

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**DISEÑO DE SISTEMAS DE CONTROL PARA FACTORES DE RIESGOS
ASOCIADOS CON RUIDO Y ESTRÉS TÉRMICO EN BUQUES TANQUE**

**Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. Luna S. Luis A.
Para optar al Título
de Ingeniero Mecánico**

Caracas, 2003

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**DISEÑO DE SISTEMAS DE CONTROL PARA FACTORES DE RIESGOS
ASOCIADOS CON RUIDO Y ESTRÉS TÉRMICO EN BUQUES TANQUEROS**

**TUTOR ACADÉMICO: Ing. Eric Omaña
TUTOR INDUSTRIAL: Lic. Jorge Pire**

**Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. Luna S. Luis A.
Para optar al Título
de Ingeniero Mecánico**

Caracas, 2003

Caracas, 19 de Mayo de 2003

ACTA

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Mecánica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Luis A. Luna S. titulado:

“Diseño de sistemas de control para factores de riesgos asociados con ruido y estrés térmico en buques tanqueros”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Mecánico, y sin que ella signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.

Prof. Juan Ruilova
Jurado

Prof. Rodolfo Berrios
Jurado

Prof. Eric Omaña
Tutor Académico

DEDICATORIA

A mis padres Luis y Alida por darme la vida, y gracias a ellos que pude elegir el buen camino, por ellos soy lo que soy ahora.

A mis queridos tíos Teresa, Gaitan, Miriam y Juan Ramón que siempre me han brindado consejos útiles durante toda mi vida y han tenido fe en mi. Los quiero mucho.

A mi prima Ainoa, que siempre me ha brindado su amor, apoyo y compresión. Que tengas todo el éxito del mundo en lo que decidas hacer en tu vida.

A mi amigo Juan Carlos, que ha sido como mi hermano y ha estado en las buenas y en las malas conmigo.

A mis ahijadas Nicole y Angélica, a mis sobrinos y primitos. Tienen toda una vida por delante, luchen por conseguir sus sueños.

A mis amigos de la universidad Ángel, Jorge, José, Orazio, Javier, Mauricio, Carolina, Douglas, Carlos Eduardo, Gabriel con quienes compartí muchos momentos de alegría y de tristeza, sin ellos hubiera sido más difícil.

A muchos otros compañeros de estudios que por alguna razón u otra no siguen a mi lado, ellos me brindaron en su momento apoyo y ayuda. Les deseo suerte en la vida.

En fin le dedico esta obra a todos aquellos que de una u otra forma han compartido minutos y horas de sus vidas, sabiendo darme buenos consejos y aguantando mi carácter, que ya es bastante.... Un millón de gracias.

Luis Luna

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Central de Venezuela por darme la oportunidad de formarme como Ingeniero Mecánico.

A PDV-M por brindarme su apoyo, para realizar esta pasantía industrial, donde obtuve mis primeros contactos con la vida profesional y desarrollo de mi carrera.

A mi tutor académico profesor Erick Omaña, por haberme guiado en la realización de este informe en todo momento y en donde estuviese.

A mi tutor industrial Jorge Pire y a la Lic. Duvelys Bermudez, por todo el apoyo brindado en mi pequeña experiencia laboral.

A Kenny por brindarme su ayuda y brindarme palabras de aliento en el momento mas crucial de la culminación de esta obra.

Finalmente a todos aquellos que estuvieron ayudándome técnica, académica e industrialmente. Capitanes de altura, Oficiales de Cubierta y Máquinas, Maquinistas, Limpiadores, Gerentes, Supervisores, Ingenieros, Secretarias y Pasantes.

Luis A. Luna S.

**DISEÑO DE SISTEMAS DE CONTROL PARA FACTORES DE
RIESGOS ASOCIADOS CON RUIDO Y ESTRÉS TÉRMICO EN
BUQUES TANQUEROS**

Tutor Académico: Prof. Eric Omaña. Tutor Industrial: Lic. Jorge Pire
Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica.

