

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y  
AGROINDUSTRIA**

**IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS EN PREVENCIÓN Y CONTROL  
DEL RIESGO ESTRÉS TÉRMICO EN LA PLANTA DE UTILIDADES  
DE LA REFINERÍA DE ESMERALDAS**

**TESIS PREVIA LA OBTENCIÓN DE GRADO DE MAGÍSTER EN  
SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SALUD OCUPACIONAL**

**GUILLERMO EMILIO CHICA VIVAR**

**DIRECTOR: MARIO RIVERA, MSc.**

**CO-DIRECTOR: WILLIAM VILLACÍS, MSc.**

**Quito, marzo 2016**

© Escuela Politécnica Nacional 2016  
Reservados todos los derechos de reproducción

## **DECLARACIÓN**

Yo, Guillermo Emilio Chica Vivar, 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.

---

Guillermo Emilio Chica Vivar

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Guillermo Emilio Chica Vivar, bajo nuestra supervisión.

---

**Dr. Mario Rivera E.  
DIRECTOR DEL  
PROYECTO**

---

**Ing. William Villacís, M.Sc.  
CO-DIRECTOR  
DEL PROYECTO**

## **AGRADECIMIENTO**

*A mi familia, profesores de la Escuela Politécnica Nacional y autoridades de E.P. Petroecuador que aportaron e impulsaron para la culminación de este proyecto.*

## **DEDICATORIA**

*Esta tesis la dedico a mi esposa e hijos.*

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

	<b>PÁGINA</b>
<b>RESUMEN</b>	xiv
<b>INTRODUCCIÓN</b>	xv
<b>1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>1</b>
1.1 Estrés Térmico: Definición, Marco legal, Normas ISO	1
1.1.1 Definición de estrés térmico	1
1.1.2 Marco legal	2
1.1.3 Normas ISO relacionadas con el factor de riesgo estrés térmico	3
1.2 Áreas de riesgo térmico en la refinería de Esmeraldas	4
1.2.1 Planta de utilidades de la refinería de Esmeraldas	4
1.2.3 Contaminantes químicos en la planta de utilidades de la refinería de Esmeraldas	7
1.2.4 Termorregulación del cuerpo humano	13
1.2.5 Mecanismo fisiológico de la termorregulación	15
1.2.6 Confort térmico	16
1.2.7 Sobrecarga térmica	16
1.2.8 Efectos patológicos del calor en el organismo	17
1.2.9 Indicadores fisiológicos de tensión térmica	19
1.2.10 Índices de sobrecarga térmica	21
1.2.11 Índices de evaluación térmica	24
1.3 Medidas de prevención y control de estrés térmico	27
1.3.1 Control en la fuente	27
1.3.2 Control en el medio de transmisión	28
1.3.3 Control en el receptor	29
<b>2. PARTE EXPERIMENTAL</b>	<b>32</b>
2.1 Identificación de los factores de riesgo térmico al que están expuestos los trabajadores de la planta de utilidades de la refinería de Esmeraldas	32
2.1.1 Elaboración de un chek list a los trabajadores de la planta de utilidades en base al factor estrés térmico	32
2.1.2 Identificación de los factores de riesgo físico en planta de utilidades al elaborar una matriz de riesgos	32
2.2 Evaluación de la exposición a estrés térmico en los trabajadores de la planta de utilidades de la refinería de Esmeraldas	35
2.2.1 Evaluación de índice wbgt en la actividad de adición de químicos en las calderas, limpieza y purga de quemadores, mantenimiento de turbos generadores	37
2.2.2 Evaluación de la densidad urinaria en los trabajadores de la planta de utilidades	38
2.2.3 Materiales utilizados en la evaluación	38

2.2.4 Test y equipos utilizados en la evaluación	39
2.3 Determinación de las medidas de prevención y control para disminuir el estrés térmico en los trabajadores de la planta de utilidades de la refinería de Esmeraldas	39
2.3.1 Adecuación de una cabina de aclimatación	40
2.3.2 Tabulación de un regimen trabajo-descanso	40
2.3.3 Aclimatación controlada en la cabina	41
2.3.4 Determinación de puntos para hidratación	41
2.3.5 Determinación del grado de deshidratación	41
2.3.6 Capacitación	41
2.4 Implementación de algunas medidas de prevención y control en la planta de utilidades	42
2.4.1 Implementación de medidas de prevención en la fuente	42
2.4.2 Implementación de una cabina de aclimatación	43
2.4.3 Implementación de puntos de hidratación	43
2.4.4 Implementación de medidas en la densidad de la orina para verificar grados de deshidratación	43
2.4.5 Implementación de régimen trabajo-descanso	44
2.4.6 Implementación de un programa de capacitación	44
2.5 Evaluar la eficacia de la implementación de las medidas de prevención y control en la planta de utilidades de la refinería de Esmeraldas	44
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>46</b>
3.1 Identificación de factores de riesgos físicos en la planta de utilidades de la refinería de Esmeraldas	46
3.1.1 Elaboración de un chek list a los trabajadores de la planta de utilidades en base al factor estrés térmico	46
3.1.2 Identificación de la prevalencia de los factores físicos en la planta de utilidades de la refinería de Esmeraldas	47
3.1.3 Identificación y elaboración de la matriz de riesgo físico para el área agua de enfriamiento	49
3.1.4 Identificación y elaboración de la matriz de riesgos físicos para el área de vapor para equipos y turbinas	55
3.1.5 Identificación y elaboración de la matriz de riesgos físicos para el área de aire tratado para el sistema de control	64
3.1.6 Identificación y elaboración de la matriz de riesgo físico para el área de la desmineralizadora	69
3.2 Evaluación de la exposición a estrés térmico en los trabajadores de la planta de utilidades de la refinería de esmeraldas y comparar con la norma NTP-322 y la norma ISO-7243	76
3.2.1 Evaluación del indice WBGT al puesto de trabajo en la actividad monitoreo de equipo rotativo	81



3.2.2 Evaluación del índice WBGT al puesto de trabajo en la actividad toma de presión, niveles y temperatura en calderas y turbo generadores	83
3.2.3 Evaluación del índice WBGT al puesto de trabajo en la actividad cambio de bayoneta durante operativo en las calderas	85
3.2.4 Evaluación del índice WBGT al puesto de trabajo en la actividad adición de químicos en las calderas	88
3.2.5 Evaluación del índice WBGT al puesto de trabajo en la actividad barrido y limpieza de quemadores	90
3.2.6 Evaluación del índice WBGT al puesto de trabajo en la actividad cierre, purga y limpieza de turbo generadores	91
3.3 Determinación de las medidas de prevención y control para disminuir el estrés térmico en los trabajadores de la planta de utilidades de la refinería de Esmeraldas	94
3.3.1 Determinación de acondicionamientos en la fuente	94
3.3.2 Determinación de adecuación de una cabina de aclimatación	95
3.3.3 Determinación de tabular un régimen trabajo-descanso	95
3.3.4 Determinación de una aclimatación controlada en la cabina	95
3.3.5 Determinación de puntos para hidratación	95
3.3.6 Determinación del grado de deshidratación	96
3.3.7 Determinación de las capacitaciones	96
3.4 Implementación de las medidas de prevención y control para disminuir el estrés térmico en los trabajadores de la planta de utilidades de la refinería de Esmeraldas	97
3.4.1 Implementación de medidas de prevención y control en la fuente, medio de transmisión y en el receptor	97
3.4.2 Implementación de una cabina de aclimatación	99
3.4.3 Implementación del régimen trabajo-descanso	100
3.4.4 Implementación de los puntos de hidratación	103
3.4.5 Implementación de control de grados de deshidratación	105
3.5 Evaluación de la eficacia al implementar medidas de prevención y control en la planta de utilidades de la refinería de Esmeraldas	106
3.5.1 Evaluación del índice WBGT en las actividades con alto grado de estrés	106
3.5.2 Evaluación de la eficacia de la hidratación mediante medidas de densidades urinarias actualizadas	107
3.5.3 Evaluación de la capacitación	108
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	109
Conclusiones	109
Recomendaciones	111
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	112
<b>ANEXOS</b>	117

## ÍNDICE DE TABLAS

		PÁGINA
<b>Tabla 2.1</b>	Tipo de trabajo de acuerdo a la norma ISO-7243	36
<b>Tabla 2.2</b>	Posición y movimiento del cuerpo de acuerdo a la norma ISO 7243	36
<b>Tabla 3.1</b>	Resultados del check list con relación a Estrés Térmico realizado a trabajadores de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas	46
<b>Tabla 3.2</b>	Factores físicos no detectados en el área de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas y su valoración según la tabla de triple criterio	47
<b>Tabla 3.3</b>	Factores físicos detectados en algún área de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas y su valoración según la tabla de triple criterio	48
<b>Tabla 3.4</b>	Factores físicos detectados en todas las áreas de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas y su valoración según la tabla de triple criterio	48
<b>Tabla 3.5</b>	Factores de riesgos físicos que se hallaron en la actividad limpieza de los filtros de aire en la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas y la valoración de la estimación del riesgo	49
<b>Tabla 3.6</b>	Factores de riesgos físicos que se hallaron en la actividad limpieza de los filtros de arena en la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas y la estimación de los mismos	50
<b>Tabla 3.7</b>	Factores de riesgos físicos que se hallaron en la actividad limpieza de los filtros de carbón activado en la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas y la estimación de los mismos	51
<b>Tabla 3.8</b>	Factores de riesgo físico que se hallaron durante la toma de temperatura en la torre de las calderas de la Planta de Utilidades y la estimación del riesgo	52
<b>Tabla 3.9</b>	Factores de riesgo físico que se hallaron durante la adicción de químicos en la torre de las calderas de la Planta de Utilidades	52
<b>Tabla 3.10</b>	Factores de riesgo físico que se hallaron durante el lavado de mallas en los intercambiadores y enfriadores en la Planta de Utilidades y su estimación	53
<b>Tabla 3.11</b>	Factores de riesgo físico que se hallaron durante el monitoreo de equipos rotativos y estáticos en la Planta de Utilidades y la estimación	55

<b>Tabla 3.12</b>	Factores de riesgo físico que se hallaron durante el control de variables de operación en la Planta de Utilidades y la estimación	56
<b>Tabla 3.13</b>	Factores de riesgo físico que se hallaron durante la adición de químicos en las calderas de la Planta de Utilidades y la estimación	57
<b>Tabla 3.14</b>	Factores de riesgo físico que se hallaron durante el cambio de bayoneta en las calderas de la Planta de Utilidades y la estimación	58
<b>Tabla 3.15</b>	Factores de riesgo físico que se hallaron durante el barrido y limpieza de los quemadores en las calderas de la Planta de Utilidades y la estimación	59
<b>Tabla 3.16</b>	Factores de riesgo físico que se hallaron durante la purga en las calderas de la Planta de Utilidades y la estimación	59
<b>Tabla 3.17</b>	Factores de riesgo físico que se hallaron durante el acompañamiento a mantenimiento de equipos de turbos y calderas de la Planta de Utilidades y la estimación	60
<b>Tabla 3.18</b>	Factores de riesgo físico que se hallaron durante la liberación de equipos de la Planta de Utilidades y la estimación	61
<b>Tabla 3.19</b>	Factores de riesgo físico que se hallaron durante la toma de datos de equipos de turbo generadores de la Planta de Utilidades, la estimación	62
<b>Tabla 3.20</b>	Factores de riesgo físico que se hallaron durante el mantenimiento de turbos generadores de la Planta de Utilidades y la estimación	62
<b>Tabla 3.21</b>	Factores de riesgo físico que se hallaron al poner en servicio los turbo generadores de la Planta de Utilidades y la estimación	63
<b>Tabla 3.22</b>	Factores de riesgo físico que se hallaron durante el control de variables de operación como: presión, niveles, vibraciones y temperatura, en el sistema de aire tratado de la Planta de Utilidades y la estimación	65
<b>Tabla 3.23</b>	Factores de riesgo físico que se hallaron durante el enfriamiento de compresores de la Planta de Utilidades y la estimación	66
<b>Tabla 3.24</b>	Factores de riesgo físico que se hallaron durante la alineación en compresores del sistema de enfriamiento de la Planta de Utilidades y la estimación	66
<b>Tabla 3.25</b>	Factores de riesgo físico que se hallaron durante el drenaje aftercooler del sistema de aire tratado de la Planta de Utilidades y la estimación	67

<b>Tabla 3.26</b>	Factores de riesgo físico que se hallaron durante el drenaje de aire de los cabezales de la Planta de Utilidades y su estimación	68
<b>Tabla 3.27</b>	Factores de riesgo físico que se hallaron durante la recepción y el drenaje de tanques de la Planta de Utilidades y su estimación	68
<b>Tabla 3.28</b>	Factores de riesgo físico que se hallaron durante la toma de datos en la desmineralizadora de la Planta de Utilidades y su estimación	70
<b>Tabla 3.29</b>	Factores de riesgo físico que se hallaron durante el análisis con reactivos en la desmineralizadora de la Planta de Utilidades y su estimación	71
<b>Tabla 3.30</b>	Factores de riesgo físico que se hallaron durante el monitoreo de presión en la desmineralizadora de la Planta de Utilidades y su estimación	71
<b>Tabla 3.31</b>	Factores de riesgo físico que se hallaron durante la regeneración en la desmineralizadora de la Planta de Utilidades y su estimación	72
<b>Tabla 3.32</b>	Estimación del riesgo físico por áreas que arrojó la identificación de los mismos en la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas	73
<b>Tabla 3.33</b>	Estimación de riesgo físico en el área de vapor para equipos y turbinas producto de la identificación por zonas de los mismos en la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas	75
<b>Tabla 3.34</b>	Especificación del metabolismo calórico del área vapor para equipos y turbinas de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas y el comparativo del índice WBGT medido en cada una de las zonas con el WBGT límite resultante según la norma ISO-7243	77
<b>Tabla 3.35</b>	Especificación y características del equipo que se utilizó para la medición del índice WBGT en la Planta de Utilidades	80
<b>Tabla 3.36</b>	Régimen trabajo-descanso (ft) en las actividades de mantenimiento de turbo generadores, barrido de quemadores y adición de químicos en las calderas en trabajadores de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas	100
<b>Tabla 3.37</b>	Formula magistral para la hidratación del operador de la Planta de Utilidades para compensar las pérdidas de electrolitos y carbohidratos al realizar sus actividades laborales	104
<b>Tabla 3.38</b>	Evaluación de índice WBGT en actividades con estrés térmico en la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas	106

<b>Tabla AI.1</b>	Check list realizado a trabajadores de la planta de Utilidades de Refinería de Esmeraldas para evaluar el conocimiento del riesgo estrés térmico	118
<b>Tabla AII.1</b>	Matriz de identificación y estimación de riesgos físicos en el área de agua de enfriamiento de la Planta de Utilidades de la Refinería Esmeraldas	119
<b>Tabla AII.2</b>	Identificación y estimación de factores de riesgos físicos en área de vapor para equipos y turbinas de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas	120
<b>Tabla AII.3</b>	Identificación y estimación de factores de riesgos físicos en área de aire tratado para sistema de control en la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas	121
<b>Tabla AII.4</b>	Identificación y estimación de factores de riesgos físicos en área de la desmineralizadora en la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas	122
<b>Tabla AIII.1</b>	Medidas de temperatura de globo, húmeda y seca a trabajadores del área vapor para equipos y turbinas en la actividad monitoreo de equipo rotativo	123
<b>Tabla AIII.2</b>	Índice WBGT obtenido en los 8 periodos de tiempo en la actividad monitoreo de equipo rotativo y obtención del nivel de riesgo	123
<b>Tabla AIII.3</b>	Especificidad en la calidad de las medidas del WBGT en la actividad monitoreo del equipo rotativo mediante la cuantificación de la desviación estándar y la capacidad del proceso	124
<b>Tabla AIII.4</b>	Consumo metabólico y carga de trabajo de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas, evaluada en kcal/h en la actividad monitoreo equipo rotativo	124
<b>Tabla AIII.5</b>	Especificidad de calidad del tiempo empleado en el procedimiento de monitorear el equipo rotativo en calderas y turbo generadores	125
<b>Tabla AIII.6</b>	Índice WBGT medido tomadas en calderas y turbo generadores en la actividad monitoreo de equipo rotativo en la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas	125
<b>Tabla AIV.1</b>	Medidas de temperatura de globo, húmeda y seca en la actividad de toma de presión, temperatura y niveles en las calderas y turbo generadores	126

<b>Tabla AIV.2</b> Índice WBGT obtenido en los 8 periodos de tiempo en la actividad de toma de presión, temperatura y niveles en calderas, turbo generadores y nivel de riesgo	126
<b>Tabla AIV.3</b> Calidad de las medidas del WBGT en la actividad toma de temperatura, presión y niveles mediante la cuantificación de la desviación estándar y la capacidad del proceso	127
<b>Tabla AIV.4</b> Consumo metabólico en la actividad de toma de niveles, presión, temperaturas en calderas y turbo generadores de la Planta de Utilidades	127
<b>Tabla AIV.5</b> Especificación de la calidad del tiempo en las actividades, al cuantificar la desviación estándar y la capacidad del proceso en la actividad de toma de presión, nivel y temperatura en la Planta de Utilidades	128
<b>Tabla AIV.6</b> Índice WBGT medido promedio en las calderas y turbo generadores al que está expuesto el trabajador de la Planta de Utilidades al tomar datos de presión, temperaturas y niveles	128
<b>Tabla AV.1</b> Medidas de temperatura de globo, húmeda y seca en la actividad cambio de bayoneta en las calderas de la Planta de Utilidades	129
<b>Tabla AV.2</b> Índice WBGT obtenido en los 8 periodos de tiempo en la actividad de cambio de bayoneta en calderas de la Planta de Utilidades y nivel de riesgo	129
<b>Tabla AV.3</b> Especificación de la calidad de las medidas tomadas de índice WBGT en la actividad cambio de bayoneta de la Planta de Utilidades al cuantificar la desviación estándar y la capacidad del proceso	130
<b>Tabla AV.4</b> Consumo metabólico y tipo de carga de trabajo en los operarios al cambiar la bayoneta en las calderas de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas	130
<b>Tabla AV.5</b> Especificidad de calidad del tiempo empleado al realizar las medidas de índice WBGT al realizar el cambio de bayoneta	131
<b>Tabla AV. 6</b> Índice WBGT medido promedio en el cambio de bayoneta al que está expuesto el trabajador de la Planta de Utilidades	131
<b>Tabla AVI.1</b> Valores de temperaturas de globo, húmeda y seca del operador de calderas durante la actividad adición de químicos	132
<b>Tabla AVI.2</b> Índice WBGT obtenido en los 8 periodos de tiempo en la actividad adición de químicos en las calderas y obtención del nivel de riesgo	132

<b>Tabla AVI.3</b>	Especificación de la calidad de las medidas tomadas de índice WBGT en la actividad adición de químicos en las calderas de la Planta de Utilidades al cuantificar la desviación estándar y la capacidad del proceso	133
<b>Tabla AVI.4</b>	Consumo metabólico y tipo de carga de trabajo en los trabajadores de la Planta de Utilidades durante la adición de químicos en las calderas	133
<b>Tabla AVI.5</b>	Eficiencia en emplear el tiempo de ejecución en la actividad de adicionar químicos a las calderas mediante la identificación de la desviación estándar y la capacidad del proceso	134
<b>Tabla AVI.6</b>	Índice WBGT medido promedio de las calderas al que está expuesto trabajador de la Planta de Utilidades al adicionar químicos	134
<b>Tabla AVII.1</b>	Valores térmicos de globo, húmedos y secos de trabajadores de la Planta de Utilidades de la actividad barrido y limpieza de los quemadores	135
<b>Tabla AVII.2</b>	Índices WBGT de trabajadores de la Planta de Utilidades en la actividad barrido y limpieza de quemadores y su nivel de riesgo	135
<b>Tabla AVII.3</b>	Especificidad en la calidad de las medidas del WBGT en la actividad barrido y limpieza de quemadores mediante la cuantificación de la desviación estándar y la capacidad del proceso	136
<b>Tabla AVII.4</b>	Consumo metabólico y tipo de carga de trabajo en operadores de la Planta de Utilidades en la actividad barrido y limpieza de los quemadores	136
<b>Tabla AVII.5</b>	Especificidad de calidad del tiempo empleado en el procedimiento del barrido y limpieza de los quemadores en las calderas	137
<b>Tabla AVII.6</b>	Índice WBGT medido durante el barrido, purga y limpieza de quemadores en las calderas en la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas	137
<b>Tabla AVIII.1</b>	Temperaturas húmedas, globo y seca en los trabajadores de la Planta de Utilidades que laboran en los turbo generadores	138
<b>Tabla AVIII.2</b>	Valores de índice WBGT en los trabajadores de la Planta de Utilidades que realizan el cierre, purga y limpieza de turbo generadores y cuantificación del nivel de riesgo	138

<b>Tabla AVIII.3</b> Especificación de la calidad de las medidas de índice WBGT en la actividad cierre, purga y limpieza de los turbo generadores de la Planta de Utilidades al cuantificar la desviación estándar y la capacidad del proceso	139
<b>Tabla AVIII.4</b> Consumo metabólico y tipo de carga de trabajo que presentó el operador de cierre, purga y limpieza de los turbo generadores de la Planta de Utilidades	139
<b>Tabla AVIII.5</b> Especificidad de calidad del tiempo empleado en el procedimiento de cierre, purga y limpieza de turbo generadores de la Planta de Utilidades	140
<b>Tabla AVIII.6</b> Índice WBGT medido tomado durante el mantenimiento de los turbo generadores en la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas	140
<b>Tabla AIX.1</b> Régimen trabajo-descanso en la actividad del cierre, purga y limpieza de los turbo generadores en la Planta de Utilidades	141
<b>Tabla AIX.2</b> Régimen trabajo-descanso en la actividad del cierre purga y limpieza de los turbo generadores en la Planta de Utilidades	142
<b>Tabla AIX.3</b> Régimen trabajo-descanso en la actividad de adición de químicos en las calderas de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas	143
<b>Tabla AIX.4</b> Régimen trabajo-descanso en la actividad de adición de químicos en las calderas de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas	144
<b>Tabla AIX.5</b> Régimen trabajo-descanso en la actividad de barrido, purga y limpieza de los quemadores de calderas de la Planta de Utilidades	145
<b>Tabla AIX.6</b> Régimen trabajo-descanso en la actividad de barrido, purga y limpieza de los quemadores de calderas de la Planta de Utilidades	146
<b>Tabla AIX.7</b> Cuantificación de trabajo-descanso en las áreas de mayor riesgo de estrés térmico en el área vapor para equipos y turbinas de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas	147
<b>Tabla AX. 1</b> Densidad urinaria en la muestra de 12 trabajadores de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas y su promedio	148
<b>Tabla AX. 2</b> Eficacia de la implementación de las medidas de régimen trabajo-descanso e hidratación en los trabajadores de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas	148
<b>Tabla AX. 3</b> Eficacia de las medidas correctivas tomadas en prevención y control de las zonas de calderas y turbo generadores, mediante la cuantificación del índice WBGT	149



**Tabla AX. 4** Eficacia de medidas implementadas en las actividades de adición de químicos; barrido, purga en quemadores y mantenimiento de turbo al evaluar el consumo metabólico en los trabajadores de la Planta de Utilidades

150

## ÍNDICE DE FIGURAS

		PÁGINA
<b>Figura 2.1</b>	Valoración para la estimación del riesgo	34
<b>Figura 2.2</b>	Factores de riesgos físicos	34
<b>Figura 3.1</b>	Especificidad de calidad de las medidas de índice WBGT en las zonas del área vapor para equipos y turbinas, al obtener la capacidad del proceso y la desviación estándar	78
<b>Figura 3.2</b>	Especificidad de calidad del tiempo utilizado durante la ejecución	79
<b>Figura 3.3</b>	Equipo Microtherm Heat Stress, marca Casella, que se utilizó para la medición del índice WBGT	80
<b>Figura 3.4</b>	Medición de estrés térmico en el puesto de trabajo de cambio de bayoneta en la calderas de la Planta de Utilidades	86
<b>Figura 3.5</b>	Medición de estrés térmico en el puesto de trabajo de purga y cierre de los turbos generadores de la Planta de Utilidades	92
<b>Figura 3.6</b>	Medidas ingenieriles en las calderas y turbos generadores de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas	98
<b>Figura 3.7</b>	Cabina térmica para los trabajadores de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas, para cumplir el régimen trabajo-descanso	99
<b>Figura 3.8</b>	Implementación de los surtidores de agua en campo para los trabajadores de la Planta de Utilidades, para la hidratación	103

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>PÁGINA</b>
<b>ANEXO I</b> Check list realizado a trabajadores de la Planta de Utilidades de Refinería de Esmeraldas para evaluar el conocimiento del riesgo estrés térmico	118
<b>ANEXO II</b> Identificación de factores de riesgo físico en la planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas	119
<b>ANEXO III</b> Evaluación del índice WBGT en el área de monitoreo de equipo rotativo	123
<b>ANEXO IV</b> Evaluación del índice WBGT en el área de toma de presión, temperatura y niveles en calderas y turbo generadores	126
<b>ANEXO V</b> Evaluación del índice WBGT en el cambio de bayoneta en las calderas	129
<b>ANEXO VI</b> Evaluación del índice WBGT en la actividad adición de químicos en calderas	132
<b>ANEXO VII</b> Evaluación del índice WBGT en la actividad de barrido y limpieza de los quemadores	135
<b>ANEXO VIII</b> Evaluación del índice WBGT en limpieza de turbo generadores	138
<b>ANEXO IX</b> Régimen trabajo-descanso en actividades de la planta de utilidades de la Refinería de Esmeraldas	141
<b>ANEXO X</b> Evaluación de la eficacia al implementar las medidas correctivas a los trabajadores de la Refinería de Esmeraldas	148
<b>ANEXO XI</b> Test de evaluación a los trabajadores de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas sobre el conocimiento del riesgo estrés térmico	151

## RESUMEN

El objetivo principal del trabajo realizado fue el de identificar, evaluar, proponer, implementar y verificar medidas de prevención y control del factor de riesgo estrés térmico en la planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas.

La identificación fue basada en la matriz de riesgo del Ministerio de Relaciones Laborales y Empleo del Ecuador, donde se determinó el área de la planta, zona y actividades con alto índice de estrés térmico, basado en la probabilidad de ocurrencia: baja, media o alta; gravedad del daño: ligeramente dañino, dañino o extremadamente dañino y la vulnerabilidad: mediana gestión, incipiente gestión o ninguna gestión.

En la evaluación mediante la medida de índice WBGT, se estableció que el área de vapor para equipos y turbinas en la planta de utilidades y las zonas adición de químicos con promedio WBGT de 38,88 °C, purga y barrido de quemadores de 35,88 y mantenimiento de turbos de 41,88 °C, supera el valor límite del WBGT (Wet Bulb Globes Temperatures), de la ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists), que es de 33 °C.

Se intervino primordialmente en la fuente, con la repotenciación de equipos. En el medio de transmisión se adecuó una cabina de aclimatación, se dotó de surtidores de agua en el campo para la hidratación. En el receptor, se capacitó al trabajador referente al factor de riesgo estrés térmico y luego se estableció un régimen trabajo-descanso para bajar la carga térmica durante su labor. Debido a las medidas de intervención en la fuente, en el medio de transmisión y receptor de la planta de Utilidades, los índices WBGT disminuyeron, pero en ciertas áreas continúan altos, como en la actividad de adición de químicos el WBGT es de 37,83 °C, en los quemadores de 33,80 °C y mantenimiento de turbos de 40 °C, lo que implica que en el futuro habrá que intervenir más en la fuente. La densidad urinaria tenía un resultado elevado en prueba de laboratorio de 1 025,92 g/L, luego de la hidratación controlada se evaluó su eficacia con un promedio de 1 017,9 g/L, valor tabulado como normal.

## INTRODUCCIÓN

En el mundo moderno a pesar de que cada vez es más eficaz el control de los factores de riesgos en los lugares de trabajo con el objeto de minimizar los efectos dañinos provocados por el calor, en diferentes actividades, este sigue siendo el menos intervenido provocándose sobrecargas térmicas que afectan la salud de los trabajadores y son causales de complicaciones como: lipotimias, síncope, shock hipovolémicos, coma e incluso la muerte.

El factor de riesgo estrés térmico, para un trabajador expuesto a un ambiente caluroso, depende principalmente del mecanismo de regulación fisiológica de su organismo influenciado por diversos factores como: ambientes cerrados o abiertos, ventilación externa, horario de trabajo, carga de trabajo, ropa de trabajo y las medidas de prevención y control que existan para determinada actividad.

Las medidas de control que se apliquen contribuirán para que el impacto térmico se minimice, siendo las más idóneas las aplicadas en la fuente. Los controles en el medio de transmisión y en el receptor, son los más comunes de aplicar por su factibilidad en tiempo como en recursos y por la conveniencia de continuidad en la operatividad de la planta, en este caso la planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas.

Lo propuesto en este trabajo tuvo como objetivo identificar las medidas de prevención de estrés térmico en la fuente para implantarlas en forma programada. Además de intervenir en medidas en el medio transmisor y en el receptor de tal manera que logre minimizarse los peligros y pueda el trabajador equilibrar su metabolismo térmico para evitar futuras enfermedades profesionales.

Para lograr este propósito se realizó una investigación científica documental, una identificación de los riesgos del área en estudio, una evaluación medible de estrés térmico, implantación de medidas correctivas y por último una evaluación de la eficacia de las medidas implementadas. Los resultados servirán como referencia para consulta de los sectores involucrados.

# **1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

## **1.1 ESTRÉS TÉRMICO: DEFINICIÓN, MARCO LEGAL, NORMAS ISO**

### **1.1.1 DEFINICIÓN DE ESTRÉS TÉRMICO**

En el ambiente laboral, cuando un trabajador se expone a lugares calurosos, el riesgo térmico que presenta depende de la producción de calor de su cuerpo producto de su actividad y las condiciones del ambiente que le rodea. La carga neta de calor a la que los trabajadores están expuestos y que resulta del sinergismo combinado de las condiciones ambientales donde los trabajadores laboran, la actividad física que ejecutan y del tipo de vestimenta que llevan.

Existe situaciones como el aumento de la temperatura corporal y se conoce este fenómeno como estrés térmico por calor y otro caso es que la temperatura corporal disminuye y se la conoce como estrés térmico por frío. En ambos casos son situaciones importantes que pueden afectar gravemente la salud, algunos son tan graves que incluso pueden llegar a ser mortales, como por ejemplo el subir la temperatura puede ocasionar el golpe de calor y por el contrario al disminuir la temperatura puede ocurrir una hipotermia (Monroy y Mendaza, 2010, p. 1).

Al laborar en condiciones o lugares de trabajo calurosos el organismo presenta ciertos cambios fisiológicos como son la sudoración y vasodilatación periférica para compensar el exceso de calor en su cuerpo. Si mediante estos mecanismos la temperatura del cuerpo supera los 38 °C, se producen daños en la salud, órganos blancos (riñón, hígado, bazo, cerebro) cuya magnitud dependerá de la cantidad de calor acumulada (Armendáriz, 1995, p. 2).

## **1.1.2 MARCO LEGAL**

### **1.1.2.1 Ley Ecuatoriana**

El Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo. Decreto Ejecutivo No. 2393 Registro Oficial No. 249, febrero 3/98. Art. 54. Calor; literal e) (Reformado por el art. 29 del D.E. No. 4217, R.O. 997, 10-VIII-88); dice: En aquellos ambientes de trabajo donde por sus instalaciones o procesos se origine calor, se procurará evitar el superar los valores máximos establecidos, con el propósito de regular las actividades laborales, tomando en consideración el índice WBGT y la carga de trabajo (Ministerio de Relaciones Laborales, 2010, p. 9).

### **1.1.2.2 Leyes Extranjeras**

- NTP 322. Valoración del riesgo estrés térmico. Índice WBGT

Al estar expuesto una persona a un ambiente caluroso, el riesgo del factor estrés térmico depende de la producción de calor de su organismo como resultado de su actividad física y de las características del ambiente que le rodea, que condiciona el intercambio de calor entre el ambiente y su cuerpo (Luna, 1990, p. 1).

- NTP 501. Ambiente térmico. Discomfort térmico local.

Se debe tratar de conseguir en lo posible, que las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no deben constituir una fuente de incomodidad o de molestia para los trabajadores (Hernández, 1998, p. 1).

- Real Decreto 486/1997

Se basa en que las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no debe suponer un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores. A tal efecto,

deberán evitarse las temperaturas y las humedades extremas, los cambios bruscos de temperatura, las corrientes de aire molestas, los olores desagradables, la irradiación excesiva y, en particular, la radiación solar a través de ventanas, luces o tabiques acristalados (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del trabajo, 1997, p. 12).

- NTP-779. Bienestar Térmico:

Criterios de diseño para ambientes térmicos confortables. La valoración del ambiente térmico se basa en la respuesta del trabajador frente a variables de las cuales cuatro son ambientales y dos ligadas al individuo, y son las siguientes: la temperatura del aire, la temperatura radiante media, la humedad relativa, la velocidad del aire, la actividad metabólica y el aislamiento del vestido (Hernández, 2007, p. 3).

### **1.1.3 NORMAS ISO RELACIONADAS CON EL FACTOR DE RIESGO ESTRÉS TÉRMICO**

La especialidad de higiene industrial, laboral, ocupacional o del trabajo y la ergonomía son aquellas que preparan a especialistas para poder identificar y medir factores de riesgos en los lugares de trabajo. Para asegurar un buen ambiente laboral, seguro y estable, se desarrollan programas de salud ocupacional, compuesto de una serie de planes y exámenes que giran en torno a los empleados. Una empresa que no cuente con los servicios médicos básicos y no preste en sus instalaciones sitios de trabajo suficientemente ergonómicos, pone en riesgo la salud de sus trabajadores. Entre ellos se encuentran los ambientes térmicos calurosos, los mismos que se miden al utilizar índices para estimar el estrés térmico al que se someten los trabajadores e indican cuando un ambiente térmico caluroso se transforma en intolerable (Suárez, 2004, p. 2).

La norma ISO 7243:1989: se refiere al Índice de estrés térmico del trabajador basado en el WBGT, evalúa en forma rápida y simplificada la exposición a un



ambiente caluroso de un trabajador relacionándola con la actividad que el realiza. No es aplicable cuando la exposición al calor es demasiado corto y si la exposición no es próxima al ambiente caluroso (Martínez, 2013, p. 1).

En la Norma ISO 7933:1989, existe un método que se basa en la actividad que realiza el trabajador y cuantifica dos criterios de estrés como la tasa de sudoración máxima y la mojadura de la piel con relación a dos criterios de sobrecarga calórica que son la temperatura rectal y la pérdida de agua máxima (Parsons, 2013, p. 4).

## **1.2 ÁREAS DE RIESGO TÉRMICO EN LA REFINERÍA DE ESMERALDAS**

### **1.2.1 PLANTA DE UTILIDADES DE LA REFINERÍA DE ESMERALDAS**

La Refinería de Esmeraldas comenzó su operatividad el 4 de mayo de 1977, se encuentra ubicada en la parroquia Simón Plata Torres, en el km 7½ de la Vía a Atacames. Su diseño estuvo a cargo de la empresa norteamericana UOP Universal Oil Products y construida por la empresa internacional japonesa Sumitomo-Chiyoda. A sus inicios procesó 55 000 barriles diarios de petróleo, en la actualidad se procesa cerca de 110 000 barriles diarios, producto de la ampliación realizada en los años 90 y de modificaciones en su diseño.

