

LA VARIABILIDAD MORFOLOGICA DEL MEXICANO Y SUS APLICACIONES EN LA ERGONOMIA

Luis Alberto Vargas*
Leticia E. Casillas**

La ergonomía se considera como una actividad basada en un criterio interdisciplinario, que tiene como objeto lograr una óptima relación entre el hombre y su medio ambiente laboral. Por lo tanto, la ergonomía emplea primordialmente criterios humanistas, basados en fundamentos científicos y técnicos. Existen dos enfoques para realizar estudios ergonómicos. En el primero se hace el análisis de un puesto de trabajo, para determinar aquellos factores que lo dificulten y así proponer medidas que los solucionen. En el segundo, se hacen estudios de los usuarios reales y potenciales de un espacio, herramienta o puesto de trabajo, con el fin de planear su diseño y lograr su uso óptimo.

En un trabajo anterior hemos presentado cómo algunas observaciones de los puestos de trabajo, aunadas al registro fotográfico de las mismas y a las mediciones antropométricas de los trabajadores, permiten proponer soluciones concretas y alcanzables para mejorar la relación trabajador-puesto de trabajo (Casillas, L. E. y col., 1979). En la presente comunicación mostraremos de que manera pueden ayudarle a un diseñador las observaciones de un antropólogo físico. Nos limitaremos a presentar los resultados de estudios antropométricos, sin olvidar que estos forman únicamente una parte de los criterios ergonómicos que deben ser considerados.

Como ejemplo de lo anterior, existe en el Instituto Politécnico Nacional el Centro Nacional de Investigación en Máquinas Herramientas, cuya meta es lograr la fabricación de tornos, fresadoras, cepillos y el resto de este tipo de equipo, de acuerdo con las necesidades del país. El Ing. Fernando Aguirre Sánchez, investigador de este Centro, ha sido el responsable de elaborar una investigación sobre los criterios ergonómicos que se requieren para fabricar dichas máquinas. A solicitud suya se hizo el estudio antropométrico que se detalla en este trabajo y que se había esbozado en una publicación previa (Aguirre S., F., 1979).

* Instituto de Investigaciones Antropológicas. UNAM.

** Dirección General de Servicios Médicos. UNAM.

Objetivo y Justificación

El objetivo de la investigación es contar con información antropométrica básica sobre los operadores de máquinas-herramienta. Con ella se podrán proponer las dimensiones y proporciones que servirán para diseñar este tipo de equipo, de manera que resulte adecuado para sus actuales y futuros usuarios.

En México se importan la mayor parte de las máquinas-herramienta. Este equipo ha sido diseñado pensando en los operadores de los países en que se fabrica y en algunas ocasiones se ha basado en un estudio antropométrico previo. Sin embargo, la morfología humana presenta una amplia variabilidad y la mayoría de los operarios mexicanos no tiene las dimensiones que tienen los operarios de países desarrollados donde se fabrican las máquinas-herramienta. Cuando una persona usa durante largo tiempo un equipo que no se ajusta a sus dimensiones corporales, aparece fatiga más rápida e intensa, ineficiencia y, en algunos casos, hasta daño físico permanente.

Como ejemplo de lo anterior, se cuenta con el análisis ergonómico de un torno fabricado en Inglaterra (Singleton, W. T., 1964). Ahí se demuestra claramente que las dimensiones de este equipo son totalmente inadecuadas para la población inglesa y que la silueta del hombre, con las proporciones justas para manejarlo, no corresponde a la de un ser humano normal (Fig. 1).

La creciente industrialización de México justifica ampliamente la necesidad de contar con un mayor número de fábricas de máquinas-herramienta, ya que éstas han sido calificadas como las "máquinas que hacen máquinas". Sin embargo, sería deseable que el equipo se ajustara a las dimensiones de sus usuarios potenciales.

Material y Método

Se consideró que la mejor manera de conocer las dimensiones de los futuros usuarios de máquinas-herramienta era estudiar a personas jóvenes que ya las habían operado o que bien ya habían recibido el entrenamiento correspondiente. Para ello se contó con la colaboración de tres instituciones:

a) ARMO, que es un centro de adiestramiento rápido para personal que trabaja en las industrias y que ofrece cursos sobre el uso de las máquinas-herramienta.

b) La Unidad Cuauhtémoc del Instituto Mexicano del Seguro Social que también cuenta con talleres para el adiestramiento de personas que desean iniciarse o perfeccionarse en el uso de este equipo.

c) Finalmente MMM, empresa privada de la Ciudad de México, que elabora piezas para diversas industrias, en máquinas-herramienta.

