

Uso de medidas antropométricas para el diseño de estaciones de trabajo enfocado a operadoras de las industrias de la ZMG

Graciela Hernández Flores¹

¹Alumna del posgrado CIATEQ Guadalajara, Manufactura Avanzada
graciehdez1977@gmail.com

RESUMEN.

El presente trabajo de investigación nace de la inquietud de querer mejorar las condiciones de trabajo de mujeres trabajadoras en industrias de la Zona Metropolitana de Guadalajara, por lo cual se pretende tomar en cuenta diferentes medidas antropométricas que ayuden al diseño de estaciones de trabajo ergonómicas, permitiendo así incrementar la productividad en los diferentes procesos productivos, así como la disminución de riesgos ergonómicos derivados de posiciones inadecuadas en los puestos de trabajo.

Los datos antropométricos son valiosos debido a que proveen al diseñador o ingeniero información relevante para el diseño de espacios considerando la estructura del cuerpo humano. Actualmente en México existen pocos estudios relativos a dimensiones antropométricas. Este trabajo pretende tomar en consideración información existente en México o la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), así como datos obtenidos de mujeres trabajadoras en una industria de fabricación y ensambles de plásticos en Guadalajara con el fin de determinar los percentiles 5, 50 y 95 que se podrán utilizar en el diseño de estaciones de trabajo para mujeres que laboran en industrias de esta zona

Los resultados de este estudio muestran una tabla comparativa de medidas antropométricas en percentiles 5, 50 y 95 de mujeres trabajadoras de la industria en Guadalajara y podrán ser utilizadas como referencia para futuros diseños o modificaciones de estaciones de trabajo considerando los principios ergonómicos del diseño o valuación de espacios de trabajo.

Palabras Claves: Datos antropométricos, Ergonomía, Estaciones de trabajo.

1 INTRODUCCIÓN.

La Ergonomía en México, es una ciencia que apenas comienza a ser conocida y estudiada y poco a poco va generando conciencia en los diseñadores, empresarios, y trabajadores de su importancia encaminada a mejorar las condiciones de cualquier puesto de trabajo.

La concepción moderna del trabajo ergonómico exige el análisis de las tareas, herramientas y modos de producción, con el objetivo de evitar accidentes y enfermedades profesionales, disminuir la fatiga física y mental, así como aumentar la eficiencia y satisfacción del trabajador. Singleton W.T., afirma que una de las responsabilidades básicas de la ergonomía es proporcionar datos acerca de las dimensiones del cuerpo. (1)

Los datos antropométricos en el área de la ergonomía tienen una amplitud de usos tales como la determinación general y específica de las características dimensionales de los usuarios en sus diversas agrupaciones poblacionales; el diseño de espacios de trabajo, ropa, equipo personal, máquinas, herramientas, aparatos y mobiliario. (2) Estos datos se convierten en poderosas herramientas disponibles para la adecuada dimensión y diseño de espacios y productos para el hombre.

Un factor importante en diseño de espacios de trabajo es la variabilidad que existe en el ser humano. Si se toma una muestra de individuos del mismo sexo, edad, raza y condición socioeconómica y se observan sus características físicas, se encontrarán una variedad de formas, tamaños, proporciones, colores de piel, tipos de cabello, etc. Estas variaciones son producto de la evolución biológica y sociocultural del hombre, y tienen funciones muy particulares en la sociedad en la que se desenvuelven.

La variabilidad antropométrica de un grupo poblacional generalmente se representa por medio de curvas estadísticas o tabulaciones de datos, que muestran los valores de las personas de menores dimensiones (percentil 5) y de las personas de mayores dimensiones (percentil 95), siendo los extremos entre los que se encuentra el 90% de la población. (3)

Una adecuación antropométrica debe considerar que las dimensiones críticas de la estación de trabajo se adapten al 90% de la población de usuarios; esto significa que debe haber flexibilidad en la estación de trabajo para que pueda ser adaptada para personas altas y bajas, delgadas o anchas, y de diferentes tamaños en sus extremidades.

