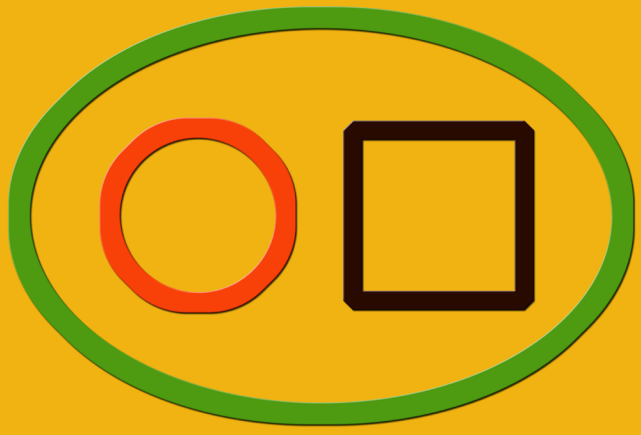
Cuarta Edición

Ergonomía
aplicada



ECOE
EDICIONES

J. Alberto Cruz G.
Andrés Garnica G.

ERGONOMÍA APLICADA

J. Alberto Cruz G.

G. Andrés Garnica G.

Cruz Gómez, J. Alberto
Ergonomía Aplicada/ J. Alberto Carlos Cruz G.,
G. Andrés Garnica G.. -- 4a. ed. -- Bogotá: Ecoe Ediciones, 2010.
218 p.; 24 cm.
ISBN 978-958-648-664-4
1. Ergonomía 2. Sistemas Hombre-máquina 3. Biomecánica
4. Salud ocupacional 5. Seguridad industrial I. Garnica Gaitán Germán Andrés II Tít.
620.82 cd 19 ed. A1087094

CEP- Banco de la República- Biblioteca Luis Ángel Arango

Colección: Ingeniería y salud en el trabajo
Área: Seguridad y salud en el trabajo

Primera edición: Bogotá, 1995
Segunda edición: Bogotá, 2001
Tercera edición: Bogotá, septiembre de 2006
Cuarta edición: Bogotá, junio de 2010
Reimpresión: Bogotá, septiembre de 2010
Reimpresión: Bogotá, 2013
Reimpresión: Bogotá, mayo de 2014

ISBN 978-958-648-664-4

© J. Alberto Cruz G. -Andrés Garnica G.

© Ecoe Ediciones Ltda.
www.ecoeediciones.com
E-mail: info@ecoeediciones.com
Carrera 19 No. 63C-32 . Tel.: 2481449

Coordinación editorial: Andrea del Pilar Sierra Gómez
Ilustraciones: Diego Mojica - J. Alberto Cruz G. -Andrés Garnica G.
Autoedición: Guillermo Peñaloza Martínez
Portada: Magda Rocío Barrero
Impresión: Gráficas de la Sabana
Carrera 69 H No. 77-36

Impreso y hecho en Colombia

CONTENIDO

PRESENTACIÓN 15
INTRODUCCIÓN 17

CAPÍTULO 1
PRINCIPIOS DE ERGONOMÍA 21
EL PROPÓSITO Y ALCANCE DE LA ERGONOMÍA 22
ROL DEL DISEÑO 22
DEFINICIÓN DEL DISEÑO INDUSTRIAL 23
HISTORIA DE LA ERGONOMÍA 23
Etapa doméstica 25
Etapa artesanal 25
Etapa industrial 27
Etapa de producción masiva 28
Algunos hechos

CAPÍTULO 2
DETERMINANTES 33
Concepto de ergonomía APLICADA 34
El objeto y su función 35
Función del objeto 35
MANIPULACIÓN 37
GRUPO EN ESTUDIO 37
CONCEPTO DE GRUPO SOCIAL 37
ENTORNO 38

CAPÍTULO 3
FACTORES HUMANOS 39
FACTORES FISIOLÓGICOS 40
ESTRUCTURALES 41
Anatomía 41
Descripción anatómica 41
Algunos términos generales 42
descriptivos de la anatomía humana 42
ANTROPOMETRÍA 43
Dimensiones antropométricas 47
Medición antropométrica 49
FUNCIONALES 50
MOTIVACIONES E IMPULSOS 50
CLASIFICACIÓN DE LOS MOTIVOS 50
NECESIDADES BIOLÓGICAS 50
ESTÍMULOS 51

