

**Leonardo Quintana
y César Pérez**



FUERZAS ISOMÉTRICAS EJERCIDAS POR TRABAJADORES EN VENEZUELA EN TAREAS DE EMPUJAR Y HALAR

RESUMEN:

El propósito de este estudio fue la determinación de las fuerzas máximas volitivas para tareas de empujar y halar en una práctica simulada del trabajo cotidiano. Los sujetos del estudio efectuaron un total de 30 tareas isométricas de empujar y halar en el plano sagital. Las variables independientes fueron: altura de la tarea y tipo de movimiento, edad, género y medidas antropométricas. La variable independiente fue la fuerza ejercida por el sujeto. Los resultados ayudan a limitar el esfuerzo físico en el trabajo para prevenir la aparición de trastornos músculo esqueléticos de los operarios en empresas venezolanas.

Palabras Clave: trastornos músculoesqueléticos, fuerzas, empujar, halar

ABSTRACT

The purpose of this research project was to determine the capability of a Venezuelan sample of men and women to exert push and pull forces. Thirty pushing and pulling tasks were performed by a sample of volunteer workers. Dependent variables were: height of hands, type of movement, age, gender and anthropometric measurements. The independent variable was the force exerted by the volunteer. Results will be used as a starting point for the development of standards for Venezuelan workers.

Keywords: Musculoskeletal disorders, forces, pushing, pulling

1. Introducción

El manejo manual de cargas es una fuente conocida de trastornos musculoesqueléticos (NIOSH, 1997). Levantar y bajar cargas, empujar y halar son actividades comunes de los trabajadores cuando manipulan cargas. El conocimiento sobre la capacidad de la población para ejercer fuerzas, tales como en tareas de empujar y halar, es fundamental en su rediseño, de manera que las fuerzas no excedan la capacidad de desempeño de los trabajadores.

Muchos estudios muestran cual es la capacidad de los trabajadores cuando manejan cargas en diversas tareas: empujar halar en condiciones isométricas, isotónicas e isocinéticas, levantar y bajar cargas y esfuerzos de torsión. Estos estudios han ayudado a rediseñar los puestos de trabajo para: i) reducir la carga manejada, ii) eliminar completamente la necesidad del manejo de carga, iii) proveer fuerza mecánica externa para reducir o eliminar la exposición a riesgos conocidos de desarrollar desordenes musculoesqueléticos. Los primeros estudios para conocer la fuerza para empujar y halar se iniciaron en la década de los setenta (Davis y otros, 1978; Kroemer, 1974; Ayoub y otros, 1974) y continuaron en las siguientes dos décadas con el añadido de investigaciones en la influencia de condiciones isotónicas e isocinematicas en las fuerzas ara empujar y halar (Snook, 1978, Chaffin, 1983, Kumar, 1995, Snook y Ciriello, 1991). Los estudios cubrieron una gran gama de variables independientes tales como: peso corporal, altura de aplicación de la fuerza, coeficiente de fricción entre el suelo y el zapato o bota, soporte para extremidades del cuerpo, frecuencia de la aplicación de la fuerza y posturas volitivas. La postura prevaleciente en estos estudios fue de pie, puesto que es la más frecuente en la práctica.

En América Latina, se ha investigado la capacidad para ejercer fuerzas de empujar y halar en Colombia (Cuervo y otros, 2003). En Venezuela, los datos epidemiológicos publicados (Inpsasel, 2006) sobre enfermedades ocupacionales muestran que en el año 2006 hubo 1580 casos registrados de desordenes musculoesqueléticos de un total de 2066 enfermedades ocupacionales (76,4% del total); un aumento de 918 casos de desórdenes musculoesqueléticos comparado con los 1339 casos de enfermedades ocupacionales registrados en 2004 (68,6% del total). Los desordenes musculoesqueléticos están clasificados en 7 grupos: lumbalgia ocupacional,

protrusión y hernia discal, síndrome de túnel carpiano, bursitis y síndrome de impacto articulación acromo clavicular, dolor en los hombros, hernia cervicalgia inguinal/umbilical – cervical, otros no especificados. Con mucho, los desórdenes musculoesqueléticos fue la mayor causa de enfermedades ocupacionales en 2004 y en 2006.

