010, p.20; NOM-015-STPS).

Con la ayuda del diagrama psicrométrico es posible conocer el valor de la humedad absoluta a partir de los valores de temperatura de aire y de humedad relativa (Domínguez et al, 2006, p. 119).

En el caso del confort térmico, Castillo et al.(2010), dan a conocer que Epstein y Moran(2006), agrupan los índices para la estimación del confort térmico y del estrés térmico en tres grandes categorías: “índices racionales”, “índices empíricos” e “índices directos”. Las dos primeras categorías: “racionales y empíricos” hacen uso de índices sofisticados de origen fisiológico y de registros variados tomados en el entorno de trabajo, en tanto que Los índices directos hacen uso de variables básicas presentes en el entorno de trabajo, tales como temperatura media del ambiente, humedad y velocidad del aire”.

Estos investigadores han encontrado que las organizaciones adoptan el mecanismo de contratación temporal para no comprometerse con la seguridad patronal, lo que ocasiona, el desconocimiento del trabajo, la falta de aclimatación, entre otros aspectos. Por estas razones los índices fisiológicos son difíciles de registrar o a veces resultan inadaptados para ser aplicados a las situaciones de trabajo, por ello se requieren índices más ajustados a estas condiciones cambiantes de trabajo (p.19).

La norma ISO 7243 (1982), propone valores límites de WBGT para este índice. Los límites se han calculado en función del metabolismo y de los factores de aclimatación, para trabajadores en buen estado de salud y con un factor de aislamiento térmico de 0,60Clo. Parsons (2006), indica que la norma y el índice cumplen los requisitos de validez, confiabilidad y aplicabilidad, por lo que es utilizada como referencia para evaluar el estrés térmico dentro de varias aplicaciones, incluidas la militar, industrial, doméstica, deportiva y comercial. Esta norma es utilizada dentro de la legislación nacional de varios países, entre ellos, Reino Unido, Japón, China, Estados Unidos, Australia, a nivel regional en Europa y a nivel internacional (p.368).

Las normas Británicas adoptan las normas ISO, sin ninguna modificación. El procedimiento de la evaluación de estrés térmico completa el ciclo con la evaluación en profundidad con medidas específicas y el planteamiento de medidas correctivas (Youley Parsons, 2009).



LaDou (1993), destaca la utilidad del índice WBGT en la determinación del trastorno por la fiebre térmica, y agrega que este método se basa en que los trabajadores están aclimatados y físicamente capacitados o usan ropa de trabajo adecuada y que se les proporciona agua y alimentos en forma apropiada (p.139). La tabla 1.1 presenta los umbrales del índice WBGT para diferentes regímenes de trabajo.

**Tabla 1.1.** Valores límites admisibles de exposición al calor para determinar el régimen de trabajo

<b>WBGT* (°C)</b>			
<b>Régimen de trabajo y de reposo</b>	<b>Carga de trabajo</b>		
	<b>Ligero</b>	<b>Moderado</b>	<b>Intenso</b>
Trabajo Continuo	30,00	26,70	25,00
75% trabajo y 25% reposo por hora	30,60	28,00	25,90
50% trabajo y 50% reposo por hora	31,40	29,40	27,90
25% trabajo y 75% reposo por hora	32,20	31,10	30,00

(Parsons, 2006, P.375; DE 2393, 1986, p.23)

**°C WBGT:** Índice WBGT, expresado en°C

□ En la medida que la carga de trabajo aumenta, el impacto del calor sobre un trabajador no aclimatado aumenta. Para los trabajadores no aclimatados que ejecutan un trabajo de nivel Moderado, el TLV admisible de exposición debe ser reducido en 2,5°C aproximadamente.

Parsons (2006), en su análisis de la ISO 7243(1982), menciona que la validez del índice WBGT se relaciona con lo bien que refleja el estrés térmico (heat stress) y cómo éste se relaciona con la tensión calórica (heatstrain). El investigador menciona que el método tiene sus limitaciones frente a condiciones especiales, tales como el uso por parte de los trabajadores de ropa impermeable de trabajo, que impide la evaporación del agua del sudor.

Aparte de estos casos especiales el método provee un índice válido para evaluar el riesgo de estrés térmico, ya que éste es una respuesta a todos los factores del medio ambiente físico, que son importantes para una reacción del ser humano frente a éstos (p. 372).

Falagan(2005), puntualiza que el objetivo del método basado en el índice WBGT es identificar si las condiciones ambientales y la producción interna de calor originada por la actividad física evidenciada por trabajadores vestidos con ropa de verano pueden hacer que el riesgo por estrés térmico debido al calor alcance un valor intolerable que conlleve una temperatura central del cuerpo superior a 38°C (p. 779).

Para interiores o exteriores sin carga solar, los valores del índice WBGT se calculan por medio de la ecuación 1.11(Falagan, 2005, p.780; NOM-015-STPS, 1994, p.9).

$$WBGT = 0,7T_b + 0,3T_g \quad [1.11]$$

Para exteriores con carga solar es:

$$WBGT = 0,7T_b + 0,3T_g + 0,1T_a \quad [1.12]$$

Donde:

WBGT: índice WBGT, en°C

$T_b$ : temperatura húmeda natural en°C o temperatura de bulbo húmedo natural

$T_g$ : temperatura de globo en°C

$T_a$ : temperatura del aire o temperatura seca medida en°C.

Si durante la jornada laboral el trabajador está expuesto a distintas condiciones ambientales el valor del índice WBGT promedio se determina por las siguientes ecuaciones:

$$WBGT_{medio} = \frac{\sum_{i=1}^n WBGT_i t_i}{\sum_{i=1}^n t_i}, \text{ siendo siempre } \sum_{i=1}^n t_i \leq 60 \quad [1.13]$$

$$WBGT_{medio} = \frac{WBGT_1 \times t_1 + WBGT_2 \times t_2 + \dots + WBGT_n \times t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n} \quad [1.14]$$

Donde “t” es el tiempo de permanencia a cada índice determinado, para el cálculo de los valores medios se toma como base una hora ( $t_1 + t_2 + \dots + t_n = 60 \text{ minutos}$ ). Si la exposición es intermitente para el cálculo de los valores medios se toma como base dos horas ( $t_1 + t_2 + \dots + t_n = 120 \text{ minutos}$ ). Cuando el valor de las variables térmicas en el entorno del trabajador no son constantes es preciso calcular el índice WBGT a tres alturas, cabeza, abdomen y tobillos.

$$WBGT = \frac{1}{4} [WBGT_{cabeza} + 2 \times WBGT_{abdomen} + WBGT_{tobillos}] \quad [1.15]$$

Las mediciones se realizan a 0,10 m; 1,10 m y 1,70 m del suelo si la posición en el puesto de trabajo es de pie y a 0,10 m; 0,60 m y 1,10 m, si es sentado. Si es que el ambiente es homogéneo basta con una medición a la altura del abdomen (Falagan, 2005, p.780).

El índice WBGT integra el efecto de la humedad y del movimiento del aire, de la temperatura del aire y de la radiación, y de la temperatura del aire como un factor propio de exteriores con carga solar.

Existen disponibles en el mercado instrumentos que facilitan las lecturas instantáneas de los componentes individuales del índice WBGT o una lectura digital integrada, tal como se presenta en el Anexo I. Figura AI.1. Luego que se ha determinado el índice WBGT y la carga metabólica, se pasa a evaluar el posible riesgo de estrés térmico, mediante la comparación de los valores del índice expresado en  $WBGT^{\circ}C$  con los umbrales establecidos por la norma ISO 7243(1982), indicados en la tabla 1.2.

Los límites de exposición permisibles indicados en la tabla 1.2 se han establecido para trabajadores aclimatados y no aclimatados, tal como se observa en el Anexo II. Figura AII.1. Se incluye el efecto del vestido y especifican valores techo según una serie de curvas, como se observa en el Anexo III. Figura AIII.1.

La ACGIH (2011), modifica las tolerancias indicadas en la tabla 1.1 y establece los umbrales indicados en la tabla 1.2 (p. 185).

La legislación en el tema de seguridad industrial y salud ocupacional en Ecuador no ha modificado los umbrales adoptados de la ISO 7243 (1982). Mantiene actualmente los mismos límites indicados en la tabla 1.1 y clasifica un trabajo como liviano cuando la carga metabólica es menor a 200,00kcal/hora, moderado entre 200,00 y 350,00kcal/hora y pesado superior a 350,00kcal/hora (Decreto Ejecutivo 2393, 1986, p. 23)

**Tabla 1.2.** Límites de exposición permisibles para la exposición al calor, WBGT (°C)

Régimen de trabajo y descanso	Aclimatados				No aclimatados			
	Ligero	Moderado	Pesado	Muy pesado	Ligero	Moderado	Pesado	Muy pesado
100% trabajo	29,50	27,50	26,00		27,50	25,00	22,50	
75% trabajo, 25% descanso	30,50	28,50	27,50		29,00	26,50	24,50	
50% trabajo, 50% descanso	31,50	29,50	28,50	27,50	30,00	28,00	26,50	25,00
25% trabajo, 75% descanso	32,50	31,00	30,00	29,50	31,00	29,00	28,00	26,50

(ACGIH, 2011, p.185)

Los umbrales indicados en las tablas 1.1 y 1.2 expresan los niveles de estrés térmico por debajo de los cuales se considera que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos repetidamente sin sufrir efectos adversos para su salud.

La validez del índice WBGT viene determinado por el hecho de que sus valores se vinculan racionalmente bien con la respuesta fisiológica humana al calor, por lo cual la ACGIH lo incluyó en los valores de TLVs a inicios de la década de los setenta (Falagan, 2005, p.782).

La curva límite sólo se aplica a los trabajadores cuya vestimenta ofrezca una resistencia térmica aproximadamente de 0,60Clo, que se relaciona con el aislamiento térmico del vestido, que corresponde a ropa de trabajo de verano (Falagan, 2005, p.782).

La Norma Técnica ISO 7243 (1982), establece límites WBGT de exposición, que se presentan en la tabla 1.3, en función del gasto energético que desarrolla la persona en la realización de actividades clasificadas como “ligeras”, “pesadas”, y “muy pesadas”. Para este índice los límites se han calculado “en función del metabolismo y de los factores de aclimatación, para trabajadores en buen estado de salud y con un factor de aislamiento térmico de 0,60Clo”.

La velocidad del aire sólo interviene a partir de cierto valor del consumo metabólico y de forma cualitativa, aumenta 1 o 2°C los límites del índice WBGT, cuando esta velocidad del aire existe en el puesto de trabajo. Los umbrales cuando interviene factor velocidad del viento se presentan en la tabla 1.3 (Falagan, 2005, p.782).

**Tabla 1.3.** Valores límite índice WBGT para V=0 y V≠0

Consumo metabólico kcal/h	ÍNDICE WBGT límite (°C)			
	Persona aclimatada		Persona no aclimatada	
	V=0	V≠0	V=0	V≠0
≤100	33,00	33,00	32,00	32,00
100 – 200	30,00	30,00	29,00	29,00
200 – 310	28,00	28,00	26,00	26,00
310 – 400	25,00	26,00	22,00	23,00
>400	23,00	25,00	18,00	20,00

(Falagan, 2005, p.782)

V: velocidad del viento

Para hallar la fracción de tiempo (trabajo – descanso) que permita que el organismo pueda restablecer su balance térmico, se aplica la siguiente relación (Mondelo et al, 2001, p.783):

$$f(t) = \frac{A - B}{(C - D) + (A - B)} \times (60 \text{ min/h}) \quad [1.16]$$

Donde:

f (t): fracción de tiempo de trabajo respecto al total, e indica los minutos que se debe trabajar cada hora.

- A: índice WBGT límite en el descanso ( $M_b < 100$  kcal/h).
- B: índice WBGT en la zona descanso,
- C: índice WBGT en la zona de trabajo.
- D: índice WBGT límite en el trabajo.

Para una persona aclimatada al calor, que permanece en el lugar de trabajo durante la pausa, la expresión es (Falagan, 2005, p. 783):

$$f(t) = \frac{33-B}{33-D} \times (60) \text{ minutos/hora} \quad [1.17]$$

Cuando  $B \geq A$  las dos ecuaciones no son aplicables. Esta situación corresponde a un índice WBGT tal alto, que ni siquiera con un índice de actividad relativo ( $< 100,00$  kcal/hora) ofrece seguridad, debe adecuarse un lugar más fresco para el descanso de tal forma que  $B < A$  (Falagan, 2005, p. 783).

Falagan (2005), da a conocer que el Standard Advisory Committee on Heat Stress, y la Universidad de Lubbock de Texas (EEUU) corrigieron los criterios del índice WBGT e introdujeron los cambios presentados en la tabla 1.4 (p. 784).

**Tabla 1.4.** Criterios de modificación del índice WBGT

Factores	Modificaciones del índice WBGT (°C)
Persona sin aclimatar y físicamente no apta	-2 (sustraer 2°C al índice WBGT)
Velocidad del aire $> 1,5$ m/s y $T_{\text{aire}} < 35^\circ\text{C}$	+2
<b>ROPA DE TRABAJO</b>	
Pantalón corto o semidesnudo	+2
Chaqueta impermeable que interfiere en la evaporación	-2
Gabardina impermeable que interfiere en la evaporación	-4
Traje completo impermeable que interfiere en la evaporación	-5
Persona obesa o de edad avanzada	-1 a -2
Mujeres	-1

(Falagan, 2005, p. 784)

### **1.1.3 EXPERIENCIAS EN LA EVALUACIÓN DEL RIESGO DE ESTRÉS TÉRMICO**

Pourmahabadian, Adelhah y Azam(2008), utilizan el método del índice WBGT para evaluar el riesgo de estrés térmico en una fábrica de producción de vidrio en Tehran. Los investigadores clasifican el ambiente térmico en caliente seco, como el que se presenta en las líneas de producción de vidrio, en fábricas cuya producción requiere la utilización de hornos, calderos, secadores, tales como fábricas de producción de cerámica, cemento, refinerías, entre otras y caliente húmedo.

En el primer caso la carga térmica sobre los trabajadores proviene principalmente del calor sensible que escapa de las fuentes de calor y que se transmite por radiación y por convección.

En el segundo caso, el ambiente es humedecido por el vapor de agua que escapa de los procesos, tal como ocurre en fábricas con líneas de producción de papel, alimentos, lavanderías, textiles, entre otras.

Puesto que la capacidad de enfriamiento evaporativo es menor en un ambiente cálido húmedo que en un ambiente cálido seco, los trabajadores no pueden disipar el exceso de calor, a través del sudor en ambientes cálidos húmedos. Los resultados de esta investigación determinan que los trabajadores están bajo estrés térmico y los índices WBGT tanto en el área de prensas como en la de formado, sobrepasan el 100,00% el umbral establecido por la norma ISO 7243 (1982).

Además los investigadores reportan que el tiempo promedio de exposición permisible es de 12,26 y 13,50 minutos en una hora en las secciones investigadas. El informe reporta que no existe correlación significativa en las condiciones ambientales medidas a la altura de la cabeza, abdomen y los tobillos de los trabajadores.

Finalmente los investigadores en la discusión establecen que las condiciones térmicas de un ambiente cálido húmedo son una limitante para la aplicación del método. Agregan que el índice WBGT, que inicialmente se utilizó básicamente para determinar el riesgo de estrés térmico, prueba ser muy exitoso en el monitoreo del estrés térmico y en la reducción de las bajas causadas por este riesgo. Acotan que gracias a estos resultados pasa a ser uno de los índices más aceptados.

La colocación de barreras entre los trabajadores y los equipos que emiten energía radiante, reduce la carga calórica, pero aún así se supera la magnitud de los umbrales del índice de estrés térmico. Por esta razón los investigadores concluyen que los trabajadores pueden sufrir enfermedades profesionales, todo lo cual afecta a la productividad de la empresa, debido a que los trabajadores en las áreas estudiadas están sujetos a niveles inaceptables de calor. El estudio finaliza a nivel de identificación y valoración del riesgo pero no se completa con la etapa adicional de la gestión del riesgo.

Parikh, Ghodasara y Ramanathan(1978), como resultado de sus investigaciones realizadas en pequeñas y medianas industrias que fabrican productos de cerámica en la India, reportan, a través del índice WBGT, agudos problemas de estrés térmico en los trabajadores que desarrollan tareas de descarga manual de las piezas directamente del horno después de su cocción.

Estos investigadores encuentran que en cuatro industrias que fabrican piezas de cerámica en la India, las condiciones térmicas de trabajo, generan un severo estrés térmico en los trabajadores, en un ambiente con un índice WBGT entre 43°C y 54°C, y concluyen que esta situación ha desarrollado problemas en la salud de los trabajadores e incidencia negativa en la productividad de las empresas. Los investigadores no implementan medidas de gestión del riesgo.

Arce y Rojas (2007), utilizan el índice WBGT para realizar la investigación sobre la exposición a elevadas temperaturas de los operadores de hornos de cocción, en una fábrica de galletas de una industria costarricense, con un régimen de trabajo



de 8 horas por día. Estos investigadores reportan que los operadores de los hornos presentan taquicardia, asociada al aumento de la cantidad de oxígeno aportado a las células del organismo y del volumen de sangre que circula por los vasos sanguíneos, derivado de la exposición a ambientes calurosos. Los investigadores no implementan medidas de gestión del riesgo.

## **1.2 IMPACTOS DEL ESTRÉS TÉRMICO EN LA SALUD DEL TRABAJADOR**

LaDou (1993), en su libro “Medicina Laboral” señala cinco trastornos médicos, en orden de intensidad decreciente, debido al calor: fiebre térmica, agotamiento por calor, calambres, síncope y trastornos cutáneos.

El primer trastorno pone en peligro la vida, debido a pérdida del equilibrio térmico, que se manifiesta por disfunción cerebral con alteración del estado mental, hiperpirexia, alteración de los signos vitales y la piel en general está caliente y seca. Esta disfunción se presenta cuando el cuerpo alcanza una temperatura de 41,10°C (p. 139).

Los síntomas son mareos, debilidad, náuseas, vómitos, confusión, delirio y trastornos visuales. Además pueden presentarse convulsiones, colapso o inconsciencia. El autor de la obra puntualiza que máximo en una hora se debe reducir la temperatura central del cuerpo y regular los efectos secundarios. Puntualiza que la temperatura central del cuerpo debe ser mantenida alrededor de los 37°C.

El segundo efecto en importancia es el agotamiento por calor y se presenta cuando la temperatura central rebasa los 38°C. Los síntomas y signos incluyen sed intensa, debilidad, náusea, vértigos, cefalea, confusión mental, taquisfignia y piel seca.

Puede presentarse además síntomas de síncope y calambres por calor. El tratamiento en este caso, consiste en colocar al afectado en un ambiente frío, hidratarlo y compensar las sales perdidas con suero oral.

Los calambres por calor resultan de la pérdida de sodio en la sudoración que únicamente se reemplaza con agua. La sintomatología en este caso son las contracciones musculares lentas y dolorosas, espasmos intensos que duran entre uno y dos minutos. Para atender esta afección se traslada al trabajador a un lugar frío y se le proporciona una solución salina equilibrada (LaDou, 1993, p.141).

El síncope por calor provoca la pérdida brusca de la conciencia que es el resultado de una vasodilatación cutánea junto con hipertensión arterial consecutiva sistémica y cerebral.

El autor del tratado de Medicina Laboral, puntualiza que esta sintomatología se presenta durante o después de un trabajo intenso. Por lo general la presión sistólica es menor de 100 mm de mercurio (LaDou, 1993, p.141).

Los trastornos cutáneos debido al calor se manifiestan por la retención del sudor debido a la obstrucción de los conductos de las glándulas sudoríparas.

Inadecuadas condiciones termo higrométricas, pueden, en primer lugar, producir efectos fisiológicos directos sobre las personas, tales como resfriados, deshidratación y golpe de calor, en segundo lugar puede afectar su conducta, aumentar la fatiga y por tanto el riesgo de equivocarse, lo cual puede derivar en incidentes y accidentes laborales.

En los dos casos la situación conduce a una disminución del rendimiento y un aumento de la insatisfacción que genera la enfermedad y un trabajo mal hecho.

Realizar trabajos que requieren grandes esfuerzos físicos en ambientes muy calurosos pueden dar lugar al denominado estrés térmico, ya que en una situación de trabajo, cuanto más importante es el esfuerzo, mayor también es la cantidad de calor producida por el organismo, el mismo que se debe eliminar para mantener el equilibrio térmico y la temperatura del cuerpo alrededor de los 37°C.

### **1.3 ALTERNATIVAS DE GESTIÓN DEL RIESGO DE ESTRÉS TÉRMICO**

#### **1.3.1 GESTIÓN DEL RIESGO SOBRE EL AMBIENTE, EL TRABAJO Y EL TRABAJADOR**

WorkSafeBC (2005), en su programa de seguro con franquicia financiado totalmente por los empleadores de Columbia Británica, recomienda que para prevenir el riesgo de estrés térmico se actúe sobre los factores que inciden en el ambiente térmico del puesto de trabajo, tales como la temperatura del aire, el flujo de aire, la humedad y el calor radiante, provocado por hornos, calderos, secadores, entre otros equipos, que usualmente existen en la industria.

El segundo aspecto sobre el que recomienda actuar para prevenir el riesgo de estrés térmico es en el factor demanda de trabajo, esto es, en la cantidad de trabajo y la tasa de trabajo.

El documento de Publicaciones de Thistlerose (2007), puntualiza que trabajo como una materia económica se expresa en términos de trabajador-horas. Eso implica que el trabajador humano es como una máquina que produce cierta cantidad de salida por unidad de tiempo. Según esta referencia este tipo de trabajo es dominante en las economías primitivas donde una persona trabaja con las herramientas simples.

En economías más avanzadas, las máquinas asumen el control de gran parte de la función productiva. En este caso, según WorkSafeBC (2005), la productividad está en función de las horas – trabajador más el tiempo de operación de la máquina.

Rada (2007), en su artículo “Clasificación de indicadores”, señala que los indicadores operacionales miden el trabajo realizado, ya sea en función de la cantidad o de la calidad de él. El autor clasifica a los segundos en indicadores de

productividad, que relacionan el trabajo con el tiempo del recurso (horas-trabajador) y expresan el promedio de producción por unidad de tiempo, de costo promedio, que relacionan el trabajo con sus costos y los de calidad técnica, que relacionan el trabajo realizado con los índices de eficiencia aceptables o convenidos para dicho trabajo.

En general, expresan la proporción de trabajo realizado dentro de un determinado patrón o estándar. Finalmente concluye que el análisis de estos indicadores conlleva al ajuste de las acciones tendientes a prevenir daños en la salud del trabajador.

El Diccionario Oxford (2011), define a la tasa de trabajo como “la cantidad de energía que se gasta para realizar un trabajo físico”, o “la tasa a la cual se realiza un trabajo”. La tercera alternativa de acción para prevenir los riesgos de estrés térmico es sobre el factor “trabajador”. Las posibles medidas de prevención que se aplican son la aclimatación, la hidratación, la ropa de trabajo y las condiciones médicas.

### **1.3.2 MEDIDAS DE INGENIERÍA**

La ACGIH (2011), recomienda en general la implementación de medidas de ingeniería que permitan reducir la tasa metabólica, proveer adecuada circulación de aire, reducir la generación de calor provenientes de las operaciones y generación de vapor de agua y apantallar las fuentes de energía radiante (p.187).

Las medidas de ingeniería intentan controlar la fuente o causa de la generación del gasto energético. WorkSafeBC (2005), recomienda la automatización de los procesos a fin de reducir la demanda de trabajo. Plog et al (1996), puntualizan que los controles de ingeniería están encaminados a reducir el peligro y se concentran en medidas para reducir la demanda física de trabajo, reducir la ganancia de calor proveniente de fuentes externas tales como el aire caliente,

superficies calientes y potenciarla pérdida de calor externo, lo cual incrementa la evaporación por sudoración y decremento de la temperatura del aire (p. 336).

Ploget al. (2006), señalan que la evaporación del sudor es un mecanismo de eliminación de calor, pues el sudor, que es esencialmente agua, toma de la piel con la que está en contacto el calor necesario para el paso de estado líquido a vapor. Agregan que la eliminación del calor se produce sólo si el sudor se evapora y no por el mero hecho de sudar,(p. 322).

El costo metabólico de realizar un trabajo es uno de los mayores contribuyentes a la acumulación de calor en el trabajador, por tanto si se reduce la carga de trabajo se puede reducir en niveles importantes el nivel de estrés térmico. La forma de reducir la demanda física de trabajo o carga de trabajo usualmente incluye el uso de equipo automatizado o el cambio de procesos a fin de lograr la reducción del esfuerzo manual(p.334). (Plog et al., 2006, p. 337)

Falagan (2005), recomienda para prevenir el riesgo de estrés térmico la selección de equipos que emitan bajas cantidades de calor o que estén ubicados fuera de las áreas de trabajo (p.795). WorkSafe BC(2005), completa la recomendación e indica que se debe cubrir o aislar superficies calientes para reducir la cantidad de calor radiante y proteger a los trabajadores del calor radiante.

Para controlar el medio de difusión del calor, WorkSafe BC(2005), recomienda proporcionar un sistema de aire acondicionado o más ventilación para remover el aire caliente. Según ASHRAE 62 (1989), la ventilación permite conseguir control sobre la temperatura y la humedad. Según esta norma se requiere mínimo 20,00cfm OA (outside air, por sus siglas en Inglés) por trabajador (20 pies cúbicos por minuto de aire de renovación) (p.20).

Falagan (2005), puntualiza que la calidad del ambiente interior que está determinada por los factores de calidad del aire, ambiente térmico, ruido y vibraciones, radiaciones, aspectos ergonómicos y factores psicosociales, debe ser

de tal naturaleza que no perturben la salud del trabajador ni su capacidad de trabajo(p.547).

Al respecto la norma ASHRAE 62 (1989), indica que dentro de un recinto sin renovación de aire se acumula CO<sub>2</sub> generado por el metabolismo de las personas, a lo que se puede sumar el CO<sub>2</sub> resultante de procesos como los de quema de combustibles y establece como límite recomendado la concentración de 1000 ppm por encima de la concentración de CO<sub>2</sub> en el exterior, por lo que es necesario evacuar este contaminante mediante la renovación de aire a fin de garantizar confort en los trabajadores (p.24).

La norma UNE-EN 13779 (2007), establece para recintos en donde la acumulación de CO<sub>2</sub> se debe únicamente al metabolismo humano, una tolerancia máxima de  $\leq 400$  ppm para tener una calidad alta de aire y determina que una calidad de aire moderada se tiene cuando la concentración de CO<sub>2</sub> metabólico está entre 600 y 1000 ppm. La concentración superior a 1000 ppm de CO<sub>2</sub> determina una calidad de aire de nivel bajo.

Una ventilación inadecuada se caracteriza por insuficiente suministro de aire fresco, inadecuada distribución de aire, incorrecta filtración del aire que se inyecta del exterior, humedad relativa inadecuada. Porges y Porges (1974),establecen como caudal de renovación de aire 2 000,00 pie<sup>3</sup>/persona/h para fábricas en general y 3 500,00 pie<sup>3</sup>/persona/h para fábricas con atmósferas contaminantes (p.6).

El Real Decreto 486 (1997), establece como requisito para lugares de trabajo un caudal de aire de 30,00 m<sup>3</sup>/h para ambientes no calurosos y 50,00 m<sup>3</sup>/h para lugares restantes(p.36).

Falagan (2005), recomienda la ventilación general por dilución (entrada de aire fresco y salida de aire caliente) o el acondicionamiento, esto es, el aire de renovación debe tratarse previamente, es decir variar la temperatura y cantidad

de vapor de agua, o depende del tipo de industria la extracción localizada del aire interior, siempre y cuando exista una fuente de calor muy concreta, como hornos, reactores, calderos (p.542).

El Real Decreto 1027 (2007), proporciona los estándares de ventilación para edificios con diferentes usos, los mismos que se presentan en la tabla 1.5.

**Tabla 1.5.** Caudales de ventilación

Nivel de calidad	Definición de calidad	Sitios	l/s/persona
IDA 1	Aire de óptima calidad	Hospitales, clínicas, guarderías y laboratorios	20,00
IDA 2	Aire de buena calidad	Oficinas residencias, locales comunes de hoteles, salas de lectura, museos, aulas de enseñanza	12,50
IDA 3	Aire de calidad media	Edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, hoteles, restaurantes, gimnasios	8,00
IDA 4	Aire de calidad baja		5,00

(Real Decreto 1027, 2007, p.16; Hernández, 2006, NTP 742, p.7)

**Tabla 1.6.** Tasa de aire exterior

Nivel de calidad de aire	Unidad	Tasa de aire exterior por persona (Zona de no fumadores)	
		Intervalo típico	Valor por defecto
IDA 1	l/s/persona	>15,00	20,00
IDA 2	l/s/persona	10,00-15,00	12,50
IDA 3	l/s/persona	6,00-10,00	8,00
IDA 4	l/s/persona	<6,00	5,00

(Real Decreto 486, 1997, p.23.4; Hernández, 2006, NTP 742, p.7)

La tabla 1.6 presenta el volumen de aire requerido por persona en función de la calidad del aire interior.

La Norma ASHRAE 62 (1989), señala que cuando la actividad sea  $>1,20\text{met}$ , la tasa de aire exterior se incrementará en Factor de  $\text{met}/1,20$ . La Unidad “met” equivale a un flujo térmico de  $58,00\text{ W/m}^2$  ( $50,00\text{kcal/h/m}^2$ ).

La definición de “met” se deduce al considerar el flujo térmico equivalente a la generación media de calor de una persona en reposo ( $104,00\text{ W}$  o  $90,00\text{kcal/h}$ ), a través de la superficie corporal media de  $1,80\text{ m}^2$  (p. 24,27).

Hernández (2006), a través de la norma NTP 343, da a conocer que Fanger ha propuesto nuevas unidades de medida para cuantificar la contaminación del aire interior mediante su comparación con el olor producido por una fuente de contaminación bien conocida, como es el cuerpo humano, e introdujo las nuevas unidades que le permitirían evaluar el grado de calidad del aire interior: el olf y el decipol. Un olf (del latín olfactus) es la tasa de emisión de los contaminantes (bioefluentes) producidos por una persona estándar y  $1,00\text{decipol} = 0,10\text{olf/ (l/s)}$  (p.2,3).

Hernández (2006), a través de la norma NTP 742, da a conocer que el nivel IDA 1 de calidad del aire interior establece un máximo de  $350,00\text{ ppm}$  de  $\text{CO}_2$  y la calidad de aire percibida equivalente es de  $0,80\text{decipols}$ . Para un IDA 4 la tolerancia es de  $1\ 200,00\text{ ppm}$  para una calidad de aire percibida de  $3,00\text{decipols}$  (p.2).

El Decreto Ejecutivo 2393 (1986), del Ecuador en el Art., 53, numeral 2, establece “En los locales de trabajo cerrados el suministro de aire fresco y limpio por hora y trabajador será por lo menos de  $30,00\text{ m}^3$ , salvo que se efectúe una renovación total del aire no inferior a 6 veces por hora”. (p. 22).

Este cuerpo legal en su numeral 3., agrega “La circulación del aire en locales cerrados se procurará acondicionar de modo que los trabajadores no estén expuestos a corrientes molestas y que la velocidad no sea superior a  $15,00$  metros por minuto a temperatura normal, ni de  $45,00$  metros por minuto en ambientes calurosos. (p. 22).



Esta norma del Ecuador en su numeral 5 establece “Se fija como límites normales de temperatura<sup>o</sup>C de bulbo seco y húmedo aquellas que en el gráfico de confort térmico indiquen una sensación confortable; se deberá condicionar los locales de trabajo dentro de tales límites siempre que el proceso de fabricación y demás condiciones lo permitan”. (p. 22).

Falagan (2005), puntualiza sobre la necesidad de reducir la humedad y temperatura del aire, mediante la evacuación de calor, extracción localizada de aire o humos calientes y aporte de aire seco. Reducir la humedad por medio del uso de aire acondicionado y deshumidificadores o reducir las fuentes de humedad (por ejemplo, baños de agua abiertos, desagües, válvulas de vapor que tengan filtraciones)(p.794).

Falagan (2005), recomienda el rediseño de procesos, sobre todo aquellos que datan de tiempos en que la higiene industrial no estaba muy desarrollada como lo está al momento. El rediseño de procesos implica la reducción al mínimo de las pérdidas de energía por radiación, convección y conducción. (p. 793)

Agrega a su recomendación que se debe encapsular las fuentes de calor; sin embargo esta medida tiene que estar muy bien concebida ya que el calor se concentraría en un sitio confinado el cual puede convertirse en un área de alto riesgo laboral(p.791).Falagán (2005), recomienda el control de las emisiones de aire caliente con la instalación de campanas de aspiración, que permitan la extracción al exterior(p.795).

La literatura sobre el tema recomienda el aislamiento de las fuentes de calor radiante mediante el montaje de pantallas (Falagan, 2005, p.795; DE 2393, 1986, p. 23).

### **1.3.3 CONTROLES ADMINISTRATIVOS**

La ACGIH (2011), recomienda en general implementar medidas de control que potencien el cumplimiento de los límites máximos de exposición, que permitan la suficiente recuperación del trabajador y reduzcan la tensión fisiológica (p.197).

Si no son viables técnica ni económicamente las medidas de ingeniería existen como alternativa la implementación de controles administrativos o una combinación de los dos métodos, a fin de actuar sobre el trabajador al atacar los factores de tipo personal que contribuyen a provocar estrés térmico.

#### **a. Aclimatar a los trabajadores**

Falagan (2005), recomienda la instalación de cabinas climatizadas, medida que constituye una buena alternativa cuando el proyecto de ventilación es inaplicable. Recomienda una temperatura de 24,50°C para el área de descanso, la misma que debe estar lo más cerca posible del sitio de trabajo. Ciclos breves y frecuentes de trabajo – descanso, opina el investigador, que son más beneficiosos que períodos largos de trabajo – descanso (p. 794; DE 2393, 1986, p. 23).

El cuerpo se acostumbra a trabajar en ambientes calurosos. Este proceso, conocido como aclimatación, permite que el cuerpo modifique sus propias funciones para soportar mejor el estrés térmico y para remover el exceso de calor de manera más eficiente. La aclimatación brinda tres beneficios importantes: mejora el estado cardiovascular (tanto el ritmo cardíaco como la temperatura central del cuerpo permanecen bajas cuando se trabaja en un lugar caluroso), permite un incremento de la sudoración, lo que permite refrescar el cuerpo y baja el contenido de sal en el sudor, lo que ayuda a prevenir el agotamiento de la sal en el cuerpo; sin embargo aún puede producirse una pérdida considerable de sal, dado que el volumen total de sudoración aumenta.

#### **b. Supervisar a los trabajadores**

Los trabajadores no deben estar solos bajo condiciones que puedan causar estrés térmico. Deben ser supervisados con atención o trabajar en pares o grupos de modo que sea posible identificar los trastornos causados por calor y tratarlos a la brevedad.

Los supervisores necesitan asegurarse de que haya un sistema disponible y adecuado de primeros auxilios y deben establecer procedimientos de emergencia para enfrentar problemas serios como el agotamiento causado por calor y la insolación.

### **c. Determinar ciclos adecuados de trabajo-descanso**

Es preciso determinar y programar ciclos adecuados de trabajo-descanso de modo que los cuerpos de los trabajadores tengan suficiente tiempo para enfriarse. Los trabajadores no pueden confiar en que sus cuerpos les avisen cuando necesitan un período de descanso. Puede que cuando el trabajador llegue a sentirse enfermo ya sea muy tarde.

Es importante disponer de áreas frescas, áreas con sombra o buena ventilación, a las que ellos puedan dirigirse para tomar sus recreos y descansar. Tomar duchas o empaparse en agua fría, cuando posible, puede enfriar el cuerpo con bastante rapidez.

### **d. Programar el trabajo para minimizar la exposición al calor**

Falagan (2005), sugiere programar y organizar el trabajo con el fin de disminuir el tiempo de exposición al calor. Dentro de esta recomendación se plantean varias medidas (p. 795):

- Programar los trabajos físicos más arduos para la parte más fresca del día.
- Alternar las actividades de trabajo o utilizar más trabajadores para reducir la exposición al calor para los miembros del equipo de trabajo. Plog et al (1996), mencionan con alternativas para reducir la carga metabólica el incremento del número de trabajadores para racionalizar la distribución de la carga laboral y agregan que en caso de síntomas de tensión calórica es necesario reducir el sobretiempos de trabajo (p. 336).

- Para trabajo en interiores, programar todo trabajo rutinario de mantenimiento y reparación para cuando las operaciones en calor están cerradas.

#### **e. Reposición de fluidos**

Youle, T.y Parsons, K. (2009),recomiendan que se implemente un plan de hidratación con las correspondientes frecuencias, tipo de líquido y cantidad. Al respecto mencionan que se han producido algunas muertes debido al exceso en la cantidad de líquido ingerido, pues se causa desequilibrios en la proporción de los electrolitos y bajas concentraciones de sodio en el plasma, lo que causa la enfermedad conocida como hiponatremia.

Concluyen al sugerir que es importante beber agua sin suplemento de sal a una temperatura entre 10°Cy15°C, evitar bebidas que contengan cafeína o alcohol puesto que aumentan la deshidratación.

#### **f. Vestir ropas frescas**

Plog et al. (1996), recomiendan el uso de ropa adecuada al trabajo arduo y en condiciones de calor, lo cual ayuda al cuerpo a enfriarse. La ropa suelta hecha de materiales tales como algodón y seda permite el paso del aire. El aire que pasa sobre la piel ayudará a enfriar el cuerpo al evaporar el sudor de la piel. (p. 337).

Así en condiciones de ambiente laboral de índice WBGT 32°C y temperatura ambiente de38°C a una tasa moderada de trabajo de 260,00 W, un trabajador que utiliza ropa permeable de algodón puede trabajar por dos horas, pero si usa ropa impermeable al vapor el tiempo tolerado de trabajo se reduce a 30 minutos. Si utiliza ropa impermeable al agua, el tiempo de trabajo tolerado es aproximadamente de 70 minutos(p.338).

Se ha encontrado que la ropa de lana ayuda a disminuir el estrés térmico en condiciones de trabajo cercanas a fuentes de calor radiante y que a temperatura del aire superior a 35°C la ropa de lana desvía el calor radiante de la piel mientras que permite que el sudor se evapore (Plog et al, 2005, p.338).

#### **g. Control de la salud de los trabajadores**

Cabaleiro (2005), recomienda implementan un programa de vigilancia de la salud de los trabajadores, dentro del cual uno de los aspectos fundamentales es que conozcan de los riesgos del puesto de trabajo(p.115).

Ruiz-Frutos, García, Delclós y Benavides (2007), señalan que “la vigilancia, entendida como identificación, medición y seguimiento de los riesgos laborales y los daños a la salud, es una función diferente a la preventiva, aunque estrechamente vinculada con ésta”. Una evaluación de riesgos es una actividad de vigilancia de base colectiva, aunque a veces se realice en muestras de trabajadores (p. 47).

Plog et al. (1996), recomiendan al respecto que se tome muy en cuenta la historia médica del trabajador con énfasis en su intolerancia al estrés térmico e información relevante sobre los sistemas cardiovascular, respiratorio y nervioso, piel, hígado y riñones(p.335).Al respecto Mondeloet al. (2001), señalan que los indicadores fisiológicos de la tensión calóricageneralmente más utilizados son la frecuencia cardíaca, la temperatura interna y la pérdida de peso por sudoración(p.31).

## **2 METODOLOGÍA**

### **2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA**

EDESA es una empresa que se dedica a la fabricación de piezas sanitarias de cerámica, para el mercado nacional e internacional. Dentro de una producción anual de dos millones de unidades, se cuentan tasas sanitarias, tanques, tapas y lavabos. Los procesos y operaciones unitarias se indican en el Anexo IV. Figura AIV.1, Figura AIV.2 y Figura AIV.3.

Las materias primas principales que conforman la “pasta cerámica” están constituidas por materiales no plásticos, tales como feldespatos y sílice, de procedencia nacional y material plástico como la arcilla y caolines.

El esmalte que imparte color y brillantez al producto final, se prepara con feldespatos, sílice, fritas, caolín, material recuperado de la operación de esmaltado, colorantes, agua y materias primas molidas, tales como carbonatos, óxido de zinc, wollastonita, opacificantes, carboximetilcelulosa y aditivos.

### **2.2 EVALUACIÓN DEL RIESGO DE ESTRÉS TÉRMICO EN LA OPERACIÓN DE VACIADO**

La evaluación del riesgo de estrés térmico se inició con la sistematización de las tareas específicas del puesto de trabajo objeto de la presente investigación.

Se realizó una identificación general del proceso de vaciado, en la cual se detalló el tipo de máquinas y características generales de cada uno de los operarios que intervienen en la operación.

Se realizó un registro de video, lo que permitió identificar el detalle de las tareas manuales, de la operación macro de vaciado; tomas de fotografías y entrevistas a los trabajadores mencionados, todo esto en coordinación armónica con el Gerente de HSEQ de la empresa.

### **2.2.1 CLASIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES POR TIPO DE CARGA METABÓLICA**

Se utilizó los criterios de la INSHT (2006), NTP 177, “La carga física de trabajo: definición y evaluación” y de acuerdo a éstos se clasificó la carga en estática y dinámica y ésta a su vez se clasificó en manejo de cargas por transporte y manejo de cargas por elevación.

### **2.2.2 CRONOMETRAJE DEL TIEMPO DE DURACIÓN DE LAS TAREAS DE CADA ACTIVIDAD**

Una vez que se identificó las actividades y tareas de toda la operación unitaria de vaciado y se clasificó todas las actividades por tipo de carga, se procedió a registrar los tiempos con un cronómetro decimal, se aplica el método continuo de lectura.

