

FÍSICA

Bandas de calificación

Calificación final:	E	D	C	B	A
Puntuaciones:	0 - 7	8 - 15	16 - 22	23 - 28	29 - 36

Ámbito y adecuación del trabajo entregado

Hubo evidencias claras de que los alumnos y los supervisores tuvieron en cuenta los nuevos criterios sobre monografías, así como la información proporcionada en la nueva Guía. Se constató el entusiasmo y la dedicación de la mayoría de los alumnos. Muchos supervisores hicieron observaciones (bien apreciadas) obtenidas de *viva voz* para ilustrar sus comentarios en la portada.

En general, los temas estaban bien elegidos, aún en el caso de aquellos candidatos que no lograron desarrollar completamente, a lo largo del ensayo, lo que habían planificado inicialmente. El amplio rango de los ensayos varió en calidad desde excelente hasta muy pobre. Algunos alumnos presentaron trabajos experimentales más adecuados para investigaciones de evaluación interna llevadas a cabo fácilmente en una única sesión de laboratorio. Raramente se presentaron temas altamente inadecuados.

Se cubrió un amplio rango de temas que incluía aerodinámica (muy complejo), astrofísica, física de partículas, deportes (béisbol, golf, rugby, regatas, fútbol...), acústica, polarización, mecánica (reloj de arena, rozamiento de rodadura, estabilidad de una canoa, el mástil de un velero como viga voladiza, bicicleta de cambio...), paneles solares, bombillas de bajo consumo, efecto de la temperatura sobre diferentes parámetros (la energía *térmica* es, experimentalmente, difícil de controlar), magnetismo, frecuencias sonoras emitidas por instrumentos musicales (flauta de Pan, trompa...). Algunos alumnos eligieron temas típicos del *tema 8* e.g. central hidroeléctrica, energía eólica (plano aerodinámico, ángulo de paso), efecto invernadero en edificios, albedo de la arena blanca, células fotovoltaicas... Algunas investigaciones teóricas abordaron el entrelazamiento cuántico, los agujeros negros, la fusión por confinamiento y las ondas de gravedad (temas extensos, complejos y problemáticos). Entre los temas interesantes e innovadores se encontraban “posición óptima de los guardabarros de una bicicleta de montaña”, “investigación de las características de una vela en una regata utilizando GPS action replay”, formación de espuma en la Coca-cola al verterla” e “repercusión de la longitud del cuello de un reloj de arena en el tiempo de llenado”. En particular, las mejores monografías combinaron teoría, experimentación e iteración.

El interés personal puede jugar un papel en la selección y ejecución de un tema, pero también puede ser una experiencia lamentable si el alumno sigue ciegamente una vía con poca física relevante involucrada o una obtención de datos problemática. El uso de Internet parecía animar la reproducción de información en vez del argumento y el análisis. Era esperable la evaluación crítica de las fuentes y las citas originales. La investigación experimental tuvo el mayor éxito, posiblemente porque era/se consideraba más fácil para dar respuesta adecuada a todos los criterios. Hubo algunos casos de alumnos involucrados en

investigaciones avanzadas, en departamentos universitarios. En muchos de esos casos, resulta difícil evaluar el nivel de comprensión real y la verdadera contribución del alumno. Normalmente, las mejores monografías resultan accesibles a otros alumnos y, ciertamente, a su supervisor y al examinador. Algunas de las monografías parecían más bien Tesis Doctorales presentadas a expertos de un estrecho campo de estudio. Tal planteamiento no es lo que se espera para una monografía en física.

Con el uso de Internet, los aspectos teóricos de los temas de investigación resultan ahora más completos. Sin embargo, las monografías no siempre sintetizan la información como debieran y se pierde mucho en consideraciones colaterales. Hay una perceptible mejora en la manipulación de incertidumbres y cifras significativas. Aún así, hubo dificultades que se repetían e.g. no identificar el origen de las incertidumbres, no indicar las cifras decimales en los resultados medidos de modo coincidente con las medidas dadas a las incertidumbres asociadas (error común en tablas), acarrear gran número de cifras decimales antes de finalizar los cálculos o no ser capaz de determinar la incertidumbre del valor *medio*. En la propagación de errores se hicieron algunos esfuerzos interesantes.

