

financiados en parte por los proyectos nacionales TIC2000-1750-C06-02 y TIC2003-05982-C05-02. Estas notas nacieron de una charla impartida en las *I Jornadas SEIO-RSME sobre Programación Matemática*, Elche, 6-7 de mayo de 2004.

Bibliografía

J.F. Benders, "Partitioning procedures for solving mixed-variables programming problems", *Numerische Mathematik* 4 (1962) 238-252.

G. Farkas, "A Fourier-féle mechanikai elv alkalmazásainak algebrai alapjáról", *Mathematikai és Fizikai Lapok* 5 (1986) 49-54. [en húngaro]

I.P. Fellegi, D. Holt, "A systematic approach to automatic edit and imputation", *Journal of the American Statistical Association* 71 (1976) 17-35.

H. Hernández-Pérez, J.J. Salazar-González, "A Branch-and-Cut Algorithm for the Traveling Salesman Problem with Pickups and Deliveries", *Discrete Applied Mathematics* 145 (2004) 126-139.

J. Riera-Ledesma, J.J. Salazar-González, "Algorithms for automatic data editing", *Statistical Journal of the United Nations ECE* 20 (2003) 255-264.

I. Rodríguez-Martín, J.J. Salazar-González, "Decomposition Approaches for a Capacitated Hub Problem", *Lecture Notes in Artificial Intelligence* 3315 (2004) 154-163.

J.J. Salazar-González, "A Unified Mathematical Programming Framework for different Statistical Disclosure Limitation Methods", en prensa en *Operations Research*, 2005.

4. ARTÍCULOS DE APLICACIÓN

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA ESTABILIDAD EN ASIENTOS DE USO DOMÉSTICO Y PÚBLICO

Mónica Alacreu¹ y Carmen Armero

Àrea d'Epidemiologia. Direcció General de Salut Pública.

Departament d'Estadística i Investigació Operativa. Universitat de València.

1. Introducción

La certificación de calidad de un producto tiene como objetivo garantizar al consumidor la resistencia y seguridad del artículo que va a adquirir. Además, desde el punto de vista comercial, le proporciona un signo de distinción que permite diferenciarlo de la competencia de otros en el mercado. En el sector del mueble, esta garantía se obtiene sometiendo al mobiliario a unos ensayos de acuerdo a su naturaleza y función según las especificaciones que determina la norma prevista para su uso. Estas pruebas se realizan en laboratorios especializados, que disponen de la acreditación y de la maquinaria adecuada para simular, en poco tiempo, las acciones que el mueble tendría que soportar durante varios años en su régimen normal de uso.

La Asociación de Investigación y Desarrollo en la Industria del Mueble y Afines (AIDIMA) es una entidad privada de ámbito nacional y sin ánimo de lucro, cuyo objetivo básico es lograr el progreso y desarrollo tecnológico del sector español del mueble e industrias afines, el incremento en la calidad de producción y el fortalecimiento de las exportaciones. Entre los diferentes servicios que oferta se encuentra el Laboratorio para el Mueble Acabado (LMA), que es un centro técnico donde se realizan los ensayos y certificaciones de las diversas familias de muebles. Una de las más comunes y en la que centramos este trabajo, es la sillería de uso doméstico y público, que abarca tanto las sillas (asientos sin reposabrazos) como los sillones (asientos con reposabrazos).

El análisis estadístico que presentamos en este trabajo es parte del realizado durante el disfrute de una beca de formación profesional práctica que la primera autora realizó en AIDIMA sobre la recopilación y tratamiento estadístico de resultados del LMA. Durante ese periodo analizamos los resultados obtenidos con la norma UNE EN 1022: 1998, que es una publicación que regula la metodología y las especificaciones a seguir en todos los ensayos que evalúan la estabilidad de los asientos de uso doméstico y público en España.