### **2.2.3 CÁLCULO DEL CONSUMO DE ENERGÍA METABÓLICA**

El trabajador consume energía al realizar todas las actividades, esto es, lo que la INSHT (2006), NTP 177 denomina “metabolismo de trabajo”. La estimación de la actividad física máxima conlleva el considerar el consumo energético total, lo cual, según esta norma, considera los factores siguientes:

- a. Metabolismo basal.
- b. Metabolismo extra profesional o de ocio.
- c. Metabolismo de trabajo.

Según Chavarría (2006) se ha determinado experimentalmente que el metabolismo basal para un hombre de 70,00 kg es de “aproximadamente de 1700,00kcal/día y para una mujer de unos 60,00 kg de 1400,00 kcal/día”.

Según esta norma, dentro del metabolismo basal se incluye el metabolismo llamado de reposo que se refiere al consumo energético necesario para facilitar la

digestión y la termorregulación. Para la presente investigación se utilizó el Anexo V. Figura AV.1 para determinar el metabolismo basal de los trabajadores.

Chavarría (2006) señala que el metabolismo de ocio, definido como el “debido a otras actividades habituales, como puede ser el aseo, vestirse, etc., se estima como media un consumo de unas 600,00kcal/día para el hombre y de 500,00kcal/día para la mujer”. Para el caso de la presente investigación no se tomará en cuenta el valor energético de este metabolismo, pues los trabajadores no tienen durante la jornada de trabajo actividades de ocio.

Con base en el método descrito por Chavarría (2006), el metabolismo de trabajo se calculó al tener en cuenta dos factores:

- a. Carga estática (posturas).
- b. Carga Dinámica.
  - b.1 Desplazamiento.
  - b.2 Esfuerzos musculares.
  - b.3 Manejo de cargas.

Para el cálculo de los diferentes factores, en el anexo VI se incluyen las tablas con los valores promedio dados a conocer por la INSHT (2006), NTP 177.

La carga estática se calculó al reemplazar los datos de campo en la ecuación 2.1.

$$Carga\ estática = \frac{kcal}{min} \times \frac{60\ min}{h} \times \frac{h}{jornada} \quad [2.1]$$

El valor de la energía que el trabajador gasta en desarrollar su actividad se tomó del anexo VI, tabla AVI.1 . Carga estática (posturas), en función de la posición real en la que el trabajador desarrolla dicha actividad.

La carga dinámica se calculó al reemplazar los datos de campo en la ecuación 2.2.

$$Carga\ dinámica = \frac{Kcal}{min} \times \frac{60\ min}{h} \times \frac{h}{jornada} \quad [2.2]$$



La energía que gasta el trabajador en realizar una tarea se tomó del Anexo VI, tabla AVI.2. Carga dinámica, esfuerzos musculares, en función del tipo de esfuerzo que realiza.

La carga dinámica de energía por los desplazamientos que debe realizar el trabajador en la ejecución de la tarea, se estimó al reemplazar la información recopilada en campo, en la ecuación 2.3 y se consideró como base el gasto energético que se detalla en el Anexo VI, tabla AVI. 3.

$$Carga\ dinámica = \frac{kcal}{m} \times \frac{m}{h} \times \frac{h}{jornada} \quad [2.3]$$

La carga dinámica por transporte de cargas se calculó al reemplazar los datos de campo en la ecuación 2.4 que según Chavarría (2006), fue propuesta por Spitzer y Hettinger (1966) y la modificaron Guelaudet al. (1975).

$$E = n[L(K1 + K2) + H1(K3 + K4) + H2(K5 + K6)]... \quad [2.4]$$

Donde:

E: consumo de energía, kcal/hora

N: número de veces que se realiza una operación

L: longitud del recorrido, m

H1: altura total del levantamiento o bajada, m

H2: desnivel vertical en metros a subir o descender por recorrido

K1: constante de consumo de energía en función del peso que se transporta en un sentido, kcal/m

K2: constante de consumo de energía en función del peso que se transporta en sentido opuesto, kcal/m

K3: constante de consumo de energía en función del peso que se levanta, kcal/m

K4: constante de consumo de energía en función del peso que se baja, kcal/m

K5: constante de consumo de energía al subir, kcal/m

K6: constante de consumo de energía al bajar, kcal/m

El consumo de energía por manejo de cargas, expresado en kcal/m se toma del anexo VI, tabla AVI.4

El metabolismo total de trabajo por jornada laboral se obtuvo por la sumatoria de los valores de gasto parcial de energía, a los que, según Mondelo et al. (2001), se añadió la carga basal. Los resultados se presentan en el capítulo III. Resultados.

La fuerza de empuje de los coches cargados con 30 pocetas, cuyo peso unitario es de 18,00 kilogramos, se utilizó las ecuaciones de la fuerza de rozamiento estático y fuerza de rozamiento dinámico, 1.1 y 1.2 respectivamente.

Las unidades de fuerza se trasladaron a unidades de trabajo y con base en la distancia recorrida por el trabajador al empujar el coche se calculó el equivalente en unidades de energía por viaje de coche cargado. Para el cálculo de la carga metabólica total se tomó en cuenta el número de viajes por jornada laboral.

#### **2.2.4 CÁLCULO DEL METABOLISMO BASAL**

El metabolismo basal se calculó en base al método, que presenta Álvarez (1996), en el Manual de Higiene Industrial, en el que relaciona el metabolismo basal como una función del peso.

#### **2.2.5 DETERMINACIÓN DEL NIVEL REAL DE ACTIVIDAD**

Para determinar si el trabajador desarrolla un trabajo ligero, mediano o pesado, se comparó el metabolismo total del trabajo calculados del puesto de trabajo, con los datos referenciales presentados por Chavarría (2006), en la NTP 177 e indicados en la tabla 2.1.

Según Chavarría (2006), se admite que para una actividad física profesional, repetida durante varios años, el metabolismo de trabajo no debería pasar de 2000,00

– 2500,00kcal/día, cuando se sobrepasa este valor el trabajo se considera pesado.

**Tabla 2.1.** Límites del metabolismo del trabajo

Nivel de actividad	Criterio (kcal/jornada)
Trabajo ligero	<1600,00
Trabajo medio	1600,00-2000,00
Trabajo pesado	>2000,00

(Chavarría, 2006, NTP 177, p.30)

## 2.2.6 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE WBGT<sub>LÍMITE EN EL TRABAJO</sub>

La jornada laboral establecida por el Ministerio del Trabajo y Empleo, es de 8 horas por día, se tomó en cuenta este factor legal y el valor del metabolismo total por jornada de trabajo y se determinó el metabolismo total del trabajo por hora.

La carga energética por hora resultante se comparó con el umbral (TLV-thresholdlimitvalue, por sus siglas en Inglés) establecido en la norma ISO 7243 (1982), y presentado en la tabla 1.3. Como resultado de esta comparación se obtuvo el índice WBGT<sub>límite en el trabajo</sub>.

Este límite se comparó con el índice WBGT<sub>trabajo</sub>, esto es, el medido con el equipo y verificado a través del cálculo con la ecuación 1.11. De esta comparación se obtuvo la conclusión final de si el trabajador está o no sobreexposto.

## 2.2.7 DETERMINACIÓN DEL MICROCLIMA LABORAL, A TRAVÉS DEL ÍNDICE WBGT

La temperatura ambiente, la humedad relativa y el índice WBGT en el puesto de trabajo (WBGT<sub>trabajo</sub>), se midieron con el equipo WBGT-103 HeatStrokechecker, que se observa en la figura A1.1 del Anexo 1.

Las especificaciones técnicas del equipo presentado son las siguientes:

Aplicación	Medición del índice WBGT bajo condiciones térmicas extremas
Lecturas	Índice WBGT, temperatura ambiente, humedad relativa y temperatura de globo.
Rango de lectura	WBGT: 0-50 °C Temperatura: 0-50 °C Humedad relativa: 10-90% Temperatura de globo: 0-60 °C WBGT: $\pm 2,00$ °C (15-35 °C):
Precisión	Temperatura °C: $\pm 1,00$ °C (14-40 °C) Humedad Relativa: $\pm 5,00$ °C (20-80%) Temperatura de globo: $\pm 2,00$ °C (15-50°C)
Temperatura de almacenamiento	0-50°C (al interior)
Fuente de poder	1,50 V-Baterías alcalinas AAA

Los trabajadores se desplazan en una longitud de 35,00 metros, a lo largo de lo cual están distribuidos los 50 moldes de cuya operación es responsable un vaciador. El segundo grupo de moldes de cuya operación es responsable el segundo vaciador, igualmente se distribuyen a lo largo de 50,00 metros., que son recorridos por este trabajador.

Las medidas de la temperatura ambiente, la humedad relativa y el índice WBGT, se realizaron en los extremos y en el centro del tren de moldes. Las mediciones de la temperatura ambiente, humedad relativa, temperatura de globo e índice

WBGT se realizaron a la altura del abdomen del trabajador como lo sugiere Falagan (2005), para condiciones homogéneas de diseño del área.

### **2.2.8 VERIFICACIÓN DE LA CALIBRACIÓN DEL EQUIPO Y DEL WBGT<sub>TRABAJO</sub> MEDIDO CON EL WBGT<sub>TRABAJO</sub> CALCULADO CON LA ECUACIÓN**

Con base en el diagrama sicrométrico de la figura A.VII.1 del Anexo VII, se determinó:

- a. Temperatura húmeda psicrométrica ( $T_b$ )
- b. Presión parcial del vapor de agua en saturación ( $P_s$ )
- c. Presión parcial del vapor de agua a la temperatura ambiente.

Para verificar tanto la calibración del equipo como la precisión del índice WBGT<sub>trabajo</sub> medido con el equipo, se aplicó la ecuación 1.11 aplicada al trabajo.

$$\text{WBGT}_{\text{trabajo}}(\text{calculado}) = 0,7T_b + 0,3T_g$$

Se aplicó el siguiente procedimiento:

1. Se colocó el valor de la temperatura ambiente, denominada también, temperatura del aire seco ( $T_a$ ) en abscisas, escala de temperatura<sup>°C</sup> del diagrama sicrométrico.
2. Se proyectó la vertical hasta la curva de saturación(100,00%) y se obtuvo en ordenadas, la presión parcial del vapor de agua en saturación ( $P_s$ )

Se aplicó la ecuación siguiente:

$$HR = \frac{P_a}{P_s} \quad [2.5]$$

Donde:

HR: humedad relativa, %

$P_a$ : presión parcial del vapor de agua, kPa

$P_s$ : presión de saturación, kPa

3. Como se conoce la HR, medida con el equipo, se despejó  $P_a$  en la ecuación 2.5 y se reemplazó valores, con lo que se obtuvo el valor de la presión parcial del vapor de agua a la temperatura ambiente.
4. Se colocó el valor de  $P_a$  en ordenadas del diagrama sicrométrico del anexo VII y se proyectó la horizontal hasta encontrar la línea de la temperatura de bulbo húmedo ( $T_b$ ).
5. Con los valores de ( $T_b$ ) y ( $T_g$ ), se aplicó la ecuación 1.11 y se obtuvo el índice  $WBGT_{trabajo}$ , que se lo denominó  $WBGT_{trabajo}$  calculado, para diferenciarlo del medido con el equipo.
6. Finalmente se aplicó el test de significancia, sugerido por la IS:6200 (1972), (Statistical test of significance), para determinar si las variaciones encontradas fueron o no significativas. (p. 12)

Esta verificación se hizo en el trabajo de campo, a las 06h00, de inicio del trabajo de investigación, a fin de tener certeza de que lo que se medía inicialmente era lo correcto y sobre esta base continuar durante toda la jornada de trabajo y se realizó las mediciones correspondientes.

En cuanto al alcance de la norma, ésta se aplica en aquellos sitios, donde se requiera determinar las condiciones térmicas elevadas, a las que se exponen los trabajadores con motivo o en ejercicio de su trabajo; para proteger su salud contra la sobrecarga calórica (Heat Stress) como la causa que provoca en el individuo el efecto psicofisiológico denominado tensión calórica (Heat Strain) (Mondelo et al, 2001, p.16).

### **2.2.9 FRACCIÓN DEL TIEMPO DE TRABAJO**

Se observó que los trabajadores del puesto de trabajo, objeto de la investigación, laboran varios años en la planta y están aclimatados. Permanecen 5 minutos de pausa en el mismo sitio de trabajo y se sirven una taza de agua aromática. En la práctica no tienen pausa y permanecen todo el tiempo de trabajo en la misma área del puesto de trabajo, por lo tanto  $B=C.$ , en la ecuación 1.16, que se utiliza para calcular la fracción del tiempo de trabajo que puede trabajar sin estar sobreexposto.

Falagan (2005), destaca que si se trata de un trabajador aclimatado al calor, que permanece en el lugar de trabajo durante la pausa, la fracción de tiempo de trabajo se determina en base a la ecuación 1.17 (p. 780).

### **2.3 PROPUESTA DE MEDIDAS DE GESTIÓN DEL RIESGO**

La empresa manifestó su política de implementar medidas de bajo costo y mediano costo. Esta posición de la empresa se utilizó como criterio de referencia en la toma de decisiones inherentes a la implementación de las medidas de gestión del riesgo. Entre las alternativas que se evaluaron con potencial de reducir el nivel de estrés térmico del trabajador se tienen las indicadas en la tabla 2.2. Los criterios de clasificación del costo están dados en la tabla 2.2.

La Empresa, por su parte ya ha implementado una medida de control mediante la instalación de ventiladores en el área de vaciado. Al respecto WorkSafeBC (2005), previene que si la temperatura del aire circundante es mayor de 35°C, usar ventiladores puede aumentar el riesgo de que los trabajadores sufran estrés térmico. No se ha evaluado la eficacia de esta medida de control.

La referencia indica que siempre hay una capa delgada de aire atrapada sobre la piel, que la protege del contacto directo con el aire más caliente del medio ambiente. Si es que la temperatura del aire es más alta que la de la piel (cuya

temperatura es por lo general de 35°C), el movimiento del aire producido por ventiladores o viento a temperatura alta puede anular esta capa protectora de aire y causar que el aire del medio ambiente caliente el cuerpo. Esto se conoce como calor de convección. Usar una prenda de vestir suelta ayuda a mantener esta capa protectora de aire.

Para determinar los costos de implementar las medidas de ingeniería se tomaron en cuenta los costos de los materiales y el de la mano de obra. Si el costo se ubicó dentro de los criterios de bajo y mediano costo se procedió a su implementación.

Para determinar el costo de implementar las medidas administrativas se tomó en cuenta fundamentalmente el valor del salario, bonificaciones, horas extras y demás prestaciones del personal adicional.

#### **2.4 IMPLEMENTACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE LAS MEDIDAS DE GESTIÓN DEL RIESGO.**

Una vez que se ha determinado la sobreexposición del trabajador, se procedió a evaluar la viabilidad técnica y económica de las alternativas administrativas planteadas en la tabla 2.2.

Para medir la eficacia de las medidas de control de bajo costo y costo medio, se procedió a su implementación y se realizó una nueva estimación del indicador de estrés térmico, se utilizó los tiempos estándar medidos.



**Tabla 2.2.** Propuesta de medidas de gestión del riesgo

Tipo de medida	Referencia	Costo (USD)	Criterio de costo (\$)			Productividad
			Bajo (Hasta \$10 000,00)	Mediano (\$10 000,00 a 100 000,00)	Elevado (\$100 000,00 a 200 000,00)	
Focalización de la energía del aire caliente en los trenes de 100 moldes que contiene la pieza cerámica	El autor de la presente investigación					Potencia un incremento al mejorar el microclima del puesto de trabajo
Implementar sistema de ventilación	ASHRAE 62 (1989)	Por determinar en el presente estudio			x	Potencia un incremento al mejorar el microclima del puesto de trabajo.
Rediseño de coches para transportar pocetas	El autor de la presente investigación	Por determinar		x		
Incrementar el número necesario de trabajadores	Falagan (2005)	Por determinar	x			No se afecta
Reprogramar esquema de trabajo	Falagan (2005)					No se afecta

### **3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3.1 PROCESOS Y OPERACIONES UNITARIAS**

El presente estudio se lo realizó en la empresa EDESA la cual se dedica a la fabricación de piezas sanitarias de cerámica.

Se llevó a cabo un estudio preliminar del proceso de producción de la empresa a fin de detallar las principales operaciones unitarias que se realizan.

Las principales operaciones unitarias son las siguientes:

- a. Recepción de materiales plásticos, no plásticos y de preparación de esmalte.
- b. Procesamiento de materiales plásticos
- c. Procesamiento de materiales no plásticos
- d. Preparación de la pasta cerámica
- e. Proceso de vaciado (formación o casting)
- f. Secado de piezas cerámicas en crudo a una temperatura de 100°C
- g. Inspección cruda
- h. Formulación de solución de esmalte
- i. Esmaltado
- j. Cocción en hornos a 1198°C – 1 200°C
- k. Inspección de piezas cerámicas, se toma como referencia normas INEN, ANSI y CSA (asociación canadiense de normalización)
- l. Almacenamiento.

Las actividades antes mencionadas se desarrollan en un área cubierta de 2 050,10 m<sup>2</sup>, para lo cual se utilizan los siguientes equipos: balanza, tanques (blunger), tamices, molinos de bolas, cisternas, agitadores y equipos de laboratorio. Esta área cuenta con un grupo de 19 trabajadores, para el desarrollo de sus labores.

##### **3.1.1 PREPARACIÓN DE PASTA**

Los materiales plásticos feldespato y sílice se pesan y transfieren al molino de tambor giratorio. Se procede a la molienda por vía húmeda de la mezcla dosificada de materiales plásticos hasta lograr la granulometría establecida por control de calidad. Las siguientes operaciones son el tamizado y transferencia de la mezcla a tanques de almacenamiento provistos de sistemas agitación. La mezcla tiene aproximadamente un 62,00% de sólidos.

La arcilla y caolines, que son materiales plásticos, son pesados en proporciones definidas por control de calidad y transferidos a mezcladoras. La mezcla se pulveriza y homogeniza constantemente mediante sistemas de agitación.

El producto líquido de 62,00% de sólidos, compuesto de los materiales no plásticos en proporciones de fórmula se bombea a un tanque en donde se adiciona la solución de feldespatos y la sílice previamente acondicionada. Se agrega aditivos a la mezcla y se homogeniza. El producto resultante ahora se conoce como “pasta de cerámica”, la misma que es almacenada en tanques provistos de sistemas de agitación.

La pasta es sometida a una operación de tamizado final para luego ser almacenada en cisternas provistas con agitadores, desde donde es bombeada a las áreas de formación, conocida como “vaciado”. Los parámetros que definen la calidad de la pasta son la reología, el peso específico, la granulometría y la viscosidad. La empresa cuenta con normas de empresa en las que se establecen los requisitos de calidad de la pasta.

### **3.1.2 FORMACIÓN DE POCETAS**

La presente investigación se realizó en una de las áreas de vaciado, denominada “circuito grande”, en la que cada operación macro se cumple con una serie de subprocesos en su mayoría manuales, que requieren ser evaluados para identificar riesgos potenciales de estrés térmico. Uno de los procesos de interés

para la empresa es el de vaciado o formación de piezas crudas o también denominada “formación en verde” de las piezas sanitarias.

En el área de vaciado de pocetas sanitarias, “circuito grande: objeto de la presente investigación, laboran 70 trabajadores. Las actividades generales de la operación de vaciado del modelo 5720-5710, realizadas en máquina EVP1 M006/P1-VC-MP-06, son las siguientes:

- a. Preparación de las molduras
- b. Llenado de los moldes con pasta
- c. Acabado interior de la poceta
- d. Desconche
- e. acabado exterior
- f. Pulido de pocetas

Cada actividad a su vez, se desagrega en tareas que se detallan en el numeral 3.2.

Como se observa en la figura 3.1, cada tren de 50 moldes de yeso cuenta con 2 tanques a los que se bombea la pasta desde el tanque central. Se ha instalado una línea de venteo sobre los moldes. La pasta se alimenta desde los dos extremos, por gravedad por tubería conectada en la parte inferior de los moldes, de tal forma que la alimentación de pasta se realiza de abajo hacia arriba. A medida que el nivel de pasta sube en los moldes el aire contenido en éstos se evacúa por la línea de venteo. Luego de aproximadamente 20 minutos, los moldes están llenos y se procede a cerrar la válvula de alimentación de pasta.

El tiempo de permanencia de la pasta en el molde se denomina “tiempo de formación”, que en promedio es de 50 minutos, durante el cual parte de la humedad se evapora a través de las paredes porosas del molde de yeso. La humedad promedio de la poceta al finalizar el tiempo de formación es de aproximadamente 23,00%.



**Figura 3.1.** Fotografía de dos líneas de 50 moldes cada una (EDESA, 2011)

La empresa ha instalado una tubería aérea con la finalidad de trasladar el aire caliente de los hornos hacia el área de vaciado. El objetivo es mantener el área climatizada para lograr optimizar el tiempo de formación de las pocetas de cerámica, esto es, el tiempo en que se ha evaporado parte de la humedad de la pasta inyectada al molde de yeso y el sanitario adquiere cierta consistencia que permite sacarlo del molde y someterlo a las demás operaciones de terminado.

La tubería que se observa en la figura 3.2 en el área de interés no está aislada, por lo que la transferencia de calor es básicamente por conducción.

Además a lo largo de los 35,00 metros del tren de modelos de yeso la tubería de conducción de calor tiene cinco aberturas (dampers), a intervalos de siete

metros, por donde sale el aire caliente directamente al ambiente del área de vaciado.

No se ha evaluado la cantidad de energía requerida para los propósitos de optimizar el tiempo de formación, ni la cantidad de energía recuperada que ingresa al área.



**Figura 3.2.** Fotografía que muestra la canaleta aérea por donde se conduce el aire caliente al área de vaciado (EDESA, 2011)

El aire caliente que ingresa no se focaliza en los moldes en donde se requiere calor para el secado de las piezas, sino que ingresa por la parte superior y se distribuye primero sobre los trabajadores. El aire caliente es más liviano y tiende a quedarse en la parte superior, calentado más bien el área de trabajo que el sector de los moldes que contienen las piezas en etapa de formación.

Como se observa en la figura 3.3, sobre el tren de moldes se ha instalado una secuencia de 10 ventiladores por tren de 50 moldes, esto es el puesto de trabajo

tiene instalado y en operación 20 ventiladores, cuyo propósito es favorecer la remoción de la humedad de la pieza de cerámica contenida en el molde.

Los ventiladores no operan el 100,00% del tiempo, sino que a criterio del trabajador prenden y apagan en número variable de equipos.

Las pocetas que se desconcharon se dejan al ambiente en el tiempo luego de la jornada y la noche, sobre transportadores de rodillos y en coches, con lo cual parte de la humedad se evapora.



**Figura 3.3.** Fotografía que muestra los ventiladores instalados en el área de vaciado (EDESA, 2011)

En las tablas 3.1, 3.2 y 3.3 se presenta ejemplos de planes de producción que se cumplen diariamente y por semana.

**Tabla 3.1.** Registro de fabricación de vaciado. Modelo 1260. Semana 1

<b>Primer lote del día del primer tren de 50 moldes</b>	<b>lunes</b>	<b>martes</b>	<b>miércoles</b>	<b>jueves</b>	<b>viernes</b>
Número de llenadas	39	41	43	45	47
Hora inicio de llenado	07h15	06h20	06h55	06h55	06h40
Tiempo neto de llenado (min)	20,00	20,00	20,00	20,00	15,00
Espesor testigo (mm)	9,80	9,80	9,20	9,70	9,60
Tiempo de formación (min)	50,00	50,00	50,00	55,00	55,00
Tiempo de drenado (se inyecta aire a 2,50-2,80 psi) (min)	18,00	13,00	15,00	15,00	13,00
Tiempo de secado (min)	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Hora de desconche	08h40	08h45	08h20	08h20	08h15
Número de piezas con defectos de calidad	0			0	0
<b>Segundo lote del día del primer tren de moldes</b>	<b>lunes</b>	<b>martes</b>	<b>miércoles</b>	<b>jueves</b>	<b>viernes</b>
Número de llenadas	40	42	44	46	48
Hora inicio de llenado	11h45	11h35	11h15	11h20	11h15
Tiempo neto de llenado (min)	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Espesor testigo (mm)	9,80	9,80	9,70	9,80	9,80
Tiempo de formación (min)	50,00	50,00	55,00	60,00	60,00
Tiempo de drenado (se inyecta aire a 2,50-2,80 psi) (min)	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Tiempo de secado (min)	20,00	20,00	20,00	20,00	25,00
Hora de desconche	13h00	13h00	12h45	12h45	12h50
Número de piezas con defectos de calidad	0	1	0	1	1

(EDESA, 2011)



**Tabla 3.2.** Registro de fabricación de vaciado. Modelo 1260. Semana 2.

<b>Primer lote del día del primer tren de 50 moldes</b>	<b>lunes</b>	<b>martes</b>	<b>miércoles</b>	<b>jueves</b>	<b>viernes</b>
Número de llenadas	49	51	53	55	57
Hora inicio de llenado	07h25	06h35	06h40	06h45	06h35
Tiempo neto de llenado (min)	26,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Espesor testigo (mm)	9,70	9,80	9,70	9,80	9,70
Tiempo de formación (min)	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00
Tiempo de drenado (se inyecta aire a a 2,50-2,80 psi) (min)	14,00	15,00	19,00	12,00	12,00
Tiempo de secado (min)	20,00	20,00	20,00	29,00	30,00
Hora de desconche	08h59	08h05	08h10	08h15	08h08
Número de piezas con defectos de calidad	1	1	0	0	
<b>Segundo lote del día del primer tren de moldes</b>	<b>lunes</b>	<b>martes</b>	<b>miércoles</b>	<b>jueves</b>	<b>viernes</b>
Número de llenadas	50	52	54	56	57
Hora inicio de llenado	11h35	11h50	10h40	11h05	11h35
Tiempo neto de llenado (min)	26,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Espesor testigo (mm)	9,80	9,80	9,70	9,70	9,80
Tiempo de formación (min)	60,00	60,00	60,00	60,00	55,00
Tiempo de drenado (se inyecta aire a 2,50-2,80 psi) (min)	13,00	15,00	13,00	12,00	12,00
Tiempo de secado (min)	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Hora de desconche	13h05	12h20	12h10	12h40	12h50

Número de piezas con defectos de calidad	0	0	0	0	0
------------------------------------------	---	---	---	---	---

(EDESA, 2011)

**Tabla 3.3.** Registro de fabricación de vaciado. Modelo 1260. Semana 3

<b>Primer lote del día del primer tren de 50 moldes</b>	<b>lunes</b>	<b>martes</b>	<b>miércoles</b>
Número de llenadas	59	61	63
Hora inicio de llenado	07h00	06h50	06h55
Tiempo neto de llenado (min)	20,00	20,00	20,00
Espesor testigo (mm)	9,70	9,80	9,80
Tiempo de formación (min)	50,00	55,00	55,00
Tiempo de drenado (se inyecta aire a 2,50-2,80 psi) (min)	15,00	15,00	15,00
Tiempo de secado (min)	20,00	20,00	20,00
Hora de desconche	08h29	08h15	08h20
Número de piezas con defectos de calidad	0	0	1
<b>Segundo lote del día del primer tren de moldes</b>	<b>lunes</b>	<b>martes</b>	<b>miércoles</b>
Número de llenadas	60	62	64
Hora inicio de llenado	11h15	11h00	11h25
Tiempo neto de llenado (min)	20,00	20,00	25,00
Espesor testigo (mm)	9,80	9,80	9,70
Tiempo de formación (min)	50,00	55,00	60,00
Tiempo de drenado (se inyecta aire a 2,50-2,80 psi) (min)	15,00	15,00	15,00
Tiempo de secado(min)	20,00	20,00	25,00
Hora de desconche	12h40	12h35	13h00
Número de piezas con defectos de calidad	0	0	0

(EDESA, 2011)

### **3.1.3 SECADO EN VERDE**

Esta operación se la realiza en secaderos con aire caliente. El aire seco caliente se introduce en la cámara de secado. La temperatura es controlada a 70°C y las piezas permanecen en la cámara hasta que la humedad de las mismas sea de aproximadamente 0,50%. Luego las piezas de cerámica se transportan al área de inspección cruda y finalmente se transfieren al área de esmaltado.

### **3.1.4 FORMULACIÓN DEL ESMALTE**

El esmalte que se prepara utiliza como materias primas: arcilla, carbonato de calcio, feldespatos, pigmentos, silicato de zirconio, carbonato de bario, sílice, y fritas, que son un barniz. La mezcla de estos materiales en las cantidades de fórmula más una determinada proporción de agua, se someten a operación de molienda en molinos de bolas.

La mezcla húmeda se muele aproximadamente por cinco horas, hasta lograr un tamaño de partícula con un número de malla menor a 325. La mezcla molida se filtra y su viscosidad se regula al utilizar CMC (Carboximetil celulosa). La mezcla de esmaltado se almacena en un tanque y está lista para aplicarse a las piezas cerámicas.

### **3.1.5 APLICACIÓN DEL ESMALTE**

Para la aplicación del esmalte se utiliza pistolas de atomización con aire, luego de lo cual se cargan manualmente en coches que se traslada a la zona de quema o cocción.

### **3.1.6 COCCIÓN EN HORNOS**

Las piezas de cerámica ya esmaltadas se someten a cocción a la máxima temperatura entre 198°C y 200°C.

La máxima temperatura en los hornos de quema es de 1200°C. Los hornos de quema constan de la zona de quema hasta 1200°C y la zona de enfriamiento. El horno dispone de un equipo automático de control de temperatura, que permite programar y controlar las fases de quema y la de enfriamiento.

El sistema permite controlar que se mantenga el adecuado perfil de temperatura de quema y de enfriado. Luego de la quema el producto es inspeccionado y almacenado en bodega.

En el Anexo IV, las figuras AVI.1, AVI.2 y AVI.3 presentan los diagramas de flujo de las operaciones unitarias mencionadas.

## **3.2 EVALUACIÓN DEL RIESGO DE ESTRÉS TÉRMICO EN LA OPERACIÓN DE VACIADO**

### **3.2.1 PUESTO DE TRABAJO**

La investigación se realizó en el puesto de trabajo de vaciado en el que se encuentra instalada la máquina EVP1 M006/P1-VC-MP-06, integrado de cuatro tanques de alimentación de pasta y dos trenes de 50 estaciones de vaciado cada uno, que dan un total de 100 moldes. En la máquina laboran dos vaciadores aclimatados y un ayudante aclimatado.

La tabla 3.4 presenta los datos de los trabajadores que labora en el puesto de trabajo objeto de la investigación.

Los trabajadores del puesto de trabajo objeto de la investigación, que se observan en la figura 3.4, laboran en un solo turno que inicia a las 06h00 hasta las 14h30, con un intervalo de tiempo de 30 minutos dedicados a servirse el almuerzo.

**Tabla 3.4.** Información de los trabajadores que operan la máquina EVP1 M006/P1-VC-MP-06

Vaciador principal de una línea de 50 moldes de la máquina EVP1 M006/P1-VC-MP-06		Vaciador principal de una segunda línea de 50 moldes de la máquina EVP1 M006/P1-VC-MP-06		Ayudante de los dos vaciadores de la máquina EVP1 M006/P1-VC-MP-06	
Datos del trabajador		Datos del trabajador		Datos del trabajador	
Código del trabajador	W1	Código del trabajador	W2	Código del trabajador	W3
Sexo	Masculino	Sexo	Masculino	Sexo	Masculino
Edad	38 años	Edad	32	Edad	32
Fecha ingreso a EDESA	1998	Fecha ingreso a EDESA	2007	Fecha ingreso a EDESA	2007
Puesto anterior en producción	En vaciado como ayudante	Puesto anterior en producción	En vaciado como ayudante	Puesto anterior en producción	En vaciado como ayudante
Desde/hasta	1998 sigue	Desde/hasta	2007 sigue	Desde/hasta	2007 sigue
Tiempo en este puesto	Aproximadamente sobre los 11 años	Tiempo en este puesto	Pasó a ser vaciador principal a finales del 2007	Tiempo en este puesto	Pasó a ser vaciador principal a finales del 2007
Ingreso a Vaciado	1998	Ingreso a Vaciado	2007	Ingreso a Vaciado	2007
Tiempo de trabajo en vaciado	13 años	Tiempo de trabajo en vaciado	4 años	Tiempo de trabajo en vaciado	4 años
Peso (kg)	70,00	Peso (kg)	70,00	Peso (kg)	70,00
Metabolismo basal	1 000,00 kcal/h, esto es 2,083 kcal/min	Metabolismo basal	1000,00kcal/h, esto es 2,083 kcal/min	Metabolismo basal	1 000,00kcal/h, esto es 2,083 kcal/min
Talla (m)	1,68	Talla (m)	1,68	Talla (m)	1,65
Tipo de vestimenta	Camiseta de algodón, jean,	Tipo de vestimenta	Camiseta de algodón, jean,	Tipo de vestimenta	Camiseta de algodón, jean,
Equipo de protección	mascarilla, zapatos de seguridad	Equipo de protección	mascarilla, zapatos de seguridad	Equipo de protección	mascarilla, zapatos de seguridad
Enfermedad reiterativa	Ninguna	Enfermedad reiterativa	Ninguna	Enfermedad reiterativa	Ninguna
Fecha de apareamiento	No	Fecha de apareamiento	No	Fecha de apareamiento	No



**Figura 3.4.** Fotografía que muestra el grupo de trabajadores del puesto de trabajo objeto de la presente investigación (EDESA, 2011)

El trabajo de campo se realizó en los meses de mayo y junio del 2011 y se cronometraron las tareas de cada una de las actividades de la operación de vaciado, que es parte del grupo de procesos unitarios que desarrolla la empresa hasta obtener el producto final.

### **3.2.2 IDENTIFICACIÓN DE ACTIVIDADES Y TAREAS QUE CONFORMAN LA OPERACIÓN UNITARIA DE VACIADO**

#### **3.2.2.1 Preparación de la moldura**

##### **a. Humectar pozos de moldes**

Alza los brazos y coge las esponjas que dejó el día anterior sobre la tapa del molde, la misma que pende de un cable. Gira todo el cuerpo, se inclina y remoja las esponjas en el agua de la canaleta. Introduce las esponjas húmedas en el pozo del molde y las aplica sobre la superficie del pozo del molde. Se yergue y

pasa al siguiente molde para realizar la misma operación 50 veces en la jornada laboral.

#### **b. Talquear base del molde y pines**

Coge con cada mano una estopa de tela, dobla el tronco hacia adelante, introduce las estopas en el recipiente que contiene el talco en polvo, satura las estopas con talco en polvo, se yergue y vuelve a inclinarse sobre la base del pozo del molde y aplica el talco contenido en las estopas. Repite la operación pero esta vez se aplica las estopas a los pines. La operación la repite secuencialmente en los 50 moldes.

#### **c. Talquear núcleo de tapa de molde**

Repite la operación anterior de saturar de talco en polvo las estopas de tela, alza los dos brazos y aplica el talco en el área interna de la tapa del molde., excepto la parte coloreada en amarillo. Baja los brazos y se dirige a la siguiente tapa. Esta operación la repite secuencialmente en las 50 tapas de molde.

#### **d. Aplicar vaselina**

Alza los brazos y aplica vaselina en el área interior, coloreada en amarillo, de la tapa. El desarrollo de esta tarea se observa en la figura 3.5.

#### **e. Sopletear moldes**

Sujeta con la mano derecha el sistema de la línea de aire comprimido. Pulsa la válvula y aplica aire a presión al interior y exterior del molde, a fin eliminar el polvo y residuos de material. Se desplaza al siguiente molde y repite la operación en los 50 moldes.



#### f. Ajustar zuncho

Con los brazos extendidos ajusta el zuncho que rodea el perímetro superior del molde.



**Figura 3.5.** Fotografía que muestra al trabajador al realizar la actividad de aplicar vaselina al núcleo del molde del cuerpo de la poceta (EDESA, 2011)

#### g. Limpia y aplica talco en los moldes de taponeras

Sujeta la brocha con la mano derecha, aplica la brocha en el molde de taponeras hasta lograr la remoción de todos los residuos, aplica estopas saturadas de talco en polvo.

#### h. Humectar mesa de moldes

Aplica esponjas humedecidas sobre la base de la mesa de los moldes. Esta operación se repite en los 50 moldes.

**i. Alinea pines**

Ubica los pines en la cavidad del molde. Repite la operación en los 50 moldes.

**3.2.2.2 Llenado de los moldes con pasta****a. Tapar el molde**

Eleva los brazos y sujeta la tapa con las dos manos por los extremos laterales. Libera el contrapeso de 40,00 kilogramos a fin de que actúe el peso del núcleo de yeso y guíe el descenso del núcleo hasta que ensamble con las conchas.

**b. Ensamblar la prensa manual al molde**

Se inclina totalmente a un costado y sujeta con la mano derecha la prensa manual. Se yergue y coloca la prensa en el molde. Ajusta la prensa manual con la mano derecha y remata el ajuste con la izquierda. Esta operación la repite en los 50 moldes y con una frecuencia de 2 veces por jornada.

**c. Limpiar mangueras**

Inclinado limpia las mangueras de alimentación de pasta al molde. Esta operación la repite en los 50 moldes y con una frecuencia de 2 veces por jornada. La figura 3.6 presenta el desarrollo de esta actividad.

**d. Sellar posibles fisuras de molde**

Fracciona con los dedos pedazos de pasta semisólida (le denominan masticado en el argot al interior de la planta) y los coloca en los sitios del molde en donde estima que puede haber fugas de pasta. Estos sitios quedan sellados con pasta.

### e. Formar tapones

Camina hacia el tanque de pasta. Coloca un balde plástico en la salida del sistema sacamuestras del tanque de pasta. Abre la llave de este sistema y deja verter una cantidad de pasta cercana al llenado del balde. Se inclina y sujeta con la mano derecha el balde con pasta. Camina hacia el transportador de pocetas en donde están los moldes de los tapones. Se inclina y alza el balde con las dos manos y deja verter la pasta sobre estos moldes. Repite la misma operación con el resto de moldes y deja reposar los moldes con pasta.. Esta operación la repite dos veces por jornada.



**Figura 3.6.** Fotografía que muestra el sistema de alimentación de pasta a los moldes (EDESA, 2011)

### f. Ajustar zuncho

Con los brazos extendidos ajusta el zuncho que une las dos tapas del molde. Esta operación la repite en los 50 moldes y con una frecuencia de 2 veces por jornada.

### **g. Alinear pines**

Con las dos manos coloca los pines en los sitios destinados para el efecto. Poner a punto mangueras.

En cuclillas sujeta la manguera con la mano derecha, y la desconecta del riel y la conecta a la línea de alimentación de pasta al molde. Con esto queda a punto el sistema para inyectar la pasta. Esta operación la repite en los 50 moldes y con una frecuencia de 2 veces por jornada.

### **h. Poner a punto mangueras**

En cuclillas sujeta la manguera con la mano derecha, y la desconecta del riel y la conecta a la línea de alimentación de pasta al molde. Con esto queda a punto el sistema para inyectar la pasta. Esta operación la repite en los 50 moldes y con una frecuencia de 2 veces por jornada.

### **i. Abrir válvulas y cerrar válvulas**

Camina hasta uno de los tanques de pasta y abre la llave de acceso de pasta a los moldes. Camina al otro extremo de la línea de moldes en serie y abre la llave que permite alimentar de pasta a los moldes del otro extremo. Para completar la operación camina 35,00 metros hasta el primer tanque y luego 35,00 metros al otro tanque.

A partir de este momento comienza el llenado, que dura en promedio 20 minutos, tiempo después del cual el trabajador se desplaza hasta las llaves de los tanques de pasta y procede a cerrarla, para lo cual camina en total 70,00 metros más. Luego se deja en reposo entre 50 y 55 minutos para que se evapore parte de la humedad a través de las paredes porosas del molde de yeso y se forme el sanitario. Esta operación la repite en los 50 moldes y con una frecuencia de dos veces por jornada laboral.

### **3.2.2.3 Acabado interior de la poceta**

#### **a. Destapar molde**

Con la mano izquierda desatornilla la prensa que sujeta las tapas de los moldes contiguos, retira la prensa, curva todo el tronco en sentido lateral y deja colgar la prensa hacia el piso. Con la mano derecha sujeta la manguera de aire comprimido, con el pulgar presiona la válvula de salida de aire y aplica aire a la unión tapa-molde para facilitar el retiro de la tapa.

Extiende los dos brazos y sujeta la tapa con las dos manos y retira la tapa del molde, elevándola ligeramente hasta alcanzar la posición de los brazos sobre sus hombros. El trabajador suelta la tapa de yeso, cuyo peso es de 39,10 kilogramos y en este momento opera el sistema de polea con un peso de 40,00 kilogramos. Este peso es variable y depende del modelo de sanitario.

El peso, que es una barra cilíndrica de hierro, cae libremente y desplaza la tapa a su posición de reposo hasta una altura de 1,00 metro, respecto al nivel superior del molde.

El trabajador repite la misma operación 100 veces en la jornada, esto es, 50 veces luego del formado del primer lote de 50 moldes, que se inicia en promedio a las 8h00 y luego del formado del segundo lote de 50 moldes, que se inicia en promedio a las 13h00.

En total recorre 35,00 metros por actividad, en total 70,00 metros por jornada. La prensa manual sujeta a la parte posterior del molde es retirada por el ayudante.

#### **b. Poner tapones**

Organiza los tapones en una tabla rectangular, coloca la tabla con los tapones en el transportador de piezas y a la altura del primer molde. Coge con la mano

izquierda un grupo de tapones, curva el tronco hacia adelante y los remoja en agua disponible en la canaleta con agua instalada a lo largo del transportador de piezas.

Con la mano derecha y curva nuevamente el tronco hacia adelante, introduce el brazo derecho en el cuerpo de la pieza, como se observa en la figura 3.7, y con los dedos coloca un tapón en el orificio por donde ingresa la pasta y lo clausura. Permanece en esta posición curva y con los dedos alisa las uniones hasta que aparezca un solo cuerpo. La mano izquierda la mantiene apoyada en el molde, y sostiene los tapones. La operación es 100,00% manual y la repita 100 veces por jornada. Recorre 35,00 metros por actividad, en total 70,00 metros por jornada.



