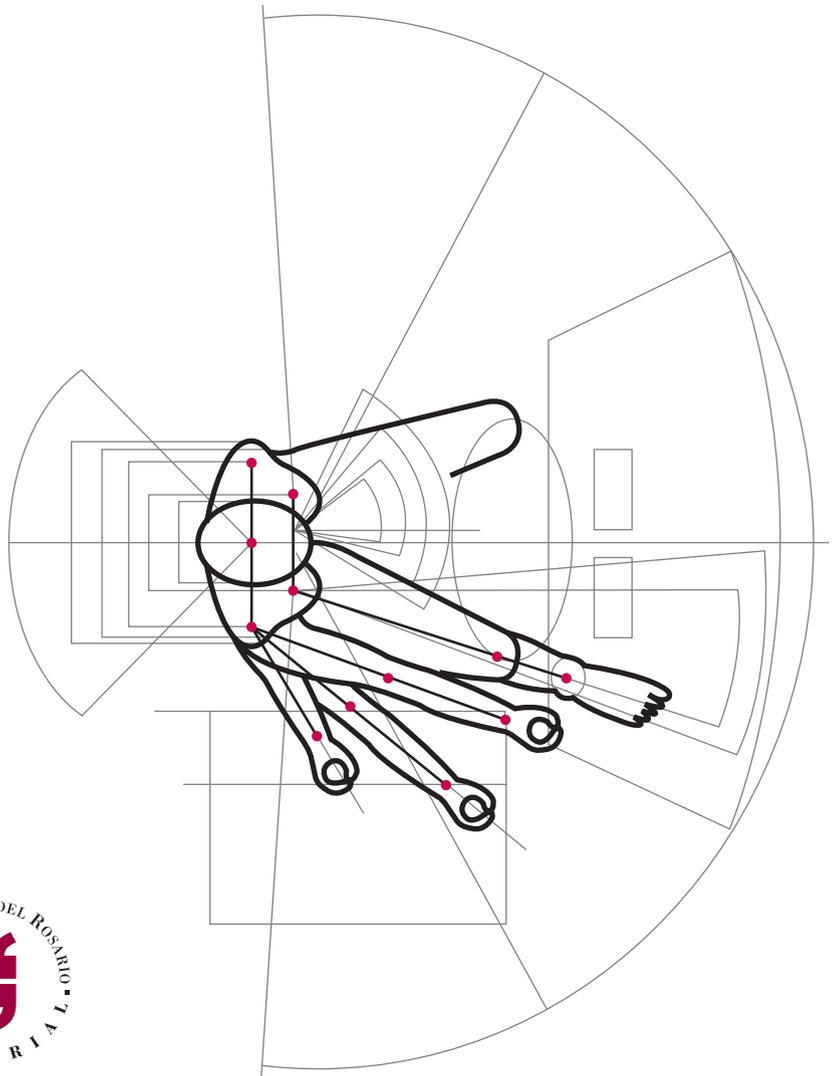


Juan Alberto Castillo Martínez

# Ergonomía Fundamentos para el desarrollo de soluciones ergonómicas



Colección Textos  
Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud



# Ergonomía

## Fundamentos para el desarrollo de soluciones ergonómicas

Juan Alberto Castillo M.



COLECCIÓN TEXTOS ESCUELA DE MEDICINA Y CIENCIAS DE LA SALUD

© 2010 Editorial Universidad del Rosario  
© 2010 Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario  
Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud  
© 2010 Juan Alberto Castillo M.

ISBN: 978-958-738-093-4

Primera edición: Bogotá D.C., febrero de 2010  
Coordinación editorial: Editorial Universidad del Rosario  
Corrección de estilo: Andrés Cote  
Diseño de cubierta: Lucelly Anaconas  
Diagramación: Margoth C. de Olivos  
Impresión:  
Editorial Universidad del Rosario  
Cra. 7 N° 13-41, Oficina 501, Tel.: 2970200 ext. 7724  
Correo electrónico: editorial@urosario.edu.co

Todos los derechos reservados. Esta obra no puede ser reproducida  
sin el permiso previo por escrito de la  
Editorial Universidad del Rosario

---

Castillo M., Juan Alberto  
Ergonomía / Juan Alberto Castillo M.—Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud. Bogotá: Editorial  
Universidad del Rosario, 2010.  
216 p.—(Colección Textos Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud).

