

Tareas que fomentan el desarrollo de la competencia STEM

ADRIÁN CRUZ GUERRA
JOSÉ LUIS LUPIÁÑEZ GÓMEZ

.En el siguiente artículo se presenta una descripción y puesta en práctica de una actividad de innovación docente, propuesta por de Gastineau et al (2011), donde se pretende activar la competencia STEM en un grupo de estudiantes de 3.º de ESO. El principal objetivo de la actividad será modelizar el movimiento de dos personas a través de la tecnología y las matemáticas. Además, se presentarán los resultados de la puesta en práctica y las conclusiones pertinentes.

Palabras clave: STEM, Modelización, Tecnología, Innovación, Secundaria.

Tasks that encourage the development of STEM Education

The following article presents a description and implementation of a teaching innovation activity, proposed by Gastineau et al (2011), where it is intended to activate the STEM competence in a group of students from the 3rd year of ESO. The main objective of the activity will be to model the movement of two people through technology and mathematics. In addition, the results of the implementation and the relevant conclusions will be presented.

Keywords: STEM, Modelling, Technology, Innovation, Secondary.

Es indudable que vivimos en la era de la información y la tecnología, y es que nunca se había visto una evolución tan rápida en cuanto a avances tecnológicos se refiere. El campo de la educación no es ajeno a este hecho, y el desarrollo de nuevos planteamientos curriculares se vincula también al diseño y puesta en práctica de diferentes dispositivos y aplicaciones en las aulas que permiten una interacción muy rica con el entorno. No obstante, la variedad y disponibilidad de tecnología también amplifica la complejidad de integrarla correcta y coherentemente en el aula (Lagrange y Monaghan, 2009).

La integración de toda esta infraestructura tecnológica, que suministra nuevas formas de representación, abre las puertas a modos de expresión novedosos en matemáticas, como son los gestos y las interacciones físicas. El reto actual para los profesores y para los autores de actividades curriculares es ahora «cómo aprovechar estas ricas infraestructuras para suministrar oportunidades para el aprendizaje y para la construcción de significados» (Hegedus y otros, 2017: 11).

En este contexto, nuestro trabajo propone el diseño de una actividad para Educación Secundaria centrada en el uso de sensores que capturan datos del medio, para que los estudiantes, mediante desplazamientos en el aula, exploren el

significado gráfico de la resolución de un sistema de ecuaciones. Esta actividad se enmarca en las propuestas que promueven el desarrollo de la competencia STEM (acrónimo en inglés de Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas)

Matemáticas y tecnología. La competencia STEM

Laboy-Rush (2011) propone una enseñanza contextualizada, donde el entorno del estudiante tome una mayor relevancia y presencia. Valencia, Méndez y Jiménez (2008), defienden, por otro lado, un modelo disciplinar que ofrezca a los estudiantes herramientas para entender e interpretar el mundo que les rodea. Estos planteamientos también sostienen la importancia de romper la brecha entre lo teórico y lo práctico, destacando un enfoque funcional de las disciplinas escolares, como ocurre con las matemáticas en marcos curriculares basados en la noción de competencia como expectativa formativa (Rico y Lupiáñez, 2008)

Como respuesta a dicho modelo educativo, y aprovechando los avances tecnológicos con aplicación en educación, se ha retomado con fuerza el debate acerca de la idoneidad de fomentar la competencia STEM en los escolares. La importancia y el reconocimiento de fomentar científicamente a los ciudadanos para sostener el avance social y económico de un país, se consolidó en Estados Unidos a partir de la carrera espacial que acabó la Unión Soviética con el lanzamiento del Sputnik en 1957. En la década de los 70 estas voces llegaron al ámbito educativo, y varias asociaciones, entre ellas el NCTM, destacaron también el valor de la formación de los jóvenes en áreas científicas (Berube, 2014). En los 90 se acuñó el término «SMET» para destacar esta formación integral y ya en el siglo XXI se reformuló, también en Estados Unidos, hasta el término que se ha manejado hasta nuestros días.