**Figura 3.7.** Fotografía que muestra una escena de la tarea de taponado de pocetas (EDESA, 2011)

### c. Limpiar área amarilla de tapas

Eleva su brazo derecho sobre los hombros hasta alcanzar la altura de la posición de la tapa, coge la esponja, baja el brazo y camina unos 0,30 metros hacia la canaleta de agua, que se ubica bajo el transportador de pocetas. Curva fuertemente el tronco hacia adelante e introduce las dos manos, se porta en la derecha la esponja. Remoja la esponja y con las dos manos la exprime ya fuera del canal.

Gira frente al molde y con el brazo derecho sobre los hombros, se porta en la mano la esponja humedecida en agua, aplica la esponja en círculo para retirar el polvo y residuos de pasta. El brazo izquierdo permanece elevado y sostienen la tapa (núcleo del molde), mientras realiza la limpieza se utiliza el brazo derecho. Recorre 35,00 metros por actividad, en total 70,00 metros por jornada.

#### **d. Cortar pestaña**

En posición parado y fuertemente curvado el tronco, con la mano derecha sostiene la cuchilla, introduce la mano en el pozo. Gira la mano derecha en todo el perímetro de la pestaña, ayudándose con la mano izquierda que hace las veces de guía. Con la mano izquierda coge el pedazo circular de pasta que ha sido cortado. Gira el tronco hacia la izquierda, curva el tronco y deposita el pedazo de pasta sobre una tabla colocada en el transportador de piezas.

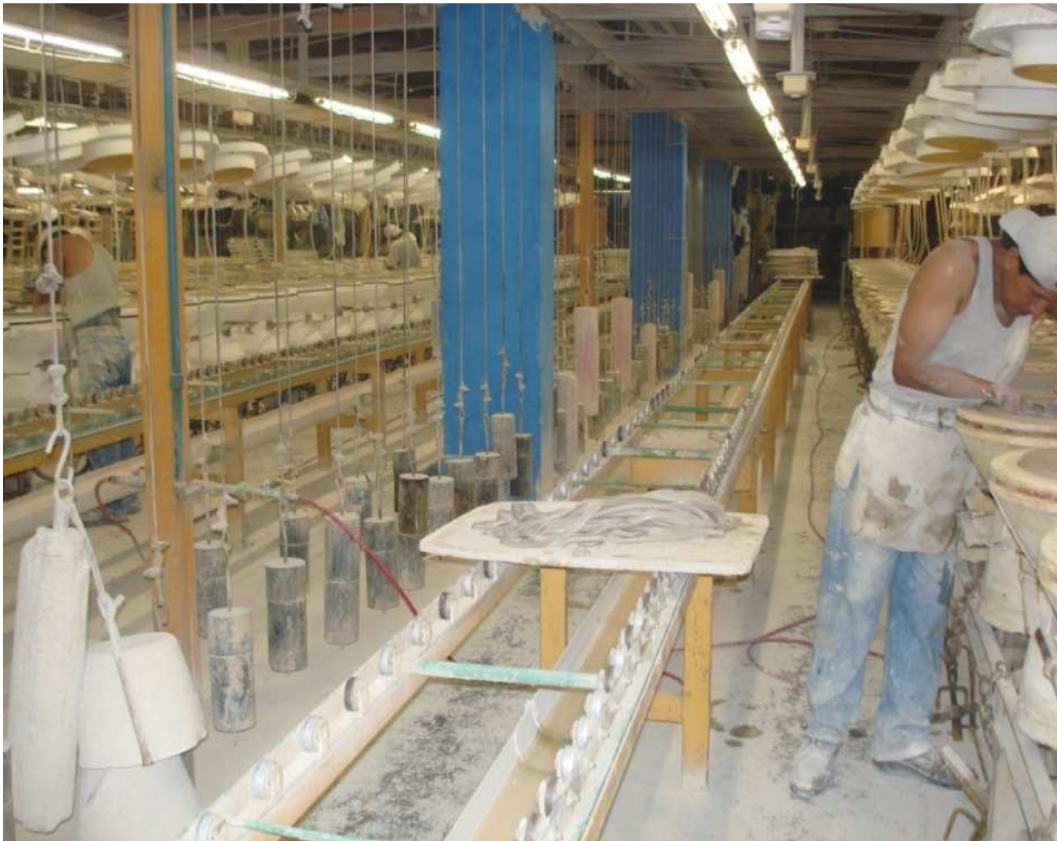
Gira el tronco a la derecha, se yergue, avanza 0,60 metros, a la izquierda, adopta la posición inicial e inicia la misma operación nuevamente en el siguiente molde.

La operación es 100,00% manual y la repite 50 veces por lote y 100 veces por jornada. Camina 35,00 metros por lote y 70,00 metros por jornada. La figura 3.8 muestra una de las escenas de los varios movimientos que desarrolla el trabajador.

#### **e. Paletear pozo**

Con la mano derecha coge la cuchilla e introduce la mano en el pozo. Hace movimientos circulares sobre la superficie interior total del pozo, elimina las partes desiguales del drenado.

Introduce en el pozo la mano izquierda y repasa la superficie interior del pozo para detectar posibles partes desiguales que no hayadetectado con visualmente. En caso de al tacto detectar aún la presencia de partes desiguales, saca la mano izquierda introduce la derecha y repasa la superficie con la cuchilla. Repite esta operación tantas veces sea necesario. Se yergue, camina 0,60 metros, pasa al siguiente molde y repite la operación. Se dan casos en que no es necesaria esta operación pues el drenado ha sido perfecto y no hay residuos. De ahí que el tiempo de esta operación es significativamente variable.



**Figura 3.8.** Fotografía que muestra una escena de la tarea de cortar pestañas (EDESA, 2011)

#### f. Rematar pestaña



Sobre la tapa reposan dos esponjas. Levanta los dos brazos y coge las dos esponjas y las humedece en agua, que corre por la canaleta que se encuentra instalada en la parte inferior del transportador de piezas. Se inclina e introduce las dos esponjas en el interior del pozo. Aplica las esponjas sobre la superficie interior del pozo y sobre la pestaña. Camina 0,60 metros y se ubica en el siguiente molde para repetir la misma operación.

#### **g. Lavar la mesa del anillo(parte superior del anillo)**

Gira el tronco a la derecha, se agacha y humedece en agua las dos esponjas que tiene en las dos manos. Gira el tronco a la izquierda, se ubica en posición frontal e inclina ligeramente el tronco al frente. Aplica las esponjas humedecidas a la superficie del anillo y la frota con suavidad.

En caso de existir burbujas de aire, éstas se hacen visibles con esta operación. En caso de haberlas, se usan los dedos, revienta una a una las burbujas, se forman pequeños orificios, que los llena con trozos de pasta, aplicados igualmente con los dedos. Sobre el área corregida repasa nuevamente las esponjas para alisar.

#### **h. Lavar pozo**

Gira el tronco a la derecha, se agacha y humedece en agua las dos esponjas que tiene en las dos manos. Gira el tronco a la izquierda, se ubica en posición frontal e inclina el tronco al frente. Introduce primero la mano izquierda y aplica con movimientos circulares, la esponja sobre la superficie. Saca la mano izquierda e introduce la derecha y aplica con movimientos circulares la esponja sobre la superficie interna del pozo.

Con esta operación se elimina los posibles residuos que aún permanezcan sobre la superficie interior del pozo. Cada dos moldes remoja las esponjas. Camina 0,60

metros, se dirige al siguiente molde y repita la operación. El tiempo de aplicación de las esponjas depende del estado de limpieza que tenga la superficie internado del pozo. El desarrollo de esta actividad se presenta en la figura 3.9.



**Figura 3.9.** Fotografía que muestra la tarea de lavado de pozo (EDESA, 2011)

#### **g. Paletear la mesa del anillo**

Saca de su bolsillo la cuchilla con la mano derecha. Repasa la cuchilla sobre la superficie del anillo para eliminar posibles remanentes de pasta. Con la mano izquierda, se usan los dedos, limpia la cuchilla. Sacude los dedos para deshacerse de la pasta residual. Camina 0.60 metros, y repita la operación en el anillo de la siguiente pieza.

#### **h. Lavado de la cola**

Alza los dos brazos y coge las dos esponjas que las dejó sobre la tapa colgante del molde. Curva el tronco y humedece las esponjas en el agua contenida en la canaleta ubicada debajo del transportador de pocetas. Con las dos manos escurre las esponjas sobre la canaleta, gira el tronco y se ubica en frente del molde que contiene la poceta. Extiende los dos brazos, curva el tronco y aplica con las dos manos las dos esponjas humedecidas sobre el área denominada "cola del anillo". Las esponjas son aplicadas en círculos varias veces hasta que visualmente se observa una superficie lisa y sin rebabas. Repite la operación en el siguiente molde.

#### **3.2.2.4 Desconchar**

- a. Se inclina y usa las dos manos saca el soporte posterior del molde a desconchar y lo coloca y ajusta en la misma posición del molde previamente desconchado.
- b. Con las dos manos sujeta la cinta metálica, que ajusta las dos tapas del molde en la parte del anillo y la remueve, sostiene el pedazo de madera, que permite impartir un ajuste a la unión de las dos partes del molde. Colocala cinta metálica en el molde previamente desconchado a la altura del anillo del molde.
- c. Con las dos manos voltea las dos conchas del molde y lo ubica horizontal sobre el pallete. Esta operación la realizan entre dos personas. El peso total del sistema que se manipula es de 64,00 kilogramos de las dos conchas más 18,00 kilogramos de la pieza en verde, que totalizan 82,00 kilogramos.
- d. Con las dos manos se presiona hacia afuera, saca el conjunto conchas derecha e izquierda y la poceta formada. El conjunto es retirado de la base, la misma que permanece en su sitio y es depositado en el pallete dispuesto para el presente desconchado.
- e. Con la mano derecha coge la matriz de hacer huecos y con la izquierda coge la herramientasacabocados. Con la izquierda sujeta la matriz de huecos sobre la base de la pieza que se desmolda y con la derecha aplica

- el sacabocados y hace dos huecos. Tanto el sacabocados como la matriz de huecos los deja sobre el siguiente molde que espera el desconchado.
- f. Con las dos manos desprende la mitad del molde de yeso (concha izquierda) y la ensambla sobre la base del molde.
  - g. Pone la base de madera en la otra mitad del molde que está aún sujeta a la pieza en verde.
  - h. Voltea el conjunto y lo coloca con la boca del pozo hacia abajo, retira la otra mitad del molde (concha derecha), cuyo peso es de 32,00 kilogramos, le da la vuelta y con la boca del pozo hacia arriba, ensambla la otra mitad del molde con la base, con lo que ahora tiene el molde completo.
  - i. La misma operación la repita con los 50 moldes. En la siguiente operación del desconche de la producción de la segunda producción el trabajador se ubica en el otro sentido, con lo que hace las siguientes operaciones: Talquear la base del molde, levantar la pieza en verde y colocarla en el transportador de piezas en verde.

Uno de los movimientos realizados por los tres trabajadores en la operación de desconchado se presenta en la figura 3.10.

El operador ayudante realiza las siguientes actividades:

- a. Sujeta la manguera con las dos manos.
- b. Abre con la mano derecha la válvula e inyecta aire en la unión del molde con la pieza en verde.
- c. Sujeta pines y los coloca en el molde vacío.
- d. Golpea cuña de madera con la palma de la mano y ajusta esta pieza para templar el fleje que rodea el molde vacío.
- e. Se inclina y sujeta con las dos manos la pieza en verde, levanta la pieza gira su cuerpo a la derecha y deposita la pieza en verde sobre los transportadores de rodillos (operación entre dos personas).
- f. Usa cuchilla para eliminar rebaba del nervio.

### 3.2.2.5 Acabado exterior

- a. Con la mano derecha pasa la brocha humedecida con agua-pastosa, en el ángulo de unión. Con la izquierda repasa el sitio humedecido, esto es, el cuello.



**Figura 3.10.** Fotografía que muestra una escena de la tarea de desconchado (EDESA, 2011)

- b. Con las dos manos remueve pasta residual del área de pines
- c. Sopletea huecos en donde se alojan los pines y repasa el interior de la pieza con los dedos para verificar rebabas.
- d. Pasa brocha en uniones, detecta rajaduras y las corrige.
- e. Pasa la brocha en unión y hueco de pines.
- f. Con esponja humedecida en agua-pastosa, pasa con la izquierda sobre la base (pata) y con la derecha pasa caucho para alisar bordes de la base (pata). Lado frontal
- g. Repita la operación f, en el lado opuesto.
- h. Con las dos manos, pasa esponjas sobre los extremos del anillo y en los huecos de los pines

- i. Con las dos manos se sujeta esponja humedecida en agua-pasta, frota la unión (degolle), para identificar fisuras.
- j. Con las dos manos se sujeta la esponja humedecida en agua, frota la pata, el canal de drenado, uniones y huecos de pines.
- k. Barre piso
- l. Recoge residuos del sacabocados.
- m. Con las dos manos se sujeta la esponja humedecida en agua remata el pozo por fuera.

La figura 3.11 permite observar una de las tareas del trabajador como parte de la serie de actividades descritas de acabado exterior.

#### **3.2.2.6 Pulido de pocetas en verde**

Las 100 pocetas resultado del trabajo del vaciador principal se dejan en reposo al ambiente toda la noche, en el área de secado. Al siguiente día y en los intervalos de tiempo que duran las operaciones de llenado y formado de los dos lotes del día. El vaciador principal procede a pulir dichas piezas de posibles defectos de calidad. Esta actividad es parte de la inspección cruda, que es realizada por el personal de vaciado.



**Figura 3.11.** Fotografía que muestra una escena de las tareas de acabado exterior de las pocetas (EDESA, 2011)

Las actividades que realiza el trabajador para pulir las pocetas son las siguientes:

- a. Camina un promedio de 5,00 metros y empuja un coche vacío o semicargado hasta el sitio en donde está el torno.
- b. Camina desde el torno hasta el transportador de pocetas, sujeta con las dos manos una poceta con un peso promedio de 18,00 kilogramos, alza la poceta y camina un promedio de 2,00 metros hasta el torno, descarga la poceta sobre el torno con la abertura de la tasa hacia abajo.
- c. Pule la pieza mediante las siguientes actividades:
  - Como se observa en la figura 3.12, se usa la herramienta manual denominada “Cortaorillas” corta rebabas con la mano derecha y con la izquierda pasa la esponja, humedecida en agua.
  - Con una esponja húmeda y caucho remata la parte denominada al interior de la planta como “pata”.



**Figura 3.12.** Fotografía que muestra una escena de las tareas de pulido de las pocetas (EDESA, 2011)

- Utiliza paletas pequeñas con pasta medianamente líquida y cabo de brocha y caucho para eliminar rebaba de los núcleos. Aplica aire a presión para eliminar residuos y cura rajadas en los componentes y cuerpo exterior, en caso de existir.
- Remata el hueco de sifón con esponja humedecida.
- Con la paleta media luna quita rebabas en la unión de conchas parte frontal y pasa la esponja embebida en agua para rematar la parte de donde se eliminó la rebaba.
- Pasa la rasqueta (brite) mojada en el sitio de unión de conchas y componentes.
- Lava la poceta en su parte exterior mediante el uso de esponjas humedecidas en agua.
- Inspecciona el nervio en toda la línea.
- Transporta piezas pulidas a los coches y empuja los coches una vez cargados de 30 pocetas hasta el área de secado.



- d. Empuja coche vacío hasta el torno manual
- e. Alza una poceta de 18,00 kilogramos, camina hasta el torno y descarga la poceta sobre el torno. Esta tarea se observa en la figura 3.13.
- f. Pule manualmente la poceta, para lo cual utiliza herramientas manuales.
- g. Alza la poceta de 18,00 kilogramos, camina hasta el coche y descarga la poceta sobre la estantería del coche, tal como se observa en la figura 3.14.
- h. Empuja el coche cargado con 30, pocetas con un peso unitario de 18,00 kilogramospor poceta, hasta el área de secado. El peso total que empuja el trabajador es de 540,00 kilogramos, que corresponden al peso de las pocetas más el peso intrínseco del coche que es de 70,00 kilogramos, en total 610,00 kilogramos. Esta operación se visualiza en la figura 3.15.



**Figura 3.13.** Fotografía que muestra el transporte manual de pocetas pulidas (EDESA, 2011)



**Figura 3.14.** Fotografía que muestra la descarga de la poceta pulida en el coche (EDESA, 2011)



**Figura 3.15.** Fotografía que muestra al trabajador posicionado el coche para proceder a empujarlo hasta el área de secado al ambiente, denominada área de cuarentena (EDESA, 2011)

### 3.3 CARGA METABÓLICA

Las tareas descritas en el subcapítulo anterior son desarrolladas por el trabajador con una frecuencia de dos veces por jornada laboral, esto es, por los dos lotes que procesa por jornada de trabajo. Cada lote está conformado por un tren de 50 pocetas. Únicamente en el caso del desconchado intervienen los tres trabajadores, para proceder a desmoldar las 200 pocetas que se fabrica por jornada de trabajo. El ayudante asiste a los dos vaciadores principales en tareas específicas.

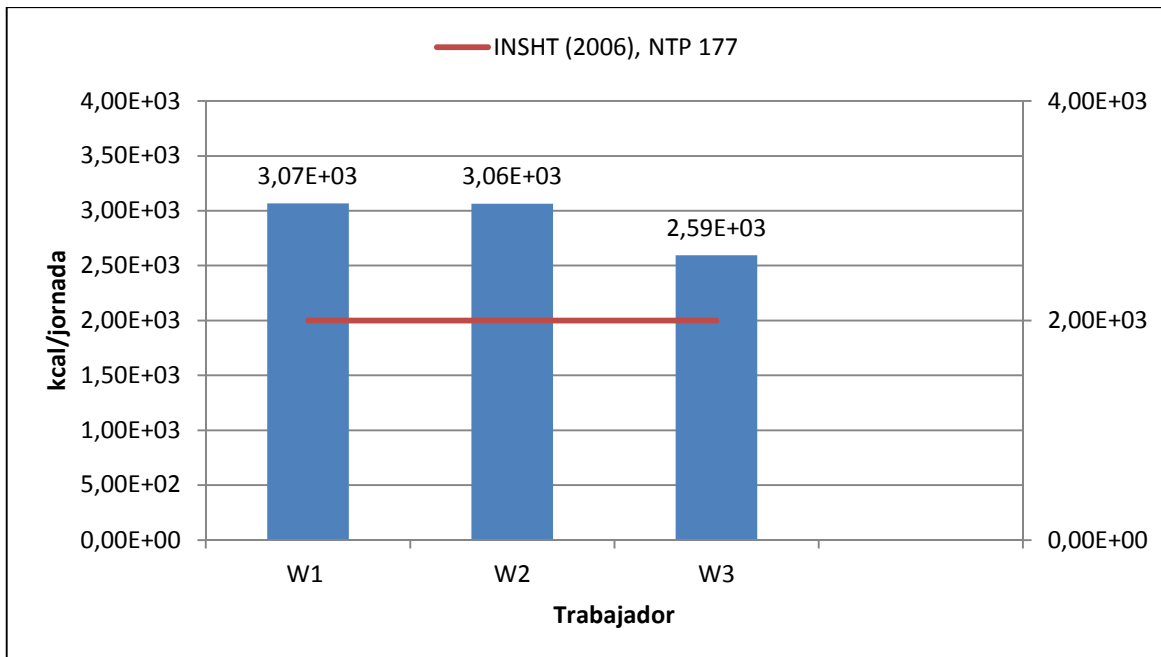
Los trabajadores del puesto de trabajo estudiado pesan 70,00 kilogramos cada uno. Este valor se colocó en las abscisas de la figura AV.1 del Anexo V se determinó que su metabolismo basal es aproximadamente 1 000,00kcal/h, esto es 2,08 kcal/min. Este dato se utilizó en los cálculos de carga metabólica total de cada trabajador.

Las tablas AVIII.1 a AVIII.17 del Anexo VIII, contienen todos los registros de los tiempos medidos y los resultados de la carga metabólica para cada una de las actividades que ejecuta el trabajador, comienza con la preparación de moldes hasta que los coches con el producto son empujados hasta el área de secado al ambiente.

Los resultados del análisis y procesamiento de la información de las estas tablas se presentan en la tabla 3.5.

De los resultados resumidos en la tabla 3.5, se puede evidenciar que la carga metabólica del trabajador W1 es de 3066,43 kcal/jornada; del trabajador W2 es de 3 064,42 kcal/jornada y del trabajador W3 es de 2 594,66 kcal por jornada laboral de 8 horas. De acuerdo con este resultado y como se observa en la figura 3.16, los trabajadores realizan un trabajo pesado puesto que Chavarría (2006), en la NTP 177 establece que valores de gasto de energía superior a 2 000,00kcal/jornada corresponden a trabajos catalogados como pesados.

Esta primera conclusión se convalida al utilizar más adelante el criterio de la norma ISO 7243 (1982).



**Figura 3.16.**kcal/jornada de cada trabajador

**Tabla 3.5.** Carga metabólica por trabajador y por actividad (kcal/jornada laboral).

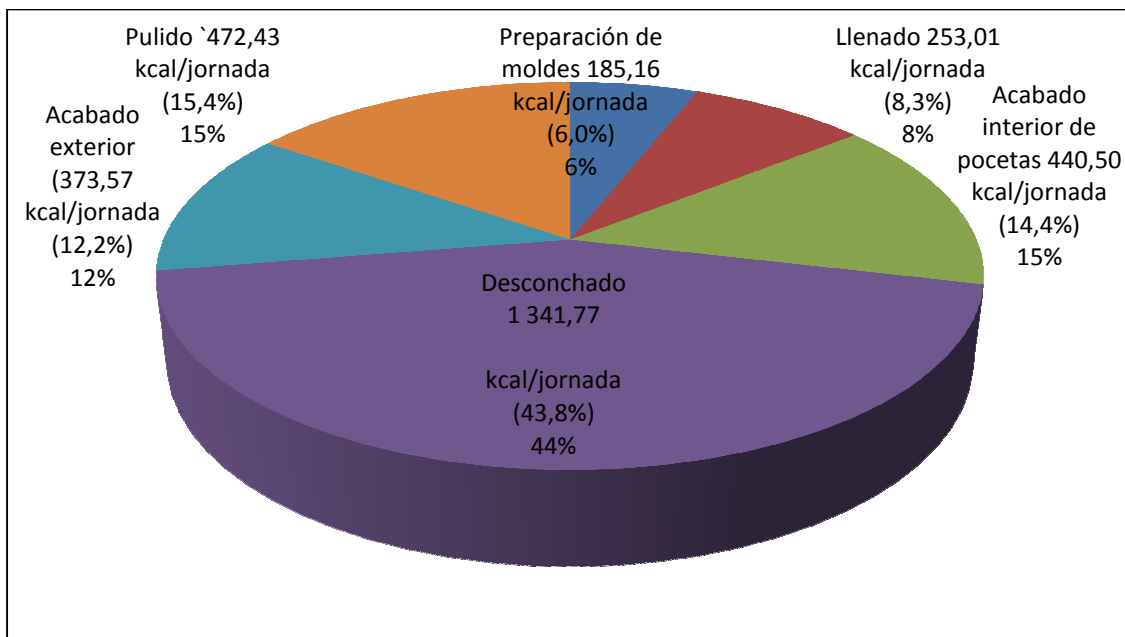
Ítem	Preparación de moldes	Llenado	Acabado interior de pocetas	Desconchado*	Acabado exterior	Pulido	Totales	Evaluación del riesgo (kcal/jornada)
Trabajador	W1	W1	W1	W1	W1	W1	W1	
Tiempo promedio (min/lote)	20,66	25,05	53,21		44,97			
kcal/lote	92,58	126,5	220,25		186,78			
Lotes por jornada	2	2	2	4	2	69 pocetas/ jornada		
kcal por jornada	185,16	253,01	440,5	1341,77	373,57	472,43	3066,43	3066,43>2000 kcal/jornada: sobreexposto
Min/jornada	41,32	50,1	106,42	130,83	89,94	87,8	506,41	
Aporte porcentual de cada actividad a la carga total de trabajo	6,00%	8,30%	14,40%	43,80%	12,20%	15,40%	100,00%	
Trabajador	W2	W2	W2	W2	W2	W2	W2	
Tiempo promedio(min)	20,66	25,05	53,21		44,97			
kcal/lote	92,58	126,5	220,25		186,78			
Lotes por jornada	2	2	2	4	2	69 pocetas/ jornada		
kcal por jornada	185,16	253,01	440,5	1339,76	373,56	472,43	3064,42	3064,42>2000,00kcal/jornada: sobreexposto
Min/jornada	41,32	50,1	106,42	133,48	89,94	87,8	509,06	
Aporte porcentual de cada actividad a la carga total de trabajo	6,00%	8,30%	14,40%	43,70%	12,20%	15,40%	100,00%	

**Tabla 3.5.** Carga metabólica por trabajador y por actividad(kcal/jornada laboral) (**Continuación...**)

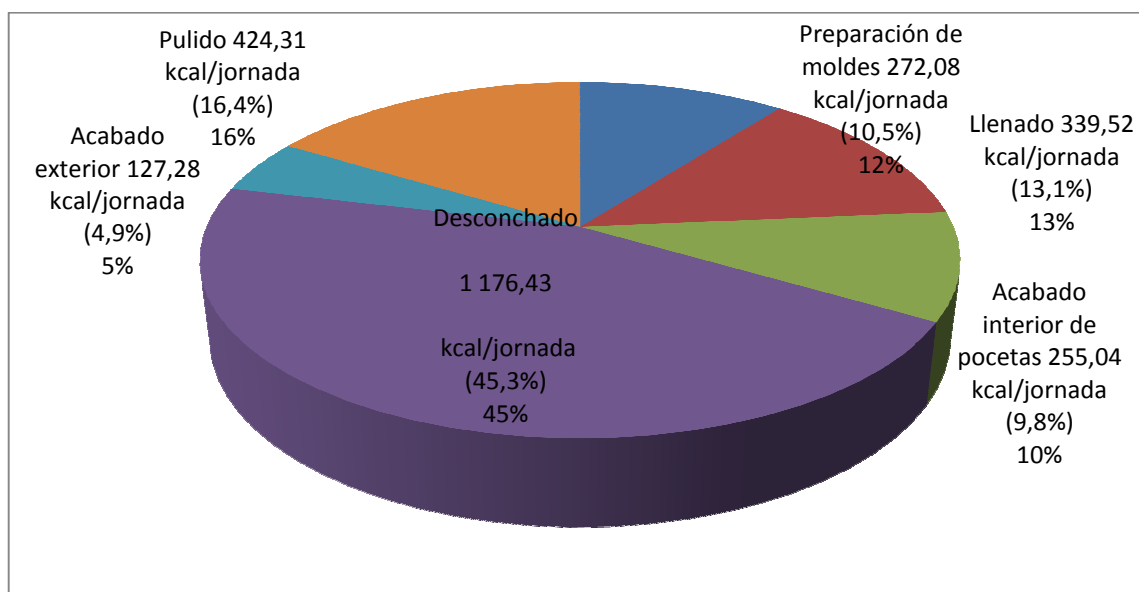
Ítem	Preparación de moldes	Llenado	Acabado interior de pocetas	Desconchado*	Acabado exterior	Pulido	Totales	Evaluación del riesgo (kcal/jornada).
Trabajador	W3	W3	W3	W3	W3	W3	W3	
tiempo promedio(min/lote)	17,25	18,13	16,17		16,14			
kcal/lote	68,02	84,88	63,76		63,64			
Lotes por jornada	4	4	4	4	2	62 pocetas/ jornada		
kcal por jornada	272,08	339,52	255,04	1176,43	127,28	424,31	2594,66	2594,66>2000,00kcal/jornada: Sobreexpuesto
Min/jornada	69	72,52	64,68	133,05	32,28	78,85	450,38	
Aporte porcentual de cada actividad a la carga total de trabajo	10,50%	13,10%	9,80%	45,30%	4,90%	16,40%	100,00%	

\*Intervienen los tres trabajadores (W1, W2 yW3)

La operación de desconchar es la de mayor aporte a la carga metabólica total en el caso de los tres trabajadores como se observa en las figuras 3.17 y 3.18. Esta representa el 44,00% en los trabajadores W1 y W2 y representa el 45,30% en el trabajador W3.



**Figura 3.17.** Distribución de carga metabólica total (3066,43kcal/jornada) por operación macro del trabajador W1



**Figura 3.18.** Distribución de carga metabólica total (2 594,66 kcal/jornada) por operación macro del trabajador W3.

La tabla 3.6 presenta la distribución de carga metabólica por trabajador en la operación de desconchar y la tabla 3.7 compila los valores de carga metabólica y tiempos de operación del desconchado.

En tanto que la actividad de preparación de moldes aporta con la menor carga metabólica al gasto total de energía de cada trabajador al realizarla. Así los trabajadores W1 y W2 gastan cada uno el 6,00% de energía metabólica total.

Se observa que el trabajador W3 gasta el 10,00% de su energía metabólica en esta actividad. Esto se debe a que este trabajador, al desempeñarse como ayudante, da soporte a los dos vaciadores principales y revisa y pone a punto los 200 moldes que se utilizan en cada jornada de trabajo.

**Tabla 3.6.** Distribución de la carga metabólica en desconchado.

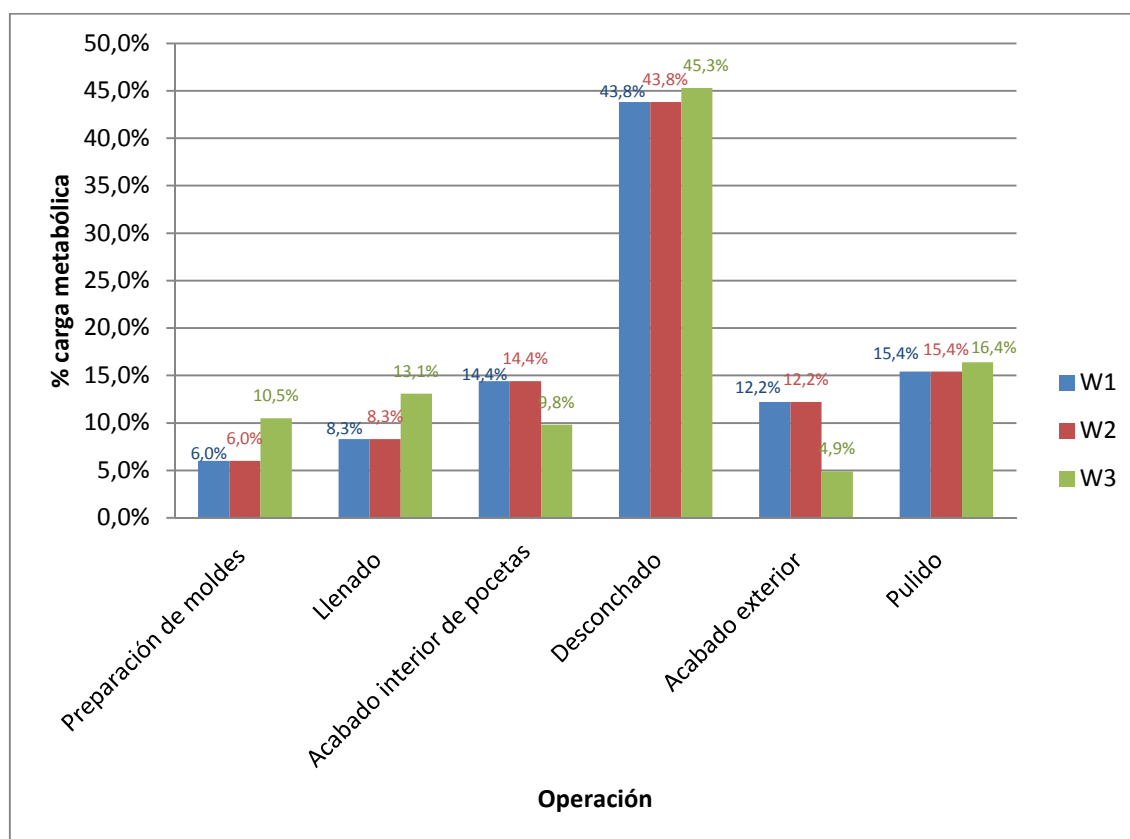
Lote No.	Ítem	Desconchar (Abrir huecos)	Desconchar (Actividad talquear base de molde)	Ayudar
1	trabajador	W1	W2	W3
	tiempo promedio (min/lote)	31,49	34,14	33,71
	kcal/lote	377,28	375,27	211,94
2	trabajador	W2	W1	W3
	tiempo promedio (min/lote)	31,49	34,14	33,71
	kcal/lote	377,28	375,27	211,94
3	trabajador	W3	W2	W1
	tiempo promedio (min/lote)	31,49	34,14	33,71
	kcal/lote	377,28	375,27	211,94
4	trabajador	W1	W3	W2
	tiempo promedio (min/lote)	31,49	34,14	33,71
	kcal/lote	377,28	375,27	211,94



**Tabla 3.7.** Carga metabólica y tiempos promedios de la actividad de desconchado por trabajador

Trabajador	kcal/jornada	min/jornada
W1	1341,77	130,83
W2	1339,76	133,48
W3	1176,43	133,05

El segundo grupo de tareas que siguen en importancia en cuanto al aporte al gasto metabólico es el pulido de pocetas, con un 15,40% del total del gasto metabólico, para cada trabajador W1 y W2, los cuales pulen un promedio de 69 pocetas por jornada laboral. El trabajador W3 pule un promedio de 62 pocetas por jornada, y gasta el 15,00% de la energía total. De esta manera se ingresa diariamente 200 pocetas listas para la siguiente operación unitaria que es el secado a una temperatura de 70°C.



**Figura 3.19.** Distribución de carga metabólica por operación y por trabajador.

La distribución de la carga metabólica es consistente para los tres trabajadores, en función de las actividades que realizan, como se observa en la figura 3.19; sin embargo el trabajador W3 aparece con una mayor carga en las operaciones de preparación de moldes y llenado, lo cual se debe a que presta asistencia operacional a los dos vaciadores principales en la producción de 200 piezas por jornada, lo que demanda una mayor carga de trabajo.

En la operación de pulido se incluye la tarea de empujar los coches cargados con pocetas pulidas hasta el área de espera para ingresar al secado.

Según Fajardo (2009), el coeficiente de roce estático para el caucho/cemento es de 1,00 y el coeficiente de rozamiento dinámico es de 0,80.

Para el cálculo de la fuerza de fricción estática y la fuerza de fricción dinámica, se aplicó las ecuaciones 1.1 y 1.2, respectivamente (Bueche y Hech, 2001, p.37).

$$F_{f \text{ max}} = \mu_e F_N$$

$$F_f = 1,0 \times 610 \text{ kg} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 5984,1 \text{ N}$$

Como la fuerza que se requiere aplicar es de la misma magnitud que la fuerza de fricción estática pero de sentido contrario, entonces la fuerza necesaria para sacar del reposo al coche cargado con pocetas es de 5984,10 N. Este valor supera la fuerza estática realizada por trabajadores cuando empujan hacia afuera a nivel de cintura, que es de 311 N (La Dou, 1993, p.68)

Una vez que el trabajador ha sacado del reposo al coche cargado con pocetas, lo empuja y comienza el desplazamiento. En este caso para calcular la fuerza de rozamiento se aplicó el coeficiente de rozamiento dinámico

$$F_f = \mu_c F_N$$

$$F_f = 0,8 \times 610 \text{ kg} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 4787,3 \text{ N}$$

Tanto la fuerza de fricción al inicio de la operación de empuje como la ejercida durante el desplazamiento, superan los 333,40 N, establecidos como niveles aceptables puntualizados por Plog et al. (1996) para desplazamientos de 2.10 metros cada 8 horas, aceptable para el 90% de trabajadores (p. 372)

Como la fuerza que se requiere aplicar para mantener el coche en movimiento es de la misma magnitud que la fuerza de fricción dinámica pero de sentido contrario, entonces la fuerza necesaria para mantener al coche cargado con pocetas en movimiento es de 4 787,30 N.

Este valor supera el umbral aceptable puntualizado por Ploget al. (1993), que es de 333,40 N.

El trabajo realizado por la fuerza de fricción se calculó en base a la ecuación 3.1 (Bueche et al, 2001, p.62).

$$W_f = F_f d \cos 180^\circ \quad [3.1]$$

Donde

$W_f$ : trabajo realizado sobre el coche por la fuerza de fricción y, dado que la fricción tiene sentido contrario al desplazamiento, el ángulo es  $180^\circ$ , J

D: distancia promedio que recorre el trabajador al empujar el coche= 6,50 m

$$W_f = 4\,787,3\text{N} \times 6,5\text{ m} \times (-1) = -31\,117,4\text{ Nm} = -31\,117,4\text{ J}$$

$$W_f = -31\,117,4 \frac{\text{J}}{\text{empuje}} \times \frac{\text{kcal}}{4\,186,84\text{J}} \times 2,3 \frac{\text{empujes}}{\text{jornada}} = 17,09 \frac{\text{kcal}}{\text{jornada}}$$

Por lo tanto para que el trabajador pueda mantener el coche en movimiento requiere desarrollar una carga metabólica de 17,09 kcal/jornada, valor que se registró en la tabla AVIII.10 del Anexo VIII y que forma parte de la carga metabólica total de la operación de pulido realizada por los vaciadores W1 y W2.

Al seguir el mismo procedimiento se estimó que la carga metabólica del ayudante en la operación de empujar coches es de 15,36 kcal/jornada, valor que se registró en la tabla 13 del anexo VIII y que forma parte de la carga metabólica total de la operación de pulido realizada por el ayudante W3.

El gasto metabólico en las tareas de acabado interior de pocetas, representa el 14,40% de la energía total gastada por cada trabajador W1 y W2; en tanto el trabajador W3 como únicamente realiza actividades de apoyo y revisión consume el 9,40% de su gasto energético total.

Los trabajadores W1 y W2 consumen el 12,20% de su energía total en realizar las tareas inherentes a la actividad de acabado exterior de las pocetas. En tanto que el trabajador W3, consume el 9,40% de su gasto energético total por jornada laboral, pues no realiza todas las tareas de la actividad de acabado exterior, sino que completa ciertas actividades que aseguran la calidad del producto.

Una de las características de la forma de trabajo, es que, excepto en el desconchado, cada tarea la realizan por poceta, esto es, la primera tarea la realizan desde la primera hasta el molde 50, luego la tarea 2 desde el primer molde hasta el número 50 y así sucesivamente.

Este análisis permite concentrar los esfuerzos en reducir la carga metabólica de mayor aporte al total, mediante las medidas de ingeniería, administrativas y de control.

### **3.4 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE WBGT<sub>límite en el trabajo</sub>**

Con base en el tiempo que emplean los trabajadores para desarrollar las actividades del anexo VIII, se tiene el siguiente gasto metabólico, de cada trabajador, expresado en kcal/h.

**Tabla 3.8.** Gasto energético del trabajador (kcal/h)

Trabajador	Carga metabólica (kcal/Jornada)	Jornada (min)	kcal/min	kcal/h
W1	3066,43	506,41	6,05	363,00
W2	3064,42	509,06	6,02	361,20
W3	2721,94	450,38	6,04	362,40

Estos indicadores reales relacionados con el TLV establecido en la norma ISO 7243 (1982), que establece que para gastos energéticos entre 310,00 y 400,00kcal/h, y una velocidad del aire igual a cero, para persona aclimatada, como es el caso de los trabajadores parte del estudio, el índice WBGT es de 25°C., esto es:

WBGT Límite en el área de trabajo (TLV) calculado en función de la carga metabólica = 25°C [D]

Donde,

D: Componente de las ecuaciones 1.16 y 1.17

TLV: Threshold limit value (valor límite umbral, por sus siglas en Inglés), establecido en la tabla 3.9.

**Tabla 3.9.** Valores límite índice WBGT

Consumo metabólico kcal/h*	ÍNDICE WBGT límite°C				Consumo metabólico medido en el puesto de trabajo		
	Persona aclimatada		Persona no aclimatada		W1	W2	W3
	v=0	v≠0	v=0	v≠0	kcal/h	kcal/h	kcal/h
≤100	33	33	32	32			
100 – 200	30	30	29	29			
200 – 310	28	28	26	26			
310 – 400	25	26	22	23	363,00	361,20	362,40
>400	23	25	18	20			

\*(Falagan, 2005, p.782)

### **3.5 MICROCLIMA LABORAL, MEDIDO A TRAVÉS DEL ÍNDICE WBGT<sub>trabajo</sub>**

Las mediciones de la temperatura ambiente, humedad relativa, temperatura de globo e índice WBGT se realizaron a la altura del abdomen del trabajador, como lo sugiere Falagan (2005), para condiciones homogéneas de diseño del área. (p. 780)

La tabla 3.10 compila la información de 114 resultados del índice WBGT<sub>trabajo</sub>, presentados en el anexo IX, tablas AIX.1, AIX.2, AIX.3 y AIX.4, medidos en tres posiciones del tren de moldes y en el curso de la jornada laboral. Se observa que el índice varía en las tres posiciones, con una dispersión entre 0,62 y 2,08 en el primer día.

En el segundo día el grado de dispersión de los datos es menor y se ubica entre 0,75 y 1,42. En el tercero y cuarto día el grado de dispersión aumenta y se localiza entre 0,46 y 2,25. La media aritmética de las desviaciones estándar presentadas en la tabla 3.10 es 1,09. Las medidas se realizaron en el mes de mayo del 2011, es decir en época de verano.

De estos resultados se concluye que la distribución de energía recuperada del horno e introducida directamente al puesto de trabajo en estudio no llega por igual a toda el área. A esto puede sumarse la ubicación y operación errática de los ventiladores.

De los datos de las mediciones presentados en las tablas del anexo IX, realizadas durante la jornada laboral durante 4 días intercalados se observa que los valores del índice WBGT del clima del puesto de trabajo varían durante el día y con tendencia ascendente lo cual se aprecia en los gráficos 3.20; 3.21; 3.22 y 3.23.

