

Evaluación de las dificultades en el aprendizaje de la Física

Por Joaquín RODRIGUEZ GUARNIZO
y Justa BARRANTES BRESO

INTRODUCCION

Durante varios cursos académicos venimos incluyendo en nuestra programación de Física para alumnos de Escuelas Universitarias del Profesorado de E.G.B. una serie de capítulos que estimamos básicos para la formación del mismo, tales como el estudio, en su vertiente eminentemente práctica, de la Metrología de longitudes, de masas, de volúmenes, etc. Como objetivo de su enseñanza no sólo pretendemos conseguir el conocimiento y dominio de los instrumentos y técnicas operativas que les son propios, sino también: 1.º) dotar al futuro Profesor de E.G.B. de todos los elementos de crítica que le permitan analizar la calidad de las medidas por él efectuadas, 2.º) lo que puede exigirse a cada dispositivo medidor y 3.º poder lograr, en suma, todas las consecuencias didácticas que el análisis de una experiencia, por elemental que sea, le puede reportar. Para lograr dichos fines, nos fue imprescindible incluir inicialmente un gran capítulo dedicado al estudio del concepto de error en las medidas físicas.

Si el tratamiento de estos temas fue, una *conveniente* programación para los alumnos del Plan de estudios 1967, y que de alguna manera contribuyó a una más adecuada enseñanza de la Física, llevada a cabo por ellos mismos en su Período de Prácticas de tercer curso, ya en el Plan de estudios Experimental (Plan de Estudios 1971), creemos que no sólo es conveniente, sino *necesaria*, habida cuenta de tres presupuestos que estimamos deben presidir la actuación docente en las Escuelas Universitarias del Profesorado de E.G.B.

a) En primer lugar, que los alumnos llegan a nuestras Escuelas como mínimo con el Curso de Orientación Universitaria (C.O.U.) superado y ello

implica que los conceptos y conocimientos que se les impartan, han de estar necesariamente a *mayor nivel*.

b) En segundo lugar, fruto de la Reforma Educativa que contempla la Ley General de Educación y muy relacionado con el anterior, que los contenidos de nuestras disciplinas han de tener presente la posibilidad de acceso a Facultades Universitarias, y que en este sentido dan un significado de «puente» a los estudios realizados en nuestras Escuelas Universitarias.

c) Y tercero, nosotros diríamos el más importante, pues no debemos, en modo alguno, perder de vista que nuestro objetivo primordial es la formación de personal docente a nivel de Profesorado de E.G.B. con todo el bagaje de formación científica, humanística, metodológica, y los recursos didácticos que ello entraña.

Ante estos presupuestos, un programa de Física en nuestras Escuelas Universitarias debe estar integrado por contenidos propios de una Física General Superior, pero sin olvidar, y sinceramente creemos que ello es básico, su proyección didáctica, su *enlace con los contenidos de Física de los cuestionarios del Área de Experiencia de la Segunda Etapa de E.G.B.*, pues nuestros alumnos serán los encargados y responsables de su adecuada impartición.

Con el fin de mejorar la calidad de nuestra enseñanza, lograr una más adecuada programación de la misma y, en suma, autoevaluar de alguna manera nuestro cometido docente, creimos interesante basar nuestra posterior enseñanza correctiva, en la medida de las dificultades que el propio alumno encontraba en el aprendizaje de las cuestiones que nos preocupaban.

Para ello, inicialmente medimos (primera parte de la experiencia) las *dificultades de aprendizaje* en alumnos del Plan de Estudios 1967 de la Escuela Universitaria del Profesorado de E.G.B., de Toledo, en el curso académico 1973-74. Dicho estudio nos permitió analizar como afectaba a las dificultades encontradas la procedencia, en dicho Plan de Estudios, de los alumnos del Bachillerato Superior de Letras y de Ciencias, así como el sentar unas bases reales, y no teóricas, para una más adecuada programación de los contenidos. Posteriormente, en el curso 1974-75 efectuamos dicha experiencia con alumnos del Plan 1971.

Fruto de los resultados obtenidos consideramos la conveniencia (segunda parte de la experiencia) de proceder a la *estructuración del aprendizaje* de los conceptos que explicábamos y *medir las dificultades del aprendizaje* para cada uno de los «escalones conceptuales» del mismo. Repitiendo en este caso la experiencia —curso académico 1974-75— con alumnos del Plan de Estudios 1971, analizando la influencia de que los alumnos hubiesen cursado o no Física en C.O.U.

PRIMERA PARTE

EVALUACION DE LAS DIFICULTADES DE APRENDIZAJE

OBJETIVOS DE LA EXPERIENCIA

Siguiendo la línea ya iniciada en otros trabajos (1), nuestro objetivo no ha sido medir resultados relativos al nivel de conocimientos adquiridos, sólo nos preocupó la dificultad de aprendizaje, interpretada por el propio alumno, independientemente de si el sujeto en cuestión superó o no las pruebas al efecto.

Provocamos la experiencia atendiendo a la necesidad de *medir dificultades de aprendizaje* (como punto de partida para una más adecuada *programación de los contenidos* y como un elemento valioso para la *autoevaluación del profesorado*) y procedimos a la medida de dichas dificultades ensayando un cuestionario inicial (C-1) con alumnos del Plan de Estudios 1967, en el curso 1973-74 y repitiéndolo con alumnos del Plan de Estudios 1971 (Plan Experimental) en el curso académico 1974-75, todos ellos de la Escuela Universitaria del Profesorado de E.G.B. de Toledo.

El cuestionario (C-1) presentado en esta primera parte de la experiencia, contiene temas seleccionados dentro del programa de Física (2) que nos parecieron de mayor trascendencia según las razones expuestas en la Introducción.

En esta primera etapa pretendimos alcanzar los siguientes *objetivos*:

- 1.º Lograr una base real para realizar una programación más adecuada en la enseñanza de la Metrología de magnitudes, a nivel de preparación de Profesor de Enseñanza General Básica.
- 2.º Determinar las cuestiones de mayor dificultad, y poder acentuar sobre ellas nuestra atención en cursos posteriores.
- 3.º Analizar los resultados obtenidos en la explicación de cuestiones de Física relativas a Metrología de magnitudes, con los alumnos del Plan 1967, en cuanto a la dificultad que entrañaba su comprensión y aprendizaje, ya que en dicho Plan procedían indistintamente del Bachillerato Superior de Letras y de Ciencias.
- 4.º Proceder a una nueva programación de los contenidos (ante los resultados alcanzados en el objetivo 3.º) y analizar los datos logrados con los alumnos del Plan de Estudios 1971.

(1) RODRIGUEZ GUARNIZO, Joaquín: «Una experiencia para la valoración de dificultades en el aprendizaje de temas básicos en la enseñanza de la Química». **Vida Escolar**, número 167, marzo 1975, págs. 29-39.

(2) RODRIGUEZ GUARNIZO, Joaquín: «Cuestiones de Metrología». Pub. Cátedra de Física y Química de la Esc. Universitaria del Prof. E.G.B. Toledo, 1975.

5.º Considerar como afecta a la dificultad de aprendizaje el que los alumnos del Plan Experimental hubiesen cursado o no Física en el C.O.U.

PLANTEAMIENTO DE LA EXPERIENCIA

Como comienzo de la experiencia se elaboró el cuestionario adjunto (C-1), teniendo en cuenta alguno de los aspectos básicos de los tratados al desarrollar nuestro programa de Física.

En el año académico 1973-74, este cuestionario fue rellenado por los alumnos de segundo curso (Plan 1967), que estaba integrado por 28 estudiantes, de los cuales 21 procedían del Bachillerato Superior de Ciencias y siete del de Letras, inmediatamente después de la discusión y tratamiento de las cuestiones que en él se muestran.

En el curso 1974-75 se aplicó de nuevo dicho cuestionario a los alumnos que integraban el segundo curso del Plan de Estudios 1971 (Plan Experimental), que constaba de 36 sujetos, de los que 18 habían cursado la asignatura de Física entre las del C.O.U. y otros 18 que no la habían elegido. Igualmente se cumplimentó inmediatamente después de la discusión y tratamiento de las cuestiones que nos preocupan.

Con los resultados obtenidos en ambas aplicaciones elaboramos los datos que muestran las tablas I a XXXIV, para el curso 1973-74, y las XXXV a LXVIII para el curso 1974-75. En ellas recogemos la frecuencia absoluta del grado de dificultad que los alumnos asignaron a cada uno de los treinta y cuatro items, de acuerdo con el cuestionario. A fin de facilitar la discusión de los resultados y la comparación de los mismos, la tabla LXIX reúne las dificultades medias ponderadas encontradas en ambas aplicaciones del cuestionario para los respectivos items.

Cuestionario de evaluación de la dificultad de aprendizaje (C-1)

Cátedra de Física y Química
Escuela Universitaria Prof. E.G.B. Toledo

Nombre y apellidos:

Bachillerato Superior

Fecha:

Calificando la máxima dificultad de una cuestión con 10, y la mínima con 1, asigne Vd. a cada ítem una nota que indique la dificultad que encontró en su aprendizaje.

1. Clasificación y tipos de errores.
2. Error absoluto y error relativo.
3. Expresión del resultado de una medida.
4. Cifras significativas; problemática.
5. Conceptos de exactitud y precisión.
6. Concepto de error probable.
7. Desviación standard.
8. Error medio.
9. Cálculo de errores en las medidas indirectas.

10. Medida de grandes longitudes; empleo del teodolito.
11. Fundamento del nonius.
12. Precisión y grado de apreciación del nonius.
13. Calibrador; causas de error.
14. Fundamento del tornillo micrométrico.
15. Palmer; causas de error.
16. Esferómetro, estudio, empleo y causas de error.
17. Concepto de masa inercial.
18. Concepto de masa gravitatoria.
19. Ley de la Gravitación Universal.
20. Descripción de la balanza.
21. Caja de pesas.
22. El reiter; su empleo.
23. Balanza Roberval.
24. La romana.
25. Sensibilidad de la balanza; significado.
26. Curva de sensibilidad.
27. Discusión de los factores que afectan a la sensibilidad.
28. Cualidades de la balanza.
29. Punto de reposo; significado.
30. Pesada directa.
31. Pesada con tara constante.
32. Doble pesada.
33. Empleo de la sensibilidad para la determinación de la cuarta cifra decimal.
34. Metrología de volúmenes; causas de error.

ELABORACION DE RESULTADOS

Cada una de las siguientes tablas reúne los datos relativos a los correspondientes items. Los resultados los analizamos en el caso del Plan 1967 para el grupo de alumnos en su totalidad, y separadamente para los que procedían del Bachillerato Superior de Ciencias y de Letras. Asimismo se procedió de análoga manera en el caso del Plan 1971, considerando a todo el grupo de alumnos en su conjunto, los que habían cursado Física en el C.O.U., y los que no la habían estudiado. Las tablas I a XXXIV encierran los datos resultantes de la experiencia efectuada en el curso 1973-74 y las restantes (XXXV a LXVIII) son relativas a la llevada a cabo en el curso 1974-75.

Cada tabla ha sido construída a partir de los grados de dificultad asignados a cada item formulado en el cuestionario C-1.

En la *columna 1* aparecen los *grados de dificultad* que pueden asignarse a cada uno de los treinta y cuatro items. En la *columna 2*, se expresan las *frecuencias absolutas*, asignadas a cada grado de dificultad. En la *columna 3* se disponen las correspondientes *frecuencias relativas*, y la *columna 4*, encierra el *peso de cada grado de dificultad*. La *dificultad media ponderada* se indica en el recuadro 5. Los datos tabulados bajo las notaciones 1, 2, 3, 4, 5, corresponden a los resultados referidos a los alumnos

que proceden del Bachillerato Superior de Ciencias. Los relativos a 6, 7, 8, 9 y 10, 11, 12, 13 (de análogo significado) hacen mención a los obtenidos para los alumnos que proceden del Bachillerato Superior de Letras y a la totalidad del grupo respectivamente, tal como se muestra en las tablas I a XXXIV.

Idéntico significado tienen los datos tabulados en las tablas XXXV a LXVIII, que corresponden al Plan de Estudios 1971. Es decir, bajo las notaciones 1, 2, 3, 4, y 5 aparecen los resultados relativos a los alumnos que cursaron Física en C.O.U. Los correspondientes a 6, 7, 8, 9, y 10, 11, 12, 13 (de análogo significado) hacen mención a los obtenidos para los alumnos que no han cursado Física en C.O.U., y a todo el grupo ensayado, respectivamente.

PLAN 1967 (CURSO 1973-74)

TABLA I Item n.º 1

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12	
1	9	0,429	0,429	3	0,429	0,429	12	0,429	0,429	
2	2	0,095	0,190	1	0,143	0,286	3	0,107	0,214	
3	4	0,190	0,571	1	0,143	0,429	5	0,179	0,536	
4	1	0,048	0,190				1	0,036	0,143	
5	1	0,048	0,238				1	0,036	0,179	
6	4	0,190	1,143				4	0,143	0,857	
7										
8				2	0,286	2,286	2	0,071	0,571	
9										
10			5	2,761		9	3,430		13	2,929

TABLA II Item n.º 2

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12	
1	6	0,286	0,286	1	0,143	0,143	7	0,250	0,250	
2	2	0,095	0,190	1	0,143	0,286	3	0,107	0,214	
3	8	0,381	1,143				8	0,286	0,857	
4	1	0,048	0,190	4	0,571	2,286	5	0,179	0,714	
5	2	0,095	0,475	1	0,143	0,714	3	0,107	0,536	
6	1	0,048	0,286				1	0,036	0,214	
7	1	0,048	0,333				1	0,036	0,250	
8										
9										
10			5	2,903		9	3,429		13	3,035

TABLA III Item n.º 3

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1	1	0,048	0,048				1	0,036	0,036
2	5	0,238	0,476	3	0,429	0,857	8	0,286	0,571
3									
4	5	0,238	0,952				5	0,179	0,714
5	5	0,238	1,190	1	0,143	0,714	6	0,214	1,071
6	2	0,095	0,570	3	0,429	2,571	5	0,179	1,071
7	1	0,048	0,333				1	0,036	0,250
8	1	0,048	0,381				1	0,036	0,286
9	1	0,048	0,429				1	0,036	0,321
10			5 4,379			9 4,142			13 4,320

TABLA IV Item n.º 4

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1									
2	1	0,048	0,095				1	0,036	0,071
3									
4	1	0,048	0,190	1	0,143	0,571	2	0,071	0,286
5	1	0,048	0,238				1	0,036	0,179
6	3	0,143	0,857	2	0,286	1,714	5	0,179	1,071
7	6	0,286	2,000				6	0,214	1,500
8	9	0,429	3,429	2	0,286	2,286	11	0,393	3,143
9				2	0,286	2,571	2	0,071	0,643
10			5 6,809			9 7,142			13 6,893

ALUMNOS B. SUPERIOR CIENCIAS ALUMNOS B. SUPERIOR LETRAS TOTALIDAD CURSO ESTUDIADO

1.—Grado de dificultad asignado
 2.—Frecuencia absoluta
 3.—Frecuencia relativa
 4.—Peso dicho grado dificultad
 5.—Dificultad media ponderada

1.—Idem
 2.—Idem
 3.—Idem
 4.—Idem
 5.—Idem

1.—Idem
 2.—Idem
 3.—Idem
 4.—Idem
 5.—Idem

TABLA V Item n.º 5

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1	4	0,190	0,190				4	0,143	0,143
2	2	0,095	0,190	2	0,286	0,571	4	0,143	0,286
3	2	0,095	0,285	2	0,286	0,857	4	0,143	0,429
4	4	0,190	0,762				4	0,143	0,571
5	1	0,048	0,238	1	0,143	0,714	2	0,071	0,357
6	4	0,190	1,143				4	0,143	0,857
7	2	0,095	0,665	1	0,143	1,000	3	0,107	0,750
8	1	0,048	0,381	1	0,143	1,143	2	0,071	0,571
9	1	0,048	0,429				1	0,036	0,321
10			5 4,283			9 4,285			13 4,285

TABLA VI **Item n.º 6**

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1	1	0,048	0,048				1	0,036	0,036
2	1	0,048	0,095				1	0,036	0,071
3	1	0,048	0,143	1	0,143	0,429	2	0,071	0,214
4	3	0,143	0,571	1	0,143	0,571	4	0,143	0,571
5	1	0,048	0,238	1	0,143	0,714	2	0,071	0,357
6	1	0,048	0,286	1	0,143	0,857	2	0,071	0,429
7	5	0,238	1,667				5	0,179	1,250
8	4	0,190	1,524				4	0,143	1,143
9	3	0,143	1,286	2	0,286	2,571	5	0,179	1,607
10	1	0,048	0,476	1	0,143	1,429	2	0,071	0,714
			5 6,334			9 6,571			13 6,392

TABLA VII **Item n.º 7**

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1	1	0,048	0,048				1	0,036	0,036
2	2	0,095	0,190	1	0,143	0,286	3	0,107	0,214
3	1	0,048	0,143	1	0,143	0,429	2	0,071	0,214
4									
5	2	0,095	0,475				2	0,071	0,357
6	5	0,238	1,429	2	0,286	1,714	7	0,250	1,500
7	3	0,143	1,000	2	0,286	2,000	5	0,179	1,250
8	5	0,238	1,905	1	0,143	1,143	6	0,214	1,714
9	1	0,048	0,429				1	0,036	0,321
10	1	0,048	0,476				1	0,036	0,357
			5 6,095			9 5,572			13 5,963

TABLA VIII **Item n.º 8**

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1	5	0,238	0,238	1	0,143	0,143	6	0,214	0,214
2	6	0,286	0,571	1	0,143	0,286	7	0,250	0,500
3	1	0,048	0,143	2	0,286	0,857	3	0,107	0,321
4	2	0,095	0,380	2	0,286	1,143	4	0,143	0,571
5	4	0,190	0,952				4	0,143	0,714
6	2	0,095	0,570				2	0,071	0,429
7	1	0,048	0,333				1	0,036	0,250
8				1	0,143	1,143	1	0,036	0,286
9									
10									
			5 3,187			9 3,572			13 3,285