Desempeño de los alumnos con relación a cada criterio

El propósito de esta sección del informe es destacar las áreas que requieren mejoras. Puede que suene negativo; sin embargo, debe recalarse que este año fue básicamente un buen año.

A: Formulación del problema de investigación

La inmensa mayoría de los candidatos presentaron un Problema de Investigación (en adelante PI) adecuado, bien definido y establecido claramente. Algunos perdieron puntos por no incluirlo en la introducción, posiblemente pensando en que era suficiente que el PI figurara en el título de la página. Algunos PIs eran demasiado vagos y/o no estaban bien enfocados. El PI no debería ser sólo una repetición del título de la monografía, sino estar cuidadosamente “desempaquetado” y matizado.

B: Introducción

Se presentaron un buen número de introducciones consistentes. Sin embargo, hubo varios puntos débiles que se repitieron. Demasiado a menudo se puso mucho énfasis en la experiencia/interés personal del candidato, a expensas de la presentación de los *principios* físicos relevantes en el PI. Algunos alumnos presentaron un refrito de física de los libros de texto, sin particularizarlo para el PI en estudio. El desarrollo detallado de la teoría relevante corresponde a un capítulo diferente de la monografía.

C: Investigación

Un número significativo de candidatos presentó una planificación buena o satisfactoria. Entre los puntos débiles estaban la recogida limitada de datos, la física elemental o la teoría simplista basada en una física incorrecta (que debilitaba la argumentación razonada). Se apreciaron grandes esfuerzos en la recogida de un número significativo de datos, aunque se recomienda seguir mejorando en este sentido. Algunas teorías se basaban demasiado en las matemáticas, dejando de lado a la física. No se debería demostrar las ecuaciones bien conocidas, ni dar las definiciones de términos básicos. Sólo debería aparecer en la

monografía la física directamente relevante y bien enfocada que resulte esencial para el PI. Demasiado a menudo la planificación no contenía ningún detalle fundamental acerca de las incertidumbres y limitaciones inherentes a las técnicas y los aparatos. A veces, los alumnos pasan a su investigación sin preocuparse demasiado de su objetivo específico. Los mejores candidatos se adaptaron, aprendieron de lo inesperado y refinaron su montaje y su técnica. Otros toleraron serios defectos en su método, relegándolos a la evaluación como excusa (no válida). Algunos candidatos consultaron un muy estrecho rango de fuentes, usualmente basadas en Internet, y otros añadieron una larga lista de referencias no realista. No siempre se comparan los resultados con los valores de textos de referencia. Algunos alumnos que hacían una monografía basada en datos no mostraron comprensión alguna del procedimiento y equipo utilizado para obtener esos datos. Los datos básicos deberían contrastarse y analizarse. Otros alumnos utilizaron equipos especializados en un laboratorio universitario o industrial como “cajas negras”, sin comprender verdaderamente su funcionamiento.

D: Conocimiento y comprensión del tema

El reto es encuadrar la investigación en un contexto académico apropiado. El nivel alcanzado varió ampliamente. A menudo se presentó material de relleno en términos de física elemental, lo cual era una leve indicación de que la comprensión era poco profunda. Por ejemplo, si una monografía involucra algo que hacer con ondas, no se gana nada presentando las definiciones de longitud de onda, frecuencia y velocidad, extraídas de los libros de texto, y derivando, a continuación, la relación entre ellas. También, muchos candidatos vieron la oportunidad de presentar una hipótesis completamente artificial o innecesaria y ello, demasiado a menudo, repercutió en su razonamiento argumental, con lo que la monografía se centró en la hipótesis más que en el PI. Fueron raras las monografías basadas en experimentos que no tuvieran una base teórica, lo que es una mejora significativa respecto a situaciones pasadas. Los candidatos que eligieron temas dentro de los contenidos del programa de física del BI mostraron, en general, una comprensión buena o satisfactoria del área del tema. Aquellos candidatos que abordaron áreas no exploradas requirieron del desarrollo de modelos que están fuera del programa *en sí*, encontrando difícil obtener la máxima puntuación para este criterio; sin embargo, hubo un buen número de intentos exitosos. Aquellos candidatos que utilizaron los resultados de los departamentos de investigación universitarios encontraron dificultades para expresar su conocimiento sin confiar excesivamente en citas y así resultar convincentes al poner de manifiesto su comprensión. Los alumnos capaces pusieron de manifiesto su conocimiento con la ayuda de diagramas personalizados. Los simples refritos de diagramas prestados fueron una característica de las monografías más pobres. Los temas multidisciplinarios pueden dar lugar al desarrollo de retos teóricos y, por esa razón, se deberían evitar.

