

Nuestra inmersión en la virtualidad en los cursos de Física Experimental

Notas para una conferencia¹ en el XXXI Encuentro Nacional de Profesores de Física "Jorge Martins" de la APFU (San José, diciembre de 2021)

Daniel Baccino, Leonardo Machín, Fernando Moreno, Fernando Tornaría

Resumen

Nos hemos visto obligados, por razones sanitarias, a proponer cursos de Física Experimental en contexto de virtualidad total o parcial durante los años lectivos 2020 y 2021. Estos cursos conforman la formación introductoria de futuros Profesores de Física. Este contexto nos ha impulsado a repensar propuestas para que puedan implementarse fuera del ámbito del laboratorio, donde naturalmente se han desarrollado. Tomamos un marco teórico de referencia sobre cursos de laboratorio, lo que nos permite mirarnos en relación a otros colectivos, y tomar ese contraste como base para mejorar nuestras prácticas. A lo largo de este proceso nos hemos encontrado con propuestas que pueden ser relevantes aún en contexto de presencialidad, que pueden aplicarse en cursos semipresenciales de formación docente y, por qué no, en cursos de práctico de nivel medio. El motivo de esta conferencia es compartir las experiencias fruto de este proceso.

Introducción

Un recuerdo a Jorge Martins

Algunas imágenes y una frase del Perico Alcasotro. [Enlace al video](#).

Acápites

“Los laboratorios de pregrado son más efectivos y más positivos para los estudiantes si fomentan la investigación y la toma de decisiones, no la verificación de los conceptos de los libros de texto.”

Smith, E. M. y Holmes, N. G. (2021)

¿Por qué “nuestra”? Breve historia de los cursos de Física Experimental 1 en el IPA

El curso de Física Experimental 1, implementado en el IPA, al que nos vamos a referir tiene cierta historia. Lo hemos planteado en el contexto del Plan 2008 con varios compañeros, entre los cuales se destaca Guzmán Trinidad (2008-2017).

Luego vino una etapa de reformulación asociada a un Proyecto de Investigación “ANII-CFE investiga” (2018). En esa etapa el trabajo lo realizamos con Álvaro Suárez y Arturo Martí.

¹ La conferencia quedó programada para el **sábado 11/12 a las 10:00** en el centro cultural (al lado del teatro Macció frente a la plaza principal de San José). Tendrá una duración de 40 minutos (más 20 minutos de preguntas).

En 2020 nos encontró la pandemia; con Leonardo Machín tuvimos la responsabilidad de plantear ese curso (ahí la “inmersión” fue sin aviso y durante todo el año lectivo).

En 2021, hemos planteado con los profesores Fernando Tornaría y Fernando Moreno (en la modalidad semipresencial) el curso en un contexto de virtualidad en la primera mitad y de presencialidad en la segunda (esto en el IPA). En 2021, al final del proceso en el IPA (cuatro semanas dedicadas a la elección, diseño y presentación de un proyecto) lo realizamos conjuntamente con el curso de Espacio Interdisciplinario bajo la responsabilidad docente de la profesora Andrea Pereira.

Desarrollo

Un marco de referencia posible: AAPT 2014

Comisiones de trabajo de la American Association of Physics Teachers (AAPT, 2014) han elaborado un conjunto de recomendaciones en relación a cursos de laboratorio². Estas se originan en la revisión de los cursos de laboratorio, considerando los niveles introductorio y avanzado; así como en la investigación en enseñanza de la Física relacionada con ellos. Propone una estructura que distingue un conjunto de *Áreas de enfoque*, que ponen en el centro la dimensión construcción de conocimiento.

La construcción de conocimiento definido como “recopilar, analizar e interpretar datos reales de observaciones personales del mundo físico para desarrollar una visión física del mundo” (AAPT, 2014, p. iii). Una representación esquemática del conjunto puede verse en la figura 1. En torno a esta dimensión se establecen las áreas: Modelado, implica desarrollar representaciones abstractas de sistemas reales; Diseño de experimentos, apunta a desarrollar y diseñar experimentos para probar modelos e hipótesis; desarrollo de habilidades técnicas y prácticas, refiere a dominar el uso de equipos estándar en el contexto de enseñanza; analizar y visualizar datos, apunta a analizar y mostrar datos usando métodos estadísticos, e interpretar críticamente su validez, limitaciones e incertidumbres; comunicación, abarca la presentación de resultados e ideas razonados y avalados por evidencia, en formatos escritos y verbales.