Los gráficos se realizaron con los índices que son reiterativos y los de mayor valor de cada grupo de tres mediciones realizadas en el tren de moldes.

**Tabla 3.10.** Dispersión de WBGTtrabajo medido en tres posiciones del tren de 50 moldes y en cada hora de medición.

Hora	Posición **	Día 1		Día 2		Día 3		Día 4	
		WBGT. °C	$\sigma^*$	WBGT. °C	$\sigma^*$	WBGT. °C	$\sigma^*$	WBGT. °C	$\sigma^*$
06h00	a	23,20	2,0785	25,50	1,1547	23,30	0,8000	23,30	0,8000
	b	23,20		25,50		22,50		22,50	
	c	19,60		23,50		21,70		21,70	
07h00	a	23,40	0,9713	24,50	1,2503	24,20	0,4583	24,20	0,4583
	b	24,00		26,50		23,60		23,60	
	c	22,10		26,80		24,50		24,50	
08h00	a	24,40	0,8021	26,10	1,0066	25,00	0,4583	25,00	0,4583
	b	26,00		27,30		25,60		25,60	
	c	25,30		25,30		25,90		25,90	
09h00	a	24,80	0,7024	26,00	0,8083	25,20	0,7937	25,20	0,7937
	b	26,20		26,60		26,40		26,40	
	c	25,60		27,60		26,70		26,70	
10h00	a	24,90	1,6462	26,80	1,0017	25,10	1,1060	25,10	1,1060
	b	27,80		28,80		26,40		26,40	
	c	27,70		27,70		27,30		27,30	
11h00	a	28,00	0,6557	28,60	0,8386	25,20	1,3868	25,20	1,3868
	b	29,30		30,10		27,10		27,10	
	c	28,50		30,00		27,90		27,90	
12h00	a	28,90	0,6245	29,50	1,1240	26,10	1,0392	26,10	1,0392
	b	30,10		31,00		27,90		27,90	
	c	29,20		28,80		27,90		27,90	
12h00	a	28,00	1,4224	28,90	1,4177	26,90	1,2124	26,90	1,2124
	b	30,30		31,60		28,40		28,40	
	c	30,60		31,00		29,30		29,30	
13h00	a	27,10	1,0536	29,20	0,7506	26,00	1,5000	26,00	1,5000
	b	28,30		30,00		27,50		27,50	
	c	29,20		30,70		29,00		29,00	
14h00	a					24,30	2,2546	24,30	2,2546
	b					26,30		26,30	
	c					28,80		28,80	

$\sigma^*$ : Desviación estándar de cada grupo de tres mediciones en el tren de moldes en cada hora de monitoreo.

\*\*a: Medida realizada en un extremo del tren de 50 moldes.

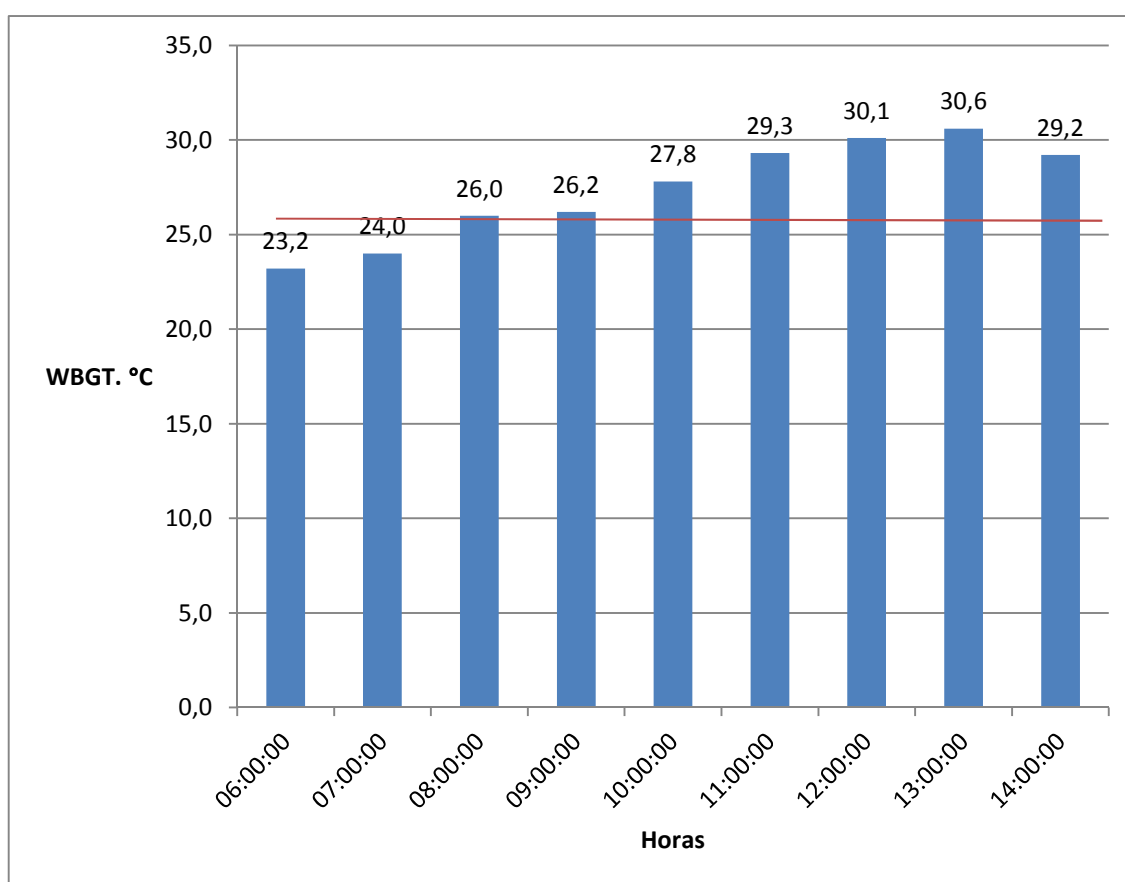
\*\*b: Medida realizada en la parte central del tren de 50 moldes (17,5 m)

\*\*c: Medida realizada en el extremo opuesto del tren de 50 moldes.

Desviación estándar promedia: 1,0876.

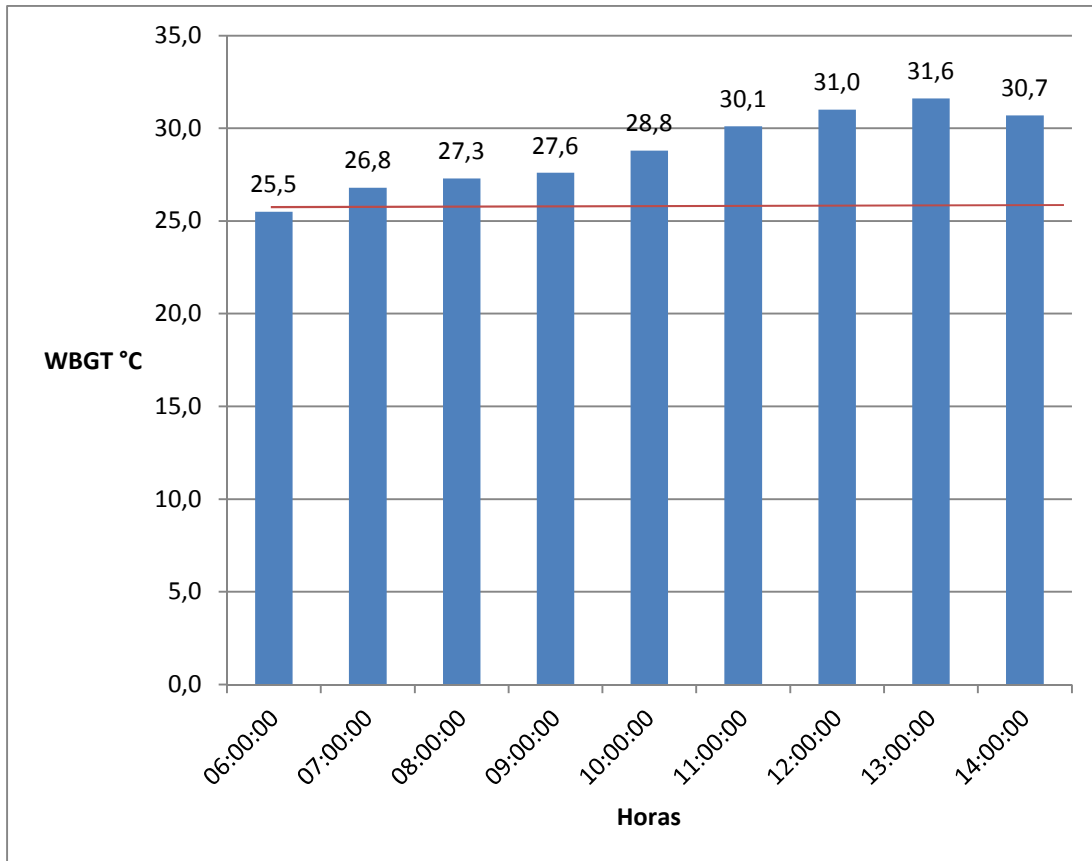
**Tabla 3.11.** Dispersión de  $WBGT_{trabajo}$  en toda la jornada laboral

Día	Figura	Desviación estándar del $WBGT_{trabajo}$ medido en el curso del día. ( $\sigma$ )
1	3,20	2,6724
2	3,21	2,1376
3	3,22	1,9845
4	3,23	2,8783

**Figura 3.20.** Variación del índice  $WBGT^{\circ}C$  durante el día 1

Durante el trabajo de campo se observó que los trabajadores prenden y apagan los ventiladores a discreción, según el ambiente se torne más caliente o más frío. Igualmente la inyección de aire caliente en términos de caudal y temperatura, no obedece una estimación de la demanda de energía en el área, así como no se ha tomado en cuenta el riesgo de estrés térmico.





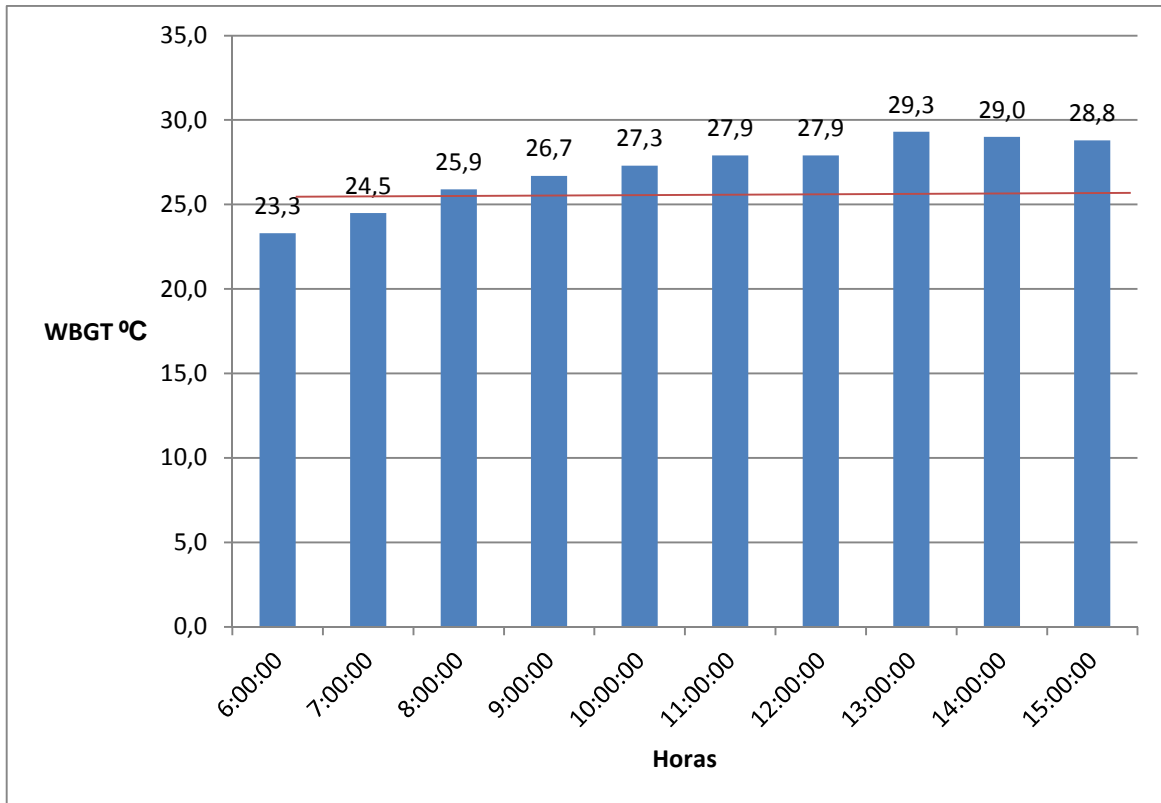
**Figura 3.21.** Variación del índice WBGT°C durante el día 2

De los valores del índice WBGT real medido en el sitio de trabajo y de las figuras 3,20 a 3,23 se puede observar que este índice varía a lo largo de la jornada laboral y llega hasta valores extremos de 31,60WBGT°C.

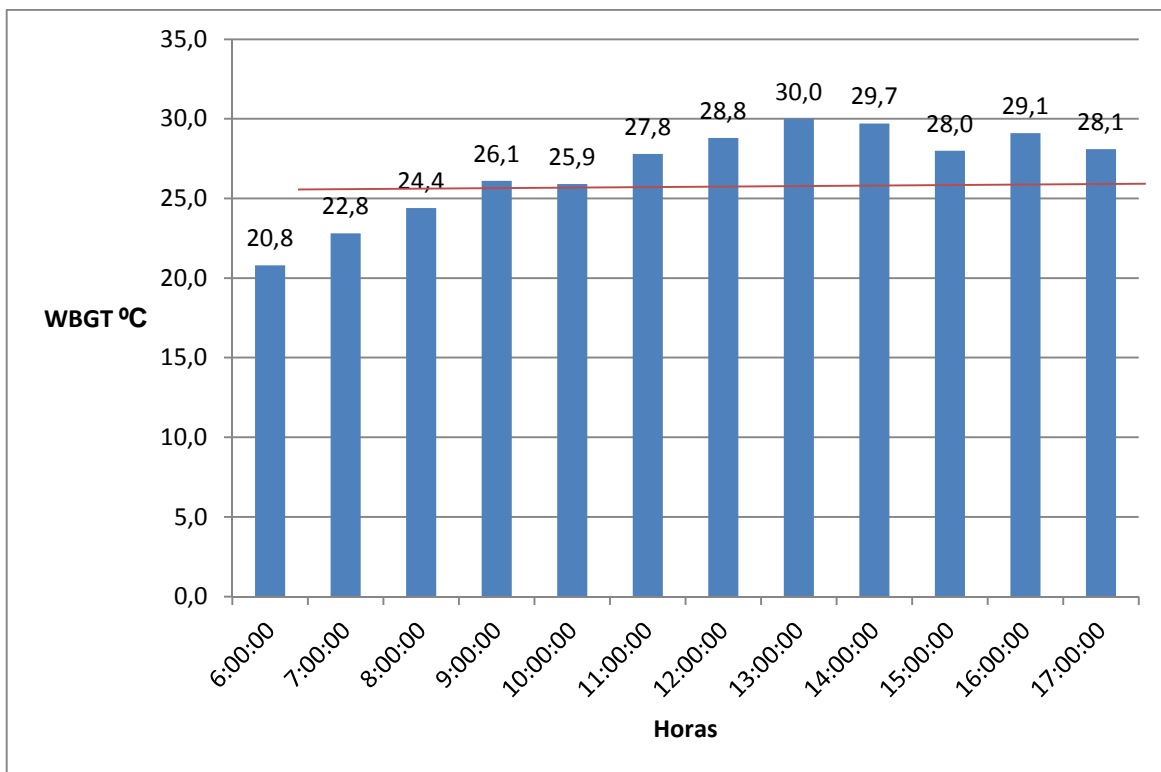
En el día 1 el índice WBGT°C medido es de 23,20°C, a las 06h00. A partir de esta hora el índice sigue en aumento durante toda la jornada hasta alcanzar el valor máximo de 30,60°C.

En el día 2 el índice WBGT°C medido a las 06h00 supera ligeramente en 0,50°C la tolerancia de la norma y a partir de las 7 am en adelante se incrementa, inicia con un valor de 26,80°C y alcanza un valor máximo de 31,60°C a las 13h00.

En los días 3 y 4 el índice WBGT°C medido supera el umbral de la norma a partir de las 08h00 y 09h00 en adelante respectivamente.



**Figura 3.22.** Variación del índice WBGT°C durante el día 3



**Figura 3.23.** Variación del índice WBGT°C durante el día 4

### 3.6 RIESGO DE ESTRÉS TÉRMICO

De estos datos se infiere que:

$WBGT_{\text{medido en el puesto de trabajo con el equipo}} > WBGT_{\text{límite en el puesto de trabajo en función de la carga metabólica}}$

Consecuentemente se evidencia que los tres trabajadores están sobreexpuestos a estrés térmico, por lo que es necesario implementar medidas de gestión del riesgo.

Con esto se convalida el análisis de sobreexposición a riesgo de estrés térmico realizado bajo el criterio de Chavarría (2006), a través de la NTP 177.

Los tres trabajadores laboran varios años en la planta y están aclimatados. Permanecen unos minutos de pausa en el mismo sitio de trabajo y se sirven una taza de agua aromática; por lo tanto  $B=C= 31,60 \text{ }^{\circ}\text{C}$  en la ecuación 1.16 de cálculo del tiempo de trabajo:

Es decir  $WBGT_{\text{medido en el área de trabajo}} = WBGT_{\text{medido en el área de descanso}}$  por lo que se puede aplicar esta ecuación.

En este caso se aplica la ecuación 1.17:

$$(t) = \frac{33 - B}{(33 - D)} \times 60 \text{ min/h}$$

La media aritmética de los  $WBGT_{\text{trabajo}}$  graficados es  $27,50^{\circ}\text{C}$ . Si se toma en cuenta este valor el régimen de trabajo es:

$$(t) = \frac{33 - 27,5}{(33 - 25)} \times 60 \frac{\text{min}}{\text{h}} = 41 \text{ min/h}$$

Esto significa que bajo las condiciones promedias del ambiente térmico, los tres trabajadores deberían laborar 41 minutos y descansar 19 minutos, para mitigar el estrés térmico al que están sujetos.

El inicio de este esquema sería a partir de las 7 a.m, esto significa 7 intervalos de 19 minutos cada uno, que totalizan 133 minutos por jornada (2,22 horas/jornada/trabajador) de descanso y 317 minutos de trabajo por jornada.

El índice WBGT máximo medido es de 31,60°C. Si se toma en cuenta este valor el régimen de trabajo será el siguiente:

$$(t) = \frac{33 - 31,6}{(33 - 25)} \times 60 \frac{\text{min}}{\text{h}} = 10,5 \text{ min/h}$$

Esto significa que bajo las condiciones extremas del ambiente térmico, los tres trabajadores deberían laborar 10,50 minutos y descansar 49,50 minutos, para mitigar el estrés térmico al que están sujetos.

Los valores de  $WBGT_{\text{trabajo}}$  son de tal magnitud que en general los trabajadores están sobreexpuestos a partir de las 08h00, por lo que se tiene un espectro de regímenes laborales teóricos.

En este caso particular y debido a que la totalidad de actividades de producción son de tipo manual, no es factible que haya intervalos de paro de producción por descanso de un trabajador. Cada uno realiza actividades específicas y únicamente el desconchado requiere del concurso de los tres trabajadores.

Consecuentemente el avance de cada proceso depende de que se haya concluido el anterior, es decir es una producción por lotes. Es uno de los casos de dominio, que Juran (1974), lo cataloga como dominio de operador (operator-dominant, por sus siglas en Inglés), en el que el gran conjunto de operaciones y procesos no están completamente ingenierizados y en los que la producción y calidad dependen del operador, de su calidad de trabajo y experiencia(p.9-12).

La medición de tiempos por tarea se realizó para cada uno de los tres trabajadores, se promedió y se calculó la media aritmética por tarea y por el grupo de actividades. Igualmente se calculó la desviación estándar por operación. Esto permite avanzar en el estudio con tiempos estándar por operación, bajo el criterio de que la dispersión de los tiempos entre los tres trabajadores, son mínimas, como se desprende del análisis que se hace en los párrafos siguientes.

El tiempo neto total de trabajo es de 8,42 horas, información que refleja que el tiempo laboral se ajusta a la realidad.

De la información de campo presentada en la tabla AVIII.1 del anexo VIII, se puede apreciar que el nivel de dispersión de los tiempos de cada trabajador es mínimo, toda vez que la desviación estándar del tiempo empleado por cada trabajador en realizar la misma tarea y finalmente la actividad de preparación de moldes para iniciar un nuevo lote al siguiente día, constituida por un grupo de tareas, es 0,31.

La dispersión de los tiempos de la operación de llenado es de 0,44. Para el caso de la actividad de acabado interior se evidencia un nivel mayor de dispersión, esto es 0,81, de los tiempos empleados por los tres trabajadores. Esto puede deberse también al nivel de calidad con el que resulta la pieza cerámica. Así en el caso de que resulte con mayor cantidad de fallas de calidad el trabajador tomará más tiempo para corregirlas y viceversa.

Los niveles de dispersión de tiempos empleados por los tres trabajadores en cada una de las operaciones de desconchado son 3,69; 3,36; y 3,54 dentro de cada subactividad.

Los tiempos utilizados por los trabajadores en las operaciones de acabado exterior acusan una desviación estándar de 0,86, que refleja consistencia entre los datos.

Los tiempos utilizados por el trabajador en la operación de pulido, son consistentes ya que la desviación estándar es del orden de 0,27 para los vaciadores principales (W1 y W2) y 0,28 para el ayudante W3.

Por lo tanto los tiempos medidos se pueden considerar como tiempos estándar dentro de los límites de variación estimados a través de la desviación estándar.

### 3.6.1 CALIBRACIÓN DEL WBGT-103 HEAT STROKE CHECKER

En el diagrama psicrométrico del anexo VII se determinó:

- a. Temperatura húmeda psicrométrica ( $T_b$ )
- b. Presión parcial del vapor de agua en saturación ( $P_s$ )
- c. Presión parcial del vapor de agua ( $P_a$ )

Las variables de temperatura de aire seco, humedad relativa, temperatura de globo e índice WBGT se midieron con el equipo WBGT-103 HeatStrokechecker.

Los cálculos realizados son los siguientes:

$$T_a = 25,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Del diagrama psicrométrico:  $P_s = 3,5 \text{ kPa}$

$$P_a = (HR\%)(P_s) = 0,465 \times 3,5 = 1,63 \text{ kPa}$$

Del diagrama psicrométrico:  $T_b = 17,9 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$WBGT(\text{trabajo})_{\text{calculado}} = 0,7 \times T_b + 0,3 \times T_g = 0,7 \times 17,9 + 0,3 \times 26,4$$

$$WBGT(\text{trabajo})_{\text{calculado}} = 20,5^\circ\text{C}$$

$$WBGT(\text{trabajo})_{\text{medido}} = 20,8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Se repitió el mismo procedimiento con los datos medidos en la mañana al inicio del turno y en la tarde a su finalización. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 3.12 y 3.13.

Para determinar si existe una variación significativa entre la información del índice  $WBGT_{\text{trabajo calculado}}$  y el índice  $WBGT_{\text{trabajo medido}}$  se aplicó la prueba-F (f-test) y los resultados se presentan en la tabla 3.14.

**Tabla 3.12.** Datos de calibración del equipo WBGT-103 HeatStrokechecker. Días 1 y 2.

Hora y posición	Ta (°C)	Ps (kPa)	HR (%)	Pa=(Ps)(HR) (Kpa)	Tb (°C)	Tg(°C)	Constante de la Ecuación WBGT para Tb	Constante de la Ecuación WBGT para Tg	WBGT <sub>trabajo</sub> (calculado) = 0,7T <sub>b</sub> + 0,3T <sub>g</sub> (°C)	WBGT <sub>trabajo</sub> (medido con el equipo (°C)	Diferencia Índice medido-Índice calculado (°C)
06 horas posición (a)	26,70	3,40	56,40	1,92	20,10	28,10	0,70	0,30	22,50	23,20	0,70
06 horas posición (b)	27,20	3,50	50,50	1,77	20,00	28,20	0,70	0,30	22,50	23,20	0,70
06 horas posición (c)	24,60	3,00	41,80	1,25	16,20	27,90	0,70	0,30	19,70	19,60	-0,10
15 horas posición (a)	32,30	4,90	46,60	2,26	23,50	34,10	0,70	0,30	26,70	27,10	0,40
15 horas posición (b)	32,50	4,90	52,40	2,55	24,90	33,90	0,70	0,30	27,60	28,30	0,70
15 horas posición (c)	32,80	5,10	57,80	2,95	26,50	34,50	0,70	0,30	28,90	29,20	0,30
06 horas posición (a)	29,80	4,10	51,60	2,12	22,10	31,20	0,70	0,30	24,80	25,50	0,70
06 horas posición (b)	30,20	4,30	47,90	2,06	22,00	31,10	0,70	0,30	24,70	25,50	0,80
06 horas posición (c)	27,70	3,70	46,70	1,73	19,50	30,20	0,70	0,30	22,70	22,50	-0,20
15 horas posición (a)	33,30	5,10	54,70	2,79	25,90	34,90	0,70	0,30	28,60	29,20	0,60
15 horas posición (b)	33,30	5,10	58,20	2,97	26,90	35,20	0,70	0,30	29,40	30,00	0,60
15 horas posición (c)	34,10	5,40	61,40	3,28	28,00	35,60	0,70	0,30	30,30	30,70	0,40

**Ta:** Temperatura ambiente. **Ps:** Presión de saturación. **HR:** Humedad relativa. **Pa:** Presión parcial del vapor de agua

**Tb:** Temperatura de bulbo húmedo natural. **Tg:** Temperatura de globo

**Tabla 3.13.** Datos de calibración del equipo WBGT-103 HeatStrokechecker. Días 3 y 4.

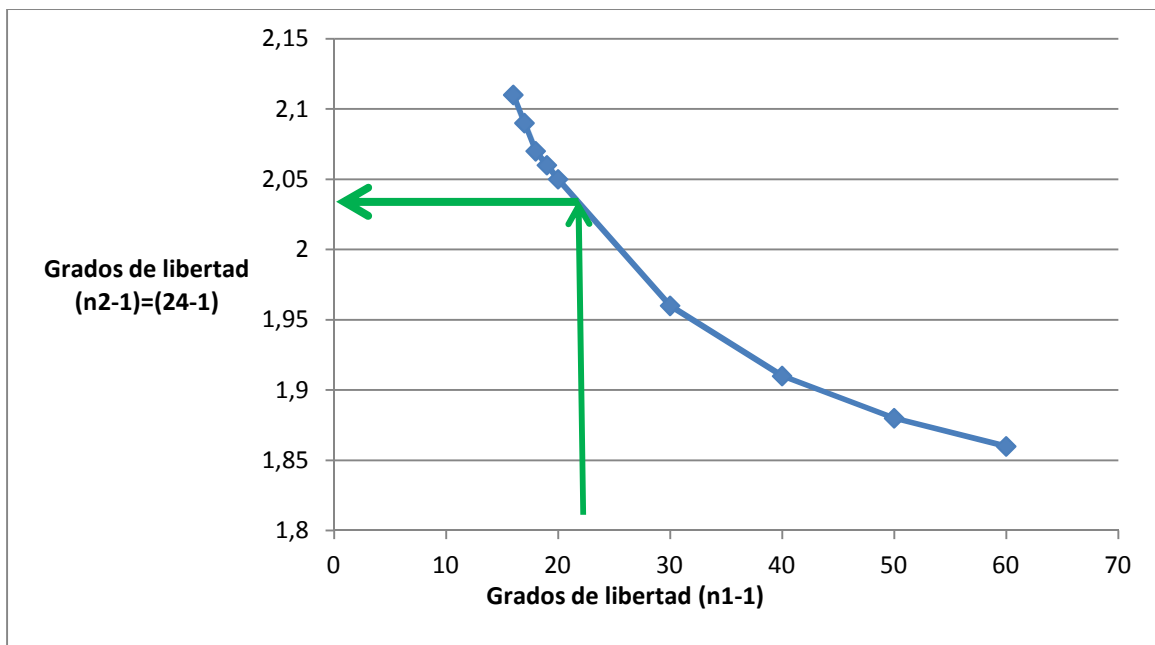
Hora y posición	Ta (°C)	Ps (kPa)	HR (%)	Pa=(Ps)(HR) (Kpa)	Tb (°C)	Tg(°C)	Constante de la Ecuación WBGT para Tb	Constante de la Ecuación WBGT para Tg	WBGT <sub>trabajo</sub> (calculado) = $0,7T_b + 0,3T_g$ (°C)	WBGT <sub>trabajo</sub> (medido con el equipo (°C)	Diferencia Índice medido-Índice calculado (°C)
06 horas posición (a)	27,00	3,60	54,80%	1,95	20,50	27,80	0,70	0,30	22,70	23,30	0,60
06 horas posición (b)	26,00	3,90	51,00%	1,99	20,30	28,20	0,70	0,30	22,70	22,50	-0,20
06 horas posición (c)	26,50	3,50	50,50%	1,77	19,10	28,10	0,70	0,30	21,80	21,70	-0,10
15 horas posición (a)	27,20	3,70	60,80%	2,24	22,00	28,60	0,70	0,30	24,00	24,30	0,30
15 horas posición (b)	29,00	4,00	64,50%	2,58	24,00	29,80	0,70	0,30	25,70	26,30	0,60
15 horas posición (c)	32,20	4,90	58,80%	2,88	26,20	33,60	0,70	0,30	28,40	28,80	0,40
06 horas posición (a)	25,10	3,50	46,50%	1,63	17,90	26,40	0,70	0,30	20,50	20,80	0,40
06 horas posición (b)	24,50	3,10	39,60%	1,23	16,50	26,10	0,70	0,30	19,40	19,50	0,10
06 horas posición (c)	21,40	2,60	37,80%	0,98	14,00	22,70	0,70	0,30	16,60	16,70	0,10
15 horas posición (a)	31,50	4,60	43,00%	1,98	22,20	34,10	0,70	0,30	25,80	26,30	0,50
15 horas posición (b)	32,20	4,90	49,40%	2,42	24,70	34,00	0,70	0,30	27,50	28,10	0,60
15 horas posición (c)	32,50	5,00	50,50%	2,50	25,00	34,20	0,70	0,30	27,80	28,10	0,30



**Tabla 3.14.** Resultados de la prueba – F

Número de cálculos de	nc	24
Número de mediciones	nm	24
Grados de libertad del número de cálculos	nc-1	23
Grados de libertad del número de mediciones	cm-1	23
Varianza de los datos de WBGT <sub>trabajo</sub> (calculado)	$\sigma^2$	13,00
Varianza de los datos WBGT <sub>trabajo</sub> (medido con el equipo)	$s^2$	14,10
Prueba - F	$F=\sigma^2/s^2$	1,09
Valor crítico de la distribución F a un nivel de significancia de 0,05, con 23 grados de libertad para los valores de WBGT medido y 23 grados de libertad para los valores de WBGT calculado	F <sub>c</sub> (interpolado)	2,03
Análisis	$F < F_c$	1,09 < 2,03

La tabla AX.1 del anexo 10 de dos entradas de la prueba – F para (n-1) grados de libertad de la escala horizontal, tiene hasta 20 grados de libertad y a partir de este punto sigue en incrementos de 10 en 10. Es decir no existe 23 grados de libertad por lo que fue necesario interpolar este valor en la figura 3.24.



**Figura 3.24.** Valor crítico de la distribución F<sub>c</sub> (=2,03) a un nivel de significancia de 0,05, con 23 grados de libertad para los valores de WBGT medido y 23 grados de libertad para los valores de WBGT calculado (IS 6200, 1971)

De estos resultados se observa que el valor de  $F$  es menor que 2,03, que es el valor de  $F_c$  para 23 grados de libertad del índice WBGT (trabajo) calculado y 23 grados de libertad del índice WBGT (trabajo) medido, en la tabla de la prueba –  $F$ , de dos entradas, del anexo 7. Por tanto  $F$  no es significativo y la hipótesis nula de la igualdad de varianzas para los dos métodos es aceptada.

Efectivamente la tabla 3.13 permite apreciar que las diferencias entre los valores del índice  $BWGT_{\text{trabajo}}$  medido con el equipo y calculados con la ecuación de Falagan, son en el 100% de los casos menores a  $1^\circ\text{C}$ .

Consecuentemente se puede afirmar que se trabajó con un equipo calibrado y las medidas son confiables.

### **3.7 VENTILACIÓN PARA CALIDAD DE AIRE DEL ÁREA DE TRABAJO**

La planta cuenta con tres hornos de quema de piezas cerámicas. Los hornos tienen tres zonas con perfiles de temperatura de quema de hasta  $1200^\circ\text{C}$  y luego de enfriamiento progresivo. Del horno 1, y antes de su salida al ambiente, se capta el aire a  $250^\circ\text{C}$ , se utiliza un ventilador que opera con un motor de 30 HP.

El aire recuperado pasa por un intercambiador de calor, tipo radiador que permite recuperar parte de la entalpía del aire para precalentar agua, la misma que se utiliza en áreas en donde se requiere agua caliente.

El aire aún caliente que sale del intercambiador de calor se mezcla con aire frío y esta mezcla pasa por una línea de ductos hacia la nave de vaciado denominada “vaciado grande” que es el área de interés del presente estudio.

Con el equipo “Testo 335” que la empresa utiliza para el análisis de gases de chimenea, se midió la temperatura directamente en el dámper por donde sale el aire caliente al área y también se midió la temperatura del aire de salida

directamente al introducir el medidor de temperatura en un orificio abierto para el propósito en el ducto. Los resultados obtenidos son los siguientes:

- a. Temperatura del aire caliente a la salida del horno y antes de ingresar al intercambiador de calor, aire – agua: 250°C.
- b. Temperatura del aire caliente, medida a la salida del dámper: 42,50°C. Por lo tanto esta es la temperatura de ingreso del aire caliente al área de vaciado.
- c. Temperatura del aire caliente, medida en el ducto de conducción de aire caliente: 45,10°C.

El aire caliente que ingresa no se focaliza en los trenes de moldes que contienen las piezas recién formadas, sino que inunda el área por sobre la cabeza de los trabajadores.

El aire caliente es más liviano que el aire frío, por lo que permanece en la parte superior. No se ha evaluado la eficiencia del sistema de inyección de aire caliente al área de vaciado, relativa al objetivo de aprovechar su energía para acelerar el secado de las piezas de cerámica.

Se observó que en el área de vaciado no existe renovación de aire en ningún momento de la jornada laboral. Los trabajadores permanecen en el área desde las 06h00 hasta las 14h30 con un máximo de permanencia de hasta las 15h30. Esto depende de factores aleatorios, tales como calidad de la pasta y paro de máquina por daño mecánico. Únicamente abandonan el área al medio día durante 30 minutos para el almuerzo.

Consecuentemente no se cumple lo establecido por la norma ASHRAE 62 (1989), que establece una tasa no menor a 15,00cfm/persona (7,10 l/s/persona).

### **3.8 IMPLEMENTACIÓN DE LAS MEDIDAS DE GESTIÓN DEL RIESGO.**

#### **3.8.1 RESULTADOS DE IMPLEMENTAR COMO MEDIDA ADMINISTRATIVA LA INCLUSIÓN DE UN TRABAJADOR EN LAS ACTIVIDADES DE DESCONCHE Y PULIDO**

La carga actual del vaciador principal es de una producción de 100 pocetas en verde por jornada laboral. A esto se suma la responsabilidad asignada de desconchar 50 pocetas como vaciador principal y 50 pocetas adicionales como ayudante de la actividad de desconchar. Así el desglose de la carga metabólica asignada a los trabajadores W1 y W2 corresponde a 100 pocetas cada uno como vaciadores principales y 100 pocetas adicionales en cuya producción participan únicamente en la actividad de desconchado. A esto se suma la actividad de pulir 69 pocetas cada uno de la producción del día anterior. El trabajador W3 apoya en todas las actividades a los trabajadores W1 y W2.

Falagan (2005) y WorkSafeBC (2005), en su estudio “Prevención del estrés térmico en el trabajo”, sugieren como medida de corte administrativo para prevenir el estrés térmico, reducir la carga de trabajo, mediante la utilización de trabajadores adicionales para reducir la exposición al riesgo en estudio.

La actividad de mayor aporte al gasto total de energía metabólica es el desconchado, que aporta con el 43,80%; 43,70% y 45,30% del consumo metabólico total de los trabajadores W1, W2 y W3, respectivamente. Consecuentemente se priorizó el control del gasto metabólico de esta actividad, tal como se lo planteó en la tabla 2.7 “Propuesta de medidas de gestión del riesgo”.

La medida implementada consiste en limitar el tiempo de exposición del trabajador al racionalizar el tiempo de trabajo entre los tres trabajadores que están aclimatados. Para lograr este propósito se introdujo un cuarto trabajador

totalmente aclimatado en el grupo y se investigó cuál sería la nueva carga de trabajo con base en la carga de trabajo detallada en la tabla 3.15.

**Tabla 3.15.** Esquema de trabajo con un nuevo ayudante en la actividad de desconche

No. De pocetas que se desconchan por jornada	Equipo de Trabajadores por lote de desconche		
	Desconchador principal-variante abre huecos en la base de la poceta	Desconchador principal-variante pone talco en la base del molde	Ayudante
50	W1	W2	W3
50	W2	W1	W4
50	W3	W4	W1
50	W3	W4	W2

Con base en los tiempos estándar detallados en el anexo VIII y bajo este esquema de racionalización de la carga metabólica se desarrollaron los cálculos correspondientes detallados en el Anexo XI. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 3.16.

**Tabla 3.16.** Distribución de la carga metabólica bajo el nuevo régimen de trabajo en la actividad de desconche.

No de pocetas que se desconchan	Desconchado con la variante de abrir huecos en la poceta (kcal/jornada)	Desconchado con la variante de talquear la base del molde (kcal/jornada)	Actividades de ayuda (kcal/jornada)
50	377,28 (W1)	375,27 (W2)	211,94 (W3)
50	377,28 (W2)	375,27 (W1)	211,94 (W4)
50	377,28 (W3)	375,27 (W4)	211,94 (W1)
50	377,28 (W3)	375,27 (W4)	211,94 (W2)

De esta forma se obtuvo ahorros de energía metabólica en la operación de desconchado del 28,12%; 28,01% y 17,04% en los trabajadores W1, W2 y W3, respectivamente. El detalle de este ahorro de carga de trabajo se presenta en la tabla 3.17.

La segunda actividad en importancia en cuanto al aporte parcial al consumo de energía metabólica es la de pulir las pocetas, con el 15,40% para los dos

vaciadores principales y 16,40% para el ayudante. El trabajador W4, totalmente aclimatado, realizó el pulido de 100 pocetas, con lo cual esta carga de trabajo se reduce en los trabajadores W1, W2 y W3. Los cálculos correspondientes se presentan en el anexo XI.

**Tabla 3.17.** Ahorro de energía metabólica bajo el nuevo esquema de trabajo en la actividad de desconche

Ítem	W1	W2	W3	W4
Carga metabólica antes de la medida de control (kcal/jornada)	1341,77	1339,76	1176,43	
Carga metabólica con control (kcal/jornada)	377,28	377,28	211,94	211,94
	375,27	375,27	377,28	375,27
	211,94	211,94	377,28	375,27
Total carga metabólica con control (kcal/jornada)	964,49	964,49	966,50	962,48
Ahorro de energía metabólica (kcal/jornada)	377,28	375,27	209,93	
Reducción porcentual del consumo metabólico (%)	28,12%	28,01%	17,84%	

Los resultados de la implementación de la medida administrativa de gestión del riesgo de estrés térmico en la actividad de desconchado se presentan en la tabla 3.17.

La carga metabólica de W1 y W2 se redujo de 3066,44 kcal/jornada y 3064,43 kcal/jornada a 2415,29 kcal/jornada, esto es hubo una reducción del 21,23% y 21,18% respectivamente, como se reflejan los datos de la tabla 3.18.

En el caso del trabajador W3, su carga metabólica disminuyó de 2 594,66 kcal/jornada a 2247,86 kcal/jornada, se logró un reducción del 13,37%. La carga de trabajo de W4 fue de 1 646,96 kcal/jornada, según se indica en la tabla 3.18.

Con respecto al umbral de 2000,00kcal/jornada, se concluye que W1, W2 y W3 aún realizan trabajo pesado.

Las cargas modificadas de trabajo horario fueron de 311,00kcal/h en W1 y W2; 262,00kcal/h en W3 y 206,00kcal/h en W4. Para estos valores unitarios de gasto de energía, el umbral que presenta la tabla 3.19 es de 28°C, es decir se incrementó la tolerancia desde 25°C. Esto evidencia que hasta las 10 am los trabajadores ya no estarían sobreexpuestos a estrés térmico.

