

# 6

# Nivel en física al acceder a la Universidad: Una experiencia

Por José Antonio ROJO MARTINEZ(\*)

«Uno de los objetivos fundamentales de la enseñanza científica debería de ser mostrar la interdependencia del conocimiento y la acción, y esta preocupación debería de conducir a unir estrechamente la enseñanza de las ciencias y la enseñanza de las tecnologías, es decir, las formas mediante las cuales se pasa de la investigación científica a sus aplicaciones.»

«APRENDER A SER» - INFORME FAURE - UNESCO

## 1. INTRODUCCION

Una significativa promoción de estudiantes ha entrado en las aulas unilaterales en el curso académico 1979-80. Es la de aquellos jóvenes que, de acuerdo con la ley General de Educación, han completado el nuevo ciclo de enseñanzas básicas y medias que aquella ley trajo consigo. Estos son los primeros estudiantes que llegan a la Universidad, tras haber hecho los cursos de la EGB, más los tres cursos del BUP y el COU. Este importante acontecimiento del sistema educativo español merece ser evaluado y estudiado en su totalidad, para comprobar si los ambiciosos objetivos de la ley de Educación se corresponden con los frutos alcanzados. En los distintos campos del conocimiento y por muy variados especialistas sería conveniente llevar a cabo esta evaluación objetiva. Esta tarea se hace aún más necesaria y urgente ante el proyecto de renovación de las enseñanzas medias, que las nuevas exigencias de la sociedad española están planteando.

Entre esas nuevas exigencias va calando cada vez más en la opinión pública, el hecho evidente de que este país no tiene la capacidad de innovación y creatividad científica y técnica que le es necesaria y que le correspondería a su grado de desarrollo económico e industrial. El sistema educativo, en su conjunto, desempeña un papel decisivo para responder a dicha exigencia. Dentro de él, son las enseñanzas científicas, y, en especial la Física, las que han de afrontar el problema. Desde esta respectiva, la labor que se realice con nuestra juventud en los laboratorios de Física de nuestros Centros de Bachillerato, puede constituir un factor decisivo en el futuro de nuestra sociedad. Es propósito de este artículo ofrecer unos datos cara a esa necesaria evaluación de lo logrado en Física al finalizar el bachillerato. Por otra parte, aunque el Bachillerato tenga una finalidad en sí mismo que responda a las necesidades de los jóvenes de los 14 a los 17 años, también ha de preparar adecuadamente a aquellos jóvenes que deseen acceder a estudios universitarios, permitiendo el conveniente entroque entre las distintas etapas del sistema educativo.

Como toda experiencia, la que exponemos a continuación está planteada con un alcance muy concreto, sobre un grupo de alumnos también muy concreto y, por tanto, sus conclusiones ni son ni quieren ser generalizables a otros contextos distintos.

## 2. CARACTERISTICAS DE LA EXPERIENCIA

### 2.1. Objetivos.

Cuando nos propusimos hacer esta prueba, continuación de experiencias de cursos anteriores, teníamos en mente cubrir los siguientes objetivos:

a) Tener datos concretos y detallados del conocimiento y dominio que del marco formal de cada una de las partes de la Física traían nuestros alumnos. Ello es necesario para la conveniente programación del curso de Física general que impartimos en el 1.º curso de Ingeniería Superior.

b) Conocer el nivel medio de la clase, desde el que partir en la exposición y trabajo a realizar en cada tema del programa, evitando, tanto el explicar sólo para unos pocos, como el aburrir a muchos insistiendo en conceptos ya dominados.

c) Saber las prácticas de laboratorio realizadas por nuestros alumnos en su Bachillerato, para programar las que vamos a realizar en este primer curso, a la vez que nos informáramos del grado de familiaridad que con el «hecho físico» traían.

d) Observar si existe alguna relación entre las calificaciones obtenidas en Física en el COU, en el examen de selectividad y en la prueba.

e) Ofrecer a los alumnos los resultados de la prueba, cara a su motivación y toma de conciencia del nivel del que parten en su proceso de aprendizaje.

f) Determinar si el nivel de partida tiene relación con los tan altos porcentajes de fracaso en los primeros cursos de las Escuelas de Ingeniería Superior.

g) Poner a disposición de compañeros y profesores de Física unos datos que empujen a la necesaria renovación de la enseñanza de la Física, a pesar de las divisiones administrativas a que estamos sometidos los profesores de los distintos niveles, divisiones, al parecer, cada vez mayores.