El propósito de este proyecto de investigación fue determinar la capacidad de una muestra de trabajadores en Venezuela para ejercer fuerzas isométricas de empujar y halar en un plano sagital, con ambas manos, en posición de pie. Esta investigación se utilizará como un punto de partida para el desarrollo de estándares para los trabajadores en Venezuela.

2. Métodos

2.1 Participantes

Se seleccionaron cuarenta y un participantes (11 mujeres y 30 hombres) de la población trabajadora de una planta procesadora de alimentos ubicada en Santa Teresa del Tuy. Los criterios de inclusión fueron: a) no tener una historia de lesiones músculo esqueléticas, tal como lo indicó el departamento medico de la empresa, b) los resultados de un cuestionario autoadministrado, previo a las pruebas, c) disponibilidad de la persona al momento de administrarse las pruebas. La participación fue voluntaria y hubo una compensación por ello. Todos los participantes fueron informados sobre el propósito de las pruebas y se les informó que podían retirarse en cualquier momento, si así lo deseaban, según la práctica ética en investigaciones. Se les pidió que firmaran un consentimiento escrito de su participación.

Las edades de los participantes estuvieron entre 17 y 40 (media= 29,12, D.E.=6,24. La altura promedio fue 1,67 cm. (D.E.= 0,08 cm.) y su peso promedio fue 72,82 kg. (D.E.=13,37 kg.) Se hicieron mediciones antropométricas (peso, altura, altura de la cresta iliaca de pie, altura del codo de pie, altura del hombro de pie). Adicionalmente, se registró el alcance normal y extendido para ambos brazos.

En el trabajo cotidiano, en la empresa, las mujeres no ejercen fuerzas de empujar o halar, mientras que un alto porcentaje de los operadores varones tienen que empujar o halar carros como parte de su labor.

Tabla 1 Antropometría básica. *Promedio (Desviación estándar)*

Medida	Varones	Hembras	Todos
Altura (cm.)	1,71 (0,06)	1,57 (0,04)	1,67 (0,08)
Peso (Kg.)	77,84 (11,32)	62,31 (11,34)	72,82 (13,37)
Altura del hombro de pie	1,43 (0,06)	1,31 (0,06)	1,40 (0,08)
Altura del codo de pie	1,09 (0,05)	1,00 (0,05)	1,06 (0,06)
Altura de la cintura de pie	0,99 (0,05)	0,94 (0,05)	0,98 (0,05)
Alcance extendido			
Brazo derecho	0,84 (0,05)	0,76 (0,05)	0,82 (0,06)
Brazo izquierdo	0,84 (0,06)	0,76 (0,05)	0,82 (0,07)
Alcance normal			
Brazo derecho	0,48 (0,02)	0,43 (0,02)	0,47 (0,03)
Brazo izquierdo	0,48 (0,02)	0,43 (0,02)	0,47 (0,03)

2.2 Equipo y preparación

El dispositivo utilizado es similar al descrito en Chaffin, 1983. Consiste en una celda de carga adosada a un manubrio. Los sujetos sostuvieron el manubrio con ambas manos para ejercer fuerzas de empuje o halar a diferentes alturas, tal como se describe en la sección siguiente. La fuerza registrada por la celda de carga se transmitió a un dispositivo de lectura y de allí a una computadora, donde se llevo el registro individual de cada sujeto. La altura para empujar o halar se ajusto mediante un dispositivo construido especialmente para ello. La superficie del suelo era de baldosas de cerámica. EL coeficiente de fricción del suelo se asumió como similar a las condiciones de trabajo. El instrumento utilizado para las mediciones es un dinamómetro digital Lexus® colocado en un portacelda con los medios adecuados para su desplazamiento vertical, de manera que, al ser requerido, se pudiera colocar a una de las tres alturas previstas en el experimento: cresta iliaca, codo, hombro. También se utilizaron: el programa de computación PCPLUS, para el registro de datos y una cámara SONY® Cybershot para la documentación fotográfica de las sesiones.