Es conveniente mencionar que existe una concepción errónea, cuando muchos objetos o productos son diseñados en base al promedio de los usuarios, ya que por ejemplo al basarnos en que el 55% de la población tiene cierta medida antropométrica, estamos dejando en graves problemas al 45% restante, que generalmente es mayor o menor que el promedio. (3)

Por ejemplo al diseñar una puerta para la altura promedio, el 50% de la población podría golpearse la cabeza al pasar por la puerta, por lo cual es más conveniente enfocarse en las personas más altas (percentil 95 o 100) más una tolerancia para asegurar los casos extremos.

Por tal motivo el objetivo del presente estudio es definir las medidas antropométricas, percentiles 5, 50 y 95, que podrán utilizarse como base para el diseño de estaciones de trabajo ergonómicas para mujeres trabajadoras en las industrias de la Zona Metropolitana de Guadalajara.

2 FUNDAMENTOS

La desviación estándar o típica es el indicador de dispersión que más se emplea y la estimación más confiable de la variabilidad de la población. (4) Es un tipo de promedio de las desviaciones respecto de la media y se calcula con la ecuación 1.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n}} \quad (1)$$

Los percentiles 5 y 95 son los más usuales en las adecuaciones antropométricas y son calculados con las ecuaciones 2 y 3.

$$\text{Percentil 5} = \bar{x} - [(1.65)(\sigma)] \quad (2) \quad \text{Percentil 95} = \bar{x} + [(1.65)(\sigma)] \quad (3)$$

Dónde: \bar{x} = Media de los datos. σ = Desviación estándar.

Actualmente, en México se tienen pocos estudios con datos antropométricos. Entre algunos de ellos se encuentran las dimensiones antropométricas recabadas por el Dr. Rosalío Ávila Chaurand, así como el Estudio antropométrico Nacional del Dr. Enrique de la Vega.

Rosalío Ávila Chaurand, investigador del Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño, de la Universidad de Guadalajara, junto con su equipo de trabajo, realizaron arduas investigaciones antropométricas que se presentan en su obra denominada

Dimensiones antropométricas de la población Latinoamericana, donde se considera a la población de distintos países como México, Cuba, Colombia, Chile y Venezuela.

Esta investigación clasifica a la población humana, en distintos grupos, entre los que se encuentran personas del sexo femenino y masculino, personas con diferentes rangos de edades, así como personas trabajadoras en la industria.

Dentro de la población mexicana de edades mayores a 18 años, realizó estudios con personas trabajadoras en industrias de la Zona Metropolitana de Guadalajara, operadores de autotransportes de la Ciudad de México, D.F, trabajadoras de maquila de la frontera México-Estados Unidos y trabajadores de la industria del calzado en la ciudad de Guanajuato. (3)

Otro estudio desarrollado por el Dr. en Ingeniería, Enrique de la Vega, socio fundador de la SEMAC (Sociedad de Ergonomistas de México, A. C.), (5) presenta en el sitio de internet del mismo nombre el avance del Estudio Antropométrico Nacional donde se observan imágenes con las medidas antropométricas de diferentes partes del cuerpo tomadas con una muestra de la población nacional de ambos sexos.

En las figuras 1 y 2 se describen las partes en las que ambos estudios dividieron al cuerpo humano para la toma de medidas antropométricas. (3)