### 2.2. La prueba

De acuerdo con los objetivos expuestos anteriormente se diseñó la prueba. Por una parte, pensamos en los contenidos previos a nuestro curso de Física general. Por otra, miramos los programas de Bachillerato. Las preguntas siguen en su mayoría el programa de Física de COU. No obstante, hay dos que están en el programa de 3.º de BUP y otras dos están en el de Química de COU, como a continuación explicaremos. Se ha procurado que el número de preguntas de cada parte estuviese en relación con su importancia relativa. Son un total de 20 preguntas que se podían contestar brevemente y con amplio tiempo para hacerlo.

MECANICA: 1) deducir un tópico de cinemática; las ecuaciones del tiro oblicuo; 2) 1.ª ley de Newton; 3) 2.ª ley de Newton; 4) 3.ª ley de Newton; 5) condiciones de equilibrio del sólido rígido; 6) definición general de trabajo; 7) relación entre impulso y cantidad de movimiento; 8) rela-

(\*) Profesor de Física de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad de Zaragoza.

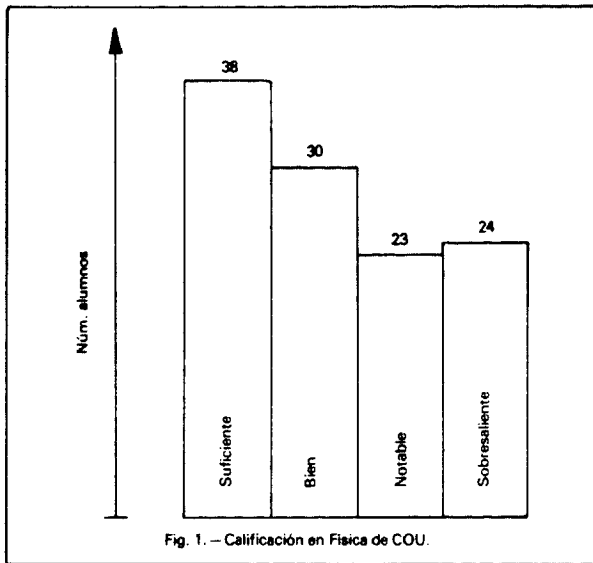


Fig. 1. — Calificación en Física de COU.

ción entre momento de una fuerza y momento cinético; 9) principio de conservación de la energía. Es decir, un total de nueve preguntas.

**FLUIDOS:** 10) principio de Arquímedes; 11) ecuación de Bernoulli.

**TERMODINAMICA:** 12) 1.º principio de la Termodinámica; 13) 2.º principio de la Termodinámica. Ambas están en el programa de Química de COU.

**ELECTROMAGNETISMO:** 14) ley de Coulomb; 15) ley de Gauss; 16) ley de Ohm; 17) ley de Joule; 18) leyes de Kirchhoff; 19) ley de Ampère; 20) ley de la inducción de Lenz-Faraday. Es decir, un total de siete preguntas.

Además, se les pedía que enumerasen las prácticas de laboratorio de física hechas en el laboratorio, así como una serie de datos de calificaciones y procedencia.

### 2.3. El grupo de alumnos.

La prueba ha sido aplicada a 115 alumnos, matriculados en el primer curso de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad de Zaragoza. Estos 115 alumnos han sido elegidos aleatoriamente en dos bloques

entre los matriculados y dispuestos por orden alfabético de sus apellidos. En cuanto a las características del grupo cabe mencionar las siguientes:

a) Salvo 6 alumnos que proceden de San Sebastián, los otros 109 proceden de centros pertenecientes al amplio distrito universitario de Zaragoza, que, además de las tres provincias aragonesas, también comprende a Soria, Logroño y Navarra. Un alto porcentaje procede de Zaragoza capital.

b) Entendiendo por centros urbanos los ubicados en capital de provincia, hay 102 alumnos que proceden de centro urbano y tan sólo 13 que proceden de centro rural. Esto puede ser un índice de la escasa implantación de Centros de Bachillerato en medios rurales, es decir, en poblaciones que no sean capital de provincia. También sería interesante de estudiar si el fenómeno es debido a que son pocos los alumnos que, habiendo hecho COU en un centro rural, deciden proseguir estudios universitarios.

c) En cuanto al tipo de centro, 63 alumnos proceden de centros privados y 52 de institutos estatales.

