

Investigación

Estimación de magnitudes

David Díaz Gutiérrez

Rocío Garrido Martos

Revista de Investigación



Volumen II, Número 2, pp. 167--194, ISSN 2174-0410
Recepción: 9 Sep'12; Aceptación: 25 Sep'12

1 de octubre de 2012

Resumen

Tener una referencia para medidas cotidianas basadas en la experiencia personal o profesional, o en datos conocidos por estudios previos, permite aproximar soluciones a problemas complejos y facilita la previsión de los recursos necesarios. Los órdenes de magnitud parecen adecuados como referencia, pues se estudian en la educación obligatoria y dan una idea inicial válida de dichas medidas, otorgando ciertamente una competencia básica que debe incluirse en el catálogo de las universidades.

Palabras Clave: órdenes de magnitud, medida, competencia.

Abstract

Having a reference for everyday actions based on personal or professional experience, or even on known data from previous studies, allow us to approximate solutions to complex problems and eases the foresight of required resources. The orders of magnitude seem to be suitable as a reference, as they are studied in the compulsory education and give an initial idea of how valid such measures are, certainly providing a basic skill to be included in the catalog of universities.

Keywords: orders of magnitude, measure, competence.

1. Introducción

En la vida cotidiana tomamos referencias sin pensar, de forma intuitiva, y nos formamos una idea aproximada de las medidas, tamaños y formas en general de los objetos que nos rodean, sin caer en la cuenta de lo acertado de los resultados así obtenidos. Para ello nos basamos en nuestra experiencia vital y la percepción que hemos adquirido al relacionarnos con dichos objetos. Sin embargo, la medida de estos objetos cotidianos está, con relativa frecuencia, fuera del rango de resultados que tomaríamos como válidos si nos preguntaran.

De hecho, es frecuente que discutamos sobre lo acertado del razonamiento que nos lleva a concluir sobre alguno de ellos en cuestión, cuando dos o más personas dan resultados diferentes. Diferente cuestión aparece cuando uno de los presentes ofrece un resultado previo, sin dejar ‘pensar’ al resto, pues éste ejerce un poder de atracción –efecto ‘anclaje’ [1]– hacia el valor tomado como referencia, de tal forma que las demás personas tomarán resultados cercanos eludiendo un razonamiento independiente que les hubiera podido llevar a otra conclusión.

Por tanto cabe preguntarse si ciertamente tenemos una capacitación suficiente para valorar adecuadamente las medidas de los objetos que nos rodean o, por el contrario, estamos bastante lejos de hacernos una idea suficientemente cercana a la realidad de los mismos. O dicho de otra manera, si existe un riesgo de errar en la valoración de una medida, lo que implica que el elemento de azar es medible, o bien aparece una incertidumbre donde la falta de elementos de juicio dificulta la estimación –paradoja de Ellsberg [2]–.

Medir esta competencia es una ardua tarea que se escapa del objetivo de este trabajo, pero comprobar si esta competencia ha sido asimilada tras su estudio o se conoce por la experiencia vital acumulada puede ser realizado con cierto éxito si se dan los pasos adecuados.

Este trabajo trata de ahondar en los resultados obtenidos tras la realización de un cuestionario por parte de un grupo de estudiantes de ingeniería, buscando qué tipo de medidas son fácilmente reconocibles por ellos y cuáles se escapan de su entendimiento, así como chequear diferentes órdenes de magnitud y tipos de medida para comprobar los límites a la hora de utilizar la experiencia acumulada.

2. Magnitudes: órdenes, medida, estimación

2.1 Definición de orden de magnitud

Un **orden de magnitud** se puede definir como una clase de escala o magnitud de cualquier cantidad, donde cada clase contiene valores de un cociente fijo con respecto a la clase precedente. Como tradicionalmente se utiliza el sistema métrico decimal, dicho cociente fijo suele ser el 10. Desde la undécima Conferencia General de Pesos y Medidas [3] quedan definidas las seis unidades básicas del que pasa a denominarse Sistema Internacional de Medidas (SI), añadiéndose posteriormente una más hasta quedar las siete que lo conforman: medida –metro (m)–, peso –kilogramo (kg)–, tiempo –segundo (s)–, intensidad de corriente eléctrica –amperio (A)–, temperatura –kelvin (K)–, cantidad de sustancia –mol (mol)–, e intensidad luminosa –candela (cd)–; así como la tabla de los prefijos del mismo, completada en posteriores Conferencias y que actualmente es la siguiente:

Tabla 1. Prefijos del Sistema Internacional de Medidas (Fuente: Conferencia General de Pesos y Medidas)

Factor	Nombre	Símbolo	Factor	Nombre	Símbolo
10^1	deca	da	10^{-1}	deci	d
10^2	hecto	h	10^{-2}	centi	c
10^3	kilo	k	10^{-3}	milli	m
10^6	mega	M	10^{-6}	micro	μ
10^9	giga	G	10^{-9}	nano	n
10^{12}	tera	T	10^{-12}	pico	p
10^{15}	peta	P	10^{-15}	femto	f
10^{18}	exa	E	10^{-18}	atto	a
10^{21}	zetta	Z	10^{-21}	zepto	z
10^{24}	yotta	Y	10^{-24}	yocto	y

Esta tabla, y el sistema de potencias de 10 que utiliza, permiten emplear el exponente como medida de referencia para los órdenes de magnitud, de tal forma que una medida 1.000 veces -10^3 mayor que otra implica tres órdenes de magnitud de diferencia.

2.2 Importancia y necesidad de la medida y los órdenes de magnitud

La mayoría de las veces que nos encontramos solos frente a una dificultad solemos comenzar por estimar un valor de referencia sobre el que apoyarnos para comenzar a solventar el problema. Sin embargo, la carencia de una sólida base sobre la que estimar dicho valor puede llevarnos a cometer el error de pensar que la referencia tomada es válida, cuando realmente podemos encontrarnos lejos de su valor real.

Las referencias así tomadas suelen provenir de nuestra propia experiencia en situaciones similares, así como de los procesos de aprendizaje seguidos que nos hayan podido capacitar para comprender las diferentes posibilidades de la medida en cuestión, tanto como de las diferencias en los órdenes de magnitud de la misma.

Adquirir este bloque de conocimientos, ya sea a partir de los estudios ya de la experiencia, y lograr adquirir esta competencia es, pues, vital para mejorar nuestra percepción del mundo que nos rodea, permitiéndonos tomar mejores decisiones y alcanzar mayores cotas de eficiencia en la utilización de los recursos puestos a nuestra disposición.