ISBN: 978-958-738-093-4

Ergonomía – investigaciones – Colombia / Productividad del trabajo / Ambiente de trabajo / Salud  
ocupacional / Diseño de sistemas de trabajo / Sistemas hombre – máquina / I. Título / II. Serie.

620.82 SCDD 20

---

Impreso y hecho en Colombia  
*Printed and made in Colombia*

# Contenido

Estructura del texto .....	13
----------------------------	----

Introducción .....	15
--------------------	----

## Primera parte

1. Ergonomía y análisis del trabajo .....	21
1.1. El diseño y la organización del trabajo.....	24
1.2. La especialización de tareas .....	25
1.3. La organización científica del trabajo .....	26
1.4. La cadena de trabajo Ford .....	27
1.5. Objetivos en el análisis del trabajo .....	28
2. La ergonomía y los sistemas de trabajo .....	32
2.1. Ergonomía y ergonomías .....	32
2.2. Qué es la ergonomía .....	38
2.3. El proceso de intervención ergonómica.....	40
3. Metodología de la intervención ergonómica .....	43
3.1. Las condiciones de trabajo.....	43
3.2. Ergonomía de la acción .....	46
3.2.1. El análisis de la actividad de trabajo.....	49
3.3. Modelo de intervención ergonómica para el análisis de un trabajo .....	52
3.3.1. Fase 1: análisis de la estructura funcional .....	54
3.3.2. Fase 2: análisis de la estructura operacional.....	56
3.3.3. Identificación de disfuncionamientos .....	59
3.3.4. Análisis causal de disfuncionamientos .....	62
3.3.5. La tarea dentro de una unidad de análisis .....	64
3.3.6. Las características de la tarea.....	66
3.3.7. Las condiciones de realización de la tarea .....	66
3.3.7.1. Análisis de la actividad de un operario de panadería .....	67

4.	Intervenciones ergonómicas en el mundo del trabajo .....	70
4.1.	Caso I. Intervención ergonómica desde la perspectiva del estudio de la tarea.....	70
4.1.2.	Principales causas de variación de la tarea .....	72
4.1.3.	El análisis de la tarea .....	74
4.1.4.	Conclusión.....	75
4.2.	Caso II. Intervención ergonómica desde la perspectiva del curso de la acción .....	77
4.2.1.	Introducción.....	77
4.2.2.	Principios metodológicos empleados en la intervención ergonómica.....	78
4.2.3.	Ámbitos para la descripción de una actividad .....	78
4.2.3.1.	La actividad como signo .....	80
4.2.4.	La intervención ergonómica y el curso de la acción .....	83
4.2.4.1.	La regulación y la anticipación en la estructura de la acción .....	83
4.2.4.2.	Intervención ergonómica en el sistema de producción	86
4.2.5	Conclusión.....	91
4.3.	Caso III. Intervención para el análisis de actividades de servicios desde la perspectiva de la ergonomía cognitiva .....	91
4.3.1.	Introducción .....	91
4.3.2.	Cognición y actividad .....	92
4.3.3.	Las situaciones de servicios .....	93
4.3.4.	Estructura, método de intervención y acción ergonómica.....	95
4.3.4.1.	Principios que guían el análisis .....	95
4.3.4.2.	Solicitud para el desarrollo del estudio ergonómico .	97
4.3.5.	La situación de trabajo .....	98
4.3.5.1.	El servicio de ventas .....	98
4.3.5.2.	Características de la relación de servicio .....	99
4.3.5.3.	Una relación comercial especializada .....	99
4.3.5.4.	Aspectos cognitivos .....	100
4.3.5.5.	Gestión de la información .....	101
4.3.6.	Conclusiones .....	104
4.4.	Caso IV. Intervención ergonómica orientada a la estandarización de procesos de fabricación .....	107
4.4.1.	Metodología empleada en la intervención.....	107
4.4.2.	Modelo de análisis.....	109

4.4.3.	Principios teóricos que guían la intervención .....	109
4.4.3.1.	Primer nivel de estandarización .....	110
4.4.3.2.	Segundo nivel de estandarización .....	110
4.4.3.3.	Tercer nivel de estandarización .....	111
4.4.4.	Flexibilidad integrada y estandarización .....	111
4.4.5.	Análisis del proceso existente .....	113
4.4.5.1.	Programación de la producción .....	113
4.4.5.2.	El plan de ejecución .....	113
4.4.5.3.	Estrategias de trabajo identificadas .....	115
4.4.5.4.	Escalamiento de procesos .....	116
4.4.5.5.	Detener un proceso .....	116
4.4.5.6.	Secuenciación de procesos .....	117
4.4.6.	Primera conclusión .....	118
4.4.7.	Análisis del proceso de fabricación .....	121
4.4.7.1.	Problemas identificados .....	123
4.4.8.	Principios de estandarización .....	126
4.4.8.1.	¿Qué estandarizar? .....	126
4.4.8.2.	Principios guías .....	127
4.4.8.3.	Estudio de pieza por función .....	129
4.4.8.4.	Estudio de pieza por proceso .....	130
4.4.8.5.	Establecer gamas de piezas .....	131
4.4.8.6.	Condiciones asociadas .....	131
4.4.9.	Conclusiones .....	131
5.	Conclusión de la primera parte .....	132

