



Riesgos Físicos I

RUIDO, VIBRACIONES Y
PRESIONES ANORMALES

Fernando Henao Robledo



ECOE
EDICIONES

Fernando Henao Robledo

Ingeniero mecánico de la Universidad Tecnológica de Pereira (1971). Ingeniero de Salud Ocupacional ISS Caldas (1972-2002). Curso salud ocupacional para profesionales Universidad de Antioquia (1981). Participó en la elaboración del diseño curricular del programa académico de salud ocupacional de la Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad del Quindío. Especialista en salud ocupacional, Universidad de Antioquia (1999), profesional en Salud ocupacional, Universidad del Quindío (1999). Elaboró las siguientes normas: calderas, seguridad hospitalaria, sierras circulares para madera y planeadoras.

Autor de: Límites máximos permisibles, Codificación en salud ocupacional, Estadística aplicada a la salud ocupacional, Introducción a la salud ocupacional.

RIESGOS FÍSICOS I

Ruido
Vibraciones
Presiones anormales

Fernando Henao Robledo

Henao Robledo, Fernando

Riesgos físicos I: ruido, vibraciones y presiones normales / Fernando Henao Robledo. –

2a. ed. -- Bogotá : Ecoe Ediciones, 2007.

202 p. ; 24 cm.

ISBN 978-958-648-482-4

1. Ruido - Medidas de seguridad 2. Vibraciones - Medidas de seguridad 3. Presiones anormales. I. Tít.

621.350269 cd 21 ed.

A1147117

CEP-Banco de la República-Biblioteca Luis Ángel Arango

Colección: Textos universitarios

Área: Administración - Ingeniería

Primera edición: Bogotá, D.C., febrero de 2007

Primera reimpresión: Bogotá, D.C., junio de 2010

Segunda reimpresión: Bogotá, D.C., 2011

ISBN: 978-958-648-482-4

© Fernando Henao Robledo

E-mail: fernandohenaoster@gmail.com

© Ecoe Ediciones

E-mail: correo@ecoeediciones.com

www.ecoeediciones.com

Carrera 19 No. 63C-32, Pbx. 2481449, fax. 3461741

Coordinación editorial: Alexander Acosta Quintero

Autoedición: Yolanda Madero

Carátula: Patricia Díaz

Impresión: Litoperla Impresores Ltda.

Carrera 25 A No. 8-81, Tel: 3711916

Impreso y hecho en Colombia

*Con todo mi cariño y admiración
a mi hija Paula Andrea*

Tabla de contenido

Introducción	XV
CAPÍTULO 1. RUIDO	1
Introducción	1
Producción y transmisión del sonido	5
Ondas	6
Variaciones de los recorridos de las ondas	8
Reflexión	8
Leyes de la reflexión	8
Ondas estacionarias	9
Refracción	9
Leyes de la refracción	9
Difracción	10
Velocidad del Sonido	11
Características de las ondas sonoras	12
Frecuencia	12
Período	12
Longitud de onda	13
Presión sonora	13
Unidad de medida del sonido	14
Campo auditivo normal	14
Zona conversacional	15
Combinación de niveles sonoros	17
Bandas de frecuencia	18
¿Cómo percibe el oído el sonido?	18
Curvas de igual audibilidad	20

Tipos de ruido	21
Nociones sobre anatomía y fisiología del oído	21
Oído externo	22
Oído medio	22
Oído interno	23
Conducción ósea	23
Efectos del ruido	24
Sobre el sistema auditivo	24
Pérdidas auditivas por causas diferentes	27
Efectos extraauditivos del ruido	29
Efectos psicológicos del ruido	30
Factores nocivos del ruido	30
Instrumentos y técnicas para la evaluación del sonido	32
Parámetros usados en la evaluación del ruido	32
Instrumentos para la medida del ruido	34
Calibración de los equipos	38
Calibradores para medidores	38
Valores límite permisibles	38
Espectograma de frecuencias	40
Cálculos y resultados	42
Técnicas para la medida del sonido	42
Procedimiento para la evaluación ambiental de ruido	43
Requisitos y procedimientos	43
Reconocimiento	43
Actividades de terreno en reconocimiento	44
Procedimiento para el reconocimiento	44
Actividades previas a la vista de reconocimiento	45
Actividades durante la vista de reconocimiento	46
Actividades posteriores al reconocimiento	46
Informe final del reconocimiento	47
Número de puntos en mediciones de ruido	47
Mediciones	48
Mediciones de la exposición a ruido	48
Mediciones del nivel de presión sonora	49
Mediciones de frecuencia	49
Propósitos en metodología de la medición	49
Del nivel de ruido	49
Mediciones para determinación del riesgo	49
Mediciones para determinación de métodos de control o comprobación de sistemas existentes	50
Cálculos	50