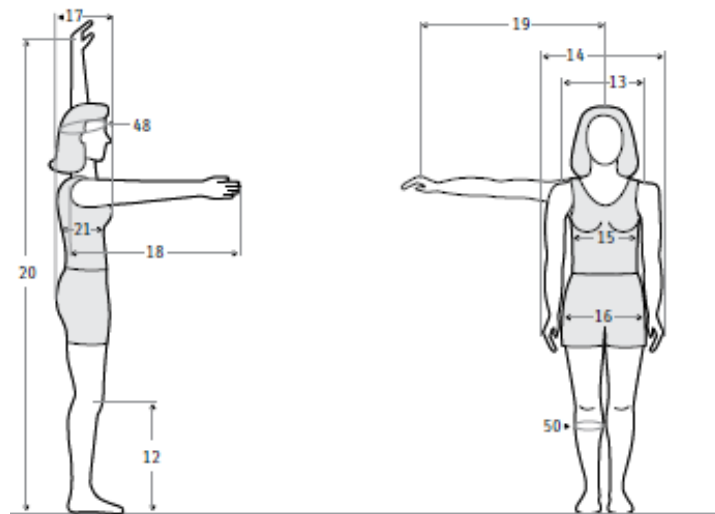


Figura 1. En posición de pie

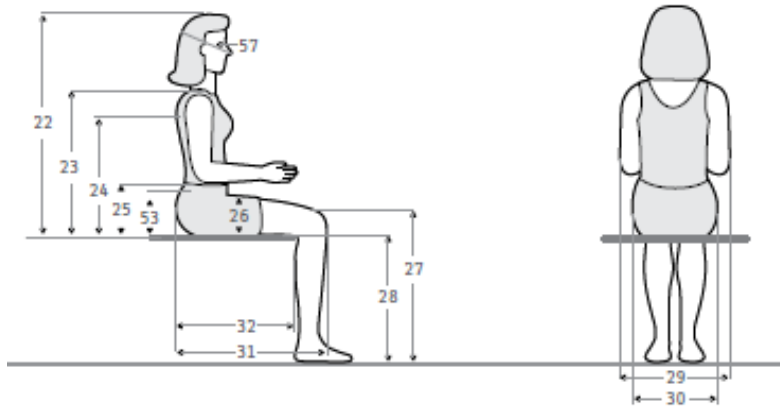


Figura 2. En posición sentado

Las tablas 1 y 2 muestran los resultados de los estudios antropométricos que se han desarrollado actualmente en México. Ambas tablas describen las distintas partes del cuerpo humano y los percentiles 5, 50 y 95 calculados de una muestra de la población.

Tabla 1. Medidas antropométricas en posición de pie

		Trabajadores de la industria Rosalío Ávila			Estudio Antropométrico Nacional Dr. Enrique de la Vega (6)		
ID	Descripción	5	50	95	5	50	95
	Edad (años)	17	24.2	39			
1	Peso (kg)	39	65	97.3			
2	Estatura (mm)	1389	1592	1780	1481	1631	1783
3	Altura de ojos	1273	1476	1651	1336	1491	1650
4	Altura oído	1333	1486	1635	1375	1519	1669
6	Altura hombro	1209	1336	1477	1222	1358	1497
7	Altura codo	941	1036	1145	886	977	1065
8	Altura codo flexionado	835	965	1073	926	1029	1135
9	Altura muñeca	727	802	919	715	799	880
10	Altura nudillo	585	708	888	636	716	809
11	Altura dedo medio	565	626	697	564	642	724
33	Diámetro a-p cabeza	175	192	205	178	191	205
51	Altura mentón	1248	1391	1544	1279	1405	1532
52	Altura trocánter may.	759	850	940	775	896	1012
12	Altura rodilla	411	464	526	424	486	553
13	Diámetro máx. bideltoides	389	461	544			
14	Anchura máx. cuerpo	434	504	596	379	438	500
15	Diámetro transversal tórax	268	328	398	271	321	377
16	Diámetro bitrocantérico	310	353	420	318	359	413

Posición de pie

17	Profundidad máx. cuerpo	219	276	344			
18	Alcance brazo frontal	590	717	810	633	716	803
19	Alcance brazo lateral	581	705	818	642	729	795
20	Alcance máx. vertical	1761	1969	2200	1793	2009	2225
21	Profundidad tórax	196	253	328			
48	Perímetro cabeza	525	561	596	540	570	600
50	Perímetro pantorilla	315	364	426			

