

De Pro Chereguini, C., De Pro Bueno, A. & Serrano Pastor, F. (2016). ¿Cómo utilizan sus conocimientos científicos sobre “Dispositivos y máquinas mecánicas” los futuros maestros cuando realizan una actividad de laboratorio? *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 19(3), 77-89.

DOI: <http://dx.doi.org/10.6018/reifop.19.3.267261>

¿Cómo utilizan sus conocimientos científicos sobre “Dispositivos y máquinas mecánicas” los futuros maestros cuando realizan una actividad de laboratorio?¹

Carlos de Pro Chereguini, Antonio de Pro Bueno, Francisca Serrano Pastor
Universidad de Murcia

Resumen

El objetivo del trabajo es valorar cómo los maestros en formación inicial utilizan sus conocimientos científicos en una tarea de laboratorio. En el contexto del examen final de la asignatura de “Didáctica de las Ciencias Experimentales” hemos pedido a un grupo de alumnos que realicen unos montajes sobre “Dispositivos y máquinas mecánicas” y respondan unas cuestiones sobre la experiencia. Los resultados ponen de manifiesto que los estudiantes –al finalizar su periodo de formación inicial- tienen conocimientos relevantes en esta temática, pero también que existen algunas carencias preocupantes para la labor docente de un futuro maestro.

Palabras clave

Formación inicial de profesores; Educación Primaria; conocimiento científico; prácticas de laboratorio; dispositivos y máquinas mecánicas.

¹ Agradecimiento. Este trabajo forma parte del proyecto "Adquirir competencias profesionales para enseñar competencias básicas: investigando sobre la formación inicial de maestros para enseñar ciencias en la educación primaria." (EDU2012-33210), financiado por el Programa Nacional de Proyectos de Investigación Fundamental en el marco del VI Programa Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008-2011, Subprograma de Proyectos de Investigación Fundamental no Orientada.

Contacto

Carlos De Pro Chereguini. cpro@um.es . Universidad de Murcia. España

How do pre-service teachers use their scientific knowledges about "mechanical devices and machines" while performing a laboratory activity?

Abstract

The aim of this paper is to assess how pre-service teachers use their scientific knowledge during a laboratory activity. In the final test of the subject "Experimental Science Teaching" we requested a group of students to make some "Devices and mechanical machines" assemblies, and to answer some questions about the experience. The results show that the students -at the end of their initial training- have a relevant knowledge in this topic, but there are also some worrying gaps that affect the teaching activity of a future teacher.

Key words

Teachers' initial training; Primary Education; scientific knowledge; lab practices; mechanical devices and machines.

Introducción

Este trabajo forma parte de una investigación más amplia (Pro Chereguini, 2016), en la que valoramos algunos efectos de los programas de formación inicial de maestros (FIM) en la Didáctica de las Ciencias Experimentales (DCE) en los estudios de Diplomatura. Necesitamos esta información para estudiar el auténtico alcance y repercusiones de los nuevos Grados en Educación Primaria.

Si la valoración la hacemos desde la adquisición de competencias, es preciso conocer cómo utilizan los futuros maestros sus conocimientos científicos, didácticos, prácticos... en diferentes situaciones, próximas o propias de la práctica profesional.

Si hay un conocimiento relevante en el ámbito científico es el que el estudiante pone de manifiesto cuando realiza una actividad práctica (de laboratorio), en ellas se integran contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales, conocimientos claves para el aprendizaje científico. Por otro lado, entre los contenidos del currículum, encontramos "Dispositivos y máquinas mecánicas", temática con gran valor formativo y muy presente en el contexto del alumnado de Educación Primaria. Por último, es preciso indagar en qué sabe el futuro maestro porque "el que sabe, no tiene por qué saber enseñar" pero "si no sabes, tampoco es posible enseñar". Por todo ello, nos planteamos: ¿Cómo utilizan sus conocimientos científicos los futuros maestros cuando realizan una actividad de laboratorio sobre la temática señalada?