Las unidades de utilidades son:

- a) Clarificador
- b) Torres de enfriamiento
- c) Calderas
- d) Turbos generadores
- e) Desmineralizadoras
- f) Compresores

- **Clarificador**

Es de forma circular, con alimentación de tipo central, la solución clarificada rebosa por una superficie periférica. El fondo del clarificador tiene una pendiente mínima. Posee en el fondo un sistema de rasquetas compuestas de paletas que su movimiento impide que se deposite lodo en el fondo del estante. Su entrada tiene una distribución uniforme de flujo tanto en el ancho del recipiente como también en su profundidad. La posibilidad de un cortocircuito en el flujo del líquido que produzca un mal funcionamiento del clarificador dependerá de un buen diseño tanto de la entrada como la salida de la solución clarificada (Jiménez, De Lora y Sette, 2003, p. 146).

- **Torres de enfriamiento**

En las refinerías se elimina primero el calor absorbido al circular el agua de las torres por intercambiadores de calor, de esta manera se reutiliza las aguas de enfriamiento. Para ello la circulación se realiza en forma de cascada a través de un sistema de rejillas que se encuentran en las torres de enfriamiento. En la actualidad las refinerías nuevas utilizan refrigeración por aire, de esta manera no utilizan mucho el reciclaje de agua (Parker, 1983, p. 412).

- **Calderas**

Aquellas que trabajan o se alimentan con agua se denominan calderas de vapor. La elevación de temperatura de la caldera produce un desfase, al salir el agua en forma de vapor con determinada temperatura y presión. La caldera tiene los siguientes componentes:

- a) Cámara de combustión, espacio donde tiene lugar la combustión del combustible. De como se constituye su forma y tamaño será la potencia de la caldera.

- b) El intercambiador, es el elemento principal de la caldera. En su interior hay un sistema de túbulos por donde pasan los productos de combustión para calentar el agua.
- c) El envolvente, que aísla térmicamente a la caldera para evitar que pierda calor (Gaffert, 1981, p. 211).

- **Turbo generador**

Tiene como componentes de sus partes móviles la turbina y el generador. Para su funcionalidad requiere de varios elementos auxiliares como: cojinetes radiales para sostener el eje, cojinetes axiales o de empuje para mantener la posición axial del eje, un sistema de lubricación de los ejes, un sistema de obturación que impide que el vapor salga de la turbina y permita que el aire entre en ella, válvulas para controlar la velocidad de rotación, válvulas para la admisión y extracción de vapor de las turbinas. Además el turbogenerador cuenta con un dispositivo especial para regulación, un sistema para el abastecimiento de aceite, dispositivos de protección y vigilancia. También posee algunos accesorios complementarios que permiten el buen funcionamiento del mismo (Martínez, 2010, p. 28).

- **Desmineralizadora**

La desmineralizadora o intercambiador iónico es el que tiene la capacidad de entregar un agua sin que contenga residuos sólidos disueltos, el mismo que se regenera con ácido y con sosa. Entre sus procedimientos tiene la capacidad de eliminar las sales disueltas hasta el ciento por ciento, también puede disminuir o eliminar la conductividad del agua al utilizar una mezcla de resinas de intercambio de aniones y cationes. Ejecuta los siguientes procesos: previene la acumulación de sales, produce un balance químico en el agua que evita procesos corrosivos, oxida y remueve elementos corrosivos, además permite que no se reproduzca ningún agente microbiológico (Nevares, 2009, p. 43).

- **Compresor**

Su funcionamiento consiste en el ingreso de aire en una cámara que se encuentra entre los dos lóbulos y a medida que los rotores giran, el volumen de aire que existe en los mismos disminuye y al mismo tiempo se produce progresivamente la presión deseada. Existe de varios tipos: de pistón libre, tipo laberinto, de diafragma, rotativos, de aletas, de anillo líquido, de tornillo, dinámicos, eyectores, centrífugos, axiales, de aire, etc. (Arroyo, 2013, p. 8).

### **1.2.3 CONTAMINANTES QUÍMICOS EN LA PLANTA DE UTILIDADES DE LA REFINERÍA DE ESMERALDAS**

La operatividad de las plantas productoras de vapor en las refinerías, producen ciertos tipos de contaminantes al medio ambiente y su emisión diaria causa un impacto ambiental. La tecnificación, las medidas ingenieriles y el mantenimiento oportuno, provocará que este daño se minimice. En la vida moderna y en el mundo, específicamente en nuestro país no se ha utilizado otro combustible que reemplace al petróleo, el mismo es el que mueve la economía. El petróleo da funcionalidad a las grandes empresas, es el combustible del transporte terrestre, marítimo y fluvial, mantiene en operatividad a las grandes termoeléctricas.

En el Ecuador la producción petrolera tiene como antecedente dos fases. La primera fase data desde el año 1930 hasta el año 1960, en una era petrolera con la explotación en la península de Santa Elena. El petróleo extraído era de tipo liviano de 32 grados API, la empresa encargada de este proceso fue la Anglo internacional, los beneficios para el estado fueron irrisorios apenas el 1 % y el 99 % para la compañía

Anglo. La segunda fase data del año 1970 hasta el año 2001, el petróleo era extraído de la Región Amazónica, constituida de tribus autóctonas que tuvieron que ser desplazadas y en tierras de estos fue donde se construyó el oleoducto de

crudo pesado, con inversión de capital privado. La empresa privada estuvo regulada por contratos de participación, la utilidad en este caso para el estado fue del 12 % y el 88 % fue para las empresas privadas sin pagar impuesto alguno (Guerra, 2013, p. 12).

En las plantas que generan vapor de agua se les agrega energía calorífica, y existen cambios o modificaciones en su entalpía y su estado físico. En la medida que se produce este calentamiento, la temperatura del fluido aumenta y su densidad en cambio disminuye. Por lo tanto la rapidez de vaporización depende de la velocidad que se transmite el calor hacia el agua y del movimiento que este fluido tiene al estar confinado en un recipiente cerrado. El vapor formado si bien es cierto que se haya en estado gaseoso, no sigue las leyes que rigen a los gases perfectos. La temperatura a el agua y a la pureza de la misma (Gay y Doyis, 2006, p. 47).

El calor y la energía son elementos básicos en una refinería, que se producen por combustión de petróleo y gas. Los diferentes procesos que se producen en las refinerías, específicamente en la Planta de Utilidades necesitan de grandes volúmenes de vapor de agua a elevada presión, materias primas calentadas y para ello necesitan utilizar una amplia variedad de calentadores de diversos tipos y calderas. En las grandes refinerías se acostumbra quemar productos de menor valor para combustible, en el caso de las refinerías que producen gas industrial y doméstico cuando la producción excede lo destinado a la venta, se prefiere quemar este gas, el almacenarlo resultaría más costoso (Parker, 1983, p. 401).

Entre los contaminantes en las Refinerías están:

- a) Dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ )
- b) Dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ )
- c) Benzo-a-pireno ( $\text{C}_{20}\text{H}_{12}$ )
- d) Monóxido de carbono ( $\text{CO}$ )
- e) Pentóxido de vanadio ( $\text{V}_2\text{O}_5$ )

- **Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)**

Es un contaminante químico que se presenta en forma de gas, incoloro, de olor penetrante y no es inflamable. Se condensa a -10 °C y se solidifica a -75 °C. Es soluble en agua y en solventes orgánicos. El contenido de azufre (S) y sales cuando se disuelven en el agua mantienen un equilibrio dependiendo del pH del mismo, a medida que el pH baja, disminuye la cantidad de sulfitos y aumenta la cantidad de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), el mismo que contribuye a la acción antimicrobiana. Liberado al ambiente en grandes concentraciones es tóxico y causa daño al tracto respiratorio (Von der Becke, 1999, p. 1).

- **Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)**

Producto de la combustión a altas temperaturas, la presentación es en forma de gas y tiene una coloración marrón o amarillenta. En las Plantas Industriales como la de Utilidades se liberan grandes cantidades de dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y al unirse con el oxígeno (O<sub>2</sub>) forma este gas oxidante que causa gran contaminación al ambiente. Su toxicidad producto de exposiciones a baja concentración pero de periodos largos, provocan daños respiratorios. En el medio ambiente son causantes de lluvias ácidas, el mismo que al disolverse en el agua de la atmosfera se transforma en ácido (González, 2010, p. 1).

- **Benzo-a-pireno (C<sub>20</sub>H<sub>12</sub>)**

Este contaminante, se presenta de un color cristalino o de color amarillento. Bajo la luz ultravioleta toma un color fluorescente amarillo-verdoso, además tiene un olor aromático, se caracteriza por:

- a) Punto de fusión: 179 °C a 179,03 °C.
- b) Punto de ebullición: 310 °C en 10 mm Hg y 495 °C o 760 °C.

Es un compuesto muy soluble y su estabilidad puede neutralizarse con el uso de oxidantes fuertes. Además se puede descomponer con el efecto de la luz y en

contacto con el oxígeno. Tiene una conversión metabólica mediada por el citocromo P-450 que origina el 7,8-epóxido. Luego al sufrir una hidratación catalizada por una enzima epóxido hidrolasa, que origina el 7,8-diol, que luego de una nueva oxidación mediada por el citocromo P-450 resulta el compuesto diol-epóxido, el mismo que es altamente mutágeno. Las principales fuentes de formación del benzo-a-pireno son: procesos industriales, calefacción, el parque automotor, incineradores y plantas eléctricas (De la Cruz y Huamán, 2002, p. 33).

- **Monóxido de carbono (CO)**

Es un compuesto que se presenta en estado gaseoso y tiene característica de ser inflamable, incoloro e insípido. En combinación con el oxígeno atmosférico se transforma en dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), aunque es un contaminante no inflamable, en grandes concentraciones en el ambiente colabora con el calentamiento global. Como agente productor de este compuesto proviene de la combustión incompleta de gasolinas, gas, carbón, aceites, etc. Al reaccionar con la hemoglobina, reduce la capacidad de las células de la sangre de oxigenar órganos y tejidos, lo que podría producir hipoxia de órganos como el corazón y pulmones, capaz de provocar la muerte (Niñe, 2010, p. 1).

- **Pentóxido de vanadio (V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)**

El químico en referencia, se forma de múltiples procesos como depósitos de carbono, alquitrán y de la combustión de petróleo. Se caracteriza por el poder corrosivo y en los metales tiene facultades abrasivas. Entre los efectos adversos están las afectaciones del sistema respiratorio y ciertos cambios en las concentraciones de la sangre de albúmina y colesterol (Lara, 2013, p. 13).

## 1.2.2 EFECTOS DE LOS CONTAMINANTES

A raíz de la refinación del petróleo, se forma algunos derivados de hidrocarburos, combustibles y algunas materias primas químicas, se produce contaminación del ambiente y efectos dañinos de diversa índole. Los impactos ambientales producto de emanaciones de gases, descarga de químicos a los ríos, desechos sólidos, olores desagradables, ruido, etc., afectan la salud y alteran la flora y fauna. Se utilizan grandes cantidades de agua para el lavado de materiales desechables que se emplean en los procesos de refinación, en el enfriamiento y producción de vapor y en los procesos de reacción. Se considera catastrófico para el ecosistema, si ocurriera un derrame o descarga importante de desechos sólidos, materia prima contaminada o combustible, que afectará considerablemente al sistema marino o acuático.

En la emanación de gases y vapores afecta a los asentamientos de áreas aledañas a las refinerías, se deteriora la salud de la población cercana a la misma, además afecta el suelo, cultivos, materiales y ganado, debido a exposición continua y a largo plazo (Grimaldo, 2009, p. 9).

- **Efectos sobre la salud**

Entre los efectos más importantes que causan los contaminantes atmosféricos a corto plazo y que son causales de visitas médicas y hospitalizaciones mencionaremos las enfermedades cardiovasculares, respiratorias altas como: laringitis, faringitis, las de tipo pulmonar. Otras causantes de algún tipo de cáncer, las mismas que pueden ser: de las células de la sangre como leucemias, anemias aplásicas, tumor gástrico, tumor pulmonar, tumor cerebral y tumor faríngeo. Además los contaminantes atmosféricos causan procesos crónicos de alergias tipo rinitis y asma bronquial (Ballester, Tenías y Pérez, 1999, p. 1).



- **Efectos sobre la flora y la fauna**

Cuando la contaminación afecta la flora y fauna causa un desequilibrio en ellos que disminuye el número y formación. La misma se presenta como lluvia ácida que al caer en lagos y ríos, causa la muerte de peces, animales silvestres y vegetales. Toda esta pérdida causa la erosión de los suelos y con ello la infertilidad de la tierra. En la contaminación se produce daño del medio ambiente, daño del ecosistema donde habitan grupos de animales y plantas que se complementan entre sí, pérdida de los vegetales de diversas especies, debido a los químicos que se depositan en el suelo. La muerte de especies acuáticas y silvestres por las lluvias ácidas que se acumulan en ríos, lagos que sirven como alimento para unas especies y en otras para calmar la sed (Rangel, 2012, p. 1).

- **Efectos de la contaminación sobre los materiales**

La corrosión que causa la contaminación atmosférica producto de la emanación de gases y vapores químicos, las lluvias ácidas, producen considerables pérdidas económicas. La rotura o deterioro de algunos materiales obligan a utilizar protección como recubrimientos orgánicos, galvanizados o la necesidad de utilizar materiales más resistentes. Existen criterios de contaminación de materiales que están expuesto a la corrosión como: la morfología del material, la forma de ataque de la corrosión que causa daño uniforme y localizada; el medio de la corrosión, o agente que causa daño a los materiales y son de tipo ácido, básico o sales; acciones físicas debido a que la corrosión se presenta bajo tensión o fatiga; mecanismos de reacción, como la corrosión electroquímica (Espada y Sánchez, 1995, p. 3).

- **Efectos globales**

El aumento del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y otros contaminantes, las lluvias ácidas, grandes masas de agua con elevadas concentraciones de metales tóxicos han producido gran impacto en el ambiente y graves consecuencias ecológicas. Todos estos contaminantes provocan aumento de la temperatura en la atmósfera y

causan el efecto invernadero con cambios o modificaciones en el régimen de lluvias, que llevaría al cambio del suelo para el cultivo y aumento de tierras desérticas (Uribazo, Tito y Ochoa, 2006, p. 7).

#### **1.2.4 TERMORREGULACIÓN DEL CUERPO HUMANO**

Para mantener una adecuada temperatura corporal entre 36,6 °C y 38 °C, dentro de límites aceptables es necesario activar una serie de mecanismos que logren regular y mantener un equilibrio entre la cantidad de calor que se produce o termogénesis y la cantidad de calor que se elimina o termólisis.

Entre los mecanismos a través de los cuales se pierde calor están:

- a) Radiación
- b) Convección
- c) Conducción
- d) Evaporación

- **Radiación**

Es cuando se pierde la energía en forma electromagnética entre el propio cuerpo y el medio ambiente. Este sistema de transferencia de calor no requiere un medio de contacto, lo hace por intermedio de ondas y se transmite la energía por intermedio de vibraciones moleculares. Si un cuerpo está frente a una fuente de calor, la energía calórica se transmite por radiación infrarroja invisible que proviene de la fuente, la misma que es captada o absorbida por las moléculas de agua que existen en la piel (Wilson y Buffa, 2003, p. 393).

- **Convección**

Es la transferencia de calor en masa, la misma que puede transmitir energía calórica en forma natural o forzada. En este caso se pierde calor a través del

cuerpo hacia partículas que se hallan en el aire. Los sólidos, líquidos y gases no son buenos conductores de calor, el cuerpo humano no utiliza toda la energía que se obtiene de los alimentos, es decir se pierde una buena cantidad, para mantener la temperatura del cuerpo en su nivel normal, la energía calorífica generada por el organismo internamente se transfiere a la piel por medio de la circulación sanguínea y de aquí al exterior por el mecanismo de la vasodilatación (Wilson y Buffa, 2003, p. 391).

- **Conducción**

La pérdida de calor es debido al contacto directo de un cuerpo con otro. Los gases son malos conductores de calor porque poseen moléculas separadas, lo contrario de los líquidos y sólidos cuyas moléculas permanecen más unidas y pueden interactuar más fácil. Las moléculas de una parte de un cuerpo de alta temperatura vibran con mayor rapidez, las mismas que chocan con las moléculas de otro cuerpo de menor temperatura calórica y le transmiten energía calórica (Wilson y Buffa, 2003, p. 387).

- **Evaporación**

El calor se pierde a través de la sudoración de la piel y a nivel del sistema respiratorio en cada respiración. A pesar de que la evaporación es un proceso relativamente lento, se constituye en factor importante para que el cuerpo se sobrecaliente. Normalmente basta un poco de transpiración para mantener una adecuada pérdida de calor que mantenga cómodo al trabajador, pero cuando en aire está caliente, la diferencia de temperatura produce que la evaporación junto con los otros factores que contribuyen con la pérdida de calor como son la radiación, convección y conducción, disminuya o se pierda, por lo que se produce la sudoración más acentuada para poder perder calor (Wilson y Buffa, 2003, p. 387).

El control de la pérdida y ganancia de calor para regular la temperatura corporal se rige a nivel cerebral, concretamente en el hipotálamo (Pérez, Campuzano y Colina, 2009, p. 586).

### **1.2.5 MECANISMO FISIOLÓGICO DE LA TERMORREGULACIÓN**

El mecanismo fisiológico parte de la regulación de la temperatura corporal que está bajo el control de un centro termorregulador en el hipotálamo. Los termorreceptores sensitivos están localizados en la periferia de la piel y en el hipotálamo anterior. Estos sensores controlan la temperatura cutánea y la temperatura corporal a nivel del sistema nervioso central y envían ante la presencia de algún estímulo la información al centro termorregulador. El hipotálamo procesa las señales que llegan con el punto de regulación de la temperatura deseada y coordina una respuesta fisiológica apropiada para poder aumentar o disminuir la temperatura corporal. El golpe de calor se puede presentar cuando se realizan trabajos fatigosos, marchas por terrenos irregulares, viajes en transportes mal ventilados y excesivamente llenos, lo cual produce acumulación exagerada de calor en el cuerpo y se agrava cuando no se puede eliminar. Al subir la temperatura aumenta el metabolismo basal a consecuencia del efecto intrínseco del calor sobre la velocidad de las reacciones químicas del cuerpo. Además se debe considerar que hay un límite para la intensidad con la que el organismo puede perder calor, incluso al sudar al máximo y cuando el hipotálamo se calienta la capacidad termorreguladora disminuye, como también la capacidad de sudoración, encontrándose un círculo vicioso que logra que la temperatura siga en aumento, con la respectiva parálisis de los centros vasomotores, respiratorios y posteriormente la muerte (Unglaub, 2008, p. 741).

### **1.2.5 BALANCE TÉRMICO**

Es aquel estado en el que dos cuerpos igualan las temperaturas. Estos cuerpos cuando entran en contacto mecánico directo, o están separados por una

superficie que facilita la transferencia de calor llamada superficie diatérmica, se considera que están en contacto térmico. Después de un tiempo aunque los dos sistemas se hallan en contacto térmico, se manifiestan dispuestos de tal manera que no podrán mezclarse, inclusive al permanecer dentro de un mismo espacio es imposible que intercambien calor con algún otro cuerpo en el exterior. El balance térmico es un concepto que forma parte de la rama de la termodinámica, rama de la física que se ocupa de describir los estados de equilibrio térmico (Godoy, 2012, p. 7).

### **1.2.6 CONFORT TÉRMICO**

En lo referente al confort térmico, es la sensación neutra que manifiesta el trabajador en relación a un ambiente térmico. La norma ISO-7730 refiere que el confort térmico es una condición mental en la que se expresa una satisfacción en relación con el ambiente térmico. Al no sentir el trabajador un ambiente térmico confortable, repercutirá inevitablemente en el rendimiento laboral. Evaluar el confort térmico es una tarea compleja, el valorar sensaciones conlleva una importante carga subjetiva, sin embargo existen unas variables modificables que influyen en los intercambios térmicos entre el individuo y el medio ambiente, que contribuyen a emitir una sensación de confort como son: actividad física, humedad del aire, temperatura del aire, temperatura de las paredes, objetos que rodean al trabajador, velocidad del aire y el tipo de vestimenta. Además tiene como objetivo brindar parámetros para poder valorar las condiciones micro-climáticas de un espacio y determinar si son adecuados en el aspecto térmico para el uso del ser humano (Pesántez, 2012, p. 9).

### **1.2.7 SOBRECARGA TÉRMICA**

Refleja las consecuencias que sufre el trabajador cuando se expone a estrés térmico.

Además no corresponde a un ajuste fisiológico del organismo al ambiente calórico, sino al costo que tendrá al exponerse a este ambiente. Entre los parámetros que permiten controlar y determinar la sobrecarga térmica están: la temperatura corporal, la frecuencia cardíaca y la sudoración. La sobrecarga térmica depende de factores propios de cada individuo, que puede variar en el tiempo por lo que estos factores o características personales son los que determinan la capacidad fisiológica de respuesta a la exposición al calor. Además las condiciones climáticas desfavorables ocasionan mecanismos no favorables para la eliminación de calor y agregan al organismo carga adicional de calor convectivo y calor por radiación, que se suma a la carga calórica producto de la tecnología de la industria en que labora el operario, convirtiendo los puestos de trabajo como indeseables. Esto conlleva concomitantemente al ausentismo laboral, inestabilidad de la fuerza de trabajo, disminución marcada de la productividad y la provocación de incidentes o accidentes de trabajo (Monroy, 2011, p. 1).

### **1.2.8 EFECTOS PATOLÓGICOS DEL CALOR EN EL ORGANISMO**

Entre los efectos indirectos que se producen a la exposición al calor y que causan diversas lesiones se manifiestan como:

- a) Síncope por calor
- b) Calambres térmicos
- c) Agotamiento por calor
- d) Lesiones vasculares
- e) Lesiones cutáneas

- **Síncope por calor**

Es una patología que se caracteriza por una pérdida brusca de la conciencia y el tono muscular seguida de una recuperación rápida, debida a una alteración metabólica del tejido cerebral. La sudoración profusa produce vasodilatación

cutánea e hipovolemia, con la consecuente disminución del gasto cardiaco que producirá baja de la presión arterial o hipotensión ortostática, existe una hipoperfusión a nivel cerebral con la repentina pérdida de la conciencia (De Castro, 2006, p. 249).

- **Calambres térmicos**

Se manifiesta como contracciones musculares y dolorosas por la pérdida excesiva de agua e iones, especialmente en trabajadores no aclimatados. Se producen porque en el individuo deshidratado al reponer el agua perdida en el sudor no repone sodio que es el elemento que evita que se produzcan los calambres. Además cursa con aumento de la temperatura corporal, náuseas, vómitos, dolor de cabeza, falta de apetito, cansancio sin haber realizado actividad física. Como tratamiento se utiliza el reposo, ambiente bien ventilado y la hidratación (De Castro, 2006, p. 256).

- **Agotamiento por calor**

Su manifestación es un estado de cansancio, desgano, debilidad debido a la pérdida de líquido por el sudor y al bajo gasto cardiaco o hipovolemia. Es un cuadro que se caracteriza por presentar el trabajador fatiga extrema, dificultad para respirar, mareos, náuseas, vómitos, piel fría, húmeda y se manifiesta en trabajadores que tienen baja actividad física o que no se aclimatan rápidamente al calor. Para la recuperación debe suspender la labor en que se encuentre el operador, acostarlo y levantar las extremidades inferiores e hidratarlo (De Castro, 2006, p. 17).

- **Lesiones vasculares**

La eritromelalgia, es el proceso vascular que se produce con enrojecimiento y dolor agudo de las extremidades inferiores tras su exposición al calor. Las alteraciones de los vasos periféricos tienen mayor tendencia a formarse en las extremidades inferiores, los mismos que poseen calibres intermedios, de tal

manera que estos vasos tienen menor tejido elástico y mayor tejido de colágeno y fibras musculares, por lo tanto tienen la capacidad de modificar su calibre. La energía calórica modifica estos vasos sanguíneos al cambiar su diámetro, los mismo que al aumentar producen varices y enfermedades crónicas como la claudicación intermitente (De Castro, 2006, p. 263).

- **Lesiones cutáneas**

Debido a las degranulaciones de las células cebadas con liberación de mediadores inflamatorios se produce una patología que se conoce como urticaria inducida por el calor. Otras de las patologías importantes son las quemaduras por calor, las mismas que están condicionadas por varios criterios como son: el agente causal, la extensión y la profundidad. Entre los agentes causales están medios sólidos, líquidos, radiaciones y eléctricos. En cuanto a la extensión depende de la superficie quemada, para una repercusión sistémica, por ejemplo si la extensión de la quemadura supera el 20 %, las consecuencias o complicaciones del organismo se manifiestan como importantes. Dependiendo de la profundidad de la quemadura, se clasifican en tres grupos: de primer grado, consiste en una presentación superficial, se la conoce como eritema; de segundo grado, donde la afectación de la piel es hasta la dermis y se presenta en este tipo de quemadura ampollas; de tercer grado, donde la afectación involucra todas las capas de la piel, incluso la parte de los nervios que se manifiesta por que el paciente carece de dolor (De Castro, 2006, p. 22).

### **1.2.9 INDICADORES FISIOLÓGICOS DE TENSIÓN TÉRMICA**

La tensión térmica aparece cuando existe una interacción entre el ambiente térmico, la ropa de trabajo y el grado de sudoración por la actividad que realiza. Al aumentar la temperatura corporal el organismo activa los sistemas termorreguladores para perder calor. Esta respuesta es enérgica capaz de provocar tensión y con ello producir enfermedad por calor e incluso la muerte.



Entre los indicadores están:

- a) Temperatura central
- b) Frecuencia cardiaca
- c) Pérdida de peso por sudoración

- **Temperatura central**

La temperatura corporal está regulada en el hipotálamo del sistema nervioso central, la misma que mantiene una constante entre 37 °C y 37,5 °C, esta regularidad se mantiene siempre que nuestro organismo no sufra una agresión tanto interna como externa. Si tiene algunos de estos parámetros como agente agresor el organismo responde ordenado por el sistema nervioso central al disminuir o aumentar la temperatura del cuerpo. Como indicador de tensión térmica está condicionado a tensiones calóricas severas, donde se establece una temperatura máxima entre 38 °C y 39 °C. Una temperatura constante refleja un equilibrio térmico del cuerpo con relación al medio ambiente que lo rodea, es decir un equilibrio exacto entre la producción y la pérdida de calor. En la piel existe un gradiente de temperatura desde la superficie hacia el interior que ayuda a regular la temperatura corporal (Lázaro y Suárez, 2009, p. 1).

- **Frecuencia cardiaca**

Es un indicador fisiológico del sistema circulatorio que evalúa la carga térmica en condiciones de sobrecarga de trabajo, la frecuencia cardiaca máxima fluctúa entre 90 a 100 latidos por minuto. El análisis de la frecuencia cardiaca es una de las formas más sencillas de medir la carga física que ejecuta un trabajador asociada a la actividad del puesto de trabajo. Durante la actividad laboral depende que tipo de la misma tiene el trabajador de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas, si tiene un ritmo lento la frecuencia cardiaca aumenta de la misma manera, sin embargo cuando la carga de trabajo aumenta y a ello se suma el aumento de la carga térmica la frecuencia cardiaca también aumenta como mecanismo compensatorio. Para ello debe haber condiciones como: el trabajo

tiene que ser dinámico, el trabajador tendrá que utilizar los músculos más voluminosos, no haber carga de trabajo estática, no exponerse a estrés térmico ni por frío o calor y no debe estar con carga mental (Lázaro y Suárez, 2009, p. 1).

- **Pérdida de peso por sudoración**

En trabajadores aclimatados la sudoración es proporcional a la tensión calórica que la provocó. La evaluación de la pérdida de peso se realiza al pesar al trabajador en una báscula antes y después de una actividad, debido a que disminuye masa muscular por pérdida del glucógeno depositado en los músculos, al mismo tiempo durante la sudoración pierde líquidos corporales constantemente que también colabora en la pérdida de peso, posteriormente se mide la ingesta y eliminación de líquidos durante esta actividad y se relaciona con el sudor acumulado en la ropa de trabajo (Lázaro y Suárez, 2009, p. 1).

### **1.2.10 ÍNDICES DE SOBRECARGA TÉRMICA**

La cantidad de calor que tiene el organismo, el mismo que tiene que distribuirse por todo el cuerpo para poder mantener un equilibrio térmico se conoce como índice de sobrecarga térmica. Siempre que haya una sobrecarga se produce una tensión térmica con la respuesta de aumento de la sudoración, frecuencia cardiaca y temperatura corporal (Menéndez, 2009, p. 390).

Entre los índices de sobrecarga de calor térmico están:

- a) Tasa de sudoración requerida
- b) Cálculo de sobrecarga térmica
- c) Índice de temperatura efectiva
- d) Índice de temperatura efectiva corregida

- **Tasa de sudoración requerida**

Cuando existe pérdida de líquidos por medio de la sudoración y su posterior evaporación, se considera el mecanismo más eficiente para que el organismo pierda calor y poder mantener una temperatura corporal cerca a los 37 °C, que consiste en que la tasa de sudoración requerida está basada en la evaporación de sudoración requerida sobre la evaporación de sudoración máxima como se presenta en la ecuación 1.1 (Sosa, 1999, p.35).

$$W_{req} = E_{req} / E_{max} \quad [1.1]$$

Donde:

$W_{req}$  = Tasa de sudoración requerida

$E_{req}$  = Evaporación de sudoración requerida

$E_{max}$  = Evaporación de sudoración máxima

- **Cálculo de sobrecarga térmica**

Es aquella que permite estudiar un ambiente caluroso e identificar técnicamente lo que hay que modificar o restaurar para mejorarlo. Sus siglas (IST) se asemejan al índice de estrés por calor (ISC) que promulgo los científicos Belding y Hacht. El mismo se basa en que si se conoce el valor máximo de calor de un trabajador que elimina durante la sudoración, más el calor ganado durante la actividad laboral, se puede conocer si el calor acumulado se elimina al considerar como parámetro base la sudoración corporal, como se presenta en la ecuación 1.2 (Delgado, 2009, p. 1).

$$IST = (\text{evaporación requerida} - \text{evaporación máxima}) \times 100 \quad [1.2]$$

Donde:

$IST$  = Índice de sobrecarga térmica

- **Índice de temperatura efectiva**

La temperatura efectiva es un índice término que representa la relación que existe entre la humedad relativa de un ambiente y la temperatura del mismo, en función a la velocidad del aire. Es un índice sensorio de los grados de calor que una persona sin vestimenta hasta la cintura y al ejecutar una actividad liviana experimenta cuando se la expone a diversas combinaciones de humedad, movimientos de aire y temperaturas. La temperatura efectiva es posible calcularla al utilizar la temperatura seca, la temperatura húmeda y la velocidad del viento. Los factores que influyen en el riesgo para el trabajador debido al ambiente térmico son diversos entre los que están: humedad, la velocidad del aire circulante, la presencia de fuentes de calor radiante, la temperatura del aire, la vestimenta y el esfuerzo de la actividad que realiza el trabajador. Son varios los indicadores empleados para evaluar los riesgos asociados al ambiente térmico en el trabajo, la temperatura efectiva es uno de los más empleados. Para su cálculo se utilizan diagramas psicométricos y las temperaturas de referencia son la temperatura de aire o de bulbo seco (Sosa, 1999, p. 35).

- **Índice de temperatura efectiva corregida**

En cambio el índice de temperatura efectiva corregida toma en consideración el intercambio de energía radiante en lugares cerrados pero expuestos a radiación solar.

El intercambio de calor por radiación, resulta solo apropiado donde las temperaturas de la superficie de los cuerpos del medio ambiente, son similares a las del cuerpo humano. Estas condiciones se dan especialmente en lugares donde no existen focos radiantes elevados, como hornos, estufas, etc. Para ampliar el ámbito de aplicación de este índice, se introdujo una serie de correcciones, con el objeto de hacer intervenir la temperatura radiante media. El cálculo en los diagramas psicométricos utiliza la temperatura de globo negro (Sosa, 1999, p. 35).

### 1.2.11 ÍNDICES DE EVALUACIÓN TÉRMICA

- **Índice WBGT. Índice de temperatura de globo y bulbo húmedo**

Es el método más utilizado en los ambientes de trabajo para la evaluación del estrés térmico. Es el que mide el índice WBGT (Wet Bulb Globe Temperatures) o temperatura de globo y de bulbo húmedo. Para lograr que los resultados tengan valores acertados deben considerarse cuatro variables ambientales: temperatura del aire, humedad del aire, velocidad del aire y temperatura radiante media. El WBGT se calcula al tomar como referencia la temperatura de globo (TG), temperatura húmeda (THN) y la temperatura seca (TS).

La condición térmica en el interior de un lugar de trabajo se calcula mediante la ecuación 1.3

$$WBGT = THN \times 0,7 + TG \times 0,3 \quad [1.3]$$

Donde:

WBGT = Índice de temperatura de globo y bulbo húmedo [°C]

THN = Índice de temperatura húmeda [°C]

TG = Índice de temperatura de globo [°C]

En exteriores con exposición al sol se considera más adecuada la ecuación 1.4

$$WBGT = THN \times 0,7 + TG \times 0,2 + TS \times 0,1 \quad [1.4]$$

Donde:

WBGT = Índice de temperatura de globo y bulbo húmedo [°C]

THN = Índice de temperatura húmeda [°C]

TG = Índice de temperatura de globo [°C]

TS = Índice de temperatura seca [°C]

Cuando se tiene exposición continua al calor durante varias horas o todo el día, los valores medidos se calculan sobre la base de una hora, se representa  $t_1 + t_2 + t_n = 60$  min. Cuando la exposición al calor es intermitente, los valores obtenidos se calculan sobre la base de 2 h, se representa  $t_1 + t_2 + t_n = 120$  min (Falagán, 2005, p. 776).

- **Índice de tensión térmica**

Basado en la medición o análisis del balance térmico que caracteriza a la tensión térmica. Intervienen parámetros físicos de análisis donde se produce intercambio de calor entre los trabajadores y el medio ambiente. Este índice representa la relación entre la cantidad de calor que necesita evaporar por sudoración el trabajador, una vez que haya estado expuesto a una carga térmica determinada en un ambiente caluroso y a la cantidad que pueda eliminar al estar expuesto al mismo. El cálculo se realiza entre el cociente de la evaporación requerida y la evaporación máxima multiplicada por cien. Se presenta a la ecuación 1.6, la fórmula para calcular el índice de tensión térmica:

$$HSI = \frac{E_{req}}{E_{max}} \times 100 \quad [1.6]$$

Donde:

HSI = Índice de tensión térmica [kcal/h]

$E_{req}$  = Evaporación requerida o calor de evaporación por transpiración [kcal/h]

$E_{máx}$  = Evaporación o calor de evaporación máxima en el ambiente laboral [kcal/h]

Para calcular la  $E_{req}$ , se utiliza la ecuación 1.7

$$E_{req} = M + R + C. \quad [1.7]$$

Donde:

M = Metabolismo total en [kcal/h]

R = Balance de energía radiante en [kcal/h]

C = Energía intercambiada por convección en [kcal/h] (Vighi, 2012, p. 11).

