

ERGONOMIA APLICADA AL DISEÑO DE MOBILIARIO ESCOLAR

Cuad. Méd. Soc. XXXVI, 3, 1995/ 18-23

Gutiérrez, M. y
Apud, E.*

RESUMEN

De acuerdo a estudios antropométricos efectuados por los autores, en este trabajo se propone un conjunto de recomendaciones para el diseño de sillas y los pupitres empleados por alumnos de Enseñanza Básica y Media. También se analizan los procedimientos que se podrían emplear para asignar a los estudiantes el mobiliario sugerido en el estudio.

INTRODUCCION

Se ha establecido que existe una clara asociación entre síntomas y dolencias del aparato musculoesquelético y la sobrecarga postural impuesta por puestos de trabajo, equipos y muebles en cuyo diseño no se han considerado las características de tamaño corporal de los usuarios ni las demandas biomecánicas de las labores efectuadas (1) (2) (3). Por este motivo, en el Laboratorio de Ergonomía de la Universidad de Concepción ha existido la preocupación permanente por desarrollar estudios de antropometría física, con el propósito de configurar bases de datos que permitan orientar el diseño de diferentes implementos o equipos utilizados por la población.

En este contexto, se efectuó un estudio antropométrico en escolares de Concepción con el objetivo de evaluar las características del mobiliario utilizado en establecimientos de Enseñanza Básica y Media. Los resultados de la primera parte de esta investigación revelaron que, de acuerdo a

las características antropométricas de la muestra de estudiantes medidos, las recomendaciones del Ministerio de Educación para el diseño de sillas y mesas (4) presentaban problemas ergonómicos que deberían ser resueltos (5). Específicamente, se pudo establecer que no son suficientes tres tamaños de sillas y mesas para acomodar a niños y jóvenes desde Primero Básico a Cuarto Medio. Además, se detectó que no se dispone de una modalidad para asignar los diferentes tamaños de muebles a los escolares.

Por lo expuesto, esta segunda etapa del trabajo tiene como objetivos:

- En base a la información antropométrica que se dispone, proponer las dimensiones y también otras características ergonómicas que deberían tener sillas y pupitres empleados por alumnos de Enseñanza Básica y Media.
- Sugerir la forma en que los diferentes tamaños de sillas y pupitres podrían ser asignados a los estudiantes.

* Laboratorio de Ergonomía, Departamento de Fisiopatología, Facultad de Cs. Biológicas, Universidad de Concepción.

MATERIAL Y METODOS

La información antropométrica que se utilizó en este estudio para definir las características de muebles escolares corresponde a la obtenida en investigaciones previas efectuadas por los autores (5). La base de datos antropométricos que se dispone hasta el momento fue generada a partir de las mediciones realizadas a una muestra estratificada de 415 estudiantes de sexo femenino y 427 de sexo masculino, cuyas edades fluctuaban entre los 6 y 18 años. Ellos no presentaban impedimentos físicos y pertenecían a dos colegios fiscales, un colegio subvencionado y un colegio particular.

Las dimensiones antropométricas de referencia seleccionadas para este estudio son específicas para orientar el diseño ergonómico (6). Para medir las características antropométricas, los estudiantes adoptaron posturas estandarizadas y se utilizaron implementos y técnicas definidas por Pheasant (6) y El Programa Biológico Internacional (7).

Los criterios ergonómicos empleados para definir cada característica de sillas y pupitres corresponden a recomendaciones descritas en la bibliografía (6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15). Estos criterios han sido planteados de modo que un cierto número de tamaños de sillas y pupitres acomoden a los estudiantes de Enseñanza Básica y Media.

En cuanto a los procedimientos empleados para definir las características del mobiliario, en primera instancia se estableció el número de tamaños de sillas y pupitres que se requerían para acomodar a estudiantes de 6 a 18 años de edad. Para definir este aspecto, se utilizaron como referencia las recomendaciones propuestas por Oxford (10) y por la British Standard Institution (14). Al respecto, se plantea que la altura del asiento debe tener un incremento progresivo de 4 cm entre las alternativas de tamaños de muebles que se recomiendan (10-14). En este sentido, la altura del asiento está definida por la dimensión antropométrica altura poplíteica (6) (ver anexo 1). Por lo tanto, el número de tamaños de muebles se estimó dividiendo por 4 cm el tramo comprendido entre el 5 y 95 percentil de la altura poplíteica de la muestra.