E: Argumento razonado

Algunos alumnos no lo hizo bien por diferentes razones; por ejemplo, los argumentos, a veces, eran difíciles de esclarecer, las ideas se presentaban con limitaciones o no había continuidad en el razonamiento, solamente se recogía información sin proporcionar un argumento coherente (en monografías basadas en encuestas) o se perdía la perspectiva del objetivo marcado (monografías basadas en experimentos) o, simplemente, faltaban razones del por qué se hacía lo que se hacía o se describían gráficas sin evaluar las razones para

ello. Al resolver el PI, los alumnos deben intentar no dejar huecos en el desarrollo de su argumento. En algunos casos, el argumento derivaba hacia áreas no relevantes para el PI. Cuando los alumnos analicen gráficos deben construir su razonamiento/establecer una correlación paso a paso y no simplemente invitar al lector a hacerlo diciendo “A partir del gráfico se puede ver que...” o “El gráfico muestra una tendencia positiva.” La puntuación máxima exige un **razonamiento riguroso** así como una **buena comunicación**.

F: Aplicación de habilidades de análisis y evaluación apropiadas para la asignatura

Las correlaciones y las incertidumbres fueron el talón de Aquiles de este criterio clave. Un número significativo de alumnos no comprendía “proporcionalidad inversa”, “proporcionalidad directa”. Correlaciones más complicadas fueron raramente comprendidas en detalle.

Demasiado a menudo, los candidatos sugerían una teoría simplista para predecir un resultado y, a continuación, intentaban ajustar los resultados a su predicción y/o hipótesis, cuando claramente los resultados no se ajustaban a la predicción teórica y resultaba evidente una clara (e inesperada) “curva” de tendencia. Los alumnos podrían aún concluir una relación lineal o generar una relación empírica a partir de una hoja Excel. Las barras de error se ignoraron, a menudo, cuando se utilizó Excel para dibujar la línea de mejor ajuste. En este sentido, muchos candidatos pusieron de manifiesto su dependencia de Excel para generar ecuaciones en vez de, digamos, hacer un diagrama logarítmico para encontrar una sencilla relación potencial. Por ejemplo, un candidato podría mostrarse completamente satisfecho con un análisis Excel que proporcionara una relación tal como $y = 12,66 \log x + 84,3922$ o

$$y = 4,3098 x^3 + 2,1 x^2 + 9,6667 x.$$

El software debería usarse para apoyar o invalidar un modelo teórico y no llegar a ser un fin en sí mismo. Algunos candidatos mostraron una excelente comprensión de las incertidumbres y de la propagación del error, mientras que otros fueron víctimas de sus cálculos y de Excel. En general, se mostró una gran conciencia de las incertidumbres (incorporadas en las tablas de datos, las gráficas y los valores finales), así como una gran sensibilidad hacia las cifras significativas. Sin embargo, globalmente, las incertidumbres tendieron a ser subestimadas. La incertidumbre en el valor medio aún constituye un reto. Muchas gráficas eran demasiado pequeñas para mostrar las barras de error por lo que los alumnos consideraron que eran despreciables. Hubo una tendencia a hacer una lista exhaustiva de las limitaciones de las técnicas y de los procedimientos sin identificar lo esencial, además de su impacto en los resultados. A menudo, no se mencionó la fiabilidad de los datos de interés secundario. Las habilidades analíticas y evaluadoras de muchos candidatos se mostraron por medio de sus colecciones de medidas, análisis de datos y tratamiento de incertidumbres. Muchos realizaron correctamente la propagación de errores.