Niveles de presión sonora continuo equivalente	51
Ruido de impacto o impulso	51
Nivel pico de exposición	51
Exposición diaria a ruido	51
Interpretación de resultados	52
Registro	52
Métodos de control	52
Técnicas de control de ruido	53
Control fuente	53
Ley del cuadrado inverso	55
Ley de las masas	56
Pérdida compuesta de transmisión	56
Reducción de ruido	56
Tratamientos acústicos	57
Selección de materiales	61
Métodos para el control de ruido	61
Control de origen	62
Control en la vía de transmisión	63
Control en el camino de transmisión	64
Control en la persona expuesta o en el receptor	73
Programa de conversación de la audición	75
Sistema de vigilancia epidemiológica	75
Atención al ambiente	76
Seguimiento y control	76
Atención a los trabajadores	77
Fichas de exposición al ruido	77
Evaluación auditiva audiometría	80
Equipo	80
Procedimientos	81
Interpretación de la audiometría	81
Conductas a seguir	85
Seguimiento y control	86
Promoción y educación	87
Información, registro e indicadores	87
Indicadores	88
Organización laboral	89
Entidad de vigilancia y control	93
Derogatoria	93
Vigencia	93
Régimen sancionatorio	93
Anexo 1	94

Anexo 2	95
Anexo 3	96
Anexo 4	97
Anexo 5	98
Bibliografía	99
CAPÍTULO 2. VIBRACIONES	101
Introducción	101
Definiciones básicas	103
Vibraciones periódicas	106
Desplazamiento	106
Velocidad	107
Aceleración	107
Vibraciones aleatorias	108
Choques	109
Efectos de las vibraciones sobre el hombre	110
Exposición	112
Medida	113
Equipos de medida	114
Captador de vibraciones	115
Preamplificador	116
Circuitos integradores	116
Filtro	116
Presentación de resultados	116
Mediciones de campo	117
Límites máximos permisibles	120
Cálculo del tiempo de exposición	131
Vibración (segmental) mano-brazo	132
Control	142
Aislamientos en dos etapas	149
Amortización estructural	149
Absorbedores de vibración	150
Control de choques	150
Recomendaciones básicas	151
Bibliografía	153
CAPÍTULO 3. PRESIONES ANORMALES	155
Introducción	155
Condiciones normales	157

Efectos de la presión atmosférica reducida	158
Presiones de oxígeno alveolar a diferentes alturas	158
Saturación de la hemoglobina con oxígeno a distintas alturas	161
Efectos de respirar oxígeno puro sobre los valores alveolares de po ₂ a diferentes alturas	162
El efecto de la enfermedad de las alturas	162
Algunos efectos físicos de la hipoxia	163
Aclimatación presión baja	165
Aumento de la ventilación pulmonar	166
Aumento de la hemoglobina durante la aclimatación	167
Capacidad de difusión aumentada durante la aclimatación	167
Vascularización aumentada	167
Aclimatación celular	167
Aclimatación natural de personas nacidas a grandes alturas	168
Capacidad de trabajo a grandes alturas; efecto de la aclimatación	168
Efectos de la descompresión a grandes alturas	169
Enfermedad de la descompresión	169
Descompresión súbita	169
Ebullición de los líquidos del cuerpo	170
Enfermedades profesionales	170
Medidas preventivas	170
Efectos de la presión atmosférica elevada	171
Relación entre profundidad marina y presión	171
Efectos de presiones gaseosas parciales elevadas en el cuerpo	172
- Narcosis a altas presiones de nitrógeno	172
- Toxicidad del oxígeno a gran presión. Intoxicación aguda	172
- Intoxicación crónica por oxígeno causa de trastorno pulmonar	174
- Problemas de toxicidad con bióxido de carbono a grandes profundidades	174
- Efectos del helio a alta presión	175
Descompresión del buzo después de quedar expuesto a grandes presiones	175
Volumen de Nitrógeno disuelto en los líquidos del cuerpo a diferentes profundidades	176
Enfermedad por descompresión	176
Promedio de eliminación del nitrógeno del cuerpo	177
Administración del oxígeno para descompresión mas rápida	179
Descompresión en un tanque y tratamiento de la enfermedad por descompresión	179
Uso de mezclas del oxígeno y helio en inmersiones muy profundas	179

Algunos problemas físicos del buceo	180
Volumen que debe mandarse al buzo	181
Cambios de densidad en el aire	181
Efectos del descenso rápido	182
Expansión excesiva de los pulmones por ascenso rápido	182
Bibliografía	183