NECESIDADES FISIOLÓGICAS 52
Necesidad de oxígeno 52
Alimentos y agua 53
Eliminación de desechos 53
Necesidad de rehuir al mal olor 53
Control de temperatura 54
Impulso sexual 55
El sueño 56
Descanso 56
Movimiento 56
Posición 57
Cambio de postura en la posición sedente 57
Ritmo 59
Necesidad de supresión del dolor y rasquiña 59
Luz solar 59
Supresión de ruidos molestos o dañosos 59
Supresión de vibración o electromagnetismo molestos o dañosos 60
ADAPTACIÓN DEL INDIVIDUO AL MEDIO AMBIENTE 60
BIOMECÁNICA 61
Concepto de biomecánica 61
La capacidad muscular 64
Velocidad de reacción y acción 65
Biometría 65

CAPÍTULO 4
PERCEPCIÓN 71
LOS ÓRGANOS SENSORIALES 72
LA COMUNICACIÓN CELULAR 72
FISIOLOGÍA SENSORIAL 74
LOS ESTÍMULOS 74
PERCEPCIÓN SENSORIAL 74
LOS RECEPTORES CINESTÉSICOS Y VESTIBULARES 74
UMBRALES DE SENSIBILIDAD 76
PERCEPCIÓN INCONSCIENTE 76
SELECTIVIDAD PERCEPTIVA 76
DISCRIMINACIÓN SENSORIAL 76
FACTORES SENSORIALES EXTERNOS 77
Adaptación 77
Intensidad 77
Contraste 77
Repetición 78
Movimiento 78
FACTORES SENSORIALES INTERNOS 78
Motivaciones 78
Disposición y expectación o estado de alerta 78
INTERPRETACIÓN PERCEPTUAL 78
Percepción de los objetos 79

Agrupación 79
Silueta-fondo 80
Contorno 80
Completamiento 80
Movimiento aparente 81
Profundidad 81
Persistencia 82

CAPÍTULO 5
MODALIDADES SENSORIALES Y ÓRGANOS DE LOS SENTIDOS 83
LOS OJOS 84
El ojo como instrumento 84
Matiz 86
Matices complementarios 86
Mezcla de color 86
Saturación 86
Ceguera al color 88
Brillo 88
Sensibilidad del ojo 88
Adaptación al ambiente lumínico 88
Sensibilidad espectral 89
Percepción del color 89
Agudeza visual 89
Campo visual 89
El contraste 89
El medio ambiente lumínico o periobjeto 90
Acomodación del enfoque 90
Percepción visual espacial 91
Percepción visual del movimiento 91
EL OÍDO 92
Ondas sonoras 93
Volumen y tono 93
Timbre 93
Función vestibular del oído 94
Orientación en el espacio 94
Fenómeno de enmascaramiento 95
La percepción espacial auditiva 95
LOS SENTIDOS QUÍMICOS 96
El olfato 97
Sensibilidad olfativa 97
Adaptación 97
El gusto 97
Receptores del gusto 97
Sensibilidad gustativa 98
El sabor 98
LOS SENTIDOS CUTÁNEOS 99
Presión o tacto 99
Estimulación térmica 99
El dolor 100

LOS SENTIDOS PROFUNDOS 100
SENTIDOS CINESTÉSICOS 101

CAPÍTULO 6

IMPULSOS GENERALES EMOCIONALES. CONDUCTAS INSTINTIVAS 103
MIEDO Y ATAQUE 104
Aislamiento sensorial 104
Necesidades de sonidos habituales (ruido y música) 105
Curiosidad 105
Impulsos manipulativos 105
Impulsos afectivos 105
Las emociones 106
La motivación 106
Niveles de activación 107

CAPÍTULO 7

FACTORES PSICOLÓGICOS 109
MECANISMOS DE LA FORMACIÓN DE LA CONDUCTA 110
Desarrollo y maduración 110
FORMACIÓN DE LA CONDUCTA 111
Aprendizaje 111
Condicionamiento 112
Principio de transferencia 112
Transferencia positiva o negativa 112
Asociación 113
Motivación 113
Ley del efecto 113
Reforzamiento 113
Interferencia 114
Habituación 114
Sensibilización 114
Inhibición 114
Desarrollo de las destrezas 115
COMPORTAMIENTO SOCIAL DEL INDIVIDUO 116
Motivos derivados 116
Apetencias 117
Sexo 117
Edad mental 118
Afiliación 118
Aprobación social 118
Status 119
Seguridad 119
Rendimiento y productividad 119
Experiencia 119
Miedo al fracaso 120
Entretenimientos 120
Miedo adquirido 120