d) Respecto a las calificaciones obtenidas en la asignatura de Física en su centro de COU, la figura 1 indica el número de alumnos en cada una de las cuatro calificaciones por encima de insuficiente. Se observa que el número de alumnos con sobresaliente no es menor que el de alumnos con notable, sino ligeramente mayor. Ello puede ser debido a que la imagen de relativamente difíciles que tienen los estudios de Ingeniería haya producido una selección personal previa, que ha favorecido a los estudiantes que se consideraban en mejores condiciones a priori.

e) La calificación obtenida en el examen de selectividad, de la que también disponemos, es muy poco indicativa. Hay muy poca relación entre la calificación del centro de COU y la de dicho examen. Ello puede explicarse porque esta última se obtiene como promedio de calificaciones muy diversas. La inmensa mayoría de alumnos saca una calificación en la selectividad de simple aprobado. El examen de selectividad, a parte de otras objeciones de mayor peso, nos muestra que no discierne respecto a la carrera universitaria por la que opta el estudiante de COU.

### 3. RESULTADOS DE LA PRUEBA

El criterio seguido para calificar la prueba ha sido puntuar con un punto cada pregunta contestada correctamente.

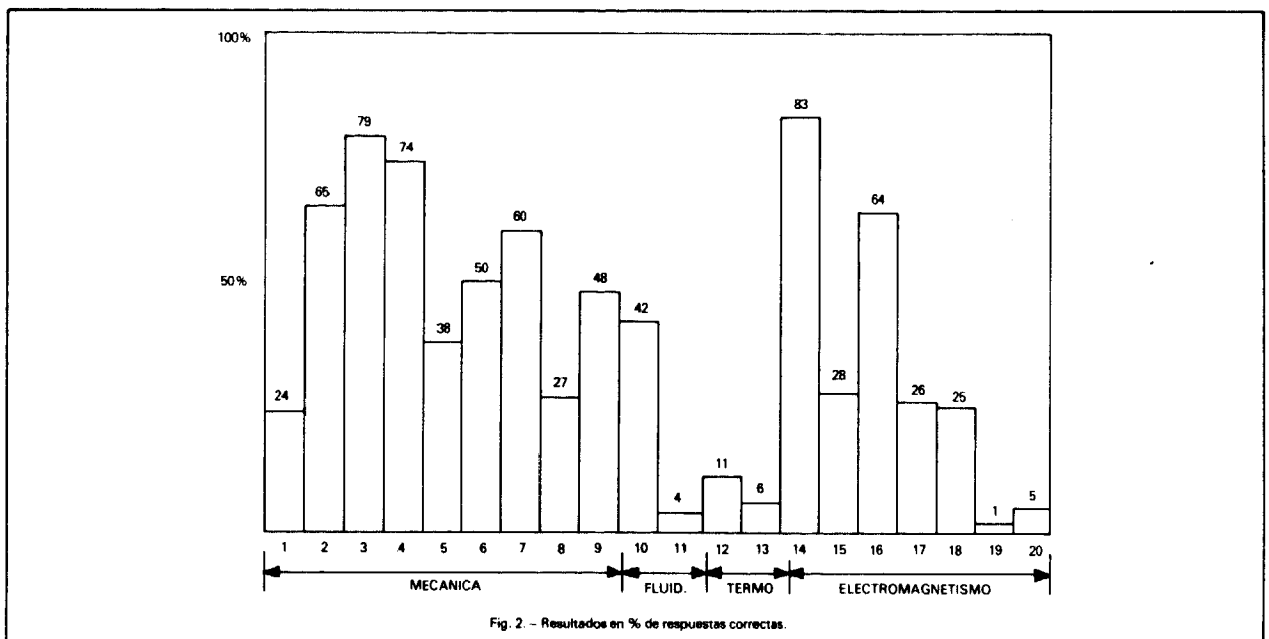


Fig. 2. — Resultados en % de respuestas correctas.