**Tabla 3.18** Resultados de las medidas administrativas de gestión del riesgo de estrés térmico

Actividad	Item	W1		W2		W3		W4
		Sin gestión del riesgo	Con gestión del riesgo	Sin gestión del riesgo	Con gestión del riesgo	Sin gestión del riesgo	Con gestión del riesgo	Con gestión del riesgo
Preparación de moldes	Carga de trabajo (kcal/jornada)	185,16	185,16	185,16	185,16	272,08	272,08	
	Tiempo (min/jornada)	41,32	41,32	41,32	41,32	69,00	69,00	
Llenado de moldes	Carga de trabajo (kcal/jornada)	253,01	253,01	253,01	253,01	339,52	339,52	
	Tiempo (min/jornada)	50,10	50,10	50,10	50,10	75,52	75,52	
Acabado interior	Carga de trabajo (kcal/jornada)	440,50	440,50	440,50	440,50	255,04	255,04	
	Tiempo (min/jornada)	106,42	106,42	106,42	106,42	64,68	64,68	
Desconchado	Carga de trabajo (kcal/jornada)	1341,77	964,49	1339,76	964,49	1176,43	966,50	962,28
	Tiempo (min/jornada)	130,83	99,34	133,48	99,34	133,05	98,41	101,99
Acabado exterior	Carga de trabajo (kcal/jornada)	373,57	373,57	373,57	373,57	127,28	127,28	
	Tiempo (min/jornada)	89,94	89,94	89,94	89,94	32,28	32,28	
Pulido de pocetas	Carga de trabajo (kcal/jornada)	472,43	198,56	472,43	198,56	424,31	287,44	684,68
	Tiempo (min/jornada)	87,80	36,90	87,80	37,80	78,85	53,35	127,25
Total/jornada	kcal/jornada	3066,44	2415,29	3064,43	2415,29	2594,66	2247,86	1646,96
	min/jornada	506,41	424,02	509,06	424,92	453,38	393,24	229,24
Reducción de la carga metabólica (kcal/jornada)			651,15		649,14		346,80	
Reducción de la carga metabólica (%)			-21,23%		-21,18%		-13,37%	
Reducción del tiempo de trabajo (min/jornada)			-16,27%		-16,53%		-13,26%	

**Tabla 3.19** Índice WBGT límite °C, en situación de control.

Situación luego de disminuir la carga de trabajo				Consumo metabólico kcal/h *	ÍNDICE WBGT límite °C				Consumo metabólico determinado en la práctica kcal/h
W1	W2	W3	W4		Persona aclimatada		Persona no aclimatada		
kcal/h					v=0	v≠0	v=0	v≠0	
				≤100	33	33	32	32	
				100 – 200	30	30	29	29	
311	311	262	206	200 – 310	28	28	26	26	
Situación antes de implementar las medidas de prevención del riesgo de estrés térmico				310 – 400	25	26	22	23	363 (W1) 361 (W2) 338 (W3)
				>400	23	25	18	20	

(FaIagan, 2005, p.782)

### 3.8.2 RESULTADO DE IMPLEMENTAR COMO MEDIDA DE INGENIERÍA EL REDISEÑO DE LOS COCHES QUE SE UTILIZAN EN EL ÁREA DE VACIADO GRANDE

La fuerza que debe ejercer el trabajador para empujar los coches cargados con pocetas, es de 5984,10 N para el caso de rozamiento estático y 4787,30 N para el caso de rozamiento dinámico. En los dos casos estos valores superan el umbral aceptable que es de 333,40 N según Ploget al. (1993).

Se implementó la medida de rediseñar los coches de tal manera que permitan cargar 15 piezas cerámicas (50,00% de la carga anterior), en lugar de 30 piezas cerámicas.

La fuerza estática después de implementada la medida correctiva se calcula como sigue:

$$F_f = 1,0 \times 305 \text{kg} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 2992,0 \text{ N}$$

La fuerza estática antes de aplicar la medida fue de 5984,10 N, que relacionada con la fuerza ejercida por el trabajador después de implementar la medida, que es de 2991,00 N; evidencia una reducción del 50,00% en la fuerza estática.



La fuerza dinámica después de implementada la medida correctiva se calcula como sigue:

$$F_f = 0,8 \times 305 \text{ kg} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 2\,393,6 \text{ N}$$

Se experimentó una reducción del 50,00% de la fuerza dinámica. Sin embargo la cantidad de trabajo permanece constante, pues si bien se redujo las fuerzas tanto estática como dinámica, para trasladar el mismo número de piezas, se requiere incrementar el número de viajes. Así el trabajo desarrollado se calculó como sigue:

$$W_f = 2393,6 \text{ N} \times 6,5 \text{ m} \times (-1) = -15\,584,4 \text{ Nm} = -15\,558,4 \text{ J}$$

$$W_f = -15\,558,4 \frac{\text{J}}{\text{empuje}} \times \frac{\text{kcal}}{4\,186,84 \text{ J}} \times 4,6 \frac{\text{empujes}}{\text{jornada}} = 17,09 \frac{\text{kcal}}{\text{jornada}}$$

El número total de coches rediseñados requeridos es de 120 unidades para el área de vaciado grande.

La figura 3.15 presenta el diseño de los coches previa la implementación de la medida de ingeniería. Como puede observarse los coches disponen de tres ruedas recubiertas de caucho y tienen una capacidad de almacenamiento de 30 piezas sanitarias con un peso promedio de 18,00 kilogramos cada una. La carga total es de 540,00 kilogramos a la que se suma el peso del coche, con lo que se tiene un peso total de 610,00 kilogramos, que el trabajador debe empujar hasta el área de secador.

La figura 3.25 y 3.26 presenta el nuevo diseño de coche, con una capacidad de carga de 15 piezas sanitarias. El peso total de carga más el peso del coche se ha reducido en 50,00%, con lo que ahora el peso a ser empujado es de 305,00 kilogramos. Los diseños de los coches se presentan en el anexo XII, figura AXII.1, figura AXII.2 y figura AXII.3



**Figura 3.25.** Fotografía que muestra el diseño de los coches en el área de vaciado previa la implementación de la medida de gestión del riesgo de estrés térmico (EDESA, 2011)



**Figura 3.26.** Fotografía que muestra el diseño de los coches en el área de vaciado después de implementar la medida de gestión (EDESA, 2011)

### 3.8.3 SISTEMA DE VENTILACIÓN EN EL ÁREA DE VACIADO

Las operaciones de quema de sanitarios se realizan en tres hornos, codificados como H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub> y H<sub>3</sub>. Dos hornos son de 150,00 pies de longitud y operan de manera continua. Así los sanitarios se colocan a la entrada del horno y el transportador se mueve automáticamente a través de las zonas de secado, la zona de quemado y la zona de enfriamiento.

La temperatura en estos hornos se controla automáticamente para mantener la temperatura necesaria en cada una de las zonas que marcan el perfil de temperaturas. La máxima temperatura en la zona de quema es 1200°C. El tercer horno es un horno que opera por lotes y se programa para el secado, quema y enfriamiento, todo dentro de la misma área del equipo. El horno está equipado con un sistema automático de control de temperatura.

Del horno continuo H<sub>1</sub> directamente de la zona de enfriamiento, se capta el aire a 250°C, mediante un ventilador equipado con un motor de 30HP. El ventilador direcciona el aire caliente hacia un intercambiador de calor "aire caliente-agua", que permite recuperar parte de la energía del aire caliente y transferirla al agua, para obtener agua caliente que se utiliza para varios propósitos al interior de la planta. El aire que sale de este intercambiador de calor se mezcla con aire frío y el conjunto se inyecta al área de vaciado objeto de la presente investigación.

La mezcla de aire ingresa a una temperatura, medida en el dámper, de 42,50°C y medida en un orificio del ducto, de 45,00°C. Estas temperaturas son muy altas e inciden en el confort térmico ambiental del área de trabajo. El propósito de la empresa es lograr el secado rápido de las piezas durante la etapa de formación que oscila entre 50 y 55 minutos, depende de la reología de la pasta. El aire caliente inunda el área y no es localizado.

El puesto de trabajo estudiado no cuenta con ventilación. La norma ASHRAE 62 (1989), recomienda para lugares cerrados un mínimo de 15,00cfm por trabajador (7,10 l/trabajador) para mantener la calidad de aire adecuada. Los requisitos de diseño mínimo del sistema de ventilación se detallan en los párrafos siguientes.

## PARÁMETROS DE DISEÑO DEL SISTEMA

### a. Requerimientos mínimos de ingreso de aire de exterior

El requerimiento de suministro de aire exterior está relacionado con el área del recinto, el uso que se da al espacio y la cantidad de personas que se encuentran en él. Para el área de trabajo se tiene:

Tasa de aire exterior para personas:  $R_p = 15,00 \text{ cfm/trabajador}$

Tasa de aire exterior del área:  $R_a = 0,18 \text{ cfm/pie}^2$

El estándar sugiere una densidad de ocupación de 20 personas por cada 1000 pies<sup>2</sup> de área (20 personas/1000 pies<sup>2</sup>). Entonces el flujo requerido de aire exterior para un área de 1000 pies<sup>2</sup> es:

$$\text{Flujo de aire exterior requerido} = \frac{15 \text{ cfm}}{\text{trabajador}} \times 20 \text{ trabajadores} + \frac{0,18 \text{ cfm}}{\text{pie}^2} \times 1000 \text{ pie}^2$$

$$\text{Flujo de aire exterior requerido} = 480 \text{ cfm}$$

Esto equivale a:

$$480,00 \text{ cfm} / 20 \text{ trabajadores} = 24,00 \text{ cfm/trabajador}$$

$$480,00 \text{ cfm} / 1000 \text{ pies}^2 = 0,48 \text{ cfm de aire fresco/pie}^2$$

Donde:

cfm: pies<sup>3</sup>/minuto

Para un factor ideal de mezcla  $K = \frac{3}{4}$  y caudal de 20,00 cfm por persona, el caudal necesario de aire fresco será:

$$Q_{\text{necesario}} = \frac{20 \text{ cfm}}{\text{persona}} \times 20 \text{ personas envaciado} = 400 \text{ cfm}$$

$$Q_{\text{real}} = \frac{400 \text{ cfm}}{k} = \frac{400 \text{ cfm}}{3/4} = 533 \text{ cfm}$$

El valor de 480,00cfm calculado en base a la recomendación ASHRAE 62 (1989), dividido para el factor de dilución  $\frac{3}{4}$ , da un valor de 640,00cfm.

Por lo tanto se recomienda al momento de tomar la decisión de implementar la recomendación, actualizar el requerimiento en el rango de 533,00cfm y 640,00cfm.

#### **b. Requerimientos mínimos de extracción de aire interior**

El estándar cuenta con tablas que especifican este requerimiento. En el caso de un galpón industrial la exigencia es:

Extracción requerida de aire interior =  $0,70 \text{ cfm/pie}^2$

Puede observarse que el flujo de aire que es extraído es mayor que el flujo de aire exterior que ingresa. Esto se debe que de acuerdo al propósito del estándar se trató con requerimientos mínimos para garantizar calidad de aire interior, ya que el aire para reponer el flujo extraído es flujo de renovación, que se define como “cualquier combinación de aire exterior y transferencia destinada a reemplazar el aire extraído”.

El cálculo debe considerar factores de corrección relacionados con el sistema de distribución de aire, humedad relativa requerida para el caso particular de atmósfera controlada para lograr el secado de las piezas en el menor tiempo posible sin crear una atmósfera que genere estrés térmico. Además se debe considerar parámetros específicos a la planta industrial, tales como:

- Requerimientos requeridos de limpieza del aire interior
- Condiciones ambientales requeridas
- Concentración de emisiones en el interior del área, tales como material particulado
- Normativa aplicable

Porges y Porges (1974), recomiendan que la velocidad de aire para sistemas de ventilación en plantas industriales debe estar entre 5,00 y 6,00 m/s. Igualmente sugieren que el número de renovaciones de aire para una planta industrial debe estar entre 6 a 10 renovaciones por hora(p.8).

ASHRAE 1962 (1989), destaca además que la tasa de 1000,00 ppm de CO<sub>2</sub> generado por los seres humanos no debe ser superada en recintos cerrados (p.20).

### **3.9 COSTO DE IMPLEMENTACIÓN**

La tabla 2.7 presenta la propuesta de medidas de gestión del riesgo. Éstas se clasificaron en medidas de bajo costo, mediano costo y de alto costo. Se puntualizó inicialmente que se implementarán las medidas de bajo costo y mediano costo. Los criterios para clasificar el costo dentro de una de estas categorías es el siguiente:

Bajo costo:	Hasta \$ 10 000,00
Mediano costo:	De \$ 10 000,00 hasta \$100 000,00
Alto costo:	De \$ 100 000,00 hasta \$ 200 000,00

#### **3.9.1 INCREMENTO DE UN TRABAJADOR**

El costo de implementar esta medida se relaciona directamente con el salario más todos los beneficios del trabajador W4. La tabla 3.20 presenta el desglose de los haberes percibidos en EDESA por un trabajador en el área de vaciado grande, objeto de la presente investigación, a diciembre del 2012.

El costo anual de implementación de la medida es de \$ 8 586,36 por año, valor que de acuerdo a los criterios de clasificación del costo se ubica en la categoría de bajo costo.

**Tabla 3.20.** Desglose de haberes que percibe el trabajador.

Detalle	\$/mes
Sueldo básico	310,00
Bono cumplimiento	12,00
Incentivo global	77,00
Incentivo de producción	282,41
Horas extras	34,12
Sueldo mensual (\$/mes)	715,53

(EDESA, 2012)

### 3.9.2 REDISEÑO DE COCHES PARA TRANSPORTAR POCETAS

La tabla 3.21 presenta el desglose de los costos unitarios de la fabricación del coche rediseñado, tal como se presenta en la figura 3.2. El costo es de \$ 550,00 por coche con nuevo diseño.

El costo del rediseño del coche, incluido el material del coche con diseño anterior a la implementación de la medida de gestión del riesgo de estrés térmico, es de \$110/coche. La cantidad de coches que se requieren para el área de vaciado grande, objeto de la presente investigación es de 120 unidades. Por lo tanto el costo total de la implementación de esta medida fue de \$ 66 000,00

**Tabla 3.21.** Desglose de costos de fabricación de coche con diseño modificado.

Costo Directo	Detalle	Cantidad/Coche	\$/unidad	Subtotal \$/coche
MATERIALES	Tubo metálico de 2 pulgadas			46,00
	Llantas de metales recubiertas de caucho	3	90,00	270,00
	Esponja recubierta con cuerina			103,00
	Tablas			25,00
	Suelda de tubos metálicos			6,00
	Subtotal materiales/coche			
MANO DE OBRA	Subtotal mano de obra/coche			100,00
	<b>COSTO REAL POR COCHE</b>			<b>550,00</b>

(EDESA, 2012)

### 3.9.3 INSTALACIÓN DE SISTEMA DE VENTILACIÓN

El sistema de ventilación se considera una parte integral del acondicionamiento del aire ambiente, con la finalidad de eliminar los contaminantes y aportar un aire respirable y una climatización de las condiciones de temperatura y humedad (hasta el estado de confort). Estará conformado por un sistema de extracción de aire y un sistema de inyección de aire fresco al área de trabajo.

López (2009), en su tesis “Diseño de un sistema de climatización para el Hotel Zeus” determina los costos detallados en la tabla 3.22 para un sistema de climatización (p.125):

**Tabla 3.22.** Desglose de costos de un sistema de climatización

Ítem del costo	Costo (\$)
Materiales	89127,59
Mano de obra	35359,20
Equipo y herramientas	235,80
Criterios de Ingeniería	12472,20
<b>COSTO TOTAL DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN</b>	<b>137194,79</b>

(López, 2009, p.125)

Este costo total fue estimado en el 2009, por lo tanto debe ser corregido con el valor de las tasas de inflación anual del Ecuador. La tabla 3.23 presenta los costos anuales, se consideró la tasa de inflación anual. En el caso del año 2012, se ha tomado en cuenta la tasa esperada de inflación anual.

**Tabla 3.23.** Desglose actualizado de los costos de un sistema de climatización

Inflación (%)	Tasas de inflación anual	Costo (\$)
	Costo referencial total del sistema de climatización	137194,79
2010	3,33%	141763,38
2011	5,41%	149432,78
2012	3,93%	155305,48

(Inmomundo, 2012)



El costo referencial del sistema de ventilación asciende a \$ 155 305,48. La tabla 3.24 presenta el resumen de costos de las medidas implementadas y por implementar.

**Tabla 3.24.** Resumen de costos de los sistemas implementados y por implementar

Tipo de medida	Situación	Costo (\$)			Productividad
		Bajo	Mediano	Alto	
Focalización de la energía del aire caliente en los trenes de 100 moldes que contiene la pieza cerámica	Por implementar				Potencia un incremento al mejorar el microclima del puesto de trabajo
Implementar sistema de ventilación	Por implementar			155 305,00	Potencia un incremento al mejorar el microclima del puesto de trabajo.
Rediseño de coches para transportar pocetas	Implementado		66 000,00		No se afecta
Incrementar el número necesario de trabajadores	Implementado	8 586,00			No se afecta
Reprogramar esquema de trabajo	Por implementar				Por investigar

Con base en la información presentada en la tabla 3.24, el costo total de la implementación de una medida de ingeniería y una medida administrativa es de \$ 74 586,00.

### 3.10 PRODUCTIVIDAD

La productividad es un indicador de eficiencia que relaciona la cantidad de recursos utilizados con la cantidad de producción obtenida. También puede ser definida como la relación entre los resultados y el tiempo utilizado para obtenerlos. En el presente caso se considera como entrada la energía metabólica del trabajador y como salida la producción diaria.

Con base en los resultados de la tabla 3.21, la carga metabólica total desarrollada por los tres trabajadores es de 8 725,53 kcal/200 pocetas/jornada.

El indicador unitario de productividad es de 43,60kcal/poceta/jornada. Al introducir un cuarto trabajador en las operaciones que demandan cerca del 60% de carga metabólica, la cantidad de energía permanece constante, pues lo que se hizo es racionalizar la carga de trabajo, disminuyéndola en 21,20% y 13,40% en los trabajadores que tenían sobrecarga metabólica y transferir estas tasas de energía metabólica a una fuerza laboral adicional.

Es así que la sumatoria de las cargas metabólicas parciales de los cuatro trabajadores, presentadas en la tabla 3.18, igualmente arrojan un valor de 8 725,53 kcal/200 pocetas/jornada, de lo que se infiere que el indicador de productividad es igual antes de la medida y después de implementar la medida administrativa.

Esto permitió concluir que en casos de dominio de operador, es decir en los que las operaciones son de carácter manual, mientras crece la carga metabólica por unidad de producción sin introducir las medidas correctivas necesarias, crece el riesgo de estrés térmico y no se traducen necesariamente en incremento de producción.

## 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 CONCLUSIONES

1. Los trabajadores del área de vaciado grande de EDESA, laboraban bajo riesgo de estrés térmico ya que el índice WBGT alcanzó un valor de 31,6°C y el límite permisible es de 25°C
2. Las medidas administrativas de gestión del riesgo que se implementaron en las operaciones de desconchado y pulido redujeron la carga metabólica en 21,20% y 13,40% de los trabajadores principales y ayudantes, respectivamente.
3. El costo de la medida administrativa ascendió a \$ 8 586,00 anuales, que básicamente constituye el salario del trabajador con todos los beneficios de ley. Este valor se ubica dentro de los criterios establecidos de baja inversión.
4. El indicador de productividad de 43,60kcal/poceta/jornada, permaneció inalterable después que se implementó la medida pues lo que se logró fue racionalizar la carga de trabajo en las personas con sobrecarga.
5. Los resultados de la presente investigación hicieron posible validar la hipótesis planteada inherente a que la implementación de medidas de gestión del riesgo asociado a estrés térmico en la operación de vaciado de EDESA S.A., permite controlar la sobreexposición laboral a este riesgo, sin afectar los niveles de productividad de la empresa.
6. Dentro del contexto de la normativa nacional, el DE 2393 (1986), se alcanzó el objetivo propuesto de gestionar el riesgo hasta niveles aceptables. Esto fue posible pues se cumplió en secuencia los objetivos específicos de evaluación del riesgo de estrés térmico, propuesta de

medidas de gestión e implementación y evaluación de la eficacia de dichas medidas.

7. Se redujo en 50,00% el esfuerzo que realizan los trabajadores al realizar la operación de empujar los coches cargados con pocetas. El costo de esta medida fue de \$ 66 000,00, que se ubica dentro del nivel de costo medio con base en los criterios condicionantes de implementación de medidas.
8. El costo estimado del sistema de ventilación del puesto de trabajo es de \$ 155 305,00, el mismo que cae dentro del nivel de alto costo de acuerdo a los criterios de implementación de medidas en función del costo.

## 4.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda complementar el presente estudio a través de las siguientes acciones:

1. Determinar la viabilidad de implementación de la medida de ingeniería inherente a la ventilación del área de vaciado grande.
2. Determinar el índice WBGT en época de invierno e investigar el efecto de la estación invernal en el nivel de estrés térmico.
3. Continuar con la implementación de la medida de la focalización de la corriente de aire caliente recuperado de los hornos en los trenes de moldes.
4. Analizar la viabilidad operativa de implementar el régimen de trabajo calculado en la presente investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ACGIH. (2011). American Conference of Governmental Industrial Hygienists: TLVs and BEIS. Cincinnati, USA.
2. Álvarez, C. (1996). Manual de Higiene Industrial. (4ta. ed.). Madrid, España: MAPFRE S.A.
3. Arce, L. y Rojas, K. (2007). Trabajadores Costarricenses Expuestos a Sobrecarga Térmica: Implicaciones en la Salud y la Producción. Recuperado de [http://www.binasss.sa.cr/revistas/enfermeria/v28n1/art4 .pdf](http://www.binasss.sa.cr/revistas/enfermeria/v28n1/art4.pdf), p. 1-25, (Marzo, 2011).
4. Arun, G. Chaffin, D. y Herrin, D. (1978). Prediction of metabolic rates for manual materials handling jobs. American Industrial Hygiene Association Journal (3). Recuperado de [www.engin.umich.edu/.../Prediction\\_Article.pdf](http://www.engin.umich.edu/.../Prediction_Article.pdf), (Octubre, 2011).
5. Berry, C. McNeely, A. Beauregard, A. y Davis, B. (2011). A Guide to Preventing Heat Stress and Cold Stress. Recuperado de [www.nclabor.com/osha/etta/indguide/ig35.pdf](http://www.nclabor.com/osha/etta/indguide/ig35.pdf), (Septiembre, 2011).
6. Bueche, F. J. y Hecht, E. (2001). Física General. (9na. ed.). México.
7. Cabaleiro, V. (2005). Prevención de riesgos laborales: Normativa de seguridad e higiene en el puesto de trabajo. (1a. Ed.). España: Editorial Gesbiblo, S.L.
8. Castillo, J. y Orozco, A. (2010). Evaluación de un método de cálculo para estimar la carga de trabajo en trabajadores expuestos a condiciones

- térmicas extremas. Recuperado de [www.scielo.org.ve/pdf/st/v18n1/art03.pdf](http://www.scielo.org.ve/pdf/st/v18n1/art03.pdf) (Enero 2011).
9. Chavarría, R. (2006). NTP 177. La carga física de trabajo: definición y evaluación, Recuperado de [www.insht.es/InshtWeb/.../FichasTécnicas/NTP/Ficheros/.../ntp\\_177.ppt](http://www.insht.es/InshtWeb/.../FichasTécnicas/NTP/Ficheros/.../ntp_177.ppt). Similares, (Marzo, 2011).
  10. Decreto Ejecutivo 2393 (1986). Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo: Registro Oficial No. 565 del 17-Noviembre. Capítulo V. Medio ambiente y riesgos laborales por factores físicos, químicos y biológicos.
  11. Domínguez, F.B. Vilella, E. C. Oller, N.C. Solá, X.C. Farrás, J.G. Calleja, A.H. Mendaza, P.L. Senovilla, L.P. (2006). Higiene Industrial (3a. ed.). Madrid, España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
  12. Fajardo, J. (2009). Coeficientes de fricción estática y cinética. Recuperado de <http://es.scribd.com/doc/22590266/Coeficientes-de-friccion-Cinetica-y-Estatica> (Agosto, 2011).
  13. Falagan, M. J. (2005). Higiene Industrial Aplicada-Ampliada (1a. ed.). España: Fundación Luis Fernández Velasco
  14. Garza, J. y Martínez, G. (2001). Validación de un método para la estimación del requerimiento energético basal: Estudio biométrico comparativo con los métodos factorial, de Harris J.A. y Benedict F.G. y el de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Organización Mundial de la Salud/Universidad de las Naciones Unidas (FAO/OMS/ONU). Recuperado de <http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1020145472.PDF> (Septiembre, 2012).

15. Hernández, A. (2006). NTP 343: Nuevos criterios para futuros estándares de ventilación de interiores. Recuperado de [www.insht.es/.../NTP/Ficheros/301a400/ntp\\_343.pdf](http://www.insht.es/.../NTP/Ficheros/301a400/ntp_343.pdf) (Enero 2013).
16. Hernández, A. (2006). NTP 742: Ventilación general de edificios. Recuperado de [www.insht.es/.../NTP/Ficheros/701a750/ntp\\_742.pdf](http://www.insht.es/.../NTP/Ficheros/701a750/ntp_742.pdf) (Diciembre, 2012).
17. Inmo Mundo. (2012). El blog inmobiliario. Recuperado de <http://www.inmomundo.com/articulos/07092011/accelera-la-inflacion-en-ecuador.htm>, (octubre, 2012)
18. IS: 6200 (1971). Statistical Tests of Significance. New Delhi.
19. ISO 7243 (1982). Hot environments: Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (wet bulb globe temperature). Recuperado de [www.iso.org/iso/iso.../catalogue\\_detail\\_ics.htm](http://www.iso.org/iso/iso.../catalogue_detail_ics.htm) (Marzo, 2011).
20. Juran, J. (1974). Quality Control Handbook. (3<sup>a</sup>.ed.). USA: McGraw-Hill, Inc
21. LaDou, J. (1993), Medicina Laboral: El Manual Moderno (1a. ed.). Sonora: México: El Manual Moderno. S.A de C.V.D.F, pp 138, 139,140,141.
22. López, I. (2009). Diseño de un Sistema de Climatización para el Hotel Zeus: Tesis de grado previa la obtención del título de Ingeniero Mecánico, Escuela Politécnica Superior de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
23. Mondelo, P. R. Torada, E. G. Comas, S. Castejón, E. y Lacambra, E. B. (2001). Diseño de Puestos y Espacios de Trabajo: Confort y Estrés Térmico. Tomo 2.(3ra. ed.). Barcelona, España: AlfaomegaEdiciones.



24. Nogareda, S. y Luna, P. (2006). INSHT NTP 323: Determinación del Metabolismo energético. Recuperado de [www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/.../ntp\\_323.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/.../ntp_323.pdf), (Abril 2011).
25. Norma ASHRAE 62 (1989). Ventilation for acceptable indoor air quality: American Society of Heating Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Inc, Atlanta. USA. Recuperado de <http://legacy.library.ucsf.edu/tid/ows23e00/pdf> (Abril, 2011).
26. NOM-015-STPS (1994). Norma oficial Mexicana: Relativa a la exposición laboral de las condiciones térmicas elevadas o abatidas en los centros de trabajo. Recuperado de [www.uco.mx/dgrh/uploads/media/NOM-015-STPS-1993.pdf](http://www.uco.mx/dgrh/uploads/media/NOM-015-STPS-1993.pdf) (Enero, 2011).
27. Oxford Dictionaries (2011). Definition of work rate from on line. Recuperado de <http://oxforddictionaries.com/definition/work-rate> - 21k, (Noviembre, 2011).
28. Parikh, D. Ghodasara, N. y Ramanathan, N. (1978). A Special Thermal Stress Problem in Ceramic Industry. Recuperado de <http://www.springerlink.com/content/u4356v87hg107k38/fulltext.pdf> (Mayo, 2011).
29. PARSONS, K. (2006). Heat Stress: Standard ISO 7243 and its Global Application. Recuperado de [www.jniosh.go.jp/.../indhealth\\_44\\_3\\_368.pdf](http://www.jniosh.go.jp/.../indhealth_44_3_368.pdf) (Febrero, 2011).
30. Plog, B. Nilland, J. y Quinlan, P. (1996), Fundamentals of Industrial Hygiene (4ta. ed.). Itasca, Illinois, United States of America: National Safety Council
31. Porges, J. y Porges, F. (1974). Prontuario de calefacción, ventilación y aire acondicionado. (6ta. ed.). España.

32. Pourmahabadian, M. Adelhah, M. y Azam, K. (2008). Heat exposure assessment in the working environment of a glass manufacturing unit. Recuperado de [www. journals.tums.ac.ir/pdf/6116](http://www.journals.tums.ac.ir/pdf/6116) (Julio, 2011).
33. Rada, G.(2007). Clasificación de indicadores. Recuperado de <http://escuela.med.puc.cl/recursos/recepidem/insIntrod9c.htm-17k>. (Octubre, 2011).
34. Real Decreto 1027/2007 (2010). Reglamento de instalaciones térmicas en edificios. España. Recuperado de [www.madrid.org/bdccm/.../ Normas%20Tratadas/ESRd10272007.pdf](http://www.madrid.org/bdccm/.../Normas%20Tratadas/ESRd10272007.pdf) (Diciembre 2012).
35. Real Decreto 486 (1997). Lugares de Trabajo. España. Recuperado de [www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/.../GuiasTecnicas/.../lugares.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/.../GuiasTecnicas/.../lugares.pdf). España, (Diciembre, 2011).
36. Rowett Research Institute. (1992). Energy expenditure. Ministry of agricultural fisheries and food manual of nutrition. London. England. Recuperado de [www.rowett.ac.uk/edu.../energy\\_expenditure.pdf](http://www.rowett.ac.uk/edu.../energy_expenditure.pdf), (Agosto, 2011)
37. Ruiz-Frutos, C. García, A.M. Delclós, J. y Benavides, F.G. (2007). Salud Laboral. (3a. ed.). Barcelona, España: Masson S.A.
38. Subsecretaría de Previsión Social Ministerio del Trabajo y Previsión Social. (2008). Guía Técnica para la evaluación y control de los riesgos asociados al manejo o manipulación manual de carga. Chile. Recuperado de <http://www.cec.uchile.cl/~com-parit/images/comite/guiacarga.pdf> (Septiembre, 2011).

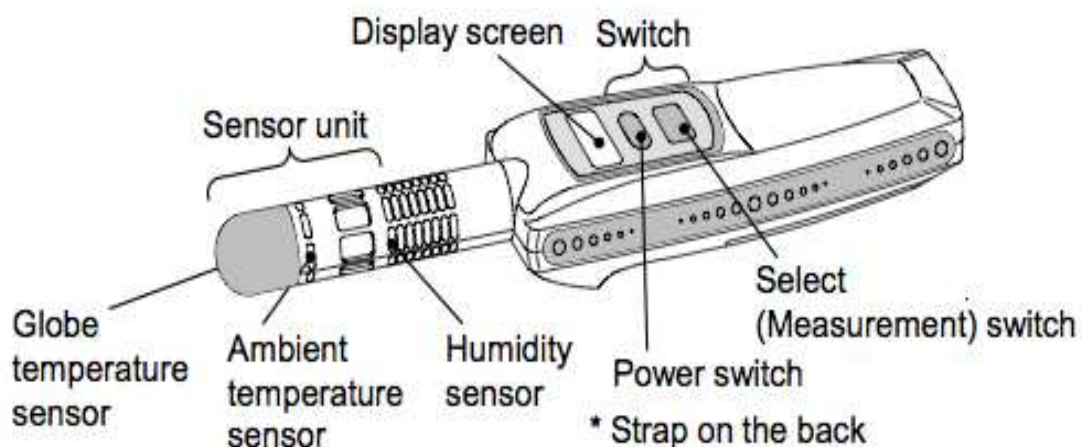
39. Thistlerose COPYRIGHT (2007). ¿Cuál es la cantidad de trabajo?. Recuperado de <http://www.shorterworkweek.com/laborc.html> (Agosto, 2011).
40. UNE-EN 13779 (2008). Ventilación de los edificios no residenciales: Requisitos de prestaciones de sistemas de ventilación y acondicionamiento de recintos. Recuperado de [http://www.aenor.es/DOCUMENTOS/NORMALIZACION/NORMASNACIONALES/EXTRACTOS/\(EX\)UNE-EN\\_13779=2008.pdf](http://www.aenor.es/DOCUMENTOS/NORMALIZACION/NORMASNACIONALES/EXTRACTOS/(EX)UNE-EN_13779=2008.pdf), (Julio, 2012).
41. WorkSafe BC (2005). Prevención del Estrés Térmico en el Trabajo. Recuperado de [http://www.worksafebc.com/publications/translated\\_publications/assets/pdf/spanish/bk30s.pdf](http://www.worksafebc.com/publications/translated_publications/assets/pdf/spanish/bk30s.pdf) (Julio, 2011).
42. Youle, T. y Parsons, K. (2009). Technical Guide No. 12: The Thermal Environment. Recuperado de [www.bohs.org/uploadedFiles/.../04\\_TG12\\_Adde](http://www.bohs.org/uploadedFiles/.../04_TG12_Adde) (Septiembre, 2011).

**ANEXOS**

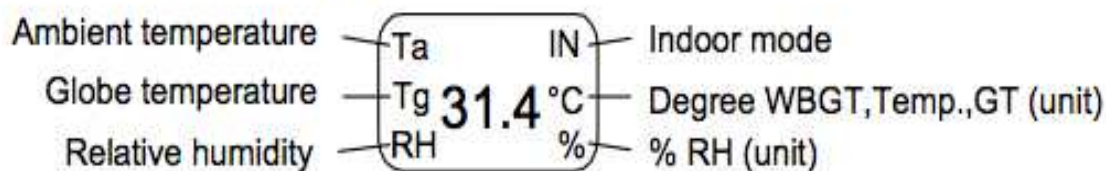
## ANEXO I

### Equipo digital para medir el índice WBGT

La figura AI.1 presenta el equipo digital con el que se monitorea la temperatura ambiente, la temperatura de globo, la humedad relativa y el índice WBGT en el sitio de trabajo. (Manual del equipo a utilizarse en la presente investigación)



#### Example of display



(Note) Globe temperature is a temperature that measures an effect of radiation heat.

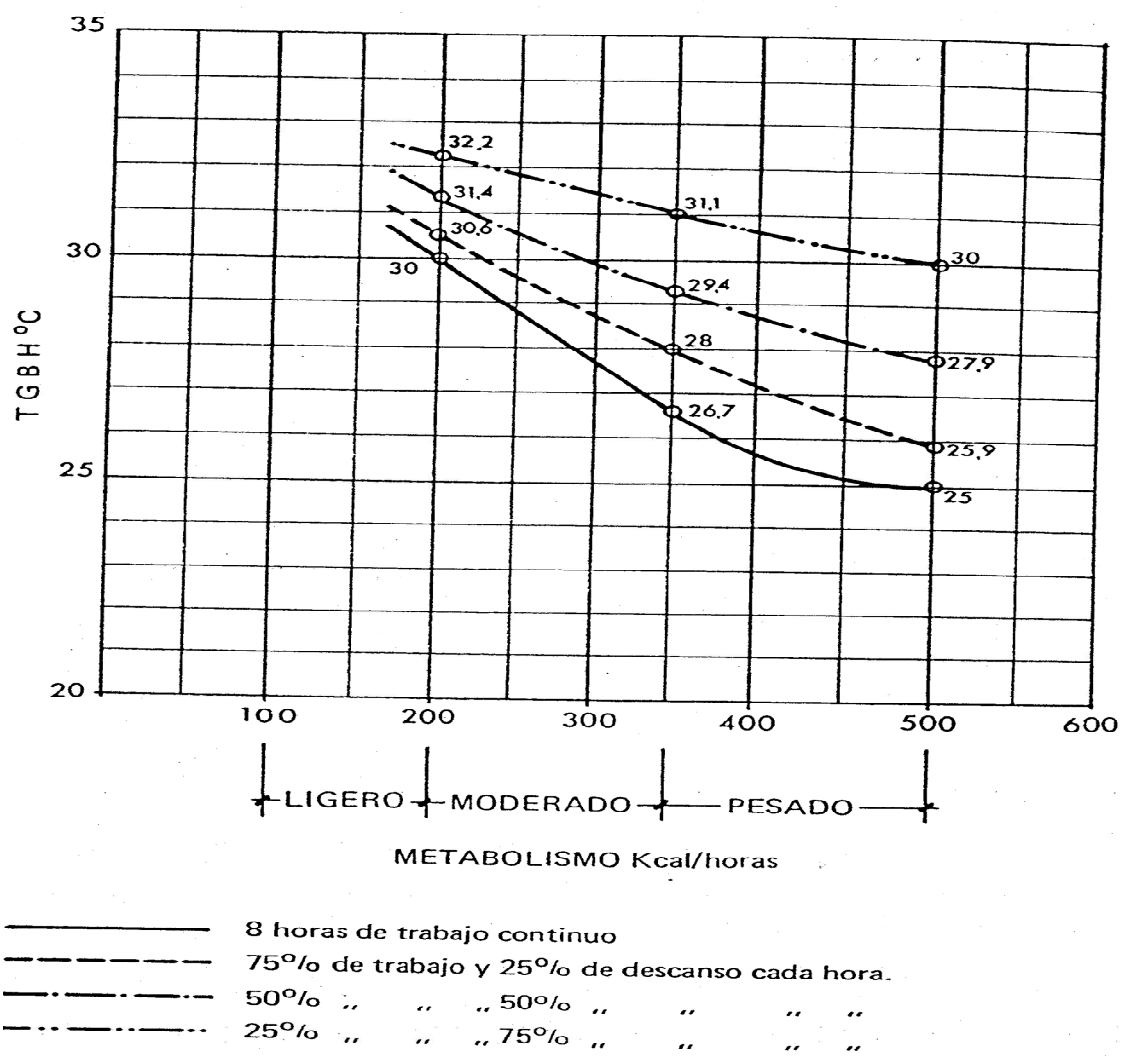
**Figura AI.1.** Equipo digital para medir el índice WBGT



## ANEXO III

### CURVAS DE LOS VALORES DE REFERENCIA DE ÍNDICE WBGT PARA TIEMPO DE EXPOSICIÓN DE UNA HORA

La figura A.III.1 permite determinar el índice WBGT en función de la carga metabólica, el tiempo de exposición y el nivel de trabajo, ligero, moderado o pesado.

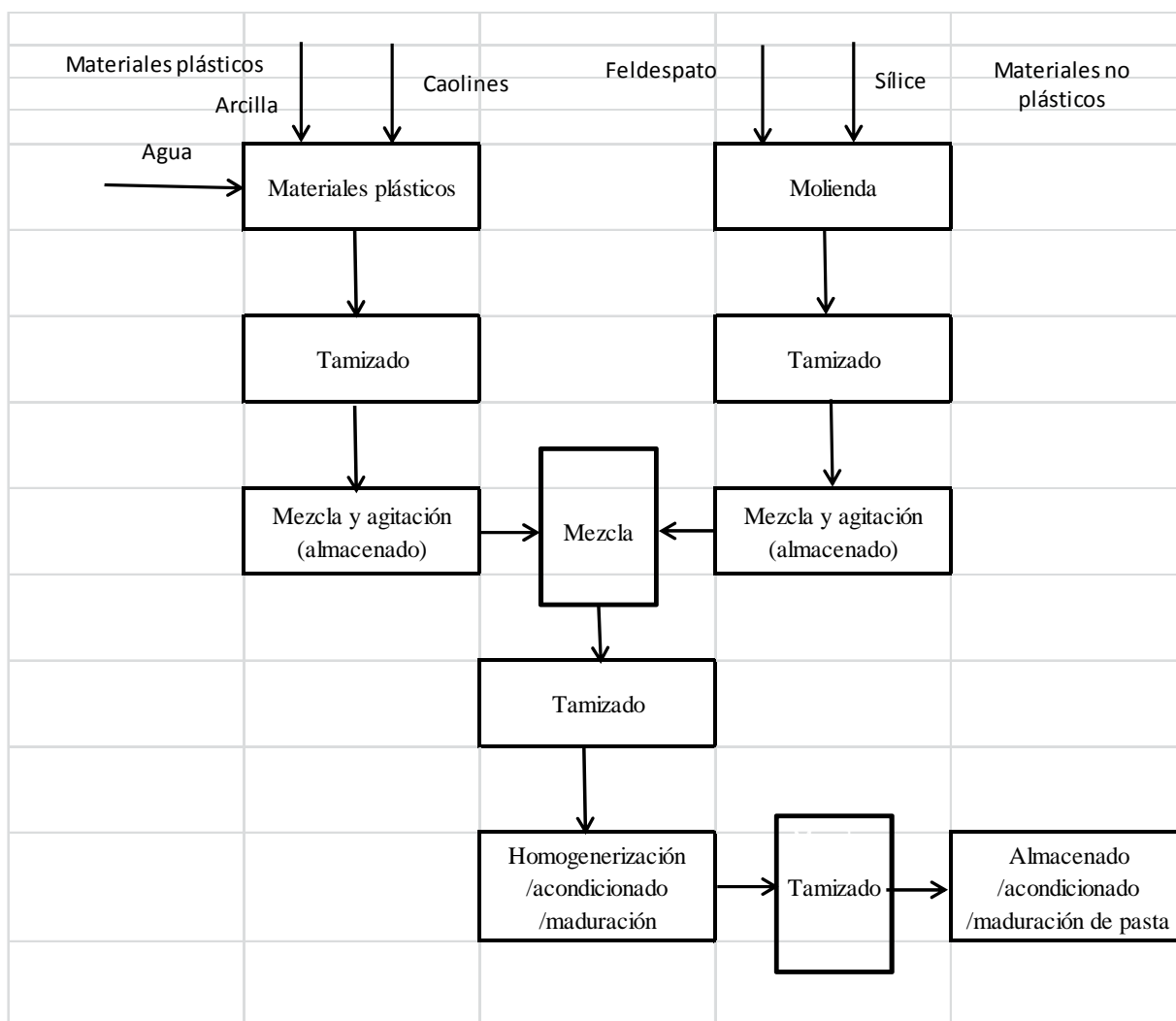


**Figura AIII.1.** Curvas de los valores de referencia de índice WBGT para tiempo de exposición de una hora  
(Falagan, 2005, p.781)

## ANEXO IV

## DIAGRAMAS DE OPERACIONES UNITARIAS

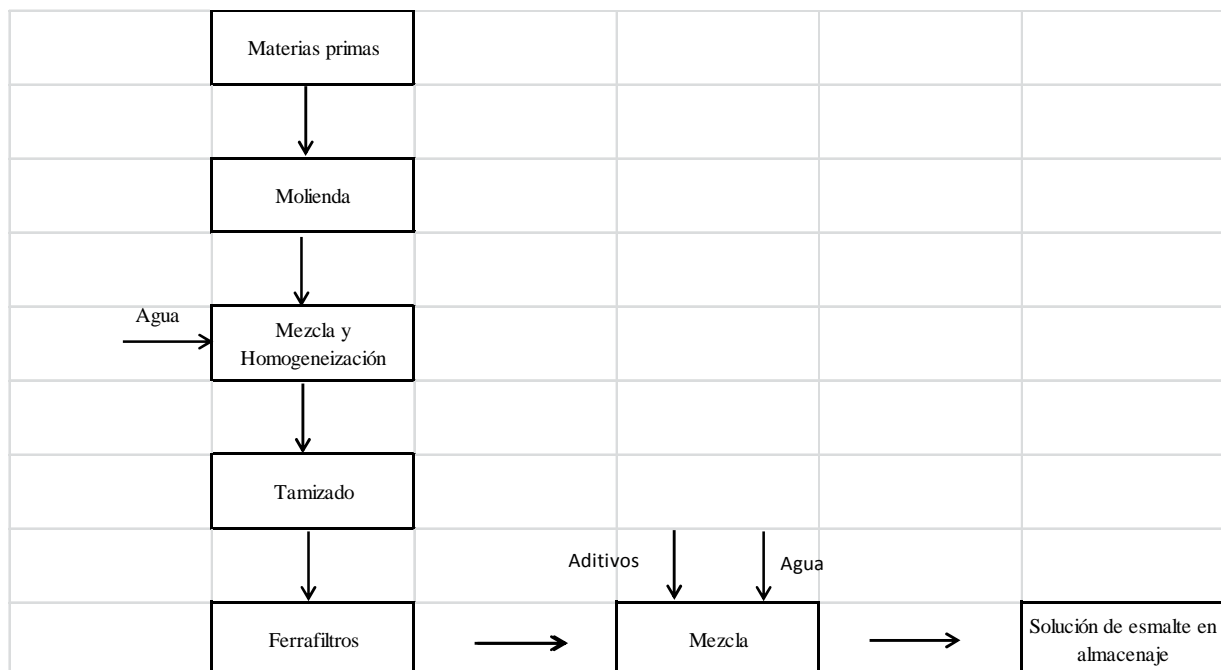
La figura A.IV.1 da a conocer las operaciones y procesos unitarios de la preparación de pastas cerámica.