Fobias 120
Cansancio físico y mental: fatiga 121
Gusto y concepción estética 121
Espacio vital 123
Hábitat 123
Territorialidad 123

CAPÍTULO 8

FACTORES SOCIOLÓGICOS 125
INJERENCIA DE LA SOCIOLOGÍA EN LA ERGONOMÍA 126
POSTULADOS DE RELACIÓN 126
Necesidad de agruparse 126
Conducta compartida 126
Estructura - status 128
Grupos sociales 128
Clases sociales - status 128
FACTORES SOCIOLÓGICOS 128
El individuo en el grupo 129
Grupos sociales 129
La cultura 130
Estructura del grupo 130
Clases de grupos 131
Las clases sociales 132
Status 132
Objeto prestigio 133
Líderes, jefes y subordinados 134
Conducta del grupo 134
Normas sociales 135
Las actitudes como normas 136
Actitudes negativas, positivas y prejuicio social 137
Cambio de actitud 137
Propaganda 138
Concepto estético del grupo 138

CAPÍTULO 9

ENTORNO 141
CONCEPTO 142
MACROENTORNO 142
Factores físicos del medio ambiente 142
Influencia de los factores físicos en el grupo social 142
Características biológicas 144
Entorno social 144
MICROENTORNO 146
Sitio de labor 146
Lugar de operación 147
Puesto de trabajo 148

CAPÍTULO 10

CONJUNTO OPERANTE 149
CONCEPTO 150
LOS FUNDAMENTOS DE LA OPERACIÓN 150
COMUNICACIÓN 150
Lectura 151
Lenguaje 152
El signo 152
La señal 153
Aprendizaje de la actividad 153
Desempeño de la actividad 153
FACTORES DE PRODUCTIVIDAD 154
Entrenamiento 154
Precisión 154
Prontitud 154
Satisfacción 154
Variables del desempeño individual: rendimiento 155
COMPONENTES DEL CONJUNTO OPERANTE 155
Mandos 155
Instrumentos de lectura 156
Tableros (displays), indicadores y pantallas 156
Distancia de manipulación 157
Mecanismos de acción (controles) 157
El estudio ergonómico 158

CAPÍTULO 11

MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN 159
INTRODUCCIÓN 160
LOS CONCEPTOS DE CAJA NEGRA Y DE CAJA DE CRISTAL 161
MÉTODOS LÓGICOS GENERALES 162
Inducción o inferencia 162
Deducción 162
Análisis 163
Síntesis 163
EL MÉTODO CIENTÍFICO APLICADO 163
LAS ETAPAS DE INJERENCIA DE LA ERGONOMÍA 165
FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN 167
MÉTODOS FÁCTICOS DE OBSERVACIÓN Y EXPERIMENTACIÓN 167
MÉTODO DE OBSERVACIÓN DIRECTA 167
CONDICIONES CIENTÍFICAS DEL MÉTODO DE OBSERVACIÓN DIRECTA 168
Limitaciones 171
ENCUESTAS 171
Lista de actividades 172
Condiciones de la encuesta 173
Tipos de cuestionarios 173

1. De respuesta abierta 173
2. De respuesta cerrada 174
INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS 174
INTERPRETACIÓN MATEMÁTICA 175
GRÁFICAS 175
CONCLUSIONES 177
PARÁMETROS 177
REQUISITOS QUE DEBEN TENER 178
LAS CONCLUSIONES 178
LABORATORIO DE ERGONOMÍA 179
Introducción 179
Pautas de procedimiento para el desarrollo del estudio 180
Análisis de las cualidades del objeto 181
FACTORES HUMANOS 182
Análisis de factores estructurales 182
Análisis de factores funcionales 182
APLICACIÓN DE LA BIOMETRÍA 184
Trabajo de campo 184
Instrumentos de medición (aparatos) 184
Errores que deben ser evitados 185