- **Especificidad de calidad de los índices WBGT y el tiempo empleado de las actividades en la Planta de Utilidades.**

De acuerdo a las medidas térmicas tomadas en las áreas de la Planta de Utilidades de las Refinerías, se determina la especificidad de la calidad de las medidas y del tiempo empleado o capacidad del proceso (Cp.) de cada área y de cada actividad, las mismas que deben tener una variabilidad mínima y forman parte de la validación del proceso. Con estas evaluaciones determinar específicamente cuales correctivos son los que hay que implementar en los trabajadores de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas para la prevención y control del factor de riesgo estrés térmico. Está en la ecuación 1.8, la forma de resolver el problema planteado.

$$C_p = \frac{WBGT_{max} - WBGT_{min}}{6 \sigma} \quad [1.8]$$

Donde:

Cp. = Capacidad del proceso [ $\geq$  a 1]

WBGT<sub>max</sub> = Temperaturas de bulbo y húmedas máximas [°C]

WBGT<sub>min</sub> = Temperaturas de bulbo y húmedas mínimas [°C]

$\sigma$  = Desviación estándar de las temperaturas medidas [°C]

El tiempo empleado en los movimientos que ejecuta el trabajador de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas y en cada una de las tareas que tiene a cargo durante las 8 h que dura la jornada de trabajo, se la presenta de la siguiente manera en la ecuación 1.9

$$Cp = \frac{T_{max} - T_{min}}{6 \sigma} \quad [1.9]$$

Donde:

Cp. = Capacidad del proceso [ $\geq$  a 1]

Tmax = Tiempo máximo de las actividades en un puesto de trabajo [ h ]

Tmin = Tiempo mínimo de las actividades en un puesto de trabajo [ h ]

$\sigma$  = Desviación estándar de los tiempos medidos [ h ]

La especificidad de calidad de medidas del índice WBGT y del tiempo que se emplea en las actividades de los diferentes procesos en los puestos de trabajo, se las considera bien ejecutadas cuando el Cp. es  $\geq$  1 (Griful y Canela, 2010, p. 106).

## **1.3 MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE ESTRÉS TÉRMICO**

### **1.3.1 CONTROL EN LA FUENTE**

Para intervenir en el control de los riesgos térmicos en la máquina o en la fuente, se necesita que se hayan identificado en primer lugar los peligros, probabilidades de daño y sus consecuencias. Luego que se hayan medido los riesgos térmicos y el impacto en los trabajadores. Posterior a ello se emitirán las medidas correctivas y el control del factor de riesgo físico estrés térmico. Además, hay que considerar el origen de la radiación calorífica, si la fuente de calor proviene del exterior de un lugar de trabajo o si proviene del interior del local.



- **Fuentes de calor en exteriores**

Conocidos los efectos del riesgo estrés térmico en el trabajador y la evaluación del riesgo calórico, se analizan ciertos parámetros para su corrección y control. Las aportaciones térmicas provenientes del exterior como sería la energía solar o de los diferentes procesos de producción de una empresa, se debe intervenir primordialmente en la fuente, luego en acondicionamiento de aire del puesto de trabajo y posteriormente sobre el receptor. Se utilizarán aisladores de calor, al construir tabiques opacos o de vidrio, que separan las actividades del trabajador con la máquina que emite el calor, campanas extractoras, pantallas radioactivas, acondicionadores de aire y ventilación de los locales (Cortés, 2007, p. 476).

- **En interiores o lugares cerrados**

Las pantallas de aislamiento elaboradas con material de aluminio son consideradas actualmente como las más técnicas para aislar el calor. Para controlar el calor en lugares cerrados de operaciones industriales y el calor es transmitido por convección, una forma de control es el de realizar aberturas o huecos en la parte superior del edificio para facilitar la salida del aire caliente y aberturas en la parte inferior para permitir la entrada de aire fresco.

Otra medida que se tomará como válida es la de aislar en forma selectiva la parte de una maquinaria que emita un efecto de calor (Cortés, 2007, p. 477).

### **1.3.2 CONTROL EN EL MEDIO DE TRANSMISIÓN**

Al conocerse de acuerdo a la identificación del factor de riesgo productor de calor, la primera acción a tomar es la de una ventilación general, para ello se toman medidas ingenieriles para que se ventile el área de trabajo en forma natural. Si esta medida no es suficiente se debe implementar ventilación asistida, la misma que se hará con la dotación e instalación de ventiladores industriales.

Otra alternativa es la instalación de aparatos que regulen la temperatura en el ambiente de trabajo, también se proporcionará aclimatación focalizada de acuerdo a la ubicación del puesto de trabajo, se implementarán campanas extractoras de calor térmico.

Otra modificación sería la de reemplazar paredes con materiales que absorban la humedad y por último se dotará de surtidores de agua cercanos al sitio de trabajo para que el trabajador se hidrate frecuentemente (Siles, 2005, p. 75).

### **1.3.3 CONTROL EN EL RECEPTOR**

Si las medidas anteriores tanto en la fuente, como en el medio transmisor no son suficientes, o no están dentro del presupuesto de las empresas en un futuro mediano, hay que intervenir en el receptor o trabajador, quién es el que va a recibir los impactos de las fuentes de calor y la afectación de la salud. Entre las medidas se consideran:

- **Reducción de la producción del gasto metabólico**

El gasto metabólico se refleja de acuerdo a la carga de trabajo que tiene el trabajador, la realización continua de las actividades, la fuerza que utiliza, el tipo de movimientos y el tiempo que emplea en la jornada laboral de 8 horas, reglamentarias que se estipula en el código de trabajo ecuatoriano.

- **Limitación de la duración de la exposición**

Elaborar cronogramas de ciclos breves de labor, de tal manera que cada ciclo no exceda la hora de trabajo. En el caso de la exposición al factor de riesgo estrés térmico, el trabajador debe de permanecer expuesto el menor tiempo posible y que logre cumplir con las tareas diarias.

Otra medida es la rotación de puestos de trabajo. También se podría considerar el proveer áreas de descanso en ambientes frescos e hidratación. Los trabajos más duros deben realizarlos en horarios donde la carga de calor sea menor (Monroy y Mendaza, 2010, p. 4).

- **Creación de un microclima en el puesto de trabajo**

Para el control del riesgo estrés térmico en los puestos de trabajo hay que lograr que el ambiente de trabajo del operario se lo más agradable posible, adecuado al organismo humano y al tipo de actividad que realiza. La modificación en el diseño de los puestos de trabajo para que el trabajador se encuentre confortable para realizar las actividades son actualmente unos de los objetivos a cumplir por la empresa de la E. P. Petroecuador, debido a ello la productividad ha mejorado y se refleja todo ello en la mejor rentabilidad que se obtuvo. Se puede decir que un ambiente confortable es lograr la suficiente renovación de aire, sin que se formen corrientes de aire que incomoden al trabajador. Para lograr este objetivo se podría instalar o construir cabinas climatizadas, utilizar en áreas de descanso equipo de aire acondicionado, proveer de ventiladores focalizados al área calorífica (Menéndez, 2009, p. 401).

- **Control del metabolismo térmico y seguimiento médico**

En lo referente al seguimiento médico ocupacional para que se mantenga un metabolismo regulado, se realizarán exámenes de vigilancia sanitaria, como los exámenes médicos pre-ocupacionales y luego los periódicos, que son parámetros que mantienen una vigilia constante de la salud del trabajador. Elaboración de los profesiogramas a los trabajadores e identificar susceptibilidades particulares. Socializar mediante correos electrónicos internos, señalética, trípticos, medios audiovisuales expuestos en diversas áreas de la planta industrial, para que los trabajadores se enteren que se requiere de un periodo de aclimatación en los puestos de trabajo, el mismo que durará entre 6 a 10 días (Menéndez, 2009, p. 400).

- **Labor de información interna y externa**

El empresario al considerar la prioridad en la prevención al riesgo estrés térmico, deberá garantizar al trabajador y a los representantes sindicales reciban una información adecuada, acerca de los riesgos a que están expuestos y las medidas que se implementarán para evitarlos. Además que deberá tener un plan de contingencia establecido, involucrando a los organismos externos de control de riesgos, organismos de seguridad y contra incendios. Al trabajador informar sobre los parámetros de signos y síntomas de sobrecarga térmica, patologías frecuentes a la exposición al calor causantes de estrés térmico, aconsejar a los trabajadores acerca de la necesidad de una buena hidratación, estilos de vida saludable y de una buena práctica laboral (Menéndez, 2009, p. 380).

- **Uso adecuado de ropa de trabajo**

Proporcionar al trabajador ropa de trabajo adecuada, ligera, no voluminosa y que no dificulte los movimientos. Además debe poseer las características de ser ignífuga, permitir la transpiración normal y que impida en un alto porcentaje la entrada de calor externo. La ropa de trabajo de protección es aquella que va a lograr proteger al trabajador de agresiones a factores de riesgos concretos, entre las que se puede mencionar: trajes especiales contra agresiones físicas, químicas, radiaciones y las prendas para señalización. Generalmente cuando el trabajador está próximo a focos de elevadas temperaturas se utilizan trajes especiales contra el calor, que son fáciles de colocar, pero resultan voluminosos, incómodos y dificultan el movimiento (Erro, 2010, p. 19).

## **2. PARTE EXPERIMENTAL**

### **2.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS FACTORES DE RIESGO TÉRMICO AL QUE ESTÁN EXPUESTOS LOS TRABAJADORES DE LA PLANTA DE UTILIDADES DE LA REFINERÍA DE ESMERALDAS**

#### **2.1.1 ELABORACIÓN DE UN CHEK LIST A LOS TRABAJADORES DE LA PLANTA DE UTILIDADES EN BASE AL FACTOR ESTRÉS TÉRMICO**

Para identificar los factores de riesgo físico de estrés térmico se conformó un equipo multidisciplinario, compuesto por un delegado de seguridad industrial que labora en horario diurno, otro de la misma área pero que labora en turnos rotativos, un trabajador del área en estudio y el promotor del proyecto. Se realizó una evaluación a diez trabajadores, de los cuales se muestreó a dos de ellos por cada grupo de trabajo, de los cinco grupos que laboran en la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas.

#### **2.1.2 IDENTIFICACIÓN DE LOS FACTORES DE RIESGO FÍSICO EN PLANTA DE UTILIDADES AL ELABORAR UNA MATRIZ DE RIESGOS**

Con base en el análisis del ambiente térmico elaborado en la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas en el año 2012, se logró identificar las áreas de mayor riesgo térmico en esta planta industrial. Desde esa fecha hasta la actualidad se han elaborado cambios ingenieriles, en los procedimientos, carga de trabajo y se ha aumentado la exposición de diversos factores de riesgos. Se debía ejecutar una nueva identificación de los factores de riesgo térmico, para ello se elaboró una matriz de riesgo de triple criterio, que utiliza el departamento de Seguridad y Salud del Ministerio de Relaciones Laborales y Empleo del Ecuador.

La matriz fue elaborada con la colaboración del equipo multidisciplinario de la E.P. Petroecuador.

En la elaboración de una matriz se evalúan factores de riesgos en lugares de trabajo internos y externos. En este estudio se evaluó un ambiente de trabajo en exteriores.

Previa la identificación de los factores de riesgos se analizaron los procedimientos de los puestos de trabajo, el tiempo de permanencia en el exterior o en campo donde realizan sus labores, vestimenta y equipo de protección personal. Los factores de riesgos que incluyen una matriz de triple criterio son: riesgos físicos, mecánicos, químicos, ergonómicos, biológicos y psicosociales. Los factores de riesgo físico, más frecuentes que se encontraron en la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas objeto de este estudio fueron: humedad, temperatura elevada, ventilación insuficiente, falta de iluminación y ruido. El peligro de la temperatura elevada, potencializada con la humedad del sitio y la ventilación insuficiente, resultó la identificación del factor de riesgo estrés térmico, por ello se utilizó la cuantificación del riesgo, basado en: la probabilidad de ocurrencia baja, media o alta; gravedad del daño, ligeramente dañino, dañino o extremadamente dañino; la vulnerabilidad, mediana gestión, incipiente gestión o ninguna gestión.

Estos tres parámetros juntos son valorados cuantitativamente y en su orden, el primero con valor de 1, el segundo valor 2 y el tercer parámetro valor de 3. La sumatoria para cada factor de riesgo calificado subjetivamente, dio como resultado la estimación del riesgo. La cuantificación del factor de riesgo estimado se pondera de la siguiente manera: moderado de 1 a 3; importante de 4 a 6; intolerable de 7 a 9, como se presenta en la figura 2.1.

CUALIFICACIÓN O ESTIMACIÓN CUALITATIVA DEL RIESGO - METODO TRIPLE CRITERIO											
PROBABILIDAD DE OCURRENCIA			GRAVEDAD DEL DAÑO			VULNERABILIDAD			ESTIMACION DEL RIESGO		
Baja	Media	Alta	ligeramente dañino	Dañino	Extremadamente dañino	Mediana gestión (acciones puntuales, aisladas)	Incipiente gestión (protección personal)	Ninguna gestión	Riesgo moderado	Riesgo importante	Riesgo intolerable
1	2	3	1	2	3	1	2	3	4 Y 3	6 Y 5	9, 8 Y 7

**Figura 2.1** Valoración para la estimación del Riesgo de acuerdo al Ministerio de Relaciones Laborales y Empleo (Ecuador, 2011).

Los factores de riesgo físico, de acuerdo a la clasificación que recomienda el Ministerio de Relaciones Laborales, se presentan en la figura 2.2.

FACTORES FISICOS							
Humedad	Radiaciones ionizantes	Radiaciones no ionizantes	Temperatura elevada	Presiones anormales	Ruido	Iluminación	Ventilación insuficiente

**Figura 2.2** Factores de riesgo físico de acuerdo al Ministerio de Relaciones Laborales y Empleo (Ecuador, 2011)

Las figuras 2.1 y 2.2, demuestran la cuantificación de los factores de riesgos de acuerdo a su estimación, valores que utiliza el Departamento de Riesgos del Ministerio de Relaciones Laborales y Empleo del Ecuador.

- **Procedimiento que se utilizó para elaborar la matriz de riesgos**

Para elaborar la matriz de riesgo en la Planta de Utilidades se procedió a visitar junto con el equipo multidisciplinario los diferentes puestos de trabajo, de cada una de las áreas que tiene la planta en referencia, se analizó subjetivamente todos los riesgos físicos al que están expuesto, se relacionó con cada actividad que ejecuta, el tiempo de exposición y la frecuencia del trabajador expuesto al factor de riesgo en estudio. Además se observó vestimenta, equipos de trabajos auxiliares y la utilización de los equipos de protección personal.

- **Identificación del riesgo estrés térmico**

Con base en la identificación de los riesgos físicos, y mediante la tabulación al utilizar los valores de la figura 2.1 y 2.2, el equipo multidisciplinario concluyó que el riesgo estrés térmico, arroja valores de estimación es moderados, importantes e incluso unas áreas intolerables.

## **2.2 EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A ESTRÉS TÉRMICO EN LOS TRABAJADORES DE LA PLANTA DE UTILIDADES DE LA REFINERÍA DE ESMERALDAS**

Mediante la identificación de los factores de riesgos, al utilizar la matriz de riesgos del Ministerio de Relaciones Laborables y Empleo, se consideraron ciertas áreas para poder medir el impacto calórico al que están expuestos los trabajadores.

El método que se utilizó fue el índice WBGT, que está regulado por la norma NTP-322 e ISO-7243 y la cuantificación del consumo metabólico normalizado por la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), donde se identificaron las actividades, movimientos, posición del cuerpo, desplazamiento, etc., que realiza el trabajador durante las 8 horas que dura la jornada de trabajo. Las tablas 2.1 y 2.2, estipula la forma de tabular el consumo metabólico.



**Tabla 2.1** Consumo metabólico en kcal/min de acuerdo al tipo de trabajo

<b>Tipo de trabajo</b>	<b>Valor medio (kcal/min)</b>	<b>Valor límite (kcal/min)</b>
Manual ligero	0,4	0,2-1,2
Manual pesado	0,9	0,7-2,5
Con un brazo ligero	1,0	0,7-2,5
Con un brazo pesado	1,8	
Con dos brazos ligero	1,5	1,0-3,5
Con dos brazos pesado	2,5	
Con el cuerpo ligero	3,5	2,5-15
Con el cuerpo moderado	5,9	
Con el cuerpo pesado	7,0	
Con el cuerpo muy pesado	9,0	

(Monroy y Mendaza, 2010)

**Tabla 2.2** Consumo metabólico en kcal/min por la posición y movimiento del cuerpo

<b>Posición y movimiento del cuerpo</b>	<b>(kcal/min)</b>
Sentado	0,3
De pie	0,6
Caminando en terreno llano	2,0-3,0
Caminando en pendiente	+ 0,8 × m de desnivel

(Monroy y Mendaza, 2010)

Cuando los trabajos se realizan en exteriores o en lugares al aire libre, se deben realizar durante 60 min continuos. Las mediciones se realizaron en número de ocho y cada intervalo de medida fue de 15 min. Todas las medidas tienen registro del tiempo en que fueron tomadas y una vez culminado el proceso se retiró el equipo del trabajador, se grabaron los datos obtenidos y se procedió a apagarlo.

La especificidad de calidad en cuanto a la capacidad del proceso, se presenta cuando las tabulaciones son homogéneas y obtenidas las medidas de temperatura, tiempo de movimiento, etc., el valor obtenido es  $\geq 1$ .

### **2.2.1 EVALUACIÓN DE INDICE WBGT EN LA ACTIVIDAD DE ADICIÓN DE QUÍMICOS EN LAS CALDERAS, LIMPIEZA Y PURGA DE QUEMADORES, MANTENIMIENTO DE TURBOS GENERADORES**

La Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas, comprende 4 grandes áreas y en ellas se realizó la identificación de los riesgos físicos, entre los que se encuentra el estrés térmico. Las áreas de las que se hace referencia corresponden a: área de aguas de enfriamiento, área de vapor para equipos y turbinas, área de aire tratado para sistema de control y la desmineralizadora.

La identificación de los factores de riesgo, mediante la aplicación de la matriz que se utiliza en el Ministerio de Relaciones Laborales, ameritó el estudio del índice WBGT, en la zona más calorífica de la Planta de Utilidades, que es el área de vapor para equipos y turbinas, donde se evaluaron las actividades que a continuación se detalla: monitoreo de equipo rotativo; toma de temperatura, nivel y presión; cambio de bayoneta; adición de químicos; barrido y limpieza de quemadores; purga de calderas y mantenimiento de turbo generadores. Las actividades que se consideraron válidas y homogéneas para este estudio fueron: cierre, purga y limpieza de quemadores de las calderas y el mantenimiento de los turbo generadores.

Primero se otorgó una inducción al operario para darle a conocer cuál era el objetivo del estudio, como era el procedimiento, cuál era la utilidad y beneficio para el trabajador, además conozca el índice calórico al que está expuesto y las secuelas de la exposición por tiempo prolongado.

Luego se observó que el trabajador lleve puesta la ropa de trabajo adecuada y los elementos de protección individual, después por medio de binchas de sujeción, se colocó el equipo de medir índice WBGT o Microtherm a la altura de los hombros. Se escogió esta altura por cuanto la labor del operario es en posición de pie y el calor es uniforme en un diámetro de 2 m<sup>2</sup>. El protocolo a seguir fue el siguiente:

- a) Verificar la carga de la batería, la cual se utilizó al reportar que la carga estaba no menos del 90 %.
- b) Realizar el encendido con la opción OFF ON del display del equipo.
- c) Realizar el auto calibrado del equipo y se escogió la opción de grabar como nueva sesión.
- d) Colocar al operador del área donde se iba a realizar las mediciones, para esto se utilizó la bincha de sujeción a la altura de los hombros de la persona que porta el equipo.
- e) Registrar la hora de inicio de la medición.
- f) Registrar la hora en que finalizó la actividad del operador, la misma que correspondió a la finalización de la medición.
- g) Retirar el equipo Microtherm del operador que lo portaba y proceder a apagar el equipo.

### **2.2.2 EVALUACIÓN DE LA DENSIDAD URINARIA EN LOS TRABAJADORES DE LA PLANTA DE UTILIDADES**

En lo referente a la evaluación de la densidad urinaria, el método consistió en la toma de una muestra de orina cuando el trabajador culminó el horario de trabajo. El aumento de su valor promedio, representa el grado de deshidratación que tuvo el trabajador. La muestra es válida de analizar cuando la cantidad de orina recogida está entre los 50 y 60 cm<sup>3</sup>, la evaluación de la muestra se realizó en el laboratorio clínico de E.P. Petroecuador con el uso del equipo combur test.

### **2.2.3 MATERIALES UTILIZADOS EN LA EVALUACIÓN**

Los materiales que se utilizaron en la evaluación de índice WBGT fueron: binchas de sujeción, guantes de nitrilo, algodón con alcohol.

Los que se utilizaron en la evaluación de la densidad urinaria fueron: guantes de manejo quirúrgico No. 7½, recipiente estéril de plástico recolector de orina, tubo

de ensayo, tirillas para densidad urinaria combur test de la casa comercial Roche, marcador para registro de datos en el recolector.

#### **2.2.4 TEST Y EQUIPOS UTILIZADOS EN LA EVALUACIÓN**

- a) Para la evaluación del índice WBGT se utilizó un equipo de marca Casella, calibrado, su nominación Microtherm Heat Stress WBGT.
- b) Para cuantificar la densidad urinaria al término de la jornada laboral se utilizó la etiqueta colorimétrica adherida al frasco del combur test.
- c) Para evaluar la capacitación referente al factor estrés térmico se utilizó un test de contestación simple.

### **2.3 DETERMINACIÓN DE LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL PARA DISMUIÑIR EL ESTRÉS TÉRMICO EN LOS TRABAJADORES DE LA PLANTA DE UTILIDADES DE LA REFINERÍA DE ESMERALDAS**

De la evaluación de las actividades, el consumo metabólico, la determinación del tipo de movimientos y tipo de carga de trabajo que realizaron los operadores de las áreas de la Planta de Utilidades, y al compararlas con las normas NTP-322 y de la ACGIH, se obtuvo un resultado que certificó que los trabajadores que ahí laboran tienen una exposición importante al factor de riesgo estrés térmico.

De acuerdo a lo antes expuesto se consideraron las condiciones laborales de los operarios, el área física, la disposición ingenieril del área y la operatividad de la planta para determinar las medidas de prevención y control que logren disminuir la carga térmica a la que ellos están expuestos. Las medidas de prevención y control determinadas fueron las siguientes:

### 2.3.1 ADECUACIÓN DE UNA CABINA DE ACLIMATACIÓN

En la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas, se determinó con el equipo multidisciplinario que era factible adecuar una cabina de aclimatación; la misma que debía ser acondicionada para que reúna todas las características técnicas y que el trabajador realice el tiempo de descanso y adaptación corporal térmica, luego retorne a la actividad en el puesto de trabajo, cuando el organismo logre un equilibrio térmico.

### 2.3.2 TABULACIÓN DE UN REGIMEN TRABAJO-DESCANSO

Mediante la tabulación de un régimen trabajo-descanso, se determinó el tiempo que deberá permanecer el trabajador en descanso y el tiempo que laborará durante una hora, así como también se estableció una zona donde los trabajadores de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas, puedan realizar una actividad con una carga metabólica menor a 100 kcal/h. La distribución de minutos de trabajo y descanso por hora ( $ft$ ) se calculó con la ecuación 2.1

$$ft = \frac{[A-B]}{[C-D]+[A-B]} \times 60 \left( \frac{\text{min}}{\text{h}} \right) \quad [2.1]$$

Donde:

$ft$  = Fracción de tiempo de trabajo

A = WBGT límite en el descanso [ $M < 100 \text{ kcal/h}$ ] [ $^{\circ}\text{C}$ ]

B = WBGT en la zona de descanso [ $^{\circ}\text{C}$ ]

C = WBGT en la zona de trabajo [ $^{\circ}\text{C}$ ]

D = WBGT límite en el trabajo [ $^{\circ}\text{C}$ ]

### **2.3.3 ACLIMATACIÓN CONTROLADA EN LA CABINA**

La aclimatación estuvo regulada con la disminución de la temperatura en la cabina y la permanencia del trabajador en la misma de acuerdo al descanso establecido de la tabulación régimen trabajo-descanso.

### **2.3.4 DETERMINACIÓN DE PUNTOS PARA HIDRATACIÓN**

Los puntos de hidratación estuvieron sustentados por la matriz de riesgo, al identificar los lugares más calurosos de la Planta de Utilidades. Al considerar que existen 5 calderas y 3 turbos generadores, se colocaron 3 surtidores, los cuales están a una distancia proporcional a los puestos de trabajo.

### **2.3.5 DETERMINACIÓN DEL GRADO DE DESHIDRATACIÓN**

Mediante la evaluación a los trabajadores de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas con examen de orina después de la jornada laboral, se verificó la densidad urinaria, misma que reportó variaciones de acuerdo al grado de deshidratación que tiene el trabajador durante la jornada laboral que dura 8 horas.

### **2.3.6 CAPACITACIÓN**

Las inducciones se emitieron a los trabajadores de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas, en temas relacionados a complicaciones por estrés térmico, estilos de vida saludable y primeros auxilios. Para ello se utilizaron presentaciones, trípticos o folletos que facilitaron el aprendizaje a los trabajadores. Además que todas las inducciones fueron registradas en un formulario propio de la E. P. Petroecuador, que contenía el nombre, cédula y firma de los asistentes.

Como se determina en el anexo 44, se implementó un test de evaluación del conocimiento que tuvieron los trabajadores de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas, en relación al factor de riesgo físico estrés térmico, luego de recibidas las inducciones correspondientes.

## **2.4 IMPLEMENTACIÓN DE ALGUNAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL EN LA PLANTA DE UTILIDADES**

Una vez determinadas las medidas de prevención y control, se procedió a tabular cuales medidas eran las más idóneas para implementarlas, analizado el problema se determinó: la implementación de medidas de prevención en la fuente, construcción de una cabina de aclimatación, instalación de puestos de hidratación, medición de la densidad en la orina para verificar grados de deshidratación, implementación de un régimen trabajo-descanso y elaboración de un programa de capacitación.

### **2.4.1 IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS DE PREVENCIÓN EN LA FUENTE**

Durante la repotenciación de la Refinería de Esmeraldas, en el proceso del fraccionamiento del craqueo catalítico del petróleo, se aprovechó el paro general de la Planta Industrial de la Refinería de Esmeraldas, para realizar las siguientes modificaciones:

- a) Reemplazo de los ventiladores de tiro forzado o FDF, cuya función es inyectar aire para la combustión
- b) Cambio del precalentador regenerativo
- c) Reemplazo de los sopladores de hollín
- d) Reemplazo de los quemadores los mismo que son de última generación cuya característica principal es la de tener emisiones con bajo contenido de óxidos de nitrógeno [NO<sub>x</sub>]

- e) Overhaul mecánico de turbo generadores o cambio de piezas elementales para revertirlos a las condiciones de diseño
- f) Actualización de los sistemas de control usando la última tecnología electrónica
- g) Revestimiento térmico de las tuberías y ciertos equipos de la Planta de Utilidades, en el futuro.

#### **2.4.2 IMPLEMENTACIÓN DE UNA CABINA DE ACLIMATACIÓN**

Junto a la caseta se adecuó un área donde el trabajador debe permanecer durante el tiempo establecido del análisis del régimen trabajo-descanso tabulado al puesto de trabajo, para lograr un equilibrio térmico. Se le incorporó un sistema de aire acondicionado, se arregló y pintó puertas, paredes y pasamanos.

#### **2.4.3 IMPLEMENTACIÓN DE PUNTOS DE HIDRATACIÓN**

Se implementaron puntos o lugares estratégicos donde el trabajador logre rehidratarse y al mismo tiempo evite una descompensación térmica. Se los ubicó en un perímetro accesible a los puestos de trabajo. De ellos, 3 se ubicaron en área externa o campo y 1 dentro de la cabina.

#### **2.4.4 IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS EN LA DENSIDAD DE LA ORINA PARA VERIFICAR GRADOS DE DESHIDRATACIÓN**

La implementación de medir la densidad urinaria, para tabular la concentración de la orina, la cual se encontró elevada posterior a la culminación de la jornada laboral, que fue de 8 horas, lo que refleja grados de deshidratación. La densidad normal de la orina es de 1 016 g/L a 1 020g/L. Otro de los factores para diagnosticar organolépticamente la deshidratación, es el de observar la coloración



de la orina que es más oscura y el olor fuerte, estas características representan una orina concentrada y es factor de deshidratación.

#### **2.4.5 IMPLEMENTACIÓN DE RÉGIMEN TRABAJO-DESCANSO**

Se hizo indispensable actuar en el receptor para poder mitigar el estrés térmico al que están expuestos los trabajadores de la Planta de Utilidades. Para ello se aplicó un cálculo del tiempo a laborar y el tiempo de permanencia en descanso en la caseta de aclimatación del trabajador de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas, hasta que logre equilibrar el metabolismo térmico. Se utilizó el régimen trabajo-descanso basado en la norma NTP-322 y tabulaciones que utiliza la norma ISO-7243 de la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), para ello se utilizó la ecuación 2.1 (Monroy y Mendaza, 2010, p. 2).

#### **2.4.6 IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE CAPACITACIÓN**

Se elaboraron presentaciones acerca de programas en promoción de la salud, las inducciones se expusieron a los trabajadores de la Planta de Utilidades en el sitio de descanso, es decir en la cabina de aclimatación.

### **2.5 EVALUAR LA EFICACIA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL EN LA PLANTA DE UTILIDADES DE LA REFINERÍA DE ESMERALDAS**

Para la evaluación de la eficacia de las medidas implementadas en la Planta de Utilidades, se realizaron nuevas tabulaciones:

- a) La evaluación del índice WBGT luego de las medidas de intervención en la fuente, al considerar que el trabajador estuvo hidratado, permaneció menos

tiempo en el área calorífica, realizó las pausas trabajo descanso en la cabina aclimatada y no sobrepasó las 8 horas de trabajo. Finalmente se compararon con las medidas iniciales.

- b) Se realizaron nuevas evaluaciones de orina al medir la densidad urinaria al trabajador de la Planta de Utilidades, posterior a culminar la jornada laboral y compararlas con los resultados anteriores, como se estipula en la tabla 3.10.
- c) Se midió la temperatura corporal y la frecuencia cardiaca al inicio y al finalizar las 8 horas de trabajo.
- d) Se evaluó la capacitación de los trabajadores en relación al conocimiento adquirido y referente al factor de riesgo estrés térmico como se explica en la tabla 3.11.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGOS FÍSICOS EN LA PLANTA DE UTILIDADES DE LA REFINERÍA DE ESMERALDAS

##### 3.1.1 ELABORACIÓN DE UN CHEK LIST A LOS TRABAJADORES DE LA PLANTA DE UTILIDADES EN BASE AL FACTOR ESTRÉS TÉRMICO

En el anexo 1, se presentan las preguntas que se emitieron a los trabajadores del Área de Utilidades y las respuestas que corresponden a un check list, cuya contestación fue directamente sí o no. De las preguntas elaboradas, se estableció que el trabajador del Área de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas no tenía la capacitación suficiente relacionada con la exposición a los peligros del factor de riesgo estrés térmico, que se encuentran presentes en los lugares de trabajo. También se confirmó que desconocía los riesgos térmicos a los que están permanentemente expuestos y no tenía conocimiento de los daños e impactos térmicos a los que está expuesta la salud de estos trabajadores.

En la tabla 3.1, se resumen los resultados de las evaluaciones que se encontraron en el check list a los 10 trabajadores de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas que se escogieron para el muestreo.

**Tabla 3.1** Resultados del check list con relación al estrés térmico realizado a trabajadores de la Planta de Utilidades de Refinería de Esmeraldas

ZONAS DE LA PLANTA DE UTILIDADES CON ESTRÉS TÉRMICO	TURBO GENERADORES Y CALDERAS	%
Conocimiento del factor de riesgo estrés térmico	Sí	10 %
Conocimiento del factor de riesgo estrés térmico	No	90 %

De acuerdo al resultado de la tabla 3.1, se realizaron diez preguntas que constan en el anexo 1, relacionadas con temperaturas en ambientes de trabajo, conocimiento de las áreas que presentan mayor incidencia de calor, la hidratación permanente en los lugares que laboran, si existen paredes con aislamiento térmico, si en los sitios de trabajo hay señalización referente a los riesgos de estrés térmico, la permanencia de los trabajadores en lugares de calor intenso se limita o se ha realizado una valoración del régimen trabajo-descanso. El desconocimiento de reglas, procedimiento, aspectos legales en el ámbito de seguridad industrial y salud ocupacional no exime de responsabilidad, lo que obliga a elaborar una investigación de los riesgos térmicos que existen en la Planta de Utilidades. Por lo enunciado anteriormente, se utilizó una matriz de riesgo de triple criterio para la identificación de los factores de riesgos físicos, y además obliga a evaluar el índice calórico o WBGT, que hay en la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas.

### 3.1.2 IDENTIFICACIÓN DE LA PREVALENCIA DE LOS FACTORES FÍSICOS EN LA PLANTA DE UTILIDADES DE LA REFINERÍA DE ESMERALDAS

Los factores de riesgos físicos encontrados en la Planta de Utilidades en la Refinería de Esmeraldas fueron clasificados en tres grupos:

a) Factores físicos no detectados:

**Tabla 3.2** Factores físicos no detectados en el área de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas y su estimación según la tabla de triple criterio

FACTOR DE RIESGO FÍSICO	NO DETECTADO SEGÚN LA TABLA DE TRIPLE CRITERIO Y SU ESTIMACIÓN
Radiaciones ionizantes	Riesgo moderado
Radiaciones no ionizantes	Riesgo moderado
Presiones anormales	Riesgo moderado

Factores físicos detectados en algún área:

**Tabla 3.3** Factores físicos detectados en algún área de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas y su estimación según la tabla de triple criterio

<b>FACTOR DE RIESGO FÍSICO</b>	<b>DETECTADO EN ALGÚN ÁREA SEGÚN LA TABLA DE TRIPLE CRITERIO Y SU ESTIMACIÓN</b>
Illuminación	Riesgo moderado

b) Factores físicos detectados en todas las áreas:

**Tabla 3.4** Factores físicos detectados en todas las áreas de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas y su estimación según la tabla de triple criterio

<b>FACTOR DE RIESGO FÍSICO</b>	<b>DETECTADOS EN TODAS LAS ÁREAS SEGÚN LA TABLA DE TRIPLE CRITERIO Y SU ESTIMACIÓN</b>
Ruido	Riesgo importante
Temperatura elevada	Riesgo intolerable
Humedad	Riesgo moderado
Ventilación insuficiente	Riesgo moderado

La figura 2.2, especifica los riesgos físicos que están registrados en la matriz de riesgos que utiliza el Ministerio de Relaciones Laborales y Empleo del Ecuador, además presenta el color verde correspondiente al factor de riesgo físico.