Así, por ejemplo, podemos servirnos de esta competencia para evaluar el tiempo que nos va a llevar ir de un sitio a otro –lo que hacemos con relativa frecuencia y con notable disparidad de resultados–, la distancia entre dos puntos que pueda implicar la adquisición de cierta cantidad de un material –como cuando tenemos que comprar tela para forrar un sofá, o una barra para las cortinas–, el peso de ciertos alimentos para la realización de un guiso, o las cantidades –como cuando tenemos que decidir a priori cuántas bolsas de plástico vamos a necesitar para llevar la compra del supermercado, o el número de kilos de carne que llevaremos para la barbacoa–.

Pero también será necesario tener cierto manejo de otras medidas para nuestra labor profesional, siendo lo natural, en ambos casos –vida profesional y situaciones personales– que la competencia en magnitudes sea adquirida más con la experiencia que con los estudios.

Matemáticamente, la estimación de valores para medir situación y objetos cotidianos no deja de tener su complejidad, pues el problema no sólo consiste en armar un conjunto de valores de referencia, sino que hay que profundizar en su estructura, su definición y su desarrollo lógico, con el objetivo de que el alumno que se enfrente a ello por primera vez comprenda la necesidad de su aprendizaje, pero también la de su origen, acotación y exactitud.

Así pues, habrá que considerar cómo se enfrenta a su aprendizaje la mente del menor que no posee la experiencia ni la necesidad previa que le mueva hacia ello. Habrá que conocer qué elementos, como objetos y situaciones, son reconocibles para ellos a la hora de acercarlos las referencias para cada medida. Tendremos que encontrar el mejor ‘tempo’ para que adquieran los conocimientos anteriores a la velocidad adecuada, sin perder los ya adquiridos, pero sin parar de sumar nuevos elementos de referencia. Y, por supuesto, tendremos que fomentar su uso fuera del aula y capacitarles para renovarlos dentro de sus experiencias y añadir otros más útiles según vayan entrando en su vida profesional.

¿Pero cómo se enseñan las magnitudes y su medida en la primaria y la secundaria?

2.3 La enseñanza y aprendizaje de magnitudes y su medida

La “medida: estimación y cálculo de magnitudes” es uno de los bloques que componen el currículo de matemáticas de la primaria junto con “números y operaciones”, “geometría” y “tratamiento de la información, azar y probabilidad”. Si vamos a la ORDEN de 12 de julio de 2007, por la que se establece el currículo y se regula la ordenación de la Educación primaria [4] podemos encontrar lo siguiente:

El contenido del bloque 2, La medida: estimación y cálculo de magnitudes, busca facilitar la comprensión de los mensajes en los que se cuantifican magnitudes y se informa sobre situaciones reales que niños y niñas deben llegar a interpretar correctamente. A partir del conocimiento de diferentes magnitudes se pasa a la realización de mediciones y a la utilización de un número progresivamente mayor de unidades. Debe considerarse la necesidad de la medición, manejando la medida en situaciones diversas, así como estableciendo los mecanismos para efectuarla: elección de unidad, relaciones entre unidades y grado de fiabilidad. Se puede partir para ello de unidades corporales (palmo, pie.), arbitrarias (cuerdas, varas.) para pasar a las medidas normalizadas, que surgen como superación de las anteriores.

Además, si seguimos leyendo encontramos que dentro de los contenidos se señalan los siguientes:

Medición con instrumentos y estrategias no convencionales (palmo, paso, cuerdas, palos, botellas.) y unidades (metro, centímetro, litro y kilogramo) e instrumentos convencionales (cinta métrica, regla graduada, balanza de pesas, vasos graduados...). Utilización de estrategias para estimar resultados de medidas (distancias, tamaños, pesos, capacidades.) en contextos familiares. Explicación oral del proceso seguido y de la estrategia utilizada en la medición.

Si seguimos avanzando, en el REAL DECRETO 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria [5], aunque se haya perdido el bloque de medida como tal seguimos observando una presencia transversal en muchos de los contenidos o criterios de evaluación como por ejemplo:

Objetivos

3. Cuantificar aquellos aspectos de la realidad que permitan interpretarla mejor: utilizar técnicas de recogida de la información y procedimientos de medida, realizar el análisis de los datos mediante el uso de distintas clases de números y la selección de los cálculos apropiados a cada situación.

SEGUNDO CURSO

Criterios de evaluación

4. Estimar y calcular longitudes, áreas y volúmenes de espacios y objetos con una precisión acorde con la situación planteada y comprender los procesos de medida, expresando el resultado de la estimación o el cálculo en la unidad de medida más adecuada.

Sobre el papel parecería que los alumnos de educación primaria y secundaria se han dedicado a experimentar con la medida de las magnitudes, han realizado estimaciones, experimentos, etc. Pero la realidad es bien distinta. Lo cierto es que la mayoría de los maestros de primaria y profesores de secundaria se limitan a la resolución de los ejercicios de cambios de unidades y a convertir este tema en algo alejado de la realidad. En las investigaciones que ha realizado la profesora Chamorro [6] sobre el tema destacan las siguientes apreciaciones:

Los alumnos se encuentran con grandes dificultades para encontrar sentido a estas actividades...¿Quién en su vida privada ha necesitado pasar de metros a decímetros, o de kilos a hectogramos? Planteadas así las cosas no es de extrañar que la trasposición didáctica clásica de la medida se reduzca a un mero saber escolar, sin prácticamente utilidad alguna fuera de la escuela.

La problemática es bastante clara, no hay una relación entre las demandas sociales y culturales relativas a la medida y lo que aporta las matemáticas escolares.

Durante los años de enseñanza obligatoria se nos muestra cómo se miden ciertas variables, se nos introduce en el mundo de las unidades de medida y se nos facilitan una serie de herramientas para poder realizar dichas medidas. Lamentablemente no se nos enseña a estimar ninguna medida, ya fuera a través de valores con los que relacionarlas, ya con la adquisición de estos según fueran apareciendo en nuestra vida, con la experiencia vivida, tanto personal como profesional.

Si así fuera, entonces podríamos adquirir esta competencia de forma natural, según fuéramos avanzando por la senda de la vida, y las experiencias vitales a las que nos enfrentáramos tendrían el doble valor de enseñarnos a tomar decisiones y aprender de los fracasos, tanto como a percibir el valor de las cosas en su medida y en su escasez.

Una vez que hubiéramos vivido una situación, podríamos tomar nota mental de los datos conocidos de partida, de los pasos que hemos dado y de cómo todo ello nos ha llevado a un resultado con mejor o peor valoración. En la medida en que fuéramos capaces de asimilar estos pasos, estaríamos en mejor disposición para mejorar posteriores resultados dentro de la misma problemática y, por extensión, en otras situaciones parecidas donde las medidas y los órdenes de magnitud que aparecieran fueran similares.