Figura 1: dispositivo experimental

2.3 Variables dependientes e independientes y diseño experimental

Se estudio una variable dependiente: máxima fuerza volitiva. Las variables independientes fueron: altura del manubrio y tipo de movimiento. Las condiciones experimentales fueron: a) tres alturas del manubrio: (1) cresta iliaca, (2) codo y (3) hombro, todas en posición de pie, b) dos tipos de movimiento: empujar o halar. Esto levo a un diseño factorial de $3 \times 2 = 6$ combinaciones. Se hicieron cinco replicaciones secuenciales de cada combinación. Por lo tanto, cada uno de los 41 sujetos hizo un total de 30 movimientos. También tuvieron la oportunidad, si lo solicitaban, de hacer unos movimientos de práctica, antes de comenzar las sesiones. Las respuestas fueron las fuerzas máximas isométricas para empujar o halar.

2.4 Procedimiento experimental

Se recabaron los datos antropométricos de cada sujeto: estatura, peso, alturas de los ojos, hombros, cresta iliaca y codo de pie, alcance normal y máximo para ambos brazos. Las pulsaciones cardiacas de cada sujeto se midieron al comienzo de la sesión. Las instrucciones que se le indicaron

fueron: que se colocara delante del manubrio, lo sostuviera con ambas manos y empujara cinco veces a la altura de la cresta iliaca. Seguidamente se sentaría para descansar por dos minutos; a continuación se le mediría las pulsaciones cardiacas nuevamente. Si el aumento de la tasa cardiaca era mayor al 10% de su valor inicial, se ampliaba el periodo de descanso hasta que las pulsaciones descendieran hasta menos de un 10% adicional a la tasa inicial. El procedimiento se repitió para esfuerzos a las alturas del codo y del hombro.

El análisis estadístico de datos se hizo con el "Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales" (SPSS, versión 16.0)

Figura 2: postura típica en una prueba a la altura de la cintura



Figura 3: postura típica en una empujar prueba de empujar a la altura del codo



Figura 4: postura típica en una prueba de halar a la altura del hombro



3. Resultados

3.1 Resumen de resultados

La tabla 2 muestra los valores pico y promedio y sus desviaciones estándar para las fuerzas de empujar y halar. Los coeficientes de variación están en un rango aceptable.

Tabla 2
Fuerza isométrica para empujar y halar en Kg.

Genero	Parámetro		Empujar			Halar		
			Cintura	Codo	Hombro	Cintura	Codo	Hombro
Varones	Fuerza pico	Media	30.70	30.23	26.47	29.91	27.61	19.15
		D.E.	8.62	8.61	6.40	6.72	7.04	5.75
	Fuerza promedio	Media	27.8	27.97	23.50	26.59	25.12	16.87
		D.E.	8.43	8.33	5.43	6.39	6.66	4.96
Hembras	Fuerza pico	Media	19.73	19.54	17.56	19.17	18.04	13.52
		D.E.	7.39	6.51	6.02	6.17	6.82	4.40
	Fuerza promedio	Media	17.25	17.69	15.38	16.74	16.17	11.63
		D.E.	7.50	6.51	4.31	4.95	6.04	4.00

3.2 Efecto de la altura y del género

- Altura de la cintura

Las tablas 3 y 4 muestran un resumen de las fuerzas ejercidas por los sujetos al empujar o halar a la altura de la cintura. Hubo un total de 149 observaciones para los varones y 55 para las hembras.