### 3.1.3 IDENTIFICACIÓN Y ELABORACIÓN DE LA MATRIZ DE RIESGO FÍSICO PARA EL ÁREA AGUA DE ENFRIAMIENTO

Mediante check lúst elaborado a 10 trabajadores de la Planta de Utilidades, que laboran en diferentes grupos y en turnos rotativos, se investigaron las deficiencias en relación al conocimiento del factor de riesgo físico, estrés térmico, sus consecuencias y complicaciones. Las evaluaciones fueron realizadas en el mes de abril de 2014 y se consideró en los resultados, si los trabajadores eran capaces de identificar peligros a los que están expuestos. Para ello, se utilizó la matriz de triple criterio y se incluyeron todas las áreas de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas. En el área agua de enfriamiento se valoraron las siguientes actividades:

- a) Limpieza de filtros de aire: el tiempo en el que se realiza esta actividad es de aproximadamente 3 horas, se limpian los sólidos atrapados en los filtros, el número de trabajadores que rotan en los cinco grupos son siete; entre los factores de riesgo físico encontrados:

**Tabla 3.5** Factores de riesgo físico que se hallaron en la actividad limpieza de los filtros de aire en la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas y la estimación de los mismos

FACTORES DE RIESGO DURANTE LA LIMPIEZA DE FILTROS DE AIRE	ESTIMACIÓN DEL RIESGO
Humedad	Moderado
Ruido	Moderado
Temperatura elevada	Moderado
Ventilación insuficiente	Moderado

La ponderación de estos factores de riesgo encontrada fue de un promedio entre 3 y 4, por lo que se deduce que, para todos los factores de riesgos a los que están expuestos los trabajadores durante la limpieza de los filtros, están

calificados como moderados, como se observa en la tabla 3.5. En esta actividad, el trabajador de la Planta de Utilidades, al limpiar los filtros de aire, no va a incidir en la salud, no habrá complicaciones futuras siempre y cuando cumpla con los lineamientos de seguridad industrial y salud ocupacional que establece la empresa E.P. Petroecuador.

b) Limpieza de filtros de arena: el tiempo estimado para esta actividad fue de 2 horas; la función de estos filtros es la de eliminar los sólidos que provienen del clarificador, el número de trabajadores expuestos a factores de riesgos físicos en esta actividad son siete y los factores de riesgos físicos son los mencionados en la tabla 3.6.

**Tabla 3.6** Factores de riesgo físico que se hallaron en la actividad limpieza de los filtros de arena en la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas y la estimación de los mismos

<b>FACTORES DE RIESGO DURANTE LA LIMPIEZA DE FILTROS DE ARENA</b>	<b>ESTIMACIÓN DEL RIESGO</b>
Humedad	Moderado
Ruido	Moderado
Temperatura elevada	Moderado
Ventilación insuficiente	Moderado

Se estimó el riesgo durante la ejecución de esta actividad con un promedio de 3 y 4, de los factores antes descritos, lo que se catalogó como un riesgo con estimación moderado como se observa en la tabla 3.6. Esta estimación baja de los factores de riesgo físico, no afectó la salud del trabajador y tampoco interfirió en el rendimiento laboral.

c) Limpieza de filtro de carbón activado: la función de esta actividad es la de preservar el olor neutro que debe tener el agua, así como también mantener el color cristalino. También tiene como función preservar la resina que se

adiciona en la desmineralizadora, la cantidad de trabajadores que realizan esta función son cinco, uno por cada grupo de trabajo y laboran turnos de 8 horas. Los factores de riesgo físico encontrados se presentan en la tabla 3.7.

**Tabla 3.7** Factores de riesgo físico que se hallaron en la actividad limpieza de los filtros de carbón activado en la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas y la estimación de los mismos

<b>FACTORES DE RIESGO DURANTE LA LIMPIEZA DE FILTROS DE CARBÓN ACTIVADO</b>	<b>ESTIMACIÓN DEL RIESGO</b>
Humedad	Moderado
Ruido	Moderado
Temperatura elevada	Moderado
Ventilación insuficiente	Moderado

De igual manera se estimó el riesgo en un promedio de 3 y 4, de los factores de riesgos físicos descritos en la tabla 3.7, lo que se catalogó como un riesgo con estimación de moderado. Estos factores de riesgos no afectaron la salud del trabajador ni interfirieron en el rendimiento laboral.

- d) Proceso toma de temperatura en la torre: el tiempo que tomó realizar esta actividad fue de 1 hora. El trabajador de la torre de enfriamiento tiene como función mantener la temperatura del agua entre 24 °C a 34 °C, esta actividad la realizó un trabajador por grupo, en un total de 5 grupos rotativos.



**Tabla 3.8** Factores de riesgo físico que se hallaron durante la toma de temperatura en la torre de las calderas de la Planta de Utilidades y la estimación de los mismos

<b>FACTORES DE RIESGO DURANTE LA TOMA DE TEMPERATURA EN LA TORRE</b>	<b>ESTIMACIÓN DEL RIESGO</b>
Humedad	Moderado
Ruido	Importante
Temperatura elevada	Moderado
Ventilación insuficiente	Moderado

En la tabulación o estimación de estos factores de riesgo se tomó muy en cuenta que el ruido tuvo prevalencia sobre los otros factores como son humedad, temperatura y ventilación, con una estimación de 5, considerada importante, pero no es el factor de riesgo objeto de este estudio. Los otros factores de riesgo ventilación, humedad y temperatura elevada tuvieron una estimación entre 3 y 4, que se cuantifica como moderada como se explica en la tabla 3.8, y que no presenta peligro alguno para la salud de los trabajadores.

- e) Proceso químico en la torre: consiste en la inyección de químicos para mantener un pH neutro en la torre de enfriamiento. El tiempo estipulado que utilizó el operario de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas fue de 2 horas. Los químicos que se utilizaron fue con un secuestrante, un inhibidor y gas cloro. Los factores de riesgo físico identificados fueron:

**Tabla 3.9** Factores de riesgo físico que se hallaron durante la adición de químicos en la torre de las calderas de la Planta de Utilidades y su estimación

<b>FACTORES DE RIESGO DURANTE LA ADICIÓN DE QUÍMICOS EN LA TORRE</b>	<b>ESTIMACIÓN DEL RIESGO</b>
Humedad	Moderado
Ruido	Importante
Temperatura elevada	Moderado
Ventilación insuficiente	Moderado

Se estimó el ruido como un factor de riesgo con una ponderación de 5, valorada como importante, por lo tanto se deben tomar medidas e intervenciones ingenieriles, en el medio transmisor y en el receptor, para evitar complicaciones de oído y de la presión arterial en el trabajador de la Planta de Utilidades. Los factores de ventilación, humedad y temperatura elevada tuvieron ponderación entre 3 y 4, catalogada como moderada como se observa en la tabla 3.9, por lo que se recomendó tomar medidas preventivas generales.

- f) Lavado de mallas: en los intercambiadores y enfriadores existen mallas, que sirven para atrapar sólidos, hojas de árboles, cuerpos extraños. El operador de esta área realizó el desalojo de este material que se encontraba atrapado en las mallas en un tiempo de 1 hora. Los factores de riesgo físico tabulados fueron:

**Tabla 3.10** Factores de riesgo físico que se hallaron durante el lavado de mallas en los intercambiadores y enfriadores en la Planta de Utilidades y su estimación

<b>FACTORES DE RIESGO EN EL LAVADO DE MALLAS EN INTERCAMBIADORES</b>	<b>ESTIMACIÓN DEL RIESGO</b>
Humedad	Moderado
Ruido	Moderado
Temperatura elevada	Moderado
Ventilación insuficiente	Importante

No hubo emisión de calor térmico que cause impacto en la salud de los trabajadores de la Planta de Utilidades. La humedad y el ruido se estimaron como un riesgo entre 3 y 4, de tipo moderado, que se considera no causal de alguna complicación en la salud de los operadores de la Planta de Utilidades. Se observó una ventilación insuficiente, estimada con valor 5, catalogada como importante, según se presenta en la tabla 3.10, que impidió la transpiración y evaporación a corto plazo y con ello se acumuló calor. Todo ello afectó el metabolismo calórico del trabajador y se produjo un riesgo para la salud.

En el Anexo II, se presenta la matriz de riesgos físicos en la Planta de Utilidades y selectivamente en el área de agua de enfriamiento, la misma que presentó los factores de riesgos identificados con su respectiva ponderación. De acuerdo al estudio realizado, se determinaron los riesgos físicos como: humedad, ruido, temperatura elevada y ventilación insuficiente. Se estimó un riesgo promedio entre 3 y 4, cuantificado como riesgo moderado. Debido a ello, no se consideraron como factores de riesgo que afectaron tanto a la máquina como al trabajador, ya que el rendimiento de ambos no disminuyó y por lo tanto no se afectó la productividad de la empresa. Como excepción se debe mencionar que la estimación del riesgo físico ruido estuvo con valor de 5, considerado como un riesgo de estimación importante. El riesgo mencionado no correspondió al estudio objeto de esta tesis, por lo tanto será tomado en cuenta en un estudio posterior.

Por otro lado no se identificaron factores de riesgo físico como: radiaciones ionizantes y no ionizantes, iluminación y presiones anormales. Es decir que el equipo multidisciplinario consideró que estos riesgos no presentan un peligro para la salud del trabajador.

La estimación en la tabla de triple criterio del Ministerio de Relaciones Laborales y Empleo del Ecuador, figura 2.1, presenta:

- Los riesgos moderados con coloración amarilla y valores entre 3 y 4.
- Los riesgos importantes de coloración mostaza con valores entre 5 y 6.
- Los riesgos considerados como intolerables usan una coloración roja con valores entre 7, 8 y 9.

De la identificación realizada en el agua de enfriamiento se dedujo que el riesgo de este estudio que es la temperatura elevada, influenciado por los riesgos humedad y ventilación insuficiente, tuvieron una ponderación promedio de 3. Es decir que el área de agua de enfriamiento, al estar en una posición alta en la torre, se constituye en un área ventilada, donde no se atrapa la humedad ni el calor. Por lo tanto no impacta en el metabolismo calórico del trabajador. Por otro lado se

estimó el factor de riesgo ruido, como un potencial factor de riesgo capaz de causar alteraciones de la presión arterial y trastornos de hipoacusias a mediano y largo plazo. El ruido fue catalogado por el estudio realizado como un factor importante, a tomar en cuenta en una evaluación posterior.

### **3.1.4 IDENTIFICACIÓN Y ELABORACIÓN DE LA MATRIZ DE RIESGOS FÍSICOS PARA EL ÁREA DE VAPOR PARA EQUIPOS Y TURBINAS**

Las identificaciones fueron realizadas en el mes de abril de 2014 y se investigaron los peligros a los que están expuestos los trabajadores que laboran con la modalidad de contratos permanentes, para ello se elaboró una matriz de triple criterio y se consideró todas las áreas de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas.

En la presente identificación de factores de riesgo físico, correspondió al área de vapor para equipos y turbinas, se valoró las siguientes actividades:

- a) Monitoreo de equipos rotativos y estáticos: esta actividad consiste en el monitoreo de funcionalidad y operatividad de las máquinas. Los equipos que se intervienen son bombas, calderas y turbinas. El tiempo utilizado para esta actividad es de 2 horas y lo realizan los trabajadores en número de 5, en turnos rotativos. Los riesgos físicos encontrados fueron:

**Tabla 3.11** Factores de riesgo físico que se hallaron durante el monitoreo de equipos rotativos y estáticos en la Planta de Utilidades y su estimación

<b>FACTORES DE RIESGO DURANTE EL MONITOREO DE EQUIPO ROTATIVO Y ESTÁTICO</b>	<b>ESTIMACIÓN DEL RIESGO</b>
Humedad	Moderado
Ruido	Moderado
Temperatura elevada	Importante
Ventilación insuficiente	Moderado

En esta parte de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas el impacto de calor es tolerable, si se toma en consideración que el monitoreo de equipos rotativos es una actividad que ocupa cerca de 10 min y no es permanente en un mismo lugar, siendo una actividad transitoria, no impacta en el metabolismo calórico del trabajador. El valor de estimación del riesgo térmico encontrado fue de 5, es decir ponderación del riesgo cuantificado como importante, los factores de riesgo ruido, ventilación y humedad presentan una estimación moderada, mismos que están presentados en la tabla 3.11.

- b) Control de Variables de Operación: consiste en la toma de temperatura, presión, niveles y vibraciones que emiten los turbos, quemadores, calderas y turbinas. Las diferentes fases son ejecutadas en un tiempo de tres horas y se utilizan 2 operarios por turno, en total se realizan 5 turnos rotativos. Los factores de riesgos fueron:

**Tabla 3.12** Factores de riesgo físico que se hallaron durante el control de variables de operación en la Planta de Utilidades y su estimación

<b>FACTORES DE RIESGO DURANTE EL CONTROL DE VARIABLES DE OPERACIÓN</b>	<b>ESTIMACIÓN DEL RIESGO</b>
Humedad	Importante
Ruido	Importante
Temperatura elevada	Importante
Ventilación insuficiente	Importante

De igual manera el tomar datos es una tarea transitoria, pero como la permanencia del trabajador en el área calorífica se prolonga, por tener varios equipos que evaluar, se consideró que el impacto de calor térmico influyó en su metabolismo y a largo plazo afectará la salud del trabajador. La ponderación de los riesgos fue de 5 como se presenta en la tabla 3.12, considerados como un riesgo importante.

c) Adición de químicos en calderas: se adicionan para la operatividad de las calderas un secuestrante de oxígeno, anticorrosivos y antiadherentes. La operación del trabajador dura entre ½ a 1 horas y la realizan 5 trabajadores, de ellos uno por cada turno, en total son cinco turnos de 8 horas laborables que dura la jornada de trabajo.

**Tabla 3.13** Factores de riesgo físico que se hallaron durante la adición de químicos en las calderas de la Planta de Utilidades y su estimación

<b>FACTORES DE RIESGO DURANTE LA ADICIÓN DE QUÍMICOS EN LAS CALDERAS</b>	<b>ESTIMACIÓN DEL RIESGO</b>
Humedad	Importante
Ruido	Importante
Temperatura elevada	Importante
Ventilación insuficiente	Importante

De los riesgos físicos descritos en la tabla 3.13, se estableció con un valor de 6, considerado como un riesgo importante, capaz de causar daño en la salud del operario. También en esta área se valoró la falta de iluminación para realizar esta actividad, lo que conlleva a considerarse como un factor de riesgo capaz de causar accidentes de trabajo, al tomar en cuenta que en esta actividad se manipulan químicos.

c) Cambio de bayoneta en calderas: actividad que se realiza en los quemadores de fuel oil, aquí labora un operador por cada turno, en total realizan 5 fases rotativas. El tiempo estimado para esta actividad es de 30 min; el proceso consiste en que la bayoneta realiza el barrido de carbón y hollín en quemadores, luego de que se satura de estos residuos, se reemplaza con una bayoneta limpia.

**Tabla 3.14** Factores de riesgo físico que se hallaron durante el cambio de bayoneta en las calderas de la Planta de Utilidades y su estimación

<b>FACTORES DE RIESGO DURANTE EL CAMBIO DE BAYONETA EN LAS CALDERAS</b>	<b>ESTIMACIÓN DEL RIESGO</b>
Humedad	Importante
Ruido	Importante
Temperatura elevada	Intolerable
Ventilación insuficiente	Importante

La cuantificación del factor de riesgo térmico se valoró en 7, ponderación intolerable. Los factores de riesgo como la humedad, ventilación insuficiente y ruido tuvieron estimación a tomarse en cuenta con valor de 6, ponderados como importante, datos que se presentan en la tabla 3.14. La iluminación en esta actividad también estuvo presente, pero no con una ponderación que afecte la salud del operario, se valoró en 3 y se la consideró como factor de riesgo moderado.

Los valores de estimación de los factores de riesgo encontrados constituyen prioridad para aplicar el paso siguiente que son las evaluaciones térmicas o índice WBGT al trabajador de esta área de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas, aplicar el régimen trabajo-descanso y tomar las medidas preventivas y control, para evitar que el trabajador produzca patologías y complicaciones en el organismo, que afecten la salud.

d) Barrido y limpieza en quemadores: la actividad correspondió al barrido y aseo de los quemadores, los grupos de trabajo se contabilizaron en número de 5, el tiempo estimado para su ejecución fue de 3 horas, ejecutado por un operario por grupo. Los factores de riesgos físicos fueron:

**Tabla 3.15** Factores de riesgo físico que se hallaron durante el barrido y limpieza de los quemadores en las calderas de la Planta de Utilidades y su estimación

<b>FACTORES DE RIESGO DURANTE EL BARRIDO Y LIMPIEZA DE QUEMADORES EN LAS CALDERAS</b>	<b>ESTIMACIÓN DEL RIESGO</b>
Humedad	Importante
Ruido	Importante
Temperatura elevada	Importante
Ventilación insuficiente	Importante

Los factores de riesgos que se presentaron en esta área y actividad descritos en la tabla 3.15, tuvieron estimaciones de riesgos considerables. Los valores ponderados que se hallaron fueron de estimación 6, tabulados como factores de riesgo importante. Excepto el factor de riesgo iluminación que tuvo una estimación baja, con valor de 3, catalogada como moderada, misma que no influyó en la realización de cualquier actividad y no afectó la salud del trabajador de la Planta de Utilidades.

f) Purga de calderas: la actividad se ejecutó con la limpieza, desalojo de sólidos, lodos y aguas sucias. Proceso que toma el tiempo de 3 horas aproximadamente, se ejecutó con el contingente de un operador del área. Los factores de riesgo físico fueron:

**Tabla 3.16** Factores de riesgo físico que se hallaron durante la purga en las calderas de la Planta de Utilidades y su estimación

<b>FACTORES DE RIESGO DURANTE LA PURGA DE LAS CALDERAS</b>	<b>ESTIMACIÓN DEL RIESGO</b>
Humedad	Importante
Ruido	Importante
Temperatura elevada	Importante
Ventilación insuficiente	Moderado



De acuerdo a la tabla 3.16, se encontraron factores de riesgos como iluminación y ventilación insuficiente con una ponderación baja, estimada en promedio 3, tabuladas como factor de riesgo moderado. Los riesgos humedad, temperatura elevada y ruido tuvieron una estimación de 5, considerada como importante. Los factores de riesgos térmicos estuvieron elevados y al mismo tiempo la duración de la operatividad en esta limpieza fue prolongada, sin embargo no constituyó un parámetro que incida en la salud del trabajador de la Planta de Utilidades.

- g) Acompañar a mantenimiento de equipos: se realizó esta actividad en conjunto con trabajadores del área de mantenimiento, tiempo que se usó para esta labor 5 horas. Los factores de riesgo físico se presentan en la tabla 3.17:

**Tabla 3.17** Factores de riesgo físico que se hallaron durante el acompañamiento a mantenimiento de equipos de turbos y calderas de la Planta de Utilidades y su estimación

<b>FACTORES DE RIESGO DURANTE EL MANTENIMIENTO EN TURBOS Y CALDERAS</b>	<b>ESTIMACIÓN DEL RIESGO</b>
Humedad	Importante
Ruido	Importante
Temperatura elevada	Importante
Ventilación insuficiente	Moderado

Los factores de riesgos fueron temperatura elevada, humedad y ruido, con valores de estimación de 5, considerados como importantes; el factor de riesgo ventilación insuficiente se valoró en 3, tabulado como riesgo moderado, como se presenta en la tabla 3.17, el mismo que permite la ventilación del área y no aumenta las condiciones térmicas del trabajador.

- h) Liberación de equipos: este procedimiento consiste en sacar fuera de servicio a equipos en mal estado, para incorporar otros en buenas condiciones. Esta actividad es corta, entre 20 y 30 min. Los riesgos físicos fueron:

**Tabla 3.18** Factores de riesgo físico que se hallaron durante la liberación de equipos de la Planta de Utilidades y su estimación

<b>FACTORES DE RIESGO DURANTE LA LIBERACIÓN DE EQUIPOS EN LA PLANTA DE UTILIDADES</b>	<b>ESTIMACIÓN DEL RIESGO</b>
Humedad	Importante
Ruido	Importante
Temperatura elevada	Importante
Ventilación insuficiente	Moderado

El factor de riesgo ventilación insuficiente, tuvo una baja incidencia en la realización de esta actividad y no influyó para aumentar las cargas térmicas del trabajador de la Planta de Utilidades, la valoración fue de 4, que constituye un riesgo moderado. La humedad, ruido y temperatura elevada reportaron estimaciones importantes, con valor promedio de 5, como se presenta en la tabla 3.18. El tiempo de duración al realizar esta actividad es corta por lo tanto no hay exposición permanente a estos factores de riesgo, especialmente al riesgo térmico.

- i) Toma de datos en turbos generadores: la actividad en la que se cuantificó presión, temperatura, niveles y vibración, con una duración de 30 min y la realizó un operario, los factores de riesgo físico se presentan en la tabla 3.19.

**Tabla 3.19** Factores de riesgo físico que se hallaron durante la toma de datos de equipos de turbos generadores de la Planta de Utilidades y su estimación

<b>FACTORES DE RIESGO DURANTE TOMA DE DATOS EN TURBOS GENERADORES</b>	<b>ESTIMACIÓN DEL RIESGO</b>
Humedad	Importante
Ruido	Importante
Temperatura elevada	Importante
Ventilación insuficiente	Moderado

La ventilación insuficiente y la iluminación en esta actividad estuvieron presentes como factor de riesgo, pero no alcanzaron estimaciones de considerarlas perjudiciales para el trabajador, la estimación promedio fue de 4, valorado como riesgo moderado. Los factores de riesgos Iluminación, temperatura elevada y ruido, reportaron estimación de 5 y se los valoró como riesgos importantes, como se presenta en la tabla 3.19. De igual manera el tiempo limitado en esta actividad no es sinónimo de afectación a la salud del trabajador.

- j) Mantenimiento de turbos generadores: actividad que se ejecutó con la participación de un trabajador de turno rotativo, la duración de operatividad llevó un tiempo de 3 horas. Los factores de riesgo físico se presentan en la tabla 3.20.

**Tabla 3.20** Factores de riesgo físico que se hallaron durante el mantenimiento de turbos generadores de la Planta de Utilidades y su estimación

<b>FACTORES DE RIESGO DURANTE EL MANTENIMIENTO EN TURBOS GENERADORES</b>	<b>ESTIMACIÓN DEL RIESGO</b>
Humedad	Importante
Ruido	Importante
Temperatura elevada	Importante
Ventilación insuficiente	Moderado

Como se presenta en la tabla 3.20, la estimación que se tabuló para el factor de riesgo temperatura elevada, fue con una cuantificación de 7, considerada como intolerable, debido a que la carga térmica en esta área es elevada, se deduce como un factor de riesgo que influye en el metabolismo y afectaciones futuras en la salud del operador. Los factores de riesgo como ruido y humedad se estimaron en valor de 5, considerados con una estimación importante. La ventilación insuficiente y la iluminación estuvieron presentes como factor de riesgo, pero no alcanzaron estimaciones de considerarlas perjudiciales para el trabajador, la estimación del factor de riesgo promedio fue de 4, valorada como riesgo moderado.

k) Poner en servicio los turbos generadores: la actividad se ejecutó con un promedio corto de tiempo, entre 20 a 30 min realizado por un operario. Entre los factores de riesgo físicos estimados:

**Tabla 3.21** Factores de riesgo físico que se hallaron al poner en servicio los turbos generadores de la Planta de Utilidades y su estimación

<b>FACTORES DE RIESGO AL PONER EN SERVICIO LOS TURBOS GENERADORES</b>	<b>ESTIMACIÓN DEL RIESGO</b>
Humedad	Importante
Ruido	Importante
Temperatura elevada	Importante
Ventilación insuficiente	Moderado

Los factores de riesgo ventilación insuficiente e iluminación se cuantificaron con valor promedio de 4, estimación considerada como moderada. Los factores de riesgo ruido, humedad y temperatura elevada tuvieron tabulación con valor de 6, presentaron una influencia negativa de impacto térmico, la estimación de riesgo fue catalogada como importante y se lo presenta en la tabla 3.21.

Como se determina en el Anexo II, la matriz de riesgo en esta área, estuvieron presentes factores de riesgos físicos de los cuales mencionamos: temperatura elevada, humedad, ventilación insuficiente, ruido e iluminación. La tabulación de estos riesgos especialmente temperatura elevada, ventilación insuficiente fueron catalogadas como causales de impacto en la salud y metabolismo térmico en los trabajadores de la Planta de Utilidades. Hay actividades que realiza el trabajador en esta área de vapor para equipos y turbinas que fueron ponderados como intolerables, factores de riesgo que a mediano y largo plazo podrían ser la causa de enfermedades ocupacionales. Debido al impacto de estrés térmico hallado, hay que tomar mecanismos de prevención y control en el área de vapor para equipos y turbinas.

### **3.1.5 IDENTIFICACIÓN Y ELABORACIÓN DE LA MATRIZ DE RIESGOS FÍSICOS PARA EL ÁREA DE AIRE TRATADO PARA EL SISTEMA DE CONTROL**

Mediante la elaboración de la matriz de factores de riesgos que se realizó en la Planta de Utilidades, se identificó el factor de riesgo físico, estrés térmico, las consecuencias y complicaciones en lo referente a esta área. Se consideró todas las áreas de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas. En esta oportunidad fue el área aire tratado para el sistema de control, en ella se valoró las siguientes actividades:

- a) Control de variables de operación: esta actividad fue ejecutada por 5 trabajadores que laboran en forma rotativa, en total 5 turnos. El tiempo que utilizaron para esta labor fue de 30 min. Las variables consisten en tomar datos de temperatura, presión, vibraciones y niveles. Se encontraron factores de riesgo físico como:

**Tabla 3.22** Factores de riesgo físico que se hallaron durante el control de variables de operación como: presión, niveles, vibraciones y temperatura, en el sistema de aire tratado de la Planta de Utilidades y su estimación

<b>FACTORES DE RIESGO DURANTE LA TOMA DE PRESIÓN, NIVEL, VIBRACIÓN Y TEMPERATURA</b>	<b>ESTIMACIÓN DEL RIESGO</b>
Humedad	Importante
Ruido	Importante
Temperatura elevada	Importante
Ventilación insuficiente	Importante

De los riesgos descritos en la tabla 3.22, los factores de riesgo preponderantes con una estimación de 6, fueron la humedad y la ventilación insuficiente, lo que provocó acumulación de calor térmico en el trabajador. La temperatura elevada se la cuantificó con una estimación considerada importante, con valor de 5. Los tres factores de riesgo producen sinergismo a la carga térmica al que se expuso el trabajador. El ruido tuvo igual ponderación con estimación de 5, catalogado como importante. Por otra parte el factor de riesgo iluminación se valoró en 3, considerado como moderado.

- b) Proceso de enfriamiento en compresores: esta actividad la realizó el operario en 2 horas. El procedimiento la ejecutó un operario, se repitió la operación cada turno por cada grupo, en un total de 5 grupos rotativos. Como factores de riesgo físico se consideró:

**Tabla 3.23** Factores de riesgo físico que se hallaron durante el enfriamiento de compresores de la Planta de Utilidades y su estimación

<b>FACTORES DE RIESGO DURANTE EL ENFRIAMIENTO DE COMPRESORES</b>	<b>ESTIMACIÓN DEL RIESGO</b>
Humedad	Importante
Ruido	Importante
Temperatura elevada	Moderado
Ventilación insuficiente	Importante

En esta actividad se verificó que los factores de riesgos humedad, ventilación insuficiente y ruido se catalogaron como riesgos importantes, valor promedio de 5 como se presenta en la tabla 3.23. Los riesgos temperatura elevada e iluminación se estimaron con un valor de 4, considerados factor de riesgo moderado.

c) Alineación en compresores del sistema de enfriamiento: se ejecutó el procedimiento por un operador, con un tiempo en la actividad de 30 min. Los factores de riesgo físico que se presentaron en la tabla 3.24 fueron:

**Tabla 3.24** Factores de riesgo físico que se hallaron durante la alineación en compresores del sistema de enfriamiento de la Planta de Utilidades y su estimación

<b>FACTORES DE RIESGO DURANTE LA ALINEACIÓN DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO EN COMPRESORES</b>	<b>ESTIMACIÓN DEL RIESGO</b>
Humedad	Moderado
Ruido	Importante
Temperatura elevada	Moderado
Ventilación insuficiente	Moderado

Los factores de riesgos encontrados e identificados como riesgo físico, fueron: humedad, temperatura elevada, iluminación y ventilación insuficiente, ellos estuvieron presentes como factores de riesgo, pero no sumaron carga de calor al trabajador. La valoración promedio fue de 4, considerado un factor de riesgo moderado como se expresa en la tabla 3.24; excepto el ruido cuya valoración estuvo con promedio de 6, considerado como factor de riesgo importante.

- d) Drenaje de aftercooler, rompedor ciclónico y secador: actividad que se ejecutó en el tiempo de 2 horas, con la participación de un operador. Los factores de riesgo físico que se obtuvieron fueron:

**Tabla 3.25** Factores de riesgo físico que se hallaron durante el drenaje del aftercooler del sistema de aire tratado de la Planta de Utilidades y su estimación

<b>FACTORES DE RIESGO DURANTE EL DRENAJE DEL AFTERCOOLER</b>	<b>ESTIMACIÓN DEL RIESGO</b>
Humedad	Moderado
Ruido	Importante
Temperatura elevada	Moderado
Ventilación insuficiente	Moderado

Como se presenta en la tabla 3.25, se estimaron estos factores de riesgo con un promedio de 3 considerados como riesgo moderado. No así el factor de riesgo ruido, al mantener un mismo estándar con valor de 6, el mismo que se consideró como un factor de riesgo importante.

- e) Drenaje de aire en cabezales: actividad que se realiza para que el producto no vaya con aire a los instrumentos y procesos varios de la planta de refinación, este procedimiento se realizó en un tiempo de 30 min, y se ejecutó por un operario. Entre los factores de riesgo físico fueron:



**Tabla 3.26** Factores de riesgo físico que se hallaron durante el drenaje de aire de los cabezales de la Planta de Utilidades y su estimación

<b>FACTORES DE RIESGO DURANTE EL DRENAJE DE AIRE DE LOS CABEZALES</b>	<b>ESTIMACIÓN DEL RIESGO</b>
Humedad	Moderado
Ruido	Importante
Temperatura elevada	Moderado
Ventilación insuficiente	Moderado

La valoración de estos factores de riesgo tiene un promedio de 4, estimado como riesgo moderado, excepto el ruido que se valoró en 6, estimado como riesgo importante como se presenta en la tabla 3.26. Estas estimaciones no se consideraron como factores que van a elevar la carga térmica del trabajador y por lo tanto no se tomaron en consideración para que a los trabajadores de esta área se evalúe el índice térmico WBGT.

- f) Control de recepción y drenaje de tanques: actividad que consiste en el drenaje y recepción de fuel oil, se realizó en un tiempo de 30 min y lo realizó un operario, donde se obtuvieron los factores de riesgo físico siguientes:

**Tabla 3.27** Factores de riesgo físico que se hallaron durante la recepción y el drenaje de tanques de la Planta de Utilidades y su estimación

<b>FACTORES DE RIESGO DURANTE RECEPCIÓN Y DRENAJE DE TANQUES</b>	<b>ESTIMACIÓN DEL RIESGO</b>
Humedad	Moderado
Ruido	Moderado
Temperatura elevada	Moderado
Ventilación insuficiente	Moderado

Estos factores de riesgo que tuvieron una estimación promedio de 3, tabulada como de incidencia baja o moderada como lo explica la tabla 3.27, lo que demuestra que estos riesgos están presentes, pero no incidieron en el metabolismo calórico del trabajador. Por lo tanto no se tomaron como referencia para evaluaciones directas.

La matriz de riesgo físico del área en estudio, que es aire tratado para el sistema de control, se presenta en el Anexo II, en ella se determinaron factores de riesgo como la temperatura elevada, humedad y ventilación insuficiente, los mismos que estuvieron presentes en todas las actividades de la respectiva área. En los hornos se cuantificó una estimación de riesgo como importante, con aumento de carga calórica que produjo impacto en el metabolismo térmico de los trabajadores de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas.

Al comparar el área de vapor para equipos y turbinas con el área que produce aire tratado para el sistema de control se encontró una situación casi similar, es decir un factor de riesgo importante, pero no se tabularon riesgos intolerables, debido a ello esta área no se la consideró para evaluación con medidas del índice WBGT y carga térmica de los operadores. El factor de riesgo ruido tuvo una ponderación elevada, estimada como importante, pero no es un factor objeto de este estudio. El factor de riesgo iluminación no tuvo incidencia en las afectaciones del trabajador.

### **3.1.6 IDENTIFICACIÓN Y ELABORACIÓN DE LA MATRIZ DE RIESGO FÍSICO PARA EL ÁREA DE LA DESMINERALIZADORA**

En el área de la desmineralizadora con sus siglas (DMZ) se identificaron factores de riesgo físico como temperatura, ruido, humedad y falta de buena ventilación, se tabularon de acuerdo a la percepción organoléptica y visual. Se elaboró una matriz de riesgo con parámetros que utiliza el Ministerio de Relaciones Laborales y Empleo del Ecuador, para ello se identificaron todas las actividades de esta área y que realiza el trabajador de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas.

- a) Toma de datos: de la desmineralizadora, el trabajador de esta sección cuantifica el pH, conductividad y concentración de sílice que tiene el agua, labor que la realiza un operario por turno y el tiempo requerido para esta actividad es aproximadamente 30 min. Los factores de riesgos físicos fueron:

**Tabla 3.28** Factores de riesgo físico que se hallaron durante la toma de datos en la desmineralizadora de la Planta de Utilidades y su estimación

<b>FACTORES DE RIESGO DURANTE TOMA DE DATOS EN LA DESMINERALIZADORA</b>	<b>ESTIMACIÓN DEL RIESGO</b>
Humedad	Moderado
Ruido	Importante
Temperatura elevada	Moderado
Ventilación insuficiente	Moderado

El factor de riesgo ruido se estimó en un alto grado con valor de 5, catalogado como riesgo importante. Los factores de riesgos como la ventilación insuficiente, humedad y temperatura elevada, tuvieron estimación con valor promedio de 4, catalogados con estimación de riesgo moderado como se observa en la tabla 3.28, los factores de riesgo térmico encontrados no causaron impacto térmico, ni afectaron la salud en el trabajador.

- b) Análisis con reactivos: en esta actividad se utiliza reactivos ericromo-buffer, que se aplican en la desmineralizadora. Labor que la realizó un operario y la duración de esta fue de 2 horas. Entre los factores de riesgo físico más importantes como se presenta en la tabla 3.29 fueron:

**Tabla 3.29** Factores de riesgo físico que se hallaron durante el análisis con reactivos en la desmineralizadora de la Planta de Utilidades y su estimación

<b>FACTORES DE RIESGO DURANTE EL ANÁLISIS CON REACTIVOS EN LA DESMINERALIZADORA</b>	<b>ESTIMACIÓN DEL RIESGO</b>
Humedad	Moderado
Ruido	Importante
Temperatura elevada	Moderado
Ventilación insuficiente	Moderado

Como se presenta en la tabla 3.29, el factor de riesgo ruido se estimó con valor de 5, estimado como riesgo importante. Los factores de riesgos como la ventilación insuficiente, humedad y temperatura elevada, tuvieron estimación con valor promedio de 4, considerado como riesgo moderado, que no causa impacto térmico en el trabajador.