2.4 Alguna aportación

El uso de determinadas medidas y elementos de medida en la enseñanza de estos conceptos implica el necesario aprendizaje de los conceptos utilizados en la explicación, lo que permitirá ampliar, a partir de ellos, las medidas a otros objetos o con otros elementos. A partir de ahí, se deberían fijar dichos objetos y elementos a base de tomarlos como referencia para la medición de otros, quedando ligados a un valor y a un orden de magnitud y sirviendo como referencia para ese escalón.

Sin cambiar de medida, subiendo o bajando escalones en los órdenes de magnitud, se podría establecer un nuevo elemento patrón para cada caso y, partiendo de los mismos, conocer los valores de objetos dentro del rango en cuestión. Sin más que proceder hacia arriba y hacia abajo hasta alcanzar medidas manejables por objetos cotidianos, se podrían establecer una serie de elementos clave que siguieran una especie de ‘octava’ de elementos en función de su orden de magnitud para cada medida.

Extrapolando este sistema al resto de medidas se acabaría poseyendo un sistema de objetos cotidianos relacionados con cada medida y cada orden de magnitud que serían nuestros acompañantes en el mundo de las estimaciones, esta vez con mayor criterio al poder relacionarlas con algo conocido.

Además, este sistema permitiría crear una asociación directa con los objetos particulares de cada profesión, lo que generaría inequívocamente un conjunto de elementos personales y profesionales relacionados entre sí, que favorecería la mejora en la estimación de resultados de aquellas situaciones novedosas que se pudieran presentar.

Qué duda cabe, que de esta forma estaríamos mejor preparados para tomar mejores decisiones, se producirían menos discusiones a la hora de valorar una situación particular, se

aprovecharían mejor los escasos recursos de los que disponemos y, por fin, ganaríamos en confianza a la hora de avanzar por los intrincados caminos de la vida.

3. Población, muestra y cuestionario

Para poder comprender el verdadero alcance de la necesidad de potenciar el trabajo sobre los órdenes de magnitud y su relación con los estudios y la experiencia profesional, se prepararon varios cuestionarios para diferentes grupos objetivo en función de ambos parámetros: estudios y experiencia profesional.

El elevado coste de atender a todos los colectivos previstos llevó a la lógica conclusión de pasar uno de los cuestionarios sobre un grupo de control a modo de prueba y, a partir de los resultados obtenidos y de la probabilidad de ser extrapolados al resto de grupos, prever la necesidad o no de pasar el resto de cuestionarios.

Estos grupos se formaron atendiendo a los criterios ya mencionados de estudios y experiencia, por lo que se generan tres grandes grupos: individuos sin estudios superiores pero con cierta experiencia en su campo, individuos con estudios no relacionados con la física y las matemáticas –estudios humanísticos–, e individuos con estudios científicos. Y dado que la experiencia ganada con los años puede llegar a suplir las carencias con las que se accede al mercado de trabajo, se ha considerado tomar individuos jóvenes, seleccionando el rango de edad entre 20 y 27 años.

3.1 Población y muestra

Se ha tomado como población para el estudio los estudiantes de las universidades madrileñas, lo que confiere a los resultados cierto sesgo de conocimientos adquiridos por los mismos a lo largo de sus estudios preuniversitarios y durante la carrera universitaria, así como una falta de experiencia profesional que puede motivar resultados ciertamente diferentes de aquellos otros individuos con un perfil diferente, lo cual deberá ser objeto de un estudio posterior.

Dentro de dicha población se ha seleccionado primeramente estudios científicos y seguidamente asignaturas de cursos medios, pues en sus planes de estudios se incluyen asignaturas de física y matemáticas superiores en los primeros cursos, lo que permite asegurar que han superado materias relacionadas con magnitudes. Y ya dentro de estas carreras, se ha elegido realizar este estudio sobre alumnos de ingeniería por su mayor proximidad, maximizando la eficiencia de los escasos recursos con que se cuenta. En concreto, se ha tomado un grupo de estudiantes de tercer curso del plan de estudios 2002, de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales de la Universidad Politécnica de Madrid, todos ellos de la asignatura de ‘Economía y gestión de empresas’ impartida por el profesor David Díaz Gutiérrez, por ser un grupo heterogéneo tanto en edad y género, como en asignaturas superadas.

El cuestionario fue pasado en clase, sin previo aviso ni conocimiento alguno del fondo del mismo, con las autorizaciones pertinentes y dando las oportunas aclaraciones a los estudiantes antes de ello, y completando las explicaciones tras su recogida.



Cuestionario sobre ESTIMACIÓN DE MAGNITUDES



Universidades de la Comunidad de Madrid

Tiempo: 10 minutos

Centro: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales
 Universidad Politécnica de Madrid

Curso: 2011/2012

Un conjunto de profesores de las universidades madrileñas estamos participando en una investigación para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje, de forma que los alumnos aprendan más y mejor. Con este fin te pedimos que contestes el siguiente cuestionario.

PERFIL DEL ALUMNADO

1. Sexo: ☐ Masculino ☐ Femenino
2. Año de nacimiento: ____
3. Antes de acceder a esta titulación cursaste:
 - ☐ Bachillerato: Rama: _____
 - ☐ Formación Profesional / Módulo: _____
 - ☐ Otros estudios (indicar cuáles): _____
4. Nota en 'matemáticas' en la Prueba de Acceso Universitario (PAU-Selectividad): ____
5. ¿Sabrías definir el término magnitud? ☐ Sí ☐ No
6. En el ámbito profesional de un ingeniero naval, ¿crees que es necesario conocer las medidas de ciertas magnitudes del buque o artefacto flotante para el desarrollo de su labor?:
 - ☐ Sí
 - ☐ Solamente si se trabaja en una empresa de ingeniería o en una oficina técnica
 - ☐ No
7. ¿Crees que conoces las medidas de las magnitudes de objetos de uso cotidiano?:
 - ☐ Sí, seguro
 - ☐ Sí, casi todas
 - ☐ Sí, las más importantes
 - ☐ Algunas
 - ☐ No, no estoy seguro

Figura 1. Cuestionario – perfil del alumnado

Imagen 4.2. Cuestionario – magnitudes generales y específicas



Cuestionario sobre ESTIMACIÓN DE MAGNITUDES

**Responda con la mayor precisión que sepa.****MAGNITUDES GENERALES**

8. ¿Cuánto mide una lavadora –alto x ancho x profundidad–?
9. ¿Qué distancia hay de la puerta de la Escuela a la de esta clase?
10. ¿Qué altura tiene el Faro de Moncloa?
11. ¿Qué capacidad tiene una bañera?
12. ¿Cuánto pesa el ALFIN –barco de regatas situado en la pradera–?
13. ¿Cuánto mide un autobús de la EMT o interurbano?
14. ¿A qué velocidad sale una bala disparada por una pistola?
15. ¿Cuánto tarda el ascensor del Aula de Dibujo en alcanzar esa planta (la 3ª) desde el piso más bajo (el 0)?
16. ¿A qué velocidad anda, por término medio, una persona?
17. ¿Cuánto pesa un coche tipo Golf?
18. ¿Cuánto mide un avión de envergadura de la familia del Airbus 320?
19. ¿Cuánto pesa una hormiga?
20. ¿Cuánto mide el diámetro del tallo de una rosa?