Este trabajo está estructurado en cuatro apartados. Tras esta introducción, explicaremos en el siguiente apartado las dificultades que tuvimos en el diseño y recopilación del banco de datos. Después, presentaremos una descripción básica de las variables que caracterizan la estabilidad de los asientos y finalizaremos aplicando técnicas básicas de supervivencia para analizar el comportamiento de la fuerza

aplicada para producir el “vuelco” de cada uno de los asientos considerados.

2. ¿De dónde salieron los datos?

Para garantizar un banco de datos de buena calidad, nuestra primera tarea fue estudiar qué familia de muebles se ensayaba más frecuentemente en el laboratorio. Una vez seleccionada la sillería de uso doméstico y público, tuvimos que elegir el periodo de tiempo en el que centraríamos el trabajo. Teniendo en cuenta que la documentación que estábamos consultando se guardaba en el archivo general y que éste había sufrido cambios en el almacenamiento, llegamos a la conclusión de que lo más sensato era trabajar con los datos de los años 2000, 2001 y 2002. Una vez seleccionado el mobiliario y el periodo de análisis, elegimos, de entre todos los ensayos que se realizan a los asientos, aquellos que evalúan su estabilidad. Posiblemente, la tarea más tediosa de este proceso fue la consulta del archivo, ya que éste carecía de versión informatizada y todo el trabajo de recopilación lo tuvimos que hacer a mano.

Finalmente, el banco de datos quedó formado por las observaciones tomadas a 121 asientos que registramos en 6 variables:

- Año: Es el año, 2000, 2001 ó 2002, en que fue ensayado el asiento.
- Uso: Se refiere al uso que, previsiblemente, va a recibir el asiento. Existen tres categorías: uso doméstico normal, doméstico severo o público normal, y público severo.
- Reposabrazos: Es una variable dicotómica que toma el valor 1 si el asiento lleva reposabrazos (es un sillón) y 0 si no lo lleva (porque es una silla).
- Vdelantero: El vuelco delantero es la fuerza, expresada en newtons (N), que resiste el asiento antes de volcar hacia delante. Para que un asiento sea considerado estable en esta prueba debe resistir al menos 20 N.
- Vtrasero: El vuelco trasero es la fuerza, en newtons, que resiste un asiento antes de que vuelque hacia atrás. En esta prueba un asiento se considera estable si resiste, como mínimo, una fuerza superior a $0.2857(1000-h)$ N, siendo h la altura desde la base del asiento hasta el suelo expresada en milímetros (mm).
- Vlateral: El vuelco lateral es la fuerza, en newtons, que debe resistir el asiento antes de volcar de lado. Un asiento es estable en esta prueba si resiste al menos 20 N.

Las tres últimas variables nos permiten evaluar la estabilidad de los asientos. Las tres primeras, Año, Uso y Reposabrazos, son factores que utilizaremos para intentar explicar y analizar la estabilidad de los distintos asientos. Debemos comentar que las cargas aplicadas para los vuelcos laterales son diferentes en las sillas y sillones, y por eso, tanto en la descripción estadística de los datos como en el análisis de supervivencia diferenciaremos entre ambos.

3. Descripción de los datos.

En este apartado se muestra una descripción básica de las tres variables que miden la estabilidad de los asientos en forma de tablas con los estadísticos habituales, histogramas para visualizar la forma en que se distribuyen los datos y diagramas de cajas para describir su comportamiento según los diferentes factores considerados. Nótese que, en todo este apartado, todas las gráficas mantienen la misma escala para que la comparación visual sea homogénea.

En la tabla 1 se presenta el tamaño muestral, mínimo, máximo, media y desviación típica de las variables que describen la estabilidad de los distintos asientos.

	n	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Típica
Vdelantero	121	0	278	89.51	52.59
Vtrasero	120	107	493	222.29	60.01
Vlateral para sillas	66	22	183	75.61	35.84
Vlateral para sillones	55	10	250	85.56	60.67

Tabla 1: Estadísticos básicos de las variables que miden el tiempo registrado hasta que se produce un vuelco delantero, trasero y lateral.