CAPÍTULO 12
EJEMPLOS DE DESARROLLO DE UN ESTUDIO ERGONÓMICO 187
Parámetros preliminares 188
Desarrollo 188
Determinación de las dimensiones necesarias para la fabricación de la silla-escritorio 192
Marcha para la obtención de la medida P 192
Criterios para determinar la altura del asiento P 192
Programa de ejecución de medición de la dimensión P 194
Conclusión del estudio 198

CAPÍTULO 13
FUENTES DE CONSULTA/REFERENCIAS DE NORMAS Y ESTÁNDARES 199

GLOSARIO 206

BIBLIOGRAFÍA 213

ACERCA DE LOS AUTORES 217

INDICE DE FIGURAS, CUADROS Y GRÁFICAS

CAPÍTULO 1

Figura 1. Historia del garrote 24
Figura 2. Elaboración de puntas de lanza por percusión 25
Figura 3. Etapa artesanal 26

CAPÍTULO 2

Figura 4. Interrelación hombre-artefacto 34
Figura 5. El objeto y su función 36

CAPÍTULO 3

Figura 6. Planos cortantes en el cuerpo y términos referentes a posición y dirección 42
Figura 7. Medidas anatómicas generales 44
Figura 8. Resolución volumétrica 44
Figura 9. Somatotipos 45
Figura 10. Factores que inciden en el diseño 46
Figura 11. Diferentes dimensiones corporales 47
Figura 12. Movilidad postural - Dimensiones antropométricas 48
Figura 13. Dimensionamiento antropométrico por fotografía 49
Figura 14. Eliminación de desechos 54
Figura 15. Adaptación a la temperatura ambiental 55
Figura 16. Silla ortopédica 57
Figura 17. Cambios de postura durante el sueño 58
Figura 18. Adaptación del individuo al medio ambiente 61
Figura 19. Movimiento rectilíneo 62
Figura 20. Movimiento de un segmento (flexión) 62
Figura 21. Análisis biomecánico para el diseño de una valija 64
Cuadro 1. Modelo de tabulación 67
Gráfica 1. Histograma 69

CAPÍTULO 4

Cuadro 2. Modalidades sensoriales principales y los órganos de los sentidos 73
Figura 22. Percepción sensorial 75
Figura 23. Ilusiones ópticas 75
Figura 24. Interpretación perceptual 79
Figura 25. Agrupación 79
Figura 26. Silueta-fondo 80
Figura 27. Contorno 81
Figura 28. Completamiento 81
Figura 29. Profundidad y persistencia 82

CAPÍTULO 5

Figura 30. El ojo como instrumento 85
Figura 31. Percepción visual 85

Gráfico 2.	Espectro electromagnético	87
Figura 32.	Periobjeto	90
Figura 33.	Percepción visual espacial	91
Figura 34.	El oído	92
Gráfica 3.	Niveles de intensidad sonora	94
Figura 35.	Propiocepción	95
Figura 36.	Percepción espacial auditiva	96
Figura 37.	Presentación de los alimentos	98

CAPÍTULO 6

Figura 38.	Impulsos manipulativos	106

CAPÍTULO 7

Figura 39.	Destrezas	115
Figura 40.	Miedo adquirido	121
Figura 41.	Evolución estética	122

CAPÍTULO 8

Figura 42.	Conducta compartida - Postura sedente	127
Figura 43.	Objeto prestigio	133
Figura 44.	Modelos de belleza según su época	139
Figura 45.	Objeto utilitario	140

CAPÍTULO 9

Figura 46.	Influencia geográfica en tipo de habitación	143
Figura 47.	Influencia de los factores físicos del macroentorno en la evolución fisiológica del grupo	145
Figura 48.	Sitio de labor - Lugar de operación	147
Figura 49.	Puesto de trabajo	148

CAPÍTULO 10

Figura 50.	Lectura	151
Figura 51.	Instrumentos de lectura	156
Figura 52.	Distancia de manipulación	157

CAPÍTULO 11

Cuadro 3.	Etapas de injerencia de la ergonomía en proyectos de diseño de productos	166 166
Gráfica 3.	Diagrama circular	175
Gráfica 4.	Diagrama de líneas	176
Gráfica 5.	Diagrama de barras	176

CAPÍTULO 12

Figura 53.	Dimensiones necesarias para la fabricación de la silla	189
Figura 54.	Posiciones extremas	192
Figura 55.	Postura típica de alumno en clase	193
Figura 56.	Posiciones que adoptan los jóvenes	194
Figura 57.	Programa de ejecución de medición	195
Cuadro 4.	Modelo de tabulación	196
Gráfica 6.	Histograma	198