MAGNITUDES ESPECÍFICAS

21. ¿Cuánto mide un portacontenedores de 8.000 TEUs?
22. ¿Cuántos coches caben en un roll-on / roll-off?
23. ¿Cuántos metros de tuberías lleva un barco de carga general de 200 metros de eslora?
24. ¿Cuánto combustible consume el motor de un crucero de 3.000 pax?
25. ¿Cuánto tiempo tarda el Buque Escuela Juan Sebastián Elcano en ir de Ferrol a Cádiz?
26. ¿Qué altura tiene la zona de habilitación de un buque petrolero VLCC?
27. ¿Cuánto se tarda en descargar un contenedor de 20 pies lleno de material de oficina desde la cubierta superior al muelle del puerto?
28. ¿Qué potencia tiene el motor de un remolcador?
29. ¿Qué longitud de cables lleva un pesquero arrastrero por popa?
30. ¿Cuánto costó el *Costa Concordia*?
31. ¿Cuál es el caudal mínimo de un sprinkler contraincendios?

Muchas gracias por su participación

Figura 2. Cuestionario – magnitudes generales y específicas

3.2 Selección de las cuestiones en función de las unidades a estudiar y de los órdenes de magnitud implicados

Con objeto de conocer la capacidad de estimar ciertas magnitudes por parte de los sujetos seleccionados se han elegido una serie de cuestiones organizadas en dos grandes grupos.

Por un lado, un primer grupo con cuestiones generales que afectan a la vida diaria, tratando de acercar las cuestiones lo máximo posible a objetos y situaciones cotidianos, buscando la cercanía y aparente conocimiento a través de la experiencia asociada a su utilización o una relación diaria con ellos.

Así, se ha preguntado sobre objetos de uso y contacto diario en el hogar como son la lavadora, la bañera y un ascensor; objetos relacionados con el transporte, como un coche, un autobús o un avión; seres de la naturaleza como una rosa o una hormiga; o situaciones muy cercanas como un edificio representativo para la muestra seleccionada o la velocidad a la que andamos.

Tres cuestiones adicionales sobre objetos situados en las instalaciones de uso de los individuos de la muestra permiten valorar los resultados con un margen de perspectiva mayor, al estar asociados a situaciones que exigen una percepción diferente de ellos, como son un barco situado en la pradera anexa a la E.T.S.I. Navales, la distancia que recorren todas las mañanas al entrar en clase y el uso de un ascensor situado en dicha Escuela.

Por último, una cuestión fuera del ámbito familiar y de estudios, como es una bala, permite tener una referencia externa para poder comparar los resultados con las cuestiones anteriores.

Un segundo grupo de cuestiones se refiere a preguntas relacionadas con sus estudios y la profesión a qué da lugar, de nuevo con una organización interna que divide las preguntas en subgrupos con un objetivo claramente definido.

Así, en este caso se tienen cuestiones relacionadas con conocimientos impartidos en cursos precedentes, como son la eslora de un portacontenedores, el tiempo de descarga de un contenedor o la potencia de un motor; cuestiones de carácter intuitivo a partir de dichos conocimientos, como son la capacidad de un ro-ro, el tiempo de viaje de un buque o la altura de habilitación de un petrolero.

Por último, se han añadido dos grupos de preguntas relativas, uno a cuestiones técnicas que serán impartidas más adelante en asignaturas de cursos superiores, como son el caudal de un sprinkler o el consumo de un motor; y otro a cuestiones puramente profesionales como son los metros de tuberías de un buque de carga general o la longitud de cables de un arrastrero por popa. Una cuestión adicional sobre el precio que cuesta comprar un crucero da, como en el caso anterior, una referencia externa al no ser motivo de ninguna asignatura de los estudios y difícilmente pueda ser conocida por los estudiantes si no es por una elevada habilidad en esta competencia.

Por otro lado, las cuestiones debían abarcar las diferentes unidades básicas definidas por la Conferencia General de Pesos y Medidas siempre que ello fuera posible, sin perder de vista la necesaria cercanía de las mismas a la vida cotidiana de las personas. Por ello se tomaron las unidades de medida –metro (m)–, peso –kilogramo (kg)– y tiempo –segundo (s)–, y no se

tuvieron en cuenta las unidades de intensidad de corriente eléctrica –amperio (A)–, temperatura –kelvin (K)–, cantidad de sustancia –mol (mol)–, e intensidad luminosa –candela (cd)–, por ser aquéllas más cercanas e intuitivas, y éstas menos conocidas y más complejas incluso de entender.

También se tomaron algunas unidades derivadas de las anteriores, como la capacidad, el caudal, la velocidad o la potencia, así como unidades fuera de esta clasificación, como el precio. En la Tabla 2 se detallan las unidades de cada cuestión.

Tabla 2. Unidades empleadas en el cuestionario (Fuente: Elaboración propia)

Nombre	Unidad	Símbolo	Cuestiones
Medida	metro	m	8, 9, 10, 13, 18, 20, 21, 23, 26, 29
Peso	kilogramo	kg	12, 17, 19
Tiempo	segundo	s	15, 25, 27
Capacidad	litros	l	11
Caudal	litros por segundo	l/s	24, 31
Velocidad	metro por segundo	m/s	14, 16
Potencia	caballos de vapor	CV	28
Capacidad	unidades	ud	22
Precio	euro	€	30

Además de estudiar las unidades, se tomaron en consideración los órdenes de magnitud de cada unidad de las anteriores, eligiendo diferentes valores a lo largo de la escala de medidas, desde valores de 10^{-6} hasta 10^8 , implicando, en este caso, quince órdenes de magnitud.

En la Tabla 3. aparecen los órdenes de magnitud de cada cuestión, clasificados en función de la medida elegida.