Para establecer las dimensiones de cada tamaño de silla y pupitre fue necesario definir las características antropométricas de los estudiantes que utilizarían cada tamaño de mobiliario. Con este propósito, se agruparon los datos antropométricos de los alumnos en los tramos en que se dividió la altura poplíteica de la muestra. Conocidas las ca-

racterísticas antropométricas de los usuarios de cada tamaño de mobiliario y de acuerdo a los criterios de diseño ergonómico planteados en la primera parte del estudio (5), se especificaron las dimensiones de las sillas y los pupitres.

RESULTADOS

En cuanto a la definición del número de tamaños de mobiliario, se estimó que se requieren al menos 5 tamaños de sillas y pupitres para acomodar a los estudiantes de 6 a 18 años de edad. Esta cifra se obtuvo al dividir por 4 cm el tramo de altura poplíteica de la muestra, que esta comprendido entre los 26 cm y los 45,7 cm, correspondiendo los valores al 5 y 95 percentiles, respectivamente.

Dado que se propuso 5 tamaños de muebles, la información antropométrica de la muestra fue agrupada en 5 tramos. El resumen estadístico de las características antropométricas de los estudiantes que conforman cada tramo se resume en la Tabla 1. Con esta información se procedió a definir las dimensiones que debería tener cada uno de los 5 conjuntos de sillas y pupitres. Los resultados obtenidos de la aplicación de criterios ergonómicos en el diseño de estos implementos (5) permitieron formular un conjunto de recomendaciones que se presentan en la Tabla 2 y se ilustran en la Figura 1.

Para orientar la forma o estrategia que se debería emplear en la asignación del mobiliario a los estudiantes, en la Tabla 3 se presenta, para cada curso de enseñanza Básica y Media, el porcentaje de alumnos que se acomodaría adecuadamente a cada uno de los 5 tamaños de silla y pupitre.

DISCUSION

Al analizar las tamaños de mobiliario derivados de las características antropométricas de los niños y jóvenes estudiados, es necesario puntualizar algunos aspectos relativos al diseño que influyeron en las recomendaciones finales. Entre éstos, es importante señalar que el diseño de pupitres no considera receptáculos para libros bajo el tablero. Ello debido a que esta característica del diseño genera una sobrecarga postural importante; dado que, al ocupar un espacio bajo el pupitre, necesariamente tiene que ser elevada la superficie de trabajo y reducido el espacio para piernas bajo el tablero.

Este es un aspecto del diseño que ha generado

TABLA 1

Información antropométrica de los 5 tramos en los que fue dividida la muestra. Los valores están expresados en cm. Estos corresponden al promedio y, entre paréntesis, la desviación estándar. La definición de las mediciones está resumida en el anexo 1

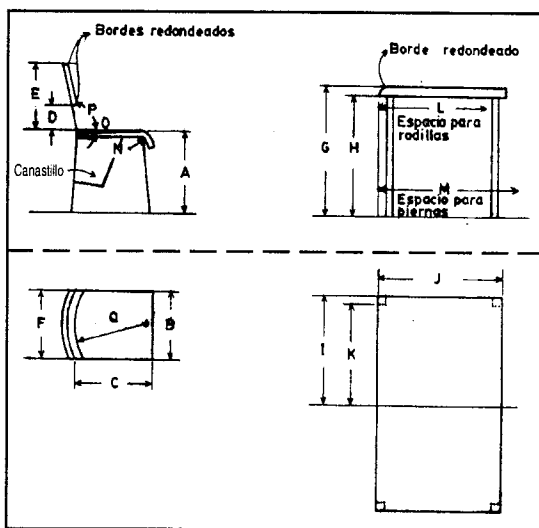
Dimensiones antropométricas	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5
Estatura	115.4 (3.05)	124.7 (5.57)	141.2 (7.03)	156.7 (5.95)	169.2 (4.92)
Estatura sentado	64.8 (2.50)	67.8 (3.52)	75.4 (3.78)	82.1 (3.81)	86.8 (3.43)
Altura poplítea	27.8 (1.21)	30.9 (1.18)	35.1 (1.17)	38.9 (1.18)	42.4 (1.3)
Altura escápula-asiento	28.8 (1.75)	31.9 (2.48)	36.1 (3.01)	40.1 (2.74)	42.3 (2.25)
Altura codo-asiento	16.8 (2.21)	17.5 (2.15)	19.8 (2.39)	21.8 (2.39)	22.0 (2.33)
Altura muslo-asiento	10.3 (1.46)	10.9 (1.49)	12.3 (1.24)	13.1 (1.26)	13.5 (1.39)
Distancia glúteo poplítea	31.1 (1.19)	34.0 (1.99)	39.4 (2.71)	44.1 (2.20)	47.0 (1.76)
Distancia glúteo rotular	38.2 (1.66)	42.1 (2.66)	48.8 (3.37)	54.4 (2.63)	57.8 (2.01)
Ancho caderas	24.3 (1.46)	26.1 (2.20)	30.1 (3.10)	33.5 (2.90)	34.3 (1.99)
Ancho codos	32.5 (2.11)	34.3 (2.37)	37.7 (3.13)	41.9 (3.58)	44.5 (3.32)
Profundidad tronco-abdominal	18.7 (1.61)	19.4 (1.64)	20.9 (2.37)	21.7 (2.43)	21.8 (2.16)
Largo del pie	18.1 (0.52)	19.5 (0.95)	21.8 (0.82)	23.8 (0.83)	25.8 (0.76)