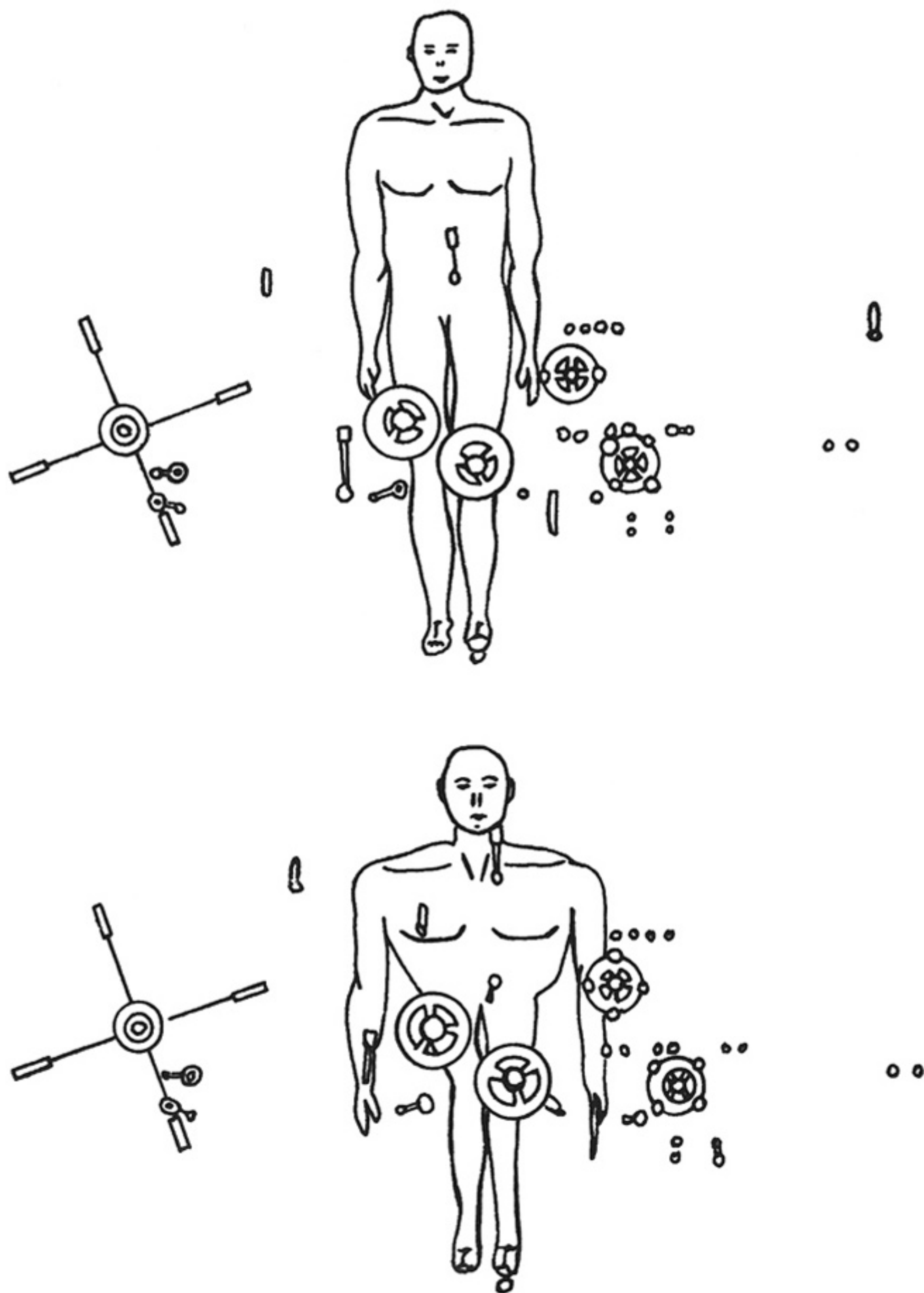


Fig. 1. Según los estudios de Singleton, para operar el torno, cuyos controles aparecen en el dibujo, se requeriría un operario como el de la parte inferior de la lámina.

