

Aplicaciones y usos de la antropometría en el diseño de productos

Autores

Dr. Juan Luis Hernández Arellano, luis.hernandez@uaci.mx
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México

RESUMEN

La determinación de las dimensiones de un producto es, comúnmente, una tarea complicada que se realiza durante el proceso de diseño. Por lo general, las dimensiones de los productos son determinadas utilizando datos antropométricos de poblaciones diferentes a las que está dirigido el producto. Este artículo tiene dos objetivos. El primero es mostrar, a través de una revisión de literatura, los problemas asociados al uso de mobiliario escolar no adecuado. El segundo objetivo es proponer un método para determinar las dimensiones de productos tomando como base las interacciones usuario-producto y los datos antropométricos de la población a la que va dirigido el producto. El método consiste en 7 pasos: 1) determinar el objetivo del producto, 2) identificar las interacciones usuario-producto, 3) asignar un nombre a las dimensiones del producto, 4) identificar las dimensiones del usuario para diseñar el producto, 5) determinar los percentiles y valores de Z para cada dimensión, 6) determinar los percentiles y 7) determinar las dimensiones del producto. Se presenta un caso como ejemplo de aplicación del método propuesto.

Palabras claves: dimensiones del producto, antropometría, metodología, interacciones, usuario, producto

1 INTRODUCCIÓN

El desajuste entre las dimensiones del producto y las dimensiones del usuario es un problema común en el proceso de diseño. Por lo general, los productos no están diseñados para ajustarse a las dimensiones del usuario [1]. En este sentido, los diseñadores crean productos "pequeños" como herramientas manuales, anillos, cuchillos, entre otros. Pero también crean productos "grandes" como sillas, mesas, autos, entre otros. Sin embargo, uno de los problemas más relevantes es el desajuste entre el mobiliario escolar y las dimensiones corporales de los niños. Varios estudios han demostrado que el mal diseño del mobiliario escolar utilizado en escuelas de educación básica tiene influencia significativa en las quejas de los músculos esqueléticos en la edad adulta [2], [3].

¿Está el mobiliario escolar debidamente diseñado? Existen evidencias de que el mobiliario escolar causa problemas musculoesqueléticos en los niños debido al prolongado tiempo que pasan los niños sentados durante su asistencia a la escuela. Por ejemplo, Parcels [4] analizó el desajuste entre las dimensiones corporales de los niños y las dimensiones del mobiliario escolar en Michigan, EE.UU. Los resultados mostraron un alto grado de desajuste entre las dimensiones corporales de los estudiantes y los estudiantes. Además, menos del 20% de los estudiantes percibieron una combinación aceptable de la silla y/o escritorio y la mayoría de los estudiantes están sentados en sillas con el asiento demasiado alto o demasiado profundo. Castellucci [5] comparó seis dimensiones antropométricas de estudiantes chilenos contra las dimensiones del mobiliario escolar. Los resultados indicaron que la altura del asiento era apropiada para la altura poplítea de los estudiantes para el 14% de los estudiantes. El asiento de la mesa era demasiado alto y no correspondía al 99% de los estudiantes. De la misma manera, Dhara [6] analizó el mismo problema en el estado de Bengala Occidental, India. Los resultados mostraron que las dimensiones del mobiliario escolar no cambian para la mayoría de los grados. Como resultado, los estudiantes cambian frecuentemente su posición cuando utilizan el mobiliario escolar. Estas evidencias muestran que el desajuste entre las dimensiones del mobiliario escolar y las dimensiones del cuerpo es la principal razón para la aparición de molestias musculo esqueléticas en varias partes del cuerpo en estudiantes de educación básica.