Tabla 2. Medidas antropométricas en posición sentado

		Trabajadores de la industria Rosalío Ávila			Estudio Antropométrico Nacional Dr. Enrique de la Vega			
		ID	Descripción	5	50	95		
Posición sentado	22	Altura normal sentado	790	854	927	794	845	905
	23	Altura hombro sentado	511	566	638	529	585	652
	24	Altura omoplato	377	434	486			
	25	Altura codo sentado	201	248	293	195	246	298
	26	Altura máx. muslo	126	152	185	120	153	182
	27	Altura rodilla	435	493	556	424	486	553
	28	Altura poplítea	338	393	453	366	404	445
	29	Anchura codos	411	509	620	428	532	618
	30	Anchura cadera sentado	328	387	472	345	396	457
	31	Longitud nalga-rodilla	534	579	640	565	616	680
	32	Longitud nalga-poplíteo	432	474	526	454	506	562
	53	Altura cresta-ílica	158	200	236			
	57	Diámetro a-p cara	192	217	235	195	216	235
Cabeza, pie, mano	34	Anchura cabeza	134	150	165	143	158	175
	35	Anchura cuello	97	110	123			
	36	Altura cara	114	127	138	98	119	141
	37	Anchura cara	106	124	139	130	143	155
	38	Diámetro interpupilar	49	57	65	54	57	60
	39	Longitud mano	158	171	185	159	178	198
	40	Longitud palma mano	90	97	105	87	104	113
	41	Anchura mano	83	93	104			
	42	Anchura palma mano	71	76	82	72	86	95
	54	Espesor mano	23	29	35			
	43	Diámetro empuñadura	39	45	50			
44	Longitud pie	217	240	266.5	217	246	276	
46	Anchura pie	83	90	99				

Con la información mostrada en las tablas 1 y 2 (Medidas antropométricas en posición de pie y sentado) se pueden tomar decisiones de diseño de productos, así como de espacios de trabajo para la población mexicana trabajadora con edad mayor a 18 años.

3 PROCEDIMIENTO

Dado que el presente estudio está enfocado en la población de trabajadoras femeninas de las industrias de la Zona Metropolitana de Guadalajara, se considerarán los datos de estudios realizados por el Dr. Rosalío Ávila, así como datos obtenidos de mujeres trabajadoras en una industria de fabricación y ensambles de plásticos en la ciudad de Guadalajara, con el fin de integrar la información y pueda servir de base para diseños de estaciones de trabajo en esta zona.

El proceso que se llevó a cabo para determinar las dimensiones antropométricas en la industria de plásticos consistió en definir estadísticamente la muestra o cantidad de personas que serían representativas de la población de operadoras, para después aleatoriamente recabar sus dimensiones antropométricas. La ecuación 4 permite determinar un tamaño de muestra representativo y confiable de la población.

$$n = z_{\alpha/2}^2 \left(\frac{\sigma^2}{\delta^2} \right) \quad (4)$$

Dónde:

σ = desviación estándar

$z_{\alpha/2}^2$ = es el porcentaje que dejamos fuera a cada lado del intervalo

δ^2 = es el error admitido (precisión)

Por lo cual si se considera un 95% de confianza (valor de Z de 1.96), un porcentaje de error permitido en el estudio de 1.6% de una media de 1579.6 mm, así como una desviación estándar de 64.3 mm obtenidas de un análisis preliminar de estaturas registradas y se sustituyen los datos en la ecuación 3, se obtiene el siguiente tamaño de muestra:

$$n = 1.96^2 \left(\frac{64.3^2}{(1579.6 * 1.6\%)^2} \right) = 26 \text{ personas}$$

Una vez obtenido el tamaño de muestra a analizar, se definieron las variables o características más importantes a considerar en el diseño de estaciones de trabajo, y se procedió a recabar medidas de las 26 operadoras elegidas aleatoriamente.