Tabla 3. Órdenes de magnitud empleados en el cuestionario

Orden de magnitud	Unidad	Cuestiones
-6	Peso	19
-3	Medida	20
-1	Medida, Caudal	8, 24
0	Velocidad, Tiempo, Caudal	16, 25, 31
1	Medida, Tiempo	(9, 13, 18, 26), 15
2	Medida, Velocidad, Capacidad, Tiempo	(10, 21), 11, 14, 27
3	Peso, Capacidad, Potencia, Medida	(12, 17), 22, 28, 29
4	Medida	23
8	Precio	30

Fuente. Elaboración propia

La selección de las preguntas en función del orden de magnitud requiere preferenciar aquellas cuestiones en el entorno del orden 1, pues es el que se toma como referencia para las medidas intuitivas, por lo que tiene pleno sentido comprobar en ese rango la grado de acierto en las mismas. Las cuestiones con órdenes de magnitud menores u mayores que aquellas buscan, por el contrario, conocer la facilidad o dificultad con la que se extrapolan los resultados más cercanos.

4. Resultados

Las respuestas dadas a cada cuestión se valoran de dos formas diferentes. Por un lado, se toma un valor medio de referencia para cada pregunta obtenido a partir de fuentes objetivas y de él se genera un intervalo de validez de la cuestión, y por otro lado se toma el orden de magnitud del resultado y se aceptan los resultados si están en su rango.

4.1 Perfil del alumnado

El tamaño de la muestra, 58 alumnos, es suficientemente grande como para poder asumir, para la mayoría de las variables de estudio, que sus valores se distribuyen según una distribución normal. La muestra se compone mayoritariamente de hombres, 4 de cada 5 individuos, el 60% de ellos nacidos entre 1990 y 1991, procedentes de un bachillerato científico tecnológico –el 72%–, donde un 56% obtuvieron una nota superior a 6 en la prueba de acceso a la universidad, *selectividad*. Su conocimiento del tema, a priori, supone que casi todos –el

98%– conocen el término *magnitud*, y no sólo creen que es necesario conocer las medidas de ciertas magnitudes del buque o artefacto flotante para el desarrollo de su labor profesional como ingeniero naval en un 95%, si no que el 62% asegura conocer todas magnitudes, o al menos las más importantes, de objetos de uso cotidiano.

4.2 Magnitudes generales

Los resultados válidos para cada una de las cuestiones propuestas se exponen a continuación.

Cuestión nº8. ¿Cuánto mide una lavadora –alto x ancho x profundidad–[7, 8]?

Alto: entre 0,650 y 0,850 metros

Ancho: entre 0,480 y 0,600 metros

Profundidad: entre 0,500 y 0,600 metros

Orden de magnitud: -1

De las 55 respuestas, sólo un 16% tiene una percepción adecuada del alto de una lavadora, mientras que el ancho y la profundidad, medidas ‘horizontales’ frente a la anterior ‘vertical’, la aciertan un 33% y un 31%, respectivamente. El orden de magnitud lo fallan un 20% de los que responden a la cuestión ‘alto’, baja al 9% en la ‘profundidad’ y al 4% en el ‘ancho’.



EWC1350
Lavadora compacta de 3 kg. de capacidad y 1300 r.p.m.

Disponibles en: [Dónde comprar](#)

Capacidad de carga: 3kg

Medidas (mm): 670x495x515

Control de centrifugado: ABC

Programas Avanzados: Lavado a mano y delicado

Handwash program that allows 'handwash' labelled items to be washed by machine

Lavadora integrable AWO/D 044

► Más detalles

Máximo respeto al medio ambiente
6 kg de capacidad
Hasta 1400 r.p.m.
Nuevo programa Eco
Programa rápido para 6 kg.
Tambor de 48 litros

Altura sin mesa de trabajo (mm): **830**
Alto x Ancho x Fondo (mm): **820x595x540**

Figura 1. Características de distintas marcas de lavadoras (Fuente: Whirpool y Electrolux)

Cuestión nº9. ¿Qué distancia hay de la puerta de la Escuela a la de esta clase? Se toman como válidos los valores entre 50 y 60 metros [9].

Orden de magnitud: 1

De nuevo 55 respuestas, de las cuales el 33% aciertan dentro del intervalo de validez. Más de la mitad –56%– de las respuestas obtenidas subvaloran la distancia. El orden de magnitud lo fallan sólo el 6% de los individuos.



Figura 2. Planta primera de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales (Fuente: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales)

Cuestión nº10. ¿Qué altura tiene el Faro de Moncloa? 92 metros más 20 metros de antena [10]. Se toman como válidos los valores entre 85 y 120 metros.

Orden de magnitud: 1, 2

De las 57 respuestas, apenas un 17,5% tiene una percepción adecuada de la altura del Faro de Moncloa. De nuevo nos encontramos con un elevado porcentaje del 63% de individuos que responden valores inferiores al mínimo del intervalo. El orden de magnitud lo aciertan todos, por cuanto implica dos valores.



Figura 3. Faro de Moncloa (Fuente: <http://jimsadob.blogspot.com.es/2009/01/madrid-nevado.html>)

Cuestión nº11. ¿Qué capacidad tiene una bañera? Entre 150 y 250 litros [11].

Orden de magnitud: 2

De las 57 respuestas, hasta un 19% calcula adecuadamente la capacidad de una bañera. En este caso, un 49% dan valores superiores al máximo del intervalo. El orden de magnitud es errado por un 21% de los encuestados.

PRIME-line 257 / 259 BAÑERA OVAL

Longitud	Ancho	Profundidad	Capacidad en Litros	Peso Kg	Referencia	Precio
1800	800	450	ca. 155	ca. 20	NU B 0257 0000 BL 00	
2000	900	450	ca. 200	ca. 26	NU B 0259 0000 BL 00	

* Hidromasaje disponible en 5 diferentes versiones a partir de 3.200 €. (No incluye Bañera)
 * Bañera sin kit de desagüe ni desbordamiento (excepto en Hidromasajes)

PORTOFINO Trend Duo 335 BAÑERA OVAL



Figura 4. Características de una bañera (Fuente: Duscholux)

Cuestión nº12. ¿Cuánto pesa el ALFIN –barco de regatas situado en la pradera–? Alrededor de 2.000 kilogramos [12]. Se toman como válidos los valores entre 1.800 y 3.000 kilogramos.

Orden de magnitud: 3

En número de respuestas, 42 de 58 individuos –un 72%–, da una idea de la dificultad que ha supuesto contestar esta pregunta. De ello un 24% se acercan a una respuesta válida, mientras que la mitad subestiman el peso de la embarcación. El orden de magnitud lo fallan el 14%, llegando a dar el caso de un individuo que se pasa ¡hasta 3 órdenes de magnitud por encima!