PRESENTACIÓN

Varios años de experiencia profesional y de dedicación investigativa y docente constituyen el soporte intelectual y científico que los profesores J. Alberto Cruz Gómez y Germán Andrés Garnica Gaitán utilizaron en la creación de este libro. Ergonomía aplicada no es un texto más dedicado a la ciencia ergonómica, el lector, a medida que estudia la obra, podrá observar que evidentemente se ha trascendido el antiguo concepto de ergonomía, entendida como simple antropometría, aportando una idea más amplia, más integral y por ende más valiosa, con la que se abre el campo ergonómico a la intervención interdisciplinaria.

El trabajo de los investigadores Cruz y Garnica puede considerarse como esencial, en el sentido que plantea nuevos fundamentos. Ergonomía aplicada examina minuciosamente la evolución histórica del concepto, los actuales métodos de investigación, las variables que interactúan en el conjunto de las operaciones ergonómicas, así como sus determinantes fisiológicas, psicológicas, sociológicas y de entorno.

La obra está diseñada para obtener una lectura didáctica, tanto para especialistas en el tema como para estudiantes iniciados. Su lenguaje es claro y la disposición de títulos y subtítulos facilita un seguimiento ordenado y comprensivo. Los gráficos e ilustraciones en sí mismos reflejan la pedagogía clásica con la que los autores han enseñado a sus estudiantes en las aulas universitarias.

Estamos seguros de que este estupendo trabajo será bienvenido en todos los círculos académicos y universitarios, puesto que su contribución al desarrollo de esta disciplina es indiscutible y de actualidad internacional.

INTRODUCCIÓN

El hombre primitivo se convirtió en ser social, porque el andar solo lo hacía una criatura vulnerable, insuficiencia que resolvía reuniéndose en grupos. Se movilizaban, cazaban, descansaban o dormían en apretada comunidad. Uno de ellos observaba a todos los demás y era a su vez observado por los otros. Copiaban sus acciones y comportamientos: surge la conducta social.

Luego, cuando comenzó a cultivar la tierra y se hizo sedentario, los grupos se transformaron en comunidades que necesitaron artefactos que les sirvieran para defenderse y llevar un mejor vivir.

Para satisfacer sus necesidades fisiológicas, el hombre inventó soluciones que en el largo proceso de *prueba y error* se fueron perfeccionando. El avance tecnológico, desde el garrote, pasando por las sociedades artesanales hasta llegar a la complejidad del actual progreso científico, hizo obligatorio el desarrollo de un método de diseño que abreviara el antiguo proceso, y que ayudado por la ciencia y la tecnología, resolviera de manera satisfactoria los problemas crecientes de una sociedad que evoluciona cada día más rápido. Apareció el *diseño industrial*.

Al principio se solucionaron las necesidades fisiológicas, pero el complicado sistema social las convirtió en apetencias, con un extenso campo de complejidad, que hace aparecer el entorno social como el principal factor de incidencia en el comportamiento humano.

El hombre diseña y fabrica artefactos que van a magnificar sus facultades y así, sobrepasar sus propias limitaciones para solucionar sus apetencias; también produce objetos con el propósito de conseguir satisfacción en su vivir.

La *ergonomía* surge tímidamente a fines del siglo XIX estudiando la incidencia de la fisiología en los procesos industriales.

Pero son las guerras las que la impulsan en el proceso evolutivo, aplicándola en la adaptación del hombre a los aparatos bélicos. Para lograrlo, fue necesario relacionar y estudiar los aspectos de la función del artefacto: la función toma parte en la ergonomía.

En este momento de la historia, ergonomía y factores humanos tienen un mismo significado. Se comienza a aplicar la fisiología, pero solamente en el aspecto an-

tropométrico. Por esa época, la antropometría es considerada como la disciplina más importante en la ergonomía. Se establecieron tablas y normalizaciones que pretenden cubrir todas las actividades del hombre. Las posibilidades de acción del hombre son simuladas por medio de maniquís configurados con promedios de medidas derivadas de grupos con características físicas particularizadas. Todavía más: muñecos a escala, que por su tamaño, aparentemente hacían fácil la determinación de dimensiones y espacios humanos, desde la mesa de trabajo. Para entonces, los *promedios* eran los patrones para la decisión de medidas humanas aplicadas al *diseño*.