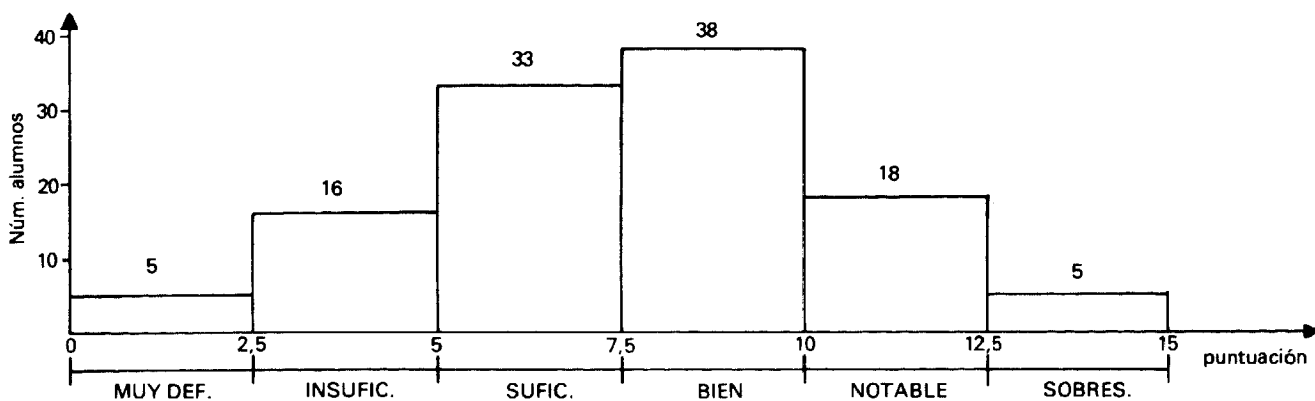


Fig. 3. — Perfil del grupo de alumnos según la prueba.

Aunque la mayoría de las preguntas tienen respuesta única, que se puede concretar en una fórmula, hay casos de preguntas con dos partes, como las condiciones de equilibrio de un sólido rígido, en los que, a veces, se contesta sólo una parte, y también hay casos de preguntas contestadas parcialmente. Ante estas situaciones hemos puntuado con medio punto. Los resultados obtenidos para cada una de las preguntas en tantos por ciento de respuestas correctas vienen dados en la figura 2. Pasemos a comentar los resultados según la parte de la Física a la que corresponden.

### 3.1. Mecánica.

La 1.ª pregunta trataba de deducir un tópico de la cinemática, las ecuaciones del tiro oblicuo. Tenía el interés de comprobar el dominio físico-matemático, tanto de las operaciones de integración como del estudio de un movimiento por componentes. Hay un 24 por 100 correctas.

La 2.ª, 3.ª y 4.ª preguntas tratan de cada una de las tres leyes de Newton que constituyen el fundamento de toda la mecánica clásica. Tienen porcentajes de contestación del 65, 79 y 74 por 100.

La 5.ª pregunta, referida a las condiciones de equilibrio de un sólido rígido, fundamento de la Estática, tiene un porcentaje del 38 por 100. Aquí es significativo que 45 estudiantes sólo contestan con la 1.ª condición de equilibrio.

La 6.ª pregunta se refiere a la definición general de trabajo y da un porcentaje del 50 por 100. Este porcentaje se explica porque sólo son 14, los estudiantes que dan la expresión general del trabajo de una fuerza en forma integral.

La 7.ª pregunta es la relación entre impulso y cantidad de movimiento y contestan correctamente el 60 por 100.

La 8.ª pregunta es la relación entre momento de una fuerza y momento cinético o angular, que es la clave de la dinámica de la rotación. Contesta un 27 por 100 lo que está en relación con el hecho de que es la dinámica de la rotación, aquella parte de la mecánica de más difícil comprensión por nuestros alumnos.

La 9.ª pregunta, el principio general de la conservación de la energía, principio clave de toda la Física, tiene un porcentaje de contestación del 48 por 100. Hay que reseñar que un alto porcentaje de estudiantes lo entienden en el muy restringido sentido de energía cinética en energía potencial y viceversa.

En conjunto, la Mecánica, sobre un total de 9 preguntas, da una media, para los 115 estudiantes, de 4,6 preguntas correctas por estudiante, algo más de la mitad.

### 3.2. Fluidos.

La pregunta 10, el principio de Arquímedes, corresponde al programa de 2.º de BUP. Tiene un porcentaje de con-

tación correcta del 42 por 100. Algunas respuestas erróneas nacen de confusiones entre masa y peso.

La pregunta 11, la ecuación de Bernoulli, corresponde al programa de 3.º de BUP. Tiene un porcentaje de contestación correcta muy bajo, de un 4 por 100. No se trataba de acordarse de la fórmula, sino de su significado físico. No obstante, un curso sin utilizarla puede que influya en el resultado.

### 3.3. Termodinámica.

La pregunta 12, la primera ley de la Termodinámica, está en el programa de 2.º de BUP y en el de Química de COU. Tiene un porcentaje de contestación correcta de un 11 por 100. Esto puede estar en relación con que, en el principio general de conservación de la energía el porcentaje fuera de un 42 por 100, algo más bajo de lo que podría esperarse.