Año 2003, p.304

Palabras Claves: Ruido, Estrés Térmico, Evaluación, Límites de exposición,
Controles

Resumen. El presente trabajo tiene por objeto el estudio de ruido ocupacional y estrés térmico en las áreas más críticas en un buque tanque (petrolero, gasero y productero), con el cual se realizó un diagnóstico general de obtener una pérdida auditiva y estrés térmico como consecuencia del trabajo, en base a estos análisis se plantearon propuestas para mejorar las condiciones del trabajador y satisfacer los límites permisibles de exposición expresados en normas y reglamentos nacionales e internacionales.

INDICE DE CONTENIDO

	Páginas
DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	II
RESUMEN	IV
INDICE DE CONTENIDO	V
INDICE DE ILUSTRACIONES	XVI
INDICE DE TABLAS	XVIII
ABREVIATURAS Y SIMBOLOS	XXI
ACLARATORIA	1
INTRODUCCION	2
CAPITULO I:	
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1.- ANTECEDENTES	4
1.2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.3.- OBJETIVO	
1.3.1.- General	5
1.3.2.- Específicos	5
1.4.- ALCANCE	6
1.5.- LIMITACIONES	6

CAPITULO II:
RUIDO OCUPACIONAL

2.1.- SONIDO	8
2.2.- CARACTERÍSTICAS DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO	
2.2.1.- Frecuencias (F)	9
2.2.2.- Elongación (X)	9
2.3.- ACUSTICA	
2.3.1.- Longitud de Onda	9
2.3.2.- Campo Acústico Libre	9
2.3.3.- Campo Difuso	10
2.3.4.- Reverberación	10
2.4.- CUALIDADES DEL SONIDO	
2.4.1.- Nivel de Presión Sonora	10
2.5.- LA AUDICIÓN	11
2.6.- DECIBELIO (DB)	11
2.7.- ESCALAS DE PONDERACIÓN	12
2.7.- RUIDO	13
2.7.1.- Tipos de Ruido	13
2.8.- MEDIDORES DE SONIDO	14
2.9.- EFECTOS AUDITIVOS DEL RUIDO	15
2.9.1.- Sordera Profesional	15
2.9.2.- Sordera o Hipoacusia Inducida por Ruido	16

	Páginas
2.9.3.- Tipos de Sordera Profesional	17
2.9.3.1.- Forma Crónica	17
2.9.3.2.- Forma Aguda	19
2.10.- EFECTOS NO AUDITIVOS DEL RUIDO	20
2.11.- LIMITE RECOMENDADO DE EXPOSICIÓN	21
2.12.- NIVEL DE EXPOSICIÓN Y DURACIONES	21
2.13.- DOSIS DE RUIDO DIARIA	21
2.14.- TWA	22
2.15.- EL LÍMITE TECHO	22
2.16.- NIVEL DE RUIDO EQUIVALENTE (LEQ)	22
2.17.- CONTROL A LA EXPOSICIÓN DEL RUIDO OCUPACIONAL	24
2.18.- METODOS PRINCIPALES PARA REDUCIR LA EXPOSICION DEL RUIDO	26
2.19.- APARATOS DE PROTECCION AUDITIVA	28
2.20.- TIPOS DE APARATOS DE PROTECCION AUDITIVA	29
2.21.- USO COMBINADO DE TAPONES Y AURICULARES	30
2.22.- SELECCION DE LA TASA DE REDUCCION DE RUIDO PARA EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL	32
2.22.1.- Método de Tasa de Reducción del Ruido (NRR)	32
2.22.2.- Método de Cálculo de Bandas de Octava	32
2.22.3- Comparación de Métodos	34