Figura 5. Barco velero de competición ALFIN-UPM (Fuente: Elaboración propia)

Cuestión nº13. ¿Cuánto mide un autobús de la EMT o interurbano? 12 metros [13]. Se toman como válidos los valores entre 10 y 15 metros.

Orden de magnitud: 1

De las 57 respuestas, el 63% aciertan, esto es 2 de cada 3. De nuevo los que fallan lo hacen por debajo del mínimo, un 26%, que coincide con el número de lo que yerran en el orden de magnitud.



Figura 6. Autobús híbrido GNC-eléctrico de la Empresa Municipal de Transportes (EMT) (Fuente: www.espormadrid.es)

Cuestión nº14. ¿A qué velocidad sale una bala disparada por una pistola? Alrededor de la velocidad el sonido [14]. Se toman como válidos los valores entre 300 y 400 metros por segundo.

Orden de magnitud: 2

Responde el 79% de los 58 encuestados, acertando un 26% y con un 50% de ellos respondiendo con valores inferiores al mínimo del intervalo. El orden de magnitud también produce elevados valores, pues un 24% se queda corto.



Figura 7. Disparo de una bala (Fuente: Google imágenes)

Cuestión nº15. ¿Cuánto tarda el ascensor del Aula de Dibujo en alcanzar esa planta (la 3ª) desde el piso más bajo (el 0)? Se toman como válidos los valores entre 15 y 30 segundos [15].

Orden de magnitud: 1

De las 54 respuestas, más de la mitad –un 52%– estiman acertadamente tiempo de duración del viaje en ascensor. El orden de magnitud apenas lo fallan un 11%.



Figura 8. Ascensor OTIS Gen2 (Fuente: Otis)

Cuestión nº16. ¿A qué velocidad anda, por término medio, una persona? Se toman como válidos los valores entre 3 y 8 kilómetros por hora [16].

Orden de magnitud: 0

Pregunta que contestan la gran mayoría, 56 respuestas, y con buen criterio, un 80% de acierto. Un 11% fallan el orden de magnitud.



Figura 9. Dos personas andando de paseo (Fuente: Google imágenes)

Cuestión nº17. ¿Cuánto pesa un coche tipo Golf? Entre 1.158 y 1.286 kilogramos [17]. Se toman como válidos los valores entre 1.000 y 1.400 kilogramos.

Orden de magnitud: 3

De las 53 respuestas, un 38% estiman bien el peso del vehículo en cuestión. Otro 36% responden valores inferiores al mínimo del intervalo, porcentaje coincidente con el de errores en el orden de magnitud.



Figura 10. Volkswagen Golf (Fuente: Volkswagen)

Cuestión nº18. ¿Cuánto mide un avión de envergadura de la familia del Airbus 320? 34,10 metros [18]. Se toman como válidos los valores entre 30 y 45 metros.

Orden de magnitud: 1

Pregunta respondida apenas por el 71% de los individuos, con un porcentaje de acierto del 19,5%, y un sorprendente 61% de respuestas por encima del máximo. El orden de magnitud lo fallan un 15% de encuestados.

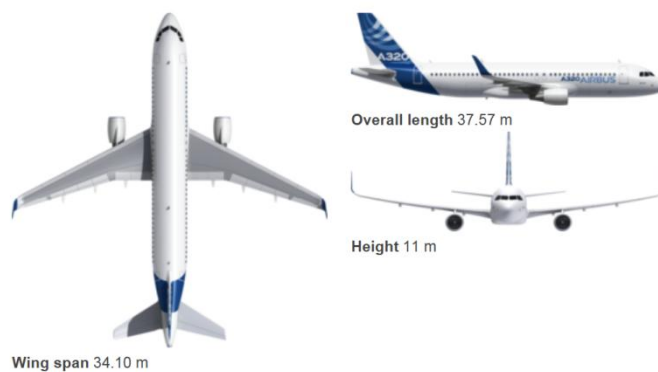


Figura 11. Envergadura de un avión: distancia entre los extremos de las alas (Fuente: Airbus)

Cuestión nº19. ¿Cuánto pesa una hormiga? Alrededor de 3 miligramos [19]. Se toman como válidos los valores entre 0,001 y 0,010 gramos.

Orden de magnitud: -6, -5

Pregunta ampliamente respondida -90%- , con un bajo porcentaje de acierto del 17 %, y una elevadísima sobreestimación del 71% de respuestas que piensan que el peso de una hormiga es mucho mayor. Hasta un 52% fallan al estimar el orden de magnitud.



Figura 12. Hormiga transportando una hoja (Fuente: www.taringa.net)

Cuestión nº20. ¿Cuánto mide el diámetro del tallo de una rosa? Alrededor de 3 milímetros. Se toman como válidos los valores entre 0,001 y 0,006 metros.

Orden de magnitud: -3

Con un 95% de respuestas, alcanza un valor alto de aciertos, un 76,5%, y un bajo nivel de sobreestimaciones del 14,5%, cifra que coincide prácticamente con el número de errores al estimar el orden de magnitud, un 16,5% de los encuestados.



Figura 13. Una rosa y un libro (Fuente: Google imágenes)

4.3 Magnitudes específicas

Los resultados válidos, en este caso, para cada una de las cuestiones específicas propias de los estudios de Ingeniería Naval propuestas se exponen a continuación.

Cuestión nº21. ¿Cuánto mide un portacontenedores de 8.000 TEUs? Entre 300 y 350 metros de eslora [20].

Orden de magnitud: 2

Responde un 79% de los encuestados, de los cuales el 22% valoran adecuadamente la eslora, mientras un 72% estima con valores mucho menores. El orden de magnitud lo acierta el 100% de los encuestados.

First Generation (1956-1970)		Length	Draft	TEU
	Converted Cargo Vessel	135 m	< 9 m	500
	Converted Tanker	200 m	< 30 ft	800
Second Generation (1970-1980)		Length	Draft	TEU
	Cellular Containership	215 m	10 m 33 ft	1,000 2,500
Third Generation (1980-1988)		Length	Draft	TEU
	Panamax Class	230 m	11-12 m	3,000
		290 m	36-40 ft	4,000
Fourth Generation (1988-2000)		Length	Draft	TEU
	Post Panamax	275 – 305 m	11-13 m 36-43 ft	4,000 5,000
Fifth Generation (2000-?)		Length	Draft	TEU
	Post Panamax Plus	335 m	13-14 m 43-46 ft	5,000 8,000

Figura 14. Características básicas de los portacontenedores en función de su capacidad de carga (Fuente: Temas de tráfico marítimo)

Cuestión nº22. ¿Cuántos coches caben en un roll-on / roll-off? Entre 800 y 1.500 unidades [21].