- c) Monitoreo diferencial de presión: esta actividad fue ejecutada por 2 trabajadores y el tiempo estimado para ejecutar esta operación fue de 1 hora. Los factores de riesgo se presentan en la tabla 3.30 y fueron:

**Tabla 3.30** Factores de riesgo físico que se hallaron durante el monitoreo diferencial de presión en la desmineralizadora de la Planta de Utilidades y su estimación

<b>FACTORES DE RIESGO EN EL MONITOREO DE PRESIÓN EN LA DESMINERALIZADORA</b>	<b>ESTIMACIÓN DEL RIESGO</b>
Humedad	Moderado
Ruido	Importante
Temperatura elevada	Moderado
Ventilación insuficiente	Moderado

Durante la evaluación del factor de riesgo ruido, se estimó una valoración de 5, considerado un riesgo importante. Los factores de riesgo físico como humedad, ventilación insuficiente y temperatura elevada, nombrados con anterioridad tuvieron una valoración baja de 3 y una estimación como factor de riesgo moderado, como se presenta en la tabla 3.30.

- d) Regeneración de la desmineralizadora (DMZ): la correspondiente actividad la realiza un operario, constituye un procedimiento peligroso por cuanto existe manipulación de químicos corrosivos y lacerantes. De ello se utilizó equipo de protección personal especial como: guantes de nitrilo, mascara facial, overol blanco para esta actividad. Tiempo estimado en cumplir esta labor fue de 3 horas. Los factores de riesgo físico y presentados en la tabla 3.31 fueron:

**Tabla 3.31** Factores de riesgo físico que se hallaron durante la regeneración en la desmineralizadora de la Planta de Utilidades y su estimación

<b>FACTORES DE RIESGO DURANTE EN LA REGENERACIÓN DE LA DESMINERALIZADORA</b>	<b>ESTIMACIÓN DEL RIESGO</b>
Humedad	Moderado
Ruido	Moderado
Temperatura elevada	Moderado
Ventilación insuficiente	Moderado

Los factores de riesgo descritos en la tabla 3.31, del área de la desmineralizadora tuvieron una valoración promedio de 3, se estimó como factor de riesgo moderado. Los mismos que no influyeron en el metabolismo calórico del trabajador y se desestimó para considerarlos en alguna evaluación posterior cuantitativa de índice WBGT.

La elaboración de la matriz de riesgo, se presenta en el Anexo II, donde se determina los factores de riesgo físico del área de la desmineralizadora. Cabe señalar que se observó presencia de factores de riesgo químico. Los factores de

riesgo físico de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas se relacionan con las actividades que realiza el operario en las 8 horas laborables. Entre los factores de riesgo como la ventilación insuficiente, temperatura elevada y humedad con una estimación baja o moderada, promedio de 4, no influyó en el impacto de la carga térmica del operario. Se identificó el riesgo físico ruido que estuvo presente en algunas actividades con valor promedio de 5, con una estimación de riesgo importante.

En comparación con las otras tres áreas de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas se observó que estos factores de riesgos físicos antes nombrados, en esta área, se tabularon en menor grado referentes al impacto térmico y salud en los trabajadores.

Los datos que se presentan en la tabla 3.32, comprende las cuatro áreas importantes de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas y se basan en la identificación previa de los factores de riesgo físico con su respectiva estimación. De ellas se observó que en todas las áreas existe calor al que está expuesto el trabajador.

**Tabla 3.32** Estimación del riesgo físico por áreas que arrojó la identificación de los mismos en la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas

<b>PLANTA DE UTILIDADES DE LA REFINERÍA DE ESMERALDAS</b>					
	<b>ESTIMACIÓN DE FACTORES DE RIESGO</b>				
<b>ÁREAS</b>	<b>TEMPERATURA</b>	<b>HUMEDAD</b>	<b>RUIDO</b>	<b>VENTILACIÓN INSUFICIENTE</b>	<b>ILUMINACIÓN</b>
Agua de enfriamiento	Moderado	Moderado	Importante	Moderado	Moderado
Vapor para equipos y turbinas	Intolerable	Importante	Importante	Importante	Moderado
Aire tratado para el sistema de control	Importante	Moderado	Importante	Moderado	Moderado
Desmineralizadora	Moderado	Moderado	Importante	Moderado	Moderado

Como se observa en la tabla 3.32, el factor de riesgo estrés térmico está cuantificado como intolerable en el área de vapor para equipos y turbinas, constituyéndose en el área más adecuada para la evaluación cuantitativa de índice WBGT de los riesgos físicos, esta selección o sectorización de evaluación de los riesgos físicos en la Planta de Utilidades es debido a que se toma en consideración la gravedad de los peligros, prevención de futuros accidentes y resultado de la identificación de los factores de riesgos.

De los reportes presentados en la misma tabla, se escogió el área de vapor para equipos y turbinas, de ella se dividió sus actividades por zonas. De esta manera se pudo sectorizar las zonas que tenían riesgo de carga térmica como intolerable.

Al comparar las áreas con relación al factor de riesgo estrés térmico, las áreas de la desmineralizadora y la zona de agua de enfriamiento tuvieron menor capacidad para emitir calor, la zona de aire tratado si bien es cierto es calurosa, no incide en el metabolismo calórico del trabajador, en cambio el área de vapor para turbinas y demás equipos se constituye como la de mayor impacto térmico.

Los estudios multidisciplinarios, como por ejemplo el análisis Hazop, requieren de un conocimiento avanzado y el trabajo se debe realizar en equipo. Estos estudios requieren de dos componentes: los técnicos y los analistas del riesgo.

Los técnicos deben ser especialistas relacionado con el estudio que se va a realizar y las áreas donde se realizará el estudio (refinerías, plantas químicas, centrales eléctricas, nucleares, almacenamiento de combustible, etc.).

Los analistas de riesgo deben ser el soporte del estudio, los mismos que tienen que moderar, dirigir y documentar el análisis, además tienen que definir el objetivo y el alcance del estudio (Casal, Montiel, Planas y Vílchez, 1999, p. 58).

Como se presenta en la tabla 3.33, se identificó el área con alto grado térmico como es la de vapor para equipos y turbinas, las 7 actividades importantes de esa misma área y la cuantificación de los factores de riesgo físico, los cuales fueron:

**Tabla 3.33** Estimación de riesgo físico en el área de vapor para equipos y turbinas producto de la identificación por zonas de los mismos en la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas

<b>ÁREA DE VAPOR PARA EQUIPOS Y TURBINAS</b>					
	<b>FACTORES DE RIESGO</b>				
<b>ZONAS</b>	<b>TEMPERATURA</b>	<b>HUMEDAD</b>	<b>RUIDO</b>	<b>VENTILACIÓN INSUFICIENTE</b>	<b>ILUMINACIÓN</b>
Toma de temperatura, niveles y presión	Moderado	Moderado	Importante	Moderado	Moderado
Mantenimiento de turbo generadores	Intolerable	Importante	Importante	Importante	Moderado
Cambio de bayoneta	Intolerable	Importante	Importante	Moderado	Moderado
Adición de químicos	Intolerable	Importante	Importante	Moderado	Moderado
Barrido y limpieza de quemadores	Importante	Importante	Importante	Moderado	Moderado
Purga de calderas	Importante	Importante	Importante	Moderado	Moderado
Monitoreo de equipo rotativo	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado

Como se observa en la tabla 3.33, las zonas del área vapor para equipos y turbinas, tuvieron impacto de riesgo estrés térmico en el trabajador, sin embargo las zonas de adición de químicos, cambio de bayoneta y el mantenimiento de los turbo generadores se constituyen como las más caloríficas del área.

Las zonas donde se realizan las medidas de temperatura, niveles y presión, barrido y limpieza de quemadores, purga de calderas y monitoreo de equipo rotativo el impacto térmico es menor en un 40 %.

De acuerdo a lo antes expuesto se evidencia que el área vapor para equipos y turbinas tiene impacto térmico que afectaron la salud y metabolismo calórico de



los trabajadores de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas y en estas zonas se cuantificará el índice térmico WBGT o se aplicará el siguiente objetivo de este estudio.

### **3.2 EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A ESTRÉS TÉRMICO EN LOS TRABAJADORES DE LA PLANTA DE UTILIDADES DE LA REFINERÍA DE ESMERALDAS Y COMPARAR CON LA NORMA NTP-322 Y LA NORMA ISO-7243**

Una vez ubicadas las actividades del área vapor para equipos y turbinas, se tomaron las medidas de índice WBGT en cada una de ellas, las mismas que de acuerdo a la norma NTP-322 e ISO-7243, deben realizarse cuando la exposición al calor es continuo.

Cuando los trabajos se realicen en exteriores o en lugares al aire libre, se deben realizar durante 60 min continuos. Las mediciones se realizaron en número de ocho y cada intervalo de medida fue de 15 min. Todas las medidas tienen registro del tiempo en que fueron tomadas y una vez culminado el proceso se retiró el equipo del trabajador, se grabó los datos obtenidos y se procedió a apagarlo.

Como se presenta en la tabla 3.34, se especifica todas las zonas que pertenecen al área de vapor para equipos y turbinas de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas, el gasto metabólico que tuvo el trabajador y el índice WBGT medido en cada una de las actividades que el realiza durante la jornada laboral, y se las comparó con el índice WBGT límite que da la Norma ISO-7243.

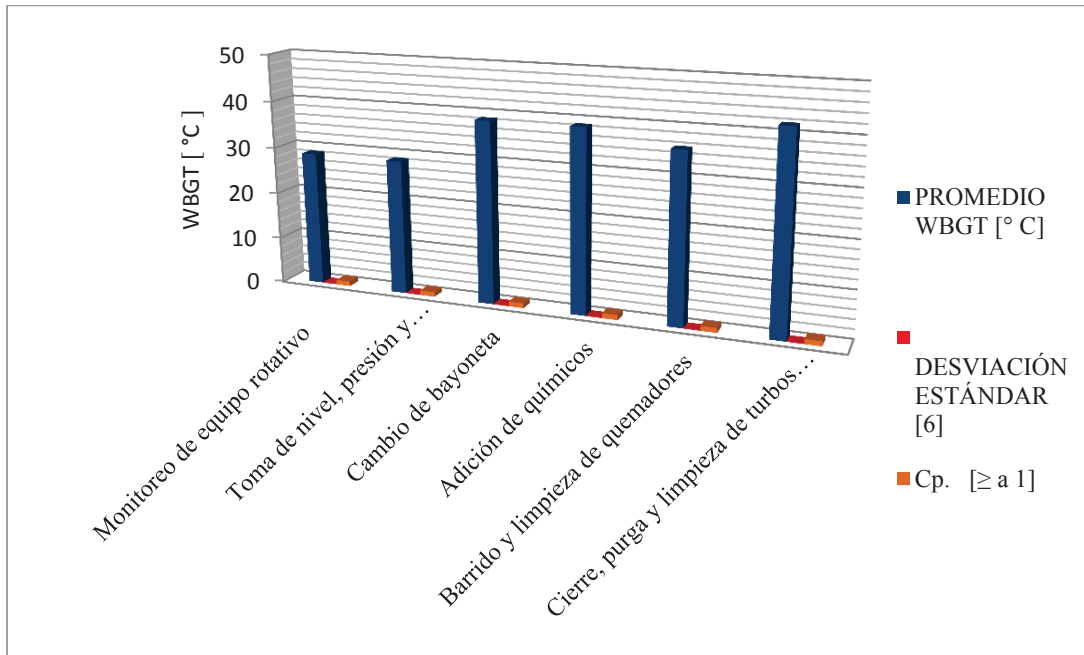
**Tabla 3.34** Especificación del metabolismo calórico del área vapor para equipos y turbinas de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas y el comparativo del

índice WBGT medido en cada una de las zonas con el WBGT límite resultante según la norma ISO-7243

<b>ZONAS</b>	<b>Metabolismo [kcal/h]</b>	<b>WBGT límite [°C]</b>	<b>WBGT medido [°C]</b>
Monitoreo de equipo rotativo	175	30	28,73
Toma de nivel, presión y temperatura	228	29	28,78
Cambio de bayoneta	266	28	38,75
Adición de químicos	295	28	38,88
Barrido y limpieza de quemadores	185	30	35,88
Cierre, purga y limpieza de turbo generadores	318	26	41,88

Como se presenta en la tabla 3.34, existe un considerable desgaste metabólico en los trabajadores de la Planta de Utilidades, en las zonas de calderas y turbo generadores, por cuanto las actividades tienen difícil acceso, las cargas térmicas son excesivamente elevadas, que superan el límite tolerable para el cuerpo humano.

Se presenta en la figura 3.1, las medidas de índice WBGT promedio, desviación estándar y la capacidad del proceso en el área vapor para equipos y turbinas.

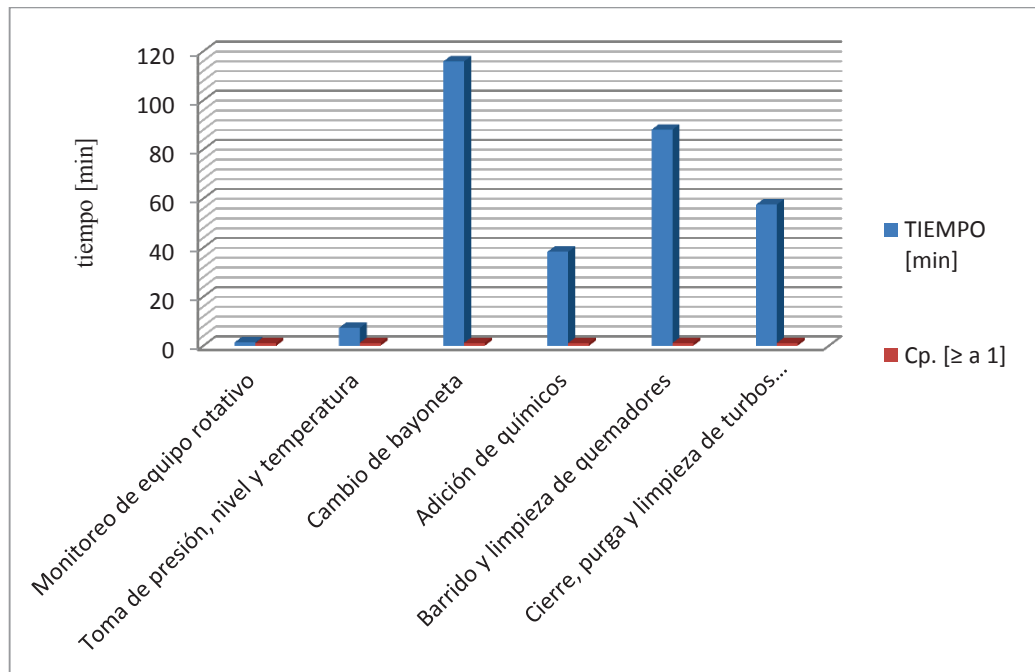


**Figura 3.1** Especificidad de calidad de las medidas de índice WBGT en las zonas del área vapor para equipos y turbinas, al obtener la capacidad del proceso y la desviación estándar

En la figura 3.1, se presenta que los índices WBGT en las actividades cambio de bayoneta, adición de químicos, barrido de quemadores y en el mantenimiento de turbo generadores, quienes superan a los índices de las otras actividades que se ejecutaron en la Planta de Utilidades.

Al mismo tiempo la homogeneidad de las medidas tomadas se mantienen a pesar de las diferencias de concentraciones de calor.

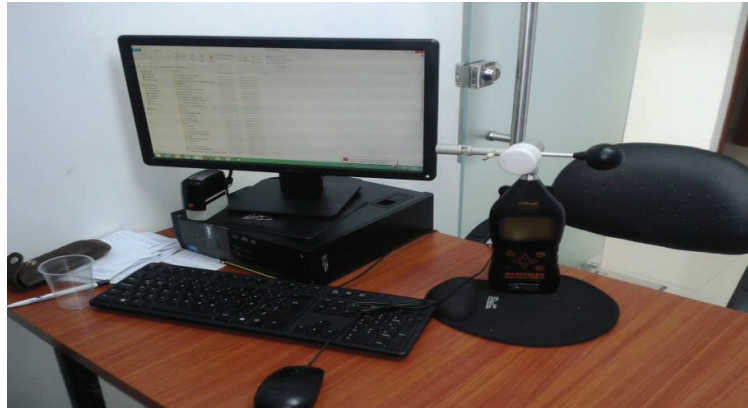
Como se presenta en la figura 3.2, la especificidad de calidad del tiempo empleado en las actividades del área de vapor para equipos y turbinas, al obtener la capacidad del proceso.



**Figura 3.2** Especificidad de calidad del tiempo utilizado durante la ejecución de las actividades en el área de vapor para equipos y turbinas, al obtener la capacidad del proceso

Como se presenta en la figura 3.2, se encuentra la especificidad de calidad del proceso y los tiempos utilizados en todas las zonas del área vapor para equipos y turbinas, los mismos que están homogéneos y las diferentes actividades bajo especificación o control, en la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas.

Para la medición del índice WBGT en las zonas de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas se utilizó un equipo portátil, calibrado, como se observa en la figura 3.3.



**Figura 3.3** Equipo Microtherm Heat Stress, marca Casella, que se utilizó para la medición del índice WBGT

En la tabla 3.34, se especifica las características del equipo que se utilizó para medir el índice de estrés térmico en la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas.

**Tabla 3.35** Especificación y características del equipo que se utilizó para la medición del índice WBGT en la Planta de Utilidades

<b>EQUIPO PARA MEDICIÓN DE ÍNDICE WBGT</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
Nominación	Equipo para medir índice WBGT, microtherm
Marca	Casella
Pantalla	LCD, grande de gráficos
Cálculo	En tiempo real de punto de rocío, HR%, régimen trabajo-descanso
Cumplimiento de normas	Cumple los requisitos de la norma ISO-7243
Adicional	Incluye un software para PC

### **3.2.1 EVALUACIÓN DEL INDICE WBGT AL PUESTO DE TRABAJO EN LA ACTIVIDAD MONITOREO DE EQUIPO ROTATIVO**

Se presenta en el Anexo III, los índices WBGT obtenidos en los días de monitoreo. De acuerdo al valor del índice WBGT promedio medido, no supera el límite permitido del índice WBGT según el Decreto Ejecutivo 2393, ni el WBGT límite que da la Norma ISO-7243. El valor tabulado de las 8 medidas de esta actividad que constituye la monitorización de los equipos rotativos, dio como resultado un nivel de riesgo estimado bajo, con baja exposición calorífica del trabajador, debido a ello no afectó la salud del operario.

La capacidad del proceso obtenida, da la certeza de que las medidas tomadas y la especificidad de calidad están homogéneas dentro de lo reglamentario, al considerar que la capacidad del proceso es  $\geq 1$ . Los datos de referencia de la tabulación de la desviación estándar y la capacidad del proceso se encuentran en el Anexo III.

Como el promedio WBGT medido es inferior a WBGT límite no tuvo impacto en el metabolismo basal del trabajador, porque la carga de calor que se le transmitió por radiación era tolerable.

Como se presenta en el Anexo III, se evaluó la carga de trabajo y el consumo metabólico de acuerdo a la Norma de la Agencia ACGIH, de la actividad monitoreo de equipo rotativo, que realizó el operador de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas. Donde se halló que el trabajador tuvo un tipo de actividad que la realizó con un solo brazo y fue valorado como un consumo metabólico bajo. La posición que ejecutó esta labor se hizo en posición de pie y hubo desplazamiento en el perímetro del área donde realiza las labores.

Todas estas actividades tienen un valor referencial según la norma antes citada, los mismos que sumados y luego agregado 1 kcal/min que corresponde al metabolismo basal del trabajador dio un promedio de 2,92 kcal/min, que expresa 175 kcal/h.

El tipo de carga de trabajo y consumo metabólico que arrojó el resultado de la sumatoria de esta actividad fue estimado como riesgo moderado. Por lo anterior expuesto en esta actividad del monitoreo de equipo rotativo de la Planta de Utilidades de Refinería de Esmeraldas no se aplicó la cuantificación del régimen trabajo-descanso (ft), debido a que el tiempo de permanencia en el área y la exposición calórica al que estuvo expuesto el trabajador fue tolerable para la salud.

Como se presenta en la figura 3.2, la capacidad del proceso cumple con la especificación de calidad en el tiempo, en la actividad de monitorear los equipos rotativos que se hallan en las calderas y turbo generadores de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas, con valor de 1,16. Las tabulaciones respectivas se encuentran desarrolladas en el Anexo III.

Como se observa en la tabla 3.34, hallado el metabolismo calórico al que estuvo expuesto el trabajador al monitorear los equipos rotativos, procedimiento desarrollado en el Anexo IV, se dedujo que la exposición límite de índice WBGT según la norma ISO-7243 fue de 30 °C.

Posteriormente en el Anexo III, se indica el índice WBGT de acuerdo a las medidas en kcal/h de las actividades y el tiempo empleado para el monitoreo de los equipos rotativos en las cinco calderas que en la actualidad están en funcionamiento y en los tres turbo generadores, se aplicó la ecuación 3.1 y se obtuvo el promedio del índice WBGT.

$$M = \frac{WBGT_1 * t_1 + WBGT_2 * t_2 + WBGT_{..} * t_{..}}{t_{total}} \quad [3.1]$$

Donde:

M = Consumo metabólico (kcal/h)

WBGT = Índice de estrés térmico (kcal/h)

t = tiempo (Monroy y Mendaza, 2010, p. 2)

Como se expresa en la tabla 3.34, el índice WBGT límite del puesto de trabajo monitoreo de equipos rotativos cuyo valor está condicionado de acuerdo al gasto metabólico del trabajador y estipulado en la tabla de la Norma ISO-7243, el mismo

que supera al índice medido y que se desarrolló en el Anexo III. De ello se deduce que no existe elevación del índice térmico, ni carga calórica en el trabajador de la Planta de Utilidades durante la realización de esta actividad.

### **3.2.2 EVALUACIÓN DEL ÍNDICE WBGT AL PUESTO DE TRABAJO EN LA ACTIVIDAD TOMA DE PRESIÓN, NIVELES Y TEMPERATURA EN CALDERAS Y TURBO GENERADORES**

En la actividad que correspondió a la toma de presión, niveles y temperatura de las 5 calderas y los 3 turbo generadores que existen en la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas, se tomaron las medidas con el equipo Microtherm para evaluar índice WBGT. Se obtuvo los resultados de las medidas de temperatura de

globo, húmeda y seca que registró el equipo para medir índice WBGT, cuando el trabajador de Utilidades realizó las actividades habituales, las mismas que se presentan en el Anexo IV. Se utilizó estos valores para aplicar la ecuación 1.5, que es referencial de la Norma NTP-322. Posteriormente se tabuló los índices WBGT en los 4 tiempos que permite la Norma ISO-7243, las mediciones se realizaron en 2 horarios el mismo día, uno por la mañana y el otro por la tarde, en total 8 medidas de índice WBGT. Al final se obtuvo como resultado un promedio del índice calórico que reciben los trabajadores en la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas, en la actividad de toma de presión, temperatura y niveles del área de calderas y turbo generadores.

Como se presentan en el Anexo IV, el valor promedio de índice WBGT supera el límite permisible según Decreto 2393 y la Norma ISO-7243. Pero se estableció que este índice calórico a pesar de estar aumentado no manifiesta ningún impacto térmico en el metabolismo y salud del trabajador que realiza esta actividad, además se consideró que la permanencia en el lugar para la toma de cada medida fue corta.



Se presenta en la figura 3.1, la calidad de las medidas del índice WBGT en la actividad toma de niveles, presión y temperatura, se obtuvo el valor de índice térmico, desviación estándar y la capacidad del proceso. Las medidas tomadas del índice WBGT de esta actividad que ejecutó el trabajador de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas están homogéneas y uniformes, las cuales cumplen las especificaciones de calidad planteadas, el desarrollo de la tabulación de la eficacia para medir la capacidad del proceso en esta actividad, se encuentra en el Anexo IV. Se registró la capacidad del proceso que fue  $\geq 1$ .

Se presenta en el Anexo IV, el consumo metabólico y el tipo de carga de trabajo que tuvo el operador al tomar los datos de presión, niveles y temperatura en las calderas y turbo generadores. En el anexo antes mencionado, se aplicó los lineamientos que tiene la Norma de la ACGIH. Durante esta actividad y para la evaluación del tipo de trabajo se utilizó las referencias que están suscritas en la tabla 2.1. Para evaluar la posición y movimiento del cuerpo se utilizó referencias de la tabla 2.2. Se encontró que el trabajador en la actividad de tomar los diferentes datos tanto en las calderas como en los turbo generadores utilizó un solo brazo, estimándose un consumo metabólico bajo.

La posición del cuerpo para esta tarea fue en posición de pie y hubo que desplazarse cuando realizó la actividad objeto del estudio. Los valores resultantes de todas estas actividades se sumaron y se adicionó 1 kcal/min que corresponde al metabolismo basal propio del trabajador. El resultado expresó el tipo de carga de trabajo y el consumo metabólico que realiza el trabajador de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas en la actividad objeto de este estudio, el mismo que se expresó en 3,8 kcal/min, que resultó 228 kcal/h.

Como se observa la tabla 3.34, en el puesto de trabajo al tomar las variables de calderas y turbo generadores el metabolismo que presentó el trabajador se aumentó y debido a ello el límite calorífico del trabajador en ese puesto de trabajo fue 29 °C.

Por otro lado en la figura 3.2, se tabuló las especificaciones de calidad de los tiempos empleados en las actividades, movimiento y posiciones del operador al tomar datos de temperatura, niveles y presión en calderas y turbo generadores.

Como se muestra en el Anexo IV, la especificación de calidad del tiempo empleado en las mediciones de la actividad, toma de presión, niveles y temperaturas de calderas y turbo generadores, cumplen los estándares relativos al procedimiento, debido a que la capacidad del proceso fue de 1,16.

El comparativo del WBGT medido especificado en el Anexo IV con el WBGT límite, el mismo que se encuentra desarrollado en el anexo antes nombrado y graficado en la tabla 3.34, se observó que el WBGT medido es igual al WBGT límite, por lo que se deduce que no hay carga calórica, ni indicio de impacto térmico en el trabajador de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas en relación a este puesto de trabajo.

### **3.2.3 EVALUACIÓN DEL ÍNDICE WBGT AL PUESTO DE TRABAJO EN LA ACTIVIDAD CAMBIO DE BAYONETA DURANTE OPERATIVO EN LAS CALDERAS**

En esta actividad que realiza el operador de calderas, se utilizó el equipo de medir índice WBGT modelo Microtherm, donde se reportó valores de temperatura de globo, húmeda y seca como se presentan en el Anexo V.

En la figura 3.4, se observa la evaluación de estrés térmico en el puesto de trabajo de cambio de bayoneta en las calderas de la Planta de Utilidades.



**Figura 3.4** Medición de estrés térmico en el puesto de trabajo de cambio de bayoneta en las calderas de la Planta de Utilidades

Las temperaturas fueron medidas en un solo día, por la mañana y por la tarde. Se tomó en consideración valores referenciales de la Norma ISO-7243 para evaluar el índice WBGT y se aplicó la ecuación 1.5.

Se presenta en el Anexo V, el promedio de índice WBGT que supera considerablemente los límites permisibles que permite la Norma del Decreto Ejecutivo 2393 y la Norma ISO-7243, lo cual implicó que la carga térmica al realizar el cambio de bayoneta incidió en el metabolismo calórico del trabajador de la Planta de Utilidades y por ende en la salud.

Los valores presentados en la figura 3.1, en la cual consta el promedio de las medidas de los índices WBGT, la desviación estándar y la especificidad de calidad del proceso y que fueron tabuladas como idóneas al reflejar una capacidad de proceso  $\geq 1$ , que garantiza en el procedimiento realizado, cuyas medidas al cambiar la bayoneta en los quemadores de las calderas están bajo especificidad y control. Los detalles de la obtención de la desviación estándar y la capacidad del proceso se encuentran en el Anexo V.

Se presentó en el Anexo V las tabulaciones del trabajador de la Planta de Utilidades al realizar el cambio de bayoneta en las calderas y se las comparó con la Norma ACGIH en lo referente al tipo de trabajo que ejecutó, el mismo que se cuantifica de acuerdo a la tabla 2.1. La postura y movimiento que realiza el mismo operario se estipula en la tabla 2.2. Para realizar este tipo de actividad el operador de calderas utilizó ambos brazos y se cuantificó un consumo metabólico

de 2,5 kcal/min, que equivale a 266 kcal/h, el riesgo estrés térmico fue estimado como moderado.

El levantamiento de carga que realizó fue importante, debido a que el peso de la bayoneta oscila entre los 16 y 18 kg, lo cual produjo un gasto de energía considerable. Además el operador al realizar el cambio de bayoneta, ejecutó un desplazamiento para esta labor. Al aplicar las valoraciones de las Normas ACGIH e ISO-7243, resultó un tipo de carga de trabajo alta. Esta actividad sumada a la exposición de temperatura elevada, sobrecarga de trabajo, se la consideró como idónea para elaborar la tabulación del régimen trabajo-descanso.

En base al gasto metabólico que tuvo el operador durante el cambio de bayoneta se cuantificó el índice WBGT límite que da la Norma ISO-7243.

Se expone en la tabla 3.34, el metabolismo calórico del trabajador de la Planta de Utilidades al realizar el cambio de bayoneta, se consideró cada una de las actividades que ejecutó y el tiempo que ocupó en cada una de ellas. Se observa que el índice WBGT límite que da la Norma ISO-7243, de acuerdo al consumo metabólico fue bajo.

Como se presenta en la figura 3.2, la especificidad de calidad del tiempo empleado en la toma de medidas de índice WBGT, y que la detallamos en el Anexo V, está acorde al proceso, el valor obtenido de la calidad del proceso fue de 1,16.

Como se presenta en el Anexo V, se obtuvo el índice WBGT medido de la actividad cambio de bayoneta, el mismo que es superior al índice WBGT límite, que implica que la exposición a estrés térmico fue de consideración, causó impacto en el metabolismo calórico y en la salud del trabajador de la Planta de Utilidades. Este resultado confirma que debe realizarse el objetivo de implementación del régimen trabajo-descanso, rotación de puestos de trabajo, hidratación adecuada a los trabajadores que pertenecen a este puesto de trabajo.

La presentación de la tabla 3.34, realiza un cuadro comparativo entre el índice WBGT límite con el WBGT medido, donde se estipula que en la actividad del

cambio de bayoneta de la Planta de Utilidades, la exposición térmica al que estuvo expuesto el trabajador al realizar esta actividad supera considerablemente el límite permisible, lo que afectó la salud del operario.

### **3.2.4 EVALUACIÓN DEL INDICE WBGT AL PUESTO DE TRABAJO EN LA ACTIVIDAD ADICIÓN DE QUÍMICOS EN LAS CALDERAS**

Durante la adición de químicos en las calderas que realiza el operador de turno se midió la temperatura de globo, húmeda y seca con el equipo de medir índice WBGT, marca Microtherm.

Los datos son presentados en el Anexo VI, lo cual se midió en esta actividad temperaturas fuera del rango que permiten los valores referenciales de la Normativa 2393 y de la Norma ISO-7243. El índice WBGT se evaluó en base a las temperaturas encontradas y se aplicó para ello la ecuación 1.5. De acuerdo al índice WBGT encontrado se deduce que el impacto y afectaciones futuras a la salud de los operadores de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas presentan un riesgo alto, lo que obliga a tomar las precauciones necesarias para disminuir este riesgo de estrés térmico.

Como se presenta en el Anexo VI, los valores de los índices WBGT superan los límites permitidos en relación a valores térmicos que tiene de referencia el Decreto Ejecutivo 2393 y la Norma ISO-7243. El valor promedio de las 8 medidas fue muy alto, lo que afectó el metabolismo y carga calórica del trabajador de la Planta de Utilidades al realizar la actividad de adicionar químicos en las calderas.

Como se presenta en la figura 3.1 y detallado en el Anexo VI, en la actividad de adición de químicos que se realiza en las calderas, la especificidad de calidad de las medidas de índice WBGT guarda relación con el control de esta actividad, debido a que la capacidad del proceso está superior al rango permitido, el mismo que reportó 1,05.

Los valores que se presentan en el Anexo VI, explica las tabulaciones de índice WBGT en el trabajador al realizar la adición de químicos en las calderas, las

mismas que se las comparó con los valores de índice WBGT que tiene de referencia la Norma ISO-7243, lo cuál superó los límites permitidos en lo referente al tipo de trabajo, postura y movimiento que realiza el operario. Para realizar este tipo de actividad el operador de calderas utilizó ambos brazos y fue catalogado un consumo metabólico con valor de 4,9 kcal/min, que constituye 295 kcal/h, estimado como un riesgo de estrés térmico moderado.

Además el operador al adicionar químicos en las calderas las realiza en posición de pie, con desplazamiento a desnivel y para ejecutar esta labor utiliza en forma ligera el cuerpo lo que se estima como un tipo de actividad forzada. Aplicando las valoraciones de la Norma ACGIH, resultó un tipo de carga de trabajo alta. Esta actividad se la consideró idónea para elaborar la tabulación del régimen trabajo-descanso o (ft) y aplicar las medidas que corresponden al objetivo siguiente o de implementación.

Se presenta en el Anexo VI, el desarrollo de la especificidad de calidad del tiempo empleado en las medidas de índice WBGT, que se detallan en la figura 3.2, las mismas que guardan relación con el debido proceso, por motivo que la capacidad del proceso fue de 1,1.

En la tabla 3.34 se presenta el índice WBGT medido y detallado en el Anexo VI, y al comparado con el índice WBGT límite, existió una exposición muy alta al riesgo físico estrés térmico con un índice WBGT de 39 °C, el mismo que ocasionó afectación considerable en el metabolismo térmico del trabajador de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas relacionado con este puesto de trabajo. En esta actividad debe ser aplicada una intervención inmediata con cuantificación de régimen trabajo-descanso y otras implementaciones que se detallarán en el siguiente capítulo u objetivo relacionado a este estudio.

### **3.2.5 EVALUACIÓN DEL INDICE WBGT AL PUESTO DE TRABAJO EN LA ACTIVIDAD BARRIDO Y LIMPIEZA DE QUEMADORES**

Las temperaturas de globo, húmeda y seca se tomaron en el operador de Utilidades, durante el barrido y limpieza de quemadores. El equipo que se usó para este cometido fue el Microtherm.

Se presenta en el Anexo VII, los valores medidos de índice WBGT obtenidos en los 8 tiempos durante esta actividad. Valores que están superiores a los límites permisibles comparados con los valores térmicos que tiene de referencia el Decreto Ejecutivo 2393 y también los de la Norma ISO-7243.

Como se observa en el Anexo VII, están los índices WBGT que se encontraron en los 8 tiempos al realizar esta actividad. Como se presenta en este anexo, el promedio obtenido de índice WBGT supera los límites permisibles establecidos en los valores térmicos que tiene como referencial la Norma del Decreto Ejecutivo 2393 y la Norma ISO-7243, lo que permitió establecer que el trabajador de la Planta de Utilidades al realizar el barrido y limpieza de los quemadores en las calderas, está expuesto a riesgo estrés térmico.

Los detalles que se presentan en el Anexo VII, es referente a la especificidad de calidad de las medidas realizadas en la actividad barrido y limpieza de quemadores, que están determinadas en la figura 3.1, la misma que fue de 1,03.

En el correspondiente Anexo VII, se reporta el consumo metabólico y el tipo de carga de trabajo de los operadores que laboran en la Planta de Utilidades y que realizan la actividad del barrido y limpieza de los quemadores. Con base en el anexo antes mencionado las tabulaciones de gasto metabólico en el puesto de labores del trabajador de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas, al realizar el barrido y limpieza de los quemadores en las calderas y al compararlas con referencias de valores que tiene la Norma ACGIH, se encontraron elevadas. Igual situación presentó el tipo de trabajo que ejecutó, la posición y movimiento que realizó el mismo operario al compararlas con valores referenciales a la norma antes descrita. Para realizar este tipo de actividad el operador de calderas utilizó ambos brazos y fue catalogado como un gasto metabólico con valor de 3,09

kcal/min, tabulado en 185,4 kcal/h, esta actividad se estimó como factor de riesgo estrés térmico moderado.