La pregunta 13, la segunda ley de la Termodinámica, está en el programa de Química de COU. De hecho, hay un 6 por 100 de estudiantes que contestan correctamente, incluso con la correspondiente formulación.

La Termodinámica es la parte de la Física en la que aparece un menor conocimiento de su marco formal.

### 3.4. Electromagnetismo.

La pregunta 14, la ley de Coulomb, es la pregunta de la prueba mejor contestada. Hay un 83 por 100 de contestaciones correctas.

La pregunta 15, la ley de Gauss, tiene un porcentaje del 28 por 100. De este porcentaje, la mitad manifiesta cierta confusión cuando se refieren al concepto de flujo del campo eléctrico.

La pregunta 16, la ley de Ohm, es contestada por un 64 por 100. No hay ninguna referencia en las contestaciones a que se trate de materiales conductores. La corregimos como buena sin tener esto en cuenta.

La pregunta 17, la ley de Joule, es contestada correctamente por un 26 por 100.

La pregunta 18, las leyes de Kirchhoff, fundamentales para el estudio de los circuitos, da un porcentaje medio de contestación correcta del 25 por 100. Este es un caso típico en el que 11 estudiantes contestan con las dos leyes y 35 estudiantes contestan una de las leyes.

La pregunta 19, la ley de Ampère de los campos magnéticos, está en el programa de COU, con los ejemplos del hilo rectilíneo y del solenoide. Es la pregunta con porcentaje de contestación correcta más bajo. La contesta un estudiante.

La pregunta 20, la ley de la Inducción de Lenz-Faraday, es contestada por un 5 por 100. Algunas respuestas erróneas apuntan la definición de faradio, unidad de capacidad.

En Electromagnetismo de 7 preguntas propuestas, la media de contestación de los 115 estudiantes es de 2,3 preguntas correctas por estudiante. Algo bajo, posiblemente debi-

do a un cierto desconocimiento de las leyes a través de los nombres de los científicos que las descubrieron. También puede influir que el programa de Física de COU es muy denso y extenso, y el electromagnetismo corresponde a su última parte.

### 3.5. Resultados globales.

De lo expuesto hasta ahora se deduce que es la Mecánica la parte de la Física de la que mejor dominan el marco formal, seguida del Electromagnetismo, Fluidos y Termodinámica.

Dividiendo el número total de puntos por los 115 estudiantes se obtiene una media de 7,58 preguntas contestadas correctamente por estudiante, sobre el total de 20 preguntas propuestas. El estudiante que mejor contesta, responde 15 preguntas. En base a ello, y cara a conocer el perfil del grupo de alumno y la validez de la prueba, hemos dividido la puntuación máxima de 15 en intervalos de 2,5 puntos, correspondiendo a los 6 intervalos con que se califica en bachillerato: muy deficiente, insuficiente, bien, notable y sobresaliente. El resultado viene recogido en la figura 3.

Se observa que se corresponde con una distribución que tiende a ser gaussiana. El máximo está entre las calificaciones de suficiente y bien. De acuerdo con este resultado podríamos pensar que tenemos un grupo normal de alumnos, suponiendo buena la prueba. También suponiendo, a priori, normal, el grupo de alumnos, se observa que la prueba discierne bastante bien dentro del grupo, habiendo alumnos en todas las puntuaciones y de acuerdo con una distribución normal.

Esto nos permite hacernos una idea aproximada de si el conjunto propuesto de 20 preguntas distingue suficientemente entre los distintos niveles de los alumnos. Pero, sobre todo, a la hora de trabajar con ellos en el desarrollo del programa, el perfil de puntuaciones nos ofrece una información respecto del colectivo de estudiantes y en qué nivel está la mayoría.

## 4. LAS PRACTICAS DE LABORATORIO

Mención aparte hemos querido dedicar a un tema tan importante como es el de las prácticas de laboratorio. Se le preguntaba a los alumnos que enumerasen las prácticas de laboratorio de Física hechas a lo largo de su bachillerato y COU. Un primer dato es que de 115 alumnos encuestados son 21, es decir, un 18 por 100, los que manifiestan haber hecho prácticas de laboratorio.

Respecto al número y tipo de prácticas se recogen los siguientes datos.

— Con 5 prácticas hay 6 alumnos, siendo estas prácticas: medida de la gravedad, coeficiente de rozamiento, poleas, difracción de ondas y medidas en circuito con diodos.

— Con 4 prácticas hay 2 alumnos, siendo dichas prácticas: cálculo de errores en medidas con calibre, el péndulo, difracción de ondas y medida de resistencias.