Puede observarse que el mínimo de la variable Vdelantero es 0 N. Esto significa que algún asiento ha volcado hacia delante durante la preparación previa al ensayo, que consiste en cargar el asiento con 600 N simulando que hay una persona sentada. El número de observaciones de la variable Vtrasero es 120, ya

que hubo un asiento al que no se le practicó esta prueba. Es también interesante observar que la dispersión de los datos del vuelco lateral en sillones es casi el doble de la registrada en las sillas.

En la figura 1 se presenta un histograma de los datos de las variables que registran los vuelcos estudiados. En los histogramas correspondientes al Vdelantero y Vlateral, tanto para sillas como sillones, la primera barra corresponde al número de asientos que no han superado los 20 N, y que por lo tanto, no han sido considerados como estables. En este ensayo se han encontrado 4 asientos inestables respecto a la prueba del Vdelantero, todas las sillas han sido diagnosticadas como estables y 2 sillones como inestables respecto al Vlateral.

La distribución de los datos de la variable Vtrasero está más desplazada hacia la derecha que la de las otras variables y presenta una cierta simetría respecto de los valores alrededor de 200 N. Recordamos también que la estabilidad de un asiento en esta prueba depende del diseño del mueble, de forma que cuanto mayor es su altura, menos fuerza, paradójicamente, debe superar para ser estable. Por ejemplo, los asientos con una altura superior a 720 mm deben resistir una fuerza mínima de 80 N. En la figura 2 representamos la fuerza que ha resistido cada asiento antes de volcar hacia atrás y la fuerza que debía resistir, según su altura, para ser considerado estable. En este caso, son 4 los asientos que han sido considerados inestables. En la figura 3 representamos las variables Vdelantero, Vtrasero y Vlateral con respecto a los factores considerados. Podemos destacar que existe una mayor variabilidad de las observaciones en el grupo de los sillones que en el de las sillas, posiblemente porque en el grupo de los