Orden de magnitud: 3

Con un 78% de respuestas y apenas un 18% de aciertos, se tiene un 53% de valoraciones por debajo del mínimo. El orden de magnitud no lo manejan bien un 9% de los encuestados.

TIPO	BARCOS		DWT		CAPACIDAD	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
RORO	554	56,7	3950	60,3	197900	70,0
CONRO	80	8,2	920	14,1	46950	16,6
CONVRO	69	7,0	500	7,7	21500	7,6
CAR-FERRY	161	16,5	330	5,1	10050	3,6
CAR-CARRIER	75	7,7	670	10,2	2650	0,9
HIBRIDO	11	1,1	70	1,1	860	1,0
HEAVY RORO	27	2,8	100	1,6	282710	0,3
TOTAL	977	100,0	6540	100,0		100,0

Figura 15. Tipos de barcos de transporte de carga rodada (Fuente. Roll-on/Roll-off el buque abierto) [22]

Cuestión nº23. ¿Cuántos metros de tuberías lleva un barco de carga general de 200 metros de eslora? Entre 15.000 y 20.000 metros.

Orden de magnitud: 4

De nuevo se repiten los números anteriores, 76% de respuestas, 20% de aciertos y 66% de subestimaciones. El número de errores al estimar el orden de magnitud se queda en el 7% de los encuestados.



Figura 16. Tuberías en la cámara de máquinas de un barco (Fuente: Google imágenes)

Cuestión nº24. ¿Cuánto combustible consume el motor de un crucero de 3.000 pax? Alrededor de 0,65 litros por segundo. Se toman como válidos los valores entre 0,60 y 0,70 litros por segundo.

Orden de magnitud: -1

Con apenas un 45% de respuestas es la pregunta menos contestada, y de hecho los que se atreven a dar una estimación yerran en general, ya que sólo acierta el 11% de ellos, mientras que el 62% dan valores por debajo y el 27% valores superiores. El 15% estiman un orden de magnitud superior.



Figura 17. El motor de un barco puede medir varios metros de largo (Fuente: Google imágenes)

Cuestión nº25. ¿Cuánto tiempo tarda el Buque Escuela Juan Sebastián Elcano en ir de Ferrol a Cádiz? Unos 3 días. Se toman como válidos los valores entre 3 y 4 días.

Orden de magnitud: 0

Responden un 79% de individuos, con un 22% de aciertos. El 54% piensan que el buque tarda menos, lo cual no es cierto debido a las maniobras de a bordo, que retrasan su viaje. El 4% mal estiman el orden de magnitud.



Figura 18. Buque Escuela de la Armada española Juan Sebastián Elcano (Fuente: Google imágenes)

Cuestión nº26. ¿Qué altura tiene la zona de habilitación de un buque petrolero VLCC? Para cada cubierta unos 3 metros. En total, para toda la habilitación, entre 16 y 20 metros.

Orden de magnitud: 1

Esta cuestión ha sido claramente mal planteada, pues de las 39 respuestas –67%–, hay 5 acertadas, pero otras 13 que suponen que la habilitación se refiere a una sola cubierta, no al conjunto de todas ellas, por lo que se puede aceptar un total de 18 respuestas válidas –46%–, o alternativamente eliminar la pregunta del cuestionario. En todo caso nadie estima un orden de magnitud fuera del real.



Figura 19. Buque petrolero VLCC (Fuente: Google imágenes)

Cuestión nº27. ¿Cuánto se tarda en descargar un contenedor de 20 pies lleno de material de oficina desde la cubierta superior al muelle del puerto? Menos de cinco (5) minutos de media. Se toman como válidos los valores entre 60 y 250 segundos.

Orden de magnitud: 2

Se recoge un 69% de respuestas, de las cuales un 27,5% son acertadas. Aquí sí se observa un claro error de estimación, al encontrarse un 35% de valoraciones fuera del orden de magnitud.



Figura 20. Operación de descarga de un contenedor desde un buque de carga general (Fuente: Google imágenes)

Cuestión nº28. ¿Qué potencia tiene el motor de un remolcador? Entre 1.500 y 3.000 caballos de vapor.

Orden de magnitud: 3

Del 64% de respuestas, sólo un 22% aciertan con su estimación. Otro 19% subestima estos valores. Y un 27% toman un orden de magnitud diferente del propuesto, entendiendo que se pregunta por un remolcador de puerto que son los más numerosos.



Figura 21. Buque siendo remolcado por tres remolcadores de puerto (Fuente: Google imágenes)

Cuestión nº29. ¿Qué longitud de cables lleva un pesquero arrastrero por popa? Entre 1.000 y 2.000 metros.

Orden de magnitud: 3

Del 66% de individuos que valoran, un 26% alcanza a acertar, lo que supone el mayor valor dentro de este grupo de cuestiones específicas. Aún así, un 44% subestiman en sus estimaciones y un 11% fallan al estimar el orden de magnitud.

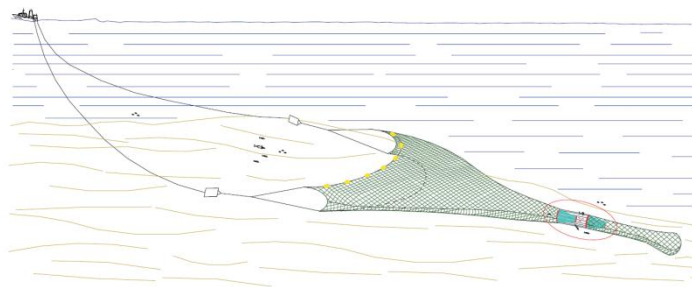


Figura 22. Arrastrero faenando (Fuente: Google imágenes)

Cuestión nº30. ¿Cuánto costó el Costa Concordia? Unos 400 millones de euros [23]. Se toman como válidos los valores entre 350 y 500 millones de €.

Orden de magnitud: 8

Se lanzan a contestar menos de 2 de cada 3 encuestados, concretamente el 60% de ellos, y únicamente aciertan el 9%, el valor más bajo de aciertos de todo el cuestionario. La inmensa mayoría, un 72% valoran por debajo del mínimo. El orden de magnitud no lo tienen claro el 11% de los encuestados.



Figura 23. El Costa Concordia antes de encallar (Fuente: Google imágenes)

Cuestión nº31. ¿Cuál es el caudal mínimo de un sprinkler contraincendios? Entre 0,5 y 2 litros por segundo [24].

Orden de magnitud: 0

Del 57% de respuestas, apenas un 12% alcanza a acertar. Un 42% estima valores superiores al máximo propuesto, y hasta un 27% se equivocan al estimar el orden de magnitud.



