

EVALUACION EN LOS LABORATORIOS DE FISICA

Baldomero Carrera Santacruz*

- No puede usted medir los efectos de mi trabajo.
- ¿Por qué?
- Porque son invisibles.
- ¡Vaya! ¿Y por qué tengo que pagarle unos resultados que no veo?
- Porque me he preparado y he obtenido un diploma que me autoriza a ejercer.
- Humm. . . Bueno, aquí tiene su dinero.
- ¿Dónde? No lo veo por ninguna parte.
- Claro que no. . . ¡Es invisible!

Robert F. Mager(1)

INTRODUCCION

Uno de los problemas fundamentales que se tiene en los cursos de laboratorio de física, es el de la evaluación objetiva de la enseñanza de los mismos. Para poder iniciar la solución a este problema, hemos diseñado un sistema de evaluación para tales fines, cuyos objetivos principales son:

- I) Establecer elementos de juicio para calificar la actividad de los estudiantes en el *desempeño* de su aprendizaje de la física experimental.
- II) Sistematizar hasta donde sea posible, una *taxonomía de desempeños*, simples, sencillos, que den noticia de la actividad y procesos de enseñanza-aprendizaje.
- III) Definir *operacionalmente* cada uno de los desempeños.
- IV) Disponer de un *código* no numérico que nos facilite en forma rápida y objetiva la *evaluación*.
- V) Definir una escala numérica que nos ayude a traducir el código y poder así, de esta manera, manipular más fácil y técnicamente el resultado final.

Para llevar a cabo todo lo anterior, se han elaborado formas que nos ayuden a registrar por sesión, individual y grupalmente, la evaluación.

Es importante señalar que este sistema es parte de una reforma de la enseñanza y aprendizaje de los cursos que se ofrecen regularmente en los laboratorios de física, en las escuelas, departamentos y facultades de las universidades del país.

*Físico, UNAM; Jefe de los Laboratorios de Física de la Universidad Iberoamericana.

I. ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

Es importante destacar que la enseñanza de la física en México se da en un marco de referencia que podríamos ubicar en dos dimensiones: la histórica y la didáctica.

Históricamente conservamos la educación tradicional, en donde la ciencia se presenta como una retórica de las conclusiones y un conjunto de conocimientos estáticos y comprobadamente verdaderos, y en donde las clases(2) dictadas por el docente son la actividad predominante, ya que el trabajo del estudiante en el laboratorio(3), raro en los grados inferiores, se reduce a la prescripción de procedimientos, anticipación de observaciones y a la búsqueda incesante de conclusiones ya bien establecidas; todo esto, cuando bien nos va.

Refiriéndose a la educación tradicional, Piaget nos dice en un contexto más general lo siguiente:

“... la educación tradicional... se ha ocupado absolutamente de las humanidades y las matemáticas, como si las dos cualidades dominantes del hombre racional fueran moverse a gusto en la historia y en la deducción formal”.(4)

Ojalá y la deducción formal fuera parte importante de la educación en México.

“Es verdad -continúa diciéndonos Piaget- que la física ha nacido casi veinte largos siglos después que las matemáticas, porque una formación experimental es mucho más difícil de organizar que cursos de latín o matemáticas”.(5)

La práctica experimental en nuestro país es considerada como una actividad menor. Basta con echar un vistazo a los datos proporcionados por el estudio de la SEP en Educación superior, ciencia y tecnología en México de reciente publicación, para darse cuenta de la validez de nuestra afirmación.