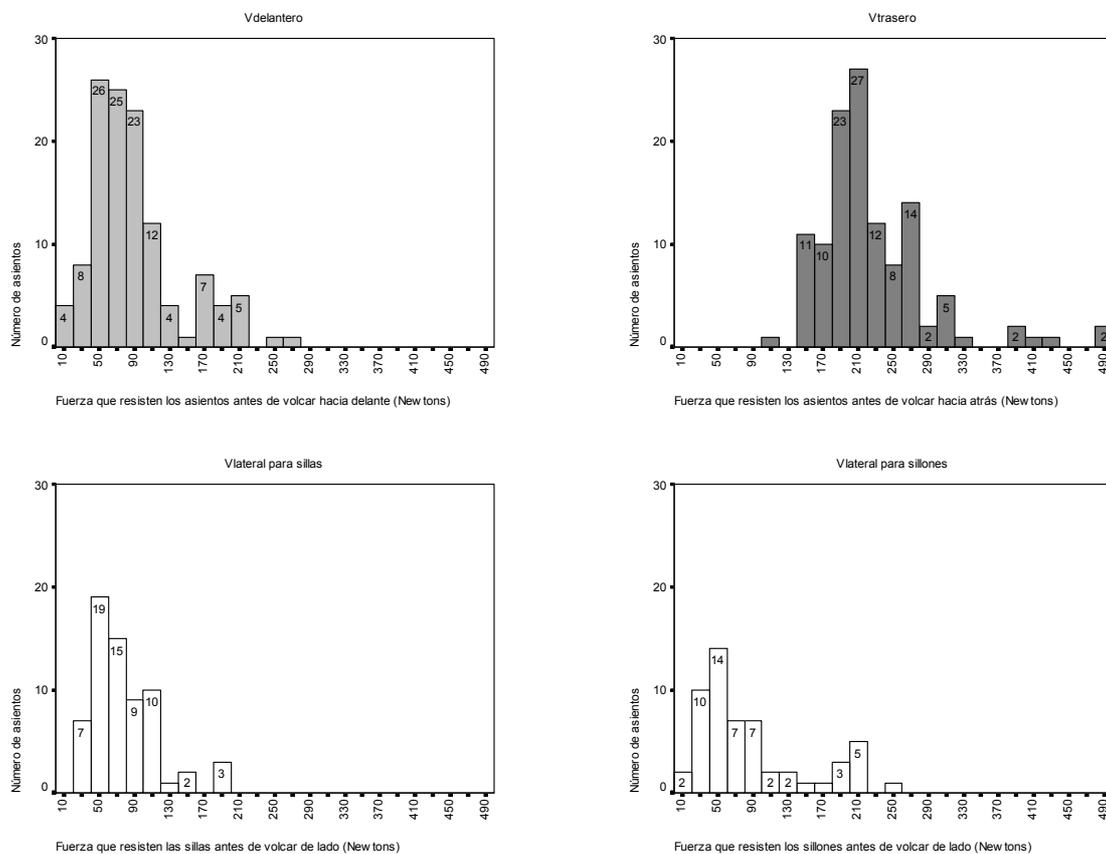


Figura 1: Histogramas de las variables que registran el vuelco delantero, trasero y lateral, éste último para sillones y sillas por separado.

sillones se consideran tanto sillones de comedor con un cierto tamaño, como sillones que se parecen a una silla, sólo que en su estructura están dotados de reposabrazos. Intuitivamente, al aplicar las mismas cargas a dos muebles tan dispares se van a obtener resultados muy diferentes. Por otra parte, las cajas que representan el vuelco delantero siguen una tendencia decreciente cuanto más severo sea el uso de asientos. Es decir, los asientos destinados a uso público severo tienen menos resistencia al vuelco.

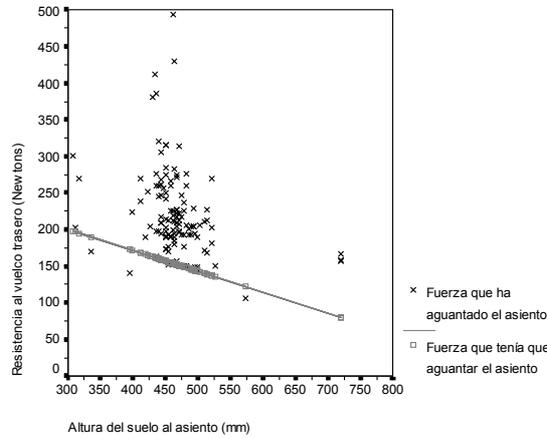


Figura 2: Resistencia al Vtrasero y fuerza necesaria para el cumplimiento de la estabilidad, respecto a la altura del asiento.