Saarni [1] contrastó dos situaciones relacionadas con las dimensiones del mobiliario escolar y las dimensiones del cuerpo. Primero analizó la altura del escritorio y la altura al codo, segundo, la altura de la silla y altura poplítea comparando ambas situaciones con contra las dimensiones de los estudiantes. Los resultados indicaron un desajuste entre el mobiliario escolar y las dimensiones de los estudiantes. Por ejemplo, el estudio mostró que los escritorios eran 13 cm más altos de la altura del codo y los sillones a 2 cm por debajo de la altura poplítea (en promedio para ambas comparaciones). Dianat [7] encontró que la altura del asiento, el ancho del asiento y la altura de la mesa son las dimensiones que generan un mayor grado de incompatibilidad con el 60%, 54% y 51%, respectivamente. Por lo tanto, se puede afirmar que el mobiliario del aula es inadecuado y se requiere una intervención ergonómica para rediseñar el mobiliario escolar y que se adapte a diferentes grupos de edad para reducir las quejas y problemas relacionados con el diseño del mueble [6].

Otros problemas relacionados con el desajuste entre las dimensiones del mobiliario y las dimensiones del cuerpo de los estudiantes son las quejas relacionadas asociadas al comportamiento de los estudiantes. Debido a la gran cantidad de tiempo que los niños pasan en el aula, los estudiantes modifican su comportamiento durante las clases [8], [9]. En este contexto, Knight [8] comparó el diseño actual del mobiliario escolar con un nuevo diseño encontrando que los niños mostraron una modesta pero significativa mejora en el comportamiento durante las clases y un cambio significativo en la posición de sentado.

Numerosos estudios han evaluado el diseño de muebles encontrando varios problemas relacionados con la antropometría. Por ejemplo, Altaboli [2] evaluó el diseño del mobiliario para cuarto y quinto grados en Libia. Después del análisis encontraron que la altura del asiento, la altura del escritorio y la altura del respaldo tenían los porcentajes más altos de desajuste en comparación con las dimensiones antropométricas de los estudiantes. Del mismo modo, Chung [10] evaluó el diseño del mobiliario escolar en las escuelas de Hong Kong. Los resultados mostraron que casi ninguno de los sujetos utiliza una silla con una altura de asiento adecuada. Sin embargo, la profundidad del asiento se consideró apropiada para un gran número de estudiantes.

Algunos estudios han propuesto un nuevo diseño de mobiliario escolar basado en datos antropométricos. Por ejemplo, Oyewole [9] propuso el diseño mobiliario para equipo de cómputo para alumnos de primer grado en una escuela primaria. En el diseño consideraron dimensiones corporales como la talla, el peso, el índice de masa corporal (IMC), la altura poplítea, la longitud de la nalga-poplítea, ancho de cadera y la estatura. De manera similar, Dianat [7] desarrolló dimensiones antropométricas para el diseño del nuevo mobiliario escolar basado en estatura, altura sentado, altura del hombro sentado, altura poplítea, ancho de cadera, altura del codo-asiento, longitud nalga-poplítea y longitud del muslo.

Por último, la mayoría de las publicaciones han abordado temas relacionados con la medición de segmentos corporales y el uso y aplicación de percentiles en el diseño del producto. Wang [11] propuso el uso de los percentiles y el valor de Z en antropometría. Bonilla [12] publicó el libro "La técnica de la antropometría aplicada al diseño industrial". Avila-Chaurand [13] publicó el libro "Dimensiones antropométricas de la población latinoamericana". De la misma forma, Avila [14] se centró en el diseño ergonómico del producto pero no se especifican información sobre cómo dimensionar los productos. Ninguno de estos autores se centró en las dimensiones del producto.

2 El proceso de diseño

De acuerdo con Flores [15], se deben seguir dos procesos para diseñar un producto, el proceso de diseño y el proceso ergonómico. El proceso de diseño tiene seis etapas, mientras que el proceso ergonómico tiene ocho etapas. La Tabla 1 muestra todas las etapas de ambos procesos.