Tabla 3: Fuerzas isométricas para empujar a la altura de la cintura

Percentil	Fuerza al empujar (Kgf.) a la altura de la cintura		
	Todos los participantes (n=204)(*)	Varones (n=149)(*)	Hembras (n=55)
Mínimo	3,86	13,74	3,86
90	14,1	18,29	5,58
75	18,89	21,76	12,16
50	24,19	25,85	17,11
25	29,07	31,09	23,96
10	39,84	40,82	28,05
Máximo	55,14	55,14	29,67
Promedio	24,97	27,82	17,25
Desv. Est.	9,55	8,63	7,47

Tabla 4: Fuerzas isométricas para halar a la altura de la cintura (kgf.)

Percentil	Todos los participantes (n=204)(*)	Varones (n=150)	Hembras (n=54)
Mínimo	6,18	9,63	6,18
90	13,89	18,11	8,42
75	18,86	21,97	13,89
50	23,42	26,32	17,29
25	29,5	31,36	20,25
10	34,97	36,39	22,65
Máximo	44,97	44,97	29,27
Promedio	23,99	26,59	16,79
Desv. Est.	7,89	7,05	5,21

- Altura del codo

Las tablas 5 y 6 muestran un resumen de las fuerzas ejercidas por los sujetos al empujar y halar a la altura del codo. Se obtuvieron un total de 140 observaciones para los varones y 55 observaciones para las hembras.

Tabla 5: Fuerzas isométricas para empujar a la altura del codo (kgf.)

Percentil	Todos los participantes (n=195)	Varones (n=140)	Hembras (n=55)
Mínimo	6,85	7,98	6,85
90	12,68	16,02	8,56
75	17,29	21,8	13,58
50	26,47	28,63	16,92
25	30,85	33,87	22,55
10	37,22	38,91	27,12
Máximo	46,98	46,98	28,96
Promedio	25,07	27,97	17,69
Desv. Est.	9,15	8,40	6,45

Tabla 6: Fuerzas isométricas para halar a la altura del codo (kgf.)

Percentil	Todos los participantes (n=194)	Varones (n=139)	Hembras (n=55)
Mínimo	4,09	8,96	4,09
90	12,56	16,27	8,19
75	16,91	20,12	12,74
50	22,69	24,86	15,76
25	27,7	29,74	20,09
10	32,61	34,49	24,35
Máximo	42,61	42,61	29,42

Promedio	22,57	25,10	16,17
Desv. Est.	7,79	6,93	5,99

- Altura de los hombros

Tabla 7: Fuerzas isométricas para empujar a la altura del hombro (kgf.)

Percentil	Todos los participantes (n=175)	Varones (n=120)	Hembras (n=55)
Mínimo	8,17	12,58	8,17
90	12,58	15,81	10,20
75	15,59	18,47	11,23
50	19,96	24,21	14,69
25	25,53	27,49	20,09
10	29,55	29,76	21,44
Máximo	39,86	39,86	29,86

Average	20,95	23,50	15,38
Desv. Est.	6,68	5,90	4,59

Tabla 8: Fuerzas isométricas para empujar a la altura del hombro

Percentil	Todos los participantes (n=180)	Varones (n=125)	Hembras (n=55)
Mínimo	3,5	4,52	3,5
90	8,48	10,84	6,84
75	11,55	13,69	8,81
50	14,97	16,44	11,51
25	18,9	20,46	14,63
10	22,55	24,78	16,86
Máximo	29,43	29,43	21,85
Promedio	15,27	16,87	11,65
Desv Est.	5,46	5,24	4,26

Para una misma altura, las fuerzas ejercidas para empujar siempre fueron mayores que las ejercidas para halar, para ambos géneros. Sin embargo, al comparar, la diferencia en los promedios para las alturas de la cintura y codo no fueron significativas para un nivel de significación de 0,05. Las diferencias entre los promedios para las alturas cintura–hombros y codo–hombros fueron significativas para los varones y para las hembras al empujar y al halar. Los resultados se muestran en las tablas 9 y 10.