CAPITULO III:**ESTRÉS TÉRMICO**

3.1.- TERMORREGULACIÓN DEL CUERPO HUMANO	35
3.2.- LA SOBRECARGA TÉRMICA Y LA TENSIÓN TÉRMICA	40
3.3.- ESTRÉS TÉRMICO	41
3.4.- BALANCE TÉRMICO ENTRE LA PERSONA Y EL MEDIO	42
3.5.- ECUACIÓN GENERAL DE BALANCE TÉRMICO	44
3.6.- FACTORES QUE INTERBIENEN EN EL BALANCE TERMICO	46
METABOLISMO	
3.6.1.- Propiedades Térmicas del Vestido	47
3.6.2.- Trabajo Externo (W)	47
3.6.3.- Intercambio de Calor por Radiación (R)	47
3.6.4.- Intercambio de Calor por Convección (C)	50
3.6.5.- Pérdida de Calor por Evaporación	51
3.6.6- Pérdida de Calor por Respiración (C_{res})	53
3.6.7.- Pérdida de Calor por Difusión del Vapor en la Piel (E_d)	54
3.6.8.- Conducción de Calor a Través del Vestido ($C_{cond.clo}$)	55
3.9.- MECANISMOS FISIOLOGICOS DE LA TERMORREGULACION	56
3.10.- SOBRECARGA CALÓRICA	57
3.11.- MAGNITUDES Y UNIDADES	59
3.12.- INSTRUMENTOS DE MEDIDA DE LAS TEMPERATURAS	60
3.13.- MEDICIONES DE TEMPERATURAS FISIOLÓGICAS	61

3.12.- MEDICIONES DE TEMPERATURAS PSICROMÉTRICAS	
3.12.1.- Temperatura de Globo (Tg)	62
3.12.2.- Temperatura de Bulbo Seco (Ta)	62
3.12.3.- Temperatura de Bulbo Húmedo (Th)	62
3.13.- TEMPERATURA RADIANTE MEDIA (TRM)	65
3.14.- VELOCIDADES DEL AIRE: ABSOLUTA (v_a) Y RELATIVA (v_{ar})	66
3.15.- EL CALOR METABÓLICO	68
3.16.- PROPIEDADES TÉRMICAS DEL VESTIDO	69
3.17.- TEMPERATURA EFECTIVA (TE)	69
3.18.- INDICE DE VALORACIÓN MEDIO (IVM)	72
3.19.- INDICE DE LA SOBRECARGA CALORICA (ISC) (HEAT STRESS INDEX)	72
3.20.- INDICE DE TEMPERATURA DE GLOBO Y DE BULBO HUMEDO (WBGT-INDEX)	79
3.20.1.- Ponderación por Metabolismo, Tiempo de Actividad y Posición del Operario	80
3.21.- INDICE DE SUDORACION REQUERIDA (SW_{req})	83
3.21.1.- Calculo de la Evaporación Requerida, de la Humedad Requerida y del Índice de Sudoración Requerido	84
3.21.2.- Interpretación del Método de la Sudoración Requerida (SW_{req})	85

Páginas	
3.21.3.- Determinación de la Duración Límite de Exposición (DLE)	89
3.22.- COMPARACION DE LOS DISTINTOS INDICES	91
 CAPITULO IV:	
DESCRIPCIÓN DE LOS BUQUES Y DE LOS PROCESOS	
4.1.- DEFINICION	93
4.2.- TIPOS DE BUQUE TANQUE EVALUADOS	93
4.2.1.- Los Buques Gaseros	93
4.2.2.- Buques Producteros	94
4.2.3.- Buques Petrolero	95
4.3.- PROCESOS A BORDO	
4.3.1.- Carga	96
4.3.2.- Descarga	97
4.3.3.- Fondeo	98
4.3.4.- Navegación	98
4.3.5.- Piqueteo	99
 CAPITULO V	
METODOLOGIA EN LA TOMA DE DATOS Y EQUIPOS	
EMPLEADOS	
5.1.- MEDICIONES DE RUIDO EN SALA DE MAQUINAS	102

	Páginas
5.2.- METODOLOGÍA EMPLEADA PARA LA TOMA DE DATOS EN CUBIERTA DURANTE EL PIQUETEO	106
5.3.- SONOMETRO EMPLEADO	107
5.4.- METODOLOGIA EMPLEADA EN EL USO DEL DOSIMETRO	108
5.5.- DOSÍMETRO DE RUIDO EMPLEADO	110
5.6.- METODOLOGIA EMPLEADA EN EL USO DEL ANALIZADOR DE OCTAVAS DE BANDA	111
5.7.- METODOLOGIA EMPLEADA EN EL USO DEL MONITOR DE ESTRÉS TÉRMICO	113
5.8.- MONITOR DE ESTRÉS TÉRMICO EMPLEADO	115
5.9.- METODOLOGIA EMPLEADA EN EL USO DEL DOSIMETRO DE ESTRÉS TERMICO	116
5.10.- DOSÍMETRO DE CALOR EMPLEADO	118