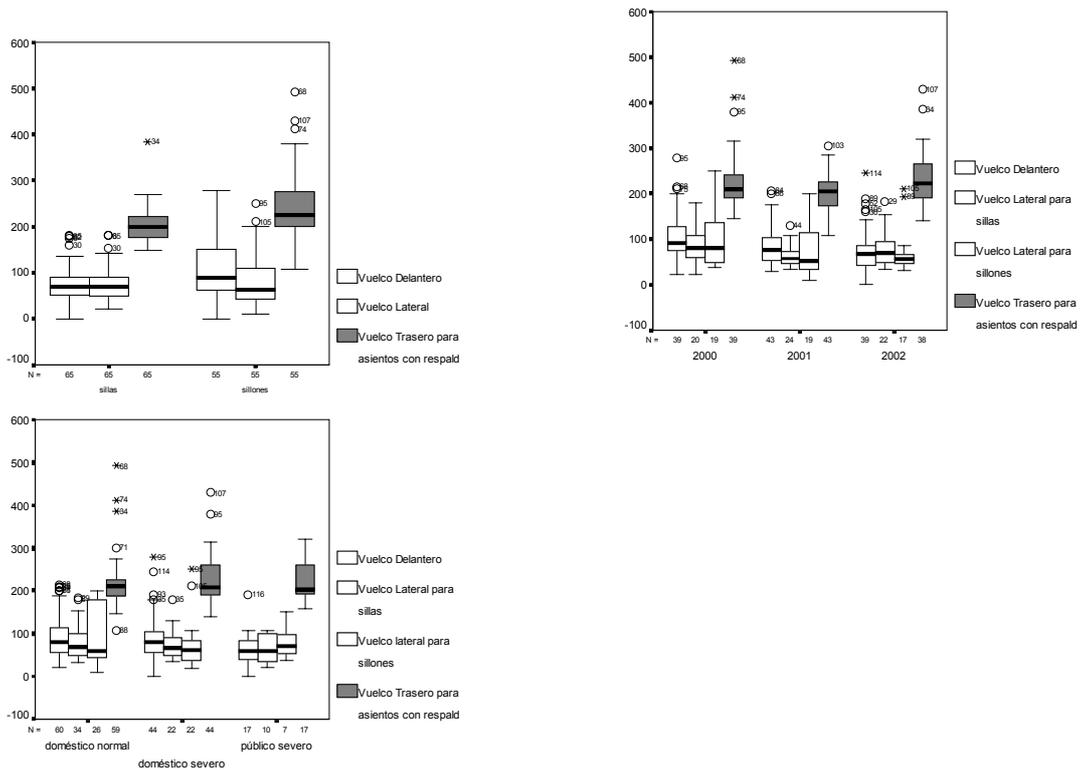


Figura 3: Diagramas de cajas que resumen las variables Vdelantero, Vtrasero y Vlateral, respecto los factores Reposabrazos, Uso y Año.

delantero que los asientos de uso doméstico normal. Sin embargo, las cajas que representan el vuelco trasero tienen una tendencia creciente con la severidad de su uso. Esto significa que los asientos de uso público severo son más resistentes al vuelco trasero que los asientos de uso doméstico normal. Por último, parece que con el paso de los años, los asientos se fabrican más resistentes al vuelco trasero y cada vez menos resistentes al vuelco delantero. Esta sería una línea de investigación a seguir que precisaría de datos de periodos de tiempo mucho más amplios.

4. Análisis de supervivencia.

El análisis de supervivencia es una técnica estadística poco habitual en temas de mobiliario.

Se utiliza para describir datos correspondientes al tiempo que transcurre desde un punto que marca el inicio del experimento hasta que se produce el evento de interés. Este es el caso, por ejemplo, del tiempo que pasa desde que se diagnostica una enfermedad terminal hasta que el paciente fallece. Sin embargo, estas técnicas son también útiles para describir datos que, aun preservando esta estructura, tienen un contexto de aplicación y un significado muy diferente. Por la naturaleza de las pruebas que evalúan la estabilidad de los asientos, podemos interpretar las fuerzas que se aplican a los asientos como magnitudes continuas que se administran hasta que se produce un evento. En este caso las fuerzas jugarían el papel del tiempo mencionado inicialmente y el evento sería el vuelco del asiento.

En la tabla 2, mostramos de forma básica y para cada una de las variables por separado, la estimación semi-paramétrica de la supervivencia con el método de Kaplan–Meier. Observamos que para volcar un asiento hacia delante son necesarios, en promedio, aproximadamente 89 N de fuerza, mientras que la fuerza media estimada, para volcar un asiento hacia atrás, es más de 222 N. En general, se observa que para volcar una silla de lado se necesita una media de 76 N, a su vez para volcar un sillón son necesarios alrededor de 86 N. Si miramos los percentiles, aplicando una fuerza de 48 N sobre el conjunto de las sillas volcamos de lado el 25% (sobreviven el 75%), sin embargo con la misma fuerza logramos volcar más del 25% de los sillones. Por otra parte, aplicando 94 N de fuerza fallaría el 75% de las sillas en el Vlateral y menos del 75% de los sillones. Esto significa que hay más variabilidad en la resistencia al vuelco lateral de los sillones que en la resistencia al vuelco lateral de las sillas. Hay sillones que son menos estables que “la peor” silla y los hay más estables que “la mejor” silla.