Para realizar las mediciones se utilizó un antropómetro tipo Martin, un compás de ramas rectas y anchas, ambos de la marca Siber Hegner y graduados en milímetros. Para la toma de las alturas, el antropómetro se fijó a una base móvil. Todas las personas fueron medidas sin calzado, pero posteriormente se registró la altura del tacón del zapato.

Las mediciones antropométricas efectuadas fueron:

La talla, que fue tomada con la persona en posición de atención o "firmes", sin ejercer tracción sobre la cabeza, que se mantuvo en el plano de Frankfort. Esta postura se conservó para el registro del resto de las alturas.

La altura a los ojos se tomó también con el antropómetro, proyectando la punta del aparato sobre el centro de la pupila, estando el sujeto viendo hacia el frente.

La altura al acrómion izquierdo se registró apoyando el extremo del antropómetro sobre este punto.

La altura al codo flexionado se tomó desde el piso hasta el borde inferior del codo izquierdo, estando flexionado el antebrazo sobre el brazo en un ángulo recto.

La altura a dactilion izquierdo es la altura entre el piso y el extremo del dedo medio, estando la mano extendida, con la cara palmar paralela al plano sagital medio.

La altura de la rodilla es la que existe entre el piso y los tendones que se palpan en el hueco poplíteo. Para registrarla, se pide al sujeto que doble ligeramente la rodilla y se localiza el sitio en que se flexionan los tendones que pasan por los lados de dicho hueco. Este es el punto que se marca y cuya altura se toma, una vez que la persona ha vuelto a colocar su miembro inferior en extensión.

El diámetro biacromial se tomó también con el antropómetro, pero usado como compás de ramas rectas. Se tomó entre los puntos antropométricos llamados acrómion y no como la anchura máxima de los hombros como también puede hacerse.

La longitud del antebrazo se tomó con el mismo instrumento que el diámetro biacromial. Para ello se pedía al sujeto que colocara su antebrazo en ángulo recto, en relación al brazo y se medía del borde posterior del codo hasta el punto antropométrico llamado estilion radiale.

La longitud y la anchura de la mano se tomaron con un compás de ramas rectas y anchas. La longitud se midió del punto estilion a dactilion. La anchura se midió de la epífisis distal del metacarpiano cubital al borde lateral del pulgar, sobre una línea imaginaria que pasara por las demás epífisis distales de los metacarpianos.

La talla sentado se tomó con el antropómetro, descansando sobre una banca y pidiendo al sujeto que se sentara, manteniendo la

columna en extensión y la cabeza en plano de Frankfort. La altura se tomó del plano de apoyo de los glúteos a vértex.

Resultados y Conclusión

Los resultados obtenidos se registraron en cédulas y posteriormente se calcularon sus medias, desviaciones estándar y percentilas 5 y 95.

Estos datos aparecen en los cuadros 1 y 2. Con esta información, las personas interesadas pueden tener una idea de la variabilidad de las dimensiones encontradas y aplicarlas a los problemas concretos que se les presenten.

Para situar los datos encontrados en relación con otros grupos de trabajadores, se hizo una búsqueda de resultados de estudios similares, y de información procedente de grandes muestras de población civil. También se incluyeron datos de las dos poblaciones que han sido reportadas como la de mayor y la de menor talla en el mundo. Así se contó con datos de:

a) Los Dinkas del sur del Sudán han sido considerados como el pueblo más alto del mundo (Roberts, D.F., 1975).

b) Entre los pueblos europeos, la estatura más alta reportada es la de una muestra de pilotos belgas estudiados en 1954 (White, R. M., 1975).