Para facilitar la respuesta a este interrogante, hemos establecido cuatro subproblemas:

- SP1.1. ¿Cómo identifican los elementos de la máquina?
- SP1.2. ¿Cómo realizan el montaje de la experiencia e identifican las fuerzas?
- SP1.3. ¿Cómo realizan las mediciones y las tabulan?
- SP1.4. ¿Cómo establecen las conclusiones?
- SP1.5. ¿Cómo podemos valorar y categorizar al alumnado participante?

Método

Elegimos a 98 alumnos que habían completado sus estudios de Diplomatura de Maestro (Especialidad Educación Primaria) en la Universidad de Murcia. Era un grupo mejor de los que teníamos habitualmente. En la materia de DCE cursada el año anterior, sólo un 15% no la habían superado y casi el 40% del grupo obtuvo Notable o Sobresaliente.

El área de DCE tenía dos asignaturas en la titulación. En ellas se habían integrado los contenidos de carácter científico y didáctico y se había estructurado en seis bloques, como aparece en la Figura 1.

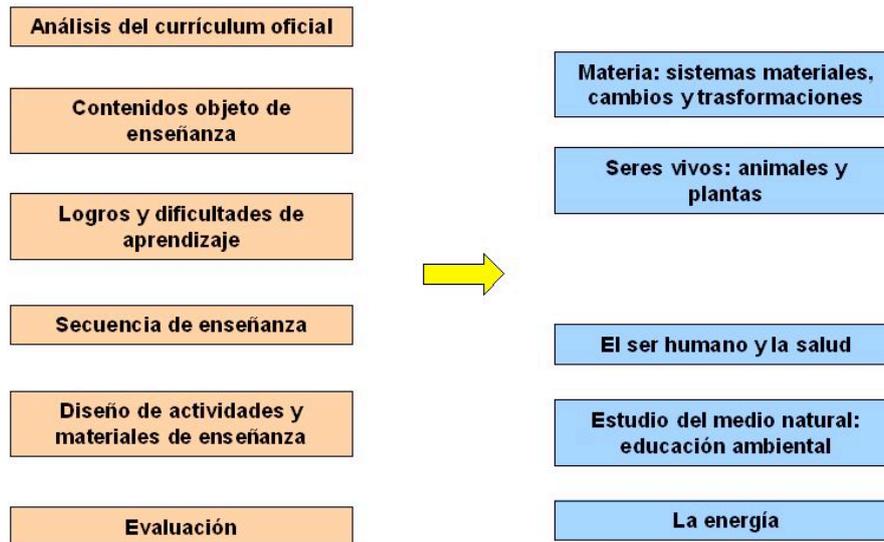


Figura 1. Conocimientos científicos y didácticos de las asignaturas de DCE

Una descripción de los contenidos y actividades desarrolladas en las dos asignaturas podemos encontrarla en los textos-guía elaborados al efecto (Banet, Jaén y Pro, 2005; Sánchez, Bernal, García-Estañ, Guzmán y Valcárcel, 2005). En el momento en que realizaron la prueba, se habían impartido ambas asignaturas.

Como parte del examen final de la última asignatura, los estudiantes, de forma aleatoria, debían realizar una de las pruebas que se planteaban sobre máquinas simples, tema trabajado en el último bloque de la segunda asignatura.

Había seis opciones: palancas (de primer y segundo género), rampa, poleas (fija y móvil) y Ley de Hooke; un ejemplo aparece en Anexo. En cada puesto, estaban todos los materiales necesarios (dinamómetro para medir las fuerzas aplicadas, para pesar las pesas los carritos, las poleas... y una regla para medir brazos, longitud del muelle...) y la hoja de trabajo, donde se recogían las cuestiones que debían responder.

A pesar de la variedad, tenían una estructura similar: identificación de interacciones y fuerzas intervinientes, dibujo del montaje, comprobación experimental de la ley de la máquina y establecimiento de conclusiones. Como ejemplo, en la Tabla 1, señalamos la exigencia de cada cuestión y los aspectos utilizados para el caso de las palancas de primer y segundo género.

Tabla 1.

Propósitos de las preguntas de la prueba escrita del estudio de Palancas.

