

Utilización de tarjetas IF-AT para que los alumnos profundicen en el aprendizaje de los contenidos del curso

Ana Luna, Member, IEEE and Cruz Izu

Title— Using IF-AT cards to Engage Students in Deeper Learning of Course Content

Abstract— The free access to online materials has changed the role of traditional lectures from being a vehicle to deliver course content to providing face-to-face guidance to clarify and expand on difficult concepts. This means students instead of listening and taking notes, participate in interactive activities that revise the lecture's content. Active learning strategies are seen as positive steps towards increasing students' engagement and learning during class time. In particular, posting multiple-choice questions (MCQ) is a popular technique to both capture student attention and fix possible misconceptions. Quizzes using IF-AT cards differ from other in-class MCQ approaches such as clickers in that students work in groups, and that they must continue to discuss a question until they find the correct answer. This paper reports on two different experiences of using IF-AT cards to revise course content for (a) the second year Computer Systems course and (b) a first year Physics course. The dynamics of team collaboration and its impact on test results is analysed for each course. Both case studies indicate that IF-AT cards succeed in engaging students to discuss and consolidate their knowledge. Additionally, collaborative discussion supports soft skills development such as technical communication skills.

Index Terms— Collaborative learning, feedback, quizzes, team performance.

I. INTRODUCCIÓN

En la mayoría de centros universitarios, los contenidos de los cursos se ofrecen en formato digital y se organizan mediante un sistema de gestión del aprendizaje. Tal como lo describen Pluta, Richards y Mutnick [1]:

“el contenido ahora puede estar fácilmente disponible en línea antes de la clase para que los recursos, incluido el tiempo de clase, puedan dedicarse a revisar, consolidar y aplicar ese contenido, es decir, participar en métodos de aprendizaje colaborativo”

De este modo, las clases tradicionales que presentan los contenidos en forma de conferencia/charla se han complementado o incluso sustituido por actividades de aprendizaje activo, como se describe con el término aula

invertida (flipped classroom). En este nuevo escenario, debemos elegir cuidadosamente las actividades de aprendizaje y evaluarlas para comprender su impacto.

En este artículo nos centramos en el uso de pruebas de concimiento - test de selección múltiple - en clase. Los mismos, sean en línea o en papel, se utilizan con frecuencia para ayudar a los estudiantes a revisar los temas del curso [2]. Las pruebas sobre cada uno de ellos se utilizan regularmente en la educación superior para alentar a los estudiantes a revisar y mantenerse al día con temas específicos o el contenido general del curso. Jackson estudió el alto grado de aceptación de los profesores para integrar estas estrategias en su instrucción [3].

Estas pruebas además del objetivo primario (1) hacer que los estudiantes lean y se preparen para una actividad, aportan otros objetivos: (2) involucrar a los alumnos a recurrir a un pensamiento de orden superior (es decir, análisis, síntesis y evaluación), (3) hacer un seguimiento de su nivel de comprensión para identificar los temas a reforzar y (4) proporcionar retroalimentación formativa en relación con su progreso, identificando sus puntos fuertes y débiles.

En clase las pruebas se pueden completar individualmente o en grupos, lo que puede conducir a una discusión más profunda sobre las alternativas de la pregunta. El aprendizaje colaborativo se ha incorporado en nuevos marcos de instrucción como el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), el Aprendizaje Basado en Equipos (ó TBL, del inglés Team-Based Learning) [4] y la Enseñanza (justo) a tiempo (JITT, por sus siglas en inglés) [5]. Como se identifica en [1], el aprendizaje colaborativo fomenta la interactividad, como la elaboración y la explicación compartida, lo que facilita los resultados del aprendizaje y ayuda a los estudiantes a desarrollar habilidades de trabajo en equipo.

Las tarjetas IF-AT apoyan la realización de pruebas colaborativas en el aula. Esta técnica de retroalimentación inmediata se propuso en el contexto de TBL [4] para apoyar la adquisición de conocimientos antes de abordar una nueva tarea en equipo. En otros cursos las tarjetas IF-AT se pueden usar para fomentar la lectura de materiales introductorios de un tema. Cada equipo selecciona las respuestas y raspa el casillero correspondiente que revelara una estrella cuando la respuesta es correcta (ver Figura 1). Si no hay estrella, tienen que seleccionar una segunda opción para raspar.

En este documento, ampliamos la investigación publicada en [6], que describe el uso de las tarjetas IF-AT en el curso de

Sistemas Informáticos, con su utilización en un curso de Física con una cohorte de pregrado diferente.

IMMEDIATE FEEDBACK ASSESSMENT TECHNIQUE (IF-AT®)						
Name		18		Test #	3	
Subject		CS		Total	44	
SCRATCH OFF COVERING TO EXPOSE ANSWER						
	A	B	C	D	E	Score
1.				★		5
2.		★				5
3.		★				5
4.				★		5
5.					★	5
6.	★					3

Fig. 1. Ejemplo de una tarjeta completada por un equipo

También proporcionamos una revisión y discusión más rica de la literatura. En ambas intervenciones, este tipo de cuestionarios colaborativos en clase ayudaron a los estudiantes a revisar en profundidad los temas del curso. Los materiales de prueba completos para cada curso están disponibles a petición de los autores.

El resto del artículo se organiza como sigue. La Sección II presenta la revisión de la literatura sobre la realización de pruebas/tests frecuentes como estrategia de aprendizaje. En la Sección III y la Sección IV, describimos el uso de las tarjetas *IF-AT* en los cursos de Informática y Física. En la Sección V, debatimos sobre los beneficios de usar las tarjetas *IF-AT* como sistema de evaluación y aprendizaje de opción múltiple. Finalmente, en la Sección VI presentamos las conclusiones y el trabajo futuro.

II. ANTECEDENTES Y REVISIÓN DE LA LITERATURA

Esta sección cubre los trabajos de investigación relacionados con pruebas de conocimiento, tanto en línea como en clase, y el uso de las tarjetas *IF-AT* para apoyar el aprendizaje colaborativo.

A. Pruebas en línea

Todos los sistemas de gestión del aprendizaje (en inglés Learning Management System, LMS) proporcionan una variedad de formatos de pruebas de conocimiento para respaldar la revisión del contenido del curso que se pueden usar en la evaluación formativa o sumativa.

La entrega en línea ofrece múltiples ventajas. En primer lugar, reduce el costo de impresión y entrega de las pruebas cuando las clases están formadas por un gran número de estudiantes, pudiéndose administrar sin un instructor o alguien que actúe como supervisor. En segundo lugar, mantienen registros digitales de las respuestas de los estudiantes para su corrección. En el caso de algunos formatos, como las preguntas de opción múltiple o "rellenar los espacios vacíos", permiten la calificación automática y pueden proporcionar a los estudiantes comentarios inmediatos sobre sus respuestas. Cohen y Sasson [7] estudiaron las reacciones de los estudiantes a las pruebas en línea y los resultados indicaron una actitud positiva. También encontraron una correlación significativa entre las actitudes y las puntuaciones en este tipo de evaluaciones. En segundo lugar, un estudio sobre un curso introductorio de biología [8] concluyó que las pruebas de lectura en línea fomentan las

habilidades de aprendizaje autorreguladas al aumentar el rendimiento de los estudiantes. En tercer lugar, las pruebas en línea, fuera del horario de trabajo, permiten a los profesores disponer de más tiempo en clase para otras actividades. Por ejemplo, en [9], el trabajo previo de la clase (completar la lectura asignada y un cuestionario en línea cronometrado) "permitió la implementación de un aula parcialmente invertida, que, a su vez, dio lugar a cubrir mucho más material durante la primera mitad del tiempo de clase". Por último, el LMS proporciona estadísticas de las pruebas para que los profesores puedan identificar rápidamente los temas que los estudiantes dominan y aquellos en los que presentan lagunas de aprendizaje, y seleccionar de esta manera, actividades de aprendizaje apropiadas para reducir esas alteraciones en los procesos de enseñanza y aprendizaje a nivel grupal e individual.