Además que el operador al realizar la limpieza de los quemadores en las calderas no realizó desplazamiento para ejecutar esta labor. Al comparar las valoraciones con las normas antes citadas, resultó un tipo de carga de trabajo moderada.

En la tabulación del metabolismo térmico en el barrido y limpieza de quemadores de las calderas, como se especifica en la tabla 3.34, se determina que no hay gasto metabólico o pérdida física del trabajador al realizar esta actividad.

De la misma manera se presenta en la figura 3.2 y se expresa en el Anexo VII, la calidad del tiempo empleado en las medidas del índice WBGT, en la actividad de barrido y limpieza de los quemadores de las calderas de la Planta de Utilidades, la cual se especifica homogénea y correctamente utilizada, cuando la capacidad del proceso fue de 1,11.

Como se presenta en la tabla 3.34, el índice WBGT medido detallado en el Anexo VII comparado con el índice WBGT límite, existió una exposición muy alta al riesgo físico estrés térmico, al causar afectación considerable en el metabolismo térmico del trabajador de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas relacionado con este puesto de trabajo. En esta actividad debe ser aplicada una intervención inmediata con cuantificación de régimen trabajo-descanso, regímenes de hidratación, rotaciones de puestos de trabajo que se detallarán en el siguiente capítulo.

### **3.2.6 EVALUACIÓN DEL INDICE WBGT AL PUESTO DE TRABAJO EN LA ACTIVIDAD CIERRE, PURGA Y LIMPIEZA DE TURBO GENERADORES**

Durante la ejecución de la limpieza, purga y el cierre de los turbo generadores se midió las temperaturas húmeda, seca y de globo, que en esta área se generaron, para ello se utilizó el medidor Microtherm que emitió datos de las temperaturas antes descritas.



Como se presenta en el Anexo VIII, las temperaturas húmeda, de globo y seca, superan los límites que permiten las referencias de la Norma del Decreto 2393 y de la Norma ISO-7243. Presentaron un riesgo térmico de estimación de alto impacto, al aplicar la ecuación 1.5, se evaluó el índice WBGT referente a esta actividad.

Como se presenta en la figura 3.5, se encuentran las mediciones de índice WBGT en el área de los turbo generadores y en el puesto de trabajo cuando se realizó la purga y cierre de los mismos en la Planta de Utilidades.



**Figura 3.5** Medición de estrés térmico en el puesto de trabajo de purga y cierre de los turbo generadores de la Planta de Utilidades

Los datos presentados en el Anexo VIII, valores de índices WBGT superiores a los límites permisibles comparados con los valores que tiene de referente el Decreto 2393 y la Norma ISO-7243. Se estableció que el nivel de riesgo térmico fue alto. El promedio de los 8 tiempos tomados excede el límite de carga térmica que puede soportar el organismo del operario en los turbo generadores.

Como se presenta en la figura 3.1, en la actividad cierre, purga y limpieza la especificación de calidad en la capacidad del proceso de esta actividad está homogénea y bajo control y la valoración fue de 1,03. La capacidad del proceso

del cierre, barrido, limpieza de los turbos generadores está detallada en el Anexo VIII.

Se especifica y detalla en el Anexo VIII, las tabulaciones en el trabajador de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas, al realizar el cierre, purga, limpieza de los turbo generadores y comparadas con valores referenciales de la Norma ACGIH de acuerdo al tipo de trabajo que ejecutó, las mismas que evidenciaron un alto grado de impacto térmico. Para realizar este tipo de actividad el operador de los turbo generadores utilizó ambos brazos y fue catalogado un consumo metabólico de 5,3 kcal/min, que equivale a 318,3 kcal/h, como lo especifica la tabla 3.34, el riesgo estrés térmico fue estimado como moderado. Además el operador al realizar el cierre, purga, limpieza de los turbos generadores no realiza desplazamiento para ejecutar esta labor.

Al comparar las valoraciones con las normas antes citadas, resultó un tipo de carga de trabajo alta. Esta actividad de cierre, purga y limpieza de los turbo generadores, también se la consideró para elaborar la tabulación del régimen trabajo-descanso.

La especificidad de calidad del tiempo empleado se lo reportó en la figura 3.2, referente a la actividad en el cierre, purga y limpieza de turbos generadores, el mismo que es homogéneo y cumplió los rangos permitidos, la capacidad del proceso fue 1,08. Esta especificidad se la encuentra detallada en el Anexo VIII.

De acuerdo a la tabla 3.34, el WBGT medido es alto en relación al WBGT límite, lo que llevó a afirmar que el trabajador de la Planta de Utilidades, al laborar en los turbo generadores está expuesto a estrés térmico, que impactan en el metabolismo térmico del trabajador y expone al mismo a presentar futuras enfermedades ocupacionales.

El índice WBGT límite, está dado por los datos establecidos en la Norma de la ACGIH y de acuerdo a la tabulación del tiempo que tarda en realizar las actividades el operador y al cálculo del consumo metabólico al realizar esas tareas. El índice WBGT medido resultó del promedio que se tabuló de las 8 medidas realizadas con el equipo Microtherm y detallado en el Anexo VIII. De

acuerdo a la tabla 3.34, en el comparativo reflejó el alto impacto de estrés térmico que tuvo el trabajador de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas en las actividades de adicionar químicos, cambio de bayoneta y en el mantenimiento de los turbo generadores, afectó la salud de los trabajadores y la implantación de medidas de prevención deben permanecer constantemente en aplicación.

### **3.3 DETERMINACIÓN DE LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL PARA DISMINUIR EL ESTRÉS TÉRMICO EN LOS TRABAJADORES DE LA PLANTA DE UTILIDADES DE LA REFINERÍA DE ESMERALDAS**

En base a la identificación de los factores de riesgo de estrés térmico mediante la elaboración de la matriz de riesgo de cada una de las áreas de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas. Se procedió a la evaluación de las actividades, consumo metabólico, determinación del tipo de movimientos, tipo de carga de trabajo que realizaron los operadores de las áreas de la Planta de Utilidades y al compararlas con la Norma NTP-322 y de la ACGIH, las mismas que arrojaron un resultado que certificó, que los trabajadores que ahí laboran tienen exposición importante a el factor de riesgo estrés térmico. Las medidas de prevención y control determinadas fueron las siguientes:

#### **3.3.1 Determinación de acondicionamientos en la fuente**

Durante la elaboración de este estudio, coincidió con la repotenciación de la Planta en general de la Refinería de Esmeraldas, en la Planta de Utilidades se produjo cambios de tipo ingenieril en las calderas y turbo generadores. Otro cambio se produjo en el material de las líneas de vapor, precalentadores, sopladores de hollín y ventiladores, los mismos que determinaron el impacto térmico que tuvieron los trabajadores posterior a estos acondicionamientos.

### **3.3.2 Determinación de adecuación de una cabina de aclimatación**

En la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas se analizó por el equipo multidisciplinario que era factible adecuar un área de Utilidades para acondicionarla y que reúna todas las características necesarias y técnicas para que el trabajador realice un régimen de descanso, adaptación corporal térmico, para que posteriormente retorne a la actividad y puesto de trabajo en equilibrio térmico. Por lo que se consideró la factibilidad de adecuar la cabina de aclimatación.

### **3.3.3 Determinación de tabular un régimen trabajo-descanso**

Establecimiento de un régimen trabajo-descanso, para lo cual se determinó una zona donde los trabajadores de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas, puedan realizar una actividad con una carga metabólica menor a 100 kcal/h. La distribución de minutos de trabajo y descanso por hora (*ft*) se calculó con la ecuación 2.1.

### **3.3.4 Determinación de una aclimatación controlada en la cabina**

La aclimatación estuvo regulada con la ayuda de la disminución de la temperatura en la cabina y la elaboración de un formato de régimen trabajo-descanso a los trabajadores de la Planta de Utilidades, el mismo que depende del tiempo cuantificado por el procedimiento régimen trabajo-descanso.

### **3.3.5 Determinación de puntos para hidratación**

Los puntos de hidratación estuvieron sustentados por la matriz de riesgo, al identificar los lugares más calurosos de la Planta de Utilidades. Se determinó los puestos de hidratación para la colocación de surtidores de agua cerca de los lugares de trabajo y de las actividades, donde se concluyó que poseen de

acuerdo a resultados de estar aumentada la densidad urinaria, más carga calórica. Al considerar que existen 5 calderas y 3 turbo generadores, se colocaron 3 surtidores, los cuales estarán a una distancia proporcional de los puestos de trabajo.

### **3.3.6 Determinación del grado de deshidratación**

Mediante la evaluación a los trabajadores de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas con examen de orina después de la jornada laboral, se verificó la densidad urinaria, la misma que reportó variaciones de acuerdo al grado de deshidratación que tiene el trabajador durante la jornada laboral que dura 8 horas.

Las determinaciones de deshidratación del trabajador de la Planta de Utilidades, dio los parámetros para establecer la forma que se rehidrató.

### **3.3.7 Determinación de las capacitaciones**

Las inducciones se emitieron a los trabajadores de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas, en temas relacionados a complicaciones por estrés térmico, estilos de vida saludable y primeros auxilios. Para ello se utilizó presentaciones, trípticos o folletos que facilitaron el aprendizaje de los trabajadores. Además que todas las inducciones fueron registradas en un formulario propio de la E.P. Petroecuador, donde contenía el nombre, cédula y firma de los asistentes.

Como se determina en el anexo 34, se implementó un test de evaluación del conocimiento que tuvieron los trabajadores de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas, en relación a el factor de riesgo físico estrés térmico, luego de recibidas las inducciones correspondientes.

### **3.4 IMPLEMENTACIÓN DE LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL PARA DISMINUIR EL ESTRÉS TÉRMICO EN LOS TRABAJADORES DE LA PLANTA DE UTILIDADES DE LA REFINERÍA DE ESMERALDAS**

#### **3.4.1 IMPLEMENTACION DE MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL EN LA FUENTE, MEDIO DE TRASMISIÓN Y EN EL RECEPTOR**

La determinación de las medidas de prevención y control referente al factor de riesgo estrés térmico fue dirigida a mitigar las repercusiones tanto en la fuente, medias de transmisión y receptoras. Para ello se tabuló las medidas en:

a) La fuente; coincidió con la repotenciación de la Refinería de Esmeraldas y se implementó las siguientes adecuaciones:

- Reemplazo de los soportes de ventiladores de tiro forzado o Forced Draft Fan (FDF), cuya función es inyectar aire para la combustión.
- Cambio del precalentador regenerativo.
- Reemplazo de los sopladores de hollín.
- Reemplazo de los quemadores los cuales son de última generación cuya característica principal es la de obtener emisiones bajas de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>).
- Overhaul mecánico de turbos generadores o cambio de piezas elementales para lograr el acondicionamiento adecuado del diseño.
- Actualización de los sistemas de control al usar la última tecnología electrónica.

La intervención en la fuente como se observa en la figura 3.6, producto de la repotenciación de la Refinería de Esmeraldas, para mejorar la parte operativa y también mejorar las condiciones térmicas de la Planta de Utilidades.



**Figura 3.6** Medidas ingenieriles en las calderas y turbo generadores de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas

Todo lo anterior nombrado fue intervención en la máquina es decir medidas de tipo ingenieril, el estudio junto con trabajadores y técnicos de la E.P. Petroecuador dedujo que todo lo que se ha reemplazado y repotenciado implica que los niveles de impacto térmico disminuyeron como se demostró con los valores de índice WBGT, en el Anexo X. Pero sin embargo se estableció que debe intervenir en la contratación de una empresa privada para que coloque un material térmico en los equipos y líneas para lograr un menor índice de estrés térmico.

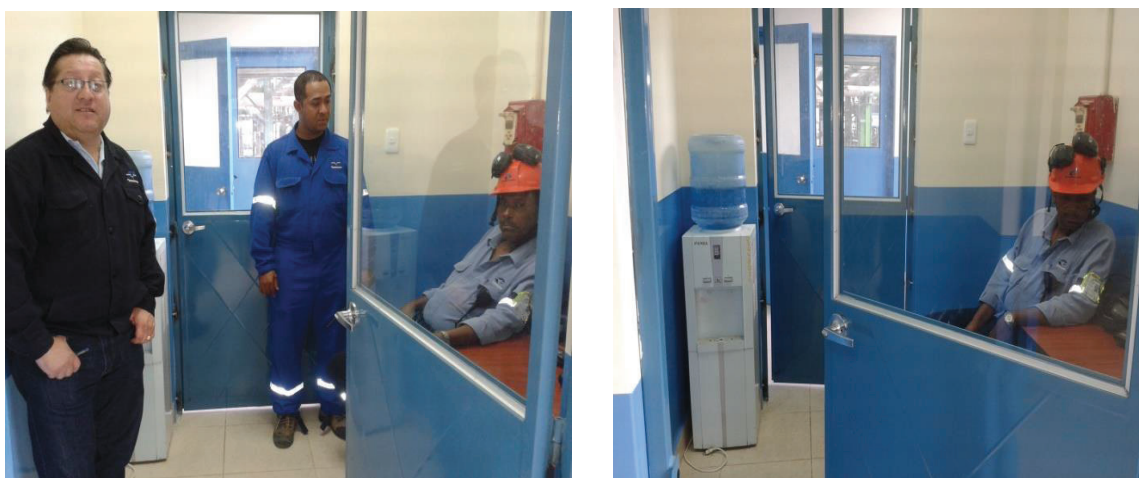
- b) El medio trasmisor; se realizó las estrategias para la adecuación de una cabina de aclimatación, ubicar y determinar los puntos de hidratación tanto en el campo como dentro de la cabina, tabulación y control del sistema de aclimatación dentro de la cabina con la elaboración de un formato de régimen trabajo-descanso.
- c) El receptor; se determinó grados de deshidratación, régimen trabajo descanso en las zonas de adición de químicos, barrido, limpieza de quemadores, en el cierre, purga y limpieza de turbo generadores. Por último se determinó los temas adecuados para los trabajadores de la Planta de Utilidades, que intervinieron en la capacitación.



### 3.4.2 IMPLEMENTACIÓN DE UNA CABINA DE ACLIMATACIÓN

Junto a la caseta de operaciones o comando de las actividades de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas, se adecuó la cabina de aclimatación que contiene aire acondicionado de 12 000 BTU, para proporcionar una temperatura estable entre 20 °C a 25 °C, en esta caseta el trabajador de la Planta de Utilidades permanecerá por el lapso de 10 a 15 min, que permite un equilibrio térmico del organismo para tolerar el golpe de temperatura que se produce al entrar a un lugar frio como es la caseta administrativa o salir al campo zona calurosa donde laboran. Además esta caseta posee literatura referente a complicaciones de estrés térmico, primeros auxilios, hábitos de alimentación, estilos de vida saludable, sedentarismo. Posee también un mueble que guarda el confort adecuado para que el trabajador cumpla el régimen trabajo-descanso obligatorio que se implantó y que cumple las condiciones para que el operador regule su estrés térmico, producto de realizar las labores.

Como se observa en la figura 3.7, se adecuó una cabina térmica, con una puerta de salida al campo y otra con entrada a la caseta de comando, consta de un asiento de tres cuerpos, mesa para colocar los productos para rehidratación, surtidor de agua y un ambiente térmico confortable.



**Figura 3.7** Cabina térmica para los trabajadores de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas, para cumplir con el régimen trabajo-descanso



### 3.4.3 IMPLEMENTACIÓN DEL RÉGIMEN TRABAJO-DESCANSO

Específicamente para el área de vapor para equipos y turbinas que se constituyó como la zona expuesta al factor de riesgo estrés térmico. Se obtuvo la ponderación de tiempo de descanso y la de labor diaria durante 8 horas laborables reglamentarias. Entre las medidas más importantes para evitar que el trabajador de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas tenga un aumento de la carga térmica y metabólica, se encuentra la tabulación del régimen trabajo-descanso o (ft), que sirvió para mitigar el impacto que estaba causando sobre la salud el factor de riesgo estrés térmico. La carga térmica en los lugares en que se midió índice WBGT y de acuerdo a cada una de las actividades que ejecutó el operador de turno, fue entre moderada e importante, en ocasiones la carga térmica se manifestó como intolerable, lo que constituye un alto riesgo para la salud e incluso para la vida.

Se observa en el Anexo IX, la modalidad del régimen trabajo-descanso para los trabajadores del área vapor para equipos y turbinas, zona de calderas y turbo generadores, en la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas. Los tiempos de descanso en el área de la caseta adecuada para lograr el equilibrio térmico del trabajador, se tabularon en el tiempo de una hora y sirve para evitar que el operario presente futuras enfermedades profesionales o trastornos graves de la salud. Los regímenes de trabajo- descanso como se presenta en la tabla 3.36, fueron:

**Tabla 3.36** Régimen trabajo-descanso (ft) en las actividades de mantenimiento de turbo generadores, barrido de quemadores y adición de químicos en las calderas en trabajadores de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas

ACTIVIDAD	TRABAJO [min/h]	DESCANSO [min/h]
Mantenimiento de turbo generadores	21	39
Adición de químicos en las calderas	26	34
Barrido, purga y limpieza de quemadores	35	25

De acuerdo a la tabla 3.36, se observa que el operador de la Planta de Utilidades para evitar que exista impacto térmico en su organismo debe permanecer por corto espacio de tiempo en el área de labores.

#### **3.4.3.1 Trabajo-descanso en la actividad mantenimiento de turbos generadores.**

Como se presenta en el Anexo IX, al realizar el mantenimiento de purga, drenaje y limpieza de las líneas en los turbo generadores, se tabuló el régimen trabajo-descanso, al considerar que tiene un gasto metabólico de 318,3 kcal/h, estimado alto. El WBGT límite se tabuló en un valor de 26,4 °C, de acuerdo a los valores límites de referencia para el índice WBGT del consumo metabólico, Norma ISO-7243.

El (ft) o régimen trabajo-descanso se cuantificó en los cuatro tiempos que permite la Norma ISO-7243, durante la mañana y en la tarde. Según la fórmula de la ecuación 2.1, se observó que por ser una zona de alto riesgo de estrés térmico, durante la hora de trabajo y por el resultado obtenido, obligó a recomendar laborar periodos de tiempo cortos y los descansos más extensos, con una hidratación balanceada para permitir que el trabajador de esa área logre equilibrar el metabolismo térmico.

Se presenta la tabla 3.36, en la actividad del operario al realizar la actividad del mantenimiento de los turbo generadores de la planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas, el tiempo tabulado de trabajo promedio es menor al de descanso, para poder equilibrar el estrés térmico que provocó esta labor.

#### **3.4.3.2 Trabajo-descanso en la actividad adición de químicos en las calderas**

Como se observa en el Anexo VI, se tabuló el consumo metabólico de acuerdo a la actividad referida, cuantificándose el gasto metabólico en 295,2 kcal/h, catalogado con una estimación alta. El WBGT límite, se tabuló con un valor de 28 °C de acuerdo a los valores de referencia para el índice WBGT del consumo

metabólico Norma ISO-7243. El (ft) o régimen trabajo-descanso se cuantificó en los cuatro tiempos que permite la misma norma, estos tiempos fueron en la tarde en 2 días diferentes. Según la fórmula de la ecuación 2.1, al ser una zona con alto riesgo térmico, la recomendación consistió en laborar periodos de tiempo cortos y los descansos más extensos, como se estipulan en los anexos 27 y 28, con una hidratación balanceada que permita al trabajador de esa área logre equilibrar el metabolismo térmico y no se produzca en lo posterior alguna enfermedad ocupacional.

Se presenta en la tabla 3.36, el promedio de régimen trabajo-descanso, mismo que indicó que el operador del puesto de trabajo al adicionar químicos en las calderas tiene que trabajar un tiempo menor con relación al del descanso, en 1 hora, para que pueda lograr un equilibrio térmico y no estar expuesto al factor de riesgo estrés térmico.

#### **3.4.3.3 Régimen trabajo-descanso en la actividad barrido, purga y limpieza de los quemadores de las calderas de la Planta de Utilidades**

En relación a los anexos 29 y 30, en donde se tabuló la carga metabólica de acuerdo a la actividad referida, se cuantificó un consumo metabólico de 185,4 kcal/h, estimado como bajo. El WBGT límite, se tabuló con un valor de 30 °C de acuerdo a los valores de referencia para el índice WBGT del consumo metabólico según la Norma ISO-7243. El (ft) o régimen trabajo-descanso se cuantificó en los cuatro tiempos que permite la norma antes descrita, estos tiempos fueron medidos en la mañana y en la tarde. Aplicada la fórmula de la ecuación 2.1, por ser una zona con alto riesgo térmico, durante la jornada de trabajo se laboró periodos de tiempo cortos y los descansos más extensos que se estipulan en los anexo antes citados, con una hidratación balanceada que permita al trabajador de esa área logre equilibrar el metabolismo térmico y no se produzca en lo posterior alguna enfermedad laboral.

Como se presenta en la tabla 3.36, se cuantificó el régimen trabajo-descanso al aplicar la ecuación 2.1, el mismo que estableció que el operador de la actividad

del barrido y purga de los quemadores, labore en mayor tiempo y descansa lo adecuado durante la hora de trabajo. Lo que consiguió disminuir la exposición al riesgo físico estrés térmico y evitar posteriormente alguna enfermedad ocupacional.

### 3.4.4 IMPLEMENTACIÓN DE LOS PUNTOS DE HIDRATACIÓN

Mediante la implementación de los surtidores de agua aclimatada, mismos que funcionan con corriente de 110 voltios, marca panda. La distancia de los puntos de hidratación externos (campo) e internos fueron:

- a) El primer surtidor se implementó a 3 m de los turbos generadores
- b) El segundo surtidor se implementó a 4 m de las caldera
- c) El tercer punto de hidratación en la caseta térmica, el mismo que estuvo regido por la fórmula magistral que recoge los requerimientos hídricos, sales y electrolitos para el trabajador de la Planta de Utilidades.



**Figura 3.8** Implementación de los surtidores de agua en campo para trabajadores de la Planta de Utilidades para la hidratación

Los valores tabulados en la tabla 3.37, en donde se determina la composición mínima requerida de electrolitos y carbohidratos para compensar los grados de deshidratación de los trabajadores de la Planta de Utilidades al realizar labores propias de los puestos de trabajo, es por esto que se estableció que las cantidades tabuladas fueron las necesarias para lograr un equilibrio térmico.

Al regular el grado de deshidratación del trabajador, agregado que el tiempo de carga de trabajo y el de exposición al riesgo térmico, mejora considerablemente el metabolismo basal.

Algunos productos del mercado reúnen o se aproximan a los requerimientos básicos para una hidratación, por lo que en la caseta de aclimatación se colocó para facilidad de los trabajadores de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas los productos ya referidos y que contienen los electrolitos similares a la fórmula magistral que se presenta en la tabla 3.37

**Tabla 3.37** Formula magistral para la hidratación del operador de la Planta de Utilidades para compensar las pérdidas de electrolitos y carbohidratos al realizar sus actividades laborales

<b>ELECTROLITO O ELEMENTO QUÍMICO</b>	<b>CONCENTRACIÓN (mg/L)</b>
Potasio	127
Sodio	464
Carbohidratos	59

### 3.4.5 IMPLEMENTACIÓN DE CONTROL DE GRADOS DE DESHIDRATACIÓN

Para diagnosticar el grado de deshidratación de los operadores de la Planta de Utilidades se realizó una prueba de orina que mide la eliminación de sales y electrolitos, esta deshidratación se manifiesta mediante la concentración de ellos en la orina. La toma de estos análisis se hizo al terminar la jornada laboral. Como se presenta en el Anexo X, los valores de la densidad urinaria al término de la jornada laboral de 12 trabajadores de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas, demuestra que sin la hidratación adecuada, existe una pérdida del equilibrio térmico, que se valoró por la elevación de la densidad urinaria. Los valores normales de la densidad urinaria fluctúan entre 1 016 y 1 020 g/L.

La especificación de calidad de las muestras de orina al cuantificar la densidad urinaria en los 12 trabajadores de la Planta de Utilidades dio como resultado un valor promedio de 1 025 g/L, implica que la densidad urinaria fue elevada y existió permanentemente altos grados de deshidratación, se presentó una capacidad del proceso de 1,03, que indica que la idoneidad de la muestra cumple con los requisitos establecidos en el laboratorio de la E.P. Petroecuador.

El valor promedio de la densidad urinaria que se encontró en los trabajadores de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas, supera los límites permisibles que es de 1 016 y 1 020 g/L, debido a ello los trabajadores de la Planta de Utilidades de la

Refinería de Esmeraldas tuvieron un alto grado de deshidratación al concentrar la orina. La especificidad de calidad al tomar las muestras de orina y analizar la densidad urinaria, están acordes al proceso debido a que el Cp. fue  $\geq 1$ .

### 3.5 EVALUACIÓN DE LA EFICACIA AL IMPLEMENTAR MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL EN LA PLANTA DE UTILIDADES DE LA REFINERÍA DE ESMERALDAS

#### 3.5.1 EVALUACIÓN DEL ÍNDICE WBGT EN LAS ACTIVIDADES CON ALTO GRADO DE ESTRÉS TÉRMICO

De acuerdo a la Norma NTP-322 e ISO-7243, se aplicó la ecuación 1.5, los nuevos valores de índice WBGT que se tomaron en el mantenimiento de los turbo generadores, adicionar químicos en las calderas y en el barrido, purga de los quemadores posterior a la implementación de las medidas de prevención y control, en la fuente, medio de transmisión y receptor, se obtuvo los resultados de índice WBGT después de que el trabajador permaneció menos tiempo en el área calorífica y que los trabajos se realizaron cuando las condiciones térmicas ambientales eran menores, los cuales se presentaron disminuidos en relación a las medidas de índice WBGT que presentaron al inicio del estudio. Los índices WBGT que presenta la tabla 3.38 fueron:

**Tabla 3.38** Evaluación de índice WBGT en actividades con estrés térmico en la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas

ACTIVIDADES CON ESTRÉS TÉRMICO DE LA PLANTA DE UTILIDADES	WBGT INICIAL ( °C )	WBGT IMPLEMENTADO PREVENCIÓN Y CONTROL ( °C )	CAPACIDAD DEL PROCESO (Cp.)
Mantenimiento de turbo generadores	41,88	40,55	1,01
Adición de químicos en las calderas	38,88	37,83	1,03
Barrido, purga y limpieza quemadores	35,88	33,80	1,05

Como se presenta en la tabla 3,38, el índice WBGT, posterior a las medidas de prevención y control, han disminuido, pero el registro de temperaturas elevadas

de acuerdo a los rangos comparativos en relación a la Normativa del Decreto Ejecutivo 2393 y de la Internacional ACGIH se mantienen.

Debido a que las medidas ingenieriles son proyectos a futuro, posterior a la implementación en la fuente se podrá hacer una evaluación para verificar si el estrés térmico que recibe el trabajador se puede acercar a lo tolerable. La especificidad de las medidas de índice WBGT mantienen la homogeneidad y calidad del proceso por tener el  $Cp. \geq 1$ . Se detalla los índices WBGT de las actividades que presentaron estrés térmico en el Anexo X.

Los datos que encontramos en el Anexo X, presentaron valores adecuados en el trabajador de la Planta de Utilidades en relación al consumo metabólico, de estas tres actividades, debido a que se modificó la forma y tipo de trabajo, se acortaron los tiempos de ejecución de cada actividad, por último se utilizó menos movimientos forzosos y se modificó la carga de trabajo al tener ayuda para realizar la operatividad.

### **3.5.2 EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE LA HIDRATACIÓN MEDIANTE MEDIDAS DE DENSIDADES URINARIAS ACTUALIZADAS**

Debido a que se implantó un sistema de hidratación tanto en interiores como en exteriores, la regulación del trabajo-descanso, capacitación, tiempo de descanso en una cabina aclimatada. Se observó que los grados de deshidratación desaparecieron, el impacto térmico fue tolerado por el trabajador de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas.

El valor promedio de la densidad urinaria medido a los doce trabajadores de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas, fue de 1 017 g/L, si los valores normales de la densidad está entre los 1 016 y 1 020 g/L, significó que hubo eficacia en los mecanismos de hidratación, régimen trabajo-descanso y aclimatación, ya que el rango del valor del parámetro citado está en un valor normal.



Por lo tanto se puede afirmar que el trabajador de la Planta de Utilidades, logró un equilibrio térmico y el consumo metabólico no se alteró al tener la presencia del riesgo estrés térmico.

La especificación homogénea y de calidad de las muestras tomadas a los trabajadores de la densidad urinaria se encuentra estipulada en el Anexo X y cumple con los parámetros de control, cuando su capacidad de proceso fue 1,31.

### **3.5.3 EVALUACIÓN DE LA CAPACITACIÓN**

Realizada la capacitación al personal de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas mediante un test, cuyo contenido fue referente al factor de riesgo estrés térmico, se obtuvo que los conocimientos referentes al tema aumentaron.

Como se presenta en el Anexo XI, la evaluación que se realizó a los trabajadores de la Planta Industrial, cuyo promedio para ser aceptable debe tener mínimo 7, en un rango entre 1 y 10. Los valores tabulados cuyo promedio fue de 8,7 reflejan el grado de conocimientos de los trabajadores de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas.

Como se observa según el promedio obtenido, reflejó que la capacitación dada a los trabajadores de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas, tuvo una respuesta positiva, debido a que el puntaje promedio tabulado cumple con la expectativa planteada.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

1. La estimación del factor de riesgo estrés térmico en la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas, luego de la identificación de las áreas más calurosas fue entre 6 y 7, es decir que se ponderó como riesgo importante e intolerable.
2. Las actividades forzadas y calurosas se tabularon en las calderas y turbo generadores, con un gasto metabólico promedio entre 260 y 300 kcal/h.
3. Las temperaturas extremas en áreas de las calderas y turbo generadores, que registraron índices de WBGT entre 36 °C y 42 °C, causaron síncope, shock por pérdida de líquidos y podría causar a corto tiempo fallecimientos.
4. Los resultados de tabular el régimen trabajo-descanso, con descansos de más de 30 min por hora, en áreas como calderas y turbo generadores, tiene como objetivo prevenir enfermedades ocupacionales.
5. El promedio de la densidad urinaria fue de 1 025 g/L, en la muestra de 12 trabajadores de la Planta de Utilidades, siendo el límite 1 020 g/L, significa que la deshidratación afecta el sistema cardiovascular y renal de los trabajadores.
6. La implementación de medidas correctivas, tabuló la eficacia de las mismas, en los turbo generadores el WBGT medido inicial fue de 41,88 °C, después de las medidas fue de 40,55 °C, en las calderas WBGT inicial fue de 38,88 °C, posteriormente fue de 37,83 °C. Si bien es cierto que los índices disminuyeron no se logró lo suficiente en este objetivo, por lo tanto las taquicardias y la elevación de la presión arterial persiste en los trabajadores.

7. La densidad urinaria promedio luego de implantar los surtidores, aclimatación, régimen trabajo-descanso fue de 1 017 g/L, significa que el problema de deshidratación se superó.

## **RECOMENDACIONES**

1. Evaluar el índice WBGT cada año a los trabajadores de la Refinería de Esmeraldas, que laboren en áreas con alta carga térmica.
2. Realizar trabajos con dos o más obreros, donde la carga de trabajo sea forzada y la exposición a riesgos intolerables utilice tiempos prolongados.
3. Adecuar cabinas de aclimatación en las áreas caloríficas de la Refinería de Esmeraldas.
4. Revestir de material térmico aislante de calor a las tuberías y líneas de conducción de derivados del petróleo para minimizar el impacto térmico.
5. Realizar exámenes ocupacionales periódicos en planta cada 6 meses.
6. Ejecutar rotaciones del personal cada 6 meses para disminuir el impacto de la deficiencia metabólica de los trabajadores de la Planta de Utilidades, producto de laborar en ambientes térmicos excesivamente calurosos.
7. Implementar surtidores de agua en otros puntos de la Planta de Refinación, para evitar la deshidratación.
8. Implementar programas de capacitación a propios y pasantes, para conocer las consecuencias de estar expuesto a ambientes térmicos por calor.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Armendáriz, P. (1995). *Calor y trabajo: Prevención de riesgos laborales debido al estrés térmico por calor* [PDF]. Recuperado de <http://www.navarra.es/NR/rdonlys/AF2BD7860A6D45649076BE42220B4843/225685/calorytrabajoprofesional.pdf>. (Septiembre, 2014).
2. Arroyo, J. (2013). *Tipos de compresores. Compresores de aire* [PDF]. Recuperado de <http://temariosformativosprofesionales.files.wordpress.com/2013/03/compresores.pdf> (Julio, 2014).
3. Ballester, F., Tenías, J. y Pérez, S. (1999). *Efecto de la contaminación atmosférica sobre la salud* [PDF]. Recuperado de <http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S113557271999000200002&script=scarttext> (Julio, 2014).
4. Casal, J., Montiel, H., Planas, E. y Vílchez, J. (1999). *Análisis del riesgo en instalaciones industriales*. Barcelona, España: Edicions UPC.
5. Cortés, J. (2007). *Técnicas de prevención de riesgos laborales*. Higiene Industrial (9na. ed.). Madrid. España: Editorial Tébar S.L.
6. De Castro, S. (2006). *Efectos patológicos por calor*. (6ta. ed.). Barcelona, España: Manual de patología general.
7. De la Cruz, E., Huamán, J. (2002). *Benzo-a-Pireno. Formación de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos* [PDF]. Recuperado de [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bi\\_bvirtualdata/tesis/salud/cruz\\_re/t\\_completo.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bi_bvirtualdata/tesis/salud/cruz_re/t_completo.pdf) (Julio, 2014).
8. Delgado, E. (2009). *Índice de sobrecarga térmica*, Curso de Ergonomía [PDF]. Recuperado de [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/256595/Contenido\\_en\\_Linea/Ergonomia/protocolo.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/256595/Contenido_en_Linea/Ergonomia/protocolo.html) (Julio, 2014).

9. Erro, J. (2010). *Medidas de prevención y protección. Estrés Térmico por Calor* [PDF]. Recuperado de [http://www.ladep.es/ficheros/documentos/2010\\_Riesgos\\_stres.pdf](http://www.ladep.es/ficheros/documentos/2010_Riesgos_stres.pdf) (Octubre, 2014).
10. Espada, L. y Sánchez, A. (1995). *Contaminación y los efectos corrosivos en los materiales* [PDF]. Recuperado de [http://ruc.udc.es/dspace/bitstream/2183/.../CC\\_017\\_art\\_8.pdf](http://ruc.udc.es/dspace/bitstream/2183/.../CC_017_art_8.pdf). (Julio, 2014).
11. Falagán, M. (2005). *Higiene Industrial Aplicada "Ampliada"*. (1era. ed.). Asturias, España: Fundación Luis Fernández.
12. Gaffert, G. (1981). *Centrales de vapor. Componentes de una caldera* [PDF]. Barcelona, España: Reverté S. A.
13. Gay, A. y Dovis, S. (2006). *Máquinas a vapor*. (1era. ed.). Buenos Aires, Argentina: Machine S. A.
14. Guerra, E. (2013). *Petróleo y desarrollo sostenible en Ecuador* [PDF]. Recuperado de <http://www.flacso.org.ec/docs/sfpetroleo.pdf> (Julio, 2014).
15. Godoy, A. (2012). *Balance térmico del cuerpo humano. El confort térmico adaptativo* [PDF]. Recuperado de [http://Upcommons.upc.edu.pfc.bistream-Alfonso Godoy Muñoz.pdf](http://Upcommons.upc.edu.pfc.bistream-Alfonso%20Godoy%20Mu%C3%B1oz.pdf) (Julio, 2014).
16. González, M. (2010). *Dióxido de Nitrógeno*. La Guía Química [PDF]. Recuperado de [http://química.laguia2000.com/general/dióxido-de nitrógeno .pdf](http://química.laguia2000.com/general/di%C3%B3xido-de-nitr%C3%B3geno.pdf) (Julio, 2014).
17. Griful, E. y Canela M. (2010). *Capacidad del proceso*. Gestión de Calidad. (1era. Ed.). Catalunya, España: Edicions de la Universitat Politècnica Catalunya, SL.