G: Uso de un lenguaje apropiado para la asignatura

La mayoría de los alumnos hizo un serio esfuerzo para utilizar la terminología apropiada, identificando términos inusuales, definiendo claramente los símbolos y dando las unidades. Desafortunadamente, algunos alumnos no utilizan unidades del SI. Hubo algunas faltas de precisión al describir las formas de curvas como lineal, exponencial, proporcional a, etc. Expresiones tales como “directo”, “positivo”, “directo positivo” y “negativo” resultaban vagas e indefinidas. Los diagramas, herramientas útiles y eficaces para utilizar en descripciones y explicaciones, se descuidaron con demasiada frecuencia. Algunas gráficas resultaban

demasiado atiborradas y a muchos colores, haciendo difícil su lectura e interpretación. Se insertaron algunos diagramas innecesarios tomados de Internet o de otras fuentes, sin dar una explicación completa de ello ni de toda la información que contenían. A menudo resulta preferible dibujar diagramas propios, una habilidad en peligro de extinción. Los diagramas, las fotografías (a menudo inútiles), las tablas de datos y los gráficos no siempre resultaron claros y completamente rotulados con títulos, unidades y símbolos de identificación, por lo que hacían más endeble la comunicación. Resultó algo corriente la falta de estilo al escribir los valores y las cantidades correspondientes, con sus unidades e incertidumbres. Sería una buena táctica seguir las convenciones adoptadas por el IB o remitirse a la **Organización Internacional para la Normalización (ISO)**¹. A menudo, las ecuaciones, las tablas y las gráficas no estaban numeradas y no se hacía referencia a ellas por su numeración en el texto. Tal presentación cuidadosa está en línea con el lenguaje científico y resalta su claridad y precisión.

H: Conclusión

La conclusión debería sintetizar los hechos establecidos teniendo presente el PI. La mayoría de los alumnos lograron un nivel satisfactorio o bueno. Muchas conclusiones eran pobres, limitadas o incompletas, y los alumnos repetían los argumentos y las explicaciones precedentes. En general, se reconocieron correctamente las preguntas sin resolver y las limitaciones del procedimiento experimental; a veces, las sugerencias resultaban absurdas. Las conclusiones tendían a ser sensatas y modestas.

I: Presentación formal

El rendimiento varió entre satisfactorio (2) y excelente (4) en la mayoría de los casos. Los candidatos hicieron serios esfuerzos para mejorar su presentación, por lo que lograron buenos resultados. Lamentablemente, algunos alumnos perdieron puntos innecesariamente. A menudo, la bibliografía no se completó correctamente: sólo (y exclusivamente) deberían aparecer en la bibliografía las referencias citadas en el núcleo de la monografía. Las citas en el núcleo deberían traer aparejados detalles, posiblemente como notas a pie de página. Hay una clara tendencia a abusar seriamente del apéndice, que **no** es una parte esencial de la monografía. La monografía debería estar completamente terminada y ser totalmente comprensible sin la ayuda de un apéndice. Muy a menudo, el plan seguido es el mismo plan utilizado para los informes de laboratorio, como parte de la Evaluación Interna. El plan de la Monografía debería ser **diferente** y se corresponde con el plan y el estilo de los artículos científicos. La relación del equipo debería reemplazarse por diagramas claros y completamente rotulados que, a menudo, son mucho mejores que las fotografías poco claras/no rotuladas. Una gran mayoría de los Índices eran más bien genéricos que específicos. Muchos títulos podrían haber sido más *precisos*. Cuando aparezcan involucradas 2 o 3 manipulaciones diferentes, el primer experimento debería completarse, incluido el análisis de conclusiones, antes de pasar al siguiente. Sin embargo, se han observado grandes mejoras en lo que respecta a la presentación formal.