Figura 24. Sprinkler contraincendios (Fuente. <http://wilsonfiresprinklers.com/>)

5. Discusión y conclusiones

A pesar de que el estudio queda ceñido a los estudiantes de ingeniería, es manifiestamente evidente la enorme complicación que conlleva tratar de dotar a los ingenieros, o a cualquier otro graduado, de una manera correcta de estimar los órdenes de magnitudes específicos de su ámbito si no han trabajado desde un principio con las magnitudes generales. Este problema se va solucionando sólo, a lo largo del tiempo, con la experiencia adquirida en la futura labor profesional del estudiante.

Lo mismo ocurre en el campo privativo de las experiencias personales, pues sólo a medida que vamos conociendo situaciones reales tenemos consciencia de sus valores y los vamos asimilando, sin ningún tipo de orden, en nuestra memoria experimental, lo que nos permitirá utilizar esta información siempre y cuando el método propio que hayamos gestionado para memorizar estos datos sea suficientemente robusto y nos permita encontrar dicha información.

Sin embargo, sí hemos podido comprobar que, con los objetos cotidianos, la mayoría de los estudiantes han tenido muchas dificultades al tratar de utilizar referencias que les permitieran estimar adecuadamente sus magnitudes, lo que confirma claramente que los métodos empleados en la enseñanza de estas herramientas matemática dista mucho de ser efectivo.

A modo de conclusiones breves nos gustaría destacar las siguientes:

1. El estudio señala que los alumnos tienen muchos problemas a la hora de estimar magnitudes, ya sean las generales directamente relacionadas con sus actividades cotidianas, ya las específicas de sus estudios, en este caso los de ingeniería naval.
2. Que las preguntas de tipo general tienen un porcentaje de error abrumadoramente alto, llegando a obtenerse ciertas respuestas totalmente incongruentes, como que el peso de una hormiga es 1 gramo.
3. Que la forma en que se enseñan las magnitudes y su medida, tanto en la educación primaria como en la secundaria, no parecen ser adecuados en tanto no suponen facilidad de uso a la hora de solventar situaciones reales.
4. Que también es evidente que esto afecta los estudios superiores, donde se podrían introducir algunas actividades adicionales que facilitaran la adquisición de las magnitudes propias de su entorno como, por ejemplo en el caso del Grado de ingeniería naval, conocer datos relativos a los distintos buques que navegan a través de situaciones reales donde experimenten con sus principales medidas, o ayudarles a utilizar los datos estudiados como referencias posteriores –cálculos de consumos de equipos, valores de consumos eléctricos, datos económicos, etc.–

De todo lo anterior podemos concluir que resulta absolutamente necesario replantearse las vías utilizadas para enseñar estos temas en la educación obligatoria, siendo perentoria la modificación de las líneas educativas contextualizando la realidad del estudiante en las situaciones expuestas en el aula, lo que conllevaría un aprendizaje más eficiente y coadyuvaría en los estudios posteriores de carácter profesional.

No quisiéramos acabar sin hacer mención explícita de la necesidad de contrastar esta información, ya de por sí suficientemente elocuente, en los demás grupos de individuos relacionados en el epígrafe 3, para conocer de modo inequívoco la fiabilidad de los resultados obtenidos.

Referencias

- [1] KAHNEMAN, Daniel; SLOVIC, Paul; TVERSKY, Amos. *Judgement under uncertainty*, cap. 6, Cambridge University Press, Cambridge UK, 1982.
- [2] HEAP, Shaun H., HOLLIS, Martin, LYONS, Bruce, SUDGEN, Robert, WEALE, Albert. *The theory of choice. A critical guide*, pp. 44-46, Ed. Wiley-Blackwell, 1992.
- [3] <http://www.bipm.org/en/convention/cgpm/>
- [4] ORDEN ECI/2211/2007, de 12 de julio, por la que se establece el currículo y se regula la ordenación de la Educación primaria.
<http://www.boe.es/boe/dias/2007/07/20/pdfs/A31487-31566.pdf>
- [5] REAL DECRETO 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria
http://www.boe.es/aeboe/consultas/bases_datos/doc.php?id=BOE-A-2007-238
- [6] CHAMORRO, María del Carmen. *Didáctica de las Matemáticas*, cap. 8, Pearson Educación, Madrid, 2005.
- [7] http://www.whirlpool.es/app.cnt/whr/es_ES/pageid/pgproducts001/catid/3/subcatid/11/flst/1
- [8] http://www.electrolux.es/Products/Lavado_y_Secado/Lavadoras/Daily4You_Compacta/EWC1350
- [9] http://www.etsin.upm.es/ETSINavales/Escuela/Organizacion_Medios/Localizador
- [10] http://ccaa.elpais.com/ccaa/2012/01/17/madrid/1326836109_277342.html
- [11] http://www.duscholux.es/producto_banera.php
- [12] <http://www.portmannautic.com/venta.php?rubro=2>
- [13] http://www.emtmadrid.es/web_emt_babel/files/0b/0bf81cd8-171a-46eb-8683-51d3ca36c148.pdf
- [14] http://www.glock.com/espanol/index_pistols.htm
- [15] <http://www.otis.com/site/es-esl/Pages/Gen2Comfort.aspx>
- [16] HORNILLOS, Isidoro. *Andar y correr*, pp. 10-11, INDE Publicaciones, Barcelona, 2000.
- [17] http://comunicacion.volkswagen.es/gama-de-modelos/modelos/golf/golf__836-837-935-c-13776__.html
- [18] <http://www.airbus.com/aircraftfamilies/passengeraircraft/a320family/a320/specifications/>
- [19] <http://www.dateriles.com/2011/07/cuanto-pesa-una-hormiga.html>
- [20] POLO, Gerardo; CARLIER, Manuel; SECO, Elena. *Temas de tráfico marítimo*, pp. 307-312, Universidad Politécnica de Madrid, 2011.
- [21] <http://www.suardiaz.com/eContent/newsdetail.asp?id=270&idcompany=4>
- [22] PINIELLA, Francisco. *Roll-on/Roll-off el buque abierto*, pp. 23-28, Universidad de Cádiz, 1993

[23] WARD, Douglas. *Complete Guide to Cruising & Cruise Ships 2012*, p. 318, Berlitz Publishing, London, 2012

[24] http://www.tyco-fire.com/TFP_translate/TFP632_ES.pdf

Sobre los autores:

Nombre: David Díaz Gutiérrez

Correo Electrónico: david.diaz@upm.es

Institución: Universidad Politécnica de Madrid – E.T.S.I. Navales

Nombre: Rocío Garrido Martos

Correo Electrónico: rocio.garrido@uam.es

Institución: Universidad Autónoma de Madrid – Facultad de Educación