Didácticamente carecemos de estudios que acrediten nuestra participación en la discusión de los problemas vitales sobre el tema; no hay centros de estudio que posibiliten investigaciones en forma sistemática y sostenida en didáctica de la física, más aún no existe promoción alguna en los centros y departamentos de estudios educativos u otras dependencias similares, ya sean éstas públicas o privadas, para que los físicos que desarrollan la mayor parte de su trabajo en actividades docentes se interesen por este tipo de investigaciones. Además, en nuestro país existen instituciones -por no decir todas- en donde la actividad docente que desarrolla un profesor en el laboratorio se considera de segunda categoría, menospreciando el esfuerzo intelectual requerido para tal actividad, sin darse cuenta, por ejemplo, de que:

- i) El ritmo de trabajo dentro del laboratorio es lento respecto del de pizarrón.
- ii) Los instrumentos intelectuales necesarios para la experimentación propiamente dicha, aparecen a cierta edad (6).
- iii) El tipo de instrumentos intelectuales necesarios para la experimentación son de varias clases. Piaget(7) señala las siguientes:
 1. Instrumentos de pensamiento en forma de una combinatoria y de operaciones proposicionales que permitan oponer
 - (a) las implicaciones a las no implicaciones,
 - (b) las disyunciones no exclusivas a las exclusivas,
 - (c) las conjunciones a las incompatibilidades, etc.
 2. Una conducta particular, posible mediante estas operaciones, que consiste en disociar los factores en hipótesis previas y en hacerlas varias experimentalmente uno a uno, neutralizando los otros, o combinándolos de distintas maneras.

Agregaría con Bruner(8) a Piaget lo que Polya ha dado en llamar el *Razonamiento Plausible*, cuyas implicaciones de carácter didáctico son un campo abierto a la investigación.

II. DEFINICIONES OPERACIONALES

Damos a continuación una serie de definiciones de carácter operacional, de los aspectos más significativos en los desempeños que un estudiante de física tiene en el laboratorio cuando desarrolla trabajos de experimentación o relacionados con ella.

Esta lista no pretende ser exhaustiva, ni mucho menos; más concretamente, pretende ser el inicio de un trabajo más elaborado.

1. *Planeación de sus actividades.* El estudiante antes de comenzar a trabajar puede describir:
 - a) El procedimiento que llevará a cabo en forma ordenada con el fin de conseguir el objetivo específico para una determinada sesión.
 - b) La coordinación que deberá establecerse con sus compañeros de equipo para poder realizar su actividad.
2. *Información: obtención y organización.* Al iniciar sus actividades, cada estudiante tendrá en su bitácora anotaciones de los datos más importantes que usará durante su sesión, los cuales habrá conseguido en la biblioteca, es decir fuera del laboratorio. Deberá tener los esqueletos de las tablas de los datos a conseguir con los instrumentos de medición y las gráficas que tendrá que hacer para saber como van comportándose las variables.
3. *Utilización de los instrumentos de medición y equipo.* El estudiante mostrará in acto que posee:
 - a) Las destrezas sicomotrices necesarias para manejar tal o cual aparato o equipo de laboratorio requerido para la sesión de trabajo.
 - b) Los conocimientos del aparato o equipo de laboratorio en relación a:
 - i) funcionamiento y principios de operación.
 - ii) utilidad.
 - iii) precauciones que deberán observarse al hacer uso de los mismos.
 - iv) escalas de medición y precisión con que podrán hacerse las mediciones.
4. *Trabajo en equipo.* El trabajo en equipo de un estudiante se puede observar en los siguientes desempeños:
 - a) comenzar a trabajar con prontitud con sus compañeros.
 - b) hacer su parte justa u ordinaria de trabajo durante el tiempo de laboratorio.
 - c) correcta colaboración.
 - d) buen nivel de comunicación entre sus compañeros.
5. *Registro de observaciones. Bitácora.* La bitácora contendrá al finalizar la sesión, lo siguiente:
 - a) Los datos obtenidos en laboratorio con las unidades correspondientes.
 - b) Gráficas provisionales, diagramas, y dibujos en general.
 - c) Observaciones pertinentes, resultados inesperados, etc.

Las anotaciones que se encuentren en la bitácora con la información previa serán precisas, limpias y ordenadas. En el caso de no haber terminado con la investigación, deberá quedar constancia de como se encontraban las cosas en el momento de la interrupción, en que fase del proceso y lo que habrá de hacerse al inicio de la siguiente sesión.