c) Los diseñadores del mundo entero consultan con frecuencia los datos antropométricos que la firma Henry Dreyfuss ha hecho circular en libros y tablas de magnífica presentación y uso sencillo. El problema es que en ningún momento se ha precisado el origen de tales datos (Dreyfuss, H., 1967). Al analizar la historia de los grandes estudios antropométricos realizados en Estados Unidos es fácil darse cuenta que las medidas presentadas corresponden, en realidad, a una adaptación o ajuste de los resultados de las encuestas de las fuerzas armadas norteamericanas. Para ingresar al servicio militar existe una selección, que elimina a las personas enfermas, con defectos físicos o de talla baja. Por lo tanto, una muestra de militares no presenta la variabilidad de los civiles. Se han incluido los datos de este autor, ya que sus tablas son empleadas con frecuencia por los diseñadores mexicanos. Dreyfuss presenta modelos antropométricos para adultos y niños, separados por sexos. En el caso de los adultos, sus manequíes son tres, de tamaño pequeño, mediano y grande. La presentación de sus datos es muy práctica, vistosa y de fácil empleo.

d) La muestra de civiles norteamericanos corresponde a un estudio representativo del país, hecho para los servicios de salud, y publicado en 1965 (Stoudt, H. W. y col., 1965).

CUADRO 1

DIMENSIONES DE UN GRUPO DE OPERARIOS
DE MAQUINAS HERRAMIENTAS MEXICANOS

<i>Variable</i>	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Desv. Estándar</i>
Edad	76	25.47 años	7.8 meses
Talla	76	1640 mm	62.4 mm
Altura de los ojos	76	1525 mm	69.0 mm
Altura a acrómion	76	1337 mm	58.0 mm
Altura al codo flexionado	76	1009 mm	62.0 mm
Altura a dactilion	76	621 mm	36.8 mm
Altura a la rodilla	75	447 mm	29.1 mm
Talla sentado	75	860 mm	44.8 mm
Longitud del antebrazo	75	260 mm	14.5 mm
Longitud de la mano	76	180 mm	13.7 mm
Anchura de la mano	76	98 mm	6.8 mm
Diámetro biacromial	75	392 mm	29.5 mm
Altura del tacón del zapato	63	4.33 cm	1.66 mm
Porcentaje de zurdos	76	3.85%	

CUADRO 2

MEDIA Y PERCENTILAS 5 Y 95 DE VARIAS
DIMENSIONES DE UN GRUPO DE OPERARIOS
DE MAQUINAS HERRAMIENTA MEXICANOS

<i>Variables</i> <i>(medias en mm)</i>	<i>Percentila</i> <i>5</i>	<i>Media</i>	<i>Percentila</i> <i>95</i>
Talla	1537	1640	1743
Altura a los ojos	1411	1525	1638
Altura a acromion	1241	1337	1432
Altura al codo flexionado	906	1009	1111
Altura a dactilion	560	621	681
Altura a rodilla	399	447	495
Talla sentado	786	860	934
Longitud del antebrazo	236	260	283
Longitud de la mano	157	180	202
Anchura de la mano	87	98	109
Diámetro biacromial	343	392	440
Altura del tacón del zapato	16	43	70

e) Los datos de trabajadores franceses provienen de una encuesta morfofisiológica hecha entre 1495 sujetos del sexo masculino que tenían entre 40 y 50 años de edad (Marcelin, J., 1975).

f) El estudio de los mineros bantúes fue hecho con 485 trabajadores, al momento de ser contratados (Morrison, J. F. y col., 1968).

g) Los datos reportados como de iraníes corresponden a 400 trabajadores de la industria metalúrgica entre 20 y 60 años de edad (Shahnawaz, H. y col., 1977).

h) Finalmente, los pigmeos son los 386 efe y basua del centro de Africa, que reporta Roberts (Roberts, D.F., 1975) y que han sido considerados como el grupo de talla más baja del mundo.

No se deseó incluir en las gráficas la información que proporciona un libro reciente de arquitectura como las dimensiones medias de los latinoamericanos, que deben ser tomadas en cuenta en el diseño de espacios habitacionales, ya que se salen totalmente de la realidad y en el fondo son adaptaciones de los datos norteamericanos de militares. Por ejemplo, la media de la estatura sería apenas un milímetro inferior que la de los norteamericanos (Plazola, A. y col., 1980).

Los resultados de la comparación de las mediciones antropométricas aparecen en el cuadro 3 y Figuras 2 y 3.