CAPITULO VI

APROXIMACIÓN DE UN CRITERIO DE EXPOSICION PARA LA EXPOSICION DE UNA JORNADA LABORAL DE 56 HORAS A LA SEMANA	119
--	------------

Páginas

CAPITULO VII

LOCALIZACIÓN DE LAS PRINCIPALES FUENTES DE RUIDO EN 121

SALA DE MAQUINAS

7.1.- BUQUE GASERO

7.1.1.- Plataforma Superior	123
7.1.2.- Plataforma Media	125
7.1.3.- Plataforma Inferior	127

7.2.- BUQUE PRODUCTERO

7.2.1.- Plataforma Superior	129
7.2.2.- Sala de Generadores de la Plataforma Superior en Descarga	131
7.2.3.- Plataforma Media	133
7.2.4.- Plataforma Inferior	136

7.3.- BUQUE PETROLERO

7.3.1.- Plataforma Superior	138
7.3.2.- Plataforma Media	140
7.3.3.- Plataforma Inferior	142

7.4.- CUBIERTA PRINCIPAL

7.4.1.- Cubierta Principal del Buque Productero	144
7.4.2.- Cubierta Principal del Buque Petrolero	146

CAPITULO VIII

EVALUACIÓN DE LOS EQUIPOS DE PROTECCION AUDITIVA A BORDO

8.1.- RESULTADOS DEL MÉTODO DE LA TASA DE REDUCCIÓN DE RUIDO	148
8.2.- MÉTODO DE CÁLCULO DE BANDAS DE OCTAVA	150

CAPITULO IX

HERRAMIENTA DE VALORACION DEL CONFORT TERMICO

9.1.- EL PROGRAMA SPRING 3.0®	153
9.2.- EVALUACIÓN DEL CONFORT Y EL ESTRÉS TÉRMICO UTILIZANDO EL PROGRAMA SPRING 3.0®	154
9.2.1.- Selección de Índices e Introducción de los Valores de los Parámetros	154
9.2.2.- Menú de Resultados Obtenidos	155
9.2.3.- Ventana Resumen de Resultados	158
9.2.4.- Ventana de Visualización de la Influencia de la velocidad del aire	159
9.2.5.- Ventana de Impresión de Parámetros Térmicos	160

Páginas

CAPITULO X	
PROGRAMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS QUESTSUIT®	161
CAPITULO XI	163
RESULTADOS DE ESTRÉS TERMICO EN SALA DE MAQUINAS	
11.1.- BUQUE GASERO	
11.1.1.- Plataforma Superior	165
11.1.2.- Plataforma Media	166
11.1.3.- Plataforma Inferior	167
11.2.- BUQUE PRODUCTERO	
11.2.1.- Plataforma Superior	168
11.2.2.- Plataforma Media	169
11.2.3.- Plataforma Inferior	170
11.3.- BUQUE PETROLERO	
11.3.1.- Plataforma Superior	171
11.3.2.- Plataforma Media	172
11.3.3.- Plataforma Inferior	173
CAPITULO XII	
DETERMINACION DEL COMPORTAMIENTO DEL ESTRÉS	
TERMICO EN FUNCION DEL AISLAMIENTO TERMICO DEL	
VESTIDO Y LA VELOCIDAD RELATIVA DEL AIRE	174

	Páginas
12.1.- AISLAMIENTO TERMICO DEL VESTIDO	174
12.2.- VELOCIDAD RELATIVA DEL AIRE	176
 CAPITULO XIII	
OBSERVACIONES DURANTE LA INSPECCION	180
DENTRO DE LOS BUQUES	
 CONCLUSIONES	 182
 RECOMENDACIONES	 186
 REFERENCIAS BIBLIOGRAFIAS	 189
 APENDICE A	 191
APENDICE B	196
APENDICE C	200
APENDICE D	204
APENDICE E	206
APENDICE F	211
APENDICE G	230
APENDICE H	239
APENDICE I	264