	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	Percentiles		
				25	50	75
Vdelantero	89.51	4.78	(80.14, 98.88)	107	79	54
Vtrasero	222.29	5.48	(211.55, 233.03)	250	209	190
Vlateral para sillas	75.61	4.41	(66.96, 84.25)	94	69	48
Vlateral para sillones	85.56	8.18	(69.53, 101.60)	110	64	42

Tabla 2: Resumen de supervivencia para las variables Vdelantero, Vtrasero, Vlateral para sillas y Vlateral para sillones.

En la tabla 3 presentamos un resumen de la supervivencia de las variables que describen los diferentes vuelcos, considerando, como factor de agrupación, el uso previsible que deberían recibir los asientos.

	Uso	Media	Error Estándar	Intervalo de Confianza 95%	Percentiles		
					25	50	75
Vdelantero	doméstico normal	94.98	6.44	(82.36, 107.60)	112	81	55
	doméstico severo	92.27	8.60	(75.41, 109.14)	104	79	54
	público normal	63.06	10.68	(42.13, 83.99)	83	59	40
Vtrasero	doméstico normal	218	8.22	(202.00, 234.20)	227	210	189
	doméstico severo	226	9.15	(208.31, 244.19)	260	209	190
	público normal	226.59	11.68	(203.70, 249.48)	260	204	194
Vlateral para sillas	doméstico normal	79.50	6.60	(66.57, 92.43)	101	69	49
	doméstico severo	74.95	7.10	(61.03, 88.88)	90	65	49
	público normal	63.80	10.24	(43.73, 83.87)	101	48	34
Vlateral para sillones	doméstico normal	96.38	13.46	(70.01, 122.76)	180	53	44
	doméstico severo	74.59	11.91	(51.25, 97.93)	84	57	38
	público normal	79.86	15.12	(50.22, 109.50)	110	70	46

Tabla 3: Resumen de supervivencia para las variables Vdelantero, Vtrasero, Vlateral para sillas y Vlateral para sillones distinguiendo los diferentes niveles de uso.

El promedio de fuerza necesario para volcar hacia delante un asiento de uso doméstico normal es de casi 95 N, mientras que la fuerza necesaria en asientos de uso público severo es de 63 N. Los percentiles también muestran diferencias en cuanto al comportamiento de los tres usos. Aplicando 81 N de fuerza sobre los asientos de uso doméstico normal, conseguimos que vuelquen la mitad. Lo mismo pasa si aplicamos 79 N sobre los asientos de uso doméstico severo. Por último, con tan sólo 59 N de fuerza logramos volcar el 50% de los asientos de uso público severo.

Si nos fijamos en la variable Vtrasero, el comportamiento de la supervivencia para los distintos niveles de uso son bastante similares. El percentil 25 es el que más diferencias marca, ya que con 227 N de fuerza volcamos el 75% de los asientos de uso doméstico normal mientras que son necesarios 260 N para volcar el mismo porcentaje de asientos en los otros dos niveles.