## Segunda parte

1.	Introducción .....	135
1.1.	Diseño ergonómico y ergonomía de concepción .....	135
1.2.	¿Qué es lo ergonómico? .....	136
1.2.1.	El principio de plasticidad .....	137
1.2.2.	El principio de simplicidad .....	137
1.3.	¿Cómo desarrollar una solución ergonómica? .....	137
1.3.1.	Sistematización .....	139
1.3.2.	Modelación .....	139
1.3.3.	Transferencia .....	142
1.4.	La intervención ergonómica orientada al desarrollo de soluciones ergonómicas .....	144

2.	El diseño visto desde la ergonomía .....	147
2.1.	El estudio del trabajo y el diseño de dispositivos .....	147
2.1.1.	El análisis de la acción .....	148
2.1.2.	La eficiencia de la acción .....	148
2.1.3.	Los elementos determinantes de la actividad .....	149
2.1.4.	Las condiciones de diseño .....	150
3.	La naturaleza del diseño .....	151
3.1.	La evolución del concepto de diseño .....	155
3.2.	La orientación de la acción de diseño .....	160
3.2.1.	El modelo del emprendedor.....	161
3.2.2.	El modelo del ingeniero .....	161
3.2.3.	El modelo de Taylor.....	162
3.2.4.	El modelo concurrente y cooperativo.....	162
3.3.	La estructura de la acción de diseño .....	164
3.4.	Estructuración de la actividad del usuario .....	164
3.4.1.	Estructuración cerrada .....	165
3.4.2.	Estructuración semi-abierta .....	165
3.4.3.	Estructuración abierta.....	166
4.	Características del proceso de diseño .....	166
4.1.	La noción de problema en diseño .....	169
4.1.1.	Tipos de problemas .....	170
4.1.1.1.	Problemas cerrados .....	170
4.1.1.2.	Problemas abiertos .....	170
4.1.1.3.	Problemas mal definidos o mal estructurados .....	171
4.2.	La planificación jerárquica ( <i>top-down</i> ) .....	171
4.3.	Planificación oportunista ( <i>bottom-up</i> ) .....	173
4.4.	Procesos que intervienen en la acción de diseño .....	175
4.4.1.	Representación del problema .....	176
4.4.2.	La generación de soluciones .....	177
4.4.3.	Del proceso de evaluación .....	178
5.	Las nociones de uso y de utilización .....	179
5.1.	Modificar las representaciones .....	182
5.2.	La especificidad .....	183
5.2.1.	La situación .....	183
5.2.2.	El papel del usuario.....	185
5.3.	La noción de aplicabilidad .....	188
5.4.	La noción de regulación .....	189
6.	Herramientas para el diseño enfocado en el usuario .....	191

6.1. Herramienta para la integración usuario/situación/función .....	196
6.1.1. El análisis de la necesidad .....	196
6.1.2. Procedimiento para el análisis de la necesidad .....	197
6.1.2.1. Reconocimiento de la necesidad .....	197
6.1.2.2. Validación de la necesidad .....	199
6.1.2.3. Caracterización de la necesidad .....	200
6.2. Análisis de los inter-actores .....	202
6.2.1. Repertorio de elementos .....	203
6.2.2. Situaciones de desempeño .....	204
6.2.3. Funciones a cumplir por la solución .....	204
6.3. El análisis funcional .....	206
6.3.1. Determinar las funciones .....	206
6.3.2. Arborización funcional .....	208
7. Conclusión de la segunda parte .....	210
Bibliografía .....	211

## Estructura del texto

Este texto se ha dividido en dos partes, la primera está consagrada a explorar y explicar la ergonomía enfocada en la construcción de la acción. Esta parte se subdivide en cuatro capítulos que abordan sucesivamente los conceptos de ergonomía, de condiciones de trabajo y los relativos a la solución de problemas ergonómicos. Estos últimos, que son tratados en el tercer capítulo, sirven como introducción al estudio del diseño ergonómico de soluciones. Con el fin de presentar la aplicabilidad de estos conceptos al lector, en el cuarto capítulo se presentan diversos casos de intervención ergonómica, los cuales obedecen a estudios que permiten apreciar la aplicabilidad de estos conceptos en diferentes escenarios.