Pregunta	Exigencia cognitiva	Aspectos a considerar
1. Dibuja el montaje realizado e indica los elementos de la palanca	<ul style="list-style-type: none"> - Dibujo del montaje - Identificación de elementos de la palanca (F, b_F, b_R, R y PA) 	<ul style="list-style-type: none"> - Identifica Fuerza (F) - Identifica Brazo Fuerza (b_F) - Identifica Resistencia (R) - Identifica Brazo Resistencia (b_R) - Identifica Punto de aplicación (PA)
2. Representa y justifica las fuerzas que intervienen	<ul style="list-style-type: none"> - Dibujo del montaje - Identificación y representación de fuerzas (F, R, P_{pal} y T_{clip}) - Justificación interacciones en cada fuerza 	<ul style="list-style-type: none"> - Dibuja y justifica Fuerza (F) - Dibuja y justifica Resistencia (R) - Dibuja y justifica Peso de la palanca (P_{pal}) - Dibuja y justifica Tensión del clip (T_{clip}) - Justifica equilibrio
3. Realiza una tabla con los valores de R , b_R , F y b_F . Toma tres medidas con los valores del enunciado	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de la regla y el dinamómetro - Medición de magnitudes (lectura y unidades) - Tabulación de datos 	<ul style="list-style-type: none"> - Medición y unidades (N) de F - Medición y unidades (m) de b_F - Medición y unidades (N) de R - Medición y unidades (m) de b_R - Disposición de datos
4. Conclusiones que se pueden extraer de los datos	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis relaciones entre variables - Contraste entre datos obtenidos y ley de la palanca - Establecimiento de conclusiones 	<ul style="list-style-type: none"> - Relación entre los datos variables del problema - Relación entre R y F - Cálculo $R \cdot b_R = F \cdot b_F$ - Cumplimiento Ley de la Palanca

En la Figura 2 recogemos el referencial deseable desde la ciencia escolar de las palancas. Éste nos servirá, como se verá más adelante, para visualizar los resultados y las conclusiones. Análogamente se ha realizado uno para cada tipo de máquina.