Listado de figuras

Capítulo 1

Figura 1.	Ejemplo de una onda sinusoidal armónica	6
Figura 2.	Movimiento de la onda	7
Figura 3.	Tipos de onda	7
Figura 4.	Leyes de la reflexión	8
Figura 5.	Ondas estacionarias	9
Figura 6.	Refracción	10
Figura 7.	Difracción	10
Figura 8.	Período de la onda	12
Figura 9.	Longitud de onda	13
Figura 10.	Campo auditivo normal	15
Figura 11.	Zona conversacional	16
Figura 12.	Percepción del sonido	19
Figura 13.	Curva de audibilidad	20
Figura 14.	El oído	22
Figura 15.	Efectos del ruido	25
Figura 16.	Pérdida auditiva	26
Figura 17.	Constitución básica del sonómetro	35
Figura 18.	Curvas de compensación o ponderación A y C para cada frecuencia	36
Figura 19.	Curva de permisibilidad	41
Figura 20.	Gráfica de atenuación del sonido con pantallas	66
Figura 21.	Gráfica de ubicación de la pantalla	67
Figura 22.	Gráfica de la atenuación sonora en función del ángulo de difracción y de la longitud de onda	67
Figura 23.	Componentes del resonador	72
Figura 24.	73

Capítulo 2

Figura 2-1.	Registro de vibraciones típicas	104
-------------	---------------------------------------	-----

Figura 2-2. Sistema mecánico para representar el cuerpo humano sobre una plataforma vibrante	111
Figura 2-3.	122
Figura 2-6.	129
Figura 2-7.	130
Figura 2.8. Características de la ganancia de la red de filtros utilizada para ponderar en frecuencia los componentes de aceleración (línea de trazos continuos).....	134
Figura 2-9. Ponderación de redes	135
Figura 2-10.	137
Figura 2-11.	137
Figura 2-12. Dosis máximas admisibles	138
Figura 2-13. Bosquejo conceptual del aislamiento de una fuente de vibración	144
Figura 2-14. Diagrama para la estimación de los requerimientos de un sistema de aislamiento	147

Capítulo 3

Figura 1. Efecto de la presión atmosférica baja sobre la saturación de oxígeno respirando aire y respirando oxígeno puro	161
Figura 2. Tiempo de exposición a concentraciones bajas de oxígeno necesarias para causar pérdida de conocimiento o coma	165
Figura 3. Curva de “tolerancia de oxígeno”, que muestra el tiempo que una persona puede quedarse sin peligro a diferentes profundidades respirando oxígeno puro	173
Figura 4. Profundidades y tiempo debajo del mar con los cuales es preferible usar helio, profundidades y tiempos con los cuales es preferible utilizar nitrógeno	180

Listado de tablas

Capítulo 1

Tabla 1. Velocidad del sonido en algunos materiales	11
Tabla 2. Niveles típicos de presión sonora	16
Tabla 3. Diferencia en decibeles	17
Tabla 4. Valores específicos de presbiacusia en 4000 hz según sexo ..	28
Tabla 5. Valores límites permisibles	38
Tabla 6. T.L.V. según la ACGIH	39
Tabla 7. Equipos de medición	43

Tabla 8.	Coeficientes de absorción del sonido de los materiales para construcción en general y de los artículos de decoración	58
Tabla 9.	Coeficientes de absorción del sonido de materiales acústicos comunes	60
Tabla 10.	De valores de absorción sonora	69
Tabla 11.	Valores de absorción sonora	70
Tabla 12.	Programa de vigilancia y control del ambiente y trabajadores expuestos a ruido. Ficha individual de exposición a ruido	82
Tabla 13.	Escala de valores ELI (Early Loss Index)	83
Tabla 14.	Clasificación SAL (Speech Average Loss)	83
Tabla 15.	Ejemplo selección elementos de protección auditiva	90

Capítulo 2

Tabla 2-1.	Efectos de exposición a vibraciones	113
Tabla 2-2.	Efectos de las vibraciones según frecuencia, máquina o herramienta utilizada	114
Tabla 2-3.	Valores numéricos del “límite de la capacidad reducida por fatiga” para aceleraciones de vibraciones longitudinales según el eje az (dirección de los pies (o de la pelvis) hacia la cabeza)	126
Tabla 2-4.	Valores numéricos del “límite de la capacidad reducida por fatiga” para aceleraciones de vibraciones transversales según los ejes ax y ay (dirección espalda pecho o derecha izquierda)	127
Tabla 2-5.	Dosis máximas admisibles para trabajos entre 4 y 8 horas	140
Tabla 2-6.	Dosis máximas para trabajos ininterrumpidos entre 4 y 8 horas	141
Tabla 2-7.	Factores de corrección en función del número de interrupciones, su duración y el tiempo de exposición a vibraciones	141

Introducción

No es raro encontrar en la experiencia diaria a personas tratando de pontificar sobre uno o varios de los temas de Higiene Industrial, y lo que es más grave llegando a conclusiones y recomendaciones que en vez de colaborar para la eliminación del factor de riesgo o la disminución de sus efectos sobre el trabajador, crean nuevos riesgos mucho más complejos y nocivos sobre las personas.