Proceso de diseño de productos	Proceso ergonómico
1. Planeación	1. Delimitación del análisis ergonómico
2. Investigación	2. Perfil de usuario 3. Factores ergonómicos Factores humanos Factores ambientales Factores del objeto
3. Requerimientos	4. Requerimientos ergonómicos
4. Diseño	5. Creatividad 6. Soluciones
5. Desarrollo	7. Simulación ergonómica
6. Producción	8. Validación ergonómica de prototipos

Tabla 1. Proceso metodológico del diseño industrial

A pesar del proceso ergonómico considera el establecimiento de los requisitos ergonómicos, no se ha identificado en la literatura un método específico para determinar las dimensiones de un producto basado en datos antropométricos del usuario. Autores como Wang [11] mencionaron cómo utilizar los percentiles y el valor de Z en antropometría, pero no para determinar las dimensiones del producto. Hedge [16] mencionó cinco etapas funcionales en el proceso de diseño, pero ninguna información específica sobre las dimensiones del producto. En el capítulo titulado "Diseño Ergonómico de Productos", Bandini Buti [17] mencionó varias cuestiones relacionadas con la ergonomía, el diseño y la innovación, cómo integrar la ergonomía en el proceso de diseño y cómo desarrollar formas con características ergonómicas. Sin embargo, no se mencionan detalles específicos sobre cómo determinar las dimensiones de un producto.

3 Objetivo

Basado en lo anterior descrito y considerando la falta de un método para determinar las dimensiones del producto, este artículo propone una metodología para dimensionar objetos y productos basados en dimensiones antropométricas y las interacciones del usuario con el producto.

4 Propuesta metodológica

El método se dividió en siete pasos, comenzando con la determinación del objetivo del producto y terminando con la determinación de las dimensiones del producto. A continuación, se describen los pasos del método propuesto.

Paso 1. Determinar los objetivos del producto

Antes de iniciar el método es muy importante definir el objetivo del producto. El objetivo se puede determinar mencionando los principales usos o funciones del producto. Por ejemplo, el producto permite ajustar ..., el producto facilita el diseño, etc.

Paso 2. Identificar las interacciones usuario-producto

El segundo paso es determinar las interacciones usuario-producto, es decir, cómo el usuario utiliza el producto. Este paso es crítico para determinar las dimensiones del producto porque si no se identifica una interacción, el producto no tendrá una o más dimensiones. Por ejemplo, si un diseñador no considera el respaldo durante el diseño de una silla, la silla no tendrá al menos tres dimensiones importantes tales como la altura, ancho y forma del respaldo.

Paso 3. Asignar nombre a las dimensiones del producto

Para cada interacción usuario-producto identificada, se debe asignar un nombre de acuerdo con las características del producto. Por ejemplo, si el usuario interactúa con el asiento de una silla, debe determinarse la altura del asiento, la anchura del asiento, la profundidad del asiento, entre otros.

Paso 4. Identificar las dimensiones del usuario para diseñar el producto

Una vez que se han determinado las interacciones usuario-producto y las dimensiones del producto, se deben identificar las dimensiones de los usuarios que serán utilizadas para determinar las dimensiones del producto. Por ejemplo, la altura del asiento se determinará utilizando la altura poplítea

Paso 5. Determinar los percentiles y valores de Z para cada dimensión

Para cada dimensión del producto, se debe asignar el percentil correcto y el valor de Z. Por ejemplo, para determinar la anchura del asiento, se debe utilizar el percentil 95 y el valor de Z es de 1.645 de la dimensión ancho de cadera. Si el producto necesita ser ajustable, se deben determinar las dimensiones máximas y mínimas.

Paso 6. Determinar los percentiles

Una vez completados los datos, se debe aplicar la fórmula del percentil para calcular las dimensiones del producto.

Paso 7. Determinar las dimensiones de producto.

El último paso es determinar las dimensiones finales del objeto sobre la base de los datos calculados en los pasos anteriores. El método propuesto se aplicó en un caso de estudio que se muestra a continuación.

Ejemplo de aplicación del método propuesto. Dimensionando mobiliario para espacios reducidos

El caso de aplicación trata del diseño de mobiliario para espacios reducidos, considerando el caso del diseño de una mesa funcional que puede ser usada por cuatro personas. A continuación, se describen los pasos del método propuesto.