Por otro lado, las pruebas en línea ofrecen algunas desventajas, la probabilidad de que los estudiantes se copien o hagan trampa aumenta, lo que plantea el problema de la deshonestidad académica. Arnold [10] demostró que los exámenes en línea no supervisados son más propicios para hacer trampas que los exámenes supervisados. Además, algunos autores destacaron que la intervención también es fundamental para el aprendizaje de los estudiantes. La falta de participación en las pruebas en línea, donde los estudiantes a menudo pueden sentirse aislados y desconectados, puede conducir a un rendimiento insatisfactorio, aunque no existen suficientes investigaciones sobre este tema [10]. Una forma de medir la participación de los estudiantes en los cursos en línea propuesta en [12] es correlacionar los autoinformes de su actuación con los datos de seguimiento de su respectivo comportamiento que ofrece un sistema de gestión de cursos en línea. Pero esta metodología depende de los recursos disponibles (es decir, correos electrónicos, foros, publicaciones, visualización de conferencias y documentos, etc.) durante el curso.

En resumen, las pruebas de conocimiento en línea involucran a los estudiantes y proporcionan comentarios inmediatos tanto a los alumnos como a los profesores, pero limitan la colaboración y pueden causar problemas de honestidad académica.

B. Cuestionarios en clase

El uso de pruebas tipo test durante la clase o la sesión de tutoría es un método popular para aumentar la participación de los estudiantes. Hay muchas formas de recopilar respuestas: pueden usar dispositivos (clickers o teléfonos inteligentes) [13], pedirles a los estudiantes que levanten la mano o trabajar en grupos y mostrar sus respuestas mediante tarjetas de colores. Como los alumnos trabajan de forma sincronizada en cada pregunta, se facilita la retroalimentación a la clase.

Los **clickers**, dispositivos portátiles o su equivalente aplicación en línea, permiten que los alumnos respondan de forma anónima. Esto anima a los estudiantes a seleccionar una respuesta que creen que podría ser correcta sin preocuparse por ser juzgados por sus compañeros [13], [14].

Lai et al. realizaron uno de los primeros casos de estudio sobre esta estrategia metodológica adoptada por un profesor asociado a una Escuela de Negocios. Los autores destacaron en la necesidad de un apoyo pedagógico para hacer el mejor uso de esta tecnología [15]. Aunque no tuvo un impacto en su rendimiento, un estudiante informó que "el uso del clicker enriqueció su experiencia de aprendizaje académico al

brindar retroalimentación instantánea, mejorar la participación en el aula y el hábito de estudio". El mayor compromiso y los beneficios de recibir retroalimentación de la evaluación formativa se confirmaron en [16] para un curso de introducción a la biología.

Uno de los métodos de aprendizaje activo en clase más efectivos para los cursos de la carrera de Ciencias de la Computación (CS) es la instrucción entre pares (PI, por sus siglas en inglés). En PI, el instructor plantea una pregunta de opción múltiple que supone un reto conceptual, luego los estudiantes piensan en la pregunta y votan por una de las alternativas, a continuación, se reúnen en grupos y discuten la pregunta y sus respuestas. Finalmente, los alumnos comparten su pensamiento, y el instructor finaliza modelando el pensamiento de un experto y explicando por qué las respuestas correctas son correctas y las respuestas incorrectas son incorrectas. Mazur [17] fue pionero en el uso de clickers para PI o aprendizaje colaborativo. Quinn [14] no usó PI con clickers en las clases prácticas de histología, pero sugirió extender su uso con un enfoque de 2 clickers, permitiendo que los estudiantes voten de nuevo después de una discusión entre pares. Zingaro et al. [18] demostraron que la técnica PI mejora el rendimiento de los estudiantes y sus calificaciones finales y es ampliamente valorada por ellos; el análisis del caso reveló que el valor de la discusión de toda la clase dirigida por un instructor aumentó el aprendizaje después de la discusión entre pares.

Ham y Myers [19] exploran el uso de pruebas individuales y en equipo en un curso de Ciencias de la Computación y concluyen: "los estudiantes pueden haber mejorado en el aprendizaje al trabajar en equipo en forma rutinaria. También hubo una mejora entre el comienzo y el final del semestre en las actitudes de los estudiantes sobre el aprendizaje entre pares". Aunque su enfoque se basó en TBL, utilizan la misma selección de cuestionarios en las partes individuales y grupales.

Una variación de las pruebas en clase que usan instrucciones de pares se basa en el uso de tarjetas *IF-AT*, que es el objeto de nuestro estudio y que describiremos en detalle en la siguiente sección. Independientemente del método de entrega, los resultados del aprendizaje están vinculados a la calidad de las preguntas del test.

Redactar las preguntas del test: el principal reto para usar clickers con PI es desarrollar preguntas de calidad que despierten la curiosidad de los estudiantes y que fomenten el debate con los compañeros [17]. Además, el test debe centrarse primero en mejorar la comprensión de los conceptos básicos por parte de los estudiantes antes de pasar a aplicar dicho aprendizaje en otras preguntas o en escenarios de PBL. Las preguntas conceptuales se enfocan en el dominio de nociones básicas en el tema de estudio y requieren muy pocos cálculos; se utilizan para evaluar el trabajo previo a la clase. Tal método fue estudiado en profundidad en las clases de electromagnetismo del tercer año del programa de ingeniería eléctrica [9]. El rendimiento de los estudiantes en los exámenes parciales y finales y los puntajes promedio de la clase mostraron mejoras sustanciales con el método propuesto en comparación con las clases tradicionales [9].

Smith y Knight [20] publicaron recientemente un conjunto de estrategias para redactar preguntas para clickers bien diseñadas. La táctica la resumen en sus conclusiones: "las preguntas deben estar alineadas con los objetivos de aprendizaje, enfocarse en conceptos desafiantes y perfeccionarse escuchando a los estudiantes, consultando la

literatura, buscando otros ejemplos, y relacionando las preguntas con escenarios auténticos".

C. Pruebas colaborativas usando tarjetas *IF-AT*

La tarjeta *IF-AT* apoya el aprendizaje colaborativo al responder preguntas de opción múltiple (MCQ) con una variante: cada equipo trabaja en conjunto, discute sus respuestas y decide cuál es la respuesta correcta, con un miembro a cargo de raspar sus respuestas en la tarjeta *IF-AT* (consultar la Figura 1 para ver un ejemplo). Si eligen correctamente, verán una estrella en el formulario. Si se han equivocado, siguen trabajando juntos, debatiendo las respuestas, hasta que acierten. Las tarjetas *IF-AT* admiten cuestionarios con PI debido a que:

- 1) fomentan el debate en grupos pequeños para seleccionar la respuesta correcta,
- 2) cuando su primera opción es incorrecta, alientan continuar con la discusión para identificar la respuesta acertada.

La clave de la retroalimentación inmediata que proporciona la tarjeta es que los grupos pueden trabajar a su propio ritmo, sin esperar a que el profesor muestre el resultado de cada pregunta y valide la selección. Además, esta retroalimentación correctiva ayuda a identificar conceptos erróneos que pueden abordarse de inmediato en la discusión en equipo. Merrel et al. [21] compararon el uso de las tarjetas *IF-AT* frente a la evaluación de opción múltiple tradicional, con una única posibilidad de acierto. Esta investigación mostró que los segundos intentos fueron correctos en un 44,9 %, lo que es significativamente más alto de lo que se esperaría de una selección al azar. Así, los estudiantes pudieron aprender de su primera respuesta incorrecta y mejoraron su dominio del tema.

Dihoff et al. [22] demostraron que la retroalimentación inmediata mejora la retención y la confianza en comparación con la retroalimentación tardía o no existente. Mohrweis y Shinham [23] utilizaron tarjetas *IF-AT* en el curso de contabilidad de primer año. Descubrieron que los estudiantes disfrutaban debatiendo las respuestas para seleccionar la opción correcta y que ese debate mejoraba su aprendizaje. Del mismo modo, los investigadores estudiaron y analizaron el uso de TBL en cursos de ciencias utilizando tarjetas *IF-AT* [24]. Los autores informaron un aumento en la participación y el pensamiento crítico entre los estudiantes; además, mejoró su rendimiento, atención, participación e interacción entre pares y las actitudes positivas hacia las ciencias.