En la clasificación general de factores de riesgo, se tiene el factor de riesgo físico que se puede definir como cualquier forma de energía presente en el medio ambiente de trabajo y que puede lesionar al trabajador allí presente.

Con el presente documento se pretende presentar las bases teóricas para que las personas se motiven en el estudio de los tres temas que lo componen. No es el objetivo el escribir un manual que recopile todo lo escrito y estudiado sobre estos complejos temas.



Ruido

Introducción

El sonido es algo tan común en la vida diaria que raramente valoramos todas sus facetas. Nos proporciona agradables experiencias en la audición de la música o escuchando el canto de los pájaros, posibilita la comunicación con todos los que nos rodean, nos alerta o previene en muchas circunstancias: el timbre del teléfono, la llamada a la puerta, el sonido de la sirena, permitiendo además valorar el funcionamiento de una máquina o el sople del corazón.

Nuestra época es la del motor, de la máquina, de los aviones a reacción. Sería difícil encontrar hoy una población que no esté expuesta a ruidos artificiales. El ruido lo invade todo y se convierte en una molestia, en un reto, en una agresión, capaz de provocar en el ser humano trastornos físicos y síquicos de menor o mayor importancia.

Cualquier ruido puede causar un traumatismo más o menos grave en el hombre. El ruido puede ir seguido de efectos nocivos de muy diversa índole.

El problema del ruido constituye " un riesgo para la salud del trabajador y un escándalo público" como afirmó el Dr. Alexander Graham Bell.

Aunque se realizan campañas permanentes en contra del ruido y ya no es raro leer en avisos publicitarios frases como "el silencio es paz, el ruido es violencia" o este otro "el ruido no hace bien, el bien no hace ruido" no se ha tomado una verdadera actitud para su control.

El doctor Robert Koch, descubridor del bacilo de la tuberculosis, expresó poco antes de su muerte en 1910 sus temores sobre el ruido "Un día la humanidad luchará contra el ruido con el mismo pavor e intensidad que lucha contra el cólera y la peste".

En la actualidad y en un gran número de empresas, las campañas para evitar los efectos nocivos del ruido se han basado casi exclusivamente en el uso de protección personal, sin hacer una selección técnica adecuada de la misma y a la realización de exámenes audiométricos de control pero sin aplicar las medidas de control en la fuente, la gran mayoría de las veces por desconocimientos técnicos adecuados o porque se piensa en forma errónea que pequeñas exposiciones no causan problema alguno o lo que es más grave se toma como si la persona fuese inmune a dichos efectos.

En el presente capítulo se plantean las definiciones básicas, los problemas de salud generada por exposición al ruido, los límites máximos permisibles establecidos en Colombia, las estrategias de muestreo y los métodos de control comúnmente utilizados para atenuar el ruido en los ambientes de trabajo.

A continuación se presenta lo que podría llamarse como una gran lección de ecología, a manera de introducción a este apasionante tema.

En 1885, el gobierno norteamericano propuso a la tribu DWANSWISH, del estado de Washington, la compra de sus tierras. El jefe Piel Roja Seathl dirigió al presidente Franklin K. Pierce esta carta:

"El gran jefe en Washington manda palabras: él desea comprar nuestra tierra. El gran jefe también manda palabras de amistad y bienaventuranza. Esto es muy amable de su parte, ya que nosotros sabemos que él tiene muy poca necesidad de nuestra amistad. Pero nosotros tenemos en cuenta su oferta, porque nosotros sabemos que si no lo hacemos así, el hombre blanco vendrá con sus pistolas y tomará nuestra tierra. Lo que el jefe Seathl dice es que el gran jefe en Washington puede contar con las palabras del jefe Seathl, como pueden nuestros hermanos blancos contar con el retorno de las estaciones. Mis palabras son como las estrellas. Ellas no se ocultan. ¿Cómo se puede comprar o vender el cielo, el calor de la tierra? Esta idea es extraña para nosotros. Hasta ahora nosotros no somos los dueños de la frescura del aire ni del resplandor del agua. ¿Cómo nos lo pueden ustedes comprar? Nosotros decidiremos en nuestro tiempo. Cada porción de esta tierra es sagrada para mi gente. Cada espina del brillante pino, cada orilla arenosa, cada bruma en el oscuro bosque, cada claro y zumbador insecto es sagrado en la memoria y en la experiencia de mi gente.