La figura 4 muestra las mediciones de cada uno de los grupos estudiados expresadas en forma de media y desviaciones estándar. Desgraciadamente, no existen datos comparables para cada una de las variables. La figura 5 muestra los mismos resultados, pero de manera gráfica. Cada una de las figuras se encuentra dibujada a escala no solamente para la talla, sino de cada una de las mediciones para las que se contaba con información. Estas mediciones se identifican con unos puntos junto a cada una de las siluetas. Esta presentación es muy explícita en cuanto a las diferencias que existen. Sin embargo, se elaboró también la figura 6 en la que aparecen exclusivamente las tallas. El punto central representa la media y los extremos de la barra marcan la percentila 5 y 95.

Al comparar las medidas encontradas en los mexicanos, llama la atención el que son de un tamaño pequeño. Esto no significa, de ninguna manera, que sean de las poblaciones más pequeñas del planeta. Simplemente refleja el que se cuenta con pocos estudios provenientes de países en desarrollo, en los que se encuentran los individuos pequeños. También debe destacarse el que la variabilidad en el interior de cada uno de los grupos estudiados es semejante en todos los casos. Esto permite constatar algunos hechos de interés. Por ejemplo, si el diseñador mexicano utiliza los datos del hombre medio de Dreyfuss y emplea los datos medios, en realidad

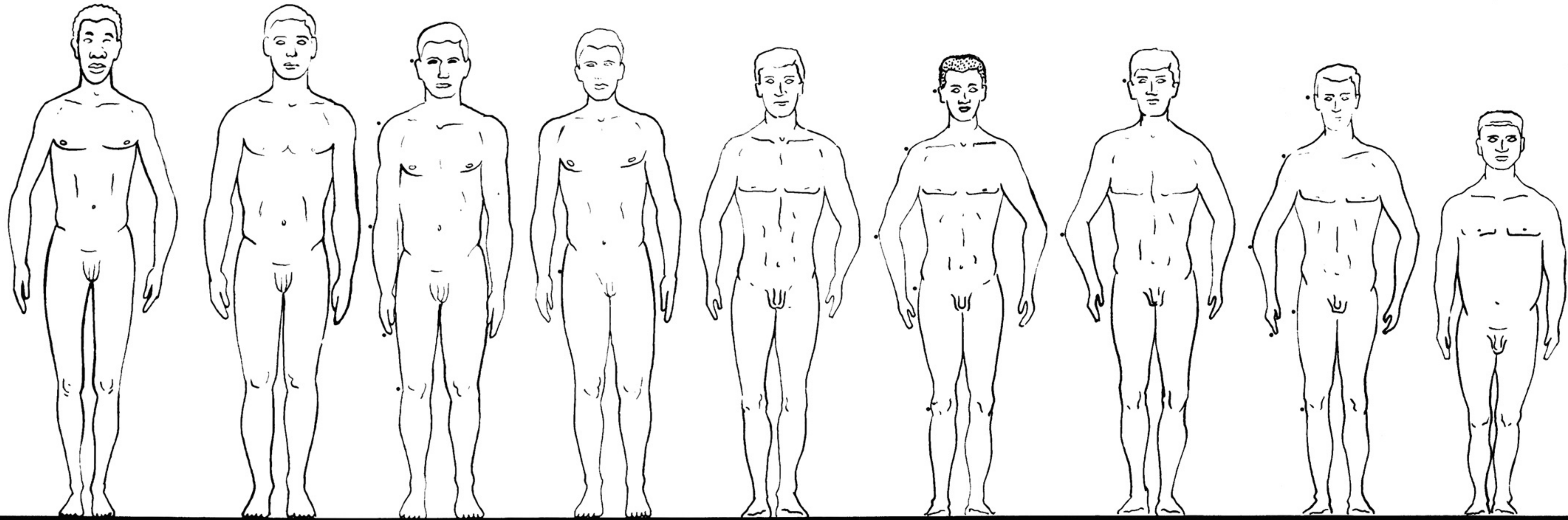
está diseñando para la percentila 95 de nuestra muestra, es decir, para los individuos de mayor tamaño. Estas dimensiones son totalmente inadecuadas para los mexicanos que se encuentran en la media y desde luego, por abajo de ella.

También se debe recordar que las proporciones del cuerpo no son iguales en todos los grupos humanos. Al usar las tablas de Dreyfuss, se parte del supuesto de que la talla es el parámetro que define las demás mediciones del cuerpo, lo que biológicamente es un error. Por lo tanto es recomendable establecer las mediciones que en realidad correspondan a cada población.