Tabla 9. Diferencia entre géneros en la fuerza promedio (en kgf.)

Tipo de movimiento	Altura	Varones	Hembras	Diferencia (en porcentaje)
Empuje estático con las dos manos	Cintura	27,82	17,25	37,99
	Codo	27,97	17,69	36,75
	Hombro	23,50	15,38	34,55
Halar estático con las dos manos	Cintura	26,59	16,79	36,86
	Codo	25,10	16,17	35,58
	Hombro	16,87	11,65	30,94

Tabla 10. Efecto de la altura de las manos: Diferencias en las fuerzas promedio (en porcentaje del valor de referencia).

Valor de referencia: altura del codo

Tipo de movimiento	Género	% Diferencia en el promedio(*)	
		Altura de la cintura	Altura del hombro
Empuje estático con las dos manos	Varones	0,54	15,98
	Hembras	2,49	13,06
Halar estático con las dos manos	Varones	-5,94	32,79
	Hembras	-3,83	27,95

(*) un valor negativo indica que el valor de referencia es menor, un valor positivo indica que el valor de referencia es mayor.

4. Discusión de resultados

4.1 Diferencias en altura y tipo de movimiento

Para ambos géneros, la diferencia en la fuerza promedio al ejercer fuerzas a la altura del codo y a la altura de la cintura no excedieron un 6%. Los valores se muestran en la tabla 10. Esta diferencia no fue significativa a un nivel de confianza del 95%. Sin embargo, las diferencias entre las fuerzas ejercidas a la altura del codo y a la altura del hombro estuvieron entre 13,06% para las hembras y 32,79% para los varones. Con una sola excepción, estas diferencias fueron significativas al nivel de confianza del 95%. La excepción fue la diferencia entre el esfuerzo para empujar, a esos niveles, para las hembras: la diferencia mostrada en la tabla 10 (13,06%) no fue significativa.

4.2 Diferencia de géneros

Las personas del sexo femenino tuvieron menor fuerza que las del sexo masculino. Las diferencias medidas van desde un 30,94% menos fuerza en la tarea de halar a la altura del hombro hasta un 37,99% menos al empujar a la altura de la cintura.

4.3 Comparación con otros estudios

Tabla 11. Fuerzas estáticas ejercidas en posición de pie (unidades: Newton)

Fuente	Tipo de movimiento	Altura	Varones		Hembras	
			Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar
Este estudio	Empuje estático con ambas manos	Cintura	273	85	169	73
		Codo	274	82	174	63
		Hombro	231	58	151	45
	Halar estático con ambas manos	Cintura	261	69	165	51
		Codo	246	68	159	59
		Hombro	165	51	114	42
Kumar, 1995	Empuje estático con ambas manos	35 cm.	314	102	210	41
		100 cm.	488	132	277	64
		150 cm.	378	118	220	53
	Halando estático con ambas manos	35 cm.	295	53	247	64
		100 cm.	646	189	439	97
		150 cm.	615	200	352	58

Tabla 12. Comparación con otros estudios (altura a nivel del codo y del hombro)
Valores de referencia: Kumar 1995

	%Diferencia en las medias			
	Varones		Hembras	
	Altura del codo	Altura del hombro	Altura del codo	Altura del hombro
Empujar	43,85	38,88	37,35	31,41
Halar	61,91	73,17	63,86	67,53

4.4 Altura recomendada para una tarea de empujar o halar con ambas manos en posición de pie

No se encontró una diferencia significativa para las tareas de empujar o halar cuando el apoyo de las manos es a la altura de la cintura o del codo. En comparación, el apoyo a la altura del hombro explica la reducción observada en la fuerza ($p < 0,05$). Esto coincide con los hallazgos de trabajos previos (Imrhan, 1999) que encontró que la fuerza ejercida a la altura entre el codo y la cintura era mayor que en otras alturas.