La segunda parte realiza un acercamiento al problema que plantea el diseño ergonómico, y para ello presenta dos de las herramientas que utilizan principios ergonómicos para la concepción de soluciones. Para realizar este análisis se presentan métodos validados y utilizados comúnmente en una perspectiva de diseño orientada a los individuos. Así, en primer lugar se presenta el análisis estructurado de la necesidad a partir de las expectativas de los usuarios; luego se presenta el método del análisis funcional, que permite identificar las funciones de un sistema a partir de los resultados de métodos anteriores; y finalmente se presentan algunas indicaciones que permiten apreciar el carácter ergonómico de una solución aplicable a una situación de trabajo.

# Introducción

En este texto se presentan algunos conceptos y marcos teóricos útiles para el análisis del trabajo en ergonomía. El objetivo es mostrar los conceptos de base para el estudio del trabajo en la tradición de la ergonomía de la actividad, y analizar de manera general algunos de los modelos empleados para el análisis de una actividad de trabajo.

Inicialmente se abordan los principios teóricos de la ergonomía y los principios que provienen de la fisiología, la biomecánica, la psicología y la sociología; también se presentan los acercamientos metodológicos empleados en esta misma perspectiva para el análisis de actividades de trabajo. En primer lugar se parte del principio de que un estudio ergonómico del trabajo se puede llevar a cabo desde una doble perspectiva:

- La perspectiva analítica, que hace énfasis en el estudio de los aspectos técnico-funcionales de los sistemas de producción. Este proceder centra el análisis del trabajo en la búsqueda de respuestas que permitan la adaptación dimensional y cognitiva del trabajador a una tarea.
- La perspectiva comprensiva, cuyo acercamiento concentra su interés en el conocimiento de las regulaciones y adaptaciones que elabora y pone en operación el individuo para mantener funcionando un sistema de trabajo a pesar de las deficiencias de concepción de la tarea, de la organización o de la tecnología.

Este texto adopta la perspectiva comprensiva del análisis del trabajo, es decir, aquí el trabajo se estudia desde el punto de vista de la ergonomía de la ac-

tividad. Esta ergonomía establece dos nociones de base para el análisis del trabajo: las de tarea y actividad,<sup>1</sup> distinción que permite estudiar la realización de un trabajo a partir de un doble enfoque:

- De una parte, el análisis de la tarea desde el concepto que tiene quien la prescribe, es decir que ella se ve integrada por los objetivos de la organización, los ingenieros, los sistemas de calidad, etc. Esta perspectiva de estudio permite comprender la lógica a partir de la cual se determina cómo deberá operar un sistema de trabajo.
- De otra parte, el análisis de la tarea desde el estudio de las interpretaciones realizadas por los trabajadores a partir de las instrucciones que les han sido transmitidas o comunicadas por algún medio. Adoptar este tipo de análisis permite estudiar la realización de la tarea desde los objetivos intermedios fijados por el trabajador (es decir, entender la manera como este trabajador integra las restricciones, las metas individuales y colectivas, los recursos cognitivos, etc.). Esto permite comprender mejor la forma en que se realiza la tarea.

En la tradición del estudio del trabajo, estas dos lógicas evidencian a su vez la posibilidad de llevar a cabo el estudio, observación y análisis desde dos puntos de vista:

- Desde el *análisis extrínseco de la actividad de trabajo*, el cual permite describir la dinámica de realización de una tarea a partir de los comportamientos directamente registrados por un observador en la relación que se da entre sujeto/tarea/actividad. La explicación que se elabora a partir de estos registros permite comprender la naturaleza de los comportamientos; es importante recordar que toda interpretación se da a partir de los conocimientos del experto, esto significa que las interpretaciones