Los resultados anteriores pueden servir para demostrar la necesidad de realizar más estudios antropométricos que proporcionen mas elementos a los diseñadores. De esta manera sus trabajos pueden estar de acuerdo con la realidad y cumplir con su meta de favorecer las actividades humanas, reduciendo la fatiga y disminuyendo el riesgo de accidentes o lesiones.

Fig. 2

cm
 200 —
 190 —
 180 —
 170 —
 160 —
 150 —
 140 —
 130 —
 120 —
 110 —
 100 —
 90 —
 80 —
 70 —
 60 —
 50 —
 40 —
 30 —
 20 —
 10 —



DINKAS

PILOTOS
BELGAS

NORTEAMERICANO
DE DREYFUSS

CIVILES
NORTEAMERICANOS

FRANCESES

BANTUES

IRANIES

MEXICANOS

PIGMEOS

\bar{x}
 S
 mm

1289

1779

1748

1732

1718

1687

1681

1640

1438

61

58

?

72

74

60

60

62

70

CUADRO 3

MEDIAS Y DESVIACIONES ESTANDAR DE DISTINTAS MEDICIONES
EN VARIOS GRUPOS HUMANOS

	<i>N</i>	Talla en <i>mm. \bar{x} (s)</i>	<i>Alt. a</i> ojos	<i>Alt. a</i> acromion	<i>Alt. a</i> rodilla	<i>Alt. a</i> codo	Talla sentado	Biacro- mial
Dinkas	227	1829 (61)						
Pilotos belgas	2450	1779 (58)						
Dreyfuss	?	1748	1641			1069	904 (38)	452
Civiles E.U.A.	3091	1732 (72)						
Franceses	1459	1718 (74)						
Bantúes	485	1687 (60)	1569 (61)	1391 (58)	416 (24)	1006 (45)	860 (30)	377 (17)
Iraníes	400	1681 (60)	1581 (60)	1387 (56)		1038 (47)		
Mexicanos	76	1640 (62)	1525 (69)	1337 (58)	447 (29)	1009 (62)	860 (45)	393 (29)
Pigmeos	386	1438 (70)						

(medidas en milímetros)