Se procede a calcular la media y desviación estándar, así como los percentiles 5, 50 y 95.

4 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos de la toma de mediciones a las 26 operadoras se muestran en la tabla 3 (Medidas antropométricas de operadoras de una industria de plástico ZMG) y en las figuras 3, 4, 5 y 6 (Percentiles de medidas antropométricas en milímetros).

Tabla 3. Medidas antropométricas de operadoras en una industria de plásticos ZMG

ID	Descripción	Media (mm)	Desv. Std. (mm)	Percentiles		
				5	50	95
	Edad (años)	36.2	8.1	22.9	36.2	49.5
1	Peso (kg)	68.0	14.0	45.0	68.0	90.9
2	Estatura (mm)	1579.6	64.3	1473.8	1579.6	1685.5
6	Altura hombro	1315.8	61.8	1214.0	1315.8	1417.5
7	Altura codo	980.4	58.1	884.9	980.4	1075.9
12	Altura rodilla	473.5	45.0	399.5	473.5	547.5
18	Alcance brazo frontal	641.2	35.7	582.4	641.2	699.9
19	Alcance brazo lateral	608.8	35.6	550.3	608.8	667.4
23	Altura hombro sentado	557.7	34.4	501.0	557.7	614.4
25	Altura codo sentado	256.5	37.8	194.3	256.5	318.8
28	Altura poplítea (piso a muslo)	442.7	39.4	378.0	442.7	507.4
30	Anchura cadera sentado	445.4	57.9	350.1	445.4	540.7
44	Longitud pie	241.7	12.6	220.9	241.7	262.5

Las figura 3 agrupa los percentiles de Edad, Peso y Longitud de pie.

En la figura 4 se muestran los percentiles de las medidas de Altura de hombro, altura a codo, altura a rodilla y estatura en posición de pie.

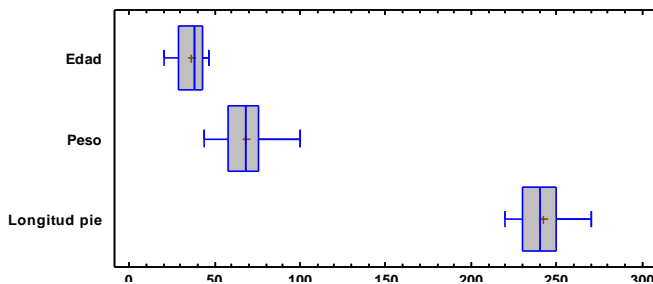


Figura 3. Percentiles Edad, Peso, longitud de pie

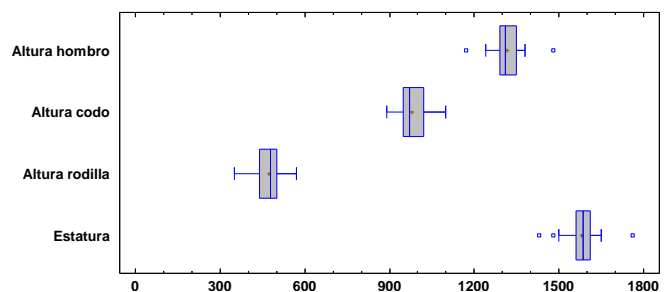


Figura 4. Percentiles Altura hombro, codo, rodilla y estatura

La figura 5 muestra los percentiles del Alcance de brazo frontal, lateral y anchura de cadera en posición sentada.

En la figura 6 se muestra los percentiles de altura a hombro, altura a codo y de piso a muslo estando en posición sentada.

