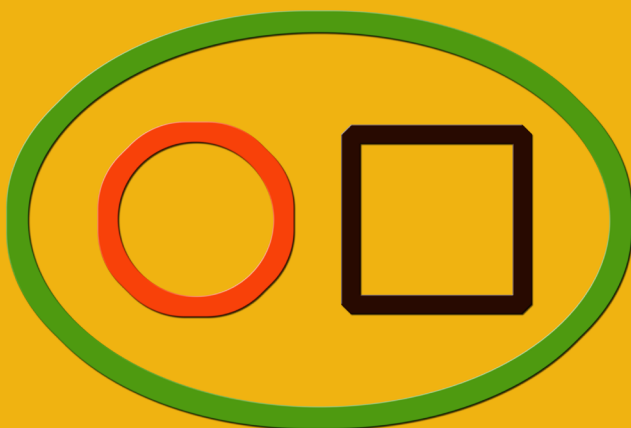


Cuarta Edición

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.ecoediciones.com

E-mail: info@ecoediciones.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 Peñalosa 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
Habitación	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
Afilación	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
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**