— Con 3 prácticas hay un alumno, siendo dichas prácticas: plano inclinado, calores de cambio de estado y medida de resistencias.

— Con 2 prácticas hay 4 alumnos, siendo dichas prácticas: el péndulo y difracción de ondas.

— Con 1 práctica contestan los otros 8 alumnos. De éstos, 4 alumnos han hecho la práctica de difracción de ondas, 2 alumnos la del péndulo, 1 la de medida del coeficiente de rozamiento y otro, medida de resistencias eléctricas.

Estos son los datos que hemos recogido respecto al aspecto experimental de la enseñanza de la física. Sería interesante determinar si esta situación es consecuencia de la falta de laboratorios con equipos suficientes y bien dotados, si es consecuencia de que los programas, número de horas de clase y organización de horarios de la enseñanza de la Física en el BUP no contemplan suficientemente la impor-

tancia prioritaria del laboratorio, o, en fin, si son otras las causas. En cualquier caso, habría que romper con esta situación. Es necesario que nuestros jóvenes se familiaricen con el método experimental, que tomen gusto a la experimentación y creatividad científica y tecnológica. Si en los cuatro años que un joven está en un centro de bachillerato no se realiza esta labor, lo que se puede hacer en la universidad o en otros estudios profesionales queda enormemente mermado.

## 5. CONCLUSIONES

A modo de conclusiones de esta experiencia podemos mencionar las siguientes:

a) Hemos elaborado un cuestionario que nos permite hacernos una idea bastante aproximada del conocimiento y dominio que del marco formal de la Física traen nuestros alumnos al ingresar en la Universidad.

b) Dicho cuestionario responde en líneas generales a los programas de Física del BUP y COU, y discierne suficientemente dentro del grupo de alumnos, pudiendo obtenerse un cierto perfil de la composición y niveles del grupo.

c) De las cuatro partes de la Física, objeto de la prueba, observamos un nivel medio en Mecánica, algo más bajo en Electromagnetismo, menor en Fluidos y muy bajo en Termodinámica. Ello nos permite saber desde qué nivel partir en nuestras explicaciones para un adecuado desenvolvimiento del curso.

d) En la cuestión de prácticas de laboratorio de Física se observa que son pocos los alumnos que han realizado prácticas, que éstas son escasas en número y con un cierto enfoque académico en su contenido.

e) Pensamos que alguno de los resultados de esta experiencia, pueden dar alguna luz cara al nuevo planteamiento de las enseñanzas medias. En particular, respecto al aspecto teórico o formal habría de repensar unos programas aparentemente repetitivos, que insisten mucho en un conocimiento teórico de la Física, sin lograrlo plenamente. Respecto al aspecto experimental de la enseñanza de la Física, habría que prever en el número de horas de clase y organización de horarios del profesorado, el tiempo y dedicación que supone atender debidamente el laboratorio de Física, sitio idóneo para desarrollar dicha enseñanza. En cuanto al equipamiento, partiendo de unas prácticas para familiarizarse con los principios físicos, habría que ir a prácticas que toquen situaciones más reales y cotidianas. Todo esto sólo será posible si la Administración y directores de centros hacen suya esta problemática e impulsan el correspondiente esfuerzo cara a la dotación de buenos y suficientes equipos de prácticas de laboratorio.

f) En cuanto a de qué manera el nivel de entrada influye en el éxito o fracaso en los estudios universitarios, es un hecho que en el 1.º curso de Ingeniería Superior suele haber un porcentaje de aprobados bajo, alrededor el 35 por 100 de los matriculados. Pensamos que los resultados de esta experiencia pueden explicar parcialmente este hecho. Decimos parcialmente, pues de todos son conocidas las circunstancias de masificación y escasos medios experimentales por alumno en las que se ha desenvuelto hasta ahora la enseñanza universitaria, especialmente en sus primeros cursos.

Esperamos que a esta experiencia, concreta en su contenido y limitada en su alcance, acompañen otras muchas. Es necesario que los profesores de Física evaluemos la tarea que realizamos y hagamos ver a la sociedad la penuria de medios materiales y de organización en que nos desenvolvemos en muchos casos. Sólo si contamos con el apoyo suficiente, podremos ir mejorando nuestra labor. Con ello ayudaremos al desarrollo de las posibilidades de nuestros alumnos, contribuyendo a la solución de las necesidades científicas y tecnológicas, cada vez mayores y más urgentes, que tiene planteadas nuestra sociedad.