Observando los resultados obtenidos para la variable Vlateral, vemos que para que vuelque lateralmente una silla de uso doméstico normal es necesaria una media de 79.5 N. El promedio para sillas de uso público severo es mucho menor, alrededor de 64 N. Si miramos los percentiles, podemos ver que con una fuerza de 49 N conseguimos volcar el 25% de las sillas de uso doméstico normal, el 25% de uso doméstico severo y más del 50% de las sillas de uso público severo. En el caso de los sillones, la fuerza media necesaria para volcar un sillón lateralmente ha aumentado considerablemente con respecto a la media en las sillas. Es decir, para volcar lateralmente un sillón se necesita en general más fuerza que para volcar una silla. Con 53 N de fuerza vuelca el 50% de los sillones de uso doméstico normal, el 46% de los sillones de uso doméstico severo y, aproximadamente, el 30% de los sillones de uso público severo.

La tabla 4 recoge los resultados de tres pruebas (test Log-Rank, Test de Breslow y test de Tarone-Ware) que valoran las posibles diferencias en la supervivencia de los asientos en relación a sus distintos usos. Cuando, como consecuencia de la estratificación de un factor, comparamos varias curvas de supervivencia que se cruzan, es conveniente evitar la prueba Log Rank cuando las mayores discrepancias se encuentran al inicio de las curvas.

	Test Log Rank		Test Breslow		Test Tarone-Ware	
	estadístico	p-valor	estadístico	p-valor	estadístico	p-valor
Vdelantero	5.65	0.0594	7.43	0.0244	6.86	0.0323
Vtrasero	0.64	0.7256	0.82	0.6651	0.92	0.6328
Vlateral	1.63	0.4428	1.00	0.6064	1.27	0.5304

Tabla 4: Test de comparación de las distribuciones de supervivencia de los distintos usos, en cada una de las variables vuelco.

En el caso de la variable Vdelantero, la prueba más adecuada es la de Tarone - Ware. Como las gráficas de las tres curvas de supervivencia se cruzan (figura 4), el test Log Rank no es capaz de detectar diferencias entre los distintos grupos, y sin embargo tanto la prueba de Breslow como la de Tarone - Ware sí que lo son. Podemos afirmar que, al menos, dos de los usos presentan diferencias significativas, en la variable Vdelantero. Para las variables Vtrasero y Vlateral, las tres pruebas anteriores no son capaces de detectar diferencias significativas en la supervivencia entre los asientos de uso doméstico normal, doméstico severo y público severo.

Para cada uno de los vuelcos estudiados, la figura 4 muestra la función de supervivencia obtenida con el método de Kaplan-Meier y, a su derecha, la estratificación de cada gráfica según su previsible uso. Como vemos en la primera gráfica, la variable Vdelantero tiene al principio la pendiente muy acentuada y después se atenúa, es decir al principio, aumentando poco la fuerza aplicada a los asientos, vuelcan hacia delante más rápidamente. Así, aplicando 100 N vemos que han caído, aproximadamente, el 70 % de los asientos. Sin embargo, si aplicamos 100 N para provocar el vuelco trasero, no falla ningún asiento. Por otra parte, vemos que la gráfica del Vlateral para sillones es la que tiene la pendiente más pronunciada. Aplicando entre 20 N y 100 N de fuerza, vuelcan de lado el 80 % de las sillas. Por último, en la última gráfica estratificada, vemos diferencias entre los distintos usos, para los sillones que vuelcan con más de 80 N.

No queda bien esta página, habría que ajustarlo mejor. Quizá poniendo este último párrafo detrás de la figura