Se han propuesto formas de implementar los objetivos establecidos en las recomendaciones, que son referencia de nuestra actividad cotidiana en los cursos en los que se centra nuestra indagación (Holmes y Smith, 2019).

² En la literatura se los llama “cursos introductorios de laboratorio” (undergraduate lab course). En este trabajo los correlacionamos con los cursos de Física Experimental 1 y 2, en la formación de grado de profesores de Física y Astronomía, en el plan 2008.



Figura 1. Áreas de enfoque en cursos de laboratorio. Traducción nuestra de la portada del documento AAPT, 2014.

La experiencia más reciente: enfoque del curso en 2020 y 2021

En 2020, en el IPA, nuestro trabajo se desarrolló en un contexto de virtualidad casi total (tres encuentros presenciales en el segundo semestre). En 2021 los estudiantes en la modalidad Semipresencial trabajaron en la virtualidad total; en el IPA el primer semestre fue en virtualidad total y el segundo en presencialidad total.

Nuestro planteo y algunos resultados

En virtualidad (en el IPA), los canales a través de los cuales propusimos nuestros cursos fueron videoconferencias y plataformas, de forma sincrónica y asincrónica, respectivamente. En el caso de la propuesta para el Profesorado Semipresencial el desarrollo fue predominantemente mediante plataforma; en 2020 fue basado en plataforma y con apoyo durante el proceso de trabajo con videoconferencias por la plataforma Zoom. Las pautas de trabajo en torno a las Actividades propuestas se concretaron mediante Guías. Ponemos a disposición este material (entre otros) mediante el enlace y código siguientes:

[Material Física Experimental I \(2020, 2021\).](https://bit.ly/fexp2021)



bit.ly/fexp2021

Figura 2. Material del curso Física Experimental I (2020, 2021).

Indagación previa y el diseño de experimentos

Uno de los aspectos que propusimos es dedicar un tiempo “razonable” al trabajo previo a la implementación de la actividad experimental propiamente dicha. Ese tiempo previo en algunas actividades se aprovechó para “modelar, predecir y diseñar” (*Master Newton*), “indagar y diseñar” (*Caída de un cuerpo y Movimiento circular*).

Uno de los objetivos principales que nos planteamos fue lograr que los alumnos trabajen sobre el diseño y el montaje de un experimento. Es decir, no dar la actividad procesada, sino dejar que ellos busquen formas de resolver las situaciones experimentales de manera de lograr los mejores resultados posibles, en las condiciones que se estaba ejecutando. Para esto se plantearon objetivos y situaciones a estudiar donde los estudiantes deberían resolver contingentes para poder alcanzar los objetivos de forma satisfactoria. (Lanzamiento de un pelota de una distancia a la que no llegan solo de pie, generaciones de videos al aire libre con los cuidados para que pueda ser analizado, etc.)

Si bien esta estrategia la implementamos inicialmente en virtualidad, nos resulta adecuada y conveniente para el trabajo en contexto de presencialidad.

A modo de ejemplo, sintetizamos en un video de dos minutos, el trabajo previo, la concreción de un diseño, y las propuestas de análisis para la actividad *Movimiento Circular*. En todos los casos los estudiantes implementaron el análisis de video digital, una herramienta presentada formalmente en la Actividad anterior. Enlace a un ejemplo: [Movimiento circular](#).

Sobre Evaluación

El trabajo a lo largo del curso organizado en torno a Actividades, fue evaluado a lo largo del proceso y mediante la entrega de Reportes e Informes de Laboratorio, la cual era corregida y devuelta hasta que alcanzara nivel de aceptable. En el IPA y en el Profesorado Semipresencial, se realizaron evaluaciones parciales, con características diferentes, dependiendo del año lectivo considerado.