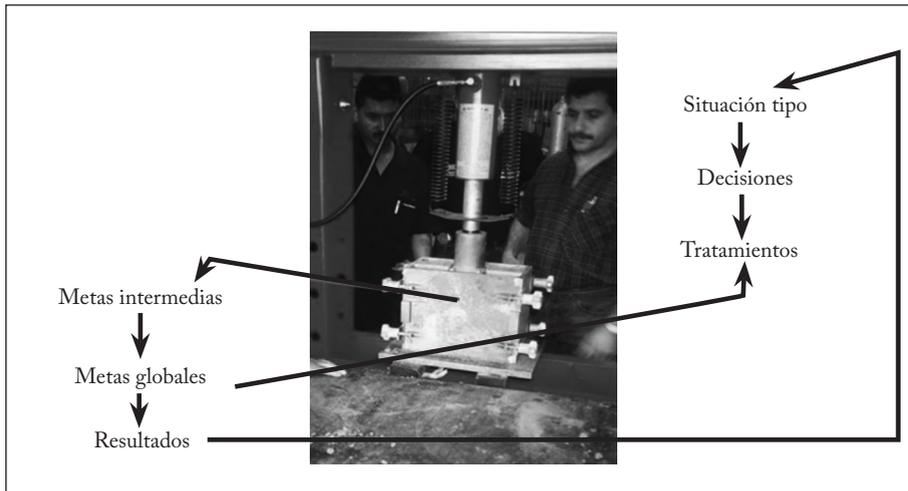
---

<sup>1</sup> La distinción realizada entre tarea prescrita y tarea real (Leplat & Hoc, 1983) muestra que una actividad auto-dirigida comporta siempre una parte de auto-organización de quien la debe llevar a cabo, aún en las situaciones más exigentes.

están referidas a patrones pre elaborados de acuerdo a la experiencia del observador.

- Desde el *análisis intrínseco de la actividad de trabajo*, que busca encontrar una explicación a los comportamientos registrados y originados en la relación sujeto/tarea/actividad. Estos serán estudiados a partir de las representaciones que construyen los trabajadores acerca de su propia tarea, de la situación en la que se encuentran y de los recursos disponibles para llevarla a cabo. La dinámica de realización de la tarea se estudia entonces a partir de los objetivos, metas e intereses establecidos de forma individual y colectiva por los trabajadores; las interpretaciones de los comportamientos y de las acciones de los trabajadores estarán referidas a principios de eficiencia y de economía elaborados por ellos mismos.

Gráfico 1. Las formas de análisis del trabajo

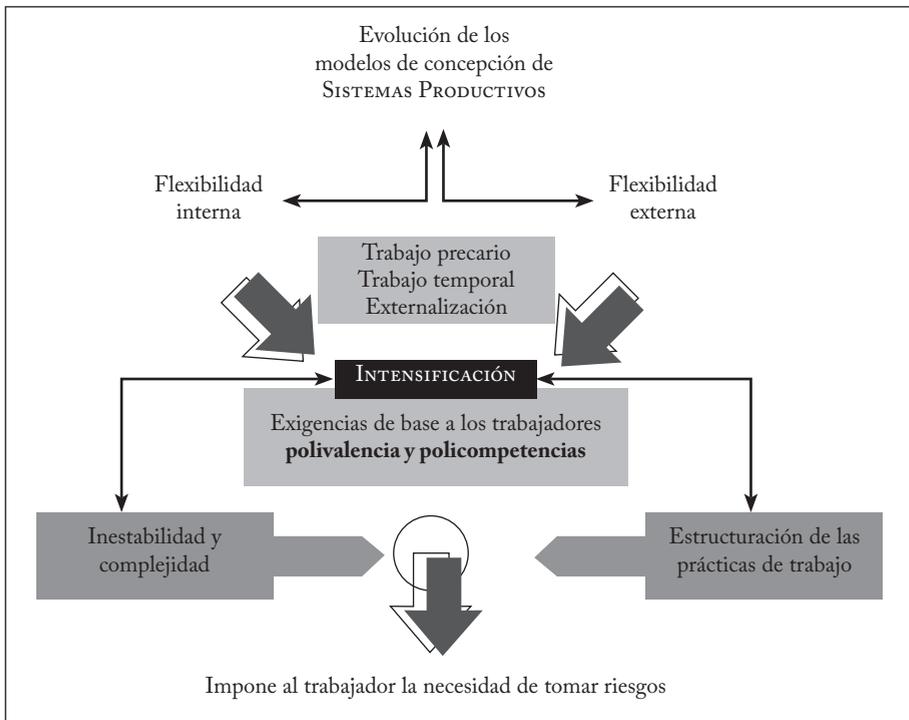


La realización de una tarea se encuentra relacionada con las metas fijadas por los individuos, así como con el tratamiento que se dé a la información recolectada en el entorno y con las decisiones que cada individuo toma a partir de esta información. *Todas las imágenes incluidas en este trabajo fueron elaboradas por su autor.*