Un grupo de docentes en STEM (cursos de biología, química, matemáticas y física) [25] informó sobre el uso de pruebas de lectura en sus respectivas clases, algunos con tarjetas *IF-AT*, otros con clickers o en línea. En la mayoría de los casos, como en el curso de Física, las pruebas sirven principalmente como una forma de apoyar el aprendizaje de los estudiantes, no para evaluarlo, sino para prepararlos para estrategias de aprendizaje activas y ayudarlos a aprender el contenido del curso [26]. Como comentamos antes, las pruebas informan al instructor sobre los temas que deben ser reforzados en clase.

Slepikov [27] evaluó el uso de *IF-AT* en un contexto individual diferente: la evaluación final de un curso de física. En este escenario, el hecho de que cada pregunta proporciona una retroalimentación inmediata significa que no es necesario que las preguntas sean independientes. Además, el autor presentó varios indicadores de evaluación de la metodología

IF-AT. El primero fue la *dificultad*, luego la *fiabilidad* y, por último, la *validez*, que es una estimación de lo bien que estas pruebas evalúan el conocimiento de los estudiantes sobre el material específico del curso en su conjunto. Los resultados positivos obtenidos pueden motivar el uso de la técnica IF-AT en las evaluaciones formales en el aula debido a sus ventajas pedagógicas en comparación con la técnica estándar de selección múltiple.

En resumen, el uso de tarjetas IF-AT comparte múltiples beneficios con el aprendizaje basado en el trabajo en equipo y la instrucción entre pares: en primer lugar, para completar la prueba, deben hablar sobre la lectura recomendada. El entorno de grupos pequeños es un lugar seguro para poner a prueba las ideas y cometer errores y admitir que una parte (o la totalidad) de la lectura fue difícil de entender. Los estudiantes tímidos suelen ser menos reacios a hablar en este entorno, especialmente cuando se dan cuenta semana tras semana de que saben la respuesta correcta. Al tener primero un debate en un grupo pequeño, es mucho más probable que los estudiantes participen en la conversación del grupo con mayor número de estudiantes, una vez que finaliza la prueba. En segundo lugar, si trabajan en el mismo equipo durante todo el semestre, tendrán tiempo para conocerse y aprenderán a abordar juntos el material del curso [4].

El resto del presente artículo presenta dos estudios de caso en los que hemos aplicado la técnica IF-AT. Los dos cursos de licenciatura pertenecen a diferentes carreras en distintas Universidades, una en América Latina y la otra en Australia. Si bien las temas, las clases e incluso los cursos no son comparables, los resultados muestran la solidez de la estrategia y su potencial extrapolación para diferentes tipos de asignaturas.

III. REVISIÓN DE CONTENIDOS DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN CON TARJETAS IF-AT

El curso CS es un curso semestral de nivel 2 que cubre temas de arquitectura informática relacionados con el lenguaje ensamblador y la ejecución de programas. En este curso, usamos pruebas de conocimiento para repasar los temas tratados en la quincena anterior. En un artículo anterior [6] se analizó en detalle los tipos de preguntas de las pruebas y sus dificultades. Resumiremos brevemente aquí el experimento y los principales resultados.

Las pruebas en clase tienen como finalidad lograr tres objetivos interrelacionados: (1) mejorar la comprensión de los conceptos de programación de nivel básico, (2) desarrollar habilidades para aplicar la información de los materiales del curso en diferentes escenarios y (3) mejorar sus habilidades de trabajo en equipo y comunicación técnica.

El curso contaba con 143 alumnos, agrupados en grupos de 5 integrantes cada uno. Los estudiantes completaron, en primer lugar, la prueba en forma individual (*irat*) y luego cada equipo empleó una tarjeta IF-AT para contestar las mismas preguntas en equipo (*trat*). Cada uno de los 4 mejores resultados de las 6 pruebas evaluadas contribuyó un 1% a la nota final (esto permitió a los estudiantes faltar a una o dos pruebas sin penalización). Las puntuaciones individuales y de equipo contribuyeron por igual a la nota final de cada prueba.

Cada pregunta del primer test (*irat*) se puntuaba con 5 puntos si era correcta y 0 si era incorrecta, con un uso limitado de calificaciones parciales (2 o 3 puntos) en algunas preguntas difíciles. Las tarjetas IF-AT dejan que el instructor decida cómo anotar múltiples intentos. En nuestro caso, cada pregunta vale 5 puntos si se resuelve en el primer intento, 3

puntos si se resuelve en el segundo y 1 punto si se resuelve en el tercer intento. Esto significa que cuando un grupo cae en un error y luego se da cuenta del paso que ha olvidado, consigue una puntuación superior al aprobado.

Nuestro enfoque es similar al de PI [28], sin embargo, usamos tarjetas IF-AT en lugar de clickers. La principal ventaja de los clickers es la generación inmediata de gráficos de respuesta para que tanto la clase como el instructor sepan cuáles son las opciones más populares. Las tarjetas IF-AT son más versátiles en pruebas largas, con mayor número de preguntas, porque cada grupo puede avanzar a su propio ritmo.

El curso consta de 2 clases de 50 minutos por semana. Cada quince días se lleva a cabo una sesión de repaso, primero los estudiantes completan la prueba en forma individual (10 minutos), luego realizan la prueba en equipo (20-25 minutos), y los últimos 15 o 20 minutos el docente explica las 2 o 3 preguntas en la que la mayoría de los equipos han tenido dificultades (indicado por múltiples raspones en la tarjeta). Cabe destacar que la revisión de las preguntas más difíciles es similar a la intervención del instructor en [28], que ha demostrado ser fructífera para todos los estudiantes, pero más aún para los más débiles. Por esta razón, los profesores buscaron desarrollar preguntas que estuvieran dentro del rango de acierto del 35% al 70%, evitando preguntas fáciles que redujeran el valor de la instrucción entre pares. En concreto, PI en ciencias de la computación cuenta con varias pruebas de investigación que apoyan su eficacia.

A. Temas del test y Tipos de Preguntas

La Tabla I enumera los temas de las seis pruebas y sus resultados. Como contamos con 8 o 10 preguntas por prueba, empezamos cada una de ellas con varias preguntas fáciles para premiar la revisión básica y fomentar la participación de todos los alumnos, seguidas por preguntas más complicadas que aportan las *dificultades deseables* [29] que requieren más esfuerzo de los estudiantes para mejorar el aprendizaje a medio y largo plazo.

Bjork [30] descubrió que "la realización frecuente de pruebas pueden mejorar el aprendizaje de sus contenidos" y que "los beneficios de las pruebas realizadas en un curso pueden extenderse mucho más allá de la retención de sólo una respuesta específica o de la información evaluada". El aprendizaje también se extendió a las opciones incorrectas cuando éstas eran plausibles.

Las preguntas de cada quiz se pueden clasificar como:

- 1) **preguntas de rastreo** que buscan ejecutar una o varias instrucciones de ensamblaje.
- 2) **preguntas aplicadas** que cubren temas relacionados con el código ejecutable, como la conversión binaria, el cálculo de direcciones o la codificación de operandos.
- 3) **preguntas conceptuales** que evalúan definiciones, nombres o descripciones detalladas de conceptos claves.

En total, las seis pruebas tuvieron 21 preguntas aplicadas, 13 preguntas de rastreo (8 de ellas en la prueba 2) y 23 preguntas conceptuales. La Figura 2 muestra que, en promedio, los estudiantes obtuvieron mejores resultados en las preguntas conceptuales (61%) y las calificaciones más bajas fueron para las preguntas de rastreo (50%), no muy lejos del rendimiento de las preguntas aplicadas (51%).

TABLA I. TEMAS DEL TEST IF-AT Y PUNTUACIONES PROMEDIO.