TABLA 2

Dimensiones propuestas para las 5 alternativas de tamaño de mobiliario. Las medidas están expresadas en cm.

Dimensión del puesto de estudio	Tamaños de mobiliario				
	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV	Tipo V
Asiento					
A Altura	28	32	36	40	44
B Ancho	30	32	40	40	40
C Profundidad	25	27	28	35	40
Respaldo					
D Borde inferior	11	13	15	17	18
E Borde superior	22	26	29	32	36
F Ancho	30	32	40	40	40
Pupitre					
G Altura	46	52	58	64	69
H Altura mínima	43	49	54	58	64
I Longitud	60	60	70	70	70
J Profundidad	50	50	50	50	50
K Espacio transversal	46	48	56	56	56
L Espacio anteroposterior para rodillas	27	36	41	45	47
M Espacio anteroposterior para piernas a nivel del piso	39	49	54	60	63
N Radio borde anterior de asiento	30-40	30-40	30-40	30-40	30-40
Angulos					
O Angulo asiento horizontal	5	5	5	5	5
P Angulo asiento respaldo	95-100	95-100	95-100	95-100	95-100
Q Radio del respaldo	40	40	40	40	40

FIGURA 1
Diagrama de las dimensiones propuestas para sillas y pupitres



más de alguna diferencia entre las recomendaciones planteadas en estudios de esta naturaleza y las normas adoptadas por las autoridades educativas de otros países. Por ejemplo, Oxford (10) señala que las autoridades educativas austra-

lianas decidieron eliminar este receptáculo en Enseñanza Secundaria. Ello se basó en antecedentes que señalaban que el receptáculo para libros contravenía una adecuada postura. No obstante, contrario a lo planteado por Oxford (10), las autoridades educativas insistieron en mantener el espacio para libros en la Enseñanza Primaria.

Sin lugar a dudas que, ante la posibilidad de favorecer la ubicación de libros bajo el pupitre y la postura del estudiante, se debería dar prioridad a esta última. Para ello, es posible proponer alternativas viables de diseño que permitan ubicar en zonas adecuadas cuadernos, mochilas y bolsos. Entre estas alternativas se pueden señalar canastillos para cuadernos y sujeciones para mangos de mochilas y bolsos en los bordes laterales del pupitre. También, para cuadernos y libros, se pueden instalar canastillos bajo el asiento, manteniendo la precaución de que estas estructuras no limiten el desplazamiento de piernas bajo el asiento. Otra alternativa que no atañe directamente el diseño del mobiliario, pero es muy útil para liberarlo de elementos que restringen el espacio y alteran la comodidad del estudiante, es implementar sujeciones en las paredes de las salas de clases, para colgar bolsos, mochilas y el vestuario.

En cuanto a la forma de asignar el mobiliario, al observar la Tabla 3 se deduce que la solución del problema tiene dificultades del punto de vista práctico, dado el número de tamaños de mobiliarios que se deberían emplear en cada curso. Por ello, fue necesario compatibilizar una recomendación que permitiera una postura de estudio cómoda y funcional para el mayor porcentaje de los

TABLA 3
Porcentaje estimado de alumnos que se acomoda adecuadamente en cada uno de los 5 tamaños de mobiliario en cada curso de Enseñanza Básica y Media