La base educacional de STEM intenta quitar las barreras que separan estas cuatro disciplinas mencionadas e integrarlas con experiencias de aprendizaje rigurosas y significativas para los es-

tudiantes. STEM enfatiza una estrategia educativa interdisciplinaria donde los conceptos académicamente rigurosos se acoplan a lo real (Sanders, 2009). Es decir, se ponen en práctica la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas en contextos relacionados con la escuela, la sociedad el deporte o el trabajo, entre otros (Tsupros y otros, 2009). La constitución en 2012 de la STEM Education Coalition¹ en Estados Unidos y en 2015 de la EU STEM Coalition² en Europa, que ha dado pie a diversas iniciativas europeas, atestigua el interés internacional de este enfoque curricular.

La conjunción de las materias a las que se refiere la competencia STEM no es arbitraria. Las ciencias suministran un contexto de reflexión, organización y actuación. Proponen problemas, cuestiones y contrastes que invitan a la exploración y al descubrimiento y brindan criterios para clasificar y organizar el medio natural, y así profundizar en su riqueza y complejidad. La tecnología ofrece herramientas y técnicas y, junto a la ingeniería, permiten afrontar la construcción de modelos y artefactos que resuelven conflictos o minimizan impactos. El diseño en la actualidad emplea esos dos referentes de manera conjunta: se diseña lo que puede resolver un determinado fenómeno y se afronta su elaboración para después validar su eficacia y su eficiencia y estudiar sus limitaciones. Las matemáticas, finalmente, aportan un modo de expresión y representación, un conjunto de nociones y destrezas que permiten interpretar el entorno, suministran estrategias para inventar y resolver problemas y promueven el pensamiento lógico y crítico (Lupiáñez y Ruiz, 2017). La competencia STEM permite a los estudiantes comprender el mundo e interactuar con él de manera crítica, constructiva y eficiente. Puede considerarse como una oportunidad de introducir el mundo real a la escuela y conectar los conocimientos impartidos con el contexto social y científico del momento.

El currículo español vigente se ha acercado a esta orientación formativa al aunar tres disciplinas en una de las competencias clave. La denominada «Competencia matemática y competencias básicas en ciencias y tecnología», expresa en una la conjunción de tres de las áreas destacadas por la

competencia STEM (Ministerio de Educación, Ciencia y Deporte, 2015). Esta nueva competencia propugna derribar las barreras existentes entre esas áreas, ofreciendo a los docentes la posibilidad de plantear un modelo educativo interdisciplinar. Se pretende que los estudiantes utilicen las matemáticas para interpretar el entorno y resolver problemas sociales y científicos actuales, usando con criterio las herramientas tecnológicas pertinentes.

Morrison (2006) desarrolla esta idea para perfilar lo que estaría al alcance de un estudiante alfabetizado en la competencia STEM:

- Resolutor de problemas: capaz de trazar un plan de actuación sobre un problema de forma ordenada y extrapolarlo a situaciones innovadoras.
- Innovador: creativo a la hora de utilizar la ciencia en el diseño de ingeniería.
- Inventor: capaz de detectar y proponer soluciones a las necesidades del mundo actual.
- Autosuficiente: capaz de automotivarse y usar la iniciativa.
- Pensador lógico: capaz de aplicar de forma racional y lógica los diversos procesos de la ciencia.
- Tecnológicamente alfabetizado: capaz de no solo desarrollar las aptitudes necesarias para el uso de la tecnología en cuestión, sino comprender su naturaleza.

Una buena práctica en una educación basada en la competencia STEM, exige un protagonismo evidente de los escolares: el fomento de la inventiva, la iniciativa y el interés por esas áreas científicas pasa por brindar una mayor autonomía. La curiosidad y el pensamiento crítico son actitudes que ocupan un lugar preponderante y que solo se desarrollan en un contexto práctico y participativo. Una estrategia docente que resulta muy provechosa para el desarrollo de la competencia STEM es el aprendizaje basado en proyectos (Capraro, Capraro y Morgan, 2013).

Morrison (2006) también enumera una serie de ventajas producto de la integración de la competencia STEM con esa propuesta metodológica. Entre ellas destaca que se puede facilitar la trans-

ferencia de conocimientos y habilidades en la resolución de problemas en diversos ámbitos, se puede incrementar la motivación por aprender y todo ello puede redundar en una mejora notable de los resultados académicos en matemáticas y ciencias.