	Páginas
APENDICE J	270
APENDICE K	290
APENDICE L	299
APENDICE M	300

INDICE DE TABLAS

	Páginas
Tabla No.2.1 Tipos de Ruido	13
Tabla No.2.2 Equipos para Medir el Ruido	15
Tabla No.2.3 Etapas Progresivas de la Forma Crónica de la Sordera Profesional	18
Tabla No.2.4 Efectos no Auditivos del Ruido Ocupacional	20
Tabla No.2.5 Métodos Principales para Reducir la Exposición Del Ruido	26
Tabla No.2.6 Tipos de Aparatos de Protección Auditiva	29
Tabla No.2.7 Comparación de Métodos	34
Tabla No.3.1 Instrumentos de Medida de las Temperaturas	60
Tabla No.3.2 Componente de la Velocidad del Aire debido a la Actividad	67
Tabla No.3.3 Clasificación estimada de la Velocidad del Aire	67
Tabla No.3.4 Valores Máximos de TE	69
Tabla No.3.5 Interpretación del Índice ISC	76
Tabla No.3.6 Comparación de los Distintos Índices	91
Tabla No.3.7 Ventajas y Desventajas de cada uno de los Métodos para la Determinación del Estrés Térmico	92
Tabla No.6.1 Aproximación de un Criterio de Exposición para la Exposición de una Jornada Laboral de 56 Horas a la Semana	119

	Páginas
Tabla No.8.1 Resultados del Método de la Tasa de Reducción de Ruido	149
Tabla No.8.2 Resultados del Método de Cálculo de Bandas de Octava para los Protectores Auditivos	151
Tabla No.12.1 Valores de Entrada para Determinar el Comportamiento del Aislamiento Térmica Vs. el Estrés Térmico	174
Tabla No.12.2 Resultados del Aislamiento Térmica y Velocidad Relativa del aire Vs. el Estrés Térmico	175
Tabla No.12.3 Resultados de la Velocidad Relativa del Aire Vs. el Estrés Térmico	177

INDICE DE FIGURAS

	Páginas
FIGURA No.2.1 Niveles de Presión Sonora	10
FIGURA No.2.1 Niveles de Presión Sonora	11
FIGURA No.2.2 Rango de Frecuencias Auditivas	13
FIGURA No.2.3 Órgano de Corti Sano	17
FIGURA No.2.4 Órgano de Corti Afectado	17
FIGURA No.2.5 Organigrama del Control de Ruido Ocupacional	24
FIGURA No.2.6 Aparatos de Protección Auditiva	28
FIGURA No.2.7 Atenuación Media Proporcionada por un Tapón, un Auricular y la Utilización Combinada de un Tapón y un Auricular	31
FIGURA No.3.1 Eficiencia Mecánica del Ser Humano	36
FIGURA No.3.2 Variación Cicardiana de la Temperatura Rectal durante 24 Horas	37
FIGURA No.3.3 Distribución de la Temperatura Corporal en Ambientes Bajo Condiciones Normales y de Estrés Térmico	38
FIGURA No.3.4 Factores que influyen en la Interrelación entre el Individuo y el Medioambiente	39
FIGURA No. 3.5 Curva de Sobrecarga Confort-Tensión aproximada, de un Sujeto	35