# Test	Descripción de los Temas	irat %	trat %	Total
1	Números binarios, memoria e instrucciones DLX	67	93	80
2	Instrucciones de carga/almacenamiento y cambio, arreglos y listas enlazadas	52	83	68
3	Entrada/Salida, Conceptos básicos de traducción	57	87	72
4	Codificación, directivas de ensamblador y código reubicable	56	87	72
5	Pila de llamadas y marcos de pila	64	91	78
6	Excepciones e Interrupciones + Jerarquía de Memoria	58	82	70

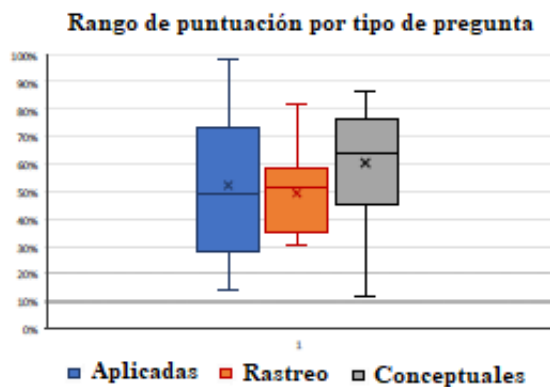


Fig. 2. Resultados por tipo de pregunta

B. Rendimiento del test

En esta sección exploraremos el rendimiento de los estudiantes en las pruebas individuales y en equipos, y examinaremos el impacto del aprendizaje al trabajar en grupo. La puntuación individual de los estudiantes fue, en promedio, un aprobado alto, sin embargo, cuando los mismos trabajan en grupo, la media es de notablemente alta.

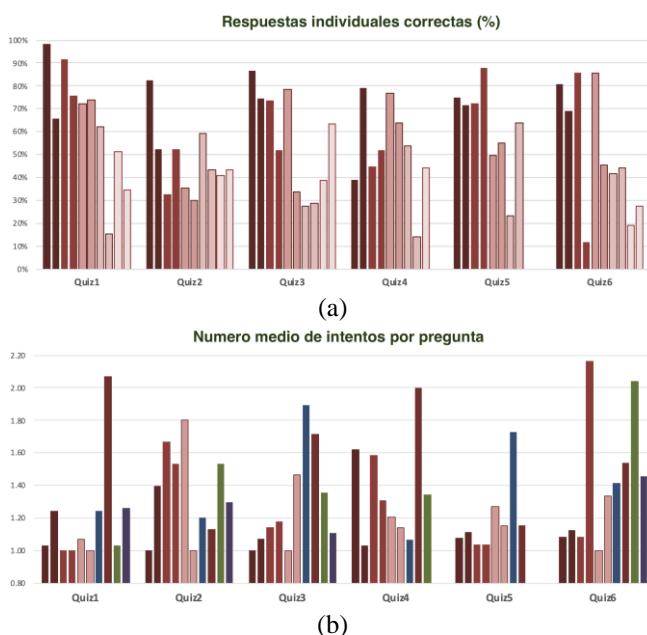


Fig. 3. Resultados por pregunta en (a) quiz individual y (b) número promedio de intentos usado en la tarjeta IF-AT

Como se muestra en la Tabla I, su puntuación mejoró

sistemáticamente los resultados individuales en un 20-30 %. La Figura 3 muestra las respuestas correctas para cada una de las 6 pruebas (cada barra corresponde a una pregunta), primero para la prueba en la modalidad individual y luego para la parte grupal, usando la tarjeta IF-AT. Al igual que en la Tabla I, podemos ver que el rendimiento del equipo mejora considerablemente en comparación con el rendimiento individual. En un tercio de las preguntas, la mayoría de los equipos encontraron la respuesta correcta con un solo intento. Como era de esperar, los equipos rindieron mejor en la primera mitad de cada cuestionario y tuvieron dificultades con algunas de las últimas preguntas que se enfocan en conceptos complejos o errores de concepto conocidos. Para obtener una lista de errores comunes en el curso de CS, puede consultar el artículo anterior [6].

C. Debate y selección de respuesta en equipo

La respuesta del equipo puede estar condicionada inicialmente por sus elecciones individuales, pero como es poco probable que todas coincidan, esto fomenta dentro del grupo, seleccionar la opción a raspar, en lugar de confiar sólo en una elección democrática basada en sus selecciones individuales.

Es interesante ver como juega la dinámica de grupo al seleccionar la opción a raspar. Exploraremos este proceso para la pregunta 1.8, que fue la más difícil de la primera prueba. El enunciado de la pregunta se muestra en la Fig. 4. La Tabla II muestra la repuesta en equipo en relación con sus respuestas individuales. Aunque la opción correcta es D, el 53% olvidó convertir el desplazamiento de memoria 0040 de hexadecimal a decimal, eligiendo la opción B; solo el 15% acertó individualmente.

Cabe esperar que la respuesta más frecuente sea la primera opción. Sin embargo, no es inusual que un estudiante convenza a su equipo de seguir su opción menos popular (mostrada en cursiva en la Tabla II).

Pregunta 1.8: El registro de instrucción $r1$ contiene el valor $AC020040_{16}$, que es una instrucción de palabra de almacenamiento.
Los dos operandos sw son:
A: $r4$ y ubicación de memoria 200
B: $r2$ y ubicación de memoria 40
C: $r2$ y ubicación de memoria 20
D: $r2$ y ubicación de memoria 64
E: $r2$ y $r4$

Fig. 4. Pregunta 8 - Cuestionario 1

TABLA II
PATRONES DE LOS EQUIPOS PARA LA PREGUNTA 1.8

Elección IF-AT	Votación D	Frec.	Patrones		
D	≥ 2	2	ADDD	AABDD	
	1	5	BBBD	ABBB	ABBCD
	0	3	BBB	ABB	BB
B luego D	≥ 2	2	BBCDD	BCDDD	
	1	2	BBD	BD	
	0	4	ABBC	BBBE	BBBB

En otros casos, la discusión en grupo produce una opción diferente a la tomada individualmente. Si observamos los patrones de equipo en la Tabla II, podemos ver que de los 4

equipos que tienen múltiples opciones D, dos de ellos seleccionan D como primera opción, mientras que los otros dos equipos seleccionaron D después de B. En particular, el equipo con patrón individual "BCDDD" anuló la mayoría 3D para seleccionar B; en otras palabras, estaban convencidos por los argumentos dados para la opción B. Esto puede indicar que su elección correcta (D) fue probablemente una conjetura que no pudieron respaldar con un buen argumento. Además, solo hubo 4 equipos (de 28) en los que todos los miembros hicieron la misma elección B. Incluso cuando todas sus opciones coinciden, dos de esos equipos reflexionaron sobre adecuar la respuesta y cambiaron su primera opción a D. Por lo tanto, no solo la selección individual previa, sino también la dinámica del equipo juega un papel importante en su primera opción raspada.

D. Comentarios de los estudiantes

No se llevó una evaluación formal después de las pruebas. Sin embargo, en la encuesta estándar de evaluación de la enseñanza del curso, muchos estudiantes citaron las pruebas, sobre todo al hablar de los mejores aspectos del curso.

Incluimos a continuación algunas citas representativas: "El trabajo en grupo/las pruebas ayudan al aprendizaje", "Las pruebas quincenales me obligan a mantenerme al día", "Las pruebas me ayudan a comprender mejor el conocimiento que aprendí", "Las pruebas son muy útiles porque instan a los estudiantes a leer el material".

Dos estudiantes sugirieron cambios en las pruebas: "Las pruebas ocupaban mucho tiempo de la clase, y fueron efectivas, pero al mismo tiempo se destinó poco tiempo a la asimilación de algunos de los contenidos fundamentales", "Quizás debería haber menos cuestionarios en clase, y reemplazarlos por su modalidad en línea". Por último, un estudiante proporcionó una opinión neutral: "A menudo, las preguntas nos ponían a prueba sobre el material que acabamos de cubrir, pero era manejable".