Evaluación de Informes de laboratorio

En 2020 planteamos un conjunto de pautas para la realización de Informes y una Rúbrica como correlato para evaluar su cumplimiento. Destacamos tres aspectos en relación a esa forma de procesar esa forma de comunicar el trabajo:

- Al comienzo del año propusimos la realización de reportes que hicieron énfasis en algunos (no todos) los capítulos que nuestras pautas postulaban para el informe. En función del proceso, se solicitaron reportes que incluían más secciones obligatorias, hasta completar el conjunto definido en las pautas.
- Los estudiantes debían entregar, junto con sus reportes o informes, una autoevaluación en base a la Rúbrica propuesta.
- Nuestra autoevaluación docente, a fines de 2020, concluyó que la Rúbrica no permitía evaluar adecuadamente la globalidad del trabajo, ya que en los reportes (que contenían sólo algunos de los aspectos de un informe) el puntaje en ocasiones no se distribuía de forma que la visión del trabajo se viera reflejada en la calificación obtenida.

En 2021 comenzamos con el mismo esquema gradual para la elaboración de Informes y mantuvimos la pauta de que los primeros en evaluarlos serían quienes lo elaboraron (autoevaluación por estudiantes). En relación a complementar la mirada segmentada que

genera el uso de la Rúbrica, propusimos incorporar criterios de mirada global e incluir en los informes un Resumen, al estilo de los artículos científicos, como propone Gil (2015, p. 729).

De esta manera se fue perfeccionando cada ítem por separado y los reportes cada vez se fueron pareciendo más a un informe, hasta que al fin del curso, en las últimas actividades se exigió los informes completos de los experimentos. (Esto resultó muy trabajoso y llevó mucho tiempo de corrección hasta alcanzar resultados aceptables).

Evaluación final del curso

En 2020 la evaluación final del curso se desarrolló en tres etapas, en donde el péndulo simple siguió dando frutos como desde épocas inmemoriales. En la primera etapa (previa al encuentro presencial) los estudiantes debieron leer un material sobre la teoría del péndulo simple. La segunda etapa se desarrolló en el laboratorio: mediante una guía, cada estudiante, realiza el trabajo de medidas y comienzo del procesamiento de datos, sobre un péndulo. La tercera etapa consistió en la elaboración de un Informe de la actividad, a partir de los insumos anteriores.

En 2021, en el IPA, propusimos una evaluación final conjunta de los cursos de Espacio Interdisciplinario³ y Física Experimental. El proyecto del curso de Espacio en 2021, a cargo de la profesora Andrea Pereira, “Introducción al trabajo en proyectos interdisciplinarios” planteó el conocimiento en profundidad de laboratorios de diferentes Centros e Institutos, entre ellos el Laboratorio de Física del IPA.

Las consignas de estas propuestas de evaluación están disponibles también en las carpetas compartidas.

Bibliografía

Además de la bibliografía que utilizamos en los últimos años (Gil, 2015, Gil y Rodríguez, 2001); incorporamos el libro *Introducción al análisis de errores. El estudio de las incertidumbres en las mediciones físicas* (Taylor, 2014). En los primeros capítulos se plantea: Desarrollo preliminar del análisis de errores; Como expresar y utilizar incertidumbres; Propagación de incertidumbres; Análisis estadístico de incertidumbres aleatorias.

Nuestra experiencia de trabajo en el ámbito de la coordinación

Quienes presentamos esta charla valoramos de forma muy positiva el trabajo que desarrollamos en coordinación. Esto fue especialmente provechoso en el contexto de virtualidad, durante todo el 2020 y la primera mitad de 2021. Con una frecuencia semanal de encuentros, tomamos decisiones sobre los cursos de los que fuimos responsables y nos apoyamos mutuamente en ese proceso, que tuvo sus dificultades.

En el último tramo de este año lectivo, en el IPA, definimos con la profesora Pereira concretar una evaluación conjunta de los cursos de Física Experimental y Espacio Interdisciplinario. Valoramos muy positivamente también esta convergencia al final del trayecto, al punto que pensamos en la posibilidad de generar mayores acuerdos en el próximo año lectivo.

Uno de los insumos que consideramos en la planificación de la propuesta en 2021 fue nuestra autoevaluación del planteo en 2020 en el IPA. Una síntesis memoriosa de esa autoevaluación docente puede consultarse en el Anexo 2.