**Figura AIV.1.** Diagrama de flujo de la preparación de pasta cerámica

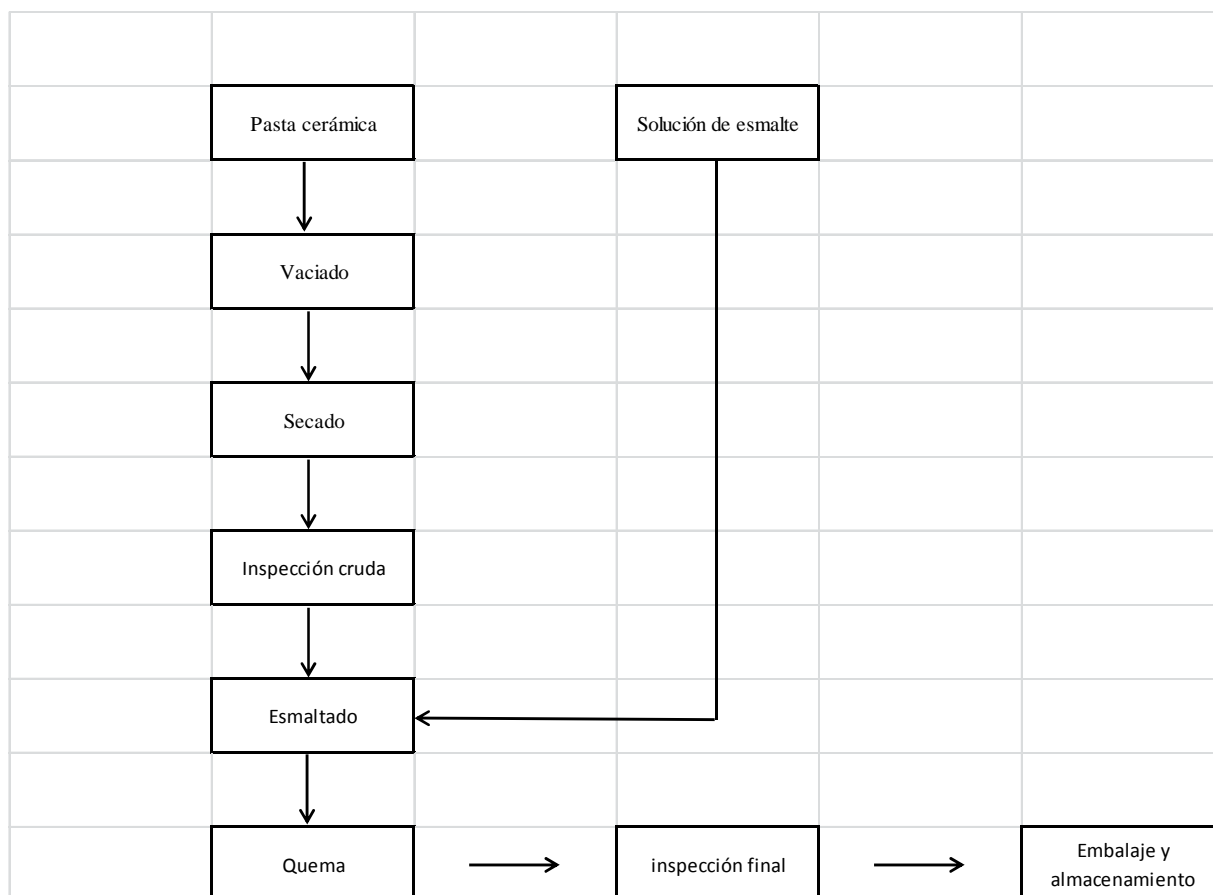


La figura A.IV.2 presenta los procesos y operaciones unitarias de la preparación de esmalte.



**Figura AIV.2.** Diagrama de flujo de preparación de solución de esmalte

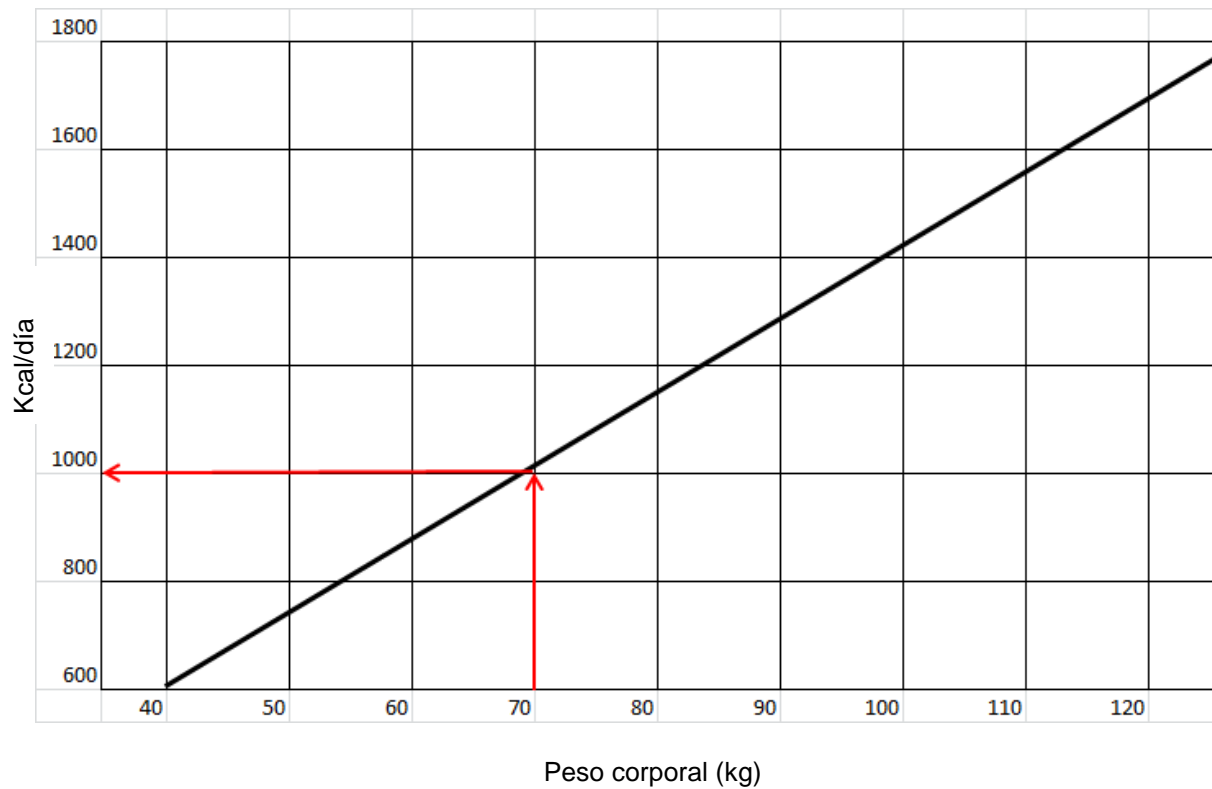
La figura A.IV.3 da a conocer las operaciones unitarias de la fabricación de las piezas sanitarias



**Figura AIV.3.** Operaciones Unitarias de fabricación

**ANEXO V****METABOLISMO BASAL EN FUNCIÓN DEL PESO CORPORAL**

La figura A.V.1 permite estimar el metabolismo basal en función del peso corporal del trabajador.



**Figura AV.1.** Metabolismo basal en función del peso corporal

(Álvarez, 1996, p.609)

## ANEXO VI

**TABLASINSHT (2006), NTP 177 PARA EVALUAR LA CARGA  
METABÓLICA ESTÁTICA Y DINÁMICA**

La tabla A.VI.1 presenta los valores de la carga estática metabólica relacionada con la postura de trabajo.

**Tabla AVI.1.** Carga estática (Posturas)

POSTURA		Carga estática metabólica (kcal/min) (*)
SENTADO	Normal	0,06
	Curvado	+ 0,09
	Brazos por encima de los hombros	+ 0,10
DE PIE	Normal	0,16
	Brazos por encima del hombro	+ 0,14
	Curvado	+0,21
	Fuertemente curvado	+ 0,40
ARRODILLADO	Normal	0,27
	Curvado	+ 0,04
	Brazos por encima de los hombros	+ 0,09
TUMBADO	Brazos elevados	0,06
EN CUCLILLAS	Normal	0,26
	Brazos por encima de los hombros	0,01

(\*) No incluye ni el metabolismo de base ni el reposo.

(Chavarría, 2006, p.4)

La tabla A.VI.2 presenta los valores de la carga dinámica metabólica determinada en función de los músculos empleados en desarrollar la actividad y la intensidad del esfuerzo.

**Tabla AVI.2.** Carga dinámica en esfuerzos musculares

Músculos empleados	Intensidad del esfuerzo	Carga dinámica metabólica en esfuerzos musculares (kcal/min)
MANOS	Ligero	0,50
	Medio	0,80
	Pesado	1,00
1 BRAZO	Ligero	0,90
	Medio	1,40
	Pesado	2,00
2 Brazos	Ligero	1,70
	Medio	2,20
	Pesado	2,80
1 PIERNA	Ligero	0,70
	Medio	1,10
	Pesado	1,50
CUERPO	Ligero	3,20
	Medio	5,00
	Pesado	7,20

(Chavarría, 2006, p.4)

La tabla A.VI.3 presenta los valores de la carga dinámica metabólica de los desplazamientos

**Tabla AVI.3.** Carga dinámica en desplazamientos

Desplazamientos	Carga dinámica metabólica en desplazamientos (kcal/metro) (*)
Horizontales	0,048
Verticales	0,730 (Subir)
Verticales	0,200 (Bajar)

(Chavarría, 2006, p.7)

La tabla A.VI.4 las constantes del consumo de energía metabólica en función de la importancia del peso que transporta el trabajador.

**Tabla A.VI.4.** Consumo de energía según la importancia de la carga desplazada (kcal/m)

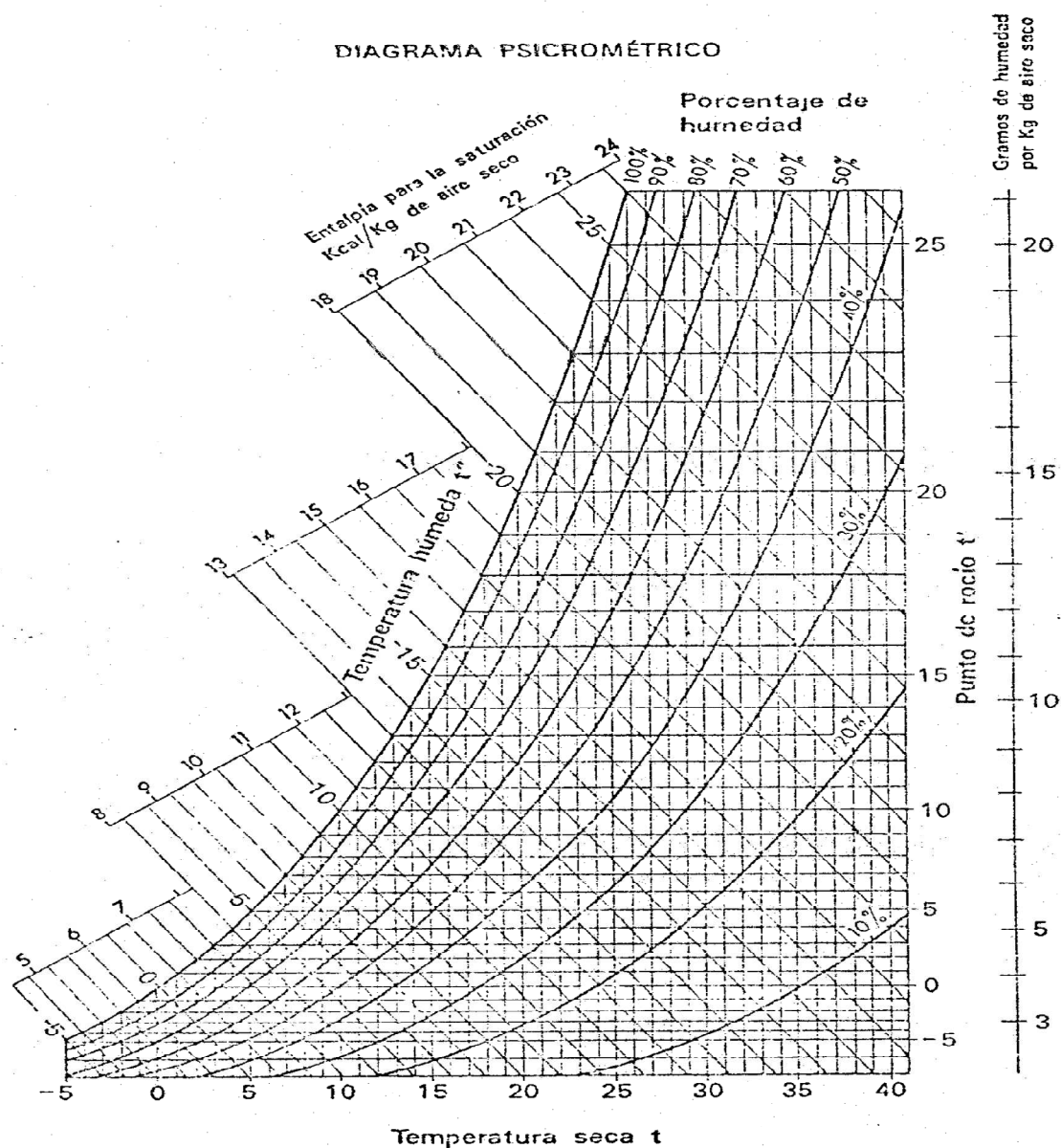
Carga (kg)	K llevar	K levantar	K bajar	K subir	K descender
0	0,047	0,32	0,06	0,73	0,20
2	0,049	0,35	0,09	0,74	0,21
5	0,051	0,38	0,11	0,75	0,22
7	0,052	0,41	0,14	0,77	0,24
10	0,054	0,49	0,18	0,80	0,27
12	0,056	0,53	0,21	0,83	0,30
15	0,059	0,60	0,26	0,86	0,33
18	0,062	0,66	0,32	0,90	0,37
20	0,065	0,75	0,36	0,93	0,40
22	0,068	0,83	0,40	0,96	0,42
25	0,072	0,94	0,46	1,00	0,46
27	0,076	1,04	0,52	1,02	0,48
30	0,080	1,19	0,59	1,07	0,52
32	0,083	1,32	0,67	1,11	0,55
35	0,090	1,52	0,75	1,15	0,59
37	0,094	1,68	0,82	1,18	0,62
40	0,100	1,90	0,94	1,24	0,67
45	0,111	2,37	1,20	1,33	0,76
50	0,122	2,97	1,55	1,42	0,86

(Chavarría, 2006, p.7)

## ANEXO VII

## DIAGRAMA SICROMÉTRICO

La figura A.VII.1 presenta el diagrama sicrométrico, que permite determinar la presión de saturación y la temperatura de bulbo húmedo.



**Figura AVII.1.** Diagrama sicrométrico  
(Álvarez, 1996, p.601)

## ANEXO VIII

### RESULTADOS DE LA DETERMINACION DE LA CARGA METABÓLICA

**Tabla AVIII.1.** Carga metabólica de los trabajadores W1 y W2 en la operación de preparación de moldes

Actividad	Descripción de las tareas	CARGA ESTÁTICA		CARGA DINÁMICA			Tiempo empleado por los trabajadores W1 y W2 (min/actividad)						Metabolismo basal (kcal/min)	kcal /actividad
		Postura	kcal /min	Músculos empleados	Intensidad del esfuerzo	kcal /min	W1	W2	W1	W2	Promedio (min)	$\sigma$		
HUMECTAR POZOS DE MOLDES (1)	Alza los brazos y coge las esponjas que dejó el día anterior sobre la tapa del molde, la misma que pende de un cable. Gira todo el cuerpo, se inclina y remoja las esponjas en el agua de la canaleta. Introduce las esponjas húmedas en el pozo del molde y las aplica sobre la superficie del pozo del molde. Se yergue y pasa al siguiente molde para realizar la misma operación 50 veces en la jornada laboral	De pie curvado	0,27	brazos	medio	2,20	3,71	3,92	3,42	3,18	3,56	0,32	2,08	16,21



**Tabla AVIII.1.** Carga metabólica de los trabajadores W1 y W2 en la operación de preparación de moldes (**Continuación...**)

Actividad	Descripción de las tareas	CARGA ESTÁTICA		CARGA DINÁMICA			Tiempo empleado por los trabajadores W1 y W2 (min/actividad)						Metabolismo basal (kcal/min)	kcal /actividad
		Postura	kcal /min	Músculos empleados	Intensidad del esfuerzo	kcal /min	W1	W2	W1	W2	Promedio (min)	$\sigma$		
TALQUEAR BASE DEL MOLDE Y PINES (2)	Coge con cada mano una estopa de tela, dobla el tronco hacia adelante, introduce las estopas en el recipiente que contiene el talco en polvo, satura las estopas con talco en polvo, se yergue y vuelve a inclinarse sobre la base del pozo del molde y aplica el talco contenido en las estopas. Repite la operación pero esta vez aplica las estopas a los pines. La operación la repite secuencialmente en los 50 moldes.	De pie curvado	0,27	brazos	medio	2,20	3,71	2,99	2,17	2,21	2,77	0,73	2,08	12,61

**Tabla AVIII.1.** Carga metabólica de los trabajadores W1 y W2 en la operación de preparación de moldes (**Continuación...**)

Actividad	Descripción de las tareas	CARGA ESTÁTICA		CARGA DINÁMICA			Tiempo empleado por los trabajadores W1 y W2 (min/actividad)						Metabolismo basal (kcal/min)	kcal /actividad
		Postura	kcal /min	Músculos empleados	Intensidad del esfuerzo	kcal/min	W1	W2	W1	W2	Promedio (min)	$\sigma$		
TALQUEAR NUCLEO DE TAPA DE MOLDE (3)	Repite la operación anterior de saturar de talco en polvo las estopas de tela, alza los dos brazos y aplica el talco en el área interna de la tapa del molde., excepto la parte coloreada en amarillo. Baja los brazos y se dirige a la siguiente tapa. Esta operación la repite secuencialmente en las 50 tapas de molde	De pie brazo derecho sobre los hombros	0,20	1 brazo	medio	1,40	1,61	1,31	1,21	0,81	1,23	0,33	2,08	4,54
APLICAR VASELINA (4)	Alza los brazos y aplica vaselina en el área interior, coloreada en amarillo, de la tapa.	De pie brazo derecho sobre los hombros	0,20	brazos	medio	2,20	3,53	3,76	3,41	2,68	3,34	0,47	2,08	14,99

**Tabla AVIII.1.** Carga metabólica de los trabajadores W1 y W2 en la operación de preparación de moldes (**Continuación...**)

Actividad	Descripción de las tareas	CARGA ESTÁTICA		CARGA DINÁMICA			Tiempo empleado por los trabajadores W1 y W2 (min/actividad)						Metabolismo basal (kcal/min)	kcal /actividad
		Postura	kcal /min	Músculos empleados	Intensidad del esfuerzo	kcal /min	W1	W2	W1	W2	Promedio (min)	$\sigma$		
LIMPIAR Y APLICAR TALCO EN LOS MOLDES DE TAPONERAS (7)	Sujeta brocha con la mano derecha, aplica la brocha en el molde de taponeras hasta lograr la remoción de todos los residuos, aplica estopas saturadas de talco en polvo. Repite la operación en los 50 moldes.	De pie curvado	0,27	brazos	medio	2,20	1,76	1,79	1,89	1,76	1,80	0,06	2,08	8,18
HUMECTAR MESA DE MOLDES (8)	Aplica esponjas humedecidas sobre la base de la mesa de los moldes. Repite la operación en los 50 moldes.	De pie curvado	0,27	brazos	medio	2,20	3,24	3,76	3,95	3,00	3,49	0,44	2,08	15,87
ALINEAR PINES (9)	Ubica los pines en la cavidad del molde. Repite la operación en los 50 moldes	De pie curvado	0,27	brazos	medio	2,20	1,37	1,06	1,20	1,42	1,26	0,17	2,08	5,75
							22,31	21,90	20,37	18,04	20,66	0,31	kcal/lote	92,58

**Tabla AVIII.2.** Carga metabólica de los trabajadores W1 y W2 en la operación de llenado

Actividad	Descripción de las tareas	CARGA ESTÁTICA		CARGA DINÁMICA			Tiempo empleado por los trabajadores W1 yW2 (min/actividad)						Metabolismo basal (kcal/min)	kcal /actividad	
		Postura	kcal /min	Músculos empleados	Intensidad del esfuerzo	Kcal /min	W1	W2	W1	W2	W1	Promedio (min)			$\sigma$
TAPAR EL MOLDE (1)	Eleva los brazos y sujeta la tapa con las dos manos por los extremos laterales. Libera el contrapeso de 40 kilogramos a fin de que actúe el peso del núcleo de yeso y guía el descenso del núcleo hasta que ensamble con las conchas.	De pie por encima de los hombros	0,30	dos brazos	Ligero	1,70	10,84	11,98	10,61	9,40	11,19	10,80	0,94	2,08	44,11

**Tabla AVIII.2.** Carga metabólica de los trabajadores W1 y W2 en la operación de llenado(Continuación..)

Actividad	Descripción de las tareas	CARGA ESTÁTICA		CARGA DINÁMICA			Tiempo empleado por los trabajadores W1 y W2 (min/actividad)						Metabolismo basal (kcal/min)	kcal /actividad	
		Postura	kcal /min	Músculos empleados	Intensidad del esfuerzo	kcal /min	W1	W2	W1	W2	W1	Promedio (min)			$\sigma$
ENSAMBLAR LA PRENSA MANUAL AL MOLDE (2)	Se inclina totalmente a un costado y sujeta con la mano derecha la prensa manual. Se yergue y coloca la prensa en el molde. Ajusta la prensa manual con la mano derecha y remata el ajuste con la izquierda. Esta operación la repite en los 50 moldes y con una frecuencia de 2 veces por jornada.	De pie fuertemente curvado	0,56	Todo el cuerpo	Medio	5,00	2,22	2,36	2,24	2,21	2,02	2,21	0,12	2,08	16,89

**Tabla AVIII.2.** Carga metabólica de los trabajadores W1 y W2 en la operación de llenado (**Continuación..**)

Actividad	Descripción de las tareas	CARGA ESTÁTICA		CARGA DINÁMICA			Tiempo empleado por los trabajadores W1 yW2 (min/actividad)							Metabolismo basal (kcal/min)	kcal /actividad
		Postura	kcal /min	Músculos empleados	Intensidad del esfuerzo	kcal /min	W1	W2	W1	W2	W1	Promedio (min)	$\sigma$		
ENSAMBLAR LA PRENSA MANUAL AL MOLDE (2)	Se inclina totalmente a un costado y sujeta con la mano derecha la prensa manual. Se yergue y coloca la prensa en el molde. Ajusta la prensa manual con la mano derecha y remata el ajuste con la izquierda. Esta operación la repite en los 50 moldes y con una frecuencia de 2 veces por jornada.	De pie fuertemente curvado	0,56	Todo el cuerpo	Medio	5,00	2,22	2,36	2,24	2,21	2,02	2,21	0,12	2,08	16,89

**Tabla AVIII.2.** Carga metabólica de los trabajadores W1 y W2 en la operación de llenado (**Continuación..**)

Actividad	Descripción de las tareas	CARGA ESTÁTICA		CARGA DINÁMICA			Tiempo empleado por los trabajadores W1 yW2 (min/actividad)							Metabolismo basal (kcal/min)	kcal /actividad
		Postura	kcal /min	Músculos empleados	Intensidad del esfuerzo	kcal /min	W1	W2	W1	W2	W1	Promedio (min)	$\sigma$		
ENSAMBLAR LA PRENSA MANUAL AL MOLDE (2)	Se inclina totalmente a un costado y sujeta con la mano derecha la prensa manual. Se yergue y coloca la prensa en el molde. Ajusta la prensa manual con la mano derecha y remata el ajuste con la izquierda. Esta operación la repite en los 50 moldes y con una frecuencia de 2 veces por jornada.	De pie fuertemente curvado	0,56	Todo el cuerpo	Medio	5,00	2,22	2,36	2,24	2,21	2,02	2,21	0,12	2,08	16,89

**Tabla AVIII.2.** Carga metabólica de los trabajadores W1 y W2 en la operación de llenado (**Continuación..**)

Actividad	Descripción de las tareas	CARGA ESTÁTICA		CARGA DINÁMICA			Tiempo empleado por los trabajadores W1 y W2 (min/actividad)							Metabolismo basal (kcal/min)	kcal /actividad
		Postura	kcal /min	Músculos empleados	Intensidad del esfuerzo	kcal /min	W1	W2	W1	W2	W1	Promedio (min)	$\sigma$		
LIMPIAR MANGUERAS (3)	Inclinado limpia las mangueras de alimentación de pasta al molde. Esta operación la repite en los 50 moldes y con una frecuencia de 2 veces por jornada.	De pie fuertemente curvado	0,56	dos brazos	Medio	5,00	1,84	1,99	1,98	0,84	1,00	1,53	0,56	2,08	11,70



**Tabla AVIII.2.** Carga metabólica de los trabajadores W1 y W2 en la operación de llenado (**Continuación..**)

Actividad	Descripción de las tareas	CARGA ESTÁTICA		CARGA DINÁMICA			Tiempo empleado por los trabajadores W1 y W2 (min/actividad)						Metabolismo basal (kcal/min)	kcal /actividad	
		Postura	kcal /min	Músculos empleados	Intensidad del esfuerzo	kcal /min	W1	W2	W1	W2	W1	Promedio (min)			$\sigma$
SELLAR POSIBLES FISURAS DE MOLDE (4)	Fracciona con los dedos pedazos de pasta semisólida (le denominan masticado en el argot al interior de la planta)y los coloca en los sitios del molde en donde estima que puede haber fugas de pasta. Estos sitios quedan sellados con pasta.	De pie curvado	0,37	dos brazos	Ligero	1,70	2,59	3,34	3,41	1,56	1,68	2,52	0,88	2,08	10,45

**Tabla AVIII.2. Carga metabólica de los trabajadores W1 y W2 en la operación de llenado (Continuación..)**

Actividad	Descripción de las tareas	CARGA ESTÁTICA		CARGA DINÁMICA			Tiempo empleado por los trabajadores W1 yW2 (kcal/actividad)						Metabolismo basal (kcal/min)	kcal /actividad	
		Postura	Kcal /min	Músculos empleados	Intensidad del esfuerzo	kcal/min	W1	W2	W1	W2	W1	Promedio (min)			$\sigma$
FORMAR TAPONES (5)	Camina hacia el tanque de pasta. Coloca un balde plástico en la salida del sistema saca muestras del tanque de pasta. Abre la llave de este sistema y deja verter una cantidad de pasta cercana al llenado del balde. Se inclina y sujeta con la mano derecha el balde con pasta. Camina hacia el transportador de pocetas en donde están los moldes de los tapones. Se inclina y alza el balde con las dos manos y deja verter la pasta sobre estos moldes. Repite la misma operación con el resto de moldes y deja reposar los moldes con pasta.. Esta operación la repite dos veces por jornada	De pie curvado	0,37	dos brazos	Ligero	1,70	3,93	2,75	2,96	2,57	2,36	2,91	0,61	2,08	12,10

**Tabla AVIII.2.** Carga metabólica de los trabajadores W1 y W2 en la operación de llenado (**Continuación..**)

Actividad	Descripción de las tareas	CARGA ESTÁTICA		CARGA DINÁMICA			Tiempo empleado por los trabajadores W1 yW2 (kcal/actividad)							Metabolismo basal (kcal/min)	kcal /actividad
		Postura	Kcal /min	Músculos empleados	Intensidad del esfuerzo	Kcal /min	W1	W2	W1	W2	W1	Promedio (min)	$\sigma$		
AJUSTAR ZUNCHO (6)	Con los brazos extendidos ajusta el zuncho que une las dos tapas del molde. Esta operación la repite en los 50 moldes y con una frecuencia de 2 veces por jornada.	De pie curvado	0,37	dos brazos	Medio	2,20	0,64	0,85	0,89	0,87	0,56	0,76	0,15	2,08	3,54
ALINEAR PINES (7)	Con las dos manos coloca los pines en los sitios destinados para el efecto.	De pie curvado	0,37	dos brazos	Ligero	1,7	1,58	1,03	1,94	1,58	1,40	1,51	0,33	2,08	6,25

**Tabla AVIII.2.** Carga metabólica de los trabajadores W1 y W2 en la operación de llenado (**Continuación..**)

Actividad	Descripción de las tareas	CARGA ESTÁTICA		CARGA DINÁMICA			Tiempo empleado por los trabajadores W1 y W2							Metabolismo basal (kcal/min)	kcal /actividad
		Postura	Kcal /min	Músculos empleados	Intensidad del esfuerzo	kcal /min	W1	W2	W1	W2	W1	Promedio (min)	$\sigma$		
PONER A PUNTO MANGUERAS (8)	En cuclillas sujeta la manguera con la mano derecha, y la desconecta del riel y la conecta a la línea de alimentación de pasta al molde. Con esto queda a punto el sistema para inyectar la pasta. Esta operación la repite en los 50 moldes y con una frecuencia de 2 veces por jornada.	De pie fuertemente curvado	0,56	Cuerpo	Medio	5,00	1,35	1,33	1,04	1,70	1,70	1,42	0,28	2,08	10,89

**Tabla AVIII.2.** Carga metabólica de los trabajadores W1 y W2 en la operación de llenado (**Continuación..**)

Actividad	Descripción de las tareas	CARGA ESTÁTICA		CARGA DINÁMICA			Tiempo empleado por los trabajadores W1 y W2							Metabolismo basal (kcal/min)	kcal /actividad
		Postura	kcal /min	Músculos empleados	Intensidad del esfuerzo	kcal /min	W1	W2	W1	W2	W1	Promedio (min)	$\sigma$		
ABRIR VALVULAS Y CERRAR VÁLVULAS (9)	Camina hasta uno de los tanques de pasta y abre la llave de acceso de pasta a los moldes. Camina al otro extremo de la línea de moldes en serie y abre la llave que permite alimentar de pasta a los moldes del otro extremo. Para completar la operación camina 35 metros hasta el primer tanque y luego 35 metros al otro tanque. A partir de este momento comienza el llenado, que dura en promedio 20 minutos, tiempo después del cual el trabajador se desplaza hasta las llaves de los tanques de pasta y procede a cerrarla, para lo cual camina en total 70 metros más. Luego se deja en reposo entre 50 y 55 minutos. Esta operación la repite en los 50 moldes y con una frecuencia de dos veces por jornada laboral.	De pie fuertemente curvado	0,56	Cuerpo	Medio	5,00	1,57	1,43	1,34	1,22	1,35	1,38	0,13	2,08	10,55
							26,55	27,07	26,41	21,94	23,26	25,05	0,44	Kcal/lote	126,50

**Tabla AVIII.3.** Carga metabólica de los trabajadores W1 y W2 en la operación de acabado interior de pocetas

Actividad	Descripción de la tarea	CARGA ESTÁTICA		CARGA DINÁMICA			Tiempo empleado por los trabajadores W1 y W2 (min/actividad)								Metabolismo basal (kcal/min)	kcal /actividad
		Postura	kcal /min	Músculos Empleados	Intensidad del esfuerzo	kcal /min	W1	W2	W1	W2	W1	W2	Promedio (min)	$\sigma$		
DESTAPAR MOLDE (1)	<p>Con la mano izquierda desatornilla la prensa que sujeta las tapas de los moldes contiguos, retira la prensa, curva todo el tronco en sentido lateral y deja colgar la prensa hacia el piso. Con la mano derecha sujeta la manguera de aire comprimido, con el pulgar presiona la válvula de salida de aire y aplica aire a la unión tapa-molde para facilitar el retiro de la tapa.</p> <p>Extiende los dos brazos y sujeta la tapa con las dos manos y retira la tapa del molde, elevándola ligeramente hasta alcanzar la posición de los brazos sobre sus hombros. El trabajador suelta la tapa de yeso, cuyo peso es de 39.1 kilogramos y en este momento opera el sistema de polea con un peso de 40 kilogramos. Este peso es variable y depende del modelo de sanitario. El peso, que es una barra cilíndrica de hierro, cae libremente y desplaza la tapa a su posición de reposo hasta una altura de 1 m., respecto al nivel superior del molde.</p> <p>El trabajador repite la misma operación 100 veces en la jornada, esto es, 50 veces luego del formado del primer lote de 50 moldes, que se inicia en promedio a las 8h00 y luego del formado del segundo lote de 50 moldes, que se inicia en promedio a las 13h00. En total recorre 35 metros por actividad, entotal 70 metros por jornada.</p>	De pie brazos por encima de los hombros	0,30	2 brazos	ligero	1,70	9,19	10,19	7,61	7,58	7,07	6,60	8,04	1,37	2,08	32,83

**Tabla AVIII.3.** Carga metabólica de los trabajadores W1 y W2 en la operación de acabado interior de pocetas(Continuación..)

Actividad	Descripción de la tarea	CARGA ESTÁTICA		CARGA DINÁMICA			Tiempo empleado por los trabajadores W1 y W2 (min/actividad)								Metabolismo basal (kcal/min)	kcal /actividad
		Postura	kcal /min	Músculos Empleados	Intensidad del esfuerzo	kcal /min	W1	W2	W1	W2	W1	W2	Promedio (min)	$\sigma$		
PONER TAPONES (2)	Organiza los tapones en una tabla rectangular, coloca la tabla con los tapones en el transportador de piezas y a la altura del primer molde. Coge con la mano izquierda un grupo de tapones, curva el tronco hacia adelante y los remoja en agua disponible en la canaleta con agua instalada a lo largo del transportador de piezas. Con la mano derecha y curva nuevamente el tronco hacia adelante, introduce el brazo derecho en el cuerpo de la pieza y con los dedos coloca un tapón en el orificio por donde ingresa la pasta y lo clausura. Permanece en esta posición curva y con los dedos alisa las uniones hasta que aparezca un solo cuerpo. La mano izquierda la mantiene apoyada en el molde, y sostiene los tapones. La operación es 100% manual y la repita 100 veces por jornada. Recorre 35 metros por actividad, en total 70 metros por jornada.	De pie curvado	0,37	2 brazos	ligero	1,70	5,81	4,94	7,21	7,26	5,29	6,13	6,11	0,97	2,08	25,37

**Tabla AVIII.3.** Carga metabólica de los trabajadores W1 y W2 en la operación de acabado interior de pocetas(**Continuación..**)

Actividad	Descripción de la tarea	CARGA ESTÁTICA		CARGA DINÁMICA			Tiempo empleado por los trabajadores W1 y W2 (min/actividad)								Metabolismo basal (kcal/min)	kcal /actividad
		Postura	kcal /min	Músculos Empleados	Intensidad del esfuerzo	kcal /min	W1	W2	W1	W2	W1	W2	Promedio (min)	$\sigma$		
LIMPIAR ÁREA AMARILLA DE TAPAS (3)	Eleva su brazo derecho sobre los hombros hasta alcanzar la altura de la posición de la tapa, coge la esponja, baja el brazo y camina unos 0,30 metros hacia la canaleta de agua, que se ubica bajo el transportador de pocetas. Curva fuertemente el tronco hacia adelante e introduce las dos manos, porta en la mano derecha la esponja. Remoja la esponja y con las dos manos la exprime ya fuera del canal. Gira frente al molde y con el brazo derecho sobre los hombros, porta en la mano la esponja humedecida en agua, aplica la esponja en círculo para retirar el polvo y residuos de pasta. El brazo izquierdo permanece elevado y sostiene la tapa (núcleo del molde), mientras realiza la limpieza y utiliza el brazo derecho. Recorre 35 metros por actividad, en total 70 metros por jornada.	De pie brazos por encima de los hombros	0,30	dos brazos	ligero	1,70	2,29	3,34	2,73	2,83	2,27	3,02	2,75	0,42	2,08	11,21



**Tabla AVIII.3.** Carga metabólica de los trabajadores W1 y W2 en la operación de acabado interior de pocetas(**Continuación..**)

Actividad	Descripción de la tarea	CARGA ESTÁTICA		CARGA DINÁMICA			Tiempo empleado por los trabajadores W1 y W2 (min/actividad)								Metabolismo basal (kcal/min)	kcal /actividad
		Postura	kcal /min	Músculos Empleados	Intensidad del esfuerzo	kcal /min	W1	W2	W1	W2	W1	W2	Promedio (min)	$\sigma$		
CORTAR PESTAÑA (4)	En posición parado y fuertemente curvado el tronco, con la mano derecha sostiene la cuchilla, introduce la mano en el pozo. Gira la mano derecha en todo el perímetro de la pestaña, ayudándose con la mano izquierda que hace las veces de guía. Con la mano izquierda coge el pedazo circular de pasta que ha sido cortado. Gira el tronco hacia la izquierda, curva el tronco y deposita el pedazo de pasta sobre una tabla colocada en el transportador de piezas. Girael tronco a la derecha, se yergue, avanza 0,60 m., a la izquierda, adopta la posición inicial e inicia la misma operación nuevamente en el siguiente molde. La operación es 100% manual y la repite 50 veces por lote y 100 veces por jornada. Camina 35 metros por lote y 70 metros por jornada.	De piecurvado	0,37	Cuerpo	ligero	1,70	4,42	4,09	4,32	4,55	4,34	3,99	4,29	0,21	2,08	17,80

**Tabla AVIII.3.** Carga metabólica de los trabajadores W1 y W2 en la operación de acabado interior de pocetas(**Continuación..**)

Actividad	Descripción de la tarea	CARGA ESTÁTICA		CARGA DINÁMICA			Tiempo empleado por los trabajadores W1 y W2 (min/actividad)								Metabolismo basal (kcal/min)	kcal /actividad
		Postura	kcal /min	Músculos Empleados	Intensidad del esfuerzo	kcal /min	W1	W2	W1	W2	W1	W2	Promedio (min)	$\sigma$		
PALETEAR POZO (5)	Con la mano derecha coge la cuchilla e introduce la mano en el pozo. Hace movimientos circulares sobre la superficie interior total del pozo, elimina las partes desiguales del drenado. Introduce en el pozo la mano izquierda y repasa la superficie interior del pozo para detectar posibles partes desiguales que no haya detectado con la vista. En caso de al tacto detectar aún la presencia de partes desiguales, saca la mano izquierda introduce la derecha y repasa la superficie con la cuchilla. Repite esta operación tantas veces sea necesario. Se yergue, camina 0,60 m., pasa al siguiente molde y repite la operación. Se dan casos en que no es necesaria esta operación pues el drenado ha sido perfecto y no hay residuos. De ahí que el tiempo de esta operación es significativamente variable.	De piecurvado	0,37	2 brazos	ligero	1,70	3,00	2,80	2,72	2,85	4,50	3,21	3,18	0,67	2,08	13,21

**Tabla AVIII.3.** Carga metabólica de los trabajadores W1 y W2 en la operación de acabado interior de pocetas(**Continuación..**)