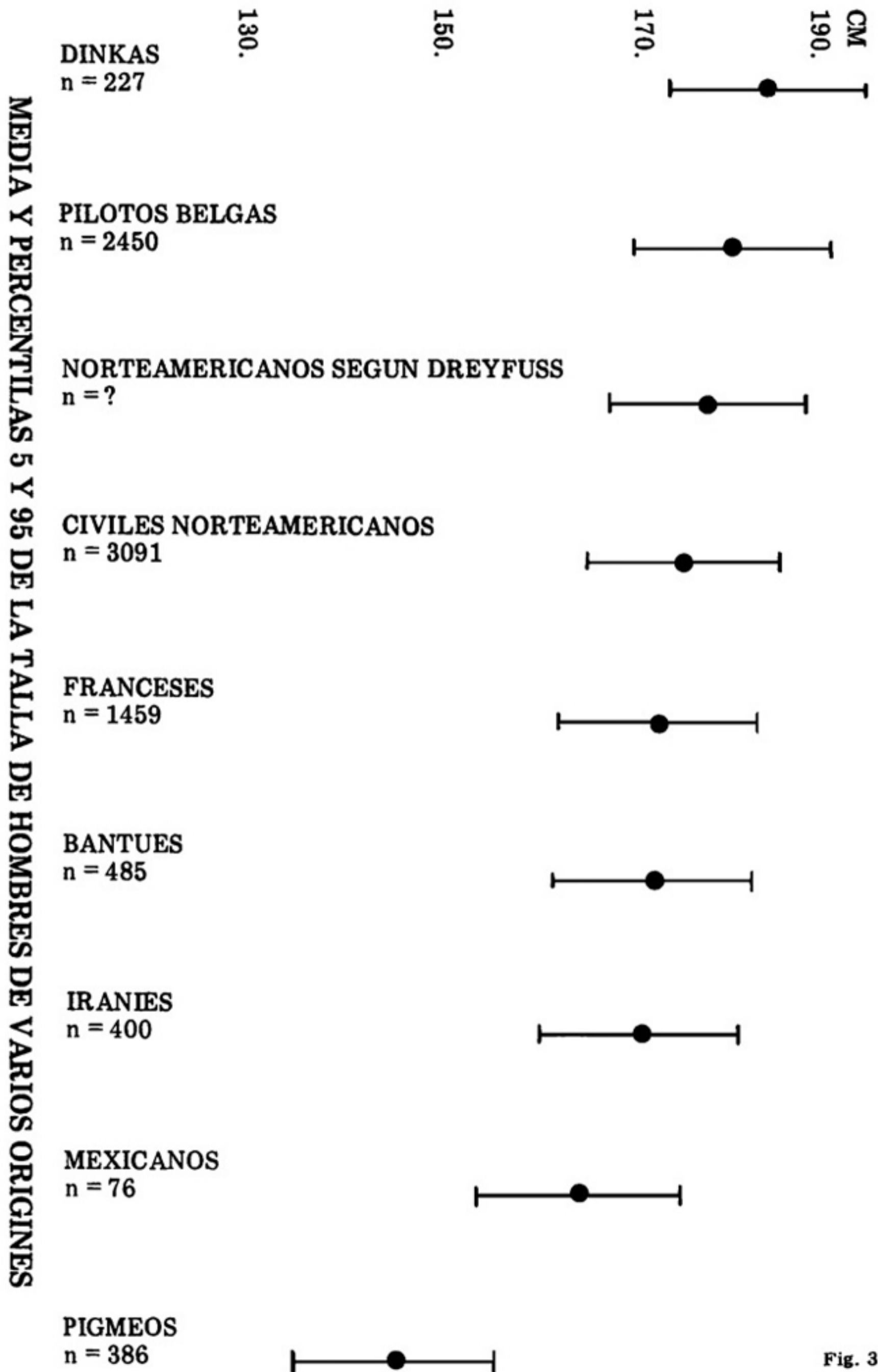


Fig. 3

BIBLIOGRAFIA

- AGUIRRE SANCHEZ, FERNANDO
1979 *Bases ergonómicas para el diseño mecánico en México*. México, Centro Nacional de Investigación en Máquinas Herramientas. Instituto Politécnico Nacional, 230 p.
- CASILLAS, LETICIA E. y LUIS ALBERTO VARGAS
1979 La ergonomía y la antropología física. *Anales de Antropología*, vol. XVI, p. 387-406.
- DREYFUSS, HENRY
1967 *The measure of man. Human factors in design*. New York, Whitney Publications Inc., segunda edición.
- MARCELIN, JEANNE
1975 Raccmendations concernant la conception et l'aménagement de postes de travail destinés a des opérateurs de 40 a 50 ans. *Revue Française des Affaires Sociales* vol. 4, p. 3-27.
- MORRISON, J. F., C. H. WYNDHAM, N. B. STRYDOM, J. BETTENCOURT y J. H. VILJOEN
1968 An anthropometrical survey of Bantu mine laboreurers. *Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy*, january, p. 275-279.
- PLAZOLA CISNEROS, ALFREDO y ALFREDO PLAZOLA ANGUIANO
1980 *Arquitectura habitacional*. México, Editorial Limusa, segunda edición, 642 pp.
- ROBERTS, DEREK F.
1975 Population differences in dimensions, their genetic basis and their relevance to practical problems in design. En: Alphonse Chapanis (editor): *Ethnic variables in human factors engineering*, Baltimore, The Johns Hopkins University Press, p. 11-29.
- SHAHNAWAZ, H. y B. T. DAVIES
1977 Anthropometry of Iranian steel workers, *Engonomics*, vol. 20, p. 651-658, 1977.
- SINGLETON, W. T.
1964 A preliminary study of a capstan lathe, *The International Journal of Production Research*, vol. 3, p. 213-225.
- STOUDT, W. H., A. DAMON, R. A. MC FARLAND y J. ROBERTS
1965 *Weight, height and selected body dimensions of adults —United States, 1960-1962*. Washington, Public Health Service Publication 1000, series 11, núm. 8, U. S. Department of Health, Education and Welfare.
- WHITE, ROBERT M.
1975 Anthropometric measurements on selected populations of the world. En: Alphonse Chapanis (editor): *Ethnic variables in human factors engineering*, Baltimore, The Johns Hopkins University Press, p. 31-46.