TABLA IX **Item n.º 9**

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12		
1	5	0,238	0,238				5	0,179	0,179		
2	2	0,095	0,190	1	0,143	0,286	3	0,107	0,214		
3	4	0,190	0,571				4	0,143	0,429		
4	1	0,048	0,190				1	0,036	0,143		
5	4	0,190	0,952	2	0,286	1,429	6	0,214	1,071		
6	2	0,095	0,570	1	0,143	0,857	3	0,107	0,643		
7	3	0,143	1,000	2	0,286	2,000	5	0,179	1,250		
8				1	0,143	1,143	1	0,036	0,286		
9											
10											
			5	3,711			9	5,715		13	4,215

TABLA X **Item n.º 10**

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12		
1	1	0,048	0,048	1	0,143	0,143	2	0,071	0,071		
2	2	0,095	0,190				2	0,071	0,143		
3	1	0,048	0,143	2	0,286	0,857	3	0,107	0,321		
4	4	0,190	0,762	2	0,286	1,143	6	0,214	0,857		
5	5	0,238	1,190	1	0,143	0,714	7	0,250	1,250		
6	7	0,333	2,000				7	0,250	1,500		
7	1	0,048	0,333				1	0,036	0,250		
8											
9				1	0,143	1,286					
10											
			5	4,666			9	4,143		13	4,392

TABLA XI **Item n.º 11**

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12		
1	5	0,238	0,238	1	0,143	0,143	6	0,214	0,214		
2	2	0,095	0,190				2	0,071	0,143		
3	4	0,190	0,571	1	0,143	0,429	5	0,179	0,536		
4											
5	5	0,238	1,190	4	0,571	2,857	9	0,321	1,607		
6	1	0,048	0,286	1	0,143	0,857	2	0,071	0,429		
7	2	0,095	0,665				2	0,071	0,500		
8	1	0,048	0,381				1	0,036	0,286		
9	1	0,048	0,429				1	0,036	0,321		
10											
			5	3,950			9	4,286		13	4,036

TABLA XII **Item n.º 12**

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1	3	0,143	0,143	1	0,143	0,143	4	0,143	0,143
2	4	0,190	0,381	1	0,143	0,286	5	0,179	0,357
3	5	0,238	0,714	1	0,143	0,429	6	0,214	0,643
4	1	0,048	0,190	1	0,143	0,571	2	0,071	0,286
5	2	0,095	0,475	1	0,143	0,714	3	0,107	0,536
6	2	0,095	0,570	1	0,143	0,857	3	0,107	0,643
7	1	0,048	0,333	1	0,143	1,000	2	0,071	0,500
8	2	0,095	0,760				2	0,071	0,571
9									
10	1	0,048	0,476				1	0,036	0,357
			5 4,042			9 4,000			13 4,036

TABLA XIII **Item n.º 13**

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1	3	0,143	0,143	1	0,143	0,143	4	0,143	0,143
2	1	0,048	0,190				1	0,036	0,071
3	2	0,095	0,285				2	0,071	0,214
4	5	0,238	0,952	4	0,571	2,286	9	0,321	1,286
5	2	0,095	0,475				2	0,071	0,357
6	4	0,190	1,143	1	0,143	0,857	5	0,179	1,071
7	3	0,143	1,000				3	0,107	0,750
8	1	0,048	0,381	1	0,143	1,143	2	0,071	0,571
9									
10			5 4,569			9 4,429			13 4,463

TABLA XIV **Item n.º 14**

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1	4	0,190	0,190	1	0,143	0,143	5	0,179	0,179
2	3	0,143	0,286				3	0,107	0,214
3	4	0,190	0,571				4	0,143	0,429
4	6	0,286	1,143	4	0,571	2,286	10	0,357	1,429
5	1	0,048	0,238	1	0,143	0,714	2	0,071	0,357
6	2	0,095	0,570				2	0,071	0,429
7	1	0,048	0,333	1	0,143	1,000	2	0,071	0,500
8									
9									
10			5 3,331			9 4,143			13 3,537

TABLA XV Item n.º 15

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1	2	0,095	0,095	1	0,143	0,143	3	0,107	0,107
2	4	0,190	0,381				4	0,143	0,286
3	5	0,238	0,714				5	0,179	0,536
4	1	0,048	0,190	3	0,429	1,714	4	0,143	0,571
5	4	0,190	0,952	2	0,286	1,429	6	0,214	1,071
6	3	0,143	0,857	1	0,143	0,857	4	0,143	0,857
7	2	0,095	0,665				2	0,071	0,500
8									
9									
10									
		5	3,854		9	4,143		13	3,928

TABLA XVI Item n.º 16

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1	2	0,095	0,095	1	0,143	0,143	3	0,107	0,107
2	3	0,143	0,286				3	0,107	0,214
3	4	0,190	0,571				4	0,143	0,429
4	2	0,095	0,380	1	0,143	0,571	3	0,107	0,429
5	1	0,048	0,238	1	0,143	0,714	2	0,071	0,357
6	3	0,143	0,857	1	0,143	0,857	4	0,143	0,857
7	5	0,238	1,667	2	0,286	2,000	7	0,250	1,750
8	1	0,048	0,381	1	0,143	1,143	2	0,071	0,571
9									
10									
		5	4,475		9	5,428		13	4,714

TABLA XVII Item n.º 17

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1	3	0,143	0,143				3	0,107	0,107
2	6	0,286	0,571				6	0,214	0,429
3	4	0,190	0,571	1	0,143	0,429	5	0,179	0,536
4	2	0,095	0,380	3	0,429	1,714	5	0,179	0,714
5	1	0,048	0,238				1	0,036	0,179
6	1	0,048	0,286				1	0,036	0,214
7	3	0,143	1,000	2	0,286	2,000	5	0,179	1,250
8									
9	1	0,048	0,429				1	0,036	0,321
10				1	0,143	1,429	1	0,036	0,357
		5	3,618		9	5,572		13	4,107

TABLA XVIII **Item n.º 18**

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1	4	0,190	0,190				4	0,143	0,143
2	3	0,143	0,286				3	0,107	0,214
3	3	0,143	0,429	2	0,286	0,857	5	0,179	0,714
4	3	0,143	0,571	2	0,286	1,143	3	0,107	0,536
5	3	0,143	0,714				1	0,036	0,214
6	1	0,048	0,286				3	0,107	0,750
7	2	0,095	0,665	1	0,143	1,000	3	0,107	0,857
8	2	0,095	0,760	1	0,143	1,143	1	0,036	0,321
9				1	0,143	1,286			
10			5 3,901			9 5,429			13 4,285

TABLA XIX **Item n.º 19**

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1	4	0,190	0,190				4	0,143	0,143
2	4	0,190	0,381	1	0,143	0,286	5	0,179	0,357
3	1	0,048	0,143	1	0,143	0,429	2	0,071	0,214
4	2	0,095	0,380				2	0,071	0,286
5	1	0,048	0,238	1	0,143	0,714	2	0,071	0,357
6	2	0,095	0,570				2	0,071	0,429
7	6	0,286	2,000	1	0,143	1,000	7	0,250	1,750
8	1	0,048	0,381	2	0,286	2,286	3	0,107	0,857
9				1	0,143	1,286	1	0,036	0,321
10			5 4,283			9 6,001			13 4,714

TABLA XX **Item n.º 20**

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1	10	0,476	0,476	5	0,714	0,714	15	0,536	0,536
2	6	0,286	0,571	1	0,143	0,286	7	0,250	0,500
3	2	0,095	0,285				2	0,071	0,214
4	1	0,048	0,190	1	0,143	0,571	2	0,071	0,286
5	1	0,048	0,238				1	0,036	0,179
6									
7	1	0,048	0,333				1	0,036	0,250
8									
9									
10			5 2,093			9 1,571			13 1,965

TABLA XXI **Item n.º 21**

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12	
1	15	0,714	0,714	4	0,571	0,571	19	0,679	0,679	
2	4	0,190	0,381	2	0,286	0,571	6	0,214	0,429	
3				1	0,143	0,429	1	0,036	0,107	
4	1	0,048	0,190				1	0,036	0,143	
5										
6	1	0,048	0,286				1	0,036	0,214	
7										
8										
9										
10										
			5	1,571		9	1,571		13	1,572

TABLA XXII **Item n.º 22**

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12	
1	6	0,286	0,286	3	0,429	0,429	9	0,321	0,321	
2				1	0,143	0,286	1	0,036	0,071	
3	6	0,286	0,857	1	0,143	0,429	7	0,250	0,750	
4	4	0,190	0,762				4	0,143	0,571	
5	2	0,095	0,475	1	0,143	0,714	3	0,107	0,536	
6										
7	2	0,095	0,665				2	0,071	0,500	
8				1	0,143	1,143	1	0,036	0,286	
9	1	0,048	0,429				1	0,036	0,321	
10										
			5	3,474		9	3,001		13	3,356

TABLA XXIII **Item n.º 23**

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12	
1	5	0,258	0,258	2	0,286	0,286	7	0,250	0,250	
2	3	0,143	0,286	1	0,143	0,286	4	0,143	0,286	
3	4	0,190	0,571	1	0,143	0,429	5	0,179	0,536	
4	1	0,048	0,190	1	0,143	0,571	2	0,071	0,286	
5	3	0,143	0,714				3	0,107	0,536	
6	2	0,095	0,570	2	0,286	1,714	4	0,143	0,857	
7										
8	2	0,095	0,760				2	0,071	0,571	
9	1	0,048	0,429				1	0,036	0,321	
10										
			5	3,758		9	3,286		13	3,643

TABLA XXIV

Item n.º 24

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1	2	0,095	0,095				2	0,071	0,071
2									
3	1	0,048	0,143	1	0,143	0,429	2	0,071	0,214
4	1	0,048	0,190	1	0,143	0,571	2	0,071	0,286
5	3	0,143	0,714				3	0,107	0,536
6	6	0,286	1,714	1	0,143	0,857	7	0,250	1,500
7	4	0,190	1,333	1	0,143	1,000	5	0,179	1,250
8				1	0,143	1,143	1	0,036	0,286
9	4	0,190	1,714	2	0,286	2,571	6	0,214	1,929
10			5 5,903			9 6,571			13 6,072

TABLA XXV

Item n.º 25

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1	1	0,048	0,048				1	0,036	0,036
2	1	0,048	0,095				1	0,036	0,071
3	3	0,143	0,429	1	0,143	0,429	4	0,143	0,429
4	1	0,048	0,190	2	0,286	1,143	3	0,107	0,429
5	8	0,381	1,905				8	0,286	1,429
6	1	0,048	0,286				1	0,036	0,214
7				1	0,143	1,000	1	0,036	0,205
8	3	0,143	1,143	1	0,143	1,143	4	0,143	1,143
9	2	0,095	0,855	1	0,143	1,286	3	0,107	0,964
10	1	0,048	0,476	1	0,143	1,429	2	0,071	0,714
			5 5,427			9 6,430			13 5,679

TABLA XXVI

Item n.º 26

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1	2	0,095	0,095				2	0,071	0,071
2	1	0,048	0,095				1	0,036	0,071
3	4	0,190	0,571	3	0,429	1,286	7	0,250	0,750
4	2	0,095	0,380				2	0,071	0,286
5	3	0,143	0,714	1	0,143	0,714	4	0,143	0,714
6	4	0,190	1,143	1	0,143	0,857	5	0,179	1,071
7	5	0,236	1,667	1	0,143	1,000	6	0,214	1,500
8									
9									
10			5 4,665	1	0,14	9 3,857			13 4,463

TABLA XXVII

Item n.º 27

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1	2	0,095	0,095	1	0,143	0,143	3	0,107	0,107
2	8	0,381	0,762	1	0,143	0,286	9	0,321	0,643
3	3	0,143	0,429	4	0,571	1,714	7	0,250	0,750
4	2	0,095	0,380				2	0,071	0,286
5	2	0,095	0,475				2	0,071	0,357
6	4	0,190	1,143	1	0,143	0,857	5	0,179	1,071
7									
8									
9									
10			5 3,284			9 3,000			13 3,214

TABLA XXVIII

Item n.º 28

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1	10	0,476	0,476	1	0,143	0,143	11	0,393	0,393
2	5	0,238	0,476	2	0,286	0,571	7	0,250	0,500
3	2	0,095	0,285				2	0,071	0,214
4	1	0,048	0,190				1	0,036	0,143
5	3	0,143	0,714	1	0,143	0,714	4	0,143	0,714
6				3	0,429	2,571	3	0,107	0,643
7									
8									
9									
10			5 2,141			9 3,999			13 2,607

TABLA XXIX

Item n.º 29

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1	6	0,286	0,286				6	0,214	0,214
2	4	0,190	0,381	1	0,143	0,286	5	0,179	0,357
3	1	0,048	0,143				1	0,036	0,107
4	3	0,143	0,571	1	0,143	0,571	4	0,143	0,571
5	5	0,238	1,190	1	0,143	0,714	6	0,214	1,071
6	1	0,048	0,286	3	0,429	2,571	4	0,143	0,857
7	1	0,048	0,333	1	0,143	1,000	2	0,071	0,500
8									
9									
10			5 3,190			9 5,142			13 3,677

TABLA XXX

Item n.º 30

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1	6	0,286	0,286				6	0,214	0,214
2	6	0,286	0,571	2	0,286	0,571	8	0,286	0,571
3	1	0,048	0,143				1	0,036	0,107
4	2	0,095	0,380				2	0,071	0,286
5	4	0,190	0,952	1	0,143	0,714	5	0,179	0,893
6	1	0,048	0,286	2	0,286	1,714	3	0,107	0,643
7				1	0,143	1,000	1	0,036	0,250
8	1	0,048	0,381	1	0,143	1,143	2	0,071	0,571
9									
10			5 2,999			9 5,142			13 3,535

TABLA XXXI

Item n.º 31

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1	1	0,048	0,048				1	0,036	0,036
2									
3									
4	1	0,048	0,190	1	0,143	0,571	2	0,071	0,286
5	2	0,095	0,475				2	0,071	0,357
6	1	0,048	0,286	1	0,143	0,857	2	0,071	0,429
7	6	0,286	2,000				6	0,214	1,500
8	5	0,238	1,905	3	0,429	3,429	8	0,286	2,286
9	1	0,048	0,429				1	0,036	0,321
10	4	0,190	1,905	2	0,286	2,857	6	0,214	2,143
			5 7,238			9 7,714			13 7,358

TABLA XXXII

Item n.º 32

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1	6	0,286	0,286	2	0,286	0,286	8	0,286	0,286
2	5	0,238	0,476				5	0,179	0,357
3	1	0,048	0,143				1	0,036	0,107
4	3	0,143	0,571	2	0,286	1,143	5	0,179	0,714
5	3	0,143	0,714	2	0,286	1,429	5	0,179	0,893
6				1	0,143	0,857	1	0,036	0,214
7	2	0,095	0,665				2	0,071	0,500
8	1	0,048	0,381				1	0,036	0,286
9									
10			5 3,236			9 3,715			13 3,357

TABLA XXXVI

Item n.º 2

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12	
1	6	0,333	0,333	2	0,111	0,111	8	0,222	0,222	
2	5	0,278	0,556	6	0,333	0,666	11	0,306	0,612	
3	6	0,333	0,999	7	0,389	1,167	13	0,361	1,083	
4				3	0,167	0,668	3	0,083	0,332	
5	1	0,056	0,280				1	0,028	0,140	
6										
7										
8										
9										
10										
			5	2,168		9	2,612		13	2,529

ALUMNOS QUE CURSARON FISICA EN COU

ALUMNOS QUE NO CURSARON FISICA EN COU

TOTALIDAD CURSO ESTUDIADO

- 1.—Grado dificultad asignado
- 2.—Frecuencia absoluta
- 3.—Frecuencia relativa
- 4.—Peso dicho grado dificultad
- 5.—Dificultad media ponderada

- 1.—Idem
- 2.—Idem
- 3.—Idem
- 4.—Idem
- 5.—Idem

- 1.—Idem
- 2.—Idem
- 3.—Idem
- 4.—Idem
- 5.—Idem

TABLA XXXVII

Item n.º 3

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12	
1				1	0,056	0,056	1	0,028	0,028	
2	6	0,333	0,666	1	0,056	0,112	7	0,194	0,388	
3	10	0,556	1,668	4	0,222	0,666	14	0,389	1,167	
4	2	0,111	0,444	8	0,444	1,776	10	0,278	1,112	
5				4	0,222	1,110	4	0,111	0,555	
6										
7										
8										
9										
10										
			5	2,778		9	3,720		13	3,250

TABLA XXXVIII

Item n.º 4

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12	
1	1	0,056	0,056	2	0,111	0,111	3	0,083	0,083	
2	6	0,333	0,666	2	0,111	0,222	8	0,222	0,444	
3	1	0,056	0,168	5	0,278	0,834	6	0,167	0,501	
4	8	0,444	1,776	3	0,167	0,668	11	0,306	1,224	
5	2	0,111	0,555	3	0,167	0,835	5	0,139	0,695	
6				2	0,111	0,666	2	0,056	0,336	
7				1	0,056	0,392	1	0,028	0,196	
8										
9										
10										
			5	3,221		9	3,728		13	3,479

TABLA XXXIX

Item n.º 5

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1	2	0,111	0,222	1	0,056	0,056	3	0,083	0,083
2	2	0,111	0,222	2	0,111	0,222	4	0,111	0,222
3	8	0,444	1,332	5	0,278	0,834	13	0,361	1,083
4	5	0,278	1,112	2	0,111	0,444	7	0,194	0,776
5				2	0,111	0,555	2	0,056	0,280
6	1	0,056	0,336	5	0,278	1,668	6	0,167	1,002
7				1	0,056	0,392	1	0,028	0,196
8									
9									
10			5 3,224			9 4,171			13 3,642

TABLA XL

Item n.º 6

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1									
2	2	0,111	0,222				2	0,056	0,112
3	8	0,444	1,332	5	0,278	0,834	13	0,361	1,083
4	5	0,278	1,112	3	0,167	0,668	8	0,222	0,888
5	3	0,167	0,835	7	0,389	1,945	10	0,278	1,390
6				3	0,167	1,002	3	0,083	0,498
7									
8									
9									
10			5 3,501			9 4,449			13 3,971

TABLA XLI

Item n.º 7

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1	1	0,056	0,056	1	0,056	0,056	2	0,056	0,056
2	2	0,111	0,222	2	0,111	0,222	4	0,111	0,222
3	3	0,167	0,501				3	0,083	0,249
4	8	0,444	1,776	4	0,222	0,888	12	0,333	1,332
5	3	0,167	0,835	6	0,333	1,665	9	0,250	1,250
6	1	0,056	0,336	1	0,056	0,336	2	0,056	0,336
7				3	0,167	1,169	3	0,083	0,581
8				1	0,056	0,448	1	0,028	0,224
9									
10			5 3,726			9 4,784			13 4,250