IV. UTILIZACION DE TARJETAS IF-AT EN EL CURSO DE FÍSICA

El curso de Física es parte del primer año de la carrera de Ingeniería Empresarial y de la Información. Es un curso de 16 semanas con 6 horas de contacto semanal (4 horas de clase teórica + 2 horas de laboratorio). No se requieren conocimientos previos de física o de programación, pero los estudiantes deben estar familiarizados con la resolución de sistemas de ecuaciones lineales.

Los temas del programa de estudios de este curso se dividen en dos partes: la primera de ellas cubre Magnitudes Escalares y Vectoriales, Cinemática, Dinámica de Traslaciones y Rotaciones y Teoremas de Conservación; y la segunda parte cubre Electroestática, Electrodinámica, Vibraciones y Ondas. El curso requiere la participación activa y regular del alumno, no sólo en la realización de los ejercicios y actividades propuestas, sino también durante el desarrollo mismo de los temas impartidos en clase, con el objetivo de fomentar su curiosidad y su capacidad para trabajar en un equipo.

Durante el semestre, los estudiantes son evaluados con 2 Controles de Lectura (CL), uno antes del examen parcial y otro antes del examen final. Cada uno de ellos consta de 10 preguntas y se utiliza la técnica IF-AT para repasar el contenido del curso.

La etapa individual (*irat*) dura 15 minutos y la parte grupal (*trat*), 40 minutos. Finalmente, en la hora restante, se genera un debate, moderado por el profesor, sobre cada una de las preguntas evaluadas y se comentan las respuestas. La media de ambos CL contribuye un 15% a la nota de trabajo.

Las preguntas del CL sirven para comprobar si los alumnos han realizado las lecturas propuestas y al mismo tiempo si las han comprendido para aplicarlas a la resolución del ejercicio. El uso de tarjetas IF-AT fomenta la discusión en pequeños grupos (compuestos cada uno por 4-5 alumnos) para seleccionar la respuesta correcta y permite que cada grupo trabaje a su propio ritmo. Además, cuando sus respuestas son incorrectas, se fomenta la discusión para encontrar la solución correcta.

A. Temas del test y tipos de preguntas

Un total de 164 estudiantes participaron en la estrategia IF-AT, los temas de cada uno de los dos cuestionarios son Mecánica y Electroestática, respectivamente. Las preguntas del test se clasificaron según su alcance como:

- 1) preguntas de **lógica y análisis**, evalúan el razonamiento lógico y matemático para demostrar teoremas y/o concluir a partir de los resultados obtenidos.
- 2) preguntas **aplicadas**, cubren la resolución de problemas y la aplicación de principios físicos aprendidos.
- 3) preguntas **conceptuales**, buscan la aplicación de principios o leyes a determinadas, plantean situaciones físicas sin necesidad de sustitución de valores en ecuaciones y cálculos numéricos.

B. Rendimiento de los Controles de Lectura

La Tabla III muestra los resultados promedio de los dos CL. Cada pregunta del test individual puntúa 1 si la respuesta es correcta y 0 si es incorrecta. En cambio, en la prueba del equipo, si es correcto en el primer intento, la puntuación es 1, en el segundo intento 0.5, en el tercer intento 0.3 y 0 el resto de los intentos. En cada control, el *irat* pesa un 60% frente al 40% del *trat* en el cálculo de la nota final.

Los resultados obtenidos para el CL1, que abarca el área de Mecánica, muestran que, si bien los estudiantes entienden los conceptos físicos en un alto porcentaje (73%) al aplicarlos en la resolución de problemas, el 60% los resuelve correctamente y el 57% aplica la lógica y la analítica en forma rigurosa. Las diferencias son mayores en el CL2, cuando el tópico Electroestática es evaluado el nivel de comprensión conceptual es alto, 92% de aciertos en contraposición con un bajo número de estudiantes (46%) que resuelve correctamente los problemas; las preguntas de lógica y análisis se sitúan entre ambos, con un 62% de aciertos.

TABLA III
TEMAS DEL TEST IF-AT DEL CURSO DE FÍSICA Y
PUNTUACIONES PROMEDIO

# Cuestionario	Temas	irat %	trat %	Puntuación
1	Magnitudes escalares y vectoriales, Cinemática y Dinámica	64	80	70
2	Electroestática	72	88	78

C. Debate y selección de respuesta en equipo

El resultado de raspar la tarjeta IF-AT condiciona el debate y discusión de cada grupo. Como ejemplo, mostramos el

enunciado de una pregunta desafiante del CL1 en la Fig. 5. Esta pregunta pide a los alumnos que apliquen la 3^{ra} ley de Newton en el *plano vertical* e interpreten el carácter vectorial de las fuerzas. Sólo el 20% de las respuestas fueron correctas. La opción correcta es la C, pero la mayoría de la clase (56%) elige la B. Una posible razón del bajo rendimiento es que los estudiantes suelen resolver problemas similares elaborados en guías o extraídos de la bibliografía donde se presentan esquemas más comunes para la resolución de diagramas de cuerpo libre mayoritariamente en el plano horizontal u oblicuo.

La Tabla IV muestra los patrones de respuesta individuales y por equipo. De manera similar al análisis de la sección III, la primera opción escogida por el equipo, C, no es necesariamente su respuesta individual más frecuente. Esto indica que la selección es producto del debate en grupo, independientemente del patrón formado por las respuestas individuales.

Pregunta 1.7: Un profesor de Física ejerce una fuerza F sobre un bloque apoyado en una pared.
¿Cuáles de las siguientes afirmaciones es la correcta?

A: Si el bloque permanece en reposo, sobre él actúa una fuerza de fricción estática f_s dirigida hacia arriba.
B: Si el valor de la fuerza F es cero, no habrá fuerza de fricción de la pared sobre el bloque.
C: Si el bloque permanece en reposo, podemos concluir que la fuerza de fricción estática sobre él es mayor que el peso del bloque.
D: La pared ejerce sobre el bloque una fuerza Normal de igual magnitud y sentido contrario a F .

Fig. 5. Pregunta 1.7 - CL 1

TABLA IV
PATRONES DE OPCIONES DE LOS EQUIPOS PARA LA PREGUNTA 1.7

Elección IF-AT	Votación C	Patrones
C	≥ 2	CCBBD CDBCC DCCDD
	1	BDDBC CDABD BDACB
	0	AADBD
D then C	≥ 2	CDBDC DCACB ACCAD
	1	BDACB DBCAA
	0	DADDB DABBD

D. Encuestas de las pruebas

Tras los dos controles de lectura, evaluamos la experiencia de los estudiantes respecto a su experiencia colaborativa haciéndoles dos preguntas abiertas:

P1 - ¿Qué aprendiste al escuchar las explicaciones de los miembros de tu equipo?

P2 - ¿Qué aprendiste al explicar tus elecciones a tu equipo?

Estas preguntas se analizaron mediante un análisis temático. La concordancia entre codificadores fue del 73% para la primera pregunta y del 91% para la segunda pregunta. La Fig. 6 proporciona un resumen de los temas extraídos de estas dos preguntas abiertas.

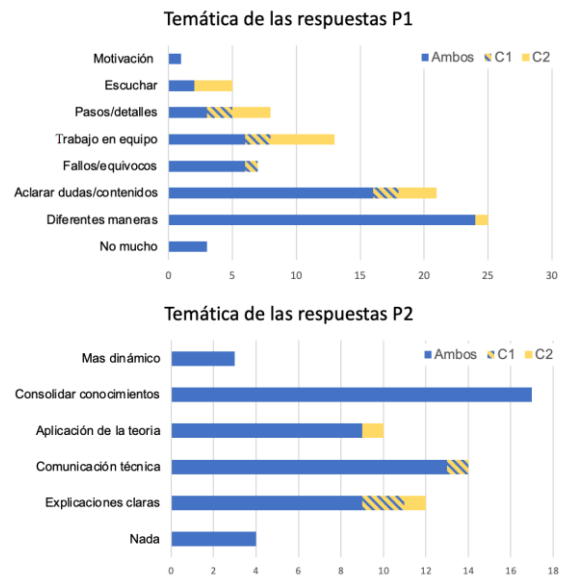


Fig. 6. Comentarios extraídos de las respuestas de la encuesta (n=56)

Todos los estudiantes coincidieron en que la técnica *IF-AT* contribuye al aprendizaje de los temas evaluados y el 93% de los estudiantes afirman que fomenta el pensamiento crítico, el manejo del tiempo y la participación entre pares.