18. Grimaldo, L. (2009). *Como es ocasionada la contaminación ambiental en las Refinerías*. Contaminación del ambiente por las Refinerías [PDF]. Recuperado de <https://www.google.com.ec/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q> (Julio, 2014).
19. Hernández, A. (1998). *Inconfort térmico local. Ambiente térmico* [PDF]. Recuperado de [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentación/FichasTécnicas/NTP\\_501](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentación/FichasTécnicas/NTP_501) (Septiembre 2015).
20. Hernández, A. (2007). *Criterios de diseño para ambientes térmicos confortables. Bienestar térmico* [PDF]. Recuperado de [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentación/FichasTécnicas/NTP\\_779](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentación/FichasTécnicas/NTP_779) (Septiembre 2015).
21. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo. (1997). *Condiciones ambientales en los lugares de trabajo* [PDF]. Recuperado de [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/Textolegal/RD/1997/48\\_6\\_97](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/Textolegal/RD/1997/48_6_97) (Septiembre 2015).
22. Jiménez, D., De Lora, F. y Sette, R. (2003). *Clarificador, Tratamiento de Aguas Residuales*, Sevilla, España: Reverté.
23. Lara, L. (2013). *Recuperación de Pentóxido de vanadio en sedimentos de efluentes químicos de una planta termoeléctrica que use combustóleo*. Pentóxido de Vanadio [PDF]. Recuperado de <http://www.uv.mx/pozarica/mca/files/2012/10/Luis-Javier-Lara-Campos.pdf> (Julio, 2014).
24. Lázaro, E. y Suárez R. (2009). *Tensión fisiológica por exposición laboral a ambientes calurosos en trabajadores de cocina* [PDF]. Recuperado de [http://bvs.sld.cu/revistas/rst/vol10\\_2\\_09/rst03209.html](http://bvs.sld.cu/revistas/rst/vol10_2_09/rst03209.html) (Julio, 2014).
25. Luna, P (1990). *Índice WBGT. Valoración del riesgo de estrés térmico* [PDF]. Recuperado de [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentación/FichasTécnicas/NTP\\_322](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentación/FichasTécnicas/NTP_322) (Septiembre 2015).

26. Martínez, J. (2010). *Elaboración de un programa de mantenimiento para un turbo generador. Turbos Generadores* [PDF]. Recuperado de [http://tesis.ipn.mx/js\\_pui/bitstream/123456789/.../1421.pdf](http://tesis.ipn.mx/js_pui/bitstream/123456789/.../1421.pdf) (Julio, 2014).
27. Martínez, C. (2013). *Estrés Calórico: Medición y Evaluación según ISO 7243*. [PDF]. Recuperado de <http://es.scribd.com/doc/143853739/Estres-Calorico-ISO-7243> (Septiembre, 2014).
28. Menéndez, F. (2009). *Que es el Índice de Sobrecarga Térmica. Higiene Industrial*, (10ma. Ed.). Valladolid. España: Lex Nova.
29. Ministerio de Relaciones Laborales del Ecuador. (2010). *Normativa sobre Confort y Estrés Térmico, Higiene Industrial y Salud Ocupacional*. [PDF]. Recuperado de <http://www.higieneindustrialambiente.com/estres-termico-frio-calor-confort-quito-guayaquil-cuenca-ecuador.php?tablajb=térmico&p=21&t=Normativa-sobre-Confort-y-Estrés-Térmico&>.pdf (Septiembre, 2014).
30. Monroy, E. y Mendaza, P. (2010). *Estrés térmico y sobrecarga térmica: definición de estrés térmico (I)* [PDF]. Recuperado de <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/Ficheros/891a925/922w.pdf> (Septiembre, 2014).
31. Monroy, E. (2011). *Sobrecarga Térmica. Estrés térmico y Sobrecarga térmica* [PDF]. Recuperado de <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/Ficheros/891a925/922w.pdf> (Julio, 2014).
32. Nevares, M. (2009). *Desmineralizadora: Optimización del proceso de resinas de intercambio iónico para ser utilizado en el desmineralizador de agua de las Refinerías* [PDF]. Recuperado de <http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/253/1/96T00120.pdf> (Julio, 2014).



33. Niño, S. (2010). *Relación de los contaminantes que emite una refinería y sus consecuencias en el medio ambiente y en la salud pública* [PDF]. Recuperado de <http://contaminacionatmosferica-airpollution.blogspot.com/pdf> (Julio, 2014).
34. Parker A. (1983), *Contaminación del aire por la industria. Calderas de Refinería de petróleo*. Barcelona. España: Reverté.
35. Parsons, K. (2013). *Impactos de la salud ocupacional del cambio climático: Normas ISO actuales y futuras para la evaluación del estrés térmico* [PDF]. Recuperado de [https://www.jniosh.go.jp/en/indu\\_hel/pdf/IH\\_51186.pdf](https://www.jniosh.go.jp/en/indu_hel/pdf/IH_51186.pdf) (Septiembre, 2014).
36. Pérez, S., Campuzano, P. y Colina, J. (2009). *Termorregulación. Manual de técnicos de transporte sanitario*, (3era ed.). Madrid. España: Arán Ediciones S. L.
37. Pesántez, M. (2012). *Confort Térmico* [PDF]. Recuperado de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/393/1/tesis.pdf> (Julio, 2014).
38. Rangel, A. (2012). *Contaminación atmosférica* [PDF]. Recuperado de <http://www.agro.uba.ar/users/semmarti/Atmosfera/contatmosf.pdf> (Julio, 2014).
39. Siles, N. (2005). *Evaluación de Riesgos: Planificación de la acción preventiva en la empresa* (1era ed.). Vigo. España: Ideaspropia.
40. Sosa, M. (1999). *Índice de temperatura efectiva. Ventilación natural efectiva y cuantificable*. Caracas, Venezuela: Produgráfica C. A.
41. Suárez, R. (2004). *Experiencia y aplicabilidad de las Normas ISO en Cuba y el mar caribe*. [PDF]. Recuperado de [http://www.mapfre.com/documentacion/publico/i18n/catalogo\\_imagenes/grupo.cmd?path=1029102](http://www.mapfre.com/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1029102) (Septiembre, 2014).

42. Unglaub, D. (2008). *Metabolismo y Balance de Energía. Fisiología Humana*, (4ta. ed.). Buenos Aires. Argentina: Médica Panamericana.
43. Uribazo, P., Tito, D., y Ochoa, J. (2006). *Influencia de las calderas sobre el medio ambiente* [PDF]. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/1813/181322792006.pdf> (Julio, 2014).
44. Vighi, F. (2012). *Salud y Seguridad laboral en Ambientes térmicos* [PDF]. Recuperado [http://www.ingenieroambiental.com/4014/lsi\\_cap10.pdf](http://www.ingenieroambiental.com/4014/lsi_cap10.pdf) (Julio, 2014).
45. Von der Becke, C. (1999). *Dióxido de azufre o Anhídrido Sulfuroso* [PDF]. Recuperado de [www.oocities.org/ohcop/sodos.html.pdf](http://www.oocities.org/ohcop/sodos.html.pdf) (Julio, 2014).
46. Wilson J, y Buffa, A. (2003). *Calor, Física*, (5ta. edición). Ciudad de Juárez. México: Pearsons S. A.

**ANEXOS**

## ANEXO I

**CHECK LÍST REALIZADO A TRABAJADORES DE LA PLANTA DE UTILIDADES DE REFINERÍA DE ESMERALDAS PARA EVALUAR EL CONOCIMIENTO DEL RIESGO ESTRÉS TÉRMICO**

**Tabla AI. 1** Check list realizado a trabajadores de la planta de Utilidades de Refinería de Esmeraldas para evaluar el conocimiento del riesgo estrés térmico

CONDICIONES MEDIO AMBIENTALES		
AREA:	FECHA:	TRABAJADORES <input type="text"/>
		EXPUESTOS:

**CALOR.**

PARTICIPES


CUESTIONARIO (CHECK LIST)	SI	NO
1. Conoce usted que la temperatura del aire está comprendidas entre 17°C y 27°C en locales donde se realizan trabajos de tipo sedentario (oficinas) o en las casetas		
2. Conoce usted que la temperatura del aire está comprendidas entre 27°C y 40°C en lugares donde se realizan trabajos de campo en la planta de Utilidades		
3. Conoce usted cuales son las áreas más calurosas en la planta de Utilidades.		
4. Disponen, los locales de trabajo, de aislamiento térmico suficiente.		
5. Si existen situaciones de calor muy intenso, se ha considerado los turbos generadores y calderas		
6. Si existen situaciones de calor muy intenso, se ha considerado la desmineralizadora y el clarificador		
7. Se suministra agua a los trabajadores en las situaciones de trabajo en campo expuesto a altas temperaturas		
8. En caso de exposición a temperaturas extremas, existe señalización de aviso y precaución.		
9. Se limita la duración del trabajo en caso de tener que trabajar en el interior de lugares con sobrecarga térmica.		
10. Se lleva a cabo la vigilancia de la salud adecuada cuando el trabajo transcurre en ambientes muy calurosos.		

## ANEXO II

**IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO FÍSICO EN LA PLANTA DE UTILIDADES DE LA REFINERÍA DE ESMERALDAS**

**Tabla AII. 1** Matriz de identificación y estimación de riesgos físicos en el área de agua de enfriamiento de la Planta de Utilidades de la Refinería Esmeraldas

<b>AGUA DE ENFRIAMIENTO</b>				
<b>FACTOR DE RIESGO</b> <b>ACTIVIDAD</b>	<b>HUMEDAD</b>	<b>TEMPERATURA ELEVADA</b>	<b>RUIDO</b>	<b>VENTILACIÓN INSUFICIENTE</b>
Limpieza filtros de la torre	4	3	4	3
Limpieza filtros de arena	4	3	4	3
Limpieza filtros carbón	4	4	4	3
Proceso en torre: control de temperatura	4	4	5	4
Proceso en torre: inyección de químicos	4	4	5	4
Lavado de mallas en intercambiadores	4	4	3	5
Descarga de ácido sulfúrico	3	3	3	5
Inyección de ácido sulfúrico y sosa cáustica en la torre	3	4	5	4

 3 y 4 Riesgo Moderado

 Riesgo Importante

**Tabla AII. 2** Identificación y estimación de factores de riesgos físicos en área de vapor para equipos y turbinas de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas

VAPOR PARA EQUIPOS Y TURBINAS					
FACTOR DE RIESGO ACTIVIDAD	HUMEDAD	TEMPERATURA ELEVADA	RUIDO	VENTILACIÓN INSUFICIENTE	ILUMINACIÓN
Equipos rotativos y estáticos	5	5	6	4	0
Control de variables	5	5	6	4	0
Adición de químicos en las calderas	6	5	6	4	3
Cambio de bayoneta	6	7	6	4	3
Barrido y limpieza en quemadores	5	6	6	4	3
Purga de calderas	5	6	6	4	3
Acompañamiento en los mantenimientos	5	5	5	4	0
Liberación de equipos	5	5	5	4	0
Proceso en turbos generadores	6	6	6	4	4
Mantenimiento en turbos generadores	6	7	6	4	4
Poner en funcionamiento los turbos	6	6	6	4	4

 3 y 4 MODERADO
  5 y 6 IMPORTANTE
  7 INTOLERABLE

**Tabla AII. 3** Identificación y estimación de factores de riesgos físicos en área de aire tratado para sistema de control en la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas

AIRE TRATADO PARA SISTEMA DE CONTROL					
FACTOR DE RIESGO ACTIVIDAD	HUMEDAD	TEMPERATURA ELEVADA	RUIDO	VENTILACIÓN INSUFICIENTE	ILUMINACIÓN
Control de variables	5	5	5	6	3
Enfriamiento de compresores	5	4	6	4	3
Drenaje del intercooler	4	4	6	5	3
Alineación de compresores	4	4	6	4	3
Drenaje del aftercooler, rompedor ciclónico	5	5	6	5	3
Drenaje de cabezales	4	4	6	5	4
Control en tanques de fuel oil	4	4	4	4	3
Cambio de filtro dúplex	5	5	5	4	3
Inyección al horno de fuel oil + gas	5	6	6	5	3
Control de presión en los hornos	5	6	6	5	3

 3 y 4 MODERADO
  5 y 6 IMPORTANTE

**Tabla AII.4** Identificación y estimación de factores de riesgos físicos en área de la desmineralizadora en la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas

<b>DESMINERALIZADORA</b>				
<b>FACTOR DE RIESGO</b>	<b>HUMEDAD</b>	<b>TEMPERATURA ELEVADA</b>	<b>RUIDO</b>	<b>VENTILACIÓN INSUFICIENTE</b>
<b>ACTIVIDAD</b>				
Control de variables	4	3	5	3
Análisis con reactivos químicos	4	3	5	3
Monitoreo diferencial de presión	4	3	5	3
Regeneración de DMZ	4	3	4	3
Neutralización de aguas de la desmineralizadora	4	3	4	3
Inyección en piscinas de químicos	4	4	4	3
Acompañamiento a mantenimiento	4	4	5	4
Revisión de equipos	4	3	5	3

 3 y 4 MODERADO

 IMPORTANTE



## ANEXO III

### EVALUACIÓN DEL ÍNDICE WBGT EN EL ÁREA DE MONITOREO DE EQUIPO ROTATIVO

**Tabla AIII. 1** Medidas de temperatura de globo, húmeda y seca a trabajadores del área vapor para equipos y turbinas en la actividad monitoreo de equipo rotativo

TIEMPO MEDIDAS	2014/ 06/15 16:00	2014/ 06/15 16:15	2014/ 06/15 16:33	2014/ 06/15 16:46	TIEMPO MEDIDAS	2014/06 /16 08:00	2014/06 /16 08:15	2014/06 /16 08:30	2014/06 /16 08:45
Temp. Globo (°C)	25,62	25,67	25,63	25,65	Temp. Globo (°C)	25,62	25,67	25,68	25,65
Temp. Húmeda (°C)	25,91	25,88	25,93	25,89	Temp. Húmeda (°C)	25,89	25,90	25,92	25,90
Temp. Seca (°C)	22,30	22,29	22,25	22,30	Temp. Seca (°C)	22,30	22,28	22,30	22,27

**Tabla AIII. 2** Índice WBGT obtenido en los 8 periodos de tiempo en la actividad monitoreo de equipo rotativo y obtención del nivel de riesgo

PERIODOS WBGT (°C)	2014/06 /15 16:00	2014/06 /15 16:15	2014/06 /15 16:33	2014/06 /15 16:46	2014/ 06/16 08:00	2014/ 06/16 08:15	2014/ 06/16 08:30	2014/ 06/16 08:45
MEDIDO	28,9	28,9	28,8	28,8	28,8	28,7	28,3	28,8
Permitido Dec. 2393	28	28	28	28	28	28	28	28
Permitido ACGIH	26	26	26	26	26	26	26	26
Nivel de riesgo según Dec. 2393	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Nivel de riesgo según la ACGIH	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
							WBG T (°C)	<b>28,73</b>

**Tabla AIII. 3** Especificidad en la calidad de las medidas del WBGT en la actividad monitoreo del equipo rotativo mediante la cuantificación de la desviación estándar y la capacidad del proceso

CAPACIDAD DEL PROCESO			
Medidas WBGT		Monitoreo Equipo Rotativo	
28,9		Desvets =	0,19
28,9			
28,7		Cp =	$\frac{28,9-28,3}{6 * 0,1}$
28,8			
28,8			
28,7		Cp =	1
28,3			
28,8			
28,7	= promedio		

**Tabla AIII. 4** Consumo metabólico y carga de trabajo de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas, evaluada en kcal/h en la actividad monitoreo equipo rotativo

MONITOREO EQUIPOS Y TURBINAS		
	Calderas [1]; [2]; [3]; [4] y [5]	Turbos generadores [1]; [2] y [3]
1. Revisión de equipos en calderas y turbos	17,8 seg (21,4%)	20 seg (23,5 %)
2. Apunte de novedades	17,6 seg (14,2 %)	17,6 seg (11,7%)
3. Desplazarse a nivel	51,9 seg (64,2%)	55 seg (64,7%)
Total=	87,3 seg	92,6 seg
1. Revisión de equipos en calderas y turbos	Andar.....2,0 kcal/min	
2. Apunte de novedades	De pie.....0,6 kcal/min Ligero un solo brazo.....1 kcal/min	
3. Desplazarse a nivel	Andar.....2,0 kcal/min	
	$\text{Calderas (1) al (5)} = 2,0 \text{ kcal/min} \times 0,21 + 0,6 \text{ kcal/min} \times 0,14 + 1 \text{ kcal/min} \times 0,14 + 2,0 \text{ kcal/min} \times 0,64 + 1 \text{ kcal/min} = 2,92 \text{ kcal/min es} = 175,2 \text{ kcal/h}$	
	WBGT = 30 kcal/h	
	$\text{Turbos Generadores (1) al (3)} = 2,0 \text{ kcal/min} \times 0,23 + 0,6 \text{ kcal/min} \times 0,1 + 1 \text{ kcal/min} \times 0,10 + 2,0 \text{ kcal/min} \times 0,64 + 1 \text{ kcal/min} = 2,9 \text{ kcal/min es} = 174 \text{ kcal/h}$	
	WBGT = 30 kcal/h	

**Tabla AIII. 5** Especificidad de calidad del tiempo empleado en el procedimiento de monitorear el equipo rotativo en calderas y turbo generadores

1. Revisión de equipos en calderas y turbos	2. Apunte de novedades	3. Desplazarse a nivel	
	<b>seg</b>		
1.a	8,9	desvest=	0,16
1.b	8,9		
2.a	8,8		
2.b	8,8	Cp=	8,9 - 8,2
3.a	8,9		6 * 0,1
3.b	8,8		
3.c	8,4	Cp=	1,16
3.d	8,7		
3.e	8,9		
3.f	8,2		

**Tabla AIII. 6** Índice WBGT medido tomadas en calderas y turbo generadores en la actividad monitoreo de equipo rotativo en la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas

ZONA	WBGT MEDIDO	TIEMPO	
Caldera 1	30 kcal/h	87,3 seg	(0,024 h)
Caldera 2	30 Kcal/h	87,3 seg	
Caldera 3	30 kcal/h	87,3 seg	
Caldera 4	30 kcal/h	87,3 seg	
Caldera 5	30 kcal/h	87,3 seg	
Turbos 1	30 kcal/h	92,6 seg	(0,025 h)
Turbos 2	30 kcal/h	92,6 seg	
Turbos 3	30 kcal/h	92,6 seg	
WBGT =	$M1x_{t1} + M2x_{t2} \dots M0x_{t0}$	t total	
WBGT =	$30 \text{ kcal/h} \times 0,024 \text{ h} + 30 \times 0,024 + 30 \times 0,024 + 30 \times 0,024 + 30 \times 0,024 + 30 \times 0,025 + 30 \times 0,025 + 30 \times 0,025$	0,12 h	
WBGT=	30,25 kcal/h		

## ANEXO IV

### EVALUACIÓN DEL ÍNDICE WBGT EN EL ÁREA DE TOMA DE PRESIÓN, TEMPERATURA Y NIVELES EN CALDERAS Y TURBO GENERADORES

**Tabla AIV. 1** Medidas de temperatura de globo, húmeda y seca en la actividad de toma de presión, temperatura y niveles en las calderas y turbo generadores

TIEMPO MEDIDAS	2014/ 06/16 09:00	2014/ 06/16 09:16	2014/ 06/16 09:30	2014/ 06/16 09:45
	Temp. Globo (°C)	33,46	33,60	33,23
Temp. Húmeda (°C)	26,12	26,28	26,29	26,86
Temp. Seca (°C)	25,70	25,10	25,90	25,50

TIEMPO MEDIDAS	2014/ 06/16 18:00	2014/ 06/16 18:16	2014/ 06/16 18:30	2014/ 06/16 18:46
	Temp. Globo (°C)	33,46	33,60	33,46
Temp. Húmeda (°C)	26,15	26,28	26,12	26,28
Temp. Seca (°C)	25,60	25,15	25,70	25,10

**Tabla AIV. 2** Índice WBGT obtenido en los 8 periodos de tiempo en la actividad de toma de presión, temperatura y niveles en calderas, turbo generadores y nivel de riesgo

PERIODOS WBGT (°C)	2014/06 /14 09:00	2014/06 /14 09:16	2014/06 /14 09:30	2014/06 /14 09:45	2014/ 06/14 18:00	2014/ 06/14 18:16	2014/ 06/14 18:30	2014/ 06/14 18:46
	MEDIDO	28,4	28,9	28,9	28,7	28,8	28,8	29
Permitido Dec. 2393	31	31	31	31	31	31	31	31
Permitido ACGIH	28	28	28	28	28	28	28	28
Nivel de riesgo según Dec. 2393	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Nivel de riesgo según la ACGIH	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
							WBG T (°C)	<b>28,78</b>

**Tabla AIV. 3** Calidad de las medidas del WBGT en la actividad toma de temperatura, presión y niveles mediante la cuantificación de la desviación estándar y la capacidad del proceso

CAPACIDAD DE PROCESO			
Medidas WBGT		Toma de presión, nivel y temp.	
28,4			
28,9		desvest =	0,18
28,9			
28,7		Cp =	29-28,4
28,8			6 * 0,1
28,8			
29		Cp. =	1
28,8			
28,8			

**Tabla AIV. 4** Consumo metabólico en la actividad de toma de niveles, presión, temperaturas en calderas y turbo generadores de la Planta de Utilidades

PRESIÓN, TEMP, NIVEL CALDERAS Y TURBOS		
	Calderas [1]: [2]: [3]: [4] y [5]	Turbos generadores [1]: [2] y [3]
1. Toma de niveles, presión y temperatura en calderas y turbos	154,3 seg (60 %)	92,5 seg (56 %)
2. Apunte de novedades	25,2 seg (10 %)	25 seg (15 %)
3. Desplazarse al mismo nivel	77 seg (30 %)	46,2 seg (29 %)
Total=	256,5 seg	163,7 seg
1. Revisión de equipos en calderas y turbos	Andar.....2,0 kcal/min	
2. Apunte de novedades	De pie.....0,6 kcal/min Ligero un solo brazo.....1 kcal/min	
3. Desplazarse a nivel	Andar.....2,0 kcal/min	
	Calderas (1) al (5)= 2,0 kcal/min x 0,6 + 0,6 kcal/min x 0,10 + 1 kcal/min x 0,10 + 2,0 kcal/min x 0,30 + 1 kcal/min = 3,9 kcal/min es = 234 kcal/h WBGT = 28 kcal/h	
	Turbos Generadores (1) al (3) = 2,0 kcal/min x 0,56 + 0,6 kcal/min x 0,15 + 1 kcal/min x 0,15 + 2,0 kcal/min x 0,29 + 1 kcal/min = 3,28 kcal/min es = 196,8 kcal/h WBGT = 30 kcal/h	

**Tabla AIV. 5** Especificación de la calidad del tiempo en las actividades, al cuantificar la desviación estándar y la capacidad del proceso en la actividad de toma de presión, nivel y temperatura en la Planta de Utilidades

1. Toma de niveles, presión y temperatura en calderas y turbos	2. Apunte de novedades	3. Desplazarse a nivel	
	seg		
1.a	25,8	desvest=	0,17
1.b	25,7		
1.c	25,8		
1.d	25,6	Cp=	25,8 - 25,2
1.e	25,7		6 * 0,1
1.f	25,7		
2.a	25,2	Cp=	1
3.a	25,7		
3.b	25,6		
3.c	25,7		

**Tabla AIV. 6** Índice WBGT medido promedio en las calderas y turbo generadores al que está expuesto el trabajador de la Planta de Utilidades al tomar datos de presión, temperaturas y niveles

ZONA	WBGT MEDIDO	TIEMPO	
Caldera 1	28 kcal/h	256,5 seg	(4,2 h)
Caldera 2	28 kcal/h	256,5 seg	
Caldera 3	28 kcal/h	256,5 seg	
Caldera 4	28 kcal/h	256,5 seg	
Caldera 5	28 kcal/h	256,5 seg	
Turbos 1	30 kcal/h	163,7 seg	(2,7 h)
Turbos 2	30 kcal/h	163,7 seg	
Turbos 3	30 kcal/h	163,7 seg	
WBGT =	$M1x_{t1} + M2x_{t2} \dots M0x_{t0}$		
	t total		
WBGT =	$28 \text{ kcal/h} \times 4,2 \text{ h} + 28 \times 4,2 + 28 \times 4,2 + 28 \times 4,2 + 28 \times 4,2 + 30 \times 2,7 + 30 \times 2,7 + 30 \times 2,7$		
	29,1 h		
WBGT=	28,55 kcal/h		

## ANEXO V

### EVALUACIÓN DEL ÍNDICE WBGT EN EL CAMBIO DE BAYONETA EN LAS CALDERAS

**Tabla AV. 1** Medidas de temperatura de globo, húmeda y seca en la actividad cambio de bayoneta en las calderas de la Planta de Utilidades

TIEMPO MEDIDAS	2014/ 06/13 11:00	2014/ 06/13 11:17	2014/ 06/13 11:30	2014/ 06/13 11:45	TIEMPO MEDIDAS	2014/06 /13 17:00	2014/06 /13 17:15	2014/06 /13 17:30	2014/06 /13 17:47
	Temp. Globo (°C)	44,34	44,31	44,80		44,78	Temp. Globo (°C)	44,24	44,11
Temp. Húmeda (°C)	36,86	35,88	36,16	36,86	Temp. Húmeda (°C)	36,76	35,68	36,27	36,76
Temp. Seca (°C)	34,68	34,16	35,68	35,68	Temp. Seca (°C)	35,28	35,36	34,98	35,28

**Tabla AV. 2** Índice WBGT obtenido en los 8 periodos de tiempo en la actividad de cambio de bayoneta en calderas de la Planta de Utilidades y nivel de riesgo

PERIODOS WBGT (°C)	2014/06 /13 11:00	2014/06 /13 11:17	2014/06 /13 11:30	2014/06 /13 11:45	2014/ 06/13 17:00	2014/ 06/13 17:15	2014/ 06/13 17:30	2014/ 06/13 17:47
	MEDIDO	38,79	38,9	38,8	38,3	38,9	38,8	38,7
Permitido Dec. 2393	27 °C	27 °C	27 °C	27 °C	27 °C	27 °C	27 °C	27 °C
Permitido ACGIH	25 °C	25 °C	25 °C	25 °C	25 °C	25 °C	25 °C	25 °C
Nivel de riesgo según Dec. 2393	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
Nivel de riesgo según la ACGIH	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
							WBG T (°C)	<b>38,75</b>

**Tabla AV. 3** Especificación de la calidad de las medidas tomadas de índice WBGT en la actividad cambio de bayoneta de la Planta de Utilidades al cuantificar la desviación estándar y la capacidad del proceso

CAPACIDAD DE PROCESO			
Medidas WBGT		Cambio de bayoneta	
38,79			
38,9		desvest=	0,19
38,8			
38,3		Cp=	$\frac{38,9 - 38,3}{6 * 0,1}$
38,9			
38,8			
38,7		Cp=	1
38,85			
38,76	promedio		

**Tabla AV. 4** Consumo metabólico y tipo de carga de trabajo en los operarios al cambiar la bayoneta en las calderas de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas

CAMBIO DE BAYONETA Calderas [1]; [2]; [3]; [4] y [5]			
1. Revisión de área y lugar de colocación de bayoneta en calderas	0,8 min	(0,7 %)	
2. Retiro de bayoneta	25 min	(21,5 %)	
3. Desplazarse al mismo nivel, 3 m con bayoneta	50 min	(43,1 %)	
4. Introducir en caldera otra bayoneta limpia	40 min	(34,5 %)	
Total=	115,8 min	(100 %)	
1. Revisión de área y lugar de colocación de bayoneta en calderas	De pie.....0,6 kcal/min		
2. Retiro de bayoneta	De pie.....0,6 kcal/min Pesado con los dos brazos.....2,5 kcal/min		
3. Desplazarse al mismo nivel 3 m con bayoneta	Andar.....2,0 kcal/min Pesado con ambos brazos.....2,5 kcal/min		
4. Introducir en caldera otra bayoneta limpia	Pesado con ambos brazos.....2,5 kcal/min		
Calderas (1) al (5)= $0,6 \text{ kcal/min} \times 0,7 + 0,6 \text{ kcal/min} \times 0,21 + 2,5 \text{ kcal/min} \times 0,21 + 2,0 \text{ kcal/min} \times 0,43 + 2,5 \text{ kcal/min} \times 0,43 + 2,5 \text{ kcal/min} \times 0,34 = 4,4 \text{ kcal/min}$ es $= 266 \text{ kcal/h}$			
WBGT = 28 kcal/h			



**Tabla AV. 5** Especificidad de calidad del tiempo empleado al realizar las medidas de índice WBGT al realizar el cambio de bayoneta

CAMBIO DE BAYONETA CALDERAS			
1. Revisión de área y lugar de colocación de bayoneta en calderas	2. Retiro de bayoneta	3. Desplazarse al mismo nivel, 3 m con bayoneta	4. Introducir en caldera otra bayoneta limpia
		min	
1.a		8,9	desvest= 0,18
2.a		8,9	
2.b		8,8	
3.a		8,8	Cp= 8,9 - 8,1
3.b		8,9	6 * 0,1
3.c		8,8	
4.a		8,7	Cp= 1,16
4.b		8,9	
4.c		8,3	
4.d		8,8	
4.e		8,1	

**Tabla AV. 6** Índice WBGT medido promedio en el cambio de bayoneta al que está expuesto el trabajador de la Planta de Utilidades

WBGT MEDIDO			
ZONA	WBGT MEDIDO	TIEMPO	
Caldera 1	28 kcal/h	115,8 min	(1,93 h)
Caldera 2	28 kcal/h	115,8 min	
Caldera 3	28 kcal/h	115,8 min	
Caldera 4	28 kcal/h	115,8 min	
Caldera 5	28 kcal/h	115,8 min	
WBGT =	$M1x t_1 + M2x t_2 \dots M0x t_0$		
	t total		
WBGT =	$28 \text{ kcal/h} \times 1,93 \text{ h} + 28 \times 1,93 + 28 \times 1,93 + 28 \times 1,93 + 28 \times 1,93$		
	9,65 h		
WBGT medido=	28 kcal/h		

## ANEXO VI

### EVALUACIÓN DEL ÍNDICE WBGT EN LA ACTIVIDAD ADICIÓN DE QUÍMICOS EN CALDERAS

**Tabla AVI. 1** Valores de temperaturas de globo, húmeda y seca del operador de calderas durante la actividad adición de químicos

TIEMPO MEDIDAS	2014/ 06/12 14:00	2014/ 06/12 14:15	2014/ 06/12 14:34	2014/ 06/12 14:45
Temp. Globo (°C)	45,69	45,69	45,62	45,68
Temp. Húmeda (°C)	41,69	41,69	41,69	41,67
Temp. Seca (°C)	29,63	29,61	28,61	29,65

TIEMPO MEDIDAS	2014/ 06/13 17:00	2014/ 06/13 17:15	2014/ 06/13 17:35	2014/06 /13 17:45
Temp. Globo (°C)	45,64	45,26	45,73	45,56
Temp. Húmeda (°C)	41,69	41,69	41,69	41,69
Temp. Seca (°C)	29,63	29,61	28,63	29,61

**Tabla AVI. 2** Índice WBGT obtenido en los 8 periodos de tiempo en la actividad adición de químicos en las calderas y obtención del nivel de riesgo

PERIODOS WBGT (°C)	2014/06 /12 14:00	2014/06 /12 14:15	2014/06 /12 14:34	2014/06 /12 14:45	2014/06/ 13 17:00	2014/06/ 13 17:15	2014/06/ 13 17:35	2014/06/ 13 17:45
MEDIDO	38,89	39,03	38,94	38,40	38,89	38,96	38,94	38,99
Permitido Dec. 2393	27 °C	27 °C	27 °C	27 °C	27 °C	27 °C	27 °C	27 °C
Permitido ACGIH	25 °C	25 °C	25 °C	25 °C	25 °C	25 °C	25 °C	25 °C
Nivel de riesgo según Dec. 2393	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Nivel de riesgo según la ACGIH	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
							WBGT (°C)	<b>38,88</b>

**Tabla AVI. 3** Especificación de la calidad de las medidas tomadas de índice WBGT en la actividad adición de químicos en las calderas de la Planta de Utilidades al cuantificar la desviación estándar y la capacidad del proceso

CAPACIDAD DE PROCESO			
Medidas WBGT		Adición de Químicos	
38,89			
39,03		desvest=	0,1
38,94			
38,4		Cp=	$39,03 - 38,4$
38,89			$6 \times 0,1$
38,96			
38,94		Cp=	1,05
38,99			
38,88	promedio		

**Tabla AVI. 4** Consumo metabólico y tipo de carga de trabajo en los trabajadores de la Planta de Utilidades durante la adición de químicos en las calderas

ADICIÓN DE QUIMICOS	
Calderas [1]; [2]; [3]; [4] y [5]	
1. Preparar los químicos	24,36 min (67 %)
2. Transportar los químicos a distinto nivel	4,7 min (11 %)
3. Vertir los químicos en las calderas	9,2 min (22 %)
Total=	38,26 min (100 %)
1. Preparar los químicos	Sentado.....0,3 kcal/min Manual pesado.....1,5 kcal/min Con un brazo pesado.....1,8 kcal/min
2. Transportar los químicos a distinto nivel	Caminar en pendiente...3 kcal/min + 0,8 por m de desnivel = 5,4 kcal/min Con un brazo pesado.....1,8 kcal/min
3. Vertir los químicos en las calderas	Manual pesado.....0,9 kcal/min Con dos brazos pesado.....2,5 kcal/min
Calderas (1) al (5)= $0,3 \text{ kcal/min} \times 0,67 + 1,5 \text{ kcal/min} \times 0,67 + 1,8 \text{ kcal/min} \times 0,67 + 5,4 \text{ kcal/min} \times 0,11 + 1,8 \text{ kcal/min} \times 0,11 + 0,9 \text{ kcal/min} \times 0,22 + 2,5 \text{ kcal/min} \times 0,22 + 1 \text{ kcal/min} = 4,9 \text{ kcal/min}$ es = 295,2 kcal/h	
WBGT = 28 kcal/h	

**Tabla AVI. 5** Eficiencia en emplear el tiempo de ejecución en la actividad de adicionar químicos a las calderas mediante la identificación de la desviación estándar y la capacidad del proceso