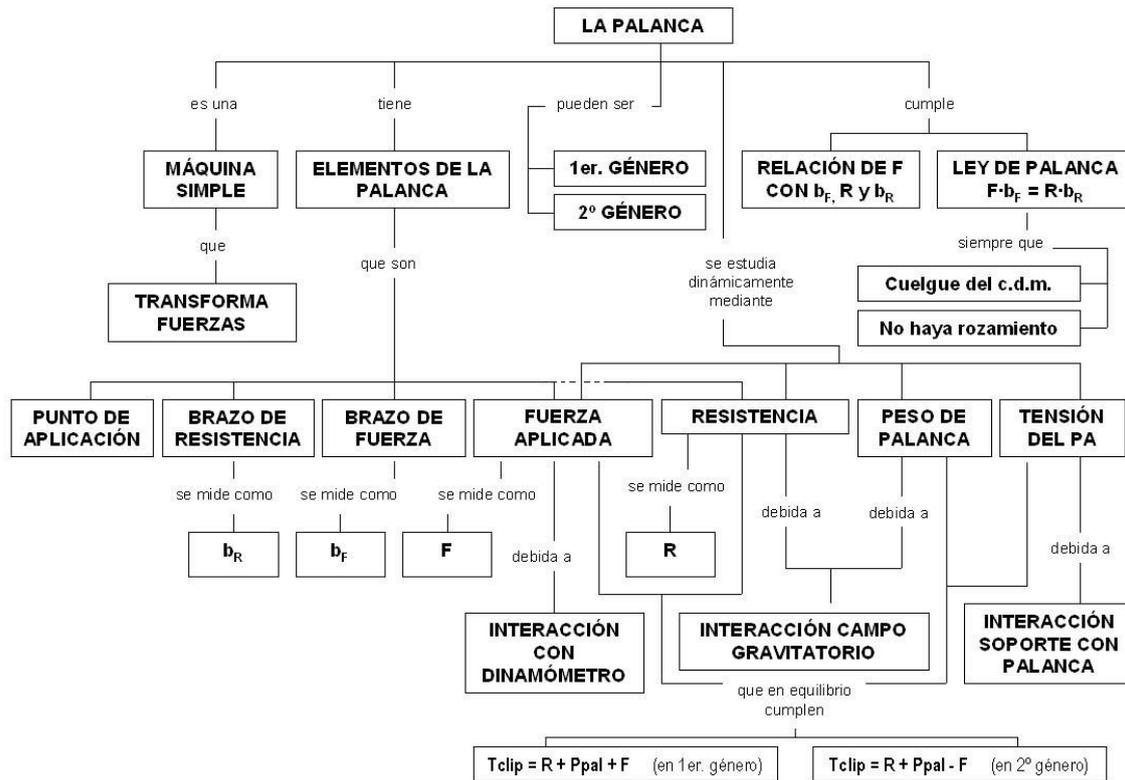


Figura 2. Referencial deseable de las Palancas

Resultados

A) Por dispositivo o máquina. Ejemplo de las palancas.

En primer lugar, analizamos las respuestas en cada uno de los ítems, diferenciando según el tipo de máquina, tal como pudimos ver en otros trabajos (Pro Chereguini, 2012; 2014).

Una vez identificados las respuestas deseables, las no deseables y las contestaciones ambiguas, hemos calculado el porcentaje de aciertos y errores de cada alumno. Para visualizar estos resultados, hemos usado los referenciales deseables, de manera que, en función de los colores de los conceptos etiquetados, representaremos los porcentajes de acierto del grupo completo. En la Figura 3 se recogen esquemáticamente los resultados globales para el caso de las palancas.