Actividad	Descripción de la tarea	CARGA ESTÁTICA		CARGA DINÁMICA			Tiempo empleado por los trabajadores W1 y W2 (min/actividad)								Metabolismo basal (kcal/min)	kcal /actividad
		Postura	kcal /min	Músculos Empleados	Intensidad del esfuerzo	kcal /min	W1	W2	W1	W2	W1	W2	Promedio (min)	$\sigma$		
REMATAR PESTAÑA (6)	Sobre la tapa reposan dos esponjas. Levanta los dos brazos y coge las dos esponjas y las humedece en agua, que corre por la canaleta que se encuentra instalada en la parte inferior del transportador de piezas. Se inclina e introduce las dos esponjas en el interior del pozo. Aplica las esponjas sobre la superficie interior del pozo y sobre la pestaña, hace movimientos circulares y cubre toda la superficie. Camina 0,60 m., y se ubica en el siguiente molde para repetir la misma operación	De piecurvado	0,37	2 brazos	ligero	1,70	2,55	3,20	3,22	5,36	2,55	2,54	3,24	1,09	2,08	13,45
LAVAR LA MESA DEL ANILLO(PARTE SUPERIOR DEL ANILLO) (7)	Gira el tronco a la derecha, se agacha y humedece en agua las dos esponjas que tiene en las dos manos. Gira el tronco a la izquierda, se ubica en posición frontal e inclina ligeramente el tronco al frente. Aplica las esponjas humedecidas a la superficie del anillo y la frota con suavidad. En caso de existir burbujas de aire, éstas se hacen visibles con esta operación. En caso de haberlas, usa los dedos para reventar una a una las burbujas, se forman pequeños orificios, que los llena con trozos de pasta, aplicados igualmente con los dedos. Sobre el área corregida repasa nuevamente las esponjas para alisar	De piecurvado	0,37	2 brazos	ligero	1,70	7,08	5,23	8,90	6,23	7,31	7,13	6,98	1,22	2,08	28,98

**Tabla AVIII.3.** Carga metabólica de los trabajadores W1 y W2 en la operación de acabado interior de pocetas(**Continuación..**)

Actividad	Descripción de la tarea	CARGA ESTÁTICA		CARGA DINÁMICA			Tiempo empleado por los trabajadores W1 y W2 (min/actividad)								Metabolismo basal (kcal/min)	kcal /actividad
		Postura	kcal /min	Músculos Empleados	Intensidad del esfuerzo	kcal /min	W1	W2	W1	W2	W1	W2	Promedio (min)	$\sigma$		
LAVAR POZO (8)	Gira el tronco a la derecha, se agacha y humedece en agua las dos esponjas que tiene en las dos manos. Gira el tronco a la izquierda, se ubica en posición frontal e inclina el tronco al frente. Introduce primero la mano izquierda y aplica con movimientos circulares, la esponja sobre la superficie. Saca la mano izquierda e introduce la derecha y aplica con movimientos circulares la esponja sobre la superficie interna del pozo. Con esta operación se elimina los posibles residuos que aún permanezcan sobre la superficie interior del pozo. Cada dos moldes remoja las esponjas. Camina 0,60 m., se dirige al siguiente molde y repita la operación. El tiempo de aplicación de las esponjas depende del estado de limpieza que tenga la superficie internado del pozo.	De pie curvado	0,37	2 brazos	ligero	1,70	13,57	12,67	15,18	11,93	13,97	14,37	13,61	1,17	2,08	56,54
PALETEAR LA MESA DEL ANILLO (9)	Saca de su bolsillo la cuchilla con la mano derecha. Repasa la cuchilla sobre la superficie del anillo para eliminar posibles remanentes de pasta. Con la mano izquierda, usalos dedos, limpia la cuchilla. Sacude los dedos para deshacerse de la pasta residual. Camina 0.60 m., y repita la operación en el anillo de la siguiente pieza.	De pie curvado	0,37	2 brazos	ligero	1,70	2,31	2,34	2,95	2,38	2,33	2,44	2,46	0,25	2,08	10,21

**Tabla AVIII.3.** Carga metabólica de los trabajadores W1 y W2 en la operación de acabado interior de pocetas(**Continuación..**)

Actividad	Descripción de la tarea	CARGA ESTÁTICA		CARGA DINÁMICA			Tiempo empleado por los trabajadores W1 y W2 (min/actividad)								Metabolismo basal (kcal/min)	kcal /actividad
		Postura	kcal /min	Músculos Empleados	Intensidad del esfuerzo	kcal /min	W1	W2	W1	W2	W1	W2	Promedio (min)	$\sigma$		
PALETEAR LA MESA DEL ANILLO (9)	Saca de su bolsillo la cuchilla con la mano derecha. Repasa la cuchilla sobre la superficie del anillo para eliminar posibles remanentes de pasta. Con la mano izquierda, usa los dedos, limpia la cuchilla. Sacude los dedos para deshacerse de la pasta residual. Camina 0.60 m., y repita la operación en el anillo de la siguiente pieza.	De pie curvado	0,37	2 brazos	ligero	1,70	2,31	2,34	2,95	2,38	2,33	2,44	2,46	0,25	2,08	10,21
LAVADO DE LA COLA (10)	Alza los dos brazos y coge las dos esponjas que las dejó sobre la tapa colgante del molde. Curva el tronco y humedece las esponjas en el agua contenida en la canaleta ubicada debajo del transportador de pocetas. Con las dos manos escurre las esponjas sobre la canaleta, gira el tronco y se ubica en frente del molde que contiene la poceta. Extiende los dos brazos, curva el tronco y aplica con las dos manos las dos esponjas humedecidas sobre el área denominada "cola del anillo". Las esponjas son aplicadas en círculos varias veces hasta que visualmente se observa una superficie lisa y sin rebabas. Repite la operación en el siguiente molde.	De pie curvado	0,37	3 brazos	ligero	1,70	2,37	3,14	1,30	3,21	2,19	3,17	2,56	0,76	2,08	10,64
							52,60	51,94	56,15	54,18	51,82	52,59	53,21	0,81	kcal/lote	220,25

**Tabla AVIII.4.** Cargametabólica de los trabajadores W1, W2 y W3 en la operación de desconchado con la variante de abrir huecos en la base de las pocetas (Operación descrita en el numeral 3.2.2.4-capítulo III)

Molde No.	CARGA ESTÁTICA		CARGA DINÁMICA			Tiempo empleado por lostrabajadores W1, W2 y W3 en la operación de desconchar, que incluye la operación de abrir huecos en la base de la pocetase utiliza el sacabocados.								Metabolismo Basal (kcal/min)	kcal /molde
	Postura	kcal /min	Músculos Empleados	Intensidad del esfuerzo	Kcal /min	W1 (s/molde)	W2 (s/molde)	W3 (s/molde)	W1 (s/molde)	W2 (s/molde)	Promedio (s/molde)	Promedio (min/molde)	$\sigma$		
1	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,20	37,90	37,21	35,43	38,98	40,89	38,08	0,63	2,03	2,08	6,25
2	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,20	32,88	33,38	33,56	40,89	43,21	36,78	0,61	4,88	2,08	6,03
3	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,20	37,53	35,42	32,57	38,67	41,38	37,11	0,62	3,33	2,08	6,09
4	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,20	31,75	32,29	35,43	37,98	39,69	35,43	0,59	3,47	2,08	5,81
5	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,20	25,35	34,65	38,21	40,12	38,65	35,40	0,59	5,96	2,08	5,81
6	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,20	31,32	40,12	33,45	40,32	40,21	37,08	0,62	4,36	2,08	6,08
7	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,20	27,50	36,83	36,43	38,92	39,54	35,84	0,60	4,85	2,08	5,88
8	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,20	29,72	38,21	38,21	40,69	44,98	38,36	0,64	5,57	2,08	6,29
9	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,20	28,37	34,55	36,32	39,21	39,69	35,63	0,59	4,57	2,08	5,84
11	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,20	27,94	40,12	43,21	38,26	38,58	37,62	0,63	5,76	2,08	6,17
11	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,20	30,56	39,43	40,33	37,23	44,93	38,50	0,64	5,25	2,08	6,32
12	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,20	29,44	38,43	45,32	36,46	38,76	37,68	0,63	5,69	2,08	6,18
13	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,20	30,85	41,32	37,54	35,89	39,43	37,01	0,62	4,00	2,08	6,07
14	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,20	33,94	40,33	45,21	38,94	38,72	39,43	0,66	4,03	2,08	6,47
15	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,20	46,39	39,23	37,32	37,89	44,32	41,03	0,68	4,07	2,08	6,73
16	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,20	27,18	38,43	39,32	36,98	40,32	36,45	0,61	5,32	2,08	5,98
17	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,20	39,00	37,32	38,56	37,86	38,79	38,31	0,64	0,70	2,08	6,28
18	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,20	42,03	34,32	39,23	35,95	40,21	38,35	0,64	3,15	2,08	6,29
19	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,20	32,68	43,45	38,43	38,85	35,98	37,88	0,63	3,97	2,08	6,21
20	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,20	39,07	39,12	40,43	37,56	36,78	38,59	0,64	1,43	2,08	6,33
21	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,20	35,19	35,21	39,54	37,89	37,98	37,16	0,62	1,91	2,08	6,10
22	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,20	29,84	33,34	38,92	36,87	44,21	36,64	0,61	5,47	2,08	6,01
23	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,20	34,75	32,21	40,55	36,76	40,98	37,05	0,62	3,76	2,08	6,08
24	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,20	41,57	35,32	40,32	35,67	39,89	38,55	0,64	2,86	2,08	6,32

D.P.F.C: De pie fuertemente curvado

**Tabla AVIII.4.** Cargametabólica de los trabajadores W1, W2 y W3 en la operación de desconchado con la variante de abrir huecos en la base de las pocetas (Operación descrita en el numeral 3.2.2.4-capítulo III) (**Continuación..**)

Molde No.	CARGA ESTÁTICA		CARGA DINÁMICA			Tiempo empleado por lostrabajadores W1, W2 y W3 en la operación de desconchar, que incluye la operación de abrir huecos en la base de la pocetase utiliza el sacabocados.								Metabolismo Basal (kcal/min)	kcal /molde
	Postura	kcal/min	Músculos Empleados	Intensidad del esfuerzo	kcal /min	W1 (s/molde)	W2 (s/molde)	W3 (s/molde)	W1 (s/molde)	W2 (s/molde)	Promedio (s/molde)	Promedio (min/molde)	σ		
25	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	31,22	37,32	38,54	38,45	38,76	36,86	0,61	3,20	2,08	6,05
26	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	30,09	38,43	39,56	37,34	40,21	37,13	0,62	4,08	2,08	6,09
27	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	36,21	37,32	38,65	35,67	38,98	37,37	0,62	1,46	2,08	6,13
28	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	30,19	35,23	40,43	33,65	36,99	35,30	0,59	3,81	2,08	5,79
29	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	32,62	34,22	39,23	34,89	40,32	36,26	0,60	3,34	2,08	5,95
30	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	29,60	32,12	40,21	44,56	39,98	37,29	0,62	6,21	2,08	6,12
31	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	39,25	30,23	37,43	39,42	44,87	38,24	0,64	5,27	2,08	6,27
32	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	34,59	32,21	38,21	40,89	39,21	37,02	0,62	3,54	2,08	6,07
33	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	30,65	30,22	39,48	36,89	36,87	34,82	0,58	4,15	2,08	5,71
34	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	38,38	39,43	37,43	35,75	38,95	37,99	0,63	1,46	2,08	6,23
35	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	35,40	40,12	40,32	41,78	40,21	39,57	0,66	2,43	2,08	6,49
36	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	30,15	38,32	39,54	36,76	39,89	36,93	0,62	3,98	2,08	6,06
37	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	30,22	35,76	35,45	35,89	44,67	36,40	0,61	5,20	2,08	5,97
38	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	31,62	37,12	40,21	40,43	37,89	37,45	0,62	3,56	2,08	6,14
39	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	35,91	40,21	37,98	39,79	43,19	39,42	0,66	2,71	2,08	6,47
40	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	34,72	35,34	38,65	37,78	41,21	37,54	0,63	2,62	2,08	6,16
41	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	37,84	38,45	39,89	40,59	40,18	39,39	0,66	1,18	2,08	6,46
42	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	39,63	37,21	40,32	38,99	39,89	39,21	0,65	1,22	2,08	6,43
43	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	33,68	36,34	39,21	38,69	37,99	37,18	0,62	2,24	2,08	6,10
44	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	47,56	38,76	38,34	40,73	43,21	41,72	0,70	3,79	2,08	6,84
45	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	30,65	39,43	37,34	38,98	37,89	36,86	0,61	3,57	2,08	6,05
46	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	33,50	34,22	37,21	42,12	44,21	38,25	0,64	4,75	2,08	6,28
47	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	40,59	40,32	39,56	44,78	38,98	40,85	0,68	2,29	2,08	6,70
48	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	27,91	42,54	40,21	45,00	37,59	38,65	0,64	6,60	2,08	6,34
49	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	38,69	43,01	37,98	43,87	36,76	40,06	0,67	3,17	2,08	6,57
50	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	42,98	42,34	38,89	44,89	40,12	41,84	0,70	2,37	2,08	6,86
						1706,60	1856,46	1934,11	1943,42	2007,14	1889,55	31,49	3,69	kcal/lote	309,99

**Tabla AVIII.5.** Carga metabólica de los trabajadores W1, W2 y W3 en la operación de desconchado, que incluye la operación de talquear la base del molde (Operación descrita en el numeral 3.2.2.4-capítulo III)

Molde No.	CARGA ESTÁTICA		CARGA DINÁMICA			Tiempo empleado por los trabajadores W1, W2 y W3 en la operación de desconchar, que incluye la operación de talquear la base del molde en reemplazo a la operación de abrir los huecos de la basa de la poceta						Metabolismo Basal (kcal/min)	kcal/poceta
	Postura	Kcal/min	Músculos Empleados	Intensidad del esfuerzo	kcal /min	W1 (s/molde)	W2 (s/molde)	W3 (s/molde)	Promedio (s)	Promedio (min)	$\sigma$		
1	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	38,72	40,23	45,78	41,58	0,69	3,72	2,08	6,82
2	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	40,80	43,78	50,01	44,86	0,75	4,70	2,08	7,36
3	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	38,05	38,89	50,09	42,34	0,71	6,72	2,08	6,95
4	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	35,28	39,48	51,32	42,03	0,70	8,32	2,08	6,89
5	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	39,52	44,78	39,89	41,40	0,69	2,94	2,08	6,79
6	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	39,97	43,34	38,09	40,47	0,67	2,66	2,08	6,64
7	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	38,91	39,89	40,05	39,62	0,66	0,62	2,08	6,50
8	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	35,15	37,67	39,89	37,57	0,63	2,37	2,08	6,16
9	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	31,04	39,32	38,76	36,37	0,61	4,63	2,08	5,97
10	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	33,34	38,78	39,06	37,06	0,62	3,22	2,08	6,08
11	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	38,50	36,87	40,12	38,50	0,64	1,63	2,08	6,32
12	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	37,68	35,98	38,89	37,52	0,63	1,46	2,08	6,15
13	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	33,50	37,89	40,65	37,35	0,62	3,61	2,08	6,13
14	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	40,91	36,54	39,89	39,11	0,65	2,29	2,08	6,42
15	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	39,15	35,67	40,01	38,28	0,64	2,30	2,08	6,28
16	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	35,34	34,76	38,98	36,36	0,61	2,29	2,08	5,97
17	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	36,81	40,01	40,89	39,24	0,65	2,15	2,08	6,44
18	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	38,25	36,67	39,89	38,27	0,64	1,61	2,08	6,28
19	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	41,25	38,98	40,89	40,37	0,67	1,22	2,08	6,62
20	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	38,22	40,12	38,67	39,00	0,65	0,99	2,08	6,40
21	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	39,47	38,69	40,69	39,62	0,66	1,01	2,08	6,50
22	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	40,47	37,98	47,65	42,03	0,70	5,02	2,08	6,90
23	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	39,37	40,38	52,43	44,06	0,73	7,27	2,08	7,23
24	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	38,62	44,32	50,21	44,38	0,74	5,80	2,08	7,28



**Tabla AVIII.5.** Carga metabólica de los trabajadores W1, W2 y W3 en la operación de desconchado, que incluye la operación de talquear la base del molde (Operación descrita en el numeral 3.2.2.4-capítulo III) (**Continuación..**)

Molde No.	CARGA ESTÁTICA		CARGA DINÁMICA			Tiempo empleado por los trabajadores W1, W2 y W3 en la operación de desconchar, que incluye la operación de talquear la base del molde en reemplazo a la operación de abrir los huecos de la basa de la poceta						Metabolismo Basal (kcal/min)	kcal/molde
	Postura	Kcal/min	Músculos Empleados	Intensidad del esfuerzo	kcal /min	W1 (s/molde)	W2 (s/molde)	W3 (s/molde)	Promedio (s)	Promedio (min)	$\sigma$		
25	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	44,47	38,69	48,89	44,02	0,73	5,12	2,08	7,22
26	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	35,63	37,78	39,89	37,77	0,63	2,13	2,08	6,20
27	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	32,37	39,65	43,21	38,41	0,64	5,53	2,08	6,30
28	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	30,97	44,32	40,18	38,49	0,64	6,83	2,08	6,31
29	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	50,06	40,19	39,06	43,10	0,72	6,05	2,08	7,07
30	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	40,31	37,98	38,06	38,78	0,65	1,32	2,08	6,36
31`	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	38,58	35,68	40,12	38,13	0,64	2,25	2,08	6,25
32	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	39,56	36,89	37,78	38,08	0,63	1,36	2,08	6,25
33	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	40,32	50,22	40,21	43,58	0,73	5,75	2,08	7,15
34	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	38,54	48,43	38,92	41,96	0,70	5,60	2,08	6,88
35	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	39,21	45,32	39,12	41,22	0,69	3,55	2,08	6,76
36	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	45,83	38,98	40,32	41,71	0,70	3,63	2,08	6,84
37	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	44,43	49,62	48,78	47,61	0,79	2,79	2,08	7,81
38	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	50,34	52,21	49,54	50,70	0,84	1,37	2,08	8,32
39	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	49,54	50,89	50,04	50,16	0,84	0,68	2,08	8,23
40	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	48,51	49,45	39,89	45,95	0,77	5,27	2,08	7,54
41	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	39,44	39,89	38,79	39,37	0,66	0,55	2,08	6,46
42	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	37,43	38,22	41,21	38,95	0,65	1,99	2,08	6,39
43	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	38,65	49,32	38,98	42,32	0,71	6,07	2,08	6,94
44	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	49,68	50,21	42,12	47,34	0,79	4,53	2,08	7,77
45	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	50,53	39,21	40,17	43,30	0,72	6,28	2,08	7,10
46	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	49,54	38,59	39,89	42,67	0,71	5,98	2,08	7,00
47	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	39,59	40,08	38,89	39,52	0,66	0,60	2,08	6,48
48	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	40,02	41,29	39,76	40,36	0,67	0,82	2,08	6,62
49	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	39,82	40,39	36,78	39,00	0,65	1,94	2,08	6,40
50	D.P.F.C	0,56	Cuerpo	Pesado	7,2	38,41	39,89	37,12	38,47	0,64	1,39	2,08	6,31
						2000,10	2054,41	2090,52	2048,34	34,14	3,36	kcal/lote	336,04

**Tabla AVIII.6.Carga Metabólica de los trabajadores W1, W2 y W3 en calidad de ayudantes de la operación de desconchado (actividades descritas en el numeral 3.2.2.4-capítulo III)**

Molde No	CARGA ESTÁTICA		CARGA DINÁMICA			Tiempo empleado por los trabajadores W1, W2 y W3 como ayudantes de la operación de desconchado						Metabolismo Basal (kcal/min)	kcal /molde
	Postura	kcal /min	Músculos Empleados	Intensidad del esfuerzo	kcal /min	W1 (s/molde)	W2 (s/molde)	W3 (s/molde)	Promedio (s/molde)	Promedio (min/molde)	$\sigma$		
1	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	36,56	37,21	44,21	39,33	0,66	4,24	2,08	2,72
2	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	30,75	33,28	45,32	36,45	0,61	7,79	2,08	2,52
3	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	36,40	30,51	44,31	37,07	0,62	6,92	2,08	2,57
4	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	39,81	32,19	39,38	37,13	0,62	4,28	2,08	2,57
5	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	37,13	29,89	40,06	35,69	0,59	5,24	2,08	2,47
6	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	32,72	33,21	44,21	36,71	0,61	6,50	2,08	2,54
7	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	28,75	39,89	39,89	36,18	0,60	6,43	2,08	2,50
8	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	38,18	40,12	38,78	39,03	0,65	0,99	2,08	2,70
9	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	30,91	43,19	44,31	39,47	0,66	7,43	2,08	2,73
10	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	36,91	40,18	43,12	40,07	0,67	3,11	2,08	2,77
11	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	38,91	39,18	39,12	39,07	0,65	0,14	2,08	2,70
12	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	34,12	34,21	38,21	35,51	0,59	2,34	2,08	2,46
13	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	37,03	33,29	44,23	38,18	0,64	5,56	2,08	2,64
14	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	34,12	30,98	39,89	35,00	0,58	4,52	2,08	2,42
15	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	33,90	34,21	35,76	34,62	0,58	1,00	2,08	2,40
16	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	35,18	40,12	40,09	38,46	0,64	2,84	2,08	2,66
17	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	40,16	39,32	38,90	39,46	0,66	0,64	2,08	2,73
18	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	31,81	38,78	44,21	38,27	0,64	6,22	2,08	2,65
19	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	30,22	39,32	41,23	36,92	0,62	5,88	2,08	2,56
20	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	30,31	40,12	39,98	36,80	0,61	5,62	2,08	2,55
21	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	42,72	43,13	40,06	41,97	0,70	1,67	2,08	2,91
22	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	35,97	42,15	43,12	40,41	0,67	3,88	2,08	2,80
23	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	31,62	45,01	42,34	39,66	0,66	7,09	2,08	2,75
24	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	42,81	39,48	37,98	40,09	0,67	2,47	2,08	2,78

**D.P.C:** De pie curvado

**Tabla AVIII.6.Carga Metabólica de los trabajadores W1, W2 y W3 en calidad de ayudantes de la operación de desconchado (actividades descritas en el numeral 3.2.2.4-capítulo III) (Continuación..)**

Molde No	CARGA ESTÁTICA		CARGA DINÁMICA			Tiempo empleado por los trabajadores W1, W2 y W3 como ayudantes de la operación de desconchado						Metabolismo Basal (kcal/min)	kcal/molde
	Postura	kcal /min	Músculos Empleados	Intensidad del esfuerzo	kcal /min	W1 (s/molde)	W2 (s/molde)	W3 (s/molde)	Promedio (s/molde)	Promedio (min/molde)	$\sigma$		
25	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	36,63	29,89	39,55	35,36	0,59	4,95	2,08	2,45
26	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	38,69	30,09	32,56	33,78	0,56	4,43	2,08	2,34
27	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	31,18	38,72	39,89	36,60	0,61	4,73	2,08	2,53
28	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	47,81	49,87	38,32	45,33	0,76	6,16	2,08	3,14
29	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	52,75	47,21	49,21	49,72	0,83	2,81	2,08	3,44
30	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	48,92	48,98	47,89	48,60	0,81	0,61	2,08	3,36
31	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	39,44	48,78	48,44	45,55	0,76	5,30	2,08	3,15
32	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	43,93	44,32	45,31	44,52	0,74	0,71	2,08	3,08
33	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	40,34	43,21	39,69	41,08	0,68	1,87	2,08	2,84
34	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	38,92	40,08	40,06	39,69	0,66	0,66	2,08	2,75
35	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	39,22	40,01	39,05	39,43	0,66	0,51	2,08	2,73
36	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	40,43	39,41	38,79	39,54	0,66	0,83	2,08	2,74
37	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	47,93	39,88	47,87	45,23	0,75	4,63	2,08	3,13
38	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	46,58	38,12	46,56	43,75	0,73	4,88	2,08	3,03
39	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	45,64	37,89	44,43	42,65	0,71	4,17	2,08	2,95
40	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	44,93	45,01	45,46	45,13	0,75	0,29	2,08	3,12
41	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	41,72	44,21	42,35	42,76	0,71	1,29	2,08	2,96
42	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	40,34	46,78	40,09	42,40	0,71	3,79	2,08	2,94
43	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	47,81	45,89	47,89	47,20	0,79	1,13	2,08	3,27
44	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	39,32	47,12	41,21	42,55	0,71	4,07	2,08	2,95
45	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	46,43	45,98	39,98	44,13	0,74	3,60	2,08	3,05
46	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	45,45	46,21	46,54	46,07	0,77	0,56	2,08	3,19
47	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	39,32	40,03	45,12	41,49	0,69	3,16	2,08	2,87
48	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	38,56	39,81	38,78	39,05	0,65	0,67	2,08	2,70
49	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	43,24	44,01	43,29	43,51	0,73	0,43	2,08	3,01
50	D.P.C	0,37	2 Brazos	Ligero	1,7	55,43	43,12	39,88	46,14	0,77	8,20	2,08	3,19
						1967,96	2003,60	2096,92	2022,83	33,71	3,54	kcal/lote	140,02

**Tabla AVIII.7.Carga metabólica en la operación de acabado exterior de un lote de 50 pocetas**

Descripción de la tarea	CARGA ESTÁTICA		CARGA DINÁMICA			Tiempo empleado por los trabajadores W1 y W2 en las tareas acabado exterior de pocetas						Metabolismo Basal (kcal/min)	kcal /lote
	Postura	kcal/min	Músculos Empleados	Intensidad del esfuerzo	kcal/min	W1 (min/lote)	W2 (min/lote)	W1 (min/lote)	W2 (min/lote)	Promedio (min/lote)	$\sigma$		
<p>ACABADO EXTERIOR:</p> <p>Con la mano derecha pasa brocha humedecida con agua-pastosa, en el ángulo de unión. Con la izquierda repasa el sitio humedecido, esto es, el cuello (1)</p>	De pie curvado	0,37	2 brazos	Ligero	1,70	3,76	2,17	2,79	2,01	2,68	0,80	2,08	11,14
<p>Con las dos manos remueve pasta residual del área de pines (2)</p>	De pie curvado	0,37	2 brazos	Ligero	1,70	3,85	4,49	3,53	3,98	3,96	0,40	2,08	16,45
<p>Sopletea huecos en donde se alojan los pines y repasa el interior de la pieza con los dedos para verificar rebabas (3)</p>	De pie curvado	0,37	2 brazos	Ligero	1,70	5,09	5,20	3,87	5,63	4,95	0,75	2,08	20,55

**Tabla AVIII.7.Carga metabólica en la operación de acabado exterior de un lote de 50 pocetas. (Continuación..)**

Descripción de la tarea	CARGA ESTÁTICA		CARGA DINÁMICA			Tiempo empleado por los trabajadores W1 y W2 en las tareas acabado exterior de pocetas						Metabolismo Basal (kcal/min)	kcal/ lote
	Postura	kcal/min	Músculos Empleados	Intensidad del esfuerzo	kcal/min	W1 (min/lote)	W2 (min/lote)	W1 (min/lote)	W2 (min/lote)	Promedio (min/lote)	$\sigma$		
Pasa brocha en uniones, detecta rajaduras y las corrige (4)	De pie curvado	0,37	2 brazos	Ligero	1,70	4,94	5,54	9,50	7,36	6,84	2,05	2,08	28,39
Brocha en unión y hueco de pines (5)	De pie curvado	0,37	2 brazos	Ligero	1,70	1,47	1,55	1,94	1,14	1,53	0,33	2,08	6,34
Con esponja humedecida en agua-pastosa, Esponja, pasa con la izquierda sobre la base (pata) y con la derecha pasa caucho para alisar bordes de la base (pata). Lado frontal (6)	De pie curvado	0,37	2 brazos	Ligero	1,70	2,51	2,67	3,69	3,50	3,09	0,59	2,08	12,84
Repita la operación número 6, en el lado opuesto (7)	De pie curvado	0,37	2 brazos	Ligero	1,70	2,77	2,42	3,20	3,34	2,93	0,42	2,08	12,18

**Tabla AVIII.7.Carga metabólica en la operación de acabado exterior de un lote de 50 pocetas. (Continuación..)**

Descripción de la tarea	CARGA ESTÁTICA		CARGA DINÁMICA			Tiempo empleado por los trabajadores W1 y W2 en las tareas acabado exterior de pocetas						Metabolismo Basal (kcal/min)	kcal/ lote
	Postura	kcal/min	Músculos Empleados	Intensidad del esfuerzo	kcal/min	W1 (min/lote)	W2 (min/lote)	W1 (min/lote)	W2 (min/lote)	Promedio (min/lote)	$\sigma$		
Con las dos manos, pasa esponjas sobre los extremos del anillo y en los huecos de los pines (8)	De pie curvado	0,37	2 brazos	Ligero	1,70	9,93	9,93	5,53	6,07	7,87	2,39	2,08	32,68
Con las dos manos se sujeta la esponja humedecida en agua-pasta, frota la unión (degolle) (9).	De pie curvado	0,37	2 brazos	Ligero	1,70	1,12	1,15	1,64	1,21	1,28	0,24	2,08	5,32
Con las dos manos se sujeta la esponja humedecida en agua-pasta, frota , la pata, el canal de drenado, uniones, huecos de pines (10)	De pie curvado	0,37	2 brazos	Ligero	1,70	2,18	2,39	2,89	3,20	2,67	0,47	2,08	11,07
Barre piso (11)	De pie curvado	0,37	2 brazos	Ligero	1,70	0,94	0,67	1,79	1,08	1,12	0,48	2,08	4,65
Recoge residuos del sacabocados (12)	De pie curvado	0,37	2 brazos	Ligero	1,70	0,59	0,67	0,63	0,70	0,65	0,05	2,08	2,70
Con las dos manos se sujeta la esponja humedecida en agua-pastosa, remata el pozo por fuera. (13)	De pie curvado	0,37	2 brazos	Ligero	1,70	7,48	6,45	2,36	5,35	5,41	2,21	2,08	22,47
						46,64	45,31	43,36	44,59	44,97	0,86		186,78

**Tabla AVIII.8.** Carga metabólica promedio de los trabajadores W1 y W2 en la operación de pulido

Poceta No.	Actividades	CARGA ESTÁTICA		ESFUERZOS MUSCULARES			Tiempo utilizado por los trabajadores W1 y W2 en pulir 69 pocetas						Metabolismo basal (kcal/min)	kcal/poceta
		Postura	kcal/min	Músculos empleados	Intensidad del esfuerzo	kcal/min	W1 (min)	W2 (min)	W1 (min)	W2 (min)	promedio (min /poceta)	$\sigma$		
1	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,02	0,95	2,76	1,61	1,59	0,84	2,08	7,68
2	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	0,94	0,93	1,77	1,68	1,33	0,46	2,08	6,44
3	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,13	1,10	1,05	1,01	1,07	0,05	2,08	5,19
4	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,59	1,08	1,09	1,93	1,42	0,41	2,08	6,88
5	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,55	0,84	1,18	1,61	1,30	0,35	2,08	6,28
6	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,04	1,14	1,15	1,12	1,11	0,05	2,08	5,39
7	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,09	1,14	1,07	1,22	1,13	0,07	2,08	5,47
8	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,29	1,45	1,54	1,14	1,35	0,18	2,08	6,55
9	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,15	1,16	1,09	1,51	1,23	0,19	2,08	5,93
10	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,33	1,04	1,36	0,94	1,17	0,21	2,08	5,65
11	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,38	1,06	1,21	1,26	1,23	0,13	2,08	5,94
12	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,21	1,18	1,09	1,07	1,14	0,07	2,08	5,51

**Tabla AVIII.8.** Carga metabólica promedio de los trabajadores W1 y W2 en la operación de pulido (**Continuación..**)

Poceta No.	Actividades	CARGA ESTÁTICA		ESFUERZOS MUSCULARES			Tiempo utilizado por los trabajadores W1 y W2 en pulir 69 pocetas						Metabolismo basal (kcal/min)	kcal /poceta
		Postura	kcal/min	Músculos empleados	Intensidad del esfuerzo	kcal/min	W1 (min)	W2 (min)	W1 (min)	W2 (min)	promedio (min /poceta)	$\sigma$		
13	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,72	1,46	1,62	1,22	1,50	0,22	2,08	7,28
14	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,11	1,21	1,21	1,07	1,15	0,07	2,08	5,57
15	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,47	1,15	1,18	1,11	1,23	0,16	2,08	5,94
16	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,23	2,14	1,21	1,14	1,43	0,48	2,08	6,92
17	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,02	1,35	1,54	1,19	1,27	0,22	2,08	6,17
18	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,13	1,52	1,06	2,08	1,45	0,47	2,08	7,01
19	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,75	1,35	1,90	2,38	1,84	0,43	2,08	8,94
20	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,00	2,97	1,37	1,02	1,59	0,94	2,08	7,70
21	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,05	1,06	1,09	1,15	1,09	0,04	2,08	5,26
22	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,17	1,12	1,09	1,03	1,10	0,06	2,08	5,34
23	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,06	1,04	1,53	1,07	1,18	0,24	2,08	5,70
24	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,17	1,34	1,96	0,97	1,36	0,43	2,08	6,58



**Tabla AVIII.8.** Carga metabólica promedio de los trabajadores W1 y W2 en la operación de pulido (**Continuación..**)

Poceta No.	Actividades	CARGA ESTÁTICA		ESFUERZOS MUSCULARES			Tiempo utilizado por los trabajadores W1 y W2 en pulir 69 pocetas						Metabolismo basal (kcal/min)	kcal /poceta
		Postura	kcal/min	Músculos empleados	Intensidad del esfuerzo	kcal/min	W1 (min)	W2 (min)	W1 (min)	W2 (min)	promedio (min /poceta)	$\sigma$		
25	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,14	1,02	1,37	0,95	1,12	0,18	2,08	5,43
26	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,94	0,98	1,27	1,05	1,31	0,44	2,08	6,34
27	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	0,95	1,08	1,94	1,15	1,28	0,45	2,08	6,20
28	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	0,98	1,29	1,18	1,22	1,17	0,14	2,08	5,66
29	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	0,94	1,09	1,17	1,06	1,07	0,09	2,08	5,16
30	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,27	1,10	1,42	1,10	1,22	0,16	2,08	5,91
31	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	0,98	2,71	1,09	1,84	1,65	0,80	2,08	8,01
32	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,06	1,11	1,55	0,92	1,16	0,27	2,08	5,60
33	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,02	0,59	1,09	1,15	0,96	0,25	2,08	4,66
34	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,11	1,12	1,22	1,02	1,12	0,08	2,08	5,42
35	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,80	1,01	1,20	0,89	1,22	0,41	2,08	5,93
36	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,05	1,18	1,38	1,51	1,28	0,20	2,08	6,21

**Tabla AVIII.8.** Carga metabólica promedio de los trabajadores W1 y W2 en la operación de pulido (**Continuación..**)

Poceta No.	Actividades	CARGA ESTÁTICA		ESFUERZOS MUSCULARES			Tiempo utilizado por los trabajadores W1 y W2 en pulir 69 pocetas						Metabolismo basal (kcal/min)	kcal /poceta
		Postura	kcal/min	Músculos empleados	Intensidad del esfuerzo	kcal/min	W1 (min)	W2 (min)	W1 (min)	W2 (min)	promedio (min /poceta)	$\sigma$		
37	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,08	1,96	1,19	0,98	1,30	0,45	2,08	6,31
38	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,07	0,90	2,53	1,04	1,38	0,77	2,08	6,70
39	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,07	1,00	0,88	1,08	1,01	0,09	2,08	4,87
40	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,07	1,03	1,00	2,11	1,30	0,54	2,08	6,31
41	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,21	1,03	1,27	1,00	1,13	0,13	2,08	5,46
42	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	2,05	1,03	2,99	1,13	1,80	0,92	2,08	8,72
43	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,07	1,37	2,78	1,07	1,57	0,82	2,08	7,61
44	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	0,97	1,04	1,06	1,36	1,11	0,17	2,08	5,37
45	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,08	1,06	1,14	1,00	1,07	0,06	2,08	5,18
46	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,09	1,21	1,03	1,11	1,11	0,08	2,08	5,39
47	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,05	1,38	0,98	1,04	1,11	0,18	2,08	5,38
48	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	0,95	0,96	1,39	1,49	1,20	0,28	2,08	5,80

**Tabla AVIII.8.** Carga metabólica promedio de los trabajadores W1 y W2 en la operación de pulido (**Continuación..**)

Poceta No.	Actividades	CARGA ESTÁTICA		ESFUERZOS MUSCULARES			Tiempo utilizado por los trabajadores W1 y W2 en pulir 69 pocetas						Metabolismo basal (kcal/min)	kcal /poceta
		Postura	kcal/min	Músculos empleados	Intensidad del esfuerzo	kcal/min	W1 (min)	W2 (min)	W1 (min)	W2 (min)	promedio (min /poceta)	$\sigma$		
49	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	0,97	0,99	1,11	1,49	1,14	0,24	2,08	5,53
50	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,27	1,07	1,23	1,43	1,25	0,15	2,08	6,05
51	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,13	1,02	1,82	1,00	1,24	0,39	2,08	6,01
52	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,07	1,06	1,18	1,20	1,13	0,07	2,08	5,47
53	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	0,99	1,09	1,59	1,50	1,29	0,30	2,08	6,26
54	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,16	1,35	1,59	1,62	1,43	0,21	2,08	6,92
55	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,00	1,12	1,45	2,19	1,44	0,54	2,08	6,97
56	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,01	1,21	1,35	1,23	1,20	0,14	2,08	5,82
57	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,23	1,16	1,22	1,12	1,19	0,05	2,08	5,74
58	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,21	1,56	1,21	1,32	1,33	0,16	2,08	6,43
59	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,33	1,45	1,45	1,67	1,47	0,14	2,08	7,14
60	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,54	1,23	1,09	1,44	1,32	0,20	2,08	6,42

**Tabla AVIII.8.** Carga metabólica promedio de los trabajadores W1 y W2 en la operación de pulido (**Continuación..**)

Poceta No.	Actividades	CARGA ESTÁTICA		ESFUERZOS MUSCULARES			Tiempo utilizado por los trabajadores W1 y W2 en pulir 69 pocetas						Metabolismo basal (kcal/min)	kcal /poceta
		Postura	kcal/min	Músculos empleados	Intensidad del esfuerzo	kcal/min	W1 (min)	W2 (min)	W1 (min)	W2 (min)	promedio (min/lote)	$\sigma$		
61	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,35	1,18	1,06	1,22	1,20	0,12	2,08	5,82
62	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,66	1,23	1,23	1,13	1,31	0,23	2,08	6,36
63	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,23	1,45	1,23	1,89	1,45	0,31	2,08	7,03
64	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,16	1,23	1,13	1,14	1,16	0,05	2,08	5,63
65	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,32	1,13	1,21	1,32	1,25	0,09	2,08	6,05
66	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,56	1,24	1,23	1,13	1,29	0,19	2,08	6,25
67	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,33	1,13	1,34	1,21	1,25	0,10	2,08	6,07
68	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,32	1,32	1,14	1,23	1,25	0,09	2,08	6,08
69	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III.	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,34	1,20	1,19	1,41	1,29	0,11	2,08	6,23
							83,78	84,45	94,30	88,68	87,80	0,27		425,25

**Tabla AVIII.9.** Carga metabólica en cargar y descargar pocetas de 18 kg de peso

Peso de cada poceta (kg/poceta)	Numero de pocetas que se cargan al coche (N)	Desplazamiento por cada poceta(L) (m)	m/jornada	K ida sin carga (kcal/m)	K regresocon carga (kcal/m)	E = N (L (K llevar ida + K llevar vuelta)). kcal/jornada
18	69	4	276	0,047	0,062	30,08

**Tabla AVIII.10.** Energía total gastada en pulir pocetas

Tipo de carga	kcal/jornada de operación de pulido
Carga estática + carga dinámica + metabolismos basal	425,25
Cargar y descargar pocetas	30,08
Empujarcoches cargados con pocetas (610 kg)	17,09
Total	472,43

**Tabla AVIII.11.** Carga metabólica promedio del ayudante (W3) en la operación de pulido de 62 pocetas

Poceta No.	Actividades	CARGA ESTÁTICA		ESFUERZOS MUSCULARES			Tiempo utilizado por el trabajador W3 en pulir 62 pocetas						Metabolismo basal (kcal/min)	kcal /poceta
		Postural	kcal/min	Músculos empleados	Intensidad del esfuerzo	Kcal/min	W3 (min)	W3 (min)	W3 (min)	W3 (min)	promedio (min /poceta)	$\sigma$		
1	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,02	0,95	2,76	1,61	1,59	0,84	2,08	7,68
2	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	0,94	0,93	1,77	1,68	1,33	0,46	2,08	6,44
3	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,13	1,10	1,05	1,01	1,07	0,05	2,08	5,19
4	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,59	1,08	1,09	1,93	1,42	0,41	2,08	6,88
5	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,55	0,84	1,18	1,61	1,30	0,35	2,08	6,28
6	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,04	1,14	1,15	1,12	1,11	0,05	2,08	5,39
7	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,09	1,14	1,07	1,22	1,13	0,07	2,08	5,47
8	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,29	1,45	1,54	1,14	1,35	0,18	2,08	6,55
9	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,15	1,16	1,09	1,51	1,23	0,19	2,08	5,93
10	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,33	1,04	1,36	0,94	1,17	0,21	2,08	5,65
11	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,38	1,06	1,21	1,26	1,23	0,13	2,08	5,94
12	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,21	1,18	1,09	1,07	1,14	0,07	2,08	5,51
13	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,17	1,12	1,09	1,03	1,10	0,06	2,08	5,34

<sup>1</sup>D.P.F.C: De pie fuertemente curvado

**Tabla AVIII.11.** Carga metabólica promedio del ayudante (W3) en la operación de pulido de 62 pocetas(**Continuación..**)