TABLA XLII

Item n.º 8

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1	2	0,111	0,111				2	0,056	0,056
2	1	0,056	0,112	3	0,167	0,334	4	0,111	0,222
3	8	0,444	1,332	3	0,167	0,501	11	0,306	0,918
4	6	0,333	1,332	6	0,333	1,332	12	0,333	1,332
5	1	0,056	0,280	2	0,111	0,555	3	0,083	0,415
6				3	0,167	1,002	3	0,083	0,498
7				1	0,056	0,224	1	0,028	0,112
8									
9									
10									
			5 3,167			9 3,948			13 3,553

TABLA XLIII

Item n.º 9

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1				1	0,056	0,056	1	0,028	0,028
2	5	0,278	0,556	2	0,111	0,222	7	0,194	0,388
3	7	0,389	1,167	6	0,333	0,999	13	0,361	1,083
4	3	0,167	0,668	2	0,111	0,444	5	0,139	0,556
5	3	0,167	0,835	4	0,222	1,110	7	0,194	0,970
6				1	0,056	0,336	1	0,028	0,168
7									
8				2	0,111	0,888	2	0,056	0,448
9									
10									
			5 3,226			9 4,055			13 3,641

TABLA XLIV

Item n.º 10

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1	2	0,111	0,111	2	0,111	0,111	4	0,111	0,111
2				2	0,111	0,222	2	0,056	0,112
3	5	0,278	0,834	2	0,111	0,333	7	0,194	0,582
4	10	0,556	2,224	4	0,222	0,888	14	0,389	1,556
5	1	0,056	0,280	3	0,167	0,835	4	0,111	0,555
6				3	0,167	1,002	3	0,083	0,498
7				2	0,111	0,777	2	0,056	0,392
8									
9									
10									
			5 3,449			9 4,168			13 3,806

TABLA XLV

Item n.º 11

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12	
1	3	0,167	0,167	1	0,056	0,056	4	0,111	0,111	
2	4	0,222	0,444	5	0,278	0,556	9	0,250	0,500	
3	7	0,389	1,167	4	0,222	0,666	11	0,306	0,918	
4	3	0,167	0,668	2	0,111	0,444	5	0,139	0,556	
5				3	0,167	0,835	3	0,083	0,415	
6	1	0,056	0,336	3	0,167	1,002	4	0,111	0,666	
7										
8										
9										
10			5	2,782		9	3,559		13	3,166

TABLA XLVI

Item n.º 12

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12	
1	2	0,111	0,111				2	0,056	0,056	
2	4	0,222	0,444	7	0,389	0,778	11	0,306	0,612	
3	7	0,389	1,167	1	0,056	0,168	8	0,222	0,666	
4	4	0,222	0,888	4	0,222	0,888	8	0,222	0,888	
5				3	0,167	0,835	3	0,083	0,415	
6				2	0,111	0,666	2	0,056	0,336	
7	1	0,056	0,392	1	0,056	0,392	2	0,056	0,392	
8										
9										
10			5	3,002		9	3,727		13	3,365

TABLA XLVII

Item n.º 13

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12	
1	1	0,056	0,056	2	0,111	0,111	3	0,083	0,083	
2	2	0,111	0,222	2	0,111	0,222	4	0,111	0,222	
3	6	0,333	0,999	4	0,222	0,666	10	0,278	0,834	
4	5	0,278	1,112	5	0,278	1,112	10	0,278	1,112	
5	3	0,167	0,835	3	0,167	0,835	6	0,167	0,835	
6	1	0,056	0,336	2	0,111	0,666	3	0,083	0,489	
7										
8										
9										
10			5	3,560		9	3,612		13	3,575

TABLA XLVIII

Item n.º 14

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1				1	0,056	0,056	1	0,028	0,028
2	3	0,167	0,334	3	0,167	0,334	6	0,167	0,334
3	6	0,333	0,999	6	0,333	0,999	12	0,333	0,999
4	7	0,389	1,556	5	0,278	1,112	12	0,333	1,332
5	1	0,056	0,280				1	0,028	0,140
6	1	0,056	0,336	1	0,056	0,336	2	0,056	0,336
7				2	0,111	0,777	2	0,056	0,392
8									
9									
10			5 3,505			9 3,614			13 3,561

TABLA XLIX

Item n.º 15

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1				1	0,056	0,056	1	0,028	0,028
2	4	0,222	0,444	3	0,167	0,334	7	0,194	0,388
3	7	0,389	1,167	7	0,389	1,167	14	0,389	1,167
4	6	0,333	1,332	3	0,167	0,668	9	0,250	1,000
5				1	0,056	0,280	1	0,028	0,140
6	1	0,056	0,336	2	0,111	0,666	3	0,083	0,489
7				1	0,056	0,392	1	0,028	0,196
8									
9									
10			5 3,279			9 3,563			13 3,408

TABLA L

Item n.º 16

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1									
2	3	0,167	0,334	3	0,167	0,334	6	0,167	0,334
3	3	0,167	0,501	4	0,222	0,666	7	0,194	0,582
4	7	0,389	1,556	6	0,333	1,332	13	0,361	1,444
5	5	0,278	1,390	3	0,167	0,835	8	0,222	1,110
6				1	0,056	0,336	1	0,028	0,168
7				1	0,056	0,392	1	0,028	0,196
8									
9									
10			5 3,781			9 3,895			13 3,834

TABLA LI **Item n.º 17**

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12	
1	3	0,167	0,167	3	0,167	0,167	6	0,167	0,167	
2	5	0,272	0,556	1	0,056	0,112	6	0,167	0,334	
3	6	0,333	0,999	2	0,111	0,333	8	0,222	0,666	
4	2	0,111	0,444	6	0,333	1,332	8	0,222	0,888	
5	2	0,111	0,555	6	0,333	1,665	8	0,222	1,110	
6										
7										
8										
9										
10			5	2,721		9	3,609		13	3,165

TABLA LII **Item n.º 18**

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12	
1	2	0,111	0,111	2	0,111	0,111	4	0,111	0,111	
2	4	0,222	0,444	2	0,111	0,222	6	0,167	0,334	
3	9	0,500	1,500	4	0,222	0,666	13	0,361	1,083	
4	1	0,056	0,224	6	0,333	1,332	7	0,194	0,776	
5	1	0,056	0,280	3	0,167	0,835	4	0,111	0,555	
6	1	0,056	0,336				1	0,028	0,168	
7				1	0,056	0,392	1	0,028	0,196	
8										
9										
10			5	2,895		9	3,558		13	3,223

TABLA LIII **Item n.º 19**

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12	
1	1	0,056	0,056	1	0,056	0,056	62	0,056	0,056	
2	4	0,222	0,444	2	0,111	0,222	6	0,167	0,334	
3	7	0,389	1,167	3	0,167	0,501	10	0,278	0,834	
4	5	0,278	1,112	5	0,278	1,112	10	0,278	1,112	
5				4	0,222	1,110	4	0,111	0,555	
6				2	0,111	0,666	2	0,056	0,336	
7	1	0,056	0,392	1	0,056	0,392	2	0,056	0,392	
8										
9										
10			5	3,171		9	4,059		13	3,619

TABLA LIV

Item n.º 20

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1	3	0,167	0,167	2	0,111	0,111	5	0,139	0,139
2	11	0,611	1,222	3	0,167	0,334	14	0,389	0,778
3	1	0,056	0,168	5	0,278	0,834	6	0,167	0,501
4	3	0,167	0,668	5	0,278	1,112	8	0,222	0,888
5				2	0,111	0,555	2	0,056	0,280
6				1	0,056	0,336	1	0,028	0,168
7									
8									
9									
10			5 2,225			9 3,282			13 2,754

TABLA LV

Item n.º 21

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1	5	0,278	0,278	3	0,167	0,167	8	0,222	0,222
2	8	0,444	0,888	4	0,222	0,444	12	0,333	0,666
3	4	0,222	0,666	6	0,333	0,999	10	0,278	0,834
4	1	0,056	0,224	3	0,167	0,668	4	0,111	0,444
5				2	0,111	0,555	2	0,056	0,280
6									
7									
8									
9									
10			5 2,056			9 2,833			13 2,446

TABLA LVI

Item n.º 22

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1	2	0,111	0,111	1	0,056	0,056	3	0,083	0,083
2	4	0,222	0,444	2	0,111	0,222	6	0,167	0,334
3	7	0,389	1,167	4	0,222	0,666	11	0,306	0,918
4	5	0,278	1,112	3	0,167	0,668	8	0,222	0,888
5				6	0,333	1,665	6	0,167	0,835
6				1	0,056	0,336	1	0,028	0,168
7				1	0,056	0,392	1	0,028	0,196
8									
9									
10			5 2,834			9 4,005			13 3,422

TABLA LVII

Item n.º 23

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1	1	0,056	0,056	2	0,111	0,111	3	0,083	0,083
2	4	0,222	0,444	2	0,111	0,222	6	0,167	0,334
3	6	0,333	0,999	5	0,278	0,834	11	0,306	0,918
4	7	0,389	1,556	3	0,167	0,668	10	0,278	1,112
5				4	0,222	1,110	4	0,111	0,555
6				2	0,111	0,666	2	0,056	0,336
7									
8									
9									
10			5 3,005			9 3,611			13 3,338

TABLA LVIII

Item n.º 24

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1	1	0,056	0,056	1	0,056	0,056	2	0,056	0,056
2	3	0,167	0,334	1	0,056	0,112	4	0,111	0,222
3	4	0,222	0,666	2	0,111	0,333	6	0,167	0,501
4	6	0,333	1,332	4	0,222	0,888	10	0,278	1,112
5	3	0,167	0,835	4	0,222	1,110	7	0,194	0,970
6	1	0,056	0,336	3	0,167	1,002	4	0,111	0,666
7				3	0,167	1,169	3	0,083	0,581
8									
9									
10			5 3,559			9 4,670			13 4,108

TABLA LIX

Item n.º 25

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1	1	0,056	0,056	1	0,056	0,056	2	0,056	0,056
2	1	0,056	0,112				1	0,028	0,056
3	6	0,333	0,999	1	0,056	0,168	7	0,194	0,582
4	6	0,333	1,332	8	0,444	1,776	14	0,389	1,556
5	4	0,222	1,110	3	0,167	0,835	7	0,194	0,970
6				1	0,056	0,336	1	0,028	0,168
7				3	0,167	1,169	3	0,083	0,581
8				1	0,056	0,048	1	0,028	0,224
9									
10			5 3,609			9 4,788			13 4,193

TABLA LX Item n.º 26

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12		
1	2	0,111	0,111				2	0,056	0,056		
2	1	0,056	0,112	1	0,056	0,112	2	0,056	0,112		
3	5	0,278	0,834	4	0,222	0,666	9	0,250	0,750		
4	6	0,333	1,332	5	0,278	1,112	11	0,306	1,224		
5	4	0,222	1,110	3	0,167	0,835	7	0,194	0,970		
6				2	0,111	0,666	2	0,056	0,336		
7				1	0,056	0,392	1	0,028	0,196		
8				2	0,111	0,888	2	0,056	0,448		
9											
10											
			5	3,499			9	4,671		13	4,092

TABLA LXI Item n.º 27

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12		
1	4	0,222	0,222	2	0,111	0,111	6	0,167	0,167		
2	3	0,167	0,334	4	0,222	0,444	7	0,194	0,388		
3	4	0,222	0,666	2	0,111	0,333	6	0,167	0,501		
4	6	0,333	1,332	5	0,278	1,112	11	0,306	1,224		
5	1	0,056	0,280	3	0,167	0,835	4	0,111	0,555		
6				1	0,056	0,336	1	0,028	0,168		
7											
8											
9				1	0,056	0,504	1	0,028	0,252		
10											
			5	2,834			9	3,675		13	3,255

TABLA LXII Item n.º 28

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12		
1	8	0,444	0,444	5	0,278	0,278	13	0,361	0,361		
2	6	0,333	0,666	4	0,222	0,444	10	0,278	0,556		
3	2	0,111	0,333	5	0,278	0,834	7	0,194	0,582		
4	2	0,111	0,444	2	0,111	0,444	4	0,111	0,444		
5				1	0,056	0,280	1	0,028	0,114		
6				1	0,056	0,336	1	0,028	0,168		
7											
8											
9											
10											
			5	1,887			9	2,616		13	2,251

TABLA LXIII

Item n.º 29

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12	
1	4	0,222	0,222				4	0,111	0,111	
2	6	0,333	0,666	4	0,222	0,444	10	0,278	0,556	
3	2	0,111	0,333	4	0,222	0,666	6	0,167	0,501	
4	3	0,167	0,668	8	0,444	1,776	11	0,306	1,224	
5	3	0,167	0,835				3	0,083	0,415	
6				1	0,056	0,336	1	0,028	0,168	
7				1	0,056	0,392	1	0,028	0,196	
8										
9										
10			5	2,724		9	3,614		13	3,171

TABLA LXIV

Item n.º 30

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12	
1				1	0,056	0,056	1	0,028	0,028	
2	9	0,500	1,000	3	0,167	0,334	12	0,333	0,666	
3	4	0,222	0,666	9	0,500	1,500	13	0,361	1,083	
4	3	0,167	0,668	2	0,111	0,444	5	0,139	0,556	
5	1	0,056	0,280	1	0,056	0,280	2	0,056	0,280	
6	1	0,056	0,336	1	0,056	0,336	2	0,056	0,336	
7				1	0,056	0,392	1	0,028	0,196	
8										
9										
10			5	2,950		9	3,342		13	3,145

TABLA LXV

Item n.º 31

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12	
1	1	0,056	0,056	1	0,056	0,056	2	0,056	0,056	
2	1	0,056	0,112	1	0,056	0,112	2	0,056	0,112	
3	3	0,167	0,501	1	0,056	0,168	4	0,111	0,333	
4	5	0,278	1,112	3	0,167	0,668	8	0,222	0,888	
5	3	0,167	0,835	3	0,167	0,835	6	0,167	0,835	
6	4	0,222	1,332	7	0,389	2,334	11	0,306	1,836	
7	1	0,056	0,392	1	0,056	0,392	2	0,056	0,392	
8										
9				1	0,056	0,504	1	0,028	0,252	
10			5	4,340		9	5,069		13	4,704

TABLA LXVI

Item n.º 32

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1	4	0,222	0,222	2	0,111	0,111	6	0,167	0,167
2	4	0,222	0,444	2	0,111	0,222	6	0,167	0,334
3	4	0,222	0,666	4	0,222	0,666	8	0,222	0,666
4	4	0,222	0,888	8	0,444	1,776	12	0,333	1,332
5	1	0,056	0,280	1	0,056	0,280	2	0,056	0,280
6	1	0,056	0,336	1	0,056	0,336	2	0,056	0,336
7									
8									
9									
10			5 2,836			9 3,391			13 3,115

TABLA LXVII

Item n.º 33

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1	3	0,167	0,167	4	0,222	0,222	7	0,194	0,194
2	9	0,500	1,000	5	0,278	0,556	14	0,389	0,778
3	4	0,222	0,666	3	0,167	0,501	7	0,194	0,582
4	2	0,111	0,444	6	0,333	1,332	8	0,222	0,888
5									
6									
7									
8									
9									
10			5 2,277			9 2,611			13 2,442

TABLA LXVIII

Item n.º 34

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1	2	0,111	0,111	3	0,167	0,167	5	0,139	0,139
2	3	0,167	0,334	2	0,111	0,222	5	0,139	0,278
3	5	0,278	0,834	4	0,222	0,666	9	0,250	0,750
4	7	0,389	1,556	5	0,278	1,112	12	0,333	1,332
5				3	0,167	0,835	3	0,083	0,415
6	1	0,056	0,336				1	0,028	0,168
7				1	0,056	0,392	1	0,028	0,196
8									
9									
10			5 3,171			9 3,394			13 3,278

TABLA LXIX
Grados de dificultad

	A	B	C	D	E	F
Item n.º 1 Clasificación y tipos de errores	2,761	3,430	2,929	2,169	2,891	2,529
Item n.º 2 Error absoluto y error relativo	2,903	3,429	3,035	2,168	2,612	2,389
Item n.º 3 Expresión del resultado de una medida	4,379	4,142	4,320	2,778	3,720	3,250
Item n.º 4 Cifras significativas; problemática	6,809	7,142	6,893	3,221	3,728	3,479
Item n.º 5 Conceptos de exactitud y precisión	4,283	4,285	4,285	3,224	4,171	3,642
Item n.º 6 Concepto de error probable	6,334	6,571	6,392	3,501	4,449	3,971
Item n.º 7 Desviación standard	6,095	5,572	5,963	3,726	4,784	4,250
Item n.º 8 Error medio	3,187	3,572	3,285	3,167	3,948	3,553
Item n.º 9 Cálculo de errores en las medidas indirectas	3,711	5,715	4,215	3,226	4,055	3,641
Item n.º 10 Medida de grandes longitudes; teodolito	4,666	4,143	4,392	3,449	4,168	3,806
Item n.º 11 Fundamento del nonius	3,950	4,286	4,036	2,782	3,559	3,166
Item n.º 12 Precisión y grado apreciación nonius	4,042	4,000	4,036	3,002	3,727	3,365
Item n.º 13 Calibrador; causas de error	3,331	4,143	3,537	3,505	3,614	3,561
Item n.º 14 Fundamento del tornillo micrométrico	4,569	4,429	4,463	3,560	3,612	3,575
Item n.º 15 Palmer; causas de error	3,854	4,143	3,928	3,279	3,563	3,408
Item n.º 16 Esferómetro, estudio, empleo, causas de error	4,475	5,428	4,714	3,781	3,895	3,834
Item n.º 17 Concepto de masa inercial	3,618	5,572	4,107	2,721	3,609	3,165
Item n.º 18 Concepto de masa gravitatoria	3,901	5,429	4,285	2,895	3,558	3,223
Item n.º 19 Ley de la Gravitación Universal	4,283	6,001	4,714	3,171	4,059	3,619
Item n.º 20 Descripción de la balanza	2,093	1,571	1,965	2,225	3,282	2,754
Item n.º 21 Caja de pesas	1,571	1,571	1,572	2,056	2,833	2,446
Item n.º 22 El reiter; su empleo	3,474	3,001	3,356	2,834	4,005	3,422

	A	B	C	D	E	F
Item n.º 23	3,236	3,715	3,357	2,836	3,391	3,115
Balanza Roberval						
Item n.º 24	2,523	3,572	2,786	2,277	2,611	2,442
La romana						
Item n.º 25	5,903	6,571	6,072	3,559	4,670	4,108
Sensibilidad de la balanza; significado						
Item n.º 26	5,427	6,430	5,679	3,609	4,788	4,193
Curva de sensibilidad						
Item n.º 27	4,665	3,857	4,463	3,499	4,671	4,092
Discusión factores que afectan sensibilidad						
Item n.º 28	3,284	3,000	3,214	2,834	3,675	3,255
Cualidades de la balanza						
Item n.º 29	3,758	3,286	3,643	3,055	3,611	3,338
Punto de reposo; significado						
Item n.º 30	2,141	3,999	2,607	1,887	2,616	2,251
Pesada directa						
Item n.º 31	3,190	5,142	3,677	2,724	3,614	3,171
Pesada con tara constante						
Item n.º 32	2,999	5,142	3,535	2,950	3,342	3,145
Doble pesada						
Item n.º 33	7,238	7,714	7,358	4,340	5,069	4,704
Empleo sensibilidad para deter. 4.ª cifra decimal						
Item n.º 34	4,523	5,001	4,642	3,171	3,394	3,270
Metrología de volúmenes; causas de error						

A.—Alumnos Bachillerato Superior Ciencias.