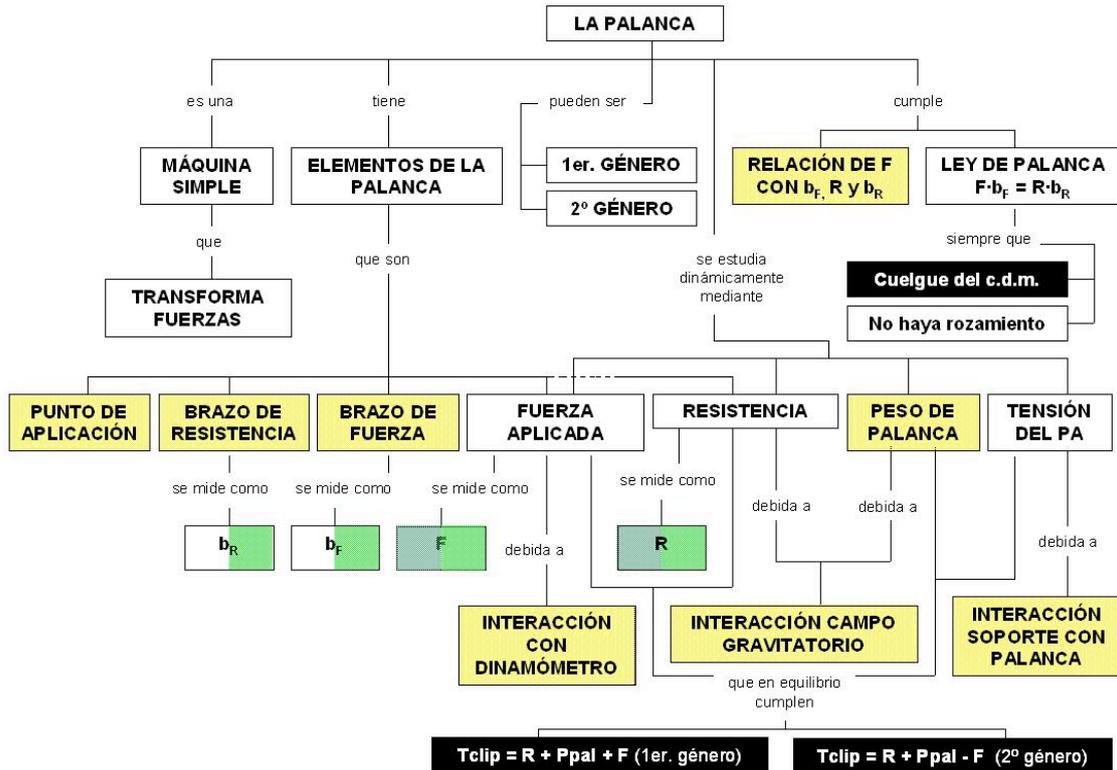


Figura 3. Resultados globales respecto a las Palancas

Como podemos ver, las etiquetas de los conceptos tienen diferentes colores. Hemos utilizado el blanco cuando los alumnos no tienen problemas y el negro cuando los problemas son muy importantes. En medio, hemos catalogado de problemas leves (existentes entre el 10% y 25% de los participantes) y los hemos representado en amarillo; los medianos (entre el 25% y el 40%) en verde vivo; los graves (entre el 40% y el 55%) con verde mar; y muy graves (en más del 55% de los participantes) con negro.

A la vista de los resultados globales de la palanca, podemos decir:

- No tienen problemas para identificar una palanca, considerarla como máquina simple y reconocer si es de primer o segundo género.
- Tampoco tienen problemas con la idea de Elemento de palancas.
- En relación con la Fuerza aplicada (F), no tienen problemas en identificarla como elemento y en dibujarla. Tienen problemas medianos con la medida y graves en unidades de F (de ahí el doble color de la etiqueta: verde para las medidas y verde vivo para las unidades).
- En relación con la Resistencia (R), tampoco tienen problemas en identificarla como elemento y en dibujarla. Tienen problemas medianos con la medida de R y graves con sus unidades.
- En relación con los Brazos de la Fuerza aplicada (b_F) y de la Resistencia (b_R), tienen leves problemas para identificarlos pero no tiene ninguno para medir b_F y b_R . En cuanto a las unidades, con el b_F tiene medianos problemas y con el b_R leves problemas (por ello, en la etiqueta, aparece dos colores, uno para las medidas y tabulación, y otra para las unidades).

- En relación con el Punto de Aplicación (PA), tienen problemas leves para identificarlo. Por otro lado, tiene problemas muy importantes para señalar explícitamente que han hecho coincidir PA con el centro de masas.
- En relación con el Peso de la palanca (P_p), tienen leves problemas para dibujarla. Y no tienen problemas para dibujar la Tensión del clip (T_c).
- Tienen leves problemas en la justificación de las interacciones que están detrás de F , R , P_p y T_c .
- En cuanto a la situación de equilibrio, tienen problemas muy importantes para establecer una ecuación que represente el conjunto de las interacciones.
- En cuanto el establecimiento de conclusiones de la experiencia, tienen leves problemas para reconocer las relaciones entre las variables que demanda el enunciado de las pruebas (relaciones directas de F con R y con b_R e inversa con b_F).
- No tienen problemas para reconocer la ley de la palanca y comprobar si se cumple. Cuando no se cumple reconocen la presencia del rozamiento como causa del incumplimiento.

Si consideramos el porcentaje de aciertos que tienen los futuros maestros que “les tocó” la prueba de la palanca (de 1er. o de 2º género), los podemos categorizar. En la Tabla 2 hemos recogido los resultados de la categorización.

Tabla 2.
Categorización del alumnado que realizó las Palancas.

Categoría	% éxito	Alumnos
Deseable	Más de 90%	A12, A29, A55, A80, A89, A90, A96, A97
Adecuado	Entre 80 y 90%	A2, A4, A11, A14, A16, A50, A59, A63, A64, A70, A71, A86, A87
Aceptable	Entre 70 y 80%	A6, A8, A18, A22, A43, A53, A54, A67, A72, A79, A88
Poco aceptable	Entre 60 y 70%	A17, A33, A37, A52
Nada aceptable	Menos de 60%	A3, A15, A24, A31, A34, A35, A38, A73

Los alumnos con un mayor porcentaje de éxito fueron A12 y A55 que acertaron 26/27 exigencias. El que menos fue A31 con 9/27.

Tal como se recoge en el caso de las palancas, se ha utilizado el mismo tratamiento a los datos y un análisis similar para cada una de los dispositivos y máquinas mecánicas estudiadas.