Poceta No.	Actividades	CARGA ESTÁTICA		ESFUERZOS MUSCULARES			Tiempo utilizado por el trabajador W3 en pulir 62 pocetas						Metabolismo basal (kcal/min)	Kcal /poceta
		Postura	Kcal/min	Músculos empleados	Intensidad del esfuerzo	kcal/min	W1 (min)	W2 (min)	W3 (min)	W1 (min)	promedio (min /poceta)	$\sigma$		
14	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,11	1,21	1,21	1,07	1,15	0,07	2,08	5,57
15	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,47	1,15	1,18	1,11	1,23	0,16	2,08	5,94
16	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,23	2,14	1,21	1,14	1,43	0,48	2,08	6,92
17	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,02	1,35	1,54	1,19	1,27	0,22	2,08	6,17
18	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,13	1,52	1,06	2,08	1,45	0,47	2,08	7,01
19	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,75	1,35	1,90	2,38	1,84	0,43	2,08	8,94
20	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,00	2,97	1,37	1,02	1,59	0,94	2,08	7,70
21	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,05	1,06	1,09	1,15	1,09	0,04	2,08	5,26
22	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,17	1,12	1,09	1,03	1,10	0,06	2,08	5,34
23	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,06	1,04	1,53	1,07	1,18	0,24	2,08	5,70
24	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,17	1,34	1,96	0,97	1,36	0,43	2,08	6,58
25	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,14	1,02	1,37	0,95	1,12	0,18	2,08	5,43
26	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,94	0,98	1,27	1,05	1,31	0,44	2,08	6,34

**Tabla AVIII.11.** Carga metabólica promedio del ayudante (W3) en la operación de pulido de 62 pocetas(**Continuación..**)

Poceta No.	Actividades	CARGA ESTÁTICA		ESFUERZOS MUSCULARES			Tiempo utilizado por el trabajador W3 en pulir 62 pocetas						Metabolismo basal (kcal/min)	kcal /poceta
		Postura	kcal/min	Músculos empleados	Intensidad del esfuerzo	Kcal/min	W3 (min)	W3 (min)	W3 (min)	W3 (min)	promedio (min /poceta)	$\sigma$		
27	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	0,95	1,08	1,94	1,15	1,28	0,45	2,08	6,20
28	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	0,98	1,29	1,18	1,22	1,17	0,14	2,08	5,66
29	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	0,94	1,09	1,17	1,06	1,07	0,09	2,08	5,16
30	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,27	1,10	1,42	1,10	1,22	0,16	2,08	5,91
31	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	0,98	2,71	1,09	1,84	1,65	0,80	2,08	8,01
32	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,06	1,11	1,55	0,92	1,16	0,27	2,08	5,60
33	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,02	0,59	1,09	1,15	0,96	0,25	2,08	4,66
34	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,11	1,12	1,22	1,02	1,12	0,08	2,08	5,42
35	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,80	1,01	1,20	0,89	1,22	0,41	2,08	5,93
36	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,05	1,18	1,38	1,51	1,28	0,20	2,08	6,21
37	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,08	1,96	1,19	0,98	1,30	0,45	2,08	6,31
38	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,07	0,90	2,53	1,04	1,38	0,77	2,08	6,70
39	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,07	1,00	0,88	1,08	1,01	0,09	2,08	4,87



**Tabla AVIII.11.** Carga metabólica promedio del ayudante (W3) en la operación de pulido de 62 pocetas(**Continuación..**)

Poceta No	Actividades	CARGA ESTÁTICA		ESFUERZOS MUSCULARES			Tiempo utilizado por el trabajador W3 en pulir 62 pocetas						Metabolismo basal (kcal/min)	kcal /poceta
		Postura	kcal/min	Músculos empleados	Intensidad del esfuerzo	kcal /min	W3 (min)	W3 (min)	W3 (min)	W3 (min)	promedio (min /poceta)	$\sigma$		
40	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,07	1,03	1,00	2,11	1,30	0,54	2,08	6,31
41	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,21	1,03	1,27	1,00	1,13	0,13	2,08	5,46
42	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	2,05	1,03	2,99	1,13	1,80	0,92	2,08	8,72
43	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,07	1,37	2,78	1,07	1,57	0,82	2,08	7,61
44	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	0,97	1,04	1,06	1,36	1,11	0,17	2,08	5,37
45	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,08	1,06	1,14	1,00	1,07	0,06	2,08	5,18
46	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,09	1,21	1,03	1,11	1,11	0,08	2,08	5,39
47	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,05	1,38	0,98	1,04	1,11	0,18	2,08	5,38
48	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	0,95	0,96	1,39	1,49	1,20	0,28	2,08	5,80
49	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	0,97	0,99	1,11	1,49	1,14	0,24	2,08	5,53
50	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,27	1,07	1,23	1,43	1,25	0,15	2,08	6,05
51	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,13	1,02	1,82	1,00	1,24	0,39	2,08	6,01
52	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,07	1,06	1,18	1,20	1,13	0,07	2,08	5,47

**Tabla AVIII.11.** Carga metabólica promedio del ayudante (W3) en la operación de pulido de 62 pocetas(Continuación..)

Poceta No	Actividades	CARGA ESTÁTICA		ESFUERZOS MUSCULARES			Tiempo utilizado por el trabajador W3 en pulir 62 pocetas						Metabolismo basal (kcal/min)	kcal /poceta
		Postura	kcal/min	Músculos empleados	Intensidad del esfuerzo	kcal/min	W3 (min)	W3 (min)	W3 (min)	W3 (min)	promedio (min /poceta)	$\sigma$		
53	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	0,99	1,09	1,59	1,50	1,29	0,30	2,08	6,26
54	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,16	1,35	1,59	1,62	1,43	0,21	2,08	6,92
55	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,00	1,12	1,45	2,19	1,44	0,54	2,08	6,97
56	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,01	1,21	1,35	1,23	1,20	0,14	2,08	5,82
57	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,23	1,16	1,22	1,12	1,19	0,05	2,08	5,74
58	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,21	1,56	1,21	1,32	1,33	0,16	2,08	6,43
59	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,33	1,45	1,45	1,67	1,47	0,14	2,08	7,14
60	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,54	1,23	1,09	1,44	1,32	0,20	2,08	6,42
61	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,35	1,18	1,06	1,22	1,20	0,12	2,08	5,82
62	Actividad descrita en 3.2.2.6-Capítulo III	D.P.F.C	0,56	2 Brazos	Medio	2,20	1,66	1,23	1,23	1,13	1,31	0,23	2,08	6,36
							74,51	75,75	85,82	79,34	78,85	0,28		381,92

**Tabla AVIII.12.** Carga metabólica total del ayudante en cargar y descargar pocetas de 18 kg de peso

Peso de cada poceta (kg/poceta)	Numero de pocetas que se cargan al coche (N)	Desplazamiento por poceta (L) (m)	m/jornada	K ida sin carga (kcal/m)	K regresocon carga (kcal/m)	E = N (L (K llevar ida + K llevar vuelta)). kcal/lote
18	62	4	248	0,047	0,062	27,03

**Tabla AVIII.13.** Carga metabólica total del ayudante en pulir pocetas

Tipo de carga	kcal/lote de operación de pulido
Carga estática + carga dinámica + metabolismos basal	381,92
Cargar y descargar pocetas	27,03
Empujar coches cargados con pocetas (610 kg)	15,36
Total	424,31

**Tabla AVIII.14.** Carga metabólica total del ayudante en pulir pocetas

Descripción de las tareas	CARGA ESTÁTICA		CARGA DINÁMICA			tiempo promedio (min)	Metabolismo basal (kcal/min)	kcal /lote
	Postura	kcal /min	Músculos empleados	Intensidad del esfuerzo	kcal/min			
Ayuda a los dos vaciadores a bajar las tapas de 200 moldes/jornada. Eleva los dos brazos sobre los hombros y sujeta la tapa con las dos manos y por los extremos laterales del perímetro. Entra dos trabajadores bajan la tapa, y vencen el contrapeso de 40 kg., y calzan la tapa al molde de yeso.	De pie por encima de los hombros	0,30	dos brazos	Ligero	1,70	10,80	2,08	44,10
Coloca el dispositivo de ajuste del molde, en la posición en frente del vaciador principal. La actividad la repite con los 200 moldes por jornada, es decir ayuda a los dos vaciadores.	De pie normal	0,16	dos brazos	Ligero	1,70	4,12	2,08	16,25
Inclinado limpia las mangueras de alimentación de pasta al molde. Esta operación la repite en los 200 moldes/jornada y con una frecuencia de 2 veces por jornada. Esta es una limpieza complementaria a la que hacen los vaciadores, debido al excedente de pasta en las mangueras.	De pie fuertemente curvado	0,56	dos brazos	Medio	5,00	3,21	2,08	24,53
						Total	Total	84,88

**Tabla AVIII.15.** Carga metabólica del ayudante (W3) en la operación de acabado interior de pocetas.

Actividad	Descripción de las tareas	CARGA ESTÁTICA		CARGA DINÁMICA			tiempo promedio (min/lote)	Metabolismo basal (kcal/min)	kcal /lote
		Postura	kcal/min	Músculos empleados	Intensidad del esfuerzo	kcal /min			
Acabado interior de pocetas	Se utiliza la herramienta sacabocados, abre huecos de ensamble en la mesa del sanitario. Tarea que la repita 200 veces	De pie normal	0,16	dos brazos	Ligero	1,70	16,17	2,08	63,76

**Tabla AVIII.16.** Carga metabólica del ayudante (W3) en la operación de acabado exterior de pocetas

Actividad	Descripción de las tareas	CARGA ESTÁTICA		CARGA DINÁMICA			tiempo promedio (min/lote)	Metabolismo basal (kcal/min)	Kcal /lote
		Postura	kcal/min	Músculos empleados	Intensidad del esfuerzo	kcal/min			
Acabado exterior de la poceta	Se sujeta con la mano derecha una estopa de fibra sintética, pasa ésta sobre las áreas rugosas de la poceta y con la izquierda repasa la sección corregida. Esta tarea la repite en las 200 pocetas por jornada.	De pie normal	0,16	dos brazos	Ligero	1,70	16,14	2,08	63,64



**Tabla AVIII.17.** Carga metabólica del ayudante (W3) en la operación de preparación de moldes.

Actividad	Descripción de las tareas	CARGA ESTÁTICA		CARGA DINÁMICA			tiempo promedio (min/lote)	Metabolismo basal (kcal/min)	kcal /lote
		Postura	kcal /min	Músculos empleados	Intensidad del esfuerzo	kcal /min			
Preparación de moldes	Se sujeta con la mano derecha la línea de aire comprimido, acciona con el pulgar derecho, la válvula de salida de aire y aplica aire comprimido por el interior y exterior de la poceta. Con la mano izquierda direcciona la línea. Inspecciona el estado de limpieza de los moldes y completa la operación al aplicar aire comprimido. Esta tarea la repite en los 200 moldes de yeso.	De pie normal	0,16	dos brazos	Ligero	1,70	17,25	2,08	68,02

## ANEXO IX

## RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DEL ÍNDICE WBGT

Tabla AIX.1. Índice WBGT. Mediciones del día 1.

						
Evaluación y control del riesgo asociado al estrés térmico en el proceso de vaciado de pocetas sanitarias de fábrica EDESA-Índice WBGT del puesto de trabajo.						10 de mayo de 2011
Lectura No.	Hora	Posición en el puesto de trabajo	Ta °C	HR%	Tg°C	WBGT. °C
1	06h00	a	26,7	56,4	28,1	23,2
2		b	27,2	50,5	28,2	23,2
3		c	24,6	41,8	27,9	19,6
4	07h00	a	27,8	47,7	29,2	23,4
5		b	28,8	46,3	29,3	24,0
6		c	26,3	45,3	29,7	22,1
7	08h00	a	29,1	45,4	31,1	24,4
8		b	30,9	48,6	31,3	26,0
9		c	29,3	52,2	30,8	25,3
10	09h00	a	28,8	48,6	30,5	24,8
11		b	30,0	55,1	31,3	26,2
12		c	29,8	51,8	31,3	25,6
13	10h00	a	30,0	42,5	33,0	24,9
14		b	34,0	42,7	33,5	27,8
15		c	32,7	48,4	35,2	27,7
16	11h00	a	33,8	40,4	36,1	28,0
17		b	35,0	44,2	36,5	29,3
18		c	33,3	48,9	35,3	28,5
19	12h00	a	33,8	49,9	34,9	28,9
20		b	35,2	46,2	37,1	30,1
21		c	33,8	48,2	36,2	29,2
22	13h00	a	33,2	46,5	34,9	28,0
23		b	33,9	62	35,6	30,3
24		c	33,1	64,5	35,2	30,6
25	14h00	a	32,3	46,6	34,1	27,1
26		b	32,5	52,4	33,9	28,3
27		c	32,8	57,8	34,5	29,2

**Tabla AIX.2.** Índice WBGT. Mediciones del día 2



						
Evaluación y control del riesgo asociado al estrés térmico en el proceso de vaciado de pocetas sanitarias de fábrica EDESA-Índice WBGT del puesto de trabajo.						11 de mayo de 2011
Lectura No.	Hora	Posición en el puesto de trabajo	Ta °C	HR%	Tg°C	WBGT. °C
1	06h00	a	29,8	51,6	31,2	25,5
2		b	30,2	47,9	31,1	25,5
3		c	27,7	46,7	30,2	23,5
4	07h00	a	29,3	45,6	30,6	24,5
5		b	31,5	44,5	31,9	26,5
6		c	31,6	48,8	33,2	26,8
7	08h00	a	31,0	45,3	33,1	26,1
8		b	32,4	47,3	32,6	27,3
9		c	29,3	52,2	30,8	25,3
10	09h00	a	30,7	46,4	32,6	26,0
11		b	31,1	49,1	32,5	26,6
12		c	31,5	53,8	32,9	27,6
13	10h00	a	31,8	46,9	33,3	26,8
14		b	33,5	52,0	34,4	28,8
15		c	32,7	48,4	35,2	27,7
16	11h00	a	34,2	44,1	36,1	28,6
17		b	34,7	51,0	36,3	30,1
18		c	34,2	52,7	36,4	30,0
19	12h00	a	34,0	51,1	35,5	29,5
20		b	36,1	49,4	37,3	31,0
21		c	33,5	50,3	35,8	28,8
22	13h00	a	33,6	50,5	36,1	28,9
23		b	34,4	65,0	35,9	31,6
24		c	35,2	55,9	37,0	31,0
25	14h00	a	33,3	54,7	34,9	29,2
26		b	33,3	58,2	35,2	30,0
27		c	34,1	61,4	35,6	30,7

Tabla AIX.3. Índice WBGT. Mediciones del día 3





						
Evaluación y control del riesgo asociado al estrés térmico en el proceso de vaciado de pocetas sanitarias de fábrica EDESA-Índice WBGT del puesto de trabajo.						13 de mayo de 2011
Lectura No.	Hora	Posición en el puesto de trabajo	Ta °C	HR%	Tg°C	WBGT. °C
1	06h00	a	27,0	54,8	27,8	23,3
2		b	25,0	51,0	28,2	22,5
3		c	26,5	50,5	28,1	21,7
4	07h00	a	28,8	46,2	30,5	24,2
5		b	28,5	45,3	30,3	23,6
6		c	29,0	47,0	30,1	24,5
7	08h00	a	29,8	45,8	31,5	25,0
8		b	30,5	47,7	31,6	25,6
9		c	30,1	50,7	31,9	25,9
10	09h00	a	29,2	51,8	30,4	25,2
11		b	30,2	55,0	31,2	26,4
12		c	30,7	55,4	31,8	26,7
13	10h00	a	29,1	51,6	31,4	25,1
14		b	30,1	54,9	30,7	26,4
15		c	30,7	59,7	31,7	27,3
16	11h00	a	28,9	55,2	30,4	25,2
17		b	30,6	58,5	31,4	27,1
18		c	31,1	61,6	32,2	27,9
19	12h00	a	30,0	58,3	31,8	26,1
20		b	31,0	60,0	32,7	27,9
21		c	31,7	56,8	32,9	27,9
22	13h00	a	30,7	54,8	32,3	26,9
23		b	31,4	61,3	32,8	28,4
24		c	32,2	64,0	33,2	29,3
25	14h00	a	30,1	52,2	31,4	26,0
26		b	31,5	55,7	32,6	27,5
27		c	32,3	61,0	33,3	29,0
28	15h00	a	27,2	60,8	28,6	24,3
29		b	29,0	64,5	29,8	26,3
30		c	32,2	58,8	33,6	28,8



Tabla AIX.4. Índice WBGT. Mediciones del día 4

						
Evaluación y control del riesgo asociado al estrés térmico en el proceso de vaciado de pocetas sanitarias de fábrica EDESA-Índice WBGT del puesto de trabajo.						18 de mayo de 2011
Lectura No.	Hora	Posición en el puesto de trabajo	Ta °C	HR%	Tg°C	WBGT. °C
1	06h00	a	25,1	46,5	26,4	20,8
2		b	24,5	39,6	26,1	19,5
3		c	21,4	37,8	22,7	16,7
4	07h00	a	27,9	39,3	29,5	22,5
5		b	27,8	38,1	29,9	22,8
6		c	28,2	37,4	30,0	22,4
7	08h00	a	28,8	40,9	30,5	23,5
8		b	29,8	42,4	30,5	24,4
9		c	29,3	44,9	30,4	24,3
10	09h00	a	29,6	43,7	31,4	24,5
11		b	31,0	44,3	32,3	26,1
12		c	30,2	43,1	32,2	25,1
13	10h00	a	31,6	38,5	33,2	25,4
14		b	31,5	42,5	33,0	25,9
15		c	30,8	44,1	32,5	25,7
16	11h00	a	31,5	42,4	32,8	26,1
17		b	32,6	48,4	34,2	27,8
18		c	31,9	51,0	34,3	27,8
19	12h00	a	32,6	41,1	34,1	26,9
20		b	34,0	44,5	35,4	28,5
21		c	33,5	50,3	35,8	28,8
22	13h00	a	33,1	44,1	34	27,4
23		b	34,3	46,5	37,6	30,0
24		c	34,3	47,9	37,2	29,7
25	14h00	a	32,8	47,2	34,6	28,3
26		b	34,0	50,5	35,7	28,7
27		c	34,0	53,9	35,8	29,7
28	15h00	a	32,1	46,0	33,3	26,5
29		b	31,8	47,1	33,1	26,7
30		c	32,3	51,9	33,9	28,0
31	16h00	a	30,5	42,4	32,1	25,3
32		b	34,4	45,7	35,6	28,9
33		c	33,2	53,8	35,2	29,1
34	17h00	a	31,5	43,0	34,1	26,3
35		b	32,2	49,4	34,0	28,1
36		c	32,5	50,5	34,2	28,1

## ANEXO X

### PRUEBA-F (F-TEST)

$$F_{.05}(v_1, v_2)$$

La tabla A.X.1 presenta los valores críticos de la distribución F, que permiten determinar si la variación de las desviaciones estándar de los valores medidos y calculados del índice WBGT es o no significativa.

**Tabla A.X.1.** Valores críticos superiores de la distribución F para  $f_1$  y  $f_2$  grados de libertad al 5% de nivel de significancia

df2/df1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	INF
1	161,4476	199,5000	215,7073	224,5832	230,1619	233,9860	236,7684	238,8827	240,5433	241,8817	243,9060	245,9499	248,0131	249,0518	250,0951	251,1432	252,1957	253,2529	254,3144
2	18,5128	19,0000	19,1643	19,2468	19,2964	19,3295	19,3532	19,3710	19,3848	19,3959	19,4125	19,4291	19,4458	19,4541	19,4624	19,4707	19,4791	19,4874	19,4957
3	10,1280	9,5521	9,2766	9,1172	9,0135	8,9406	8,8867	8,8452	8,8123	8,7855	8,7446	8,7029	8,6602	8,6385	8,6166	8,5944	8,5720	8,5494	8,5264
4	7,7086	6,9443	6,5914	6,3882	6,2561	6,1631	6,0942	6,0410	5,9988	5,9644	5,9117	5,8578	5,8025	5,7744	5,7459	5,7170	5,6877	5,6581	5,6281
5	6,6079	5,7861	5,4095	5,1922	5,0503	4,9503	4,8759	4,8183	4,7725	4,7351	4,6777	4,6188	4,5581	4,5272	4,4957	4,4638	4,4314	4,3985	4,3650
6	5,9874	5,1433	4,7571	4,5337	4,3874	4,2839	4,2067	4,1468	4,0990	4,0600	3,9999	3,9381	3,8742	3,8415	3,8082	3,7743	3,7398	3,7047	3,6689
7	5,5914	4,7374	4,3468	4,1203	3,9715	3,8660	3,7870	3,7257	3,6767	3,6365	3,5747	3,5107	3,4445	3,4105	3,3758	3,3404	3,3043	3,2674	3,2298
8	5,3177	4,4590	4,0662	3,8379	3,6875	3,5806	3,5005	3,4381	3,3881	3,3472	3,2839	3,2184	3,1503	3,1152	3,0794	3,0428	3,0053	2,9669	2,9276
9	5,1174	4,2565	3,8625	3,6331	3,4817	3,3738	3,2927	3,2296	3,1789	3,1373	3,0729	3,0061	2,9365	2,9005	2,8637	2,8259	2,7872	2,7475	2,7067
10	4,9646	4,1028	3,7083	3,4780	3,3258	3,2172	3,1355	3,0717	3,0204	2,9782	2,9130	2,8450	2,7740	2,7372	2,6996	2,6609	2,6211	2,5801	2,5379
11	4,8443	3,9823	3,5874	3,3567	3,2039	3,0946	3,0123	2,9480	2,8962	2,8536	2,7876	2,7186	2,6464	2,6090	2,5705	2,5309	2,4901	2,4480	2,4045
12	4,7472	3,8853	3,4903	3,2592	3,1059	2,9961	2,9134	2,8486	2,7964	2,7534	2,6866	2,6169	2,5436	2,5055	2,4663	2,4259	2,3842	2,3410	2,2962
13	4,6672	3,8056	3,4105	3,1791	3,0254	2,9153	2,8321	2,7669	2,7144	2,6710	2,6037	2,5331	2,4589	2,4202	2,3803	2,3392	2,2966	2,2524	2,2064
14	4,6001	3,7389	3,3439	3,1122	2,9582	2,8477	2,7642	2,6987	2,6458	2,6022	2,5342	2,4630	2,3879	2,3487	2,3082	2,2664	2,2229	2,1778	2,1307
15	4,5431	3,6823	3,2874	3,0556	2,9013	2,7905	2,7066	2,6408	2,5876	2,5437	2,4753	2,4034	2,3275	2,2878	2,2468	2,2043	2,1601	2,1141	2,0658

<b>16</b>	4,4940	3,6337	3,2389	3,0069	2,8524	2,7413	2,6572	2,5911	2,5377	2,4935	2,4247	2,3522	2,2756	2,2354	2,1938	2,1507	2,1058	2,0589	2,0096
<b>17</b>	4,4513	3,5915	3,1968	2,9647	2,8100	2,6987	2,6143	2,5480	2,4943	2,4499	2,3807	2,3077	2,2304	2,1898	2,1477	2,1040	2,0584	2,0107	1,9604
<b>18</b>	4,4139	3,5546	3,1599	2,9277	2,7729	2,6613	2,5767	2,5102	2,4563	2,4117	2,3421	2,2686	2,1906	2,1497	2,1071	2,0629	2,0166	1,9681	1,9168
<b>19</b>	4,3807	3,5219	3,1274	2,8951	2,7401	2,6283	2,5435	2,4768	2,4227	2,3779	2,3080	2,2341	2,1555	2,1141	2,0712	2,0264	1,9795	1,9302	1,8780
<b>20</b>	4,3512	3,4928	3,0984	2,8661	2,7109	2,5990	2,5140	2,4471	2,3928	2,3479	2,2776	2,2033	2,1242	2,0825	2,0391	1,9938	1,9464	1,8963	1,8432
<b>21</b>	4,3248	3,4668	3,0725	2,8401	2,6848	2,5727	2,4876	2,4205	2,3660	2,3210	2,2504	2,1757	2,0960	2,0540	2,0102	1,9645	1,9165	1,8657	1,8117
<b>22</b>	4,3009	3,4434	3,0491	2,8167	2,6613	2,5491	2,4638	2,3965	2,3419	2,2967	2,2258	2,1508	2,0707	2,0283	1,9842	1,9380	1,8894	1,8380	1,7831
<b>23</b>	4,2793	3,4221	3,0280	2,7955	2,6400	2,5277	2,4422	2,3748	2,3201	2,2747	2,2036	2,1282	2,0476	2,0050	1,9605	1,9139	1,8648	1,8128	1,7570
<b>24</b>	4,2597	3,4028	3,0088	2,7763	2,6207	2,5082	2,4226	2,3551	2,3002	2,2547	2,1834	2,1077	2,0267	1,9838	1,9390	1,8920	1,8424	1,7896	1,7330
<b>25</b>	4,2417	3,3852	2,9912	2,7587	2,6030	2,4904	2,4047	2,3371	2,2821	2,2365	2,1649	2,0889	2,0075	1,9643	1,9192	1,8718	1,8217	1,7684	1,7110
<b>26</b>	4,2252	3,3690	2,9752	2,7426	2,5868	2,4741	2,3883	2,3205	2,2655	2,2197	2,1479	2,0716	1,9898	1,9464	1,9010	1,8533	1,8027	1,7488	1,6906
<b>27</b>	4,2100	3,3541	2,9604	2,7278	2,5719	2,4591	2,3732	2,3053	2,2501	2,2043	2,1323	2,0558	1,9736	1,9299	1,8842	1,8361	1,7851	1,7306	1,6717
<b>28</b>	4,1960	3,3404	2,9467	2,7141	2,5581	2,4453	2,3593	2,2913	2,2360	2,1900	2,1179	2,0411	1,9586	1,9147	1,8687	1,8203	1,7689	1,7138	1,6541
<b>29</b>	4,1830	3,3277	2,9340	2,7014	2,5454	2,4324	2,3463	2,2783	2,2229	2,1768	2,1045	2,0275	1,9446	1,9005	1,8543	1,8055	1,7537	1,6981	1,6376
<b>30</b>	4,1709	3,3158	2,9223	2,6896	2,5336	2,4205	2,3343	2,2662	2,2107	2,1646	2,0921	2,0148	1,9317	1,8874	1,8409	1,7918	1,7396	1,6835	1,6223
<b>40</b>	4,0847	3,2317	2,8387	2,6060	2,4495	2,3359	2,2490	2,1802	2,1240	2,0772	2,0035	1,9245	1,8389	1,7929	1,7444	1,6928	1,6373	1,5766	1,5089
<b>60</b>	4,0012	3,1504	2,7581	2,5252	2,3683	2,2541	2,1665	2,0970	2,0401	1,9926	1,9174	1,8364	1,7480	1,7001	1,6491	1,5943	1,5343	1,4673	1,3893
<b>120</b>	3,9201	3,0718	2,6802	2,4472	2,2899	2,1750	2,0868	2,0164	1,9588	1,9105	1,8337	1,7505	1,6587	1,6084	1,5543	1,4952	1,4290	1,3519	1,2539
<b>inf</b>	3,8415	2,9957	2,6049	2,3719	2,2141	2,0986	2,0096	1,9384	1,8799	1,8307	1,7522	1,6664	1,5705	1,5173	1,4591	1,3940	1,3180	1,2214	1,0000

(IS 6200, 1971)

## ANEXO XI

### DETALLE DE CÁLCULOS

#### Reducción de carga de trabajo en la actividad de desconchar

Bajo el plan de trabajo implementado, la carga metabólica total del trabajador W4 en desconchado es:

$$\begin{aligned}
 MbdW4 &= \left( 1 \frac{\text{lote}}{\text{jornada}} \times 375,27 \frac{\text{kcal}}{\text{jornada}} + 1 \frac{\text{lote}}{\text{jornada}} \times 375,27 \frac{\text{lote}}{\text{jornada}} + 1 \frac{\text{lote}}{\text{jornada}} \times 211,94 \frac{\text{kcal}}{\text{lote}} \right) \\
 &= 962,48 \frac{\text{kcal}}{\text{jornada}} \quad [A.XI.1]
 \end{aligned}$$

Donde

MbdW4: carga metabólica del trabajador W4 en su desempeño como vaciador principal (2 lotes) y como ayudante (1 lote), en la actividad de desconchar.

Al seguir el mismo procedimiento de cálculo la nueva carga metabólica de W1, W2 y W3 es 964,49 kcal/jornada, 964,49 kcal/jornada y 968,50 kcal/jornada, respectivamente

#### Reducción de carga de trabajo en la actividad de pulido

Tiempo promedio estándar para pulir 69 pocetas = 87,8 min

Tiempo promedio estándar por pulir una poceta = 1,2725 min/pulir poceta

Estrategia: Se especializó al trabajador en pulido, actividad que se rota entre los 4 trabajadores.

Bajo este esquema de trabajo se obtuvo los resultados siguientes.

$$tp = 100 \frac{\text{pocetas}}{\text{jornada}} \times 1,2725 \frac{\text{min}}{\text{pulir una poceta}} = 127,25 \frac{\text{min}}{\text{jornada}} [A.XI.2]$$

$$MbpW4 = 472,43 \frac{\text{kcal}}{69 \text{ pocetas}} \times 100 \frac{\text{pocetas}}{\text{jornada}} = 684,68 \frac{\text{Kcal}}{\text{jornada}} \quad [\text{A.XI.3}]$$

Donde

Tp: Tiempo que invierte el trabajador W4 en pulir 100 pocetas/jornada. De esta forma el trabajador W4 ha laborado el tiempo de desconchado más el tiempo de pulido.

MbpW4 = Carga metabólica del trabajador W4 en pulir 100 pocetas.

El trabajo de pulido que realizó el trabajador W4 se distribuyó de la siguiente forma: pulido de 40 pocetas que le corresponden a W1, pulido de 40 pocetas que le corresponden a W2 y pulido de 20 pocetas que le corresponden a W3. Las cargas de trabajo y los tiempos modificados con la implementación de la medida administrativa en la operación de pulido son los siguientes:

a) Cargas de trabajo modificadas en la operación de pulido:

$$(W1)_{ctpm} = (W2)_{ctpm} = 472,43 \frac{\text{kcal}}{\text{jornada}} - \frac{40}{69} \times 472,43 \frac{\text{kcal}}{\text{jornada}} = 198,56 \frac{\text{kcal}}{\text{jornada}} \quad [\text{A.XI.4}]$$

$$(W3)_{ctpm} = 424,31 \frac{\text{kcal}}{\text{jornada}} - \frac{20}{62} \times 424,31 \frac{\text{kcal}}{\text{jornada}} = 287,44 \frac{\text{kcal}}{\text{jornada}} \quad [\text{A.XI.5}]$$

Donde:

(W1)<sub>ctpm</sub>: carga de trabajo modificada en la operación de pulido y en el trabajador con código W1.

(W2)<sub>ctpm</sub>: carga de trabajo modificada en la operación de pulido y en el trabajador con código W1.

$(W3)_{ctpm}$ : carga de trabajo modificada en la operación de pulido y en el trabajador con código W3.

b) Tiempos modificados en la operación de pulido:

$$(W1)_{tpm} = 87,80 \frac{\text{min}}{\text{jornada}} - \frac{40}{69} \times 87,80 \frac{\text{min}}{\text{jornada}} = 36,9 \frac{\text{min}}{\text{jornada}} \quad [\text{A.XI.6}]$$

$$(W2)_{tpm} = 89,94 \frac{\text{min}}{\text{jornada}} - \frac{40}{69} \times 89,94 \frac{\text{min}}{\text{jornada}} = 37,80 \frac{\text{min}}{\text{jornada}} \quad [\text{A.XI.7}]$$

$$(W3)_{tpm} = 78,75 \frac{\text{min}}{\text{jornada}} - \frac{20}{62} \times 78,85 \frac{\text{min}}{\text{jornada}} = 53,35 \frac{\text{min}}{\text{jornada}} \quad [\text{A.XI.8}]$$

Donde

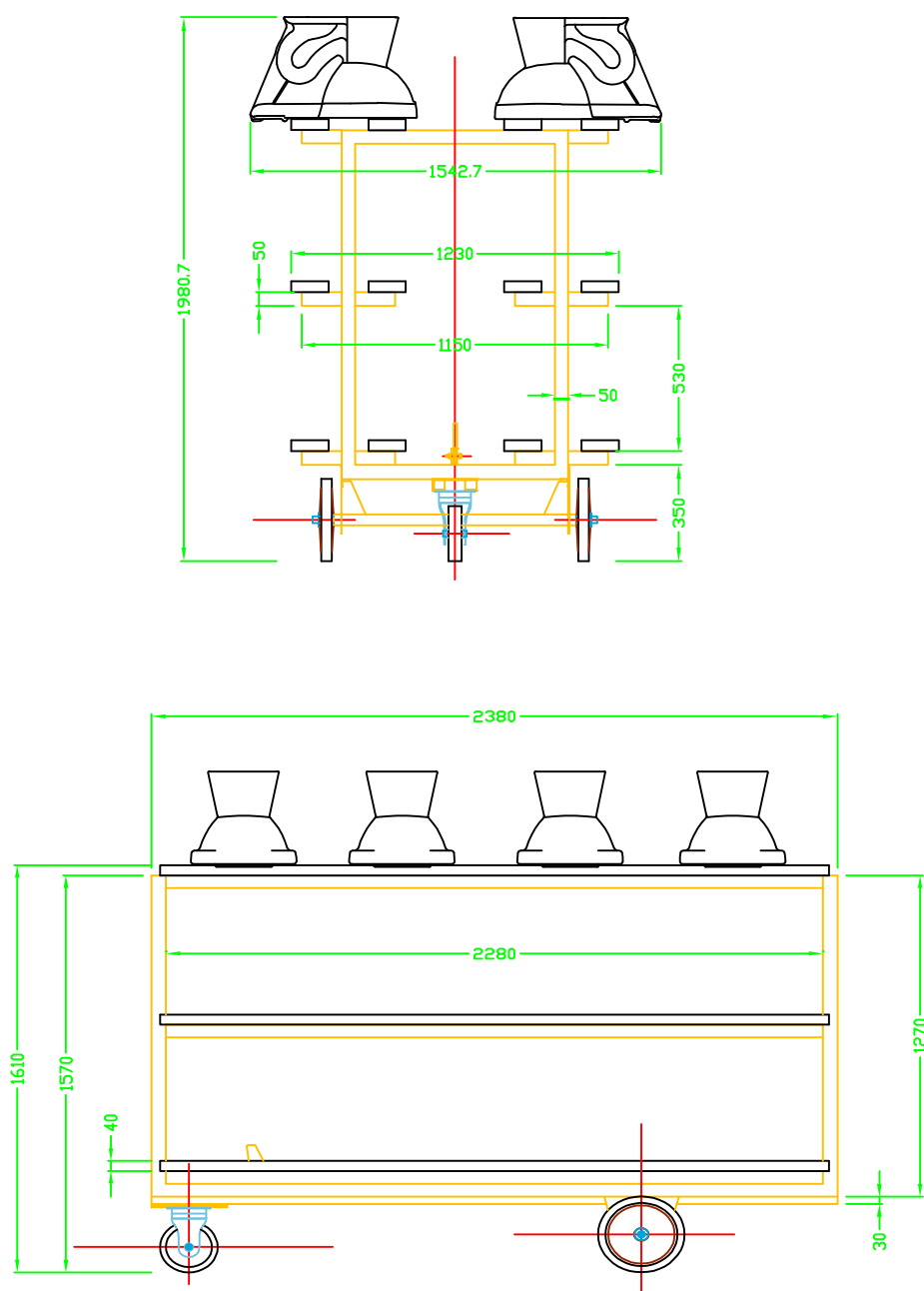
$(W1)_{tpm}$ : tiempo de trabajo modificado en la operación de pulido y en el trabajador con código W1

$(W2)_{tpm}$ : tiempo de trabajo modificado en la operación de pulido y en el trabajador con código W2

$(W3)_{tpm}$ : tiempo de trabajo modificado en la operación de pulido y en el trabajador con código W3

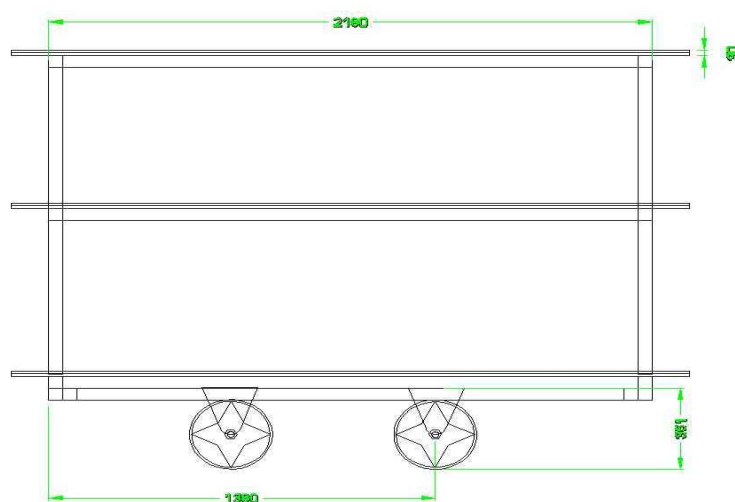
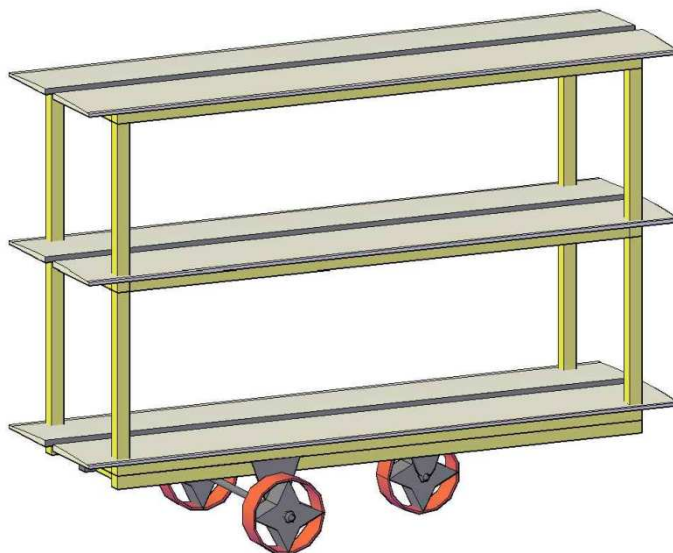
**ANEXO XII****PLANOS DE DISEÑO DE COCHES**

La Figura A.XII.1 presenta el diseño de los coches de transporte de los sanitarios, previa la implementación de la medida de gestión del riesgo.



**Figura AXII.1.** Diseño de coches antes de la medida de gestión del riesgo

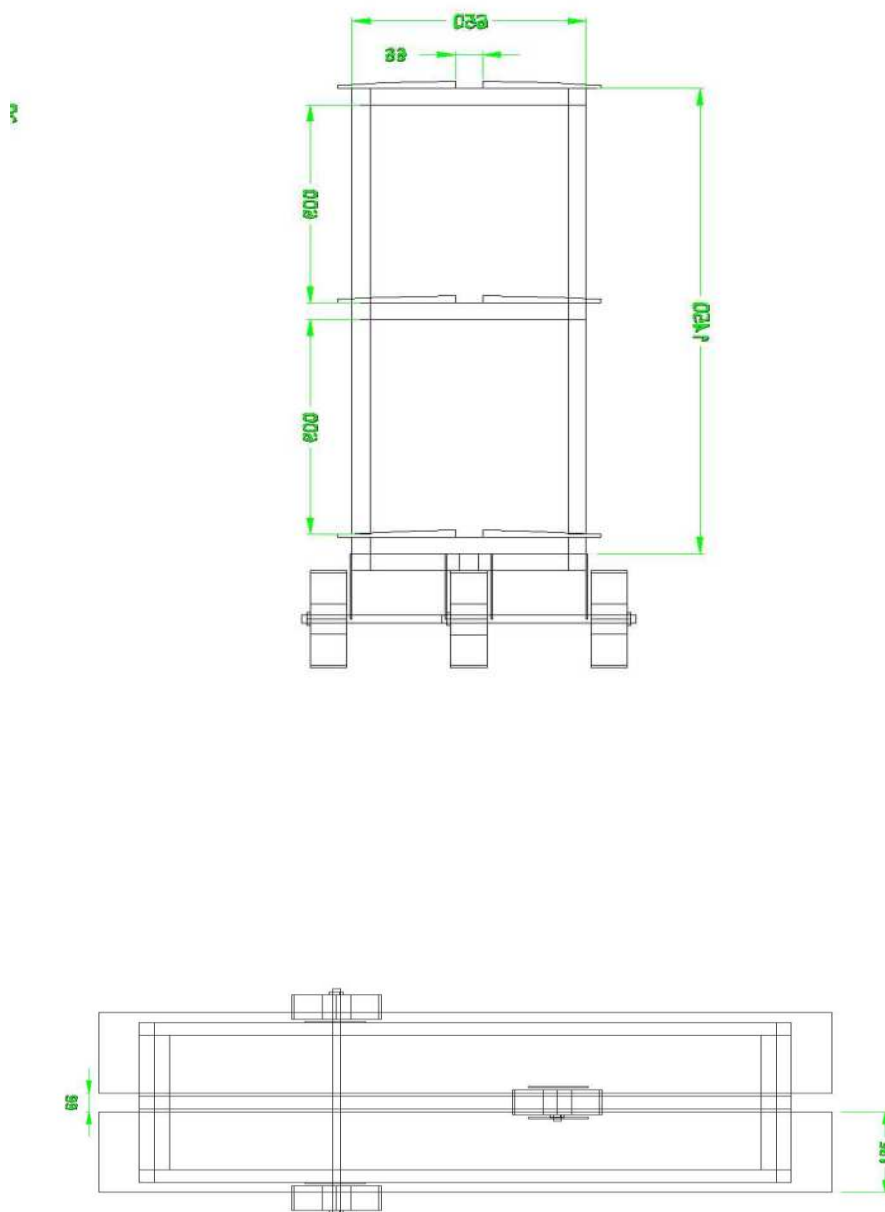
La Figura A.XII.2 presenta el diseño final de los coches luego de la implementación de la medida de gestión de riesgo.



**Figura AXII.2.** Diseño de coches después de implementar la medida de gestión del riesgo



La Figura A.XII.3 presenta los planos de los diseños definitivos de los coches, luego de implementar la medida de gestión de riesgo.



**Figura AXII.3.** Dimensiones del nuevo diseño de coches