³ En el Anexo I puede consultarse una reseña breve sobre los cursos de Espacio Interdisciplinario, en el IPA (algunos de ellos conjuntamente en el Profesorado Semipresencial), insertos en el Plan 2008.

El trabajo en contexto de virtualidad visto por nuestros estudiantes.

En 2021 los estudiantes que cursaron en el IPA tuvieron la posibilidad de comparar el trabajo completamente virtual (primera mitad de año) con el trabajo que terminó siendo en presencialidad plena (en el segundo tramo). A continuación sintetizamos respuestas a un par de preguntas que les propusimos al final del trayecto.

Extracto de evaluaciones del curso por estudiantes

En el contexto de la evaluación del curso, con miras a su replanteo, hemos propuesto algunas preguntas a estudiantes que cursaron de forma presencial en el IPA, en 2021. Incluimos aquí una síntesis de respuestas en relación a dos de las preguntas que apuntan a recabar la mirada de los estudiantes sobre dos aspectos del trabajo en virtualidad.

Sobre la pregunta 4: *¿Qué tanto me afectó la virtualidad, para tener un mejor desempeño del que he tenido, en el curso?*

En síntesis (pregunta 4):

- *Dieciséis de veintisiete estudiantes (59%)* valoran que la virtualidad afectó negativamente su desempeño. Al identificar “causas” los estudiantes mencionan: “trabajo en equipo para el desarrollo de ideas en el equipo”, “falta de tiempo”, aprender cosas que “cuesta asimilar (ejemplifica con el tema incertidumbres)”, “no encontraba la manera de integrarme”, “cursar una carrera de forma virtual me resta mucho interés”, “dificultó la realización de los experimentos”.
- *Ocho de los veintisiete (30%)* afirman que no vieron afectado su desempeño en el período de presencialidad; mencionan “se sigue entrando a clases y haciendo experimentos”, “tener la posibilidad de tener grabaciones de las clases, de las explicaciones y de las exposiciones en clase fue un factor que me permitió tener mejor rendimiento”, “con la cantidad de clases presenciales que tuvimos fue suficiente”.
- *Tres de los veintisiete (11%)* afirman que perciben una afectación positiva en su desempeño en el contexto de virtualidad. Argumentan: “podía volver a tomar los valores en casa si tenía un error o acomodarme el horario para hacer las cosas de otra forma”, “me resultó más accesible”, “si no fuera por la virtualidad no hubiera llegado tan lejos”.

Sobre la pregunta 5: *¿Fueron provechosas las actividades que desarrollamos durante la virtualidad? En caso afirmativo, menciona ejemplos.*

En síntesis sobre la pregunta 5:

- En esta pregunta se observa una mayor disparidad de respuestas. Sobre un total de veintisiete encuestados:
 - *Cuatro (15%)* no contestan la pregunta.
 - *Dieciséis estudiantes (59%)* consideran especialmente provechoso el trabajo en la virtualidad. Anotan: “El trabajo en equipo fue fundamental para mantener la motivación”, “nos permitió ahondar y aprovechar el uso de simuladores y herramientas informáticas para seguir el curso”, “es enriquecedor saber que la Física la podemos observar en cosas simples y

cotidianas”, “nos pudimos sacar las dudas tanto en las clases como en los foros”.

- *Cuatro estudiantes (15%)* consideran que el trabajo en virtualidad fue provechoso “a medias” o que fue “igual de provechoso” que en la presencialidad.
- *Tres estudiantes (11%)* tienen una visión negativa en este punto. Indican: “Hubiera sido muchísimo más provechoso tener todo el año de forma presencial”, “No creo que hayan sido del todo provechosas”.

Los estudiantes que realizaron el trayecto en la modalidad Semipresencial también han hecho aportes sobre ese proceso. Destacan la falta de encuentros presenciales a lo largo del proceso; que fue mitigada por encuentros virtuales propuestos por el docente.

Cierre

¿Y en Educación Media?

Seguramente la mayoría de los presentes en esta charla desarrollamos actividad docente en el ámbito de la Enseñanza Media. Pensamos que al menos algunas de las estrategias expuestas pueden implementarse también en ese nivel educativo.