Basándonos en una encuesta posterior al CL, también descubrimos que,

- 1) El 93% de los estudiantes señaló que las pruebas *IF-AT* les obligaron a repasar los temas del curso, mejorando su metodología de estudio.
- 2) El 97% estuvo de acuerdo en que el CL evalúa los conocimientos adquiridos.
- 3) El 79% de los estudiantes califican la dificultad del CL como *Media* y el 21% restante la calificó como *Alta*.

V. DISCUSIÓN

Aunque la frecuencia y el enfoque de las pruebas empleando tarjetas *IF-AT* difieren en los dos cursos presentados, ambos muestran ideas similares que apoyan el uso de tarjetas *IF-AT* para la evaluación formativa en clase.

A. Retroalimentación sobre el Conocimiento Aplicado

Las pruebas en línea con retroalimentación automática son los más adecuados para revisar los conceptos básicos.

En ambos cursos, las preguntas de las pruebas que mostraron la puntuación más alta corresponden a las conceptuales. La instrucción entre pares, apoyada con el uso de las tarjetas *IF-AT*, es la más adecuada para preguntas aplicadas y analíticas.

La retroalimentación se proporciona gradualmente al no mostrar la respuesta correcta sino simplemente indicar si la elección fue la correcta. Este enfoque gradual obliga a los estudiantes a revisar/debatir el tema después de cada selección errónea en lugar de simplemente anotar la respuesta correcta. El proceso de retroalimentación, tanto por parte de los compañeros como del instructor, y la experiencia que proporciona ambas formas de acercamiento al mismo problema, proporcionan dos pilares sólidos para el aprendizaje.

B. Aprendizaje colaborativo

La tabla V ofrece una comparativa del uso de las tarjetas *IF-AT* en relación con otras estrategias de colaboración.

TABLA V
COMPARACIÓN DE VARIAS STRATEGIAS DE COLABORACIÓN

Técnica	Preparación antes de la clase	Actividad en clase
PI	opcional	i-quiz, discusión entre pares, i-quiz
JiTT+PI	leer + test en línea	discusión, revisión y retroalimentación entre pares
IF-AT	leer en línea/libro	i-quiz, discusión entre pares, team-quiz
PBL	leer en línea/libro	(i-quiz, discusión entre pares, test en equipo) + actividad en equipo.

PI puede utilizarse con una o pocas preguntas, y puede no requerir una preparación previa a esa clase. La IF-AT es una variante de la instrucción entre pares (PI) en la que la discusión entre pares no conduce a una revisión de su elección individual sino a una elección en equipo de la respuesta correcta. La estructura de las tarjetas de IF-AT, que utiliza las puntuaciones individuales y de equipo, hace que los estudiantes sean responsables de la preparación y fomenta la colaboración en equipo para llegar a un consenso, en comparación con implementaciones de PI más sencillas que intercambian perspectivas pero recogen sólo las elecciones individuales, a veces de forma anónima.

Cuando PI se combina con Just-in-Time-Teaching (JiTT) los pasos son bastante similares a IF-AT como se explica en [31], excepto que los estudiantes completan las preguntas preparatorias antes de la clase en lugar de al comienzo de la misma. Una de las ventajas de los intentos tempranos es que el instructor tiene tiempo antes de la clase para revisar sus respuestas y preparar la presentación de los puntos más débiles; por otro lado, los estudiantes tienen que recordar sus respuestas, perdiendo la inmediatez de la discusión mientras sus elecciones están todavía frescas en su memoria. El aprendizaje basado en el equipo (TBL) utiliza tarjetas IF-AT para adquirir/revisar los conocimientos necesarios para la actividad del equipo. Por tanto, el proceso es similar, pero nuestro enfoque es más flexible en el sentido de que no exige un rediseño completo del curso para pasar de la enseñanza tradicional al TBL o al PBL.

Dinámica de equipos: el análisis de la dinámica de los equipos en ambos cursos muestra que los equipos con patrones deficientes, como "ABBC" en el caso de CS para la Pregunta 1.8 o "DADDB" para la Pregunta 1.7 en el curso de Física, lograron elegir la opción correcta después de una primera opción fallida. Nuestra hipótesis es que el debate en más profundidad con el fin de seleccionar una segunda alternativa conduce a la respuesta correcta. Además, resolver una pregunta en el segundo intento y aprender por qué su segunda opción es mejor que la primera es un resultado positivo en términos de colaboración en equipo y evaluación formativa. En resumen, una idea clave de ambos cursos es que el aprendizaje que surge de la discusión grupal no es sólo la suma de sus elecciones.

El ejemplo de discusión en equipo ilustra múltiples ventajas para el uso de las tarjetas IF-AT:

- 1) proporciona una actividad de aprendizaje activo en donde es seguro fallar y aprender de los errores.
- 2) fomenta el aprendizaje colaborativo y la discusión académica.
- 3) ayuda al estudiante a desarrollar habilidades de comunicación técnica.
- 4) ayuda a exponer a los estudiantes a conceptos erróneos y desaciertos comunes al elegir opciones apropiadas como distracciones.

Otras estrategias de aprendizaje activo también brindan algunas de estas ventajas. Por ejemplo, el uso de clickers admitirá los puntos 1) y 4), y otras formas de aprendizaje colaborativo, como la votación en equipo por una opción, admitirá los puntos 2) y 3), pero requerirá que los equipos sincronicen sus votos y esperen los comentarios de la clase.

C. Directrices para el uso de tarjetas IF-AT

Para implementar la instrucción entre pares de manera efectiva utilizando tarjetas IF-AT, los instructores de Ingeniería y de CS deben considerar una variedad de opciones, como la frecuencia de uso, el número de preguntas, el contenido de las preguntas y el esquema de evaluación. Basándonos en nuestra experiencia, proporcionamos algunas orientaciones sobre su implementación.

Desarrollo de preguntas: cuando se enseña con PI, la experiencia de aprendizaje se basa en una buena selección de preguntas que no son demasiado fáciles y que generan un debate profundo dentro de cada grupo. Esto significa que la elección de las distracciones (opciones incorrectas que parecen viables) es fundamental. Smith y Knight [32] brindan buenas sugerencias sobre cómo escribir preguntas de clicker que admitan PI. Aunque sus ejemplos pertenecen al curso de Biología, muchos de ellos son aplicables a otros campos. En la mayoría de las preguntas aplicadas para CS, utilizamos la experiencia de varios años de observación de errores y conceptos erróneos en la evaluación sumativa para confeccionar el test. Por ejemplo, replicamos los errores observados al calcular las direcciones físicas como se muestra en la Sección III.B.

Para las preguntas conceptuales de Física, las causas de los errores de los alumnos han sido objeto de estudio en los últimos años en Didáctica de las Ciencias [33]. Las ideas espontáneas y/o preconcebidas para el aprendizaje son componentes fundamentales que conducen a respuestas incorrectas [34]. A partir de este punto crítico, se seleccionan rigurosamente las preguntas claves incluidas en los CL; siguiendo las contribuciones dadas por [35] y [36]. Los autores proporcionan varios atributos de test con selección múltiple para promover el aprendizaje relevante, evaluar si se han logrado los objetivos de aprendizaje e identificar puntos críticos en el proceso de enseñanza.

Como metodología para los profesores, sugerimos desarrollar un banco de preguntas que incluya 4 o 5 opciones de respuesta que se pueden utilizar de acuerdo con la cantidad de preguntas deseables por tarjeta. Entonces, la única precaución tras elegir una pregunta de ese banco de datos es hacer coincidir la respuesta correcta con la opción ya configurada en la tarjeta. Finalmente, para una discusión sobre múltiples factores relacionados con los cuestionarios (frecuencia, tiempo, entrega y calificación) en el contexto de STEM, se puede consultar [25].