Estos planteamientos han hecho que sea muy frecuente localizar y consultar numerosas propuestas didácticas centradas en el desarrollo de la competencia STEM. En internet hay varios portales con esa finalidad y también existen resultados de su implementación en el aula (Benjumeda y Romero, 2017; Taub y otros, 2018; Mata, 2014). Según Laboy-Rush (2011), este tipo de actividades deben seguir una serie de fases: reflexión, búsqueda, descubrimiento, aplicación y comunicación. En este trabajo describimos el diseño, la implementación y los resultados de una actividad de modelización matemática que ejemplifica algunas de estas fases.

Objetivos y justificación de la intervención

La finalidad general de esta propuesta es obtener algunos indicadores del desarrollo de la competencia STEM en estudiantes del curso de Matemáticas Orientadas a las Enseñanzas Académicas de 3.º de ESO. Para llevarlo a cabo, realizamos una intervención de aula en la que se implementó una actividad a partir de la propuesta de Gastineau y otros (2011). La actividad consiste en recolectar y modelizar los datos obtenidos mediante la utilización de unos sensores de movimiento, simulando la intersección de dos rectas en la gráfica espacio-tiempo.

En el marco de las fases propuestas por Laboy-Rush (2011), nos centramos en las fases de reflexión, descubrimiento y aplicación. Por tanto, los objetivos de la actividad fueron:

1. Simular con el movimiento la gráfica de algunas funciones.
2. Etiquetar cada función según el crecimiento o decrecimiento.
3. Registrar datos de movimiento de dos caminantes.

4. Realizar una gráfica de ambos movimientos en un mismo eje de coordenadas.
5. Hallar ecuaciones lineales que modelicen los movimientos.
6. Resolver el sistema de dos ecuaciones lineales para determinar la intersección.
7. Comparar la solución algebraica con la solución gráfica.
8. Extrapolar el procedimiento realizado.

Vemos entonces, como los objetivos 1, 2 y 3 pretenden que el estudiante aplique herramientas y conocimientos en la resolución de un problema fisicomatemático, los objetivos 3, 4 y 5 pretenden conducir al estudiante al descubrimiento de la conexión entre el procedimiento físico y el procedimiento matemático y por último, los objetivos 6 y 7 consiguen que el estudiante reflexione acerca de lo realizado en las etapas anteriores.

Para la puesta en práctica de la actividad, se usaron dos sensores de movimiento (figura 1), conectados al software Logger Lite 1.5³ para PC. Estos sensores capturan datos de distancia, velocidad y aceleración de un móvil y las envía al software que los organiza en una tabla y los representa gráficamente.

Tras realizar una serie de actuaciones para introducirse en el funcionamiento de los sensores, cada estudiante disponía de un cuestionario con



Figura 1. Sensores de movimiento de Vernier

6 preguntas para realizar la actividad. En primer lugar, cada uno debía cumplimentar la tabla 1 con los datos que generó el software, después de que dos estudiantes simularan con su movimiento las ecuaciones de dos rectas.

| Punto 1 | Punto 2 | Pendiente (m) | Ecuación recta |
|-------------|---------|---------------|----------------|
| Caminante 1 | | | |
| Caminante 2 | | | |

Tabla 1. Datos pedidos al estudiante

Las preguntas planificadas fueron las siguientes:

1. Identifica la función de cada caminante en la gráfica. Razona tu respuesta.
2. ¿Se adapta bien la recta al movimiento real del caminante?
3. Compara los valores que has obtenido para el tiempo de intersección por los dos métodos: (1) la intersección buscada gráficamente, y (2) resolviendo el sistema de ecuaciones. ¿Son los valores similares?
4. ¿Sería posible realizar un movimiento enfrente de los sensores de forma que las gráficas resultantes no se intersecten? Si es así, da un ejemplo; si no, explica por qué.
5. ¿Podrían los caminantes moverse de forma que las gráficas se intersecten más de una vez? Si es así, ¿cómo?
6. ¿Podrías aportar una situación real donde el procedimiento realizado sea de ayuda?

En la tabla 2 relacionamos cada una de las preguntas del cuestionario con los objetivos enumerados anteriormente y los indicadores de Morrison (2006) involucrados.