6. *Reporte de laboratorio.* Es el medio de comunicación que permitirá conocer el resultado final de las investigaciones así como de sus procesos. Los elementos importantes que deberá contener todo informe serán:

- a) *Título:* el título es un aspecto muy significativo y comunicativo de lo que realmente fue la investigación y sus resultados por una parte, y por otra, una manera de llamar la atención de un lector potencial para que se interese en la lectura del trabajo. “El título debe llevar la mayor información posible sin necesidad de ser engorroso”.
- b) *Fecha:* Es siempre conveniente saber cuando fue realizada tal o cual investigación.
- c) *Resumen:* El resumen es tal vez, en un informe de investigación, la parte que le da mayor significado a todo el trabajo, ya que en él deben estar contenidos en corta extensión -entre 20 y 100 palabras-, el resultado y las conclusiones más fundamentales, así como el método empleado en conseguirlos.
- d) *El informe principal:* Parte del informe principal lo constituye la introducción que puede incluir, en los términos de la definición del problema: (1) Origen del estudio experimental, (2) Objetivos, (3) Importancia, (4) Contenido, (5) Hipótesis, (6) Procedimiento, (7) Limitaciones, (8) Definiciones, (9) Plan de exposición.
El punto (9), nos da noticia de la parte medular del informe principal y deberá ser elaborado con sumo cuidado.
- e) *Discusión y conclusiones:* Esta es sin duda la parte más importante de todas, ya que es aquí donde se puede apreciar con mayor claridad la capacidad de *pensamiento crítico y reflexivo*, así como mostrar parte de su *actitud científica* en general.
- f) *Apéndices:* Para esta parte se dejan los cálculos, deducciones algebraicas, etc., y todo aquello que uno considera importante, pero que no se quiere que aparezca dentro del texto principal, con el fin de no distraer la atención del lector.

Por último, debe decirse que el reporte de laboratorio se considera como un documento completo y fiel de lo que se ha hecho y, por supuesto, uno no debe esperar creer en algo que no está escrito en el reporte(9).

7. *Exámenes y/o proyectos de laboratorio.*

A. *Exámenes:* En nuestro país es poco usual, para no decir nula, la evaluación por medio de exámenes de los procedimientos de enseñanza-aprendizaje en los cursos de laboratorio a nivel licenciatura, ya que esto constituye de por sí un verdadero problema.

Sin entrar en los detalles de los mismos, es conveniente hacer notar que existen una gran variedad de alternativas para dicha evaluación con exámenes, como lo pueden ser:

- (a) exámenes de papel y lápiz
- (b) exámenes instrumentados

B. *Proyectos de laboratorio:* Todo proyecto de investigación dentro de un curso regular de laboratorio, quedará especificado en el momento que se tenga:

- i) El reconocimiento de que hay una pregunta para interrogar a la naturaleza.
- ii) Cómo interrogar a la naturaleza.
- iii) Cómo diseñar el experimento para dar respuesta a la pregunta específica.
- iv) Como conducir o llevar a cabo el experimento.
- v) La factibilidad.

Etapas involucradas en un proyecto de investigación:

- (1) Adquisición de información básica.
- (2) Planeación.

- (3) Ejecución del experimento.
- (4) Obtención de los datos.
- (5) Análisis de la información experimental.
- (6) Interpretación de los resultados.
- (7) Trabajos ulteriores.
- (8) Informe final.

8. *Pensamiento reflexivo*: Un estudiante posee pensamiento reflexivo cuando puede exhibir:

- a) Pensamiento convergente: es decir, cuando el estudiante pregunta por comparaciones, contrastes, sacando conclusiones, haciendo resúmenes, trasladando material de una forma a otra.
- b) Pensamiento divergente: fomenta la elaboración de ideas previas, obteniéndolas de las implicaciones; alerta la espontaneidad, la flexividad, la iniciativa. Al responder es libre de tomar una nueva dirección o perspectiva, de generar sus propias ideas.
- c) Pensamiento evaluativo: Caracterizado por su juicio natural, pregunta a partir de la apreciación de la situación que puede ser materia de opinión o elección.