B.—Alumnos Bachillerato Superior Letras.

C.—Media del grupo (Plan 1967).

D.—Alumnos que cursaron Física en C.O.U.

E.—Alumnos que **no** cursaron física en C.O.U.

F.—Media del grupo (Plan 1971).

REPRESENTACION DE RESULTADOS

Las gráficas números I, II y III se han construido representando las dificultades medias ponderadas o grados de dificultad en el aprendizaje para cada una de las cuestiones presentadas.

En la *gráfica I* se han superpuesto los datos correspondientes a los alumnos que proceden del Bachillerato Superior de Ciencias y de Letras, y que cursaron de acuerdo con el Plan de Estudios 1967.

En la *gráfica II* se muestran los datos correspondientes a los alumnos del Plan 1971, que cursaron Física en el C.O.U. y los de aquellos otros que no lo hicieron.

En la *gráfica III* se han superpuesto, para su fácil comparación, los

datos relativos al grupo de alumnos considerados en su conjunto —dificultad media ponderada, del grupo integrado por alumnos de Ciencias y de Letras del Plan 1967, durante el curso 1973-74, y los correspondientes a todo el curso ensayado del Plan de Estudios 1971, durante el curso 1974-75.

DISCUSION DE RESULTADOS

Con el fin de sistematizar la discusión de los resultados obtenidos —que se muestran en las gráficas I, II y III—, estimamos conveniente esquematizar las cuestiones presentadas atendiendo a los objetivos que presidieron su enseñanza, de la siguiente forma.

a) TEORIA DE ERRORES.

1. Items 1 a 9.

b) METROLOGIA DE LONGITUDES

1. Medida de grandes longitudes: Item 10.
2. Medida de pequeñas longitudes basadas en el empleo del nonius: Items 11 a 13.
3. Medida de pequeñas longitudes basadas en el empleo del tornillo micrométrico: Items 14 a 16.

c) METROLOGIA DE MASAS

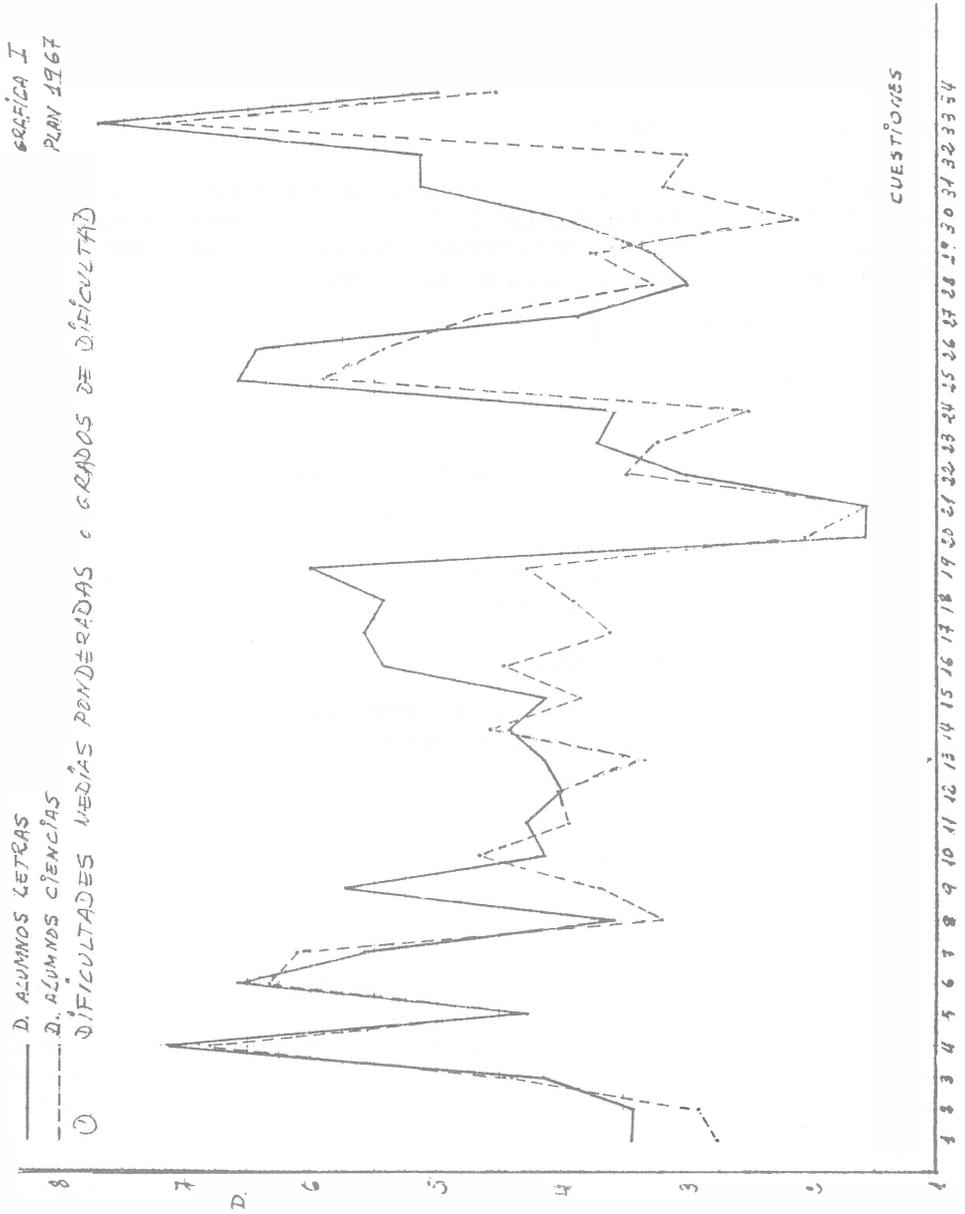
1. Masa como magnitud física: Items 17 a 19.
2. Descripción de la balanza: Items 20 a 24.
3. Cualidades de la balanza: Items 25 a 28.
4. Procedimientos de operación: Items 29 a 33.

d) METROLOGIA DE VOLUMENES

1. Item 34.

I. Resultados obtenidos con los alumnos del Plan 1967 (curso 1973-74).

El análisis de la gráfica I nos informa de la existencia, en general, de un elevado grado de dificultad, que en algunas cuestiones se hace muy considerable, coincidiendo en dichos puntos, tanto para los alumnos que procedían del Bachillerato Superior de Letras, como los del de Ciencias. Se aprecia en numerosas cuestiones una menor dificultad para los alumnos de Ciencias, consecuencia que estimamos debida a la más específica preparación. Asimismo, la presencia de unos máximos muy acusados nos obliga a su estudio detenido con el fin de lograr unas conclusiones que nos permitan «homogeneizar» y hacer más asequible nuestro programa.



I-a.	TEORIA DE ERRORES
------	-------------------

I-a-1

El examen de los resultados obtenidos con los alumnos del Plan 1967, en el curso 1973-74, nos informa, a primera vista, que el aprendizaje de este capítulo encierra una dificultad en general elevada y, asimismo, que ésta es del mismo orden de magnitud tanto para los alumnos que proceden del Bachillerato Superior de Ciencias y de Letras.

En principio, nos parecen excesivas las dificultades que muestran las cuestiones *Clasificación y tipos de errores* (1) y los conceptos de *Error absoluto y relativo* (2), no siendo lógico que para los alumnos de Ciencias sea algo superior la dificultad de esta última cuestión.

Nos parece en cambio lógica la dificultad de *Expresión del resultado de una medida* (3) en relación con los valores encontrados para las cuestiones (1) y (2); aunque indudablemente la dificultad de aprendizaje que presentan estos tres puntos atenta al rendimiento de nuestro proceso formativo, ya que entendemos se trata de conceptos muy elementales. El máximo de dificultad que entraña la cuestión relativa a *Cifras significativas* (4) está por supuesto relacionado con los valores anteriores y presuimos es totalmente imputable a una mala programación y al haberle prestado poca atención por nuestra parte.

El concepto de *Exactitud y precisión* (5), aunque con una dificultad media, muestra un mínimo debido a que es fácilmente comprensible gracias al empleo de adecuados símiles didácticos.

Los conceptos de *Error probable* (6) y *Desviación standard* (7) presentan una elevada dificultad; se trata de cuestiones estadísticas cuyo significado es intrínsecamente difícil, a cuyo tratamiento y consideración debemos prestar una mayor atención.

El concepto de *Error medio* (8) es indudablemente más sencillo que los dos anteriores, lo cual refleja la gráfica, y se aprecia una ligera menor dificultad para los alumnos de Ciencias, a causa de su «madurez» en los conceptos matemáticos.

El *Cálculo de los errores en las medidas indirectas* (9) muestra un máximo muy visible para los alumnos de Letras, que no es acusado sensiblemente por los de Ciencias, entendiendo que ello se debe sin duda a la más específica formación de éstos en el lenguaje y operaciones matemáticas, y quizá al haber considerado anteriormente dicha problemática.

I-a.	Conclusiones
------	--------------

Verdaderamente no nos encontramos satisfechos de los resultados obtenidos en esta parte de la experiencia y por ende en nuestra labor docente. Pero ello debe ser nuestro punto de apoyo para un nuevo replanteamiento

de su enseñanza, a la que debemos dedicar una mayor atención y proceder previamente a una más adecuada programación de sus contenidos.

Los resultados no nos señalan una clara separación entre los alumnos de Letras y los de Ciencias, salvo en aquellos conceptos que se apoyan esencialmente en una fundamentación matemática.

I-b. METROLOGIA DE LONGITUDES

Considerando este objetivo educativo en su conjunto, su aprendizaje nos muestra una dificultad inferior a una dificultad media, aunque para los alumnos de Letras ésta se acentúe ostensiblemente en el estudio del *Esferómetro* (16). También nos encontramos con dificultades similares para ambos tipos de alumnos, que achacamos al desconocimiento de las técnicas operativas que son propias. Se aprecia una menor dificultad por parte de los alumnos de Ciencias.

I-b-1. *Medidas de grandes longitudes*

La problemática de la *Medida de grandes longitudes con el empleo del teodolito* (10) entraña una distribución de dificultades que no nos parece justificada, y ello nos obliga a replantearnos su enseñanza, debiendo insistir tanto en sus conceptos básicos como en la técnica de medida.

I-b-2. *Medida de pequeñas longitudes basadas en el empleo del nonius*

El estudio del *Fundamento del nonius* (11) y su *Precisión y grado de apreciación* (12) no señala dificultad apreciable, ni acusada diferencia entre los dos tipos de sujetos, lo que nos informa, creemos, de que aquí no influye la histéresis educativa de los alumnos, aunque ésta se pone de manifiesto al considerar el *Calibrador y sus causas de error* (13), instrumento y técnicas operativas ya conocidos por los de Ciencias.

I-b-3. *Medida de pequeñas longitudes basadas en el empleo del tornillo micrométrico*

La consideración del *Fundamento del tornillo micrométrico* (14) es ligeramente más difícil para los alumnos de Ciencias, lo cual no está justificado. Es normal el resultado relativo al *Palmer* (15) y nos llama mucho la atención la elevada dificultad que entraña para los de Letras el aprendizaje del *Esferómetro* (16) en su más amplia dimensión.

I-b. Conclusiones

El nivel medio de los grados de dificultad y las posiciones no justificadas de los mismos en las cuestiones relativas a la *Medida de grandes*

longitudes (10) y *Fundamento del tornillo micrométrico* (14) nos marcan la necesidad de reestructurar la programación de sus contenidos. Asimismo, y teniendo muy presente la influencia del dominio de las técnicas operativas que son propias de esta metrología, es preciso insistir en la realización de adecuadas experiencias con los instrumentos medidores.

I-c

METROLOGIA DE MASAS

Examinado en su conjunto este objetivo, se aprecia una clara influencia de los estudios previos en los alumnos de Ciencias, fundamentalmente al considerar la problemática de la masa como magnitud física.

La dificultad que comporta el conocimiento de los dispositivos medidores —balanzas— no entraña, como es lógico, dificultad apreciable. En cambio el bagaje conceptual que implica el estudio de las cualidades de la balanza y en concreto de la sensibilidad, lleva consigo una elevada dificultad que nos habla de una inadecuada programación al respecto.

En el aprendizaje de las técnicas operativas se hace patente la específica preparación del alumnado de Ciencias, y fruto de lo anteriormente señalado para el concepto de sensibilidad —e indudablemente relacionado con el estudio de las cifras significativas—, aparece una máxima dificultad muy llamativa con referencia a la problemática de la *Determinación de la cuarta cifra decimal con una balanza de precisión* (33).

I-c-1. La masa como magnitud física

Admitimos lógica la más elevada dificultad que el estudio de los conceptos de *Masa gravitatoria* (17), *Masa inercial* (18) y la problemática concerniente a la *Ley de gravitación Universal* (19) entraña para los alumnos de Letras. Pero el orden creciente que se muestra de una a otra cuestión no lo consideramos justificado, y aunque en principio la elevada dificultad que encuentran los de Letras no nos preocupa —al estar relacionada con su carencia de base conceptual— el paralelismo que se acusa con los de Ciencias, denota un fallo imputable a nuestra labor docente, estimando que se solucionará con una más adecuada programación.

I-c-2. Descripción de la balanza

No existe dificultad —ya que son cuestiones muy elementales y conocidas— para el estudio de la *Descripción de la balanza* (20) y la *Caja de pesas* (21); ésta se eleva al considerar el *Empleo del reiter* (22), y disminuye al tratar la *Balanza Roberval* (23) y la *Romana* (24), cuestiones ambas que no deben ofrecer dificultad, ya que entendemos basta su observación para comprender sus características, fundamento y manejo.

El máximo relativo al *Empleo del reiter* (22), aparte del aparato conceptual que implica, y el mucho menos justificado que muestra para los alum-

nos de Letras la *Balanza Roberval* (23) deben eliminarse, insistiendo más sobre el primero y analizando y experimentando más extensamente en el caso del segundo.

I-c-3. *Cualidades de la balanza*

Este bloque de cuestiones muestra una dificultad muy elevada y un marcado paralelismo para ambos tipos de alumnos, sobre todo en el *Significado de la sensibilidad de la balanza* (25) y *Curva de sensibilidad* (26) íntimamente relacionados entre sí, cuya enseñanza, habida cuenta del grado de abstracción que requiere, precisa una máxima atención.

A causa de las expresiones matemáticas que permiten razonar sobre los *Factores que afectan a la sensibilidad* (27) se obtiene en este caso una dificultad algo inferior, pero aún considerable, que estimamos relacionada con el criterio de equilibrio de un cuerpo que puede girar sobre un eje, y que necesariamente afecta también al *Empleo del reiter* (22), pudiendo hacerlo tanto a la comprensión de las características de la *Balanza Roberval* (23) e incluso al fundamento de la *Romana* (24).

No entraña problema el estudio de las otras *Cualidades de la Balanza* (28).

I-c-4. *Procedimientos de operación*

Aquí se muestra notoriamente la diferencia de preparación del alumnado procedente del Bachillerato Superior de Ciencias.

No estimamos justificada la dificultad encontrada para el *Significado del punto de reposo* (29). Lógico es el mínimo correspondiente a la *Pesada directa* (30), y también los valores obtenidos en uno y otro caso para la *Pesada con tara constante* (31), y *Doble pesada* (32) teniendo presente la similitud de su fundamento.

El máximo de dificultad que lleva consigo el *Empleo de la sensibilidad para la determinación de la cuarta cifra decimal* (33), aparte de estar ocasionado por una inadecuada planificación de su enseñanza por nuestra parte, se debe sin duda alguna al alto grado de abstracción que su captación entraña, y que está íntimamente relacionado con el máximo encontrado para el *Concepto de sensibilidad* (25), e implícitamente con el también máximo obtenido para *Cifras significativas* (4).

Creemos que mejorarán nuestros resultados al proceder a una más adecuada programación de las cuestiones y a una mayor experimentación.

I-c.

Conclusiones

A la vista de los resultados anteriores estimamos necesario proceder a una nueva programación respecto al objetivo de *la masa como magnitud*

física. Insistir en la condición de equilibrio de un cuerpo que puede girar respecto a un eje para con ello tratar de disminuir y homogeneizar las dificultades encontradas, tanto en el empleo del reiter, los fundamentos de la balanza Roberval, y la Romana, dedicando más tiempo a la observación y experimentación con los mismos.

Es imprescindible volcar nuestra atención sobre la problemática de la sensibilidad, y en suma insistir en la actividad práctica. Entendiendo que una nueva planificación basada en una vertiente práctica mejorará el rendimiento en el proceso de aprendizaje.

I-d. METROLOGIA DE VOLUMENES

La *Metrología de volúmenes* (34) muestra una relación lógica de dificultades, teniendo presente que es relativamente nueva para los alumnos su temática. No obstante, resulta una dificultad media que nos parece elevada, y cuyo aprendizaje se hará más eficaz dedicándole más tiempo y realizando más experiencias.