En nuestro medio, trabajos individuales y colectivos han aportado a repensar la enseñanza y el aprendizaje en los cursos de práctico a lo largo del tiempo. A modo de ejemplo, accesibles de forma sencilla, anotamos trabajos publicados recientemente en el portal Uruguay Educa: *Guías para trabajar proyectos de investigación* (Gastelú et al., 2017), y *¿Cómo hacer un informe de laboratorio?* (Pedreira, 2020)

En nuestra APFU hemos elaborado documentos, entre los que se encuentra *El rol del laboratorio en la Enseñanza de la Física* (APFU, 2002) que presenta nuestra postura sobre los cursos centrados en el ámbito del laboratorio. Recuperamos de este documento una afirmación (que proviene del *Documento de trabajo #1*):

“La enseñanza de la Física es formadora y estructura el pensamiento, al aplicar un programa de investigación, desarrolla el espíritu crítico y el pensamiento de tal forma que los estudiantes adquieren los elementos fundamentales de razonamiento, para interpretar el lenguaje de los nuevos conocimientos y en este sentido alfabetiza.”

Referencias

AAPT (2014). Recommendations for the Undergraduate Physics Laboratory Curriculum.

https://www.aapt.org/resources/upload/labguidelinesdocument_ebendorsed_nov10.pdf

APFU (2002). El rol del laboratorio en la Enseñanza de la Física.

https://apfu.uy/wp-content/uploads/2015/03/documento-2_jornada-carmelo_2002.pdf

- Gastelú, D., Hirigoyen, A., Pedreira, S., Raisa, L., y Gatto, A. (2017). *Proyectos de Introducción a la Investigación: guía de trabajo*. Uruguay Educa.
<https://uruguayeduca.anep.edu.uy/recursos-educativos/1029>.
- Gil, S. (2015) *Experimentos de Física usando las TIC y elementos de bajo costo*. Barcelona: Marcombo.
- Gil, S. y Rodríguez E. (2001) *Física re-Creativa. Experimentos de Física usando nuevas tecnologías*. Madrid: Pearson Education.
- Pedreira, S. (2020). *¿Cómo hacer un informe de laboratorio?*.
<https://uruguayeduca.anep.edu.uy/recursos-educativos/4400>.
- Smith, E. M., y Holmes, N. G. (2021). Best practice for instructional labs. *Nature Physics*, 17(6), 662–663. <https://doi.org/10.1038/s41567-021-01256-6>
- Taylor, John R. (2014) *Introducción al análisis de errores. El estudio de las incertidumbres en las mediciones físicas*. Reverté. España.

Anexo 1: Reseña del curso Espacio Interdisciplinario en el IPA

Espacio Interdisciplinario es uno de los cursos en la formación de grado de Profesores de Física en el primer año. En el IPA, a lo largo del desarrollo del plan 2008, se han presentado y aprobado por Sala diversos proyectos con enfoque interdisciplinario para desarrollarse en ese curso: Física y Deporte (Moreno F., 2008-2009, 2018-2019), Sonido y Acústica Musical (Baccino, 2010-2011), Biofísica (Pereira C., 2014), Cine más Ciencia (Leal A., 2012-2013), y el proyecto en curso a cargo de la profesora A. Pereira: Introducción al trabajo en Proyectos Interdisciplinarios.