1. Preparar los químicos	2. Transportar los químicos a distinto nivel	3. Vertir los químicos en las calderas	
	min		
1.a	4,96	desvest=	0,1
1.b	4,9		
1.c	4,8		
1.d	4,8	Cp=	4,96 - 4,3
1.e	4,9		6 * 0,1
1.f	4,8		
2.a	4,7	Cp=	1,1
3.a	4,9		
3.b	4,3		

**Tabla AVI. 6** Índice WBGT medido promedio de las calderas al que está expuesto trabajador de la Planta de Utilidades al adicionar químicos

ZONA	WBGT MEDIDO	TIEMPO	
Caldera 1	28 kcal/h	38,26 min	(0,63 h)
Caldera 2	28 kcal/h	38,26 min	
Caldera 3	28 kcal/h	38,26 min	
Caldera 4	28 kcal/h	38,26 min	
Caldera 5	28 kcal/h	38,26 min	
WBGT =	$M1xt_1 + M2xt_2 \dots M0xt_0$		
	t total		
WBGT =	$28 \text{ kcal/h} \times 0,63 \text{ h} + 28 \times 0,63 + 28 \times 0,63 + 28 \times 0,63 + 28 \times 0,63$		
	3,15 h		
WBGT=	28 kcal/h		

## ANEXO VII

### EVALUACIÓN DEL ÍNDICE WBGT EN LA ACTIVIDAD DE BARRIDO Y LIMPIEZA DE LOS QUEMADORES

**Tabla AVII. 1** Valores térmicos de globo, húmedos y secos de trabajadores de la Planta de Utilidades de la actividad barrido y limpieza de los quemadores

TIEMPO MEDIDAS	2014/ 06/13 08:00	2014/ 06/13 08:15	2014/ 06/13 08:30	2014/ 06/13 08:46	TIEMPO MEDIDAS	2014/ 06/13 19:00	2014/ 06/13 19:15	2014/ 06/13 19:30	2014/ 06/13 19:45
Temp. Globo (°C)	36,94	36,67	36,98	36,35	Temp. Globo (°C)	36,94	36,67	36,94	36,67
Temp. Húmeda (°C)	35,93	35,91	35,95	35,78	Temp. Húmeda (°C)	35,92	35,92	35,93	35,91
Temp. Seca (°C)	28,05	28,05	28,15	28,08	Temp. Seca (°C)	28,05	28,05	28,15	28,05

**Tabla AVII. 2** Índices WBGT de trabajadores de la Planta de Utilidades en la actividad barrido y limpieza de quemadores y su nivel de riesgo

PERIODOS WBGT (°C)	2014/06/ 13 08:00	2014/06/ 13 08:15	2014/06/ 13 08:30	2014/06/ 13 08:46	2014/06/ 13 19:00	2014/06/ 13 19:15	2014/06/ 13 19:30	2014/06/ 13 19:45
MEDIDO	35,97	35,89	35,94	35,89	36,02	35,97	35,96	35,40
Permitido Dec. 2393	32	32	32	32	32	32	32	32
Permitido ACGIH	30	30	30	30	30	30	30	30
Nivel de riesgo según Dec. 2393	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media
Nivel de riesgo según la ACGIH	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media
							WBGT (°C)	<b>35,88</b>

**Tabla AVII. 3** Especificidad en la calidad de las medidas del WBGT en la actividad barrido y limpieza de quemadores mediante la cuantificación de la desviación estándar y la capacidad del proceso

CAPACIDAD DEL PROCESO			
Medida WBGT	Barrido y limpieza de quemadores		
35,97			
35,89	desvest=	0,1	
35,94			
35,89			
36,02	Cp=	36,02 - 35,40	
35,97		6 * 0,1	
35,96			
35,4	Cp=	1,03	
35,88			

**Tabla AVII. 4** Consumo metabólico y tipo de carga de trabajo en operadores de la Planta de Utilidades en la actividad barrido y limpieza de los quemadores

BARRIDO Y LIMPIEZA DE QUEMADORES	
Calderas [1]; [2]; [3]; [4] y [5]	
1. Preparar los implementos de limpieza	9,97 min (11 %)
2. Barrido y recolección del material	58,9 min (67 %)
3. Transportar y reciclaje	19,2 min (22 %)
Total=	88,07 min (100 %)
1. Preparar los implementos de limpieza	De pie.....0,6 kcal/min Manual ligero.....0,4 kcal/min
2. Barrido y recolección del material	Con dos brazos ligero... 1,5 kcal/min
3. Transportar y reciclaje	Caminar en terreno llano....2 kcal/min Con dos brazos pesado.....2,5 kcal/min
Calderas (1) al (5)= 0,6 kcal/min x 0,11 + 0,4 kcal/min x 0,11 + 1,5 kcal/min x 0,67 + 2 kcal/min x 0,22 + 2,5 kcal/min x 0,22 = 3,09 kcal/min es = 185,4 kcal/h	
	WBGT = 30 kcal/h

**Tabla AVII. 5** Especificidad de calidad del tiempo empleado en el procedimiento del barrido y limpieza de los quemadores en las calderas

1. Preparar los implementos de limpieza	2. Barrido y recolección del material	3. Transportar y reciclaje	
	min		
1.a	9,97	desvest=	0,19
2.a	9,9		
2.b	9,8		
2.c	9,8	Cp=	9,97 - 9,3
2.d	9,9		6 * 0,1
2.e	9,8		
2.f	9,7	Cp=	1,11
3.a	9,9		
3.b	9,3		

**Tabla AVII. 6** Índice WBGT medido durante el barrido, purga y limpieza de quemadores en las calderas en la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas

ZONA	WBGT MEDIDO	TIEMPO	
Caldera 1	30 kcal/h	88,07 min	(1,4 h)
Caldera 2	30 kcal/h	88,07 min	
Caldera 3	30 kcal/h	88,07 min	
Caldera 4	30 kcal/h	88,07 min	
Caldera 5	30 kcal/h	88,07 min	
WBGT =	$M_1x t_1 + M_2x t_2 \dots M_0x t_0$		
	t total		
WBGT =	$30 \text{ kcal/h} \times 1,4 \text{ h} + 30 \times 1,4 + 30 \times 1,4 + 30 \times 1,4 + 30 \times 1,4$		
	7 h		
WBGT=	30 kcal/h		

## ANEXO VIII

### EVALUACIÓN DEL ÍNDICE WBGT EN LIMPIEZA DE TURBO GENERADORES

**Tabla AVIII. 1** Temperaturas húmedas, globo y seca en los trabajadores de la Planta de Utilidades que laboran en los turbo generadores

TIEMPO MEDIDAS	2014/ 06/14 08:30	2014/ 06/14 08:46	2014/ 06/14 09:00	2014/ 06/14 09:15	TIEMPO MEDIDAS	2014/ 06/14 14:30	2014/ 06/14 14:45	2014/ 06/14 15:00	2014/ 06/14 15:15
Temp. Globo (°C)	42,34 °C	42,31 °C	42,80 °C	42,78 °C	Temp. Globo (°C)	42,34 °C	42,32 °C	42,80 °C	42,31 °C
Temp. Húmeda (°C)	36,86 °C	36,88 °C	36,16 °C	36,86 °C	Temp. Húmeda (°C)	36,87 °C	35,89 °C	36,85 °C	35,88 °C
Temp. Seca (°C)	42,68 °C	42,16 °C	41,68 °C	42,68 °C	Temp. Seca (°C)	42,69 °C	42,17 °C	42,68 °C	42,16 °C

**Tabla AVIII. 2** Valores de índice WBGT en los trabajadores de la Planta de Utilidades que realizan el cierre, purga y limpieza de turbo generadores y cuantificación del nivel de riesgo

PERIODOS WBGT (°C)	2014/06 /14 08:30	2014/06 /14 08:46	2014/06 /14 09:00	2014/06 /14 09:15	2014/06/ 14 14:30	2014/06/ 14 14:45	2014/06/ 14 15:00	2014/06 /14 15:15
MEDIDO	42,04	41,97	41,89	41,94	41,87	41,97	41,99	41,42
Permitido Dec. 2393	27 °C	27 °C	27 °C	27 °C	27 °C	27 °C	27 °C	27 °C
Permitido ACGIH	25 °C	25 °C	25 °C	25 °C	25 °C	25 °C	25 °C	25 °C
Nivel de riesgo según Dec. 2393	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Nivel de riesgo según la ACGIH	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
							WBGT (°C)	<b>41,88</b>



**Tabla AVIII. 3** Especificación de la calidad de las medidas de índice WBGT en la actividad cierre, purga y limpieza de los turbo generadores de la Planta de Utilidades al cuantificar la desviación estándar y la capacidad del proceso

CAPACIDAD DEL PROCESO			
Medida WBGT	Cierre, purga y limpieza turbos		
42,04			
41,97	desvest=	0,1	
41,89			
41,94			
41,89	Cp=	$\frac{42,04 - 41,42}{6 * 0,1}$	
41,97			
41,99			
41,42	Cp=	1,03	
41,89			

**Tabla AVIII. 4** Consumo metabólico y tipo de carga de trabajo que presentó el operador de cierre, purga y limpieza de los turbo generadores de la Planta de Utilidades

CIERRE, PURGA Y LIMPIEZA DE TURBOS GENERADORES		
	TURBOS [1]; [2] y [3]	
1. Verificación de auxiliares de las turbinas	9,85 min	(17 %)
2. Recirculación de condensados y aceites	28,9 min	(50 %)
3. Alineación de eyectores para el sistema de vacío de las turbinas	18,7 min	(33 %)
Total=	57,45 min	(100 %)
1. Verificación de auxiliares de las turbinas	De pie.....0,6 kcal/min Manual ligero.....0,4 kcal/min	
2. Recirculación de condensados y aceites	Con dos brazos ligero... 1,5 kcal/min Con el cuerpo ligero.....3,5 kcal/min	
3. Alineación de eyectores para el sistema de vacío de las turbinas	Con dos brazos ligero... 1,5 kcal/min Con el cuerpo ligero.....3,5 kcal/min	
	Turbos (1) al (3)= $0,6 \text{ kcal/min} \times 0,17 + 0,4 \text{ kcal/min} \times 0,17 + 1,5 \text{ kcal/min} \times 0,50 + 3,5 \text{ kcal/min} \times 0,50 + 1,5 \text{ kcal/min} \times 0,33 + 3,5 \text{ kcal/min} \times 0,33 = 5,3 \text{ kcal/min}$ es = 318,3 kcal/h	
	WBGT = 26 kcal/h	

**Tabla AVIII. 5** Especificidad de calidad del tiempo empleado en el procedimiento de cierre, purga y limpieza de turbo generadores de la Planta de Utilidades

1. Verificación de auxiliares de las turbinas	2. Recirculación de condensados y aceites	3. Alineación de eyectores para el sistema de vacío de las turbinas	
	min		
1.a	4,95	desvest=	0,1
1.b	4,9		
2.a	4,8		
2.b	4,8	Cp=	4,95 - 4,3
2.c	4,9		6 * 0,1
2.d	4,8		
2.e	4,7	Cp=	1,08
2.f	4,9		
3.a	4,3		
3.b	4,8		
3.c	4,9		
3.d	4,7		



**Tabla AVIII. 6** Índice WBGT medido tomado durante el mantenimiento de los turbo generadores en la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas

ZONA	WBGT MEDIDO	TIEMPO	
Turbo 1	26 kcal/h	57,45 min	(0,95 h)
Turbo 2	26 kcal/h	57,45 min	
Turbo 3	26 kcal/h	57,45 min	
WBGT =	$M_1x t_1 + M_2x t_2 \dots M_0x t_0$		
	t total		
WBGT =	$26 \text{ kcal/h} \times 0,95 \text{ h} + 26 \times 0,95 + 26 \times 0,95$		
	2,8 h		
WBGT=	26,4 kcal/h		



## ANEXO IX

## RÉGIMEN TRABAJO-DESCANSO EN ACTIVIDADES DE LA PLANTA DE UTILIDADES DE LA REFINERÍA DE ESMERALDAS



**Tabla AIX. 1** Régimen trabajo-descanso en la actividad del cierre, purga y limpieza de los turbo generadores en la Planta de Utilidades

CARGA METABOLICA - REGIMEN TRABAJO-DESCANSO				
				
$ft = \frac{[A-B]}{[C-D]+[A-B]} \times 60 \left(\frac{\text{min}}{\text{h}}\right)$	Consumo metabólico	WBGT límite		
	kcal/h	persona aclimatada	persona no aclimatada	
	≤ 100	30	33	32
	100 – 200	30	30	29
	200 – 310	28	28	26
	310 – 400	25	26	23
	> 400	23	25	18
MANTENIMIENTO DE TURBOS				
13/06/2014				
<b>NTP-ISO-A.1.1 (318,3 kcal/h) 11:00</b>				
A= WBGT límite en la zona de descanso (M= menor a 100 kcal/h):	33	ft =	$\frac{[33-25]}{[42,04-26,4]+[33-25]}$	X 60 = 20,3 min/h
B= WBGT en zona de descanso:	25			
C= WBGT en la zona de trabajo:	42,04			
D= WBGT límite en la zona de trabajo:	26,4			
<b>NTP-ISO-A.1.2 (318,3 kcal/h) 11:17</b>				
A= WBGT límite en la zona de descanso (M= menor a 100 kcal/h):	33	ft =	$\frac{[33-25]}{[41,97-26,4]+[33-25]}$	X 60 = 20,3 min/h
B= WBGT en zona de descanso:	25			
C= WBGT en la zona de trabajo:	41,97			
D= WBGT límite en la zona de trabajo:	26,4			
<b>NTP-ISO-A.1.3 (318,3 kcal/h) 11:30</b>				
A= WBGT límite en la zona de descanso (M= menor a 100 kcal/h):	33	ft =	$\frac{[33-25]}{[41,89-26,4]+[33-25]}$	X 60 = 20,4 min/h
B= WBGT en zona de descanso:	25			
C= WBGT en la zona de trabajo:	41,89			
D= WBGT límite en la zona de trabajo:	26,4			
<b>NTP-ISO-A.1.4 (318,3 kcal/h) 11:45</b>				
A= WBGT límite en la zona de descanso (M= menor a 100 kcal/h):	33	ft =	$\frac{[33-25]}{[41,94-26,4]+[33-25]}$	X 60 = 20,3 min/h
B= WBGT en zona de descanso:	25			
C= WBGT en la zona de trabajo:	41,94			
D= WBGT límite en la zona de trabajo:	26,4			
			<b>PROMEDIO=</b>	<b>20,3 min/h</b>



**Tabla AIX. 2** Régimen trabajo-descanso en la actividad del cierre purga y limpieza de los turbo generadores en la Planta de Utilidades

CARGA METABOLICA - REGIMEN TRABAJO-DESCANSO					
					
$ft = \frac{[A-B]}{[C-D]+[A-B]} \times 60 \left(\frac{\text{min}}{\text{h}}\right)$	Consumo metabólico	WBGT límite			
	kcal/h	persona aclimatada		persona no aclimatada	
	≤ 100	30	33	32	32
	100 – 200	30	30	29	29
	200 – 310	28	28	26	26
	310 – 400	25	26	22	23
MANTENIMIENTO DE TURBOS	> 400	23	25	18	20
13/06/2014					
<b>NTP-ISO-A.1.1 (318,3 kcal/h) 17:00</b>					
A= WBGT límite en la zona de descanso					
(M= menor a 100 kcal/h):		33			
B= WBGT en zona de descanso:		25	$ft = \frac{[33-25]}{[41,87-26,4]+[33-25]} \times 60 = 20,4 \text{ min/h}$		
C= WBGT en la zona de trabajo:		41,87			
D= WBGT límite en la zona de trabajo:		26,4			
<b>NTP-ISO-A.1.2 (318,3 kcal/h) 17:15</b>					
A= WBGT límite en la zona de descanso					
(M= menor a 100 kcal/h):		33	$ft = \frac{[33-25]}{[41,97-26,4]+[33-25]} \times 60 = 20,3 \text{ min/h}$		
B= WBGT en zona de descanso:		25			
C= WBGT en la zona de trabajo:		41,97			
D= WBGT límite en la zona de trabajo:		26,4			
<b>NTP-ISO-A.1.3 (318,3 kcal/h) 17:30</b>					
A= WBGT límite en la zona de descanso					
(M= menor a 100 kcal/h):		33	$ft = \frac{[33-25]}{[41,99-26,4]+[33-25]} \times 60 = 20,3 \text{ min/h}$		
B= WBGT en zona de descanso:		25			
C= WBGT en la zona de trabajo:		41,99			
D= WBGT límite en la zona de trabajo:		26,4			
<b>NTP-ISO-A.1.4 (318,3 kcal/h) 17:47</b>					
A= WBGT límite en la zona de descanso					
(M= menor a 100 kcal/h):		33	$ft = \frac{[33-25]}{[41,42-26,4]+[33-25]} \times 60 = 20,8 \text{ min/h}$		
B= WBGT en zona de descanso:		25			
C= WBGT en la zona de trabajo:		41,42			
D= WBGT límite en la zona de trabajo:		26,4			
				PROMEDIO =	20,45 min/h



**Tabla AIX. 3** Régimen trabajo-descanso en la actividad de adición de químicos en las calderas de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas

CARGA METABOLICA - REGIMEN TRABAJO-DESCANSO						
						
$ft = \frac{[A-B]}{[C-D]+[A-B]} \times 60 \left(\frac{min}{h}\right)$	Consumo metabólico	WBGT límite				
		kcal/h	aclimatada		persona no aclimatada	
			v = 0	v ≠ 0	v = 0	v ≠ 0
	≤ 100	30	33	32	32	
	100 – 200	30	30	29	29	
	200 – 310	28	28	26	26	
	310 – 400	25	26	22	23	
	> 400	23	25	18	20	
ADICIÓN DE QUÍMICOS						
06/12/2014						
<b>NTP-ISO-C.1.1 (295,2 kcal/h) 14:00</b>						
menor a 100 kcl/h):		33				
B= WBGT en zona de descanso:		25	$ft = \frac{[33-25]}{[38,89-28]+[33-25]} \times 60 = 25,4 \text{ min/h}$			
C= WBGT en la zona de trabajo:		38,89				
D= WBGT límite en la zona de trabajo:		28				
<b>NTP-ISO-C.1.2 (295,2 kcal/h) 14:15</b>						
menor a 100 kcl/h):		33				
B= WBGT en zona de descanso:		25	$ft = \frac{[33-25]}{[39,03-28]+[33-25]} \times 60 = 24,87 \text{ min/h}$			
C= WBGT en la zona de trabajo:		39,03				
D= WBGT límite en la zona de trabajo:		28				
<b>NTP-ISO-C.1.3 (295,2 kcal/h) 14:34</b>						
menor a 100 kcl/h):		33				
B= WBGT en zona de descanso:		25	$ft = \frac{[33-25]}{[38,94-28]+[33-25]} \times 60 = 25,3 \text{ min/h}$			
C= WBGT en la zona de trabajo:		38,94				
D= WBGT límite en la zona de trabajo:		28				
<b>NTP-ISO-C.1.4 (295,2 kcal/h) 14:45</b>						
menor a 100 kcl/h):		33				
B= WBGT en zona de descanso:		25	$ft = \frac{[33-25]}{[38,4-28]+[33-25]} \times 60 = 26 \text{ min/h}$			
C= WBGT en la zona de trabajo:		38,4				
D= WBGT límite en la zona de trabajo:		28				
				<b>PROMEDIO=</b>	<b>25,39 min/h</b>	



**Tabla AIX. 4** Régimen trabajo-descanso en la actividad de adición de químicos en las calderas de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas

CARGA METABOLICA - REGIMEN TRABAJO-DESCANSO				
				
$ft = \frac{[A-B]}{[C-D]+[A-B]} \times 60 \left(\frac{\text{min}}{\text{h}}\right)$	Consumo metabólico	kcal/h	WBGT límite	
			persona aclimatada	
			v = 0	v ≠ 0
ADICIÓN DE QUÍMICOS	≤ 100	30	33	32
	100 – 200	30	30	29
	200 – 310	28	28	26
	310 – 400	25	26	22
	> 400	23	25	18
	> 400	23	25	18
13/06/2014				
<b>NTP-ISO-C.1.1 (295,2 kcal/h) 17:00</b>				
menor a 100 kcl/h):		33		
B= WBGT en zona de descanso:		25	$ft = \frac{[33-25]}{[38,89-28]+[33-25]} \times 60 = 25,4 \text{ min/h}$	
C= WBGT en la zona de trabajo:		38,89		
D= WBGT límite en la zona de trabajo:		28		
<b>NTP-ISO-C.1.2 (295,2 kcal/h) 17:15</b>				
menor a 100 kcl/h):		33		
B= WBGT en zona de descanso:		25	$ft = \frac{[33-25]}{[38,96-28]+[33-25]} \times 60 = 25,31 \text{ min/h}$	
C= WBGT en la zona de trabajo:		38,96		
D= WBGT límite en la zona de trabajo:		28		
<b>NTP-ISO-C.1.3 (295,2 kcal/h) 17:35</b>				
menor a 100 kcl/h):		33		
B= WBGT en zona de descanso:		25	$ft = \frac{[33-25]}{[38,94-28]+[33-25]} \times 60 = 25,3 \text{ min/h}$	
C= WBGT en la zona de trabajo:		38,94		
D= WBGT límite en la zona de trabajo:		28		
<b>NTP-ISO-C.1.4 (295,2 kcal/h) 17:45</b>				
menor a 100 kcl/h):		33		
B= WBGT en zona de descanso:		25	$ft = \frac{[33-25]}{[38,99-28]+[33-25]} \times 60 = 25,27 \text{ min/h}$	
C= WBGT en la zona de trabajo:		38,99		
D= WBGT límite en la zona de trabajo:		28		
				<b>PROMEDIO= 25,32 min/h</b>

**Tabla AIX. 5** Régimen trabajo-descanso en la actividad de barrido, purga y limpieza de los quemadores de calderas de la Planta de Utilidades



CARGA METABOLICA - REGIMEN TRABAJO-DESCANSO				
				
$ft = \frac{[A-B]}{[C-D]+[A-B]} \times 60 \left( \frac{\text{min}}{\text{h}} \right)$	Consumo metabólico	kcal/h	WBGT límite	
			persona aclimatada	
			persona no aclimatada	
			v=0	v≠0
	≤ 100	30	33	32
	100 – 200	30	30	29
BARRIDO, PURGA Y LIMPIEZA DE QUEMADORES	200 – 310	28	28	26
	310 – 400	25	26	23
	> 400	23	25	18
<b>NTP-ISO-D.1.1 (185,4 kcal/h) 08H00</b>				
A= WBGT límite en la zona de descanso	33	$ft = \frac{[33-25]}{[35,97-30]+[33-25]} \times 60 = 35,55 \text{ min/h}$		
B= WBGT en zona de descanso:	25			
C= WBGT en la zona de trabajo:	35,97			
D= WBGT límite en la zona de trabajo:	30			
<b>NTP-ISO-D.1.2 (185,4 kcal/h) 08H15</b>				
A= WBGT límite en la zona de descanso	33	$ft = \frac{[33-25]}{[35,89-30]+[33-25]} \times 60 = 34,55 \text{ min/h}$		
B= WBGT en zona de descanso:	25			
C= WBGT en la zona de trabajo:	35,89			
D= WBGT límite en la zona de trabajo:	30			
<b>NTP-ISO-D.1.3 (185,4 kcal/h) 08H30</b>				
A= WBGT límite en la zona de descanso	33	$ft = \frac{[33-25]}{[35,94-30]+[33-25]} \times 60 = 34,43 \text{ min/h}$		
B= WBGT en zona de descanso:	25			
C= WBGT en la zona de trabajo:	35,94			
D= WBGT límite en la zona de trabajo:	30			
<b>NTP-ISO-D.1.4 (185,4 kcal/h) 08H46</b>				
A= WBGT límite en la zona de descanso	33	$ft = \frac{[33-25]}{[35,89-30]+[33-25]} \times 60 = 34,55 \text{ min/h}$		
B= WBGT en zona de descanso:	25			
C= WBGT en la zona de trabajo:	35,89			
D= WBGT límite en la zona de trabajo:	30			
			<b>PROMEDIO</b>	<b>34,77 min/h</b>

**Tabla AIX. 6** Régimen trabajo-descanso en la actividad de barrido, purga y limpieza de los quemadores de calderas de la Planta de Utilidades

CARGA METABOLICA - REGIMEN TRABAJO-DESCANSO						
						
$ft = \frac{[A-B]}{[C-D]+[A-B]} \times 60 \left(\frac{\text{min}}{\text{h}}\right)$	Consumo metabólico	WBGT límite				
		kcal/h	persona aclimatada		persona no aclimatada	
			v = 0	v ≠ 0	v = 0	v ≠ 0
	≤ 100	30	33	32	32	
	100 – 200	30	30	29	29	
BARRIDO, PURGA Y LIMPIEZA DE QUEMADORES	200 – 310	28	28	26	26	
	310 – 400	25	26	22	23	
	> 400	23	25	18	20	
<b>NTP-ISO-D.1.1 (185,4 kcal/h) 19H00</b>						
A= WBGT límite en la zona de descanso	33	$ft = \frac{[33-25]}{[36,02-30]+[33-25]} \times 60 = 34,23 \text{ min/h}$				
B= WBGT en zona de descanso:	25					
C= WBGT en la zona de trabajo:	36,02					
D= WBGT límite en la zona de trabajo:	30					
<b>NTP-ISO-D.1.2 (185,4 kcal/h) 19H15</b>						
A= WBGT límite en la zona de descanso	33	$ft = \frac{[33-25]}{[35,97-30]+[33-25]} \times 60 = 34,35 \text{ min/h}$				
B= WBGT en zona de descanso:	25					
C= WBGT en la zona de trabajo:	35,97					
D= WBGT límite en la zona de trabajo:	30					
<b>NTP-ISO-D.1.3 (185,4 kcal/h) 19H30</b>						
A= WBGT límite en la zona de descanso	33	$ft = \frac{[33-25]}{[35,96-30]+[33-25]} \times 60 = 34,38 \text{ min/h}$				
B= WBGT en zona de descanso:	25					
C= WBGT en la zona de trabajo:	35,96					
D= WBGT límite en la zona de trabajo:	30					
<b>NTP-ISO-D.1.4 (185,4 kcal/h) 19H45</b>						
A= WBGT límite en la zona de descanso	33	$ft = \frac{[33-25]}{[35,4-30]+[33-25]} \times 60 = 35,82 \text{ min/h}$				
B= WBGT en zona de descanso:	25					
C= WBGT en la zona de trabajo:	35,4					
D= WBGT límite en la zona de trabajo:	30					
				<b>PROMEDIO= 34,69 min/h</b>		



**Tabla AIX. 7** Cuantificación de trabajo-descanso en las áreas de mayor riesgo de estrés térmico en el área vapor para equipos y turbinas de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas

<b>REGIMEN TRABAJO-DESCANSO DEL OPERADOR EN EL ÁREA DE VAPOR PARA EQUIPOS Y TURBINAS DE LA PLANTA DE UTILIDADES DE LA REFINERÍA DE ESMERALDAS</b>		
		
<b>ÁREA DE VAPOR PARA EQUIPOS Y TURBINAS</b>	<b>TIEMPO DE TRABAJO POR HORA</b>	<b>TIEMPO DE DESCANSO POR HORA</b>
Barrido, purga y limpieza de turbos generadores	20,37 min	39,63 min
Adición de químicos en las calderas	25,35 min	34,65 min
Barrido, purga y limpieza de quemadores en las calderas	34,73 min	25,27 min

## ANEXO X

**EVALUACIÓN DE LA EFICACIA AL IMPLEMENTAR LAS  
MEDIDAS CORRECTIVAS A LOS TRABAJADORES DE LA  
REFINERÍA DE ESMERALDAS**

**Tabla AX. 1** Densidad urinaria en la muestra de 12 trabajadores de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas y su respectivo promedio

DENSIDAD URINARIA EN TRABAJADORES DE LA PLANTA DE UTILIDADES			
DENSIDAD URINARIA			
1025,43			
1025,97			
1025,93	desvest=	0,1	
1025,94			
1025,97			
1025,89	Cp=	$1026,05 - 1025,43$	
1025,99		$6 \times 0,1$	
1025,96			
1025,98	Cp=	1,03	
1025,99			
1025,97			
1026,05			
1025,92	PROMEDIO		

**Tabla AX. 2** Eficacia de la implementación de las medidas de régimen trabajo-descanso e hidratación en los trabajadores de la Planta de Utilidades de la Refinería de Esmeraldas

EFICACIA DE MEDIDAS AL EVALUAR LA DENSIDAD URINARIA EN TRABAJADORES DE LA PLANTA DE UTILIDADES			
DENSIDAD URINARIA			
1017,83			
1017,97			
1017,93	desvest=	0,19	
1017,94			
1017,97			
1017,89	Cp=	$1017,99 - 1017,20$	
1017,99		$6 \times 0,1$	
1017,96			
1017,98	Cp=	1,31	
1017,99			
1017,97			
1017,94			
1017,99			
1017,97			
1017,2			
1017,90	PROMEDIO		

**Tabla AX. 3** Eficacia de las medidas correctivas tomadas en prevención y control de las zonas de calderas y turbo generadores, mediante la cuantificación del índice WBGT y establecer la especificidad de calidad

<b>EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE LAS MEDIDAS DE ÍNDICE WBGT</b>					
<b>TURBOS GENERADORES DEL 20/02/2015</b>		<b>ADICIÓN DE QUÍMICOS DEL 21/02/2015</b>		<b>PURGA Y LIMPIEZA DE QUEMADORES DEL 22/02/2015</b>	
<b>TIEMPO</b>	<b>WBGT</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>WBGT</b>	<b>TIEMPO</b>	<b>WBGT</b>
7:00	41,02	8:15	38,06	8:15	33,75
7:15	40,96	8:30	37,87	8:30	33,96
7:30	40,75	8:46	37,79	8:45	33,68
7:45	40,41	9:05	37,94	9:05	34,04
18:30	40,68	9:15	37,44	14:16	33,92
18:45	40,92	9:30	37,85	14:30	33,85
19:00	40,85	9:45	37,83	14:45	33,81
19:15	40,8	10:00	37,88	15:00	33,41
PROMEDIO EFICACIA	40,55		37,83		33,8
PROMEDIO ANTERIOR	41,88		38,88		35,88
Cp	1,01		1,03		1,05

**Tabla AX. 4** Eficacia de medidas implementadas en las actividades de adición de químicos; barrido, purga en quemadores y mantenimiento de turbo al evaluar el consumo metabólico en los trabajadores de la Planta de Utilidades

<b>EFICACIA DE MEDIDAS DE CONTROL MEDIANTE LA VALORACIÓN DEL CONSUMO METABÓLICO</b>			
<b>ADICIÓN DE QUÍMICOS A LAS CALDERAS</b>			
1. Preparar los químicos	Sentado.....0,3 kcal/min Con un brazo ligero.....1 kcal/min	(0,45 min)	
2. Transportar químico a distinto nivel	Caminar en pendiente...3 kcal/min + 0,8 por m de desnivel = 3,8 kcal/min Con un brazo ligero.....1 kcal/min	(0,10 min)	
3. Verter los químicos en las calderas	Trabajo pesado....0,9 kcal/min	(0,18 min)	
CALDERAS (1 a 4) = 0,3 kcal/min x 0,45 + 1 x 0,45 + 3,8 x 0,10 + 1 x 0,10 + 0,9 x 0,18 = 2,2 kcal/min = 132 kcal/h WBGT = 30 kcal/h			
<b>PURGA, BARRIDO Y LIMPIEZA DE QUEMADORES</b>			
1. Preparar implementos de limpieza	De pie.....0,6 kcal/min Manual ligero.....0,4 kcal/min	(0,10 min)	
2. Barrido y recolección del material	Con un brazo ligero.....1 kcal/min	(0,50 min)	
3. Transportar y reciclaje	Caminar en terreno llano....2 kcal/min Con dos brazos pesado.....2,5 kcal/min	(0,22 min)	
QUEMADORES (1 a 4)= 0,6 kcal/min x 0,10 + 0,4 x 0,10 + 1 x 0,50 + 2 x 0,22 + 2,5 x 0,22 = 2,59 kcal/min = 155,4 kcal/h WBGT = 30 kcal/h			
<b>MANTENIMIENTO DE TURBOS GENERADORES</b>			
1. Verificación auxiliares de turbinas	Manual ligero.....0,4 kcal/min	(0,15 min)	
Recirculación condensados, aceites	Con un brazo ligero...1 kcal/min Con el cuerpo ligero.....3,5 kcal/min	(0,40 min)	
3. Alineación de eyectores de turbinas	Con dos brazos ligero...1,5 kcal/min Con el cuerpo ligero.....3,5 kcal/min	(0,25 min)	
TURBOS (1 a 3) = 0,4 kcal/min x 0,15 + 1 x 0,40 + 3,5 x 0,40 + 1,5 x 0,25 + 3,5 x 0,25 = 4,1 kcal/min = 246 kcal/h WBGT = 28 kcal/h			

## ANEXO XI

### TEST DE EVALUACIÓN A LOS TRABAJADORES DE LA PLANTA DE UTILIDADES DE LA REFINERÍA DE ESMERALDAS SOBRE EL CONOCIMIENTO DEL RIESGO ESTRÉS TÉRMICO

1. El riesgo estrés térmico es un riesgo:
  - a) Físico
  - b) Mecánico
  - c) Químico
  
2. Qué índice cuantifica el riesgo estrés térmico
  - a) Índice WBGT
  - b) Índice de equilibrio térmico
  - c) Índice de la ACGIH
  
3. El calor causa síncope
  - a) Si
  - b) No
  - c) Ninguno de los anteriores
  
4. El calor está relacionado con:
  - a) Falta de alimentación
  - b) Tener escalofrío
  - c) La deshidratación
  
5. La deshidratación depende de:
  - a) Las emanaciones de calor en la fuente y el medio trasmisor
  - b) La falta de tomar líquidos
  - c) Todas las anteriores
  
6. Unas de las medidas siguientes es correcta
  - a) Hacer pausas de trabajo y usar ropa ligera
  - b) Usar chaquetones contra incendios
  - c) Laborar cuando el ambiente este caluroso



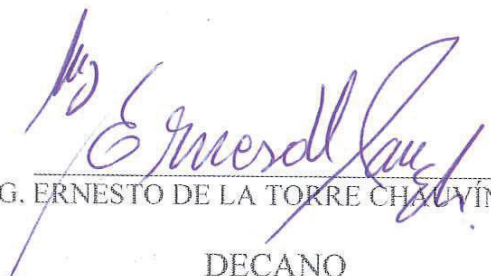
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA  
MAESTRÍA EN SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SALUD OCUPACIONAL

ORDEN DE EMPASTADO

De acuerdo con lo estipulado en el Art. 83 del Reglamento del Sistema de Estudios de las Carreras de Formación Profesional y de Postgrado, aprobado por el Consejo Politécnico el 16 de agosto del 2011, y una vez comprobado el cumplimiento del formato de presentación establecido para la tesis escrita presentada por el señor:

DR. GUILLERMO EMILIO CHICA VIVAR

Se emite la presente orden de empastado con fecha: 18.03.2016

  
ING. ERNESTO DE LA TORRE CHAUVIN, Ph.D.

DECANO