I. CONCLUSION FINAL

Examinadas objetivamente las discusiones anteriores, no cabe duda que debemos admitir sincera y honradamente que no se han logrado unos resultados óptimos. Es preciso, una vez conocida la existencia de numerosos puntos de máxima y en algunos casos injustificada dificultad, poner en juego todos los resortes didácticos de que disponemos y proceder a una nueva programación, retocando y estructurando todos y cada uno de los aspectos que sean necesarios, y dedicando una especial atención a los trabajos experimentales en el Laboratorio de Física.

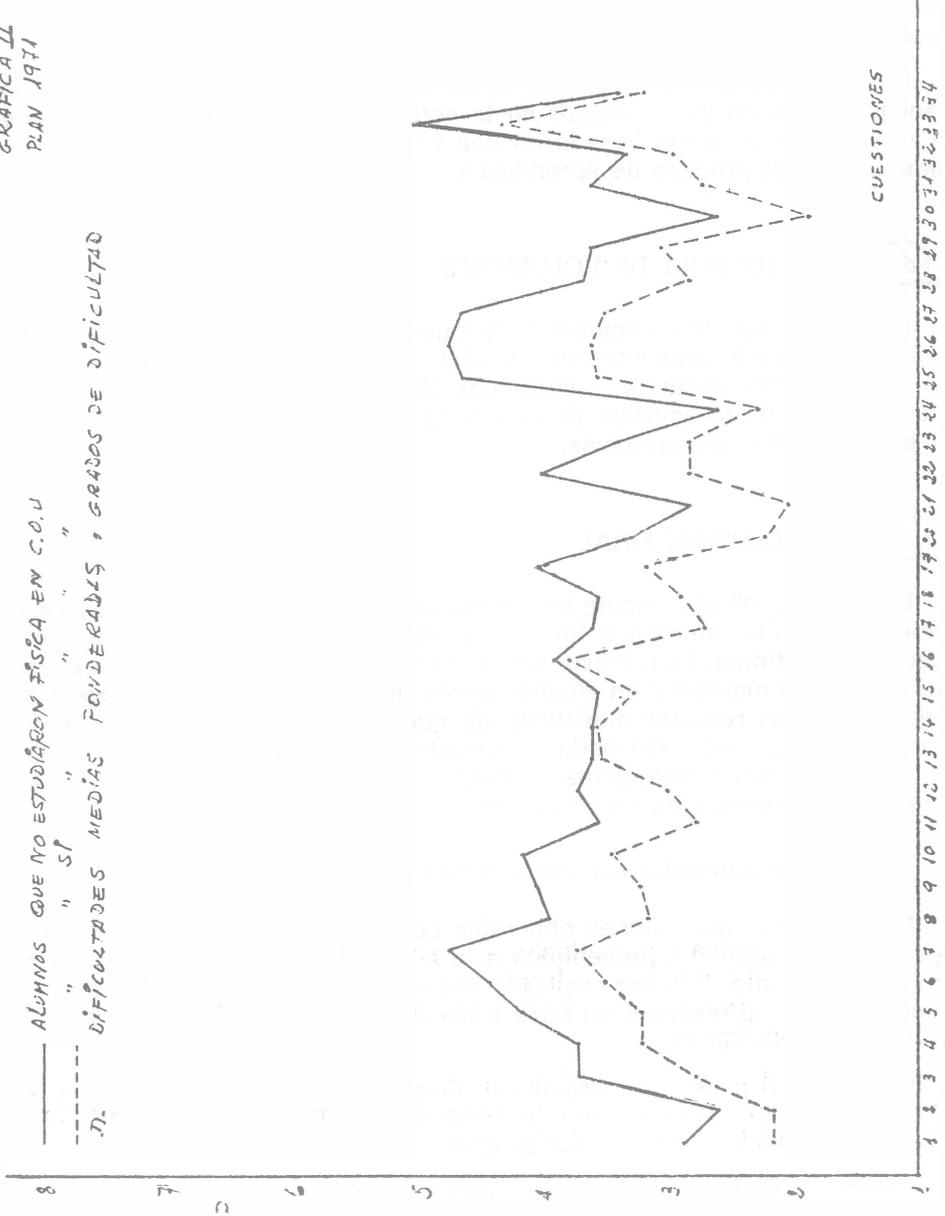
II. Resultados obtenidos con los alumnos del Plan 1971 (curso 1974-75)

Fruto de las conclusiones obtenidas del examen de los resultados que nos señala la gráfica I, procedimos a la aplicación del cuestionario C-1 en el curso siguiente, una vez realizada una nueva programación de las cuestiones que nos preocupan en base a las dificultades de aprendizaje anteriormente encontradas.

La gráfica II acusa un paralelismo clarísimo entre las dificultades encontradas por los alumnos que cursaron Física en C.O.U. y los que no la estudiaron, siendo siempre inferior para los primeros.

Hemos logrado un buen rendimiento en el proceso de aprendizaje —siempre mejorable— debido no sólo al mayor interés y madurez de los alumnos que integran este Plan 1971, sino al haber procedido a una adecuada programación de los contenidos de nuestro cuestionario. Hecho que

GRAFICA II
PLAN 1971



queda de manifiesto con sólo comparar los datos obtenidos con los alumnos del curso 1974-75 que no cursaron Física en C.O.U. (gráfica II) y los de los alumnos del Plan 1967 (gráfica I) que procedían del Bachillerato Superior de Ciencias, teniendo presente su similar formación respecto al campo concreto de nuestra disciplina.

Creemos interesante comentar los datos referentes a las cuestiones sobre la metrología de las pequeñas longitudes (13), (14), (15) y (16) que muestran una casi coincidente dificultad que estimamos se debe al no haberse tratado estas cuestiones en C.O.U., hecho que se acentúa en el *Esférometro* (16) y que nos obliga a tratar más detenidamente su consideración experimental.

En las cuestiones relativas a la masa como magnitud física (17), (18) y (19) y cualidades de la balanza (25), (26) y (27) se muestra claramente como influye la específica preparación obtenida en las asignaturas cursadas en C.O.U.

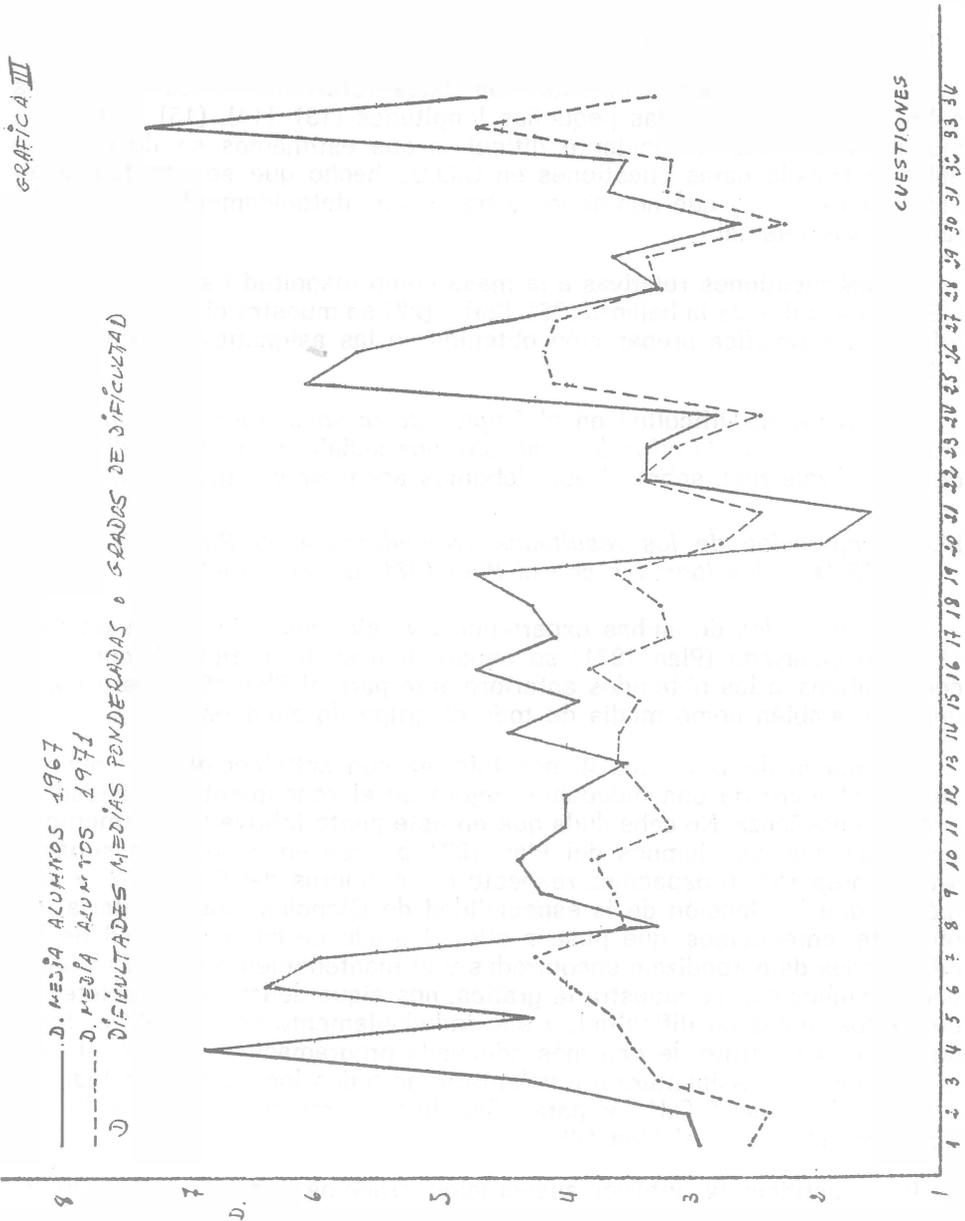
El máximo de dificultad en el *Empleo de la sensibilidad para la determinación de la cuarta cifra decimal* (33), nos señala un punto de dificultad de aprendizaje real, sobre el que debemos acentuar nuestra atención.

III. Comparación de los resultados obtenidos con el Plan 1967 (curso 1973-74) y los logrados con el Plan 1971 (curso 1974-75)

Los resultados de ambas experiencias y relativos a la media de todo el curso ensayado (Plan 1971) se superponen en la gráfica III, con fines comparativos, a los obtenidos anteriormente para el Plan 1967, pero considerados también como media de todo el grupo de alumnos.

El examen de la gráfica III nos informa con satisfacción, por nuestra parte, del logro de una indudable mejora en el rendimiento y calidad de nuestra enseñanza. No cabe duda que en este punto influye notoriamente el hecho de que los alumnos del Plan 1971 poseen en general un superior nivel y preparación específica respecto a los sujetos del Plan 1967, y además el que la elección de la especialidad de Ciencias sea voluntaria. No obstante, entendemos, que pese a ello, el grado de homogeneidad de las dificultades de aprendizaje encontradas y el mantenimiento del paralelismo que en ambos cursos muestra la gráfica, nos sigue denotando la existencia de puntos reales de dificultad, y ello indudablemente nos señala el logro de una mejora, fruto de una más adecuada programación, ya que si bien la elección de la asignatura era voluntaria no todos los alumnos habían estudiado Física en C.O.U., y para ellos la preparación previa era la que tenían los alumnos del Plan 1967.

Para justificar la anterior aseveración creemos conveniente examinar detallada y comparativamente los resultados obtenidos, matizando en cada punto la reestructuración y la planificación de los contenidos que previamente a la explicación de los mismos realizamos.



III-a TEORIA DE ERRORES

En lo que se refiere a este objetivo, los resultados obtenidos en el curso 1974-75 son óptimos, respecto a los del curso anterior. En la *Clasificación y tipos de errores* (1) procedimos a una mayor estructuración del problema y al empleo de numerosos ejemplos aclaratorios. Se disminuyó la dificultad de los conceptos de *Error absoluto y relativo* (2) con sólo matizar algo más el de error relativo e insistir en la problemática de la dilución del error. Asimismo el simple empleo de más ejemplos mejoró la captación de la *Expresión del resultado de una medida* (3).

En la cuestión *Cifras significativas* (4) realizamos una modificación total de la planificación de su enseñanza, dedicándole mucha más atención temporal y conceptual. También se realizaron muchos ejemplos y casos prácticos.

Los conceptos de *Exactitud y precisión* (5) sólo precisaron matizar más su significado y las posibilidades de su expresión junto con el empleo de adecuados símiles didácticos.

Las cuestiones *Concepto de error probable* (6), *Desviación standard* (7), *Error medio* (8) y cálculo de *Errores en las medidas indirectas* (9), muestran claramente, a modo de cuestiones «testigo», la influencia de la nueva programación y planificación didáctica realizada, pues, en la primera sí la hemos llevado a cabo, procediendo a una mayor esquematización e insistiendo sobre su significado estadístico. En cambio el no haber retocado las cuestiones (7), (8) y (9), nos reclama, como nos indica la gráfica III, una mayor estructuración e insistencia en su significado estadístico.

III-b. METROLOGIA DE LONGITUDES

Hemos estructurado, fundamentado y ampliado las posibilidades del empleo del material didáctico para la *Medida de grandes longitudes* (10), lo cual ha mejorado su enseñanza, pero entendemos que se le debe dedicar más tiempo a su consideración teórica y práctica.

Se ha estructurado nuevamente el planteamiento analítico del *Fundamento del nonius* (11) y hemos insistido con numerosos ejemplos y casos prácticos en los conceptos de *Grado de apreciación y precisión* del mismo (12) siendo necesario más labor experimental en lo referente a el *Calibrador* (13).

No hemos alterado la *Fundamentación del tornillo micrométrico* (14), en cambio sí hemos insistido en el procedimiento operatorio del *Palmer* (15) y necesitamos mayor número de experiencias para mejorar la situación obtenida con respecto al *Esferómetro* (16).

III-c. METROLOGIA DE MASAS

En las cuestiones referentes a la masa como magnitud física, tanto

para el concepto de *Masa inercial* (17) como para los de *Masa gravitatoria* (18) y la *Ley de Gravitación Universal* (19), hemos modificado su estructuración, insistiendo más en los conceptos físicos y logrando con ello facilitar el aprendizaje, pero se requiere, no obstante, un nuevo retoque al planteamiento de su enseñanza.

No hemos modificado esencialmente las cuestiones relativas a la *Descripción de la balanza* (20), *Caja de pesas* (21), *Empleo del reiter* (22), la *Balanza Roberval* (23) y la *Romana* (24), más una menor experimentación al respecto ha influenciado nefastamente las dos primeras cuestiones.

Dedicamos más atención y tiempo al significado de la *Sensibilidad* (25) y a la determinación de la *Curva de sensibilidad* (26), y prácticamente no hemos modificado lo referente a las cuestiones, estudio de los *Factores que afectan a la sensibilidad* (27) y otras *Cualidades de la balanza* (28). La gráfica III, muestra claramente la eficacia lograda.

La dedicación de mayor tiempo, la aclaración con ejemplos, insistiendo en su determinación, según el tipo de escala que tenga la balanza, ha beneficiado el estudio del *Punto de reposo* (29).

No consideramos necesario retocar lo referente a *Pesada directa* (30), *Doble pesada* (31) y *Tara constante* (32), apreciándose, a pesar de ello una menor dificultad. En cambio, procedimos con notable éxito en la reestructuración total, dedicando más tiempo e insistiendo en cada uno de los pasos a seguir en la *Determinación de la cuarta cifra decimal* (33).

III-d.

METROLOGIA DE VOLUMENES

Se consiguieron mejores resultados tratando con más atención teórica y práctica la *metrología de volúmenes* (34) previamente más estructurada.

III.

CONCLUSION FINAL

En resumen y esquemáticamente podemos concluir que se ha logrado una *mayor calidad* en la impartición de nuestra *enseñanza*, a la que han contribuido la *mayor preparación del alumnado*, y una *más adecuada programación* de nuestros contenidos. Al confirmarse la existencia de ciertos puntos de dificultad real conocemos dónde debemos acentuar e insistir nuestra atención en cursos posteriores.

CONCLUSIONES

El análisis de las conclusiones parciales y los datos obtenidos en la realización de nuestra experiencia con alumnos pertenecientes a dos planes de estudio diferentes, nos permiten formular las siguientes conclusiones:

A. La experiencia llevada a cabo con los alumnos del Plan 1967, en la que hemos medido *dificultades de aprendizaje*, nos han permitido encontrar *cómo influye en el aprendizaje de temas de Física la naturaleza del Bachillerato Superior de procedencia, de los alumnos que lo cursaban, autoevaluar nuestra labor docente y detectar los puntos de máxima o considerable dificultad* a fin de proceder a una adecuada programación del contenido de nuestra enseñanza con el objetivo de lograr un mayor rendimiento educativo.

B. Realizada una nueva programación se repitió la experiencia el curso siguiente con alumnos del Plan 1971. Los resultados obtenidos están de acuerdo con la planificación inicial del ensayo y nos han permitido *evaluar —de alguna manera— la mejora del proceso de aprendizaje, autoevaluar, pues, nuestra labor* y encontrar *cómo influyen en los resultados la específica preparación del alumnado*, según hubiese estudiado o no Física en C.O.U.

C. La reproductividad, en cierto modo, de los grados de dificultad encontrados nos obliga a admitir que los máximos nos indican realmente cuestiones o conceptos de dificultad considerable, lo cual ha de tenerse presente en las posteriores programaciones.

D. Es necesario determinar los grados de dificultad de aprendizaje para proceder a una *adecuada programación* de una determinada materia.

No se nos oculta la gama de variables que afectan al proceso educativo y quizá lo subjetivo de nuestros resultados concretos, pero sólo intentamos llamar la atención sobre el problema de la evaluación de las dificultades de aprendizaje y marcarnos una pauta a seguir en posteriores experiencias, dentro del panorama general de una evaluación continua, en la que de alguna manera hemos de evaluar nuestros propios resultados.

E. Hay que dotar de una *mayor especificidad* a las cuestiones, ya que de lo contrario las dificultades encontradas son difusas y poco representativas.

SEGUNDA PARTE

ESTRUCTURACION DEL APRENDIZAJE

OBJETIVOS DE LA EXPERIENCIA

Motivados por las anteriores conclusiones y concretamente por la necesidad de dotar de una *mayor especificidad a los items* encuestados, que nos permitan realizar un perfil de dificultades de aprendizaje más representativo y real, y por ende más adecuado y valioso para proceder a posteriores programaciones, procedimos a la presentación, a los mismos alumnos ya ensayados del Plan 1971, de un cuestionario (C-2) que nos permitiese medir las dificultades de aprendizaje y analizar y determinar más profundamente sus causas.