Entrega de pruebas: las tarjetas IF-AT se pueden solicitar en línea, cada paquete es de 125 tarjetas y siguen el mismo patrón de respuesta, por lo que se debe solicitar varios paquetes para tener cuestionarios con diferentes respuestas por pregunta. La tarjeta puede tener 4 o 5 opciones de respuesta, y ser un cuestionario corto (10 preguntas), mediano (25 preguntas) o largo (50 preguntas). La cantidad mínima por pedido es de 500 tarjetas a completar con el mayor número posible de patrones de respuestas diferentes (cuatro paquetes distintos de 125 formularios, cada uno con una clave de respuesta diferente). El costo por tarjeta es económico

(alrededor de \$0.20), pero puede ser difícil de manejar cuando se tienen grupos pequeños. Una alternativa es reemplazar la tarjeta física con una versión equivalente en línea. Por ejemplo, el servidor gRAT, desarrollado por un instructor de farmacología de la Universidad de Mississippi [37] apoya la recopilación de datos en línea que captura los aspectos de retroalimentación y colaboración en equipo de las tarjetas *IF-AT*. Durante la pandemia, otros sustitutos en línea se han desarrollado en diferentes universidades.

Evaluación de las pruebas: Hay flexibilidad en la forma en que se ponderan las contribuciones individuales y de equipo para la nota final: el curso de sistemas informáticos fue 50/50 mientras que el de Física fue 60/40. Además, cada instructor puede decidir la penalización por 2 o más intentos a su propia discreción.

La calificación de los cuestionarios individuales se hizo después de la clase, escribiendo las selecciones en una hoja de cálculo Excel. Esto puede ser un problema para clases grandes en las que se puede utilizar un escáner de pruebas, o un cuestionario en línea establecido en el LMS. La calificación de las tarjetas *IF-AT* consume menos tiempo: cada equipo calificó su propia tarjeta, por lo que sólo hay una entrada de datos por equipo. Nos pareció que este coste era manejable, pero las alternativas en línea comentadas anteriormente reducirán esta sobrecarga.

Asignación del equipo: la elección de una asignación fija o ad hoc depende de múltiples factores. Una asignación ad-hoc proporciona flexibilidad para equilibrar y ajustar la asistencia a clase, mientras que la asignación fija ayuda a crear cohesión entre los miembros del grupo.

En los cursos de CS y Física utilizamos una asignación de equipo fija de tamaño 5 (creada al azar mediante el hash de sus identificaciones de estudiantes). Se publicó la lista de equipos y para aquellos estudiantes que no conocían a sus compañeros, se les dio la oportunidad de presentarse durante la primera tutoría. Una ventaja de esta asignación es que los estudiantes tienen la oportunidad de conocerse y desarrollar confianza, lo que hace que el debate sea más inclusivo. Esto es probablemente más importante en clases grandes de primer año.

La principal desventaja de los grupos fijos es cuando un grupo tiene un alumno aventajado que proporciona respuestas correctas; esto reduce la presión para revisar, ya que la puntuación del equipo proporcionará una calificación de aprobado; sin embargo, podría ser positivo si ese estudiante contribuye al aprendizaje entre pares al explicar por qué las otras opciones son incorrectas. Algunos equipos con varios integrantes fuertes pueden tener menos discusión al seleccionar las mismas respuestas en las preguntas más asequibles, pero podrían analizar y explorar opciones para preguntas difíciles. Esta es otra razón para agregar al menos una o dos preguntas aplicadas de mayor complejidad.

VI. CONCLUSIONES

Las pruebas de lectura respaldadas por las tarjetas *IF-AT* son un enfoque efectivo para implementar la instrucción entre pares, ya sea en el tiempo de clase para un aula invertida o como reemplazo de los ejercicios en la tutoría. El uso de las tarjetas *IF-AT* se extiende a muchas áreas académicas, como las ciencias sociales, las humanidades y las ciencias naturales. Sin embargo, según nuestro conocimiento, su uso en Física en la Comunidad Iberoamericana es escaso, y en el caso de la enseñanza de CS no ha sido reportado. Además, se han

proporcionado conocimientos y pautas para extender su uso a otras asignaturas y cohortes de CS e Ingeniería.

Este estudio ha presentado dos experiencias positivas del uso de la técnica presentada para revisar el contenido del curso. En comparación con un cuestionario en línea tradicional, las tarjetas *IF-AT* son ricas en retroalimentación a varios niveles. En primer lugar, cuando el grupo debate sus propias elecciones, cada estudiante obtiene la validación de su propia elección y/o ve por qué otras opciones podrían ser válidas. En segundo lugar, una vez que el grupo selecciona la opción, la tarjeta les informa si la elección fue correcta o no. Si la respuesta es incorrecta, el grupo debe discutir por qué es incorrecta y encontrar una respuesta alternativa. Finalmente, cuando la prueba termina, el profesor explica las preguntas difíciles con más detalle. Por lo tanto, la retroalimentación del profesor amplía la retroalimentación básica de la tarjeta.

Otro aspecto importante de la discusión colaborativa es que los estudiantes practican explicando sus respuestas a sus compañeros y buscando inconsistencias en las explicaciones de otros estudiantes. Por lo tanto, no sólo consolida sus conocimientos, sino que ayuda a desarrollar sus habilidades de comunicación técnica. Además, esta metodología permite que los estudiantes millenials se conviertan en participantes activos en el análisis y corrección de errores evitando el aburrimiento.

En resumen, las tarjetas *IF-AT* brindan a los profesores recursos eficientes para usar en clase dentro de un contexto de aprendizaje activo. El trabajo futuro incluye comparar el uso de tarjetas *IF-AT* en el aula versus el uso de su equivalente en línea en el aula virtual.

REFERENCIAS

- [1] W. J. Pluta, B. F. Richards, and A. Mutnick, "Pbl and beyond: Trends in collaborative learning," *Teaching and Learning in Medicine*, vol. 25, no. sup1, pp. S9–S16, 2013. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1080/10401334.2013.842917>
- [2] L. C. Hodges, E. C. Anderson, T. S. Carpenter, L. Cui, T. M. Gierasch, S. Leupen, K. M. Nanes, and C. R. Wagner, "Using reading quizzes in stem classes the what, why, and how," *Journal of College Science Teaching*, vol. 45, no. 1, pp. 49–55, 2015. [Online]. Available: <http://www.jstor.org/stable/43631885>
- [3] B. L. Jackson, "Uso de herramientas tecnológicas en línea por parte de profesores de educación superior: un análisis multinivel," *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 2017.
- [4] L. K. Michaelsen, N. Davidson, and C. H. Major, "Team-based learning practices and principles in comparison with cooperative learning and problem-based learning," *Journal on Excellence in College Teaching*, vol. 25, no. 3&4, pp. 57–84, 2014.
- [5] G. M. Novak, "Just-in-time teaching," *New Directions for Teaching and Learning*, vol. 2011, no. 128, pp. 63–73, 2011. [Online]. Available: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/tl.469>
- [6] C. Izu and A. Luna, "Using if-at cards to engage students in reading and understanding cs course materials," in 2020 IEEE World Conference on Engineering Education (EDUNINE). IEEE, 2020, pp. 1–6.
- [7] D. Cohen and I. Sasson, "Cuestionarios en línea en un entorno de aprendizaje virtual como herramienta para la evaluación formativa," 2016.
- [8] P. Pape-Lindstrom, S. Eddy, and S. Freeman, "Las pruebas de lectura mejoran los puntajes de los exámenes para los estudiantes de colegios comunitarios," *CBE Life Sciences Education*.
- [9] B. M. Notaro's, R. McCullough, P. S. Athalye, and A. A. Maclejewski, "New partially flipped electromagnetics classroom approach using conceptual questions," *International Journal of Engineering Education*, vol. 35, no. 4, pp. 1215–1223, 2019.
- [10] I. J. Arnold, "Cheating at online formative tests: Does it pay off?" *The Internet and Higher Education*, vol. 29, pp. 98–106, 2016.
- [11] "Participación de los estudiantes en el aprendizaje en línea: una revisión," in 2017 Simposio Internacional sobre Tecnología Educativa (ISET).