Cursos	Tamaños de mobiliario				
	I	II	III	IV	V
Enseñanza Básica					
1ero	70	30			
2do	55	45			
3ero	2	90	8		
4to		55	40	5	
5to		9	70	21	
6to		6	55	37	2
7mo			31	65	4
8vo			20	70	10
Enseñanza Media					
1ero				60	40
2do				58	42
3ero				45	55
4to				43	57

TABLA 4
Forma de asignar los 5 tamaños de mobiliario a los estudiantes según curso, edad y estatura

Curso	Edad (años)	Estatura (cm)	Tamaño de mobiliario
Enseñanza Básica			
1ero - 2do	6 y 7	105-116	I
3ero- 4to	8 y 9	117-132	II
5to - 6to	10 y 11	133-148	111
7mo - 8vo	12 y 13	133-148	111
		149-160	IV
Enseñanza Media			
1ero - 2do	14 y 15	149-160	IV
3ero - 4to	16, 17 y 18	149-160	IV
		161-180	V

alumnos por curso y, al mismo tiempo, pudiese administrarse a nivel de las aulas. Así, el criterio que se aplicó consistió básicamente en elegir en lo posible sólo aquel tamaño de mobiliario que acomodara a un mayor porcentaje de alumnos en cada curso, siempre que el grupo de estudiantes que quedara fuera del rango óptimo de acomodación, en el caso de los más pequeños, pudiesen apoyar sus pies adecuadamente en el piso, y los más grandes pudiesen ingresar los muslos bajo el pupitre. Si alguna de las dos últimas consideraciones no se cumplían para un porcentaje importante de los alumnos, se sugirieron dos tamaños de mobiliario. Teniendo presente estos criterios, se configuró el cuadro ilustrado en la Tabla 4. Como se puede observar, se proponen dos tamaños de muebles en 7° y 8° de Enseñanza Básica y en 3° y 4° de Media, en el resto de los cursos se propone un tamaño de mobiliario. La razón de por qué en esos cuatro cursos no se consideró conveniente proponer sólo un tamaño de mueble radica básicamente en que si se selecciona el tamaño de mueble que tiene el mayor porcentaje de acomodación, entre un 20 a 45% de los estudiantes por curso tendría que utilizar asiento demasiado altos. Esta característica de las sillas altera considerablemente la postura de trabajo o estudio (11). En aquellos cursos en los que se utilizarían dos tamaños de muebles, para resolver el problema que se presentaría en el aula de clases, en cuanto a definir quiénes deben utilizar un determinado tamaño de mueble, se propone emplear como indicador la estatura descalzo. Ello debido a que esta dimensión antropométrica es fácil de obtener y a que presentó una correlación alta ($r = 0,94$) con la altura poplítea. Los resultados para definir los tamaños de mobiliario según estatura están resumidos en la Tabla 4.

Otra aspecto que es importante señalar dice relación con la identificación de los diferentes tamaños de muebles. Esta medida tiene como propósito facilitar el proceso de asignación y evitar que se combinen sillas y pupitres de diferente tamaño. Una de las formas que se sugiere es codificar los tamaños por color, poniendo una marca que los identifique. También se debe tener la precaución de que los colores y materiales empleados en el diseño de los implementos sean opacos, ya que de esta forma se evitarán problemas de deslumbramientos y fatiga visual, por el reflejo de la luz natural o artificial en las superficies del mobiliario.

Una característica que también se debería considerar en el diseño de sillas y pupitres tiene relación con la adecuada disipación de presiones.

Específicamente, todas aquellas zonas que sirven de apoyo al estudiante no deben generar molestias por concentración de presiones en la superficie del cuerpo. Para ello, en la Figura 1 se destaca las partes del mobiliario en que los bordes deberían estar redondeados.

El material del cual se construyan el asiento y el respaldo, además de ser resistentes al uso, debe tener propiedades antideslizantes. Esta característica evita el efecto "resbalín" que presentan sillas construidas de materiales extremadamente lisos. En estas últimas, la postura de trabajo es inestable ya que ante el mínimo movimiento o cambio de posición el cuerpo del usuario tiende a desplazarse hacia la parte anterior del asiento.

Para aminorar el efecto deslizante, además del ángulo propuesto de 5 grados de inclinación posterior del asiento respecto a la horizontal (10), el material debe tener una textura con una rugosidad que incremente el roce generado por el asiento y el respaldo, sin que ello implique una alteración de la disipación de presiones.