Anexo 2: Ayuda memoria con insumos del curso 2020

1. Inicialmente nos planteamos objetivos específicos sobre habilidades que queríamos que los estudiantes adquieran en el curso de experimental.
Se tomó la decisión, luego de intercambiar visiones, que sería un curso que buscaría alcanzar objetivos específicos de Física experimental, no sería un curso que complementaría el teórico, sino que tendría sus propios objetivos a alcanzar, sobre todo en lo que tiene que ver con habilidades de diseño, medición, procesamiento y análisis de experimentos.
Frente a la situación de virtualidad plena se buscó poder alcanzar los objetivos a partir de lo que los estudiantes tenían al alcance dentro de sus casas y un poco después al aire libre. Pero esencialmente utilizando materiales caseros.
Algunos de los experimentos se presentaban con alguna actividad de plataforma que era previa a su realización. Y con algún cuestionario para indagar ideas previas y expectativas de los alumnos sobre lo que esperaban encontrar.
2. Realización de un informe de laboratorio.
Se tomó la decisión de fragmentar la realización del informe en reportes que contenían solo algunos de los aspectos que estarían involucrados en un informe completo. Estos ítems que se detallaban dentro de la propuesta de trabajo se corregían y retroalimentaban hasta que los estudiantes comprendían los elementos que deberían estar comprendidos en dichos ítems y las formas correctas de presentarlos. De esta manera se fue perfeccionando cada ítem por separado y los reportes cada vez se fueron pareciendo más a un informe, hasta que al fin del curso, en las últimas actividades se exigieron los informes completos de los experimentos. (Esto resultó muy trabajoso y llevó mucho tiempo de corrección hasta alcanzar resultados aceptables).
Se realizó una Rúbrica para la evaluación de los informes de las actividades experimentales. Esta rúbrica sin bien no se alteró durante el primer año de uso, se encontró que era un elemento a seguir trabajando para mejorarlo. (Por ejemplo, revisar los aspectos que están incluidos en cada ítem de logro o los puntajes asignados a cada subsección del informe. En el caso de los reportes, utilizando la distribución de puntos de la rúbrica se notó que al usar en forma incompleta la rúbrica algunos ítems podían quedar desproporcionados sobre el puntaje total). A modo de ejemplo, la carátula puede tener un peso excesivo en el puntaje total de pocas secciones del reporte.
3. Trabajo con incertidumbres (método de cotas) y para serie de datos introducción a conceptos de estadística.

Se decidió no utilizar los teoremas de propagación de incertidumbres clásicos sino el método de cotas, con la justificación de que a juicio de los docentes es más claro e intuitivo sobre el significado de los resultados de incertidumbres obtenidas. Además de los cuestionamientos que se conocen sobre la utilización sin mayor justificación de las ecuaciones de incertidumbres.

4. Diseño y montaje de una práctica en busca de un objetivo.
Uno de los objetivos principales que nos planteamos fue lograr que los alumnos trabajen sobre el diseño y el montaje de un experimento. Es decir, no dar la actividad procesada, sino dejar que ellos busquen formas de resolver las situaciones experimentales de manera de lograr los mejores resultados posibles, en las condiciones que se estaba ejecutando. Para esto se plantearon objetivos y situaciones a estudiar donde los estudiantes deberían resolver contingentes para poder alcanzar los objetivos de forma satisfactoria. (Lanzamiento de una pelota de una distancia a la que no llegan solo de pie, creación de videos al aire libre con los cuidados para que pueda ser analizado, etc.)
5. Construcción de gráficas.
Se plantearon experiencias donde la construcción de una gráfica con incertidumbre donde era necesario para el análisis. En un comienzo se realizaron en papel, luego de que todos perfeccionaron la técnica de la construcción en papel se pasó a la construcción en forma digital a través de Excel. Posteriormente a partir del uso de software especializado, como ser Logger Pro o Tracker.
6. Ajustes funcionales mediante software (Logger Pro, Tracker, Excel, etc.)
7. Fotos como fuente de información y aprender a escalar una imagen.
Se enseñó a realizar una foto estroboscópica y a interpretar a partir de ella. Se trabajó con escalas y a partir de esto (como paso primitivo de la escala digital de software) tomar medidas y analizar movimientos.
8. Videos como herramienta de análisis experimental (Tracker).
El Tracker se transformó en un gran aliado para analizar situaciones en la realidad de la virtualidad. Nos permitió trabajar contenidos y competencias específicas trabajando sobre situaciones caseras.
9. Reconocimiento y manipulación de instrumentos de laboratorio como la interfaz Vernier y sensores de uso variado (posición, fuerza, etc.)
Al final del curso se tuvo la posibilidad de volver a una presencialidad parcial con lo que en los encuentros nos enfocamos en que reconozcan elementos de laboratorio y particularmente la interfaz Vernier y alguno de sus sensores, aplicado a situaciones experimentales concretas.



Este artículo está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).