Paso 1. El objetivo del producto es ofrecer una mesa/comedor con cubierta ajustable para donde puedan interactuar cuatro personas. La tabla 2 muestra los pasos 2, 3, 4, y 5 del procedimiento.

2) Interacciones	3) Dimensión del producto	4) Dimensión del usuario	5) Percentil y valor de Z
Cubierta/superficie de la mesa	D1. Profundidad de la cubierta	Alcance funcional	5 (-1.656)
	D2. Ancho de la cubierta	Ancho de hombros bideltaoide	95 (1.645)
	D3. Altura de la superficie	Altura al codo	50 (0)

Tabla 2. Pasos 2, 3, 4 and 5.

Paso 6. Cálculo de percentiles

El cálculo de los percentiles se realiza considerando el valor estandarizado de la distribución Normal, es decir Z. Para la determinación de las dimensiones se consideraron datos antropométricos de estudiantes mexicanos del norte de México [18]. La fórmula utilizada es la siguiente $(M+(Z*\sigma))$.

Donde:

M= media de los datos

σ = desviación estándar de los datos

Z= valor estandarizado

La tabla 3 muestra las dimensiones de la mesa.

Dimensión del producto	Dimensión final
D1. Profundidad de la cubierta	$787-1.645(119)=591$ mm
D2. Ancho de la cubierta	$(469 \text{ mm} + 1.645(29))*2=1032$ mm
D3. Altura de la superficie	$1099 \text{ mm} + 1.645(0)=1099$ mm

Tabla 3. Dimensiones finales de la mesa

Con el objetivo de estandarizar el proceso de producción del mobiliario, las dimensiones se pueden estandarizar o redondear a "enteros cercanos". Las figuras 1 y 2 muestran de forma gráfica el resultado de las dimensiones del producto.