9. *Actitudes científicas*: Un estudiante posee actitudes científicas, cuando se puede observar en él características como las que a continuación se describen:

- a) Demuestra una actitud objetiva, al presentar evidencia en pro y en contra de una idea.
- b) Suspende el juicio hasta investigar objetivamente el tema, o declara que tiene información insuficiente para hacer una declaración definitiva.
- c) Muestra curiosidad por las observaciones, haciendo preguntas e investigaciones.
- d) Indica en las discusiones que conoce la diferencia entre hipótesis, soluciones, hechos, inferencias, etc., al hacer declaraciones como: Mi hipótesis es... La solución es... Los hechos son... Una inferencia es...
- e) Cambia de opinión cuando se le presentan evidencias.
- f) Indica, al usar datos estadísticos, donde se debe, que aunque hay una correlación, no necesariamente existe una relación de causa y efecto.
- g) Establece relaciones de causa y efecto.
- h) Evalúa sus procedimientos y los de otros, así como la información en la experimentación.

10. *Capacidad de pensamiento crítico*: Un estudiante posee un pensamiento crítico, cuando exhibe los siguientes comportamientos:

- 1. Diferencia entre fuentes de información autorizadas y no autorizadas (confiables, y menos confiables).
- 2. Critica razonamientos deductivos imperfectos.
- 3a. Diferencia entre afirmaciones que describen observaciones, es decir, "hechos", de afirmaciones que son hipótesis acerca de los hechos, y afirmaciones que introducen nuevas palabras.
- 3b. Reconoce afirmaciones sin sentido, por ejemplo, afirmaciones que no son definiciones, no son verificables por observaciones, o no tienen implicaciones verificables por observaciones, y no son proposiciones matemáticas o lógicas.
- 3c. Reconoce evidencia de prejuicios personales en las afirmaciones.
- 4a. Obtiene inferencias válidas de gráficas, datos tabulados, material expuesto y otra información dada.

- 4b. Reconoce qué suposiciones se establecen en la derivación de las inferencias de los datos.
5. Selecciona datos que son pertinentes a un problema.
6. Critica datos (tabulados, graficados u otros) que han sido reunidos para ayudar a la solución de un problema, con respecto a:
 - (a) pertinencia al problema
 - (b) precisión de los datos y confiabilidad, de los métodos de recolección
 - (c) suficiencia
7. Critica inferencias extraídas de datos por reconocimiento de que si una supuesta inferencia es una implicación de los datos, no relacionada a los datos, o contradictoria a los datos.
8. Estima la probabilidad de una inferencia y critica dando estimaciones de la probabilidad.
9. Selecciona la hipótesis, de un grupo de hipótesis que más adecuadamente explican los datos presentados.
10. Reconoce la naturaleza aproximada o tentativa de las hipótesis.
11. Reconoce qué suposiciones más allá de los datos han sido hechas en la formación de la hipótesis.
12. Critica hipótesis en cuanto a:
 - (a) la conformidad con los datos
 - (b) la adecuación de la explicación
13. Critica el procedimiento experimental en cuanto a:
 - (a) pertinencia del procedimiento a el problema
 - (b) aislamiento de la variable experimental por controles propios
 - (c) precisión de las observaciones
 - (d) suficiencia del número de observaciones o repeticiones del experimento
 - (e) validez de las suposiciones involucradas en el montaje del experimento
- 14a. Reconoce la existencia de errores de medición.
- 14b. Reconoce cuando la precisión de la medición dada es de un grado garantizado por la naturaleza del problema.
- 14c. Critica una precisión establecida de las mediciones de acuerdo a la precisión del instrumento de medición usado.
- 15a. Reconoce qué suposiciones se han mantenido en la generalización de los resultados de un experimento.
- 15b. Critica la validez de las generalizaciones a partir de los resultados de un experimento a nuevas situaciones de acuerdo al grado de similitud de la nueva situación experimental.

III. PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION

El procedimiento de evaluación se llevará a cabo a lo largo de todo el semestre escolar. Algunos aspectos serán evaluados en cada sesión, mientras que otros lo serán en ciertas ocasiones. El profesor antes de comenzar un curso de laboratorio deberá tener planificado el trabajo de todo el semestre, y en razón de esto sabrá qué aspectos evaluará en cada sesión y cuales ocasionalmente, debiendo especificar estos últimos dónde y en qué fechas.

Para simplificar la carga evaluatoria se han diseñado cuatro formas impresas con claves: LF: F1, F2, F3 y F4 que se anexan al final del presente trabajo.

La hoja con clave LF-F1, en forma de matriz, contiene en la columna 10 desempeños a ser evaluados y en la hilera se tiene la sesión con referencia al mes y día de trabajo. Cada desempeño se calificará como *insuficiente* (-), *regular* (0), o bien como *excelente* (+), según sea el caso.

En la hoja de desempeño por sesión, se usará el código establecido en la misma y al final del semestre se obtendrá un porcentaje en cada una de las columnas especificadas por (-), (0) y (+).

Hay dos impresos, la F3 y F4 que sirven de apoyo al sistema. *La guía para evaluar reportes de laboratorio* será empleada por el corrector al revisar los informes finales, y dado que los puntajes mínimo y máximo son 8 y 40, la correspondiente equivalencia con el código es por lo tanto la siguiente:

menor o igual a 20 puntos:	(-)
entre 21 y 30 puntos inclusive:	(0)
entre 31 y 40 puntos:	(+)

La hoja de *evaluación del trabajo dentro del laboratorio*, se utiliza durante la sesión, aunque no siempre, pero si conservando el mismo número de veces para todos. La equivalencia entre código y valores numéricos es:

menor o igual a 30 puntos:	(-)
entre 31 y 40 puntos inclusive:	(0)
entre 41 y 50 puntos:	(+)

Finalmente, la forma F2 es el resumen final de todo el grupo. El uso de la forma de *desempeño final* contiene en su hilera los desempeños que aparecen en la columna de la F1.

Cada columna de la F2 se llena con el código de mayor porcentaje obtenido al final del semestre. La calificación final (columna 13) se consigue por medio de la siguiente tabla de equivalencias; el resultado de esta columna se transfiere en forma directa al acta de calificaciones:

Puntajes	Calificación
10-19	5
20-22	6
23-24	7
25-26	8
27-28	9
29-30	10

Los puntajes resultan de sumar los valores numéricos correspondientes a la equivalencia numérica del código.

CONCLUSION

Hasta el momento, el uso del sistema está en la fase de estudio piloto, por lo que sería muy precipitado ofrecer algunas conclusiones de los resultados de su aplicación. Sin embargo, podemos adelantar que:

1. Tanto el profesor como los estudiantes, se sienten más estimulados al trabajo de laboratorio,
2. El sistema funciona como retroalimentación muy positiva en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

A pesar de la resistencia que se presenta a todo cambio, es necesario preguntarnos: ¿para qué futuro educamos?, ¿es una educación para ayer?

UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA
LABORATORIO DE FISICA

Guía para evaluar reportes de Laboratorio

Nombre del alumno _____

Laboratorio de _____ Reporte No. _____ Fecha _____

Escala de
Evaluación

1 2 3 4 5

I. Problema.

Qué tan clara es la exposición que hace en el resumen y en el informe principal del objetivo de la investigación, es decir cuál es la claridad de la solución a su prueba. _____

II. Método.

Qué tan claramente desarrolló la forma de atacar el problema y de llevar a cabo procedimientos para obtener la información requerida. _____

III. Tratamiento y presentación de los resultados. Qué tan lógica y coherente es la presentación de sus resultados. _____

IV. Organización mecánica.

A. Rasgos distintivos (comprobar la presencia de): _____

1. Título y Fecha.
2. Resumen.
3. El informe principal.
4. Discusión y conclusiones.
5. Apéndices.

B. Organización de las tablas _____

C. Organización de las figuras _____

D. Uso de técnicas para citar _____

V. Español.

Evaluación para la ortografía, puntuación, y redacción en general. _____

Puntaje global: _____

Calificación: _____

Firma del alumno de enterado

Firma del profesor

CLAVE LF.F3

UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA
LABORATORIO DE FÍSICA

Hoja de evaluación del trabajo dentro del laboratorio

Nombre del alumno _____

Laboratorio de _____ Sesión No. _____ Fecha _____

INDICACIONES: Al profesor del laboratorio - Haga su evaluación sobre cada una de las siguientes características, marcando una X en algún lugar a lo largo de la línea horizontal, bajo cada interrogante. En el espacio para comentarios, incluya cualquier cosa que ayude a clarificar su evaluación.