B) Por subproblemas (SP1.1, SP1.2, SP1.3 y SP1.4)

Aplicados los protocolos de análisis de cada práctica, obtuvimos las siguientes conclusiones referidas a cada subproblema.

Para el SP1, ¿Cómo identifican los elementos de la máquina?:

- No tienen problemas para identificar cada máquina y reconocer que lo es.
- En cuanto a las palancas: no tienen problemas para reconocer si es de primer o segundo género. Tampoco los tienen con sus elementos -Fuerza (F), Resistencia (R), Brazo Fuerza (b_F) y Brazo Resistencia (b_R)-, ni para identificarlos ni para dibujarlos, aunque no indican explícitamente la coincidencia del Punto de Aplicación (PA) con el centro de masas (c.d.m.) de la palanca.
- En relación con la rampa: no tienen problemas con sus elementos -Fuerza (F), Resistencia (R) y pendiente (α)-, ni para identificarlos ni para dibujarlos.
- En relación con las poleas: no tienen problemas para identificar las poleas, tanto fija como móvil. Tampoco los tienen con la identificación de los elementos (F y R).
- En relación con la Ley de Hooke: reconocen la elasticidad, la deformación y la recuperación del muelle. Conocen cuáles son sus elementos: alargamiento, fuerza y constante elástica (k).

Para el SP2, ¿Cómo realizan el montaje e identifican las fuerzas?:

- No tienen problemas para realizar los montajes.
- En cuanto a las palancas: no tienen grandes problemas para identificar las fuerzas intervinientes pero estos aumentan al justificar la interacción que representan o al representarlos.
- En relación con la rampa: no tienen muchos problemas con la identificación (más con la representación) de F y R pero sí con la normal (N), tanto en su justificación como en su representación.
- En relación con las poleas: no tienen problemas con la identificación (más con la representación) de F y R (y el peso de la polea en la móvil) pero sí con la justificación de las interacciones que representan.
- En relación con la Ley de Hooke: no tienen problemas con la identificación y representación de las fuerzas que intervienen, y pocos para justificar la interacción que representan.

Para el SP3, ¿Cómo realizan las mediciones y las tabulan?:

- No tienen problemas a la hora de tabular.
- En cuanto a las palancas: tienen problemas con la medida de F y R; no lo tienen con b_F y b_R ; más lo tienen con las unidades.
- En relación con la rampa: también tienen algunos problemas con las medidas y, sobre todo, con las unidades.
- En relación con las poleas: tienen algunos problemas -menos que en otros casos- con las medidas y con las unidades.
- En relación con la Ley de Hooke: tienen algunos problemas -menos que en ninguno de los otros casos- con las medidas y con las unidades.

Para el SP4, ¿Qué conclusiones establecen? ¿Cumplen leyes de las máquinas?:

- Reconocen las leyes de las máquinas y comprueban su cumplimiento; incluso, esgrimen que el rozamiento es la causa del incumplimiento.
- En cuanto a las palancas: tienen problemas muy importantes para establecer una ecuación que represente el conjunto de las interacciones; en cuanto al establecimiento de conclusiones, no les resulta complejo reconocer las relaciones entre las variables que demanda el enunciado de las pruebas (relaciones directas de F con R y con b_R e inversa con b_F).
- En relación con la rampa: tienen algunos problemas para reconocer las relaciones entre las variables que demanda el enunciado (relaciones directas de F con R y α).
- En relación con las poleas: tienen algunos problemas para reconocer algunas de las relaciones entre las variables que demanda el enunciado (relaciones directas de F y R); en particular que $F < R$.
- En relación con la Ley de Hooke: tienen algunos problemas en el cálculo de k ; también tienen algunos problemas para aplicar el valor de k en otras situaciones hipotéticas o de carácter teórico.

C) Por categorización (SP1.5)

Considerando el porcentaje de aciertos de los futuros maestros establecimos cinco categorías: Adecuado, Aceptable, Poco aceptable, Casi nada aceptable y Nada aceptable. En base a esta categorización, hemos realizado algunos contrastes estadísticos para profundizar en los resultados.