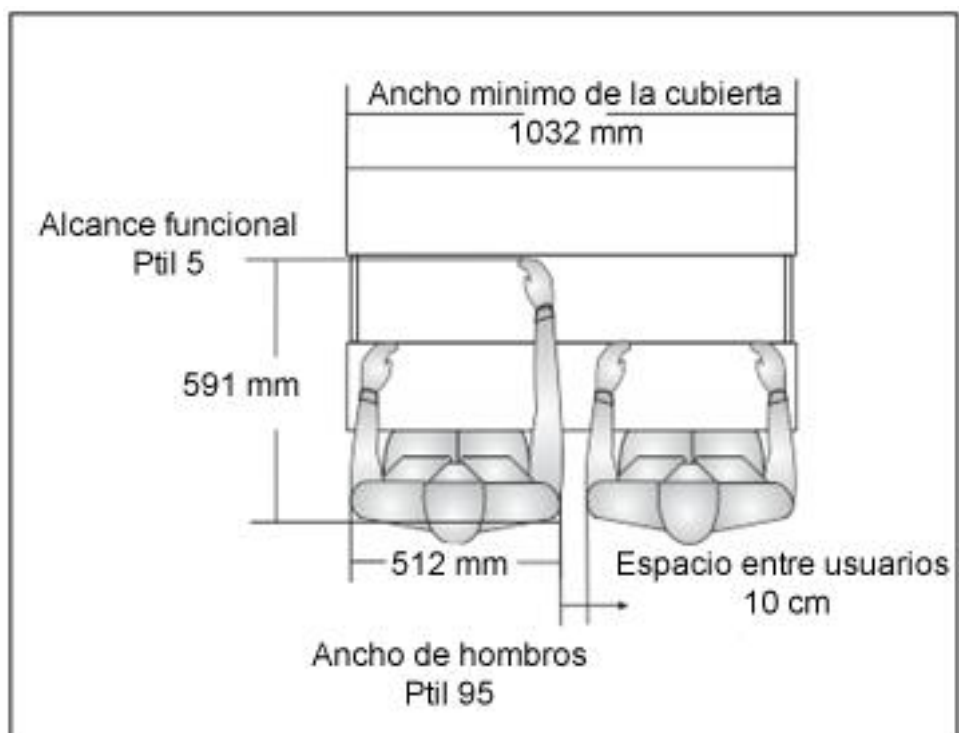


Figura 1. Dimensiones 1 y 2 de la mesa funcional

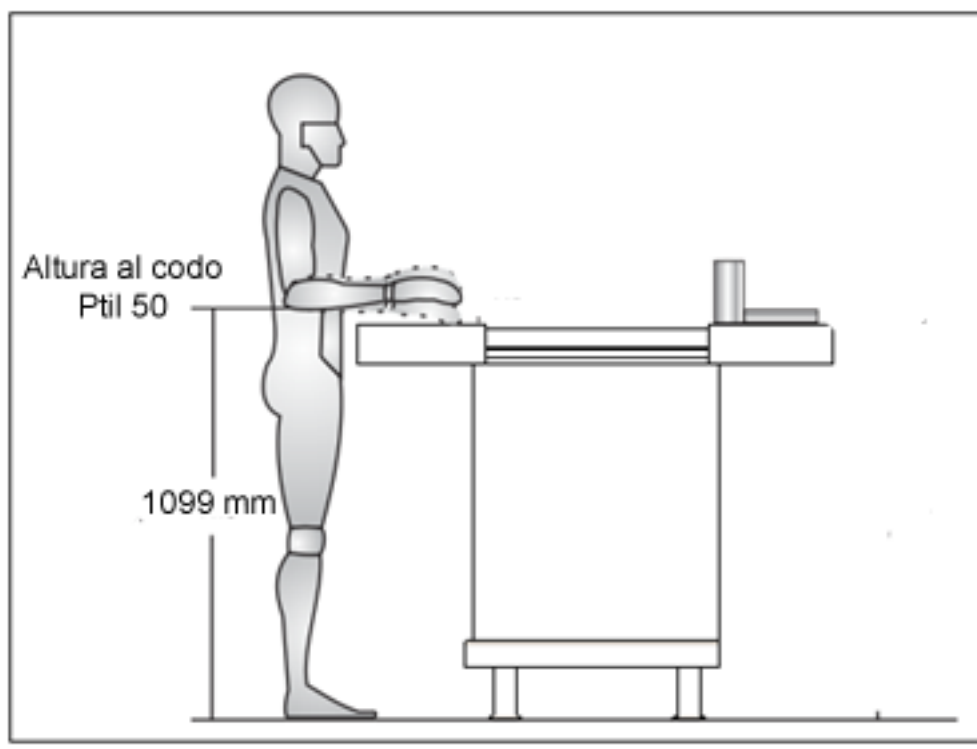


Figura 2. Dimensión 3 de la mesa funcional

CONCLUSIONES

Determinar las dimensiones del producto es un proceso complejo si no se aplica un método sistemático y ordenado. Los problemas de salud más comunes cuando los niños usan muebles escolares con dimensiones diferentes son los trastornos musculoesqueléticos, las quejas relacionadas con el mobiliario y los cambios en el comportamiento de los estudiantes. El método propuesto en este artículo pretende ser una guía para la determinación de dimensiones de productos basadas en datos antropométricos de la población a la que va dirigido el producto y las interacciones del usuario con el producto aquí funcionó para los dos casos desarrollados.