La psicología está dirigida a la adaptación del obrero a su labor; se aplica a las actividades u oficios y a la higiene del trabajo.

Elton Mayo descubre que las implicaciones sociológicas de los obreros de la Western Electric tenían mayor incidencia en su rendimiento, que los aspectos fisiológicos, y lo aplica al interés de la productividad. Otros, más tarde, desarrollan la sociología del trabajo.

La ergonomía se enriquece con la adopción del entorno físico. El concepto de ergonomía quedó conformado por los factores humanos, entendidos como antropometría y biomecánica, productividad; y el entorno con los factores físicos ambientales.

Este libro toma el relevo, desde el punto de lo que hasta ahora se había avanzado, adoptando las nuevas disciplinas complementarias, que no habían sido tenidas en cuenta y desarrollando las ya existentes, con el objeto de ampliar y dar un mayor alcance al estudio de la ergonomía. Estos aportes pueden resumirse así:

La *biometría* tiene un nuevo concepto de dimensión: el hombre para el que diseñamos está vivo, se mueve constantemente, tiene características parecidas, pero no iguales al resto de su grupo; evoluciona con el tiempo y el influjo de su entorno. Se relega el concepto de la *medida promedio*, que deja por fuera a un gran porcentaje del grupo, y se adopta la *amplitud de variación*, lograda por métodos estadísticos, que tiene una aplicación más correcta en la solución del problema, puesto que involucra el más alto porcentaje posible de los miembros del grupo. La interpretación matemática de la antropometría, biomecánica y de todos los aspectos fisiológicos se procesan por medio de la biometría.

Se destaca el influjo del *entorno social,* que tiene mayor injerencia para el comportamiento compartido del grupo que el entorno físico. Es por eso que estudiamos la relación de la *sociología* en toda su importancia.

La *psicología* se aplica al diseño de los objetos, cuyas cualidades se encuentran influenciadas por el hombre en su comportamiento individual, dentro de la esfera

social. Las determinantes sociológicas y psicológicas, pasan de ser elementos subjetivos y conceptuales a manipulables cualitativa y cuantitativamente.

Siendo la ergonomía una disciplina científica, es necesario su estudio utilizando el procedimiento del *método científico* para que sus resultados tengan aplicación práctica.

El artefacto debe ser acorde con las características y facultades del hombre, para que el manejo del objeto y el rendimiento del trabajo permitan lograr un óptimo desempeño, y la ergonomía es la responsable de la consecución y acopio de estas características.

Para lograrlo, el ergónomo consulta todas las posibles fuentes de información, constituidas por documentos escritos, videos, grabaciones magnetofónicas, etc., sumadas a la intervención de especialistas de las disciplinas tocantes al tema, quienes aconsejan en las áreas de su conocimiento, con las experiencias de soluciones anteriores a problemas similares, o las posibles aplicaciones de adelantos científicos o sociales.

El ergónomo compila y coordina estos estudios de las diferentes fuentes, y por un proceso de síntesis logra una conclusión fáctica integral, con jerarquías y ponderaciones de los factores constituyentes. El desarrollo del estudio interdisciplinario es consecuencia de la extensión cognoscitiva de las disciplinas involucradas. En la antigüedad las soluciones eran dadas por individuos superdotados que manejaban el problema integralmente, pero la actual extensión de la ciencia es tal, que la experiencia de un individuo o de grupos especializados no bastan para conocer la ciencia en su totalidad, por el contrario y en consecuencia, el estudio ergonómico se funda en el conocimiento y la experiencia del grupo interdisciplinario y del correcto manejo de la teoría y la ciencia por el ergónomo.

Todas las consideraciones expuestas atrás, tienen valor para el estudio de un proyecto de diseño industrial, siempre que tengan aplicación práctica. Por lo tanto, se considera indispensable la *planeación* de la investigación para llegar a resultados útiles, es decir: los parámetros y determinantes que permitan tomar las decisiones correctas para el planteamiento de la propuesta de solución.

Esperamos que este libro sirva para impartir un mejor entendimiento de esta ciencia, abra nuevos campos de investigación para profundizar en temas cuya importancia o injerencia en la ergonomía no habían sido tenidos en cuenta.

capítulo 1

PRINCIPIOS DE ERGONOMÍA