- [12] “Medición de la participación de los estudiantes en el curso en línea: escala de participación de los estudiantes en línea (ose).” *Aprendizaje en línea*.
- [13] M. E. Lantz, “The use of clickers in the classroom: Teaching innovation or merely an amusing novelty?” *Computers in Human Behavior*, vol. 26, no. 4, pp. 556–561, 2010.
- [14] R. Quinn et al., “Clickers in the classroom: Study into the use of interactive quizzes in a practical environment,” *Journal of Academic Development and Education*, no. 7, pp. 50–79, 2017.
- [15] G. Lai, V. Hill, and Y. Ma, “Clickers in the classroom: A business professor’s adoption of a classroom response system,” *International Journal of Innovation and Learning*, vol. 18, no. 4, pp. 451–470, 2015.
- [16] K. R. Brazeal, T. L. Brown, and B. A. Couch, “Characterizing student perceptions of and buy-in toward common formative assessment techniques,” *CBE Life Sciences Education*, vol. 15, no. 4, p. ar73, 2016.
- [17] E. Mazur, “Peer instruction: A users manual,” 1999.
- [18] D. Zingaro and L. Porter, “Peer instruction in computing: The value of instructor intervention,” *Computers & Education*, vol. 71, pp. 87–96, 2014.
- [19] Y. Ham and B. Myers, “Learning from team quizzes in cs2,” in *Proceedings of the 52nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, ser. SIGCSE ’21. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2021, p. 362368. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/3408877.3432412>
- [20] M. K. Smith and J. K. Knight, “Clickers in the biology classroom: Strategies for writing and effectively implementing clicker questions that maximize student learning,” in *Active Learning in College Science*. Springer, Cham, 2020, pp. 141–158.
- [21] J. D. Merrel, P. F. Cirillo, P. M. Schwartz, and J. Webb, “Multiple-choice testing using immediate feedback-assessment technique (if at©) forms: Second-chance guessing vs. second-chance learning?” *Higher Education Studies*, vol. 5, no. 5, pp. 50–55, 2015.
- [22] R. E. Dihoff, G. M. Brosvic, and M. L. Epstein, “The role of feedback during academic testing: The delay retention effect revisited,” *The Psychological Record*, vol. 53, no. 4, pp. 533–548, Oct 2003. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/BF03395451>
- [23] L. C. Mohrweis and K. M. Shinham, “Enhancing students’ learning: Instant feedback cards,” *American Journal of Business Education*, vol. 8, no. 1, pp. 63–70, 2015.
- [24] S. K. Metoyer, S. T. Miller, J. Mount, and S. L. Westmoreland, “Examples from the trenches: Improving student learning in the sciences using team-based learning,” *Journal of College Science Teaching*, vol. 43, no. 5, pp. 40–47, 2014.
- [25] L. C. Hodges, E. C. Anderson, T. S. Carpenter, L. Cui, T. M. Gierasch, S. Leupen, K. M. Nanes, and C. R. Wagner, “Using reading quizzes in stem classes the what, why, and how,” *Journal of College Science Teaching*, vol. 45, no. 1, pp. 49–55, 2015.
- [26] C. E. Heiner, A. I. Banet, and C. Wieman, “Preparing students for class: How to get 80% of students reading the textbook before class,” *American Journal of Physics*, vol. 82, no. 10, pp. 989–996, 2014.
- [27] A. D. Slepko, “Integrated testlets and the immediate feedback assessment technique,” *American Journal of Physics*, vol. 81, no. 10, pp. 782–791, 2013. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1119/1.4820241>
- [28] D. Zingaro and L. Porter, “Peer instruction in computing: The value of instructor intervention,” *Computers & Education*, vol. 71, pp. 87–96, 2014.
- [29] E. L. Bjork and R. A. Bjork, “Making things hard on yourself, but in a good way: Creating desirable difficulties to enhance learning,” New York, NY, US, pp. 56–64, 2011.
- [30] E. L. Bjork, J. L. Little, and B. C. Storm, “Multiple-choice testing as a desirable difficulty in the classroom,” *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, vol. 3, no. 3, pp. 165–170, 2014, cognition and Education. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211368114000205>
- [31] J. Watkins and E. Mazur, “Just-in-time teaching and peer instruction,” in *Just in Time Teaching: Across the Disciplines, Across the Academy*. Stylus Publishing, November 2009, pp. 39–62.
- [32] M. K. Smith and J. K. Knight, *Clickers in the Biology Classroom: Strategies for Writing and Effectively Implementing Clicker Questions That Maximize Student Learning*. Cham: Springer International Publishing, 2020, pp. 141–158. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-3-030-33600-4_10
- [33] R. J. Osborne and M. C. Wittrock, “Learning science: A generative process.” *Science education*, vol. 67, no. 4, pp. 489–508, 1983.
- [34] A. Caramazza, M. McCloskey, and B. Green, “Naive beliefs in sophisticated subjects: Misconceptions about trajectories of objects,” *Cognition*, vol. 9, no. 2, pp. 117–123, 1981.
- [35] P. Coughlin and C. Featherstone, “How to write a high quality multiple choice question (mcq): A guide for clinicians,” *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, vol. 54, no. 5, pp. 654–658, 2017.
- [36] G. Brame, “Writing good multiple choice test questions,” *Retrieved from Vanderbilt University Center for Teaching website: https://cft.vanderbilt.edu/guides-subpages/writing-good-multiple-choice-test-questions*, 2013.
- [37] G. D. Theilman, *gRAT - TLB Team Assessment*, 2020 (accessed February 9, 2022). [Online]. Available: <https://pharmdtest.unc.edu/gratserver/>

Ana Luna es Licenciada y Doctora en Ciencias Físicas por la Universidad de Buenos Aires, Argentina. Tiene una amplia experiencia docente, impartió varios cursos en el área de Laboratorios Superiores en el Departamento de Física, FCEyN - U.B.A. En el campo de la investigación, trabajó durante varios años en la División de Láseres Sólidos de DEILAP, CONICET y fue miembro del Grupo de Electromagnetismo Aplicado (GEA) de la FCEyN-UBA, especializándose en el área de fotónica. Actualmente se desempeña como profesora asociada en el departamento de ingeniería de la Universidad del Pacífico, Lima, Perú. Es autora y coautora de varios artículos en revistas y congresos internacionales. Sus áreas de especialización son cristales fotónicos, láseres sólidos, algoritmos evolutivos, multicapas, color estructural, láseres sólidos pulsados con técnicas Q-Switch activas y pasivas. Actualmente, también se dedica a la investigación dentro del área de Educación. Es miembro de Edunine (IEEE World Engineering Education Conference) y Senior Member de la IEEE.



Cruz Izu es licenciada en Ciencias de la Computación y doctor en Arquitectura de Computadores por la Universidad del País Vasco y trabaja de profesora titular en la Universidad de Adelaide, Australia. Tiene una amplia experiencia docente, desarrollando y impartiendo cursos en el área de Sistemas y en la programación básica. Desde 2011, Cruz ha dirigido el programa Educators PD financiado por Google que ayuda a los profesores de secundaria y preparatoria a introducir las Ciencias de la Computación y el pensamiento computacional en su plan de estudios. Cruz tiene una amplia experiencia en investigación sobre el diseño y la evaluación de redes de interconexión, desde sistemas paralelos hasta redes en chips, como componente clave de un sistema paralelo, en colaboración con sus colegas de la Universidad de Cantabria, España. En los últimos seis años, Cruz ha investigado en el ámbito de la enseñanza de las ciencias de la computación, explorando el pensamiento computacional y formas de enseñar programación y comprensión del código a los estudiantes universitarios de primer año.