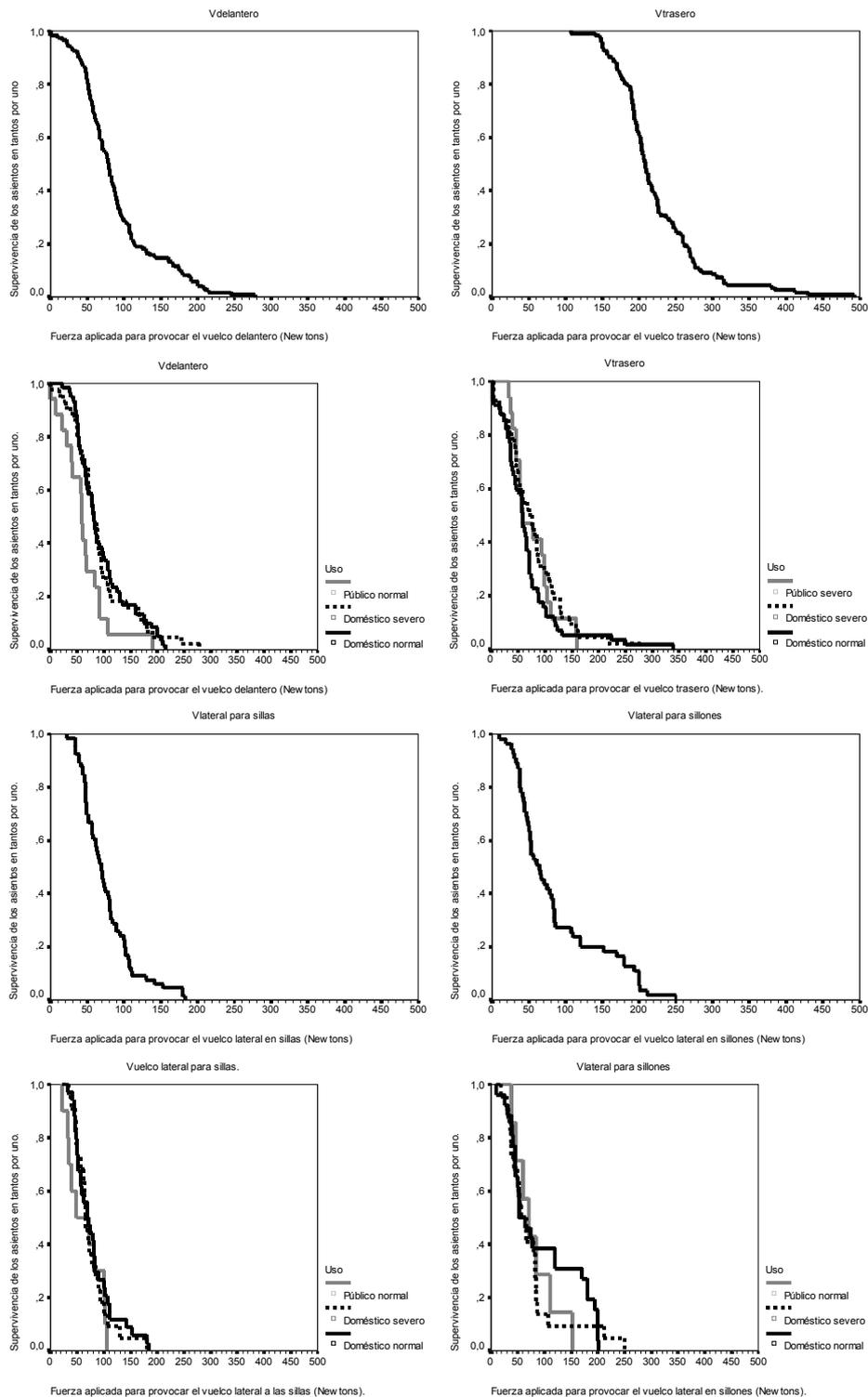


Figura 4: Funciones de supervivencia de las variables Vdelantero, Vtrasero y Vlateral para sillas y sillones. Funciones de supervivencia distinguiendo entre los diferentes usos.

5. Referencias.

Pérez-Hoyos S. Análisis de Supervivencia. Quaderns de salut pública i administració de serveis de Salut, 11. Valencia: Institut Valencià d'Estudis en Salut Pública, 1997.
 Bermúdez José D. Técnicas Estadísticas en el Análisis de Supervivencia. Departamento de Estadística e Investigación Operativa. Universitat de València, 1997. Disponible en <http://www.uv.es/~bermudez/>.