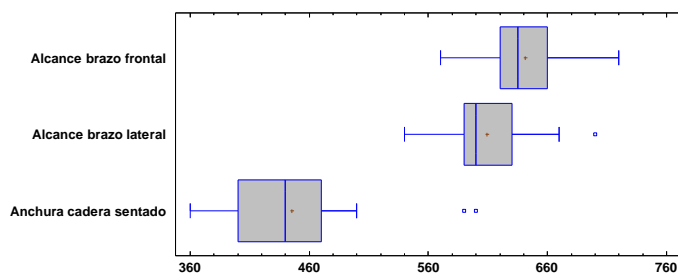


Figura 5. Percentiles Alcance brazo frontal, lateral
Anchura cadera sentado

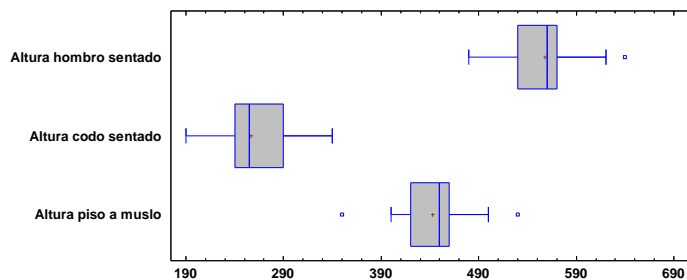


Figura 6. Percentiles Altura hombro, codo,
piso a muslo sentado

Como se puede observar, en la figura 4 la estatura presenta tres puntos fuera de la caja de percentiles. En este caso para el diseño de una estación de trabajo donde se coloquen ayudas visuales o instructivos de trabajo, se consideraría la altura del percentil 95, que representa al 90% de la población, ya que de lo contrario si se tomaran en cuenta los extremos altos en el diseño de la estación de trabajo, por ejemplo las estaturas más altas, el resto de la población no alcanzaría una gran cantidad de objetos.

En la figura 5 y 6, se puede observar que las características que tienen mayor variación son la altura poplítea o distancia comprendida desde el suelo hasta el muslo donde inicia la rodilla en posición sentada (ID 28), así como la anchura de cadera (ID 30) también en posición sentada, indicando con esto que es necesario proporcionar a las trabajadoras sillas ergonómicas que sean flexibles en altura y cuyo asiento considere la medida del percentil 95.

Los datos obtenidos con la muestra de 26 operadoras de una industria de plásticos y los datos recabados por el Dr. Rosalío Ávila específicamente de mujeres trabajadoras de la ZMG, se resumen en la tabla 4:

Tabla 4. Resumen medidas antropométricas trabajadoras industrias en la ZMG

ID	Descripción	Muestra tomada (n = 26)			Datos Dr. Rosalío			Resumen (mm)		
		Empresa de plásticos ZMG			Trabajadoras industriales ZMG (3)					
		5	50	95	5	50	95	5	50	95
	Edad (años)	22.9	36.2	49.5	17.7	23.1	35.3	17.7	29.6	50
1	Peso (kg)	45	68	91	46	59	83	45	64	91
2	Estatura (mm)	1474	1580	1685	1458	1551	1649	1458	1565	1685
6	Altura hombro	1214	1316	1418	1209	1290	1380	1209	1303	1418
7	Altura codo	885	980	1076	941	1004	1080	885	992	1080
12	Altura rodilla	399	473	547	411	446	491	399	460	547
18	Alcance brazo frontal	582	641	700	631	684	741	582	663	741
19	Alcance brazo lateral	550	609	667	548	592	620	548	600	667

23	Altura hombro sentado	501	558	614	511	552	591	501	555	614
25	Altura codo sentado	194	257	319	207	249	293	194	253	319
28	Altura poplítea	378	443	507	338	376	406	338	409	507
30	Anchura cadera sentado	350	445	541	347	392	472	347	419	541
44	Longitud pie	221	242	263	217	232	250	217	237	263

Estas dimensiones antropométricas deberán tomarse en cuenta junto con los siguientes principios de diseño de espacios de trabajo.