Con el fin de que el nuevo cuestionario cumpliera su cometido, *estructuramos el aprendizaje* de los objetivos educativos, que nos preocupaba lograr con el estudio y tratamiento de los diferentes temas de nuestro programa. Para ello consideramos a fondo el problema y construimos unos organigramas, que nos mostrasen en sentido ascendente los distintos eslabones que constituyen el entramado conceptual de su aprendizaje.

En resumen, pues, el objetivo de esta segunda parte de nuestra experiencia ha sido el estudio de cómo una *mayor especificidad de los items* formulados en el cuestionario de evaluación de dificultades de aprendizaje nos permitiría *analizar más detalladamente los conceptos que realmente le afectan*, siendo para ello necesario proceder a la *estructuración conceptual del aprendizaje* en base a los diferentes objetivos educativos.

ESTRUCTURACION DEL APRENDIZAJE

Hemos centrado nuestra experiencia en el capítulo relativo a la TEORIA DE ERRORES, dentro del programa de temas de Metrología de magnitudes, y por ello el cuestionario C-2 se elaboró en base a una estructuración de su aprendizaje.

Desde un punto de vista psicológico (3) el construir organigramas de aprendizaje, o más concretamente estructurar el aprendizaje, implica el dotar de un característico significado a los términos *concepto*, *principio*, y a los órdenes de prioridad de los mismos. Pero en nuestro caso concreto, habida cuenta del grado de nivel formativo de nuestros alumnos, no podemos atender estrictamente a los mencionados conceptos psicológicos básicos en los que se apoya el aprendizaje, desde un punto de vista integral, sino que sólo nos interesa y nos es suficiente el considerar como puntos básicos: a) los conceptos y b) los principios desde un punto de vista físico, junto con c) el simple conocimiento de hechos y d) el dominio de técnicas operativas.

El conocimiento y estudio de la temática de Errores en las medidas físicas queda plenamente justificado por la importancia didáctica de la Metrología. Hemos estimado objetivos finales de su aprendizaje los siguientes:

- 1.º *Concepto de error en las medidas físicas.*
- 2.º *Expresión del resultado de una medida.*
- 3.º *Conceptos de exactitud y precisión.*
- 4.º *Asignación de un límite de error adecuado, a un resultado experimental, en función de las variables que le afectan.*
- 5.º *Cálculo del límite de error de una medida indirecta.*

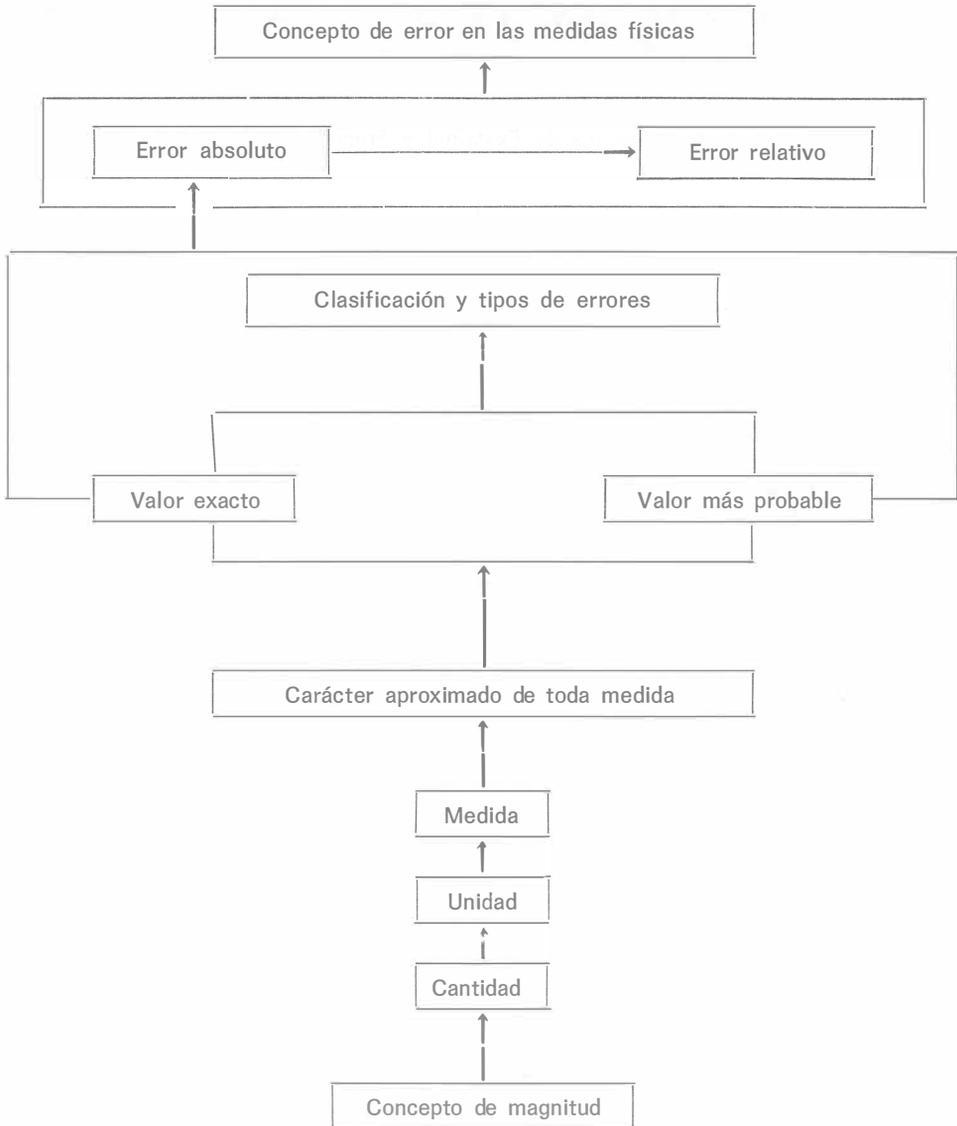
A continuación mostramos los organigramas referentes a cada uno de estos objetivos en los que se presenta la graduación de conceptos neces-

(3) Gagné, R.: «Las condiciones del aprendizaje». Ed. Aguilar, Madrid, 1971.

ria y la precisa ligazón e interdependencia de los mismos, para alcanzar la meta del aprendizaje.

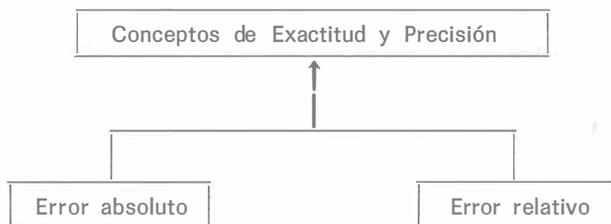
Objetivo 1.º CONCEPTO DE ERROR EN LAS MEDIDAS FÍSICAS

El organigrama nos muestra que hemos de partir del *concepto de magnitud* para alcanzar el de *cantidad*, el de *unidad* y por tanto el de *medida*.



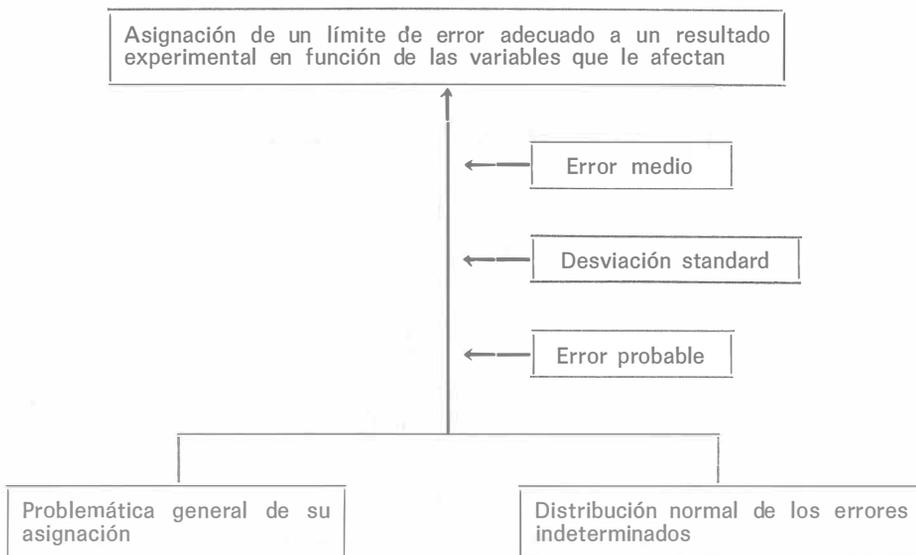
La realización de una serie de medidas de una magnitud física, junto con el concepto de medida, nos permite alcanzar la idea o concepto del *carácter aproximado de toda medida*. Su consideración nos permite hablar de *valor exacto* y *valor más probable de una magnitud*. Y a la vista de ello surge la necesidad de indagar las causas que originan su problemática y por ende el estudio de la *Clasificación y tipos de errores*.

Asimismo, los conceptos anteriores nos plantean el *problema de la expresión matemática del grado de aproximación o calidad de una medida*, y ello se traduce en los conceptos de *error absoluto* y *error relativo*, al tratar de comparar la calidad de dos medidas.



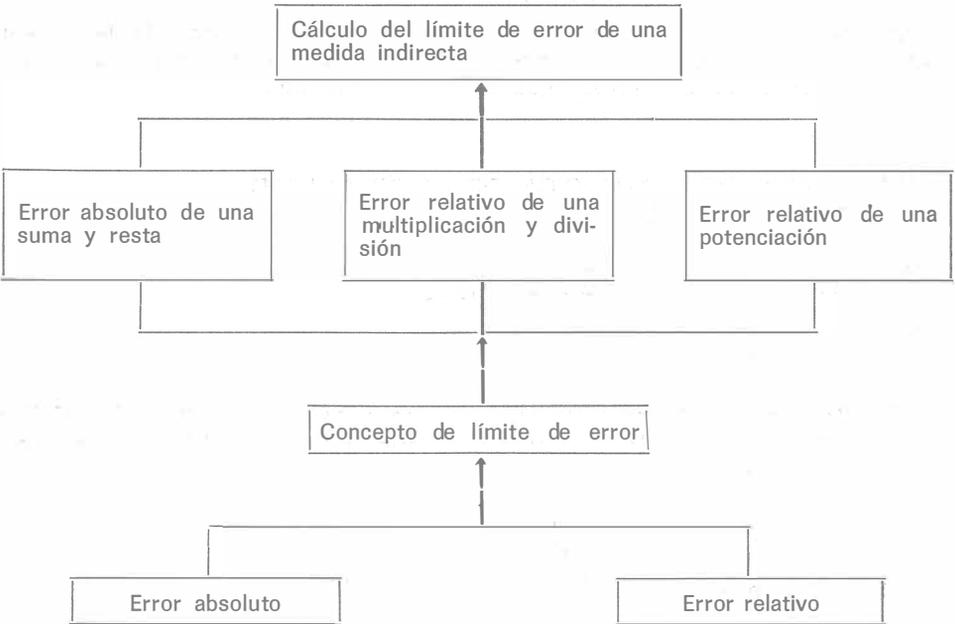
Objetivo 3.º CONCEPTOS DE EXACTITUD Y PRECISION

Los conceptos de *error absoluto* y *relativo* nos permiten razonar y alcanzar los conceptos de *exactitud* y *precisión*.



Objetivo 4.º ASIGNACION DE UN LIMITE DE ERROR ADECUADO A UN RESULTADO EXPERIMENTAL EN FUNCION DE LAS VARIABLES QUE LE AFECTAN

El precedente estudio acerca de la *problemática general de la asignación de un límite de error a una medida*, y el estudio de la *distribución normal de los errores indeterminados* que la afectan, nos permite enfocar en un amplio sentido la *asignación de un límite de error adecuado a un resultado experimental* en función de las variables que le influyen. Para ello será preciso introducir los conceptos estadísticos de *error probable*, *desviación standard* y *error medio*, profundizando dentro de lo posible en su significado tanto matemático como físico.



Objetivo 5.º CALCULO DEL LIMITE DE ERROR DE UNA MEDIDA INDIRECTA

Una vez alcanzado el *concepto de límite de error*, la discusión de las ideas inherentes al *cálculo del error absoluto de una operación de suma o resta*, del *error relativo de una operación de multiplicación y división*, y el *cálculo del error relativo de una potenciación* nos permiten calcular el *límite de error de una medida indirecta*.

PLANEAMIENTO DE LA EXPERIENCIA

El cuestionario C-2 fue cumplimentado por el mismo grupo de alumnos del Plan 1971, al mismo tiempo que el cuestionario C-1, es decir, inmediatamente después de la discusión y tratamiento de las cuestiones que nos preocupan, pero sin que los alumnos ensayados conociesen la estructuración del aprendizaje que motivó la segunda parte de esta investigación.

Con los resultados obtenidos elaboramos los datos que muestran las tablas LXX a XCI, considerando las dificultades medias ponderadas que encontraron los alumnos que habían estudiado Física en C.O.U., los que no la habían cursado y las relativas a todo el grupo de alumnos considerado en su conjunto. En ellas reflejamos la frecuencia absoluta del grado de dificultad que los alumnos asignaron a cada uno de los items.

Con el propósito de facilitar la discusión y comparación de los resultados, la tabla XCII reúne las dificultades medias ponderadas que encontraron los alumnos que integraban el grupo ensayado.

CUESTIONARIO DE EVALUACION DE LA DIFICULTAD DE APRENDIZAJE (C-2)

Cátedra de Física y Química
Escuela Universitaria Prof. E.G.B. Toledo
Nombre y apellidos _____
¿Cursó Física en C.O.U.? _____ Fecha _____

Calificando la máxima dificultad de una cuestión con 10, y la mínima con 1, asigne Vd. a cada ítem una nota que indique la dificultad que encontró en su aprendizaje.

1. Concepto de magnitud.
2. Concepto de cantidad.
3. Concepto de unidad.
4. Concepto de medida.
5. Carácter aproximado de toda medida.
6. Concepto de valor exacto de una magnitud.
7. Concepto de valor más probable de una magnitud.
8. Clasificación y tipos de errores.
9. Concepto de error absoluto.
10. Concepto de error relativo.
11. Problemática de la dilución del error de una medida.
12. Asignación del límite de error al resultado de una medida.
13. Cifras exactas e inexactas.
14. Cifras significativas.
15. Distribución normal de errores indeterminados.
16. Concepto de error probable.

17. Concepto de desviación standard.
18. Concepto de error medio.
19. Concepto de límite de error.
20. Error absoluto de una suma y resta.
21. Error relativo de una multiplicación y división.
22. Error relativo de una potenciación.

ELABORACION DE RESULTADOS

Cada una de las siguientes tablas LXX a XCI reúne los datos relativos a los correspondientes items del cuestionario C-2. Cada tabla ha sido construida a partir de los grados de dificultad asignados a cada item.

En la *columna 1* aparecen ordenados los *grados de dificultad* que pueden asignarse a cada uno de los veintidós items. En la *columna 2* se expresan las *frecuencias absolutas*, asignadas a cada grado de dificultad. En la *columna 3* se disponen las correspondientes *frecuencias relativas*, y la *columna 4* encierra el *peso de cada grado de dificultad*. La *dificultad media ponderada* se indica en el recuadro 5. Los datos tabulados bajo las notaciones 1, 2, 3, 4, 5 corresponden a los resultados referidos al grupo de alumnos que habían cursado Física en C.O.U. Los relativos a 6, 7, 8, 9 corresponden a los que no cursaron dicha asignatura, y 10, 11, 12, 13 a todo el grupo considerado en su conjunto.

Para cada objetivo final del aprendizaje de la Teoría de errores, y en función de su organigrama respectivo, hemos considerado las dificultades de aprendizaje correspondientes a cada uno de los peldaños conceptuales en los que se apoya, construyendo así las tablas XCIII, XCIV, XCV, XCVI y XCVII, para cada uno de los mencionados objetivos.