El adoptar un punto de vista extrínseco o intrínseco implica al tiempo el uso y puesta en operación, por parte del observador, de diversos modelos conceptuales y teóricos. Entre la diversidad de propuestas que se encuentran en la literatura se pueden identificar las siguientes:

- Los modelos analíticos, que por sus características se basan en el uso de útiles de verificación y de predicción de las acciones empleadas por los individuos en la ejecución de una tarea;
- los modelos sistémicos, que buscan identificar y enunciar las interrelaciones que es posible establecer entre los componentes de un sistema de trabajo; y
- los modelos complejos, que adoptan en general para el estudio del trabajo una visión integral a partir de la identificación de la diversidad de variables que operan como elementos estructurantes en los sistemas de trabajo.

Gráfico 2. Variables relacionadas con la toma de riesgo en el trabajo



El uso de modelos que explican una situación de trabajo permite dar cuenta de los cambios presentes en los sistemas productivos. Cambios que resultan en dos formas de organización del trabajo: de un lado, el trabajo basado en la flexibilidad interna del sistema productivo, esto es, la posibilidad de adaptar

rápidamente individuos y tecnología a sus estructuras internas. De otro lado, la flexibilidad externa, es decir la capacidad del sistema productivo de adaptarse a las condiciones del entorno modificando el número, características y calificación de los trabajadores. Estas formas ocasionan una intensificación del trabajo que exige de los trabajadores el desarrollo de competencias en diversos campos del dominio técnico productivo del sistema. Al tiempo, resulta necesario desarrollar y estructurar prácticas de trabajo adaptadas a este escenario cambiante, lo cual redundará en sistemas basados en la inestabilidad y con alta complejidad funcional, en razón a su carácter adaptativo.

Estas nuevas formas de trabajo exigen a quien las lleva a cabo el desarrollo de estrategias específicas que le permitan hacer frente a los riesgos. El gráfico 2 resume la complejidad característica de los sistemas de trabajo contemporáneos y pone de manifiesto la necesidad de utilizar modelos adaptados a estas características. Por ello, en el estudio de sistemas de trabajo el uso de los modelos descriptivos sólo podrá informar sobre la dinámica parcial de alguna de las variables mencionadas y no permitirá el desarrollo de soluciones que contribuyan a la ergonomía del sistema.

Para el desarrollo de soluciones ergonómicas es necesario apoyarse entonces en estos modelos, ya que un adecuado análisis posibilita el diseño y concepción de soluciones ajustadas a los requerimientos de cada situación. Para el desarrollo de soluciones que den respuesta a las exigencias de un trabajo, en adelante este texto adopta un enfoque basado en un modelo complejo de análisis de las situaciones de trabajo.

La aplicación y puesta en operación de este modelo presupone que en el desarrollo de una solución ergonómica se deben integrar los intereses de los trabajadores y de la dirección de la empresa, así como los intereses que provienen del contexto inmediato. Por ello es fundamental abordar las diversas variables que están inmersas en una situación y que dan lugar a la acción del trabajador (cognitivas, técnicas, organizacionales, sociológicas, económicas, entre otras). El análisis del conjunto de estas variables permite establecer las condiciones y principios de elaboración de soluciones ergonómicas y facilita de esta manera el desarrollo de una acción de diseño orientada a satisfacer las expectativas y requerimientos de los trabajadores, de la organización productiva y del entorno en el cual el sistema de trabajo se desempeña.

En este texto se presentan algunos conceptos y marcos teóricos útiles para el análisis del trabajo en ergonomía. El objetivo es mostrar los conceptos de base para el estudio del trabajo en la tradición de la ergonomía de la actividad, y analizar de manera general algunos de los modelos empleados para el análisis de una actividad de trabajo.

Inicialmente se abordan los principios teóricos de la ergonomía y los principios que provienen de la fisiología, la biomecánica, la psicología y la sociología; también se presentan los acercamientos metodológicos empleados en esta misma perspectiva para el análisis de actividades de trabajo. Se parte del principio de que un estudio ergonómico del trabajo se puede llevar a cabo desde una doble perspectiva: la perspectiva analítica y la perspectiva comprensiva. De igual forma adopta la perspectiva comprensiva del análisis del trabajo, es decir, aquí el trabajo se estudia desde el punto de vista de la ergonomía de la actividad.