Como se ha expuesto, el diseño de muebles escolares y la forma de asignarlo a los estudiantes debe abordarse en base a la información antropométrica de los estudiantes. Así, se pueden aplicar criterios de diseño que tiendan a favorecer una postura cómoda y funcional al mayor porcentaje posible de alumnos. En este sentido, el presente estudio ha generado una base de datos y propuesto dimensiones y procedimientos que permiten una aproximación a la solución del problema. De modo tal que, al complementarse con estudios llevados a cabo en otras regiones del país, sirva de referencia y base de discusión, como para que las autoridades educacionales puedan decidir las modificaciones que se deberían efectuar a las normas que rigen el diseño de mobiliario para escolares chilenos.

BIBLIOGRAFIA

1. Van Welly, P. 1970. Design and disease. *App. Ergonomics*, 1, 5: 263-268.
2. Grandjean, E. 1982. *Fitting the task to the Man*. Taylor & Francis Ltd. 1982.
3. Hettinger, Th., 1985. Statistics of diseases in the Federal Republic of Germany with references to diseases of skeletal system. *Ergonomics*, 28,1: 17-20.
4. Decreto Supremo N° 548, año 1988. *Diario Oficial*; 11 marzo 1988.
5. Gutiérrez, M. y Apud, E., 1992. Estudio antropométrico y criterios ergonómicos para la evaluación y el diseño de mobiliario escolar. *Cuad. Méd. Soc.*, XXIII, 4: 72-80.

6. Pheasant, S. Static anthropometric data. Body Space: Anthropometry, Ergonomics and Design. Taylor & Francis 1988.
7. Weiner J.S. and Laurie J.A. Human Biology. International Biological Programme, London, 1969.
8. Floyd, W. and Ward, J. 1969. Anthropometry and physiological considerations in school, office and factory seating. Ergonomics, 2,1: 132-139.
9. Floyd, W. and Roberts, D., 1958. Anatomical and physiological principles in chair and table design. Ergonomics, 2,1: 1-16.
10. Oxford, H. 1979. Anthropometric data for educational chairs. App. Ergonomics, 12: 140-161.
11. Evans, W.; Courtney, A. and Folk, K. 1988. The design of school furniture for Hong Kong School children. App. Ergonomics, 19, 2: 122-134.
12. Roebuck, J., Kroemer, K. and Thomson, W. Engineering anthropometry methods. John Wiley & Sons 1975.
13. Andersson, B. y cols., 1975. The sitting posture: An electromyographic and discometric study. Orthopedic Clinics N. America, 6(1), 105-119.
14. British Standards Institution. 1980, BS5873: Part 1: 1980. Educational furniture: Specification for furniture dimensions, identification and finish of chairs and tables for educational institutions. BSI. London.
15. Grandjean, E. Ergonomics of the Home. Taylor & Francis Ltd. 1973.

ANEXO 1

DIMENSIONES ANTROPOMETRICAS

Dimensiones en posición de pie

Posición de medición= El sujeto permanece de pie; con talones juntos, piernas extendidas, espalda recta y la cabeza en el plano de Frankfort.

1. Estatura descalzo= Distancia vertical desde el vértice al suelo.

Dimensiones en posición sentado

Posición de medición= El sujeto, sentado en un sillón de altura regulable, mantiene la espalda recta y apoyada en una superficie vertical, la cabeza la ubica en el plano de Frankfort, entre muslo y pierna se mantiene un ángulo de 90° y la planta de pies es apoyada completamente en el piso.

2. Altura sentado= Distancia vertical desde el vértice de la cabeza al asiento.
3. Altura poplítea= Distancia vertical desde la cara posterior y extremo inferior del muslo al suelo.
4. Altura escápula-asiento= Distancia vertical desde el borde inferior de la escápula al asiento.
5. Altura codo-asiento= Distancia vertical desde el borde inferior del codo al asiento, con el codo flectado a 90°.
6. Altura muslo-asiento= Distancia vertical desde la porción más prominente del muslo al asiento.
7. Distancia glúteo poplítea= Distancia horizontal desde la cara posterior de la región glútea a la cara posterior de la pierna.
8. Distancia glúteo rotular= Distancia horizontal desde la cara posterior de la región glútea a la cara anterior de la rodilla.
9. Ancho de caderas= Distancia horizontal máxima entre las caderas.
10. Ancho entre codos= Distancia horizontal entre los bordes más externos de codo, con brazos relajados y codos a 90°.
11. Máxima profundidad tronco abdominal= Distancia horizontal desde el respaldo al punto más anterior del abdomen.
12. Largo del pie= Distancia horizontal desde el talón a la punta del dedo mayor.