PLAN 1971 (CURSO 1974-75)

TABLA LXX Item n.º 1

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1	3	0,167	0,167	3	0,167	0,167	6	0,167	0,167
2	8	0,444	0,888	5	0,278	0,556	13	0,361	0,722
3	3	0,167	0,501	2	0,111	0,333	5	0,139	0,417
4	2	0,111	0,444	3	0,167	0,668	5	0,139	0,556
5	2	0,111	0,555	1	0,056	0,280	3	0,083	0,415
6				3	0,167	1,002	3	0,083	0,498
7				1	0,056	0,392	1	0,028	0,196
8									
9									
10									
			5	2,555			9	3,398	
								13	2,971

TABLA LXXI

Item n.º 2

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12	
1	4	0,222	0,222	1	0,056	0,056	5	0,139	0,139	
2	5	0,278	0,556	7	0,339	0,778	12	0,333	0,666	
3	5	0,278	0,834	3	0,167	0,501	8	0,222	0,666	
4	2	0,111	0,444	2	0,111	0,444	4	0,111	0,444	
5	2	0,111	0,555	3	0,167	0,835	5	0,139	0,695	
6				1	0,056	0,336	1	0,028	0,168	
7				1	0,056	0,392	1	0,028	0,196	
8										
9										
10										
			5	2,611		9	3,342		13	2,974

ALUMNOS QUE CURSARON FISICA EN COU

ALUMNOS QUE NO CURSARON FISICA EN COU

TOTALIDAD CURSO ESTUDIADO

- 1.—Grado dificultad asignado
- 2.—Frecuencia absoluta
- 3.—Frecuencia relativa
- 4.—Peso dicho grado dificultad
- 5.—Dificultad media ponderada

- 1.—Idem
- 2.—Idem
- 3.—Idem
- 4.—Idem
- 5.—Idem

- 1.—Idem
- 2.—Idem
- 3.—Idem
- 4.—Idem
- 5.—Idem

TABLA LXXII

Item n.º 3

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12	
1	7	0,389	0,389	7	0,389	0,389	14	0,389	0,389	
2	7	0,389	0,778	8	0,444	0,888	15	0,417	0,834	
3	2	0,111	0,333				2	0,056	0,168	
4				2	0,111	0,444	2	0,056	0,224	
5	1	0,056	0,280				1	0,028	0,140	
6	1	0,056	0,336	1	0,056	0,336	2	0,056	0,336	
7										
8										
9										
10										
			5	2,116		9	2,057		13	2,091

TABLA LXXIII

Item n.º 4

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12	
1	10	0,556	0,556	4	0,222	0,222	14	0,389	0,389	
2	3	0,167	0,334	5	0,278	0,556	8	0,222	0,444	
3	2	0,111	0,333	4	0,222	0,666	6	0,167	0,501	
4	1	0,056	0,224	1	0,056	0,224	2	0,056	0,224	
5	2	0,111	0,555	4	0,222	1,110	6	0,167	0,835	
6										
7										
8										
9										
10										
			5	2,002		9	2,778		13	2,393

TABLA LXXIV

Item n.º 5

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12		
1	6	0,333	0,333	6	0,333	0,333	12	0,333	0,333		
2	3	0,167	0,334	4	0,222	0,444	7	0,194	0,388		
3	3	0,167	0,501	3	0,167	0,501	6	0,167	0,501		
4	4	0,222	0,888	2	0,111	0,444	6	0,167	0,668		
5	2	0,111	0,555				2	0,056	0,280		
6				1	0,056	0,336	1	0,028	0,168		
7				1	0,056	0,392	1	0,028	0,196		
8				1	0,056	0,448	1	0,028	0,224		
9											
10											
			5	2,611			9	2,898		13	2,758

TABLA LXXV

Item n.º 6

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12		
1	1	0,056	0,056	4	0,222	0,222	5	0,139	0,139		
2	6	0,333	0,666	6	0,333	0,666	12	0,333	0,666		
3	5	0,278	0,834	4	0,222	0,666	9	0,250	0,750		
4				2	0,111	0,444	2	0,056	0,224		
5	3	0,167	0,835				3	0,083	0,415		
6	2	0,111	0,666				2	0,056	0,336		
7	1	0,056	0,392	2	0,111	0,777	3	0,083	0,581		
8											
9											
10											
			5	3,449			9	2,775		13	3,111

TABLA LXXVI

Item n.º 7

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12		
1	1	0,056	0,056	1	0,056	0,056	2	0,056	0,056		
2	6	0,333	0,666	3	0,167	0,334	9	0,250	0,500		
3	6	0,333	0,999	4	0,222	0,666	10	0,278	0,834		
4	3	0,167	0,668	2	0,111	0,444	5	0,139	0,556		
5	1	0,056	0,280	2	0,111	0,555	3	0,083	0,415		
6	1	0,056	0,336	2	0,111	0,666	3	0,083	0,498		
7				3	0,167	1,169	3	0,083	0,581		
8				1	0,056	0,448	1	0,028	0,224		
9											
10											
			5	3,005			9	4,338		13	3,664

TABLA LXXVII Item n.º 8

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1	1	0,056	0,056	3	0,167	0,167	4	0,111	0,111
2	5	0,278	0,556	5	0,278	0,556	10	0,278	0,556
3	4	0,222	0,666	4	0,222	0,666	8	0,222	0,666
4	4	0,222	0,888	1	0,056	0,224	5	0,139	0,556
5	3	0,167	0,835	3	0,167	0,835	6	0,167	0,835
6									
7	1	0,056	0,392	2	0,111	0,777	3	0,083	0,581
8									
9									
10			5 3,393			9 3,225		13 3,305	

TABLA LXXVIII Item n.º 9

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1	5	0,278	0,278	7	0,389	0,389	12	0,333	0,333
2	4	0,222	0,444	3	0,167	0,334	7	0,194	0,388
3	4	0,222	0,666	5	0,278	0,834	9	0,250	0,750
4	3	0,167	0,668	1	0,056	0,224	4	0,111	0,444
5	1	0,056	0,280	1	0,056	0,280	2	0,056	0,280
6				1	0,056	0,336	1	0,028	0,168
7	1	0,056	0,392				1	0,028	0,196
8									
9									
10			5 2,728			9 2,397		13 2,559	

TABLA LXXIX Item n.º 10

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12
1	5	0,278	0,278	3	0,167	0,167	8	0,222	0,222
2	4	0,222	0,444	5	0,278	0,556	9	0,250	0,500
3	3	0,167	0,501	4	0,222	0,666	7	0,194	0,582
4	4	0,222	0,888	4	0,222	0,888	8	0,222	0,888
5	1	0,056	0,280	1	0,056	0,280	2	0,056	0,280
6				1	0,056	0,336	1	0,028	0,168
7									
8	1	0,056	0,448				1	0,028	0,224
9									
10			5 2,839			9 2,893		13 2,864	

TABLA LXXX

Ítem n.º 11

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12	
1	4	0,222	0,222	4	0,222	0,222	8	0,222	0,222	
2	3	0,167	0,334	2	0,111	0,222	5	0,139	0,278	
3	5	0,278	0,834	4	0,222	0,666	9	0,250	0,750	
4	3	0,167	0,668	1	0,056	0,224	4	0,111	0,444	
5				5	0,278	1,390	5	0,139	0,695	
6	2	0,111	0,666				2	0,056	0,336	
7	1	0,056	0,392	2	0,111	0,777	3	0,083	0,581	
8										
9										
10										
			5	3,116		9	3,501		13	3,306

TABLA LXXXI

Ítem n.º 12

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12	
1	1	0,056	0,056				1	0,028	0,028	
2	3	0,167	0,334	5	0,278	0,556	8	0,222	0,444	
3	6	0,333	0,999	4	0,222	0,666	10	0,278	0,834	
4	4	0,222	0,888	4	0,222	0,888	8	0,222	0,888	
5	2	0,111	0,555	4	0,222	1,110	6	0,167	0,835	
6	1	0,056	0,336				1	0,028	0,168	
7	1	0,056	0,392	1	0,056	0,392	2	0,056	0,392	
8										
9										
10										
			5	3,560		9	3,612		13	3,589

TABLA LXXXII

Ítem n.º 13

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12	
1										
2	2	0,111	0,222	2	0,111	0,222	4	0,111	0,222	
3	5	0,278	0,834	6	0,333	0,999	11	0,306	0,918	
4	6	0,333	1,332	3	0,167	0,668	9	0,250	1,000	
5	3	0,167	0,835	4	0,222	1,110	7	0,194	0,970	
6	1	0,056	0,336	2	0,111	0,666	3	0,083	0,498	
7										
8				1	0,056	0,448	1	0,028	0,224	
9	1	0,056	0,504				1	0,028	0,252	
10										
			5	4,063		9	4,113		13	4,084

TABLA LXXXIII

Item n.º 14

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12	
1	3	0,167	0,167	5	0,278	0,278	8	0,222	0,222	
2	5	0,278	0,556	3	0,167	0,334	8	0,222	0,444	
3	4	0,222	0,666	2	0,111	0,333	6	0,167	0,501	
4				5	0,278	1,112	5	0,139	0,556	
5	3	0,167	0,835	1	0,056	0,280	4	0,111	0,555	
6	1	0,056	0,336	2	0,111	0,666	3	0,083	0,498	
7	1	0,056	0,392				1	0,028	0,196	
8										
9	1	0,056	0,504				1	0,028	0,252	
10										
			5	3,456		9	3,003		13	3,224

TABLA LXXXIV

Item n.º 15

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12	
1	2	0,111	0,111	4	0,222	0,222	6	0,167	0,167	
2	4	0,222	0,444	5	0,278	0,556	9	0,250	0,500	
3	4	0,222	0,666	2	0,111	0,333	6	0,167	0,501	
4	2	0,111	0,444	2	0,111	0,444	4	0,111	0,444	
5	2	0,111	0,555	2	0,111	0,555	4	0,111	0,555	
6	1	0,056	0,336	3	0,167	1,002	4	0,111	0,666	
7	3	0,167	1,169				3	0,083	0,581	
8										
9										
10										
			5	3,725		9	3,112		13	3,414

TABLA LXXXV

Item n.º 16

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12	
1										
2	3	0,167	0,334	4	0,222	0,444	7	0,194	0,388	
3	3	0,167	0,501	3	0,167	0,501	6	0,167	0,501	
4	5	0,278	1,112	5	0,278	1,112	10	0,278	1,112	
5	4	0,222	1,110	4	0,222	1,110	8	0,222	1,110	
6	2	0,111	0,666				2	0,056	0,336	
7	1	0,056	0,392	1	0,056	0,392	2	0,056	0,392	
8				1	0,056	0,448	1	0,028	0,224	
9										
10										
			5	4,115		9	4,007		13	4,063

TABLA LXXXVI

Item n.º 17

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12	
1	3	0,167	0,167	3	0,167	0,167	6	0,167	0,167	
2	2	0,111	0,222	1	0,056	0,112	3	0,083	0,166	
3	2	0,111	0,333	3	0,167	0,501	5	0,139	0,417	
4	6	0,333	1,332	1	0,056	0,224	7	0,194	0,776	
5	3	0,167	0,835	4	0,222	1,110	7	0,194	0,970	
6	1	0,056	0,336	2	0,111	0,666	3	0,083	0,498	
7				2	0,111	0,777	2	0,056	0,392	
8	1	0,056	0,448	2	0,111	0,888	3	0,083	0,664	
9										
10			5	3,673		9	4,445		13	4,050

TABLA LXXXVII

Item n.º 18

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12	
1				1	0,056	0,056	1	0,028	0,028	
2	2	0,111	0,222	2	0,111	0,222	4	0,111	0,222	
3	4	0,222	0,666	1	0,056	0,168	5	0,139	0,417	
4	3	0,167	0,668	5	0,278	1,112	8	0,222	0,888	
5	3	0,167	0,835	4	0,222	1,110	7	0,194	0,970	
6	3	0,167	1,002	2	0,111	0,666	5	0,139	0,834	
7	2	0,111	0,777	2	0,111	0,777	4	0,111	0,777	
8	1	0,056	0,448	1	0,056	0,448	2	0,056	0,448	
9										
10			5	4,618		9	4,559		13	4,584

TABLA LXXXVIII

Item n.º 19

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12	
1	1	0,056	0,056				1	0,028	0,028	
2	1	0,056	0,112				1	0,028	0,056	
3	4	0,222	0,666	1	0,056	0,168	5	0,139	0,417	
4	9	0,500	2,000	4	0,222	0,888	13	0,361	1,444	
5				6	0,333	1,665	6	0,167	0,835	
6	3	0,167	1,002	2	0,111	0,666	5	0,139	0,834	
7				4	0,222	1,554	4	0,111	0,777	
8				1	0,056	0,448	1	0,028	0,224	
9										
10			5	3,836		9	5,389		13	4,615

TABLA LXXXIX

Item n.º 20

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12	
1	2	0,111	0,111				2	0,056	0,056	
2				1	0,056	0,112	1	0,028	0,056	
3	1	0,056	0,168	2	0,111	0,333	3	0,083	0,249	
4	5	0,278	1,112	2	0,111	0,444	7	0,194	0,776	
5	2	0,111	0,555	4	0,222	1,110	6	0,167	0,835	
6	6	0,333	1,998	3	0,167	1,002	9	0,250	1,500	
7	1	0,056	0,392	5	0,278	1,946	6	0,167	1,169	
8	1	0,056	0,448				1	0,028	0,224	
9				1	0,056	0,504	1	0,028	0,252	
10										
		5	4,784			9	5,451		13	5,117

TABLA XC

Item n.º 21

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12	
1	2	0,111	0,111	1	0,056	0,056	3	0,083	0,083	
2	2	0,111	0,222	2	0,111	0,222	4	0,111	0,222	
3	2	0,111	0,333	7	0,389	1,167	9	0,250	0,750	
4	4	0,222	0,888	2	0,111	0,444	6	0,167	0,668	
5	4	0,222	1,110	1	0,056	0,280	5	0,139	0,695	
6	3	0,167	1,002	3	0,167	1,002	6	0,167	1,002	
7	1	0,056	0,392	1	0,056	0,392	2	0,056	0,392	
8				1	0,056	0,448	1	0,028	0,224	
9										
10										
		5	4,058			9	4,011		13	4,036

TABLA XCI

Item n.º 22

1	2	3	4	6	7	8	10	11	12	
1				2	0,111	0,111	2	0,056	0,056	
2	2	0,111	0,222	1	0,056	0,112	3	0,083	0,166	
3	3	0,167	0,501	3	0,167	0,501	6	0,167	0,501	
4	4	0,222	0,888	5	0,278	1,112	9	0,250	1,000	
5	6	0,333	1,665	2	0,111	0,555	8	0,222	1,110	
6	2	0,111	0,666	1	0,056	0,336	3	0,083	0,498	
7				1	0,056	0,392	1	0,028	0,196	
8	1	0,056	0,448	3	0,167	1,336	4	0,111	0,888	
9										
10										
		5	4,390			9	4,455		13	4,415

TABLA XCII
Grados de dificultad

	A	B	C
Item n.º 1	2,555	3,398	2,971
Concepto de magnitud			
Item n.º 2	2,611	3,342	2,974
Concepto de cantidad			
Item n.º 3	2,116	2,057	2,091
Concepto de unidad			
Item n.º 4	2,002	2,778	2,393
Concepto de medida			
Item n.º 5	2,611	2,898	2,758
Carácter aproximado toda medida			
Item n.º 6	3,449	2,775	3,111
Concepto valor exacto			
Item n.º 7	3,005	4,338	3,664
Concepto valor más probable			
Item n.º 8	3,393	3,225	3,305
Clasificación y tipos de errores			
Item n.º 9	2,728	2,397	2,559
Concepto de error absoluto			
Item n.º 10	2,839	2,893	2,864
Concepto de error relativo			
Item n.º 11	3,116	3,501	3,306
Problem. dilución error			
Item n.º 12	4,063	4,113	4,084
Asig. límite error resultado medida			
Item n.º 13	3,456	3,003	3,224
Cifras exactas e inexactas			
Item n.º 14	3,725	3,112	3,414
Cifras significativas			
Item n.º 15	4,618	4,559	4,584
Distrib. normal e. indeterminados			
Item n.º 16	3,836	5,389	4,615
Concepto error probable			
Item n.º 17	4,784	5,451	5,117
Concepto desviación standard			
Item n.º 18	4,050	4,011	4,036
Concepto de error medio			
Item n.º 19	3,507	4,282	3,895
Concepto límite de error			
Item n.º 20	2,612	2,506	2,555
E. absoluto suma y resta			
Item n.º 21	2,892	3,056	2,973
E. relativo multipl. y división			
Item n.º 22	2,832	3,123	2,972
E. relativo potenciación			

A.—Alumnos que cursaron Física en C.O.U.

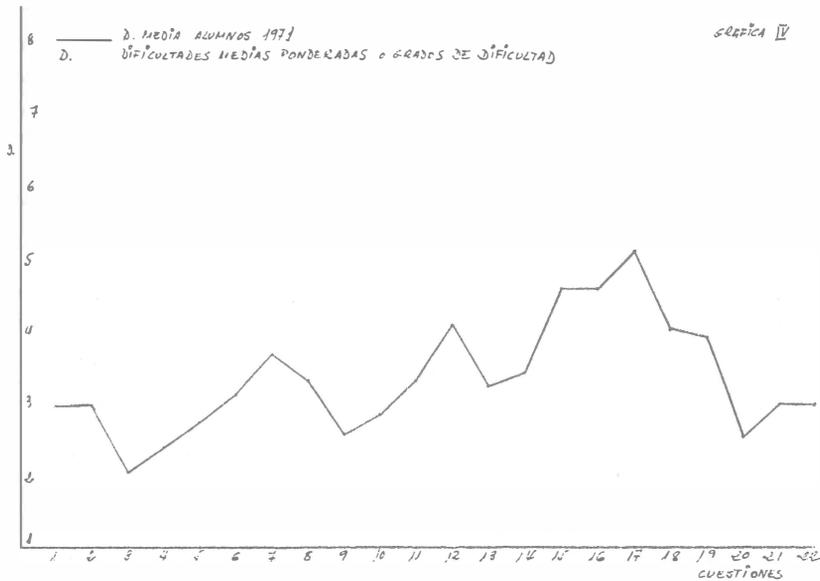
B.—Alumnos que no cursaron Física en C.O.U.

C.—Media del grupo (Plan 1971, curso 1974-75).

REPRESENTACION DE RESULTADOS

La gráfica IV se ha construido representando la dificultad media ponderada o grados de dificultad en el aprendizaje para cada uno de los veintidós ítems que componen el cuestionario C-2, considerando los datos referidos a la media de todo el grupo ensayado. En la gráfica V se superponen los grados de dificultad relativos a los alumnos del mencionado grupo que habían cursado Física en C.O.U. y los de aquellos otros que no la habían estudiado.

COMPORTAMIENTO DE LA TOTALIDAD DEL GRUPO ENSAYADO



La gráfica IV nos permite analizar los grados de dificultad de los veintidós ítems del cuestionario C-2, sin tener presente la interdependencia conceptual de los mismos.

Se observa que las cuestiones que nos preocupan, cuya consideración fue posterior a la reestructuración de nuestro programa ante los resultados obtenidos en la primera experiencia, presentan en general una dificultad inferior a un valor medio (grado de dificultad 5).

Aunque en la gráfica se aprecia un paulatino incremento de los grados de dificultad, es muy acusada —en esa misma línea— la presencia de tres máximos que corresponden a las cuestiones: *Concepto de valor más probable* (7), *Asignación del límite de error al resultado de una medida* (12) y *Concepto de desviación standard* (17)

Es interesante tener presente que los veintidós puntos de la gráfica IV corresponden a los nueve primeros de la gráfica III y que son relativos a los correspondientes items que presentaba el cuestionario C-1. No cabe duda de que el examen comparativo de ambas gráficas nos denota unas mayores posibilidades de detección de puntos de dificultad, y por tanto la mayor adecuación al respecto de los items del cuestionario C-2, que indudablemente estaban dotados de una mayor especificidad.

Los *Conceptos de magnitud* (1) y de *Cantidad* (2) presentan una dificultad baja, y aun teniendo en cuenta el grado de abstracción que la captación del primero entraña, a nosotros nos parecen comparativamente excesivas. Dificultad que lógicamente disminuye y presenta un mínimo para el *Concepto de unidad* (3), manteniéndose un valor adecuado para el *Concepto de medida* (4).

El *Carácter aproximado de toda medida* (5) y el *Concepto de valor exacto de una magnitud* (6) muestran un incremento de dificultad que alcanza un injustificable máximo con respecto al *Concepto de valor más probable de una magnitud* (7). Dificultad que deberemos subsanar en posteriores programaciones y que difícilmente hubiésemos podido detectar sin esta experimentación didáctica.