	Páginas
FIGURA No.3.5 Intervalo de Temperaturas del Cuerpo Humano con Límites Superiores e Inferiores de Supervivencia	42
FIGURA No.3.6 Entrega de Calor de la Piel según la Humedad	46
FIGURA No. 3.7 Esquema del Sistema Termorregulador (Grandjean)	57
FIGURA No.3.8 Termómetro de Globo	65
FIGURA No.3.9 Temperatura Efectiva	71
FIGURA No.3.10 Escala de Valoración del ISC	74
FIGURA No.3.11 Nomograma para el Cálculo del ISC	75
FIGURA No.3.12 Límites de Exposición Horaria para Trabajadores Aclimatados, con Regimenes de Trabajo Descanso	82
FIGURA No.3.13 Diagrama de Flujo del Procedimiento para Calcular el $S_{W_{req}}$	88
FIGURA No.4.1 Arreglo General de un Buque Gasero	94
FIGURA No.4.2 Arreglo General de un Buque Productero	95
FIGURA No.4.3 Arreglo General de un Buque Petrolero	96
FIGURA No.4.4 Buque Gasero Cargando	97
FIGURA No.4.5 Buque Petrolero Descargando	97
FIGURA No.4.6 Buque Petrolero Fondeado	98
FIGURA No.4.7 Buque Productero Navegando	99
FIGURA No.4.8 Piqueta Neumática de 3 Agujas	100
FIGURA No.4.9 Remoción de Oxido por Piqueteo	100

	Páginas
FIGURA No.5.1 Ubicación de los Puntos de Toma de Medida en los Planos	103
FIGURA No.5.2 Toma de Medidas	104
FIGURA No.5.3 Angulo de Inclinación del Sonómetro	105
FIGURA No.5.4 Sonómetro	107
FIGURA No.5.5 Dosímetro de Ruido	110
FIGURA No.5.6 Toma de Medidas con el Monitor de Estrés Térmico	114
FIGURA No.5.7 Monitor de Estrés Térmico	115
FIGURA No.5.8 Colocación del Dosímetro de Estrés Térmico	116
FIGURA No.5.9 Dosímetro de Estrés Térmico	118
FIGURA No.7.1 Nivel de Ruido Límite Vs. Horas de Exposición	120
FIGURA No.7.2 Vistas de la Sala de Maquinas de un Buque Tanque	122
FIGURA No.7.3 Motor del Generador número 3 durante la Navegación	124
FIGURA No.7.4 Maquina Principal	124
FIGURA No.7.5 Compresores De Aire	124
FIGURA No.7.6 Lado de Popa de la Máquina	126
FIGURA No.7.7 Bomba de Suministro Bajo de Agua Fría a la M.P.	126
FIGURA No.7.8 Purificadores	126
FIGURA No.7.9 Lado de Estribor de la Sala de Máquinas	126
FIGURA No.7.10 Vista del Eje de Cola a Través de Rejilla	128
FIGURA No.7.11 Bomba Contraincendios	128
FIGURA No.7.12 Turbosoplador del Generador numero. 3	130

	Páginas
FIGURA No.7.13 Motor del Generador número 3	130
FIGURA No.7.14 Sonómetro tomando Niveles de Ruido entre el Generador No. 1 y No.2	132
FIGURA No.7.15 Disposición de los Generadores No. 1,2 y 3	132
FIGURA No.7.16 Máquina Principal durante desmontaje de un pistón	134
FIGURA No.7.17 Sonómetro registrando Intensidades de Ruido en frente de la Máquina	134
FIGURA No.7.18 Turbosoplador de la Máquina	134
FIGURA No.7.19 Colector de Gases de Escape	134
FIGURA NO.7.20 Toma de medidas en el Ventilador No. 2 de tiro Forzado de Suministro de Aire a la Caldera	139
FIGURA NO.7.21 Plataforma Media vista de la Máquina Principal	141
FIGURA NO.7.22 Eje de Cola. Vista del Cojinete	143
FIGURA NO.7.23 Piqueta No. 1 Buque Productero	145
FIGURA NO.7.24 Piqueta No. 2 Buque Productero	145
FIGURA NO.7.25 Piqueta No. 3 Buque Productero	145
FIGURA NO.7.26 Piqueta No. 4 Buque Productero	145
FIGURA NO.7.27 Piqueta No. 1 Buque Petrolero	147
FIGURA NO. 7.28 Piqueta No. 2 Buque Petrolero	147
FIGURA NO.8.1 Grafica de Protección Vs. Cargos Laborales	149
FIGURA NO.8.2 Porcentajes de Inadecuada Protección Auditiva por Cargos Laborales	150