Así, aplicada la prueba U de Mann-Whitney, los resultados fueron:

$$Z (\text{palanca } 1^{\text{o}}\text{-palanca } 2^{\text{o}}) = 0.012 (ns) \quad Z (\text{polea fija-polea móvil}) = 0.439 (ns)$$

No hay diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de las palancas o de las poleas. Por ello, los hemos tratado en conjunto (aumentábamos el número de cada uno de ellos).

En la Tabla 3 se recogen los resultados globales. De esta forma pretendemos tener una visión global de las pruebas de laboratorio.

Tabla 3. Categorización global del alumnado en función de la máquina simple de las pruebas.

Categoría	Porcentaje éxito	Alumnos palancas	Alumnos rampas	Alumnos poleas	Alumnos Ley Hooke
Deseable	Más de 90%	A12, A29, A55, A80, A89, A90, A96, A97	A25, A51, A98	A74	A26, A39, A40, A47, A83, A85
		8 / 44	3 / 23	1 / 15	6 / 16
Adecuado	Entre 80 y 90%	A2, A4, A11, A14, A16, A50, A59, A63, A64, A70, A71, A86, A87	A10, A20, A30, A95	A41, A44, A45, A46, A69, A75	A13, A21, A48, A61
		13 / 44	4 / 23	6 / 15	4 / 16
Aceptable	Entre 70 y 80%	A6, A8, A18, A22, A43, A53, A54, A67, A72, A79, A88	A5, A28, A36, A42, A68, A82, A84, A91	A58, A65	
		11 / 44	8 / 23	2 / 15	0 / 16
Poco aceptable	Entre 60 y 70%	A17, A33, A37, A52	A1, A27, A56, A77	A62	A32, A66, A76
		4 / 44	4 / 23	1 / 15	3 / 16
Nada aceptable	Menos de 60%	A3, A15, A24, A31, A34, A35, A38, A73	A7, A23, A81, A92	A19, A48, A78, A93, A94	A9, A57, A60
		8 / 44	4 / 23	5 / 15	3 / 16

A la vista de los resultados recogidos en la Tabla 3 parece que las mejores respuestas se han obtenido en la prueba de la Ley de Hooke y los peores en las poleas. No obstante, queríamos saber si existían diferencias estadísticamente significativas entre las pruebas. Aplicada la prueba U de Mann-Whitney, se obtuvieron los siguientes resultados:

$$Z (\text{palanca-rampa}) = 0.569 \text{ (ns)} \quad Z (\text{palanca-rampa}) = 0.480 \text{ (ns)}$$

$$Z (\text{palanca-Hooke}) = 1.708 \text{ (} p = 0.08 \text{)}$$

$$Z (\text{rampa-polea}) = 0.893 \text{ (ns)}$$

$$Z (\text{rampa-Hooke}) = 1.676 \text{ (} p = 0.09 \text{)}$$

$$Z (\text{polea-Hooke}) = 1.309 \text{ (ns)}$$

Parece que las mejores respuestas se han obtenido en la prueba de la Ley de Hooke y los peores en las poleas. No obstante, queríamos saber si existían diferencias estadísticamente significativas entre las pruebas. Si asumimos un 5% como riesgo de error, podemos decir que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los resultados de las pruebas pero, si asumimos un riesgo mayor (10%), hay diferencias entre los que realizaron la Ley de Hooke y el resto.

Los resultados no se pueden considerar satisfactorios, dada la dificultad de la prueba. Como se puede apreciar en la Figura 4, menos de la quinta parte de los participantes están en la categoría “Deseable” frente a casi una tercera que está en “Nada aceptable”.