						Puntaje
1. ¿Qué tanto siguió el alumno las instrucciones?	_____					_____
	1	2	3	4	5	
	necesitó ayuda ex- cesiva		Algunas veces necesitó ayuda		No necesitó ayuda extra	
2. ¿Qué tan cuidadoso fue el alumno con el equipo?	_____					_____
	1	2	3	4	5	
	negligente		usualmente cuidadoso		cauteloso	
3. ¿Qué tan pronto comenzó a trabajar el estudiante?	_____					_____
	1	2	3	4	5	
	necesita puntuali- dad		lento pero constante		comienza puntual- mente	
4. ¿Recuerda el estudiante datos con esmero y exactitud?	_____					_____
	1	2	3	4	5	
	indiferente y obscuro		mejor que el promedio		Recuerda con esmero	

5. ¿Transfiere el estudiante la información exactamente a tablas y gráficas?

5	4	3	2	1
limpio y preciso		justo		sucio y descuidado

6. ¿Qué tanto comunica verbalmente el estudiante sus resultados o descubrimientos?

5	4	3	2	1
todo el tiempo		frecuentemente		nunca

7. ¿Hace el estudiante su parte durante el experimento y es limpio?

5	4	3	2	1
siempre		usualmente		nunca

8. ¿Qué tan cuidadoso es en el registro de la información experimental?

1	2	3	4	5
negligente		usualmente cuidadoso		cauteloso

9. ¿Qué tanto improvisa cuando es necesario hacerlo?

1	2	3	4	5
poco		regular		mucho

10. ¿Cómo es su trato con los almacenistas?

1	2	3	4	5
malo		regular		bueno

COMENTARIOS: _____

Firma del alumno de enterado

Firma del profesor

CLAVE L.F.F4

NOTAS

- ¹ Mager, Robert F. *Creación de actitudes y aprendizaje*, ediciones Marova, Madrid, 1976.
- ² Piaget, Jean, *Psicología y Pedagogía*, Ariel, Barcelona, 1976.
"... se creía haber proporcionado una formación experimental suficiente iniciando al alumno en los resultados de experiencias de demostración hechas por el profesor, como si se aprendiese a nadar mirando a los bañistas desde los barcos del muelle".
- ³ Ibid.
"... se han añadido laboratorios a las clases magistrales, pero repetir experiencias ya hechas queda muy alejado aún de una educación del espíritu de invención e incluso de una formación del espíritu de control o verificación".
- ⁴ Ibid.
- ⁵ Ibid.
- ⁶ Ibid.
- ⁷ Ibid.
- ⁸ Bruner, Jerome, S., *The Process of Education*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1961.
"... la naturaleza de la intuición, la técnica intelectual de llegar a formulaciones plausibles pero provisionales, sin recorrer los pasos analíticos mediante los cuales se comprobaría si dichas formulaciones son conclusiones válidas o inválidas. El pensamiento intuitivo, la ejercitación de *corazonadas*, es un rasgo esencial y muy descuidado del pensamiento productivo, no sólo en las disciplinas académicas, formales, sino también en la vida diaria. La conjetura perspicaz, la hipótesis fértil, el valiente salto a una conclusión provisional, éstas son las más valiosas monedas de los pensadores en acción, sea cual fuere su línea de trabajo. ¿Pueden los niños de escuela ser conducidos a dominar este don?"
- ⁹ The Open University, *El manejo de datos experimentales*, Mc-Graw-Hill, México, 1970.