REFERENCIAS

- [1] L. Saarni, C.-H. Nygård, a Kaukiainen, and a Rimpelä, "Are the desks and chairs at school appropriate?," *Ergonomics*, vol. 50, no. 10, pp. 1561–1570, 2007.
- [2] A. Altaboli, M. Belkhear, A. Bosenina, and N. Elfsei, "Anthropometric Evaluation of the Design of the Classroom Desk for the Fourth and Fifth Grades of Benghazi Primary Schools," *Procedia Manuf.*, vol. 3, no. Ahfe, pp. 5655–5662, 2015.
- [3] L. M. Cotton, D. G. O'Connell, P. P. Palmer, and M. D. Rutland, "Mismatch of school desks and chairs by ethnicity and grade level in middle school," *Work*, vol. 18, no. 3, pp. 269–280, 2002.
- [4] C. Parcels, M. Stommel, and R. Hubbard, "Mismatch of Classroom Furniture and Student Body Dimensions. Empirical Findings and Health Implications," *J. Adolesc. Heal.*, vol. 24, no. 4, pp. 265–273, 1999.
- [5] H. I. Castellucci, P. M. Arezes, and C. A. Viviani, "Mismatch between classroom furniture and anthropometric measures in Chilean schools," *Appl. Ergon.*, vol. 41, no. 4, pp. 563–568, 2010.
- [6] P. C. Dhara, G. Khaspuri, and S. K. Sau, "Complaints arising from a mismatch between school furniture and anthropometric measurements of rural secondary school children during classwork," *Environ. Health Prev. Med.*, vol. 14, no. 1, pp. 36–45, 2009.
- [7] I. Dianat, M. A. Karimi, A. Asl Hashemi, and S. Bahrampour, "Classroom furniture and anthropometric characteristics of Iranian high school students: Proposed dimensions based on anthropometric data," *Appl. Ergon.*, vol. 44, no. 1, pp. 101–108, 2013.
- [8] G. Knight and J. Noyes, "Children's behaviour and the design of school furniture.," *Ergonomics*, vol. 42, no. 5, pp. 747–760, 1999.
- [9] S. A. Oyewole, J. M. Haight, and A. Freivalds, "The ergonomic design of classroom furniture/computer work station for first graders in the elementary school," *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 40, no. 4, pp. 437–447, 2010.
- [10] J. W. Y. Chung and T. K. S. Wong, "Anthropometric evaluation for primary school furniture design.," *Ergonomics*, vol. 50, no. 3, pp. 323–334, 2007.
- [11] Y. Wang and H.-J. Chen, "Use of Percentiles and Z-Scores in Anthropometry," in *Handbook of Anthropometry: Physical Measures of Human Form in Health and Disease*, V. R. Preedy, Ed. New York, NY: Springer New York, 2012, pp. 29–48.
- [12] E. Bonilla, *La técnica antropométrica aplicada al diseño industrial*, Primera ed. Universidad Autonoma Metropolitana, 1993.
- [13] R. Ávila-Chaurand, L. R. Prado-León, and E. L. González-Muñoz, *Dimensiones antropométricas de población latinoamericana*. 2007.

- [14] R. Avila-Chaurand, J. A. Rey-Galindo, and L. R. Prado-Leon, Ergonomia en el diseño de productos. Universidad de Guadalajara, 2014.
- [15] C. Flores, Ergonomía para el diseño, Primera ed. Designio. Teoría y práctica, 2001.
- [16] A. Hedge, "Consumer Product Design," in International Encyclopedia of Ergonomics and Human factors, Second edi., W. Karwowski, Ed. Taylor & Francis, 2006, pp. 1555–1558.
- [17] L. Bandini Buti, "Ergonomic product desing," in International Encyclopedia of Ergonomics and Human factors, Second edi., W. Karwowski, Ed. Taylor & Francis, 2006, pp. 1590–1595.
- [18] J. L. Hernandez-Arellano, G. Talavera-Aguirre, J. N. Serratos-Perez, A. A. Maldonado-Macias, and J. L. Garcia-Alcaraz, "Anthropometrics of University Students in Northern Mexico," Open J. Saf. Sci. Technol., vol. 6, no. 4, pp. 143–155, 2016.
- [19] N. Hernández-Hermosillo, "Diseño y Desarrollo de Pupitre Antropométricamente Ajustable para uso Escolar en los Grados de 4to, 5to y 6to de Educación Primaria," Universidad Autonoma de Ciudad Juárez, 2014.