Páginas

FIGURA NO.8.3 Grafica. Protectores Auditivos Vs. Fuentes de Generación	152
FIGURA NO. 9.1 Ventanas de Resultado de los seis índices que calcula El Programa Spring: IVM, ISC, TGBH, $S_{W_{req}}$, WCI E IRQ	158
FIGURA NO.12.1 Grafica del DLE Vs. Aislamiento Térmico del Vestido	176
FIGURA NO.12.2 Grafica del Calor Acumulado Vs. Aislamiento Térmico del Vestido	176
FIGURA NO.12.3 Grafica del DLE Vs. Velocidad Relativa del Aire	178
FIGURA NO.12.4 Grafica del Calor Acumulado Vs. Velocidad Relativa del Aire	178
FIGURA NO.12.5 Grafica del ISC Vs. Velocidad Relativa del Aire	179
FIGURA NO.12.6 Grafica del TEP Vs. Velocidad Relativa del Aire	179

ABREVIATURAS y SIMBOLOS

- A: Ganancia o pérdida de calor por el cuerpo.
- C: Intercambio de calor por convección.
- C_{cond} : Intercambio de calor por conducción.
- $C_{\text{cond.clo}}$: Conducción a través del vestido.
- C_n = Tiempo total de exposición a un nivel específico de ruido.
- C_{res} : Pérdida de calor por convección respiratoria.
- D: Dosis.
- dB: Decibeles.
- dB A: Decibeles en escala A.
- E_M : Energía mecánica.
- E: Pérdida de calor por evaporación del sudor.
- E_{res} : Intercambio de calor por evaporación respiratoria.
- E_d : Pérdida de calor por difusión del vapor.
- E_{req} : Evaporación necesaria para el equilibrio.
- E_{max} : Evaporación máxima posible.
- f: Frecuencias de la onda sonora.
- f_{eff} : Factor de área de radiación efectiva postural.
- f_{clo} : Relación de la superficie de la persona de la persona cuando está vestida y de la superficie de la persona desnuda.
- F_{p-n} : Factor de visión entre la persona y la superficie n.
- f_{clo} : Factor de área del vestido.
- HR %: Humedad relativa.

HZ:	Hertzio.
h_c :	Coeficiente de convección.
IP:	Nivel de presión sonora.
I_{clo} :	Resistencia térmica del vestido.
M:	Energía calórica producida por el organismo.
No:	Número.
P:	Presión diferencial adicional.
P_{ref} :	Presión de referencia (atmosférica).
P_p :	Presión parcial de vapor de agua saturado a la temperatura de la piel.
P_a :	Presión parcial del vapor de agua del ambiente.
Pc:	Peso del sujeto.
Q:	Calor.
R:	Intercambio de calor por radiación.
R_t :	Resistencia total del vestido y de la capa límite del aire a la evaporación.
r_{req} :	Eficiencia de la evaporación del sudor.
SC:	Superficie corporal.
TWA:	Límite recomendado de exposición.
t :	Nivel de ruido hallado en el área de trabajo.
$T_n =$	Duración de la exposición al ruido para la cual ese nivel empieza a ser riesgoso.
t_{clo} :	Temperatura de la superficie del vestido.
TRM:	Temperatura radiante media.
TE:	Temperatura efectiva.

- t_p : Temperatura media de la piel.
- t_a , t_s o t_{bs} : Temperatura de bulbo seco.
- t_h o t_{bh} : Temperatura de bulbo húmedo.
- t_g : Temperatura de globo.
- TEP: Tiempo de exposición permisible.
- TR: Tiempo de recuperación.
- TEP: Tiempo máximo de exposición permisible.
- v_{ar} : Velocidad relativa del aire.
- W: Trabajo.
- WBGT: Índice de temperatura de globo y de bulbo húmedo.
- X: Elongación de la onda sonora.
- ΔC : Incremento de temperatura corporal.
- ϵ : Emisividad de la superficie exterior del cuerpo vestido.
- σ : Constante de Stefan-Boltzman.