Tabla 13. Comparación con otros estudios

Fuente	Mejor altura al empujar	Mejor altura al halar
Este estudio	Entre cintura y codo	Entre cintura y codo
Imrhan, 1999	Entre codo y cadera	Entre cadera y rodilla
Kumar, 1995	100 cm.	100 cm.

Al comparar los resultados con otros estudios, (Kumar, 1995; Imrhan, 1999), hay coincidencia en la altura a la que deben apoyarse las manos. Este estudio encontró que hay una mayor capacidad a la altura entre la cintura y el codo en posición de pies que la que se tiene a la altura del hombro (al empujar la capacidad aumenta entre 13% y 15% para ambos géneros, al halar la capacidad aumenta entre 27 y 32%).

Las aplicaciones prácticas para la industria que se derivan de este trabajo son: i) limitar las fuerzas ejercidas en las tareas de empujar y halar a valores entre el percentil 75 y 90, la tabla 14 muestra estos valores, ii) reubicar las alturas de las asas a los valores indicados en la tabla 15.

Tabla 14

Limites recomendados para empujar y halar para los trabajadores en Venezuela (en kgf.) Posición de las manos: entre las Alturas de la cintura y del codo)

Tipo de movimiento	Percentil	Varones	Hembras
EMPUJAR	P75	31,09	22,55
	P90	38,91	27,12
HALAR	P75	29,74	20,09
	P90	34,49	22,65

A pesar de que una de las conclusiones más importantes es que se debe evitar la altura a nivel del hombro, existe la creencia popular que esta es la mejor altura. Este trabajo estudio tres alturas diferentes: cintura, codo y hombro. Existe la posibilidad de que un punto intermedio entre la altura del hombro y de la cintura permite a las personas ejercer mayores fuerzas. Se requiere investigar este punto con mayor detenimiento.

5. Resumen

Los trabajadores en Venezuela tienen una mayor capacidad isométrica para empujar o halar a la altura de la cintura que a la altura de los hombros (13% a 32% de reducción en la capacidad a la altura de los hombros). Hay una diferencia significativa en la capacidad entre los géneros: las mujeres tienen entre un 30% a 39% menos capacidad que los hombres. Al comparar los resultados de este estudio con otros estudios sobre capacidad isométrica para empujar o halar se encontró que los trabajadores en Venezuela tienen entre un 31% a 73% menor capacidad.

6. Referencias

- CHAFFIN, DON; ANDRES, ROBERTO; GARG, ARUN, "Volitional Postures during Maximal Push/Pull Exertions in the Sagittal Plane", *Human Factors*, 25(5), 1983, pp. 541-550
- CUERVO, ALBERTO; SARMIENTO, ANDREA; QUINTANA, LEONARDO; SCHULZE, LAWRENCE J. H.; DELCLOS, GEORGE, "Determination of the Maximum Peak Forces in the Activities of Pushing and Pulling by Experienced Female Workers in Colombia", *International Journal of Industrial Engineering*, 1(14), 2003, pp. 600-606
- IMRHAN, S.N., "Pushing and Pulling Strengths", Citado en: *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors* (Karwowski, 2000), CRC Press, p. 499
- Instituto Nacional de Prevención, Seguridad y Salud Laborales (INPSASEL), "Registro Enfermedades Ocupacionales" (años: 2006 y 2004)
- KUMAR, S.; "Upper body strength of normal young adults in sagittal plane at three heights", *International Journal of Industrial Ergonomics*, 1995, (No.15) pp. 427-436
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) "Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors" (Pub No. 97 141), 1997, Cincinnati OH
- SNOOK, S.H., "The Design of Manual Handling Tasks", *Ergonomics*, 21(12), 1978, pp. 963-985

SNOOK, S.H.; CIRIELLO, V.M.; "The Design of Manual Handling Tasks: Revised Tables of Maximum Acceptable Weights and Forces", *Ergonomics* 34(9), 1991, pp.1197-1213