Principios a considerar en el diseño o valuación de espacios de trabajo: (7)

- Altura de la cabeza: Considerar a los más altos. La postura natural es viendo ligeramente hacia abajo.
- Altura de hombros: Colocar los controles entre la altura de hombros y la de la cintura. Evitar alcances arriba de la altura de los hombros.
- Altura de codo: Ajustar la superficie de trabajo normal, inmediatamente debajo de la altura del codo. Para un trabajo preciso, levantar la superficie arriba de la altura del codo y proporcionar descansos para los antebrazos. Si el trabajo en la superficie implica el empleo de esfuerzos considerables, ubicar la altura de la superficie 5 – 10 cm por debajo de la altura de los codos, para poder emplear mejor los brazos completos y una pequeña inclinación del tronco.
- Alcances del brazo: Considerar a los bajos de estatura cuando alcancen o saquen algún objeto de arriba. Considerar a los altos cuando alcancen cosas u objetos de abajo. Mantener el trabajo frecuente dentro de la distancia del antebrazo.
- Longitud de pierna: Considerar a los de piernas largas para proporcionar holguras. Proporcionar ajuste de la altura del asiento o apoya pies para los de piernas cortas.
- Anchura cadera: Considerar a los más grandes. Adicionar holguras para la ropa.

Tomando en cuenta estos principios y las medidas antropométricas obtenidas se puede definir que la altura máxima donde se pondrían instructivos de trabajo o ayudas visuales sería a la estatura con percentil 95, es decir a 1.68 metros.

Si se desea colocar contenedores pequeños de materiales en la estación, la altura recomendable sería el percentil 50 de la altura a hombros en posición de pie, es decir a 1.30 metros. Para la altura de las bases de las mesas en ensambles que no requieren agudeza visual y en posiciones de pie de las operadoras, se recomienda usar el percentil 50 de la altura de piso a codos menos 10 cm, es decir, 0.89 metros.

La anchura de la cadera también es un factor importante ya que daría la pauta para definir el largo de la base de la mesa, así como diámetro de la silla a utilizar. En este caso lo ideal es basarse en el percentil 95, considerando a las personas más anchas de cadera.

5 CONCLUSION

La consideración de las dimensiones antropométricas es un factor importante para la planeación, diseño y fabricación de estaciones de trabajo. Es recomendable antes de ensamblar mesas de trabajo definir para qué población estarán destinadas, es decir, sexo, edad, lugar de trabajo, con el fin de contar con bases de datos que permitan conocer las dimensiones mínimas, promedios y máximas a considerar para un diseño más efectivo y flexible a la variabilidad humana.

Así un diseño ergonómico de una estación de trabajo permitirá incrementar la productividad de los procesos y la reducción de lesiones por movimientos innecesarios o fuera del rango de alcance.

REFERENCIAS

- [1] T., SINGLETON W. *Introduction to Ergonomics*. Geneva : World Health Organization, 1972.
- [2] ROEBUCK, J. A., KROEMER, K. H. E y THOMSON, W. G. *Engineering Anthropometry Methods*. USA : John Wiley & Sons, 1975.
- [3] ÁVILA C., Rosalío and PRADO L., Lilia Roselia y GONZÁLEZ M., Elvia Luz. *Dimensiones antropométricas Población Latinoamericana*. Guadalajara, Jalisco : Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño, 2007. 978-970-27-1193-3.
- [4] Diseño de una estación de trabajo en función de las medidas antropométricas. VIDAURRÁZAGA L., Ing. Yerab. Mexicali : Sociedad de Ergonomistas de México, A.C., 2004, Vol. Memorias del VI Congreso Internacional de Ergonomía.
- [5] Sociedad de Ergonomistas de México, A.C. [Online] SEMAC. [Cited: Mayo 17, 2015.] <http://semac.org.mx/index.php/ergonomia/proyectos.html>.
- [6] DE LA VEGA, Dr. Enrique. Sociedad de Ergonomistas de México, A.C. [Online] [Cited: Mayo 17, 2015.] <http://semac.org.mx/index.php/ergonomia/proyectos.html>.
- [7] Ergonomics, Industrial. *The School of Human Biology*. Ontario : University of Guelph, 1982.