Descripción de la intervención

La actividad se llevó a cabo en un centro público de Granada, en un grupo de 3.^º de ESO. Según el profesor responsable del mismo, los estudiantes muestran un gran interés por los estudios y se involucran activamente en la materia de mate-

| Preguntas | Indicador | Objetivo |
|------------------------------------|---------------------------|--|
| Identificar funciones (pregunta 1) | Resolutor de problemas | Etiquetar cada función según el crecimiento o decrecimiento |
| Completar la tabla | Autosuficiencia | Registrar datos de movimiento de dos caminantes |
| ¿Se adapta bien? (pregunta 2) | Pensador lógico | Valorar correctamente la fiabilidad del modelo |
| Resolver sistema | Solucionador de problemas | Resolver el sistema de dos ecuaciones lineales para determinar la intersección |
| Comparar valores (pregunta 3) | Pensador lógico | Comparar la solución algebraica con la solución gráfica |
| Preguntas 4 y 5 | Solucionador de problemas | Extrapolar el procedimiento realizado |
| Situación real (pregunta 6) | Inventor | Extrapolar el procedimiento realizado |

Tabla 2. Preguntas del cuestionario, objetivos e indicadores de la competencia STEM

máticas. En el momento de implementación de la actividad, los estudiantes habían superado la unidad didáctica de sistemas de ecuaciones con buenos resultados y se encontraban inmersos en el estudio de las funciones. De los 24 estudiantes del grupo, 22 realizaron la actividad. Esta se desarrolló durante tres sesiones de una hora de duración.

Desarrollo de las sesiones

La primera sesión de la actividad sirvió para presentar a los estudiantes la herramienta tecnológica que se utilizaría posteriormente. Tras unos ejemplos iniciales de gráficas sencillas, planteamos cuestiones generales sobre cómo conseguir funciones crecientes y decrecientes, que los estudiantes contestaron con prontitud. Después, propusimos que los estudiantes reprodujeran individualmente una gráfica generada de forma aleatoria por el software, con su movimiento frente al sensor. La propuesta tuvo gran aceptación y en el apartado siguiente mostramos algunos resultados.

Para la realización de la segunda sesión se preparó una presentación para guiar la realización del cuestionario. En primer lugar, se propuso a los estudiantes que identificaran en diversas gráficas, generadas aleatoriamente por el programa, a los caminantes según el crecimiento o decrecimiento de las funciones, algo que resolvieron con facilidad. Luego, se les indicó que llenaran la tabla 1. Fue entonces cuando empezaron a presentar carencias desde el punto de vista de la contextualización. Al ser una actividad puesta en contexto y no puramente matemática, les costaba

reconocer cuáles eran los puntos obtenidos por el programa y propuestos para modelizar el movimiento, llegando a pensar en los puntos como coordenadas separadas. Entonces realizamos un breve recordatorio del significado de los puntos en el plano y su representación algebraica.

Después presentamos la fórmula de la pendiente y de la ecuación de la recta punto-pendiente, ya que hasta el momento eran dos conceptos que habían trabajado poco. Nuevamente presentaron carencias a la hora de sustituir en la fórmula correspondiente los puntos obtenidos. Además, se creó una confusión generalizada pues no sabían por qué debían sustituir las variables en la ecuación de la recta. La explicación siguiente agotó esta sesión.

En la tercera sesión, los estudiantes ejecutaron algún método de resolución de sistemas para completar la pregunta tres, la cual fue afrontada aceptablemente por la mayoría. Por último, se reflexionó acerca del sentido de los resultados obtenidos y concluyeron si dichos resultados eran aceptables o no. Para finalizar la actividad, se propuso a los estudiantes que respondieran las tres últimas preguntas del cuestionario.

Resultados

Para estudiar los datos de la primera sesión se ha decidido hacer un análisis por tendencias. Es decir, una vez recopilada la información, se han analizado y se han observado algunos patrones de comportamiento generales, los cuales se destacarán exemplificados con imágenes de los resultados. Para el estudio de los datos del cuestio-

nario se atenderá a los indicadores propuestos por Morrison (2006) y que se vinculan con las preguntas del cuestionario en la tabla 2.

Experiencias preliminares: dibujando gráficas

Las gráficas siguientes fueron resultado de las experiencias iniciales de la primera sesión. En ellas se podrá observar la gráfica propuesta, coloreada de verde en el caso de las individuales, y rojo y azul en el caso de las de pareja, y la gráfica generada por el estudiante, roja y azul, o roja, respectivamente.

Si analizamos la gráfica de la figura 2, notamos cómo el estudiante en cuestión, al no poseer ninguna herramienta de medida, inicia su movimiento desde una posición algo alejada de la real