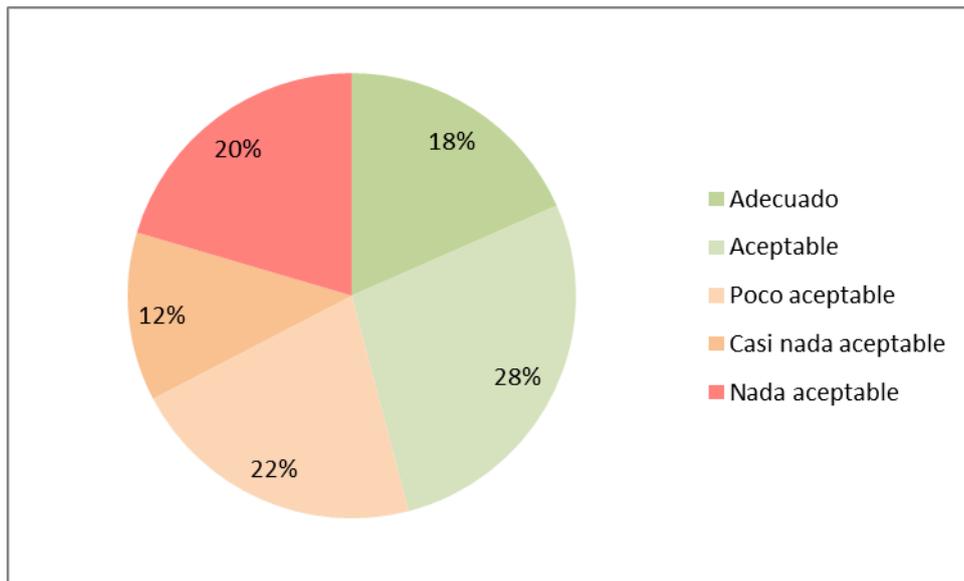


Figura 4. Categorización global del alumnado en la prueba de laboratorio.

Conclusiones

No se pueden valorar, con una sola investigación, el aprendizaje de los contenidos científicos de unos estudiantes; ni siquiera sobre una temática concreta como la de “Dispositivos y máquinas mecánicas”. Por otro lado, tampoco se pueden generalizar los resultados y, a partir de los obtenidos en un ámbito, inferir que los conocimientos adquiridos tienen estas u otras características.

No obstante, los resultados de nuestra experiencia nos permiten afirmar que, aunque los estudiantes ponen de manifiesto que tienen conocimientos científicos en este ámbito en la Diplomatura, tienen aún contenidos que aprender. Hay, por tanto, margen de mejora con los estudios de Grado respecto a los del plan de estudios de la Diplomatura.

Referencias

- Banet, E., Jaén, M. y Pro, A. (2005). *Didáctica de las Ciencias Experimentales II*. Murcia: DM
- Pro Chereguini, C. (2012). CDC en la formación inicial de maestros: actividades de laboratorio. En J. M. Domínguez (Ed.), *XXV Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 285-292). Santiago: Universidad de Santiago.
- Pro Chereguini, C. (2014): Formación Inicial de Maestros: Conocimientos y Competencias en unas Actividades de Laboratorio. En M.A. de las Heras (Ed.), *Investigación y transferencia para una educación en ciencias: un reto emocionante* (pp. 235-242). Huelva: Serv.Publ.Univ.
- Pro Chereguini, C. (2016). Formación inicial de maestros: las actividades experimentales en la enseñanza de las ciencias. ¿Cómo utilizan sus conocimientos los estudiantes de la Diplomatura de Maestro (especialidad Educación Primaria)? *Tesis Doctoral*. Universidad de Murcia.
- Sánchez, G., Bernal, M., García-Estañ, R., Guzmán, D. y Valcárcel, M.V. (2005). *Didáctica de las Ciencias Experimentales I*. Murcia: Diego Marín.

Anexo

EXAMEN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO (3 puntos)

Nombre:

1. Monta una palanca de primer género y mide la Fuerza aplicada y el brazo de la fuerza aplicada en las condiciones siguientes

R = soporte + pesa grande + dos pesas pequeñas
Brazo de la resistencia = 0.10 m

Se pide: Un dibujo del montaje realizado representando los elementos de la palanca.

Un dibujo del montaje realizado representando y justificando las fuerzas que intervienen.

Una tabla de valores indicando R , b_R , b_F y F . Debes realizar, como mínimo, TRES medidas con los valores indicados de R y brazo de R .

Las conclusiones justificadas que puedes extraer a partir de tus datos.