Debemos esquematizar aún más la *Clasificación y tipos de errores* (8).

Los conceptos de *Error absoluto* (9) y *relativo* (10) presentan una lógica gradación de dificultad que se incrementa al considerar la *Problemática de la dilución del error de una medida* (11).

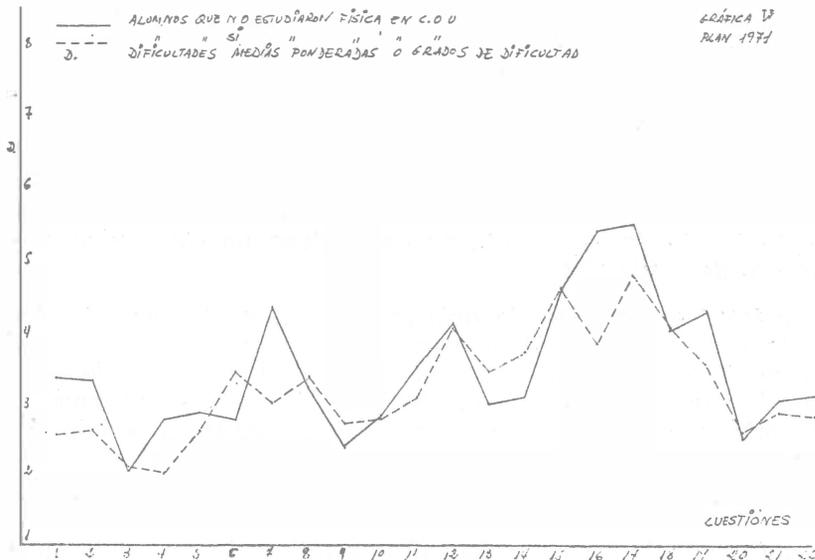
La *Asignación del límite de error al resultado de una medida* (12) presenta un máximo que nos obliga a reconsiderar su enseñanza.

Los resultados relativos a *Cifras exactas e inexactas* (13) y *Cifras significativas* (14), algo elevados, creemos son superables en un posterior tratamiento y presentan un razonable orden de dificultades.

Las cuestiones que de alguna manera corresponden al estudio estadístico de la problemática de los errores en las medidas físicas, entraña un bloque de dificultad considerable. Esta es similar para la *Distribución normal de los errores indeterminados* (15) y *Concepto de error probable* (16), alcanza, como ya nos informó el resultado de la primera parte de la experiencia, un máximo absoluto la *Desviación standard* (17), que lógicamente, y dentro de esta temática, se hace mínima para el *Error medio* (18). Estos datos nos incitan a reconsiderar dichos puntos con mayor atención.

El *Concepto de límite de error* (19) al estar de alguna manera relacionado con los anteriores conceptos presenta una considerable dificultad. La cual se mantiene baja para el *Error absoluto de una suma y resta* (20), *Error relativo de una multiplicación y división* (21) y el *Error relativo de una potenciación* (22), debido a su fundamentación netamente matemática.

COMPARACION DE RESULTADOS PARA LOS ALUMNOS QUE HABIAN CURSADO FISICA EN C.O.U. Y AQUELLOS OTROS QUE NO LO HICIERON



Los resultados que aparecen en la gráfica V muestran, en general, la relación teórica para los alumnos que han cursado Física en C.O.U. y los que no la estudiaron.

Es interesante la diferencia y paralelismo que acusan las dificultades, para ambos tipos de alumnos, de los *Conceptos de magnitud* (1) y *Cantidad* (2) y la casi coincidencia del referente al de *Unidad* (3).

La más específica preparación lograda en el C.O.U. se manifiesta al considerar puntos como el *Concepto de medida* (4), *Carácter aproximado de toda medida* (5), *Valor más probable de una magnitud* (7), *Problemática de la dilución del error* (11), *Concepto de error probable* (16), *Desviación standard* (17) y el *Concepto de límite de error* (19).

Creemos entrever una malformación conceptual previa en las cuestiones referentes a: *Concepto de valor exacto* (6), *Concepto de error absoluto* (7), *Cifras exactas e inexactas* (13) y *Cifras significativas* (14).

En resumen, podemos concluir que una mayor especificidad y grado de concreción de los items, de un cuestionario para la evaluación de dificultad del aprendizaje en un determinado contenido, nos permite detectar más fidedignamente los puntos sobre los que debe centrarse la atención, con fines a una más adecuada programación, que nos permita alcanzar cotas más rentables y hacer más eficaz nuestra enseñanza.

DISCUSION DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN FUNCION DE LA ESTRUCTURACION DEL APRENDIZAJE DE LOS DIFERENTES OBJETIVOS

Las tablas XCIII, XCIV, XCV, XCVI y XCVII se han construido considerando la interdependencia conceptual que muestran los correspondientes organigramas de estructuras del aprendizaje en la Teoría de Errores y reagrupando en ellos los datos concernientes a los items que les son propios.

Las gráficas VI, VII, VIII y IX relativas a los datos tabulados (tablas XCIII, XCIV, XCV, XCVI y XCVII) ponen de manifiesto claramente cuáles son los items que más intensamente afectan al grado de dificultad que ambos tipos de alumnos ensayados encuentran en el aprendizaje de la Teoría de Errores.

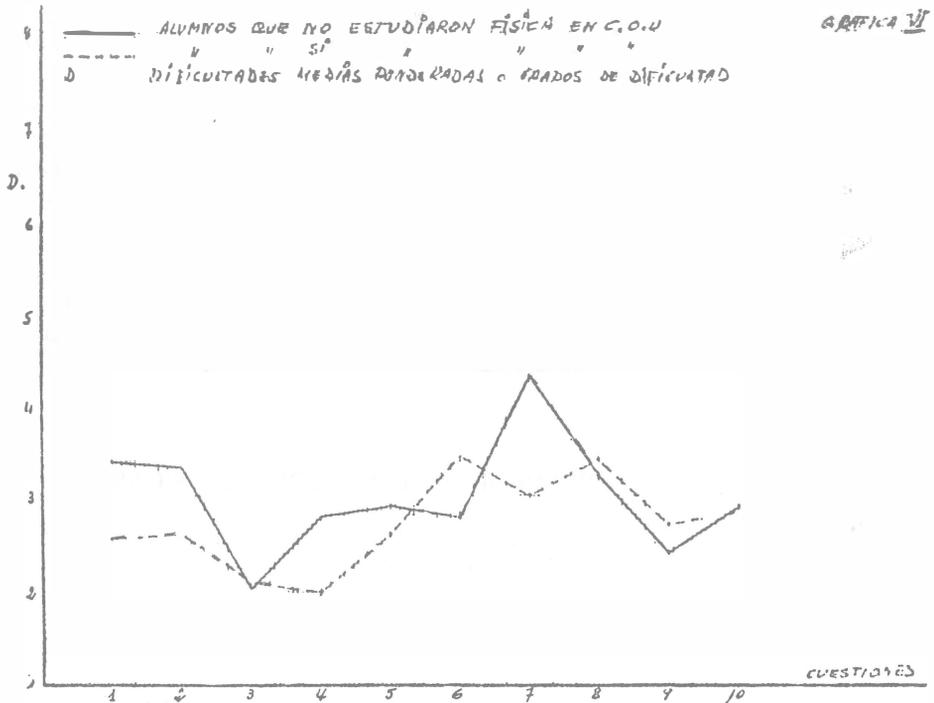
Objetivo 1.º CONCEPTO DE ERROR EN LAS MEDIDAS FISICAS

TABLA XCIII

	A	B
Item n.º 1	2,555	3,398
Concepto de magnitud		
Item n.º 2	2,611	3,342
Concepto de cantidad		
Item n.º 3	2,116	2,057
Concepto de unidad		
Item n.º 4	2,002	2,778
Concepto de medida		
Item n.º 5	2,611	2,898
Carácter aproximado de toda medida		
Item n.º 6	3,449	2,775
Concepto de valor exacto		
Item n.º 7	3,005	4,338
Concepto de valor más probable		
Item n.º 8	3,393	3,225
Clasificación de tipos de errores		
Item n.º 9	2,728	2,397
Concepto de error absoluto		
Item n.º 10	2,839	2,893
Concepto de error relativo		

A.—Alumnos que habían cursado Física en C.O.U.

B.—Alumnos que no habían cursado Física en C.O.U.

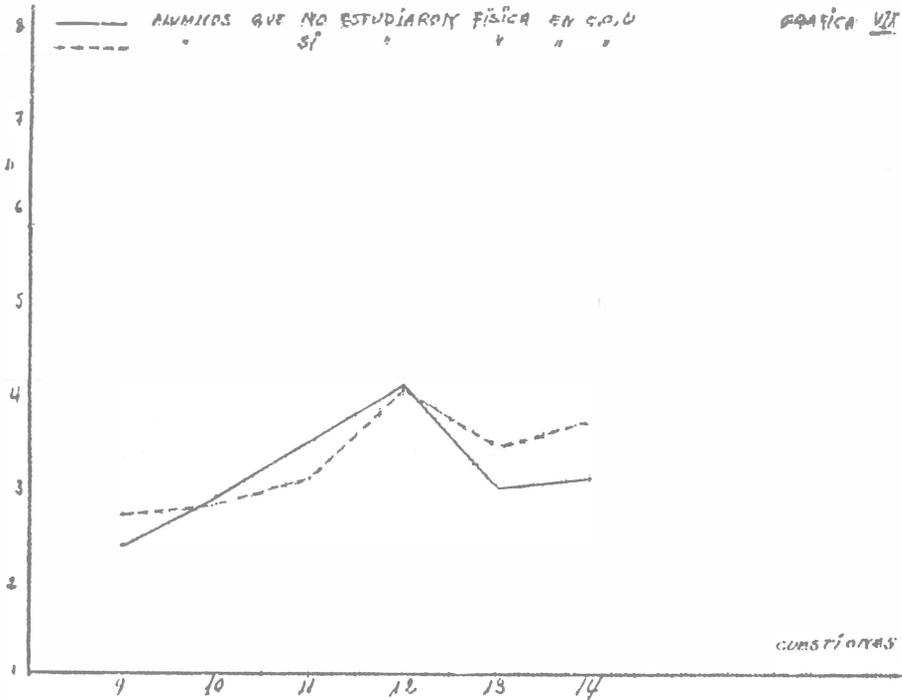


Es interesante, insistimos, el encontrar como inexplicablemente el *Concepto de valor más probable* (7) constituye el «cuello de botella» del aprendizaje de este objetivo para los alumnos que no cursaron Física en C.O.U. y que los conceptos de *Valor exacto* (6) y la *Clasificación y tipos de errores* (8) constituyen puntos de «considerable» dificultad para los restantes.

Objetivo 2.º EXPRESION DEL RESULTADO DE UNA MEDIDA

TABLA XCIV

	A	B
Item n.º 9		
Concepto de error absoluto	2,728	2,397
Item n.º 10		
Concepto de error relativo	2,839	2,893
Item n.º 11		
Problemática dilución del error	3,116	3,501
Item n.º 12		
Asig. límite error result. medida	4,063	4,113
Item n.º 13		
Cifras exactas e inexactas	3,456	3,003
Item n.º 14		
Cifras significativas	3,725	3,112



Indudablemente la problemática de la asignación de un límite de error (11) debe ser reconsiderada si queremos hacer más sencillo el logro de este objetivo.

Objetivo 3.º CONCEPTOS DE EXACTITUD Y PRECISION

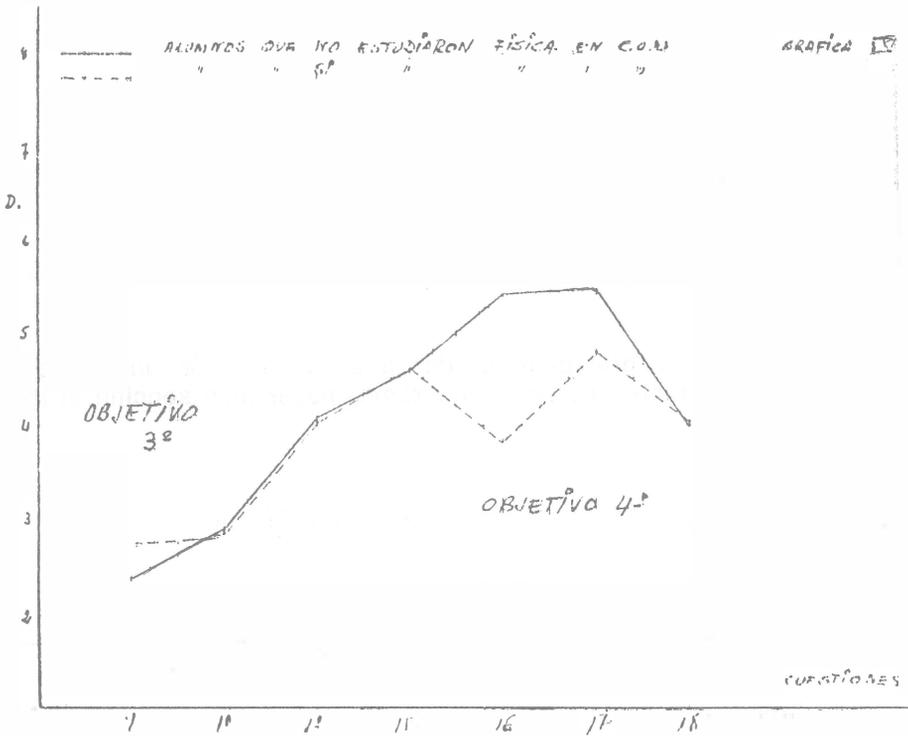
TABLA XCV

	A	B
Item n.º 9		
Concepto error absoluto	2,728	2,397
Item n.º 10		
Concepto error relativo	2,839	2,893

Objetivo 4.º ASIGNACION DE UN LIMITE DE ERROR ADECUADO A UN RESULTADO EXPERIMENTAL EN FUNCION DE LAS VARIABLES QUE LE AFECTAN

TABLA XCVI

	A	B
Item n.º 12		
Asig. límite error result. medida	4,063	4,113
Item n.º 15		
Distribución normal e. indeterminados	4,618	4,559
Item n.º 16		
Concepto error probable	3,836	5,389
Item n.º 17		
Concepto desviación standard	4,784	5,451
Item n.º 18		
Concepto de error medio	4,058	4,011

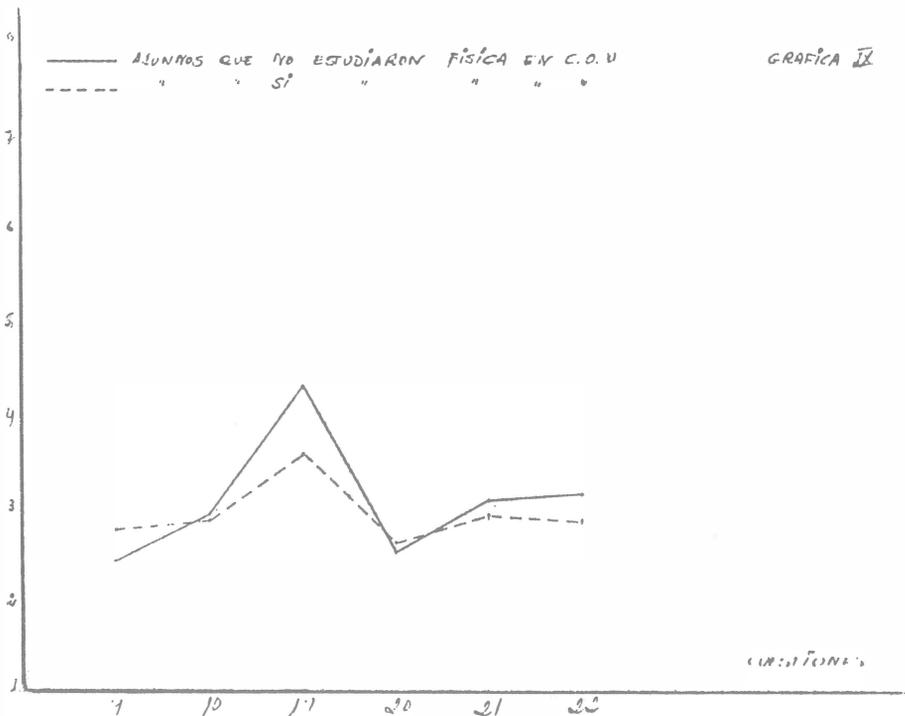


Los conceptos de *exactitud* y *precisión* no comportan una dificultad apreciable. En cambio el 4.º objetivo entraña una dificultad muy considerable, similar en ambos tipos de alumnos en lo que respecta a la *Asignación del límite de error* (12) y la *Distribución normal de los errores indeterminados* (15) pero cuya diferencia se acusa marcadamente en la consideración de los conceptos netamente estadísticos que inexorablemente reclaman un nuevo replanteamiento de su enseñanza.

Objetivo 5.º CALCULO DEL LIMITE DE ERROR DE UNA MEDIDA INDIRECTA

TABLA XCVII

	A	B
Item n.º 9		
Concepto error absoluto	2,728	2,397
Item n.º 10		
Concepto de error relativo	2,839	2,893
Item n.º 19		
Concepto límite de error	3,507	4,282
Item n.º 20		
E. absoluto suma y resta	2,612	2,506
Item n.º 21		
E. relativo multiplicación y división	2,892	3,056
Item n.º 22		
E. relativo potenciación	2,832	3,123



Sin duda el *Concepto de límite de error* (19) es la clave para facilitar su logro, y a él dedicaremos mayor atención en tratamientos posteriores.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos y ampliamente comentados en las anteriores conclusiones nos hablan por sí solos de la *importancia de la evaluación de las dificultades de aprendizaje* (como un valioso instrumento de autoevaluación del profesorado y sobre el que apoyar una programación realista de los contenidos) y de la *necesidad de construir* para dicha evaluación *un cuestionario cuyos items sean suficientemente específicos y concretos*.

A pesar de ello, estimamos que la conclusión más valiosa de nuestra experimentación didáctica es la necesidad de proceder a una *estructuración del aprendizaje*, para así conocer cuál o cuáles son los conceptos que comportan una mayor dificultad, y poder incidir convenientemente sobre ellos, mejorando la calidad de nuestra enseñanza y facilitando, en suma, el aprendizaje.