¹ <http://physics.nist.gov/cuu/Units>

J: Resumen

Los elementos, a veces omitidos, fueron la conclusión o el cómo se realizó la investigación.

A menudo, fueron poco claros o incompletos (detalles insuficientes). Algunos resúmenes estaban en el límite de palabras.

K: Valoración global

Sin duda, la determinación y el entusiasmo estaban presentes pero la creatividad tendió a ser reemplazada por búsquedas en Internet. Se presentaron varios temas creativos, ingeniosos e interesantes. Muy pocos alumnos pasaron demasiado tiempo construyendo aparatos o acumulando datos, por lo que les faltó tiempo para hacer un análisis apropiado.

Recomendaciones para la supervisión de futuros alumnos

Los supervisores deberían:

- Asegurarse de que los candidatos están **familiarizados** con los criterios y su interpretación. Por medio de la aplicación automática de los requisitos de los criterios “técnicos” (A, B, H, I y J), los alumnos deberían alcanzar al menos 10 puntos, siguiendo tan sólo el procedimiento correcto.
- Jugar un papel **esencial**, ayudando a los alumnos a elegir un **tema** y una pregunta de investigación relevante para la física y apropiada para sus destrezas y capacidades. Obviamente, esto es de importancia crítica y esencial. Para la mayoría de los alumnos, esta es la primera monografía científica que investigarán y redactarán. La orientación es una condición *sine qua non* para la mayoría de los alumnos. La ambición y el entusiasmo de los candidatos necesita modularse o templarse con prudencia. Debería mostrarse una atención extra antes de la elección de un tema completamente teórico. Se deberían evitar a toda costa las monografías puramente empíricas. En general, resulta muy triste cuando los alumnos se colocan en disposición de fracasar.
- Intervenir rápidamente para evitar un **error desastroso** sea teórico, experimental o numérico. Por ejemplo, un cálculo de cambios en la energía cinética podría calcularse erróneamente como $(v_2 - v_1)^2$ en vez de $v_2^2 - v_1^2$. El muy negativo impacto de tal error sobre el análisis y la evaluación puede imaginarse fácilmente. El supervisor no debería corregir el error al alumno, pero es completamente lícito sugerirle que revise de nuevo sus cálculos.
- Seguir de cerca el progreso del alumno, enfocar la PI y brindar **apoyo** y ánimo
- Animar el trabajo preliminar, **practicar** con vistas a la monografía (no para incluirlo en ella).
- Invitar al alumno a leer anticipadamente algunos buenos ejemplos de **artículos científicos**.
- Aconsejar al alumno fuentes adecuadas que traten las **incertidumbres**, los errores, la propagación de errores, la incertidumbre de la media... esenciales para tenerlas presentes, no necesariamente con el nivel de profundidad de la estadística sofisticada.

- Ayudar en la **presentación** de la monografía e.g. referencias claras y citas (notas a pie de página en el núcleo del ensayo), diagramas rotulados eficaces, *índice* específico, organización de la monografía que **no** debería ser un informe de laboratorio de El (capítulos con títulos, ecuaciones numeradas, tablas de datos y gráficas, con subtítulos...), estilo adecuado (evitar el uso del yo, mi, yo mismo y detalles personales irrelevantes). Estricto orden lógico. Símbolos definidos y coherentes. Barras de error en las gráficas. Mostrar las unidades. Se recomienda que los alumnos consulten las pautas de escritura de la **Organización Internacional para la Normalización (ISO)**² y la **Guía NIST del SI**³.
- Recordar a los alumnos que las buenas monografías **no precisan** de una hipótesis o de un apéndice. (Los examinadores no tiene que leer el apéndice). Además, calidad y profundidad resultan superiores a cantidad y superficialidad.
- Asegurar la **autenticidad** del trabajo del alumno.

Se anima a los supervisores a escribir unos comentarios en la cubierta sobre la motivación, la perseverancia, la autoconfianza, la iniciativa intelectual, la perspicacia y profundidad comprensiva, la originalidad y la creatividad de su alumno.

² <http://www.springer.com/cda/content/document/>

³ <http://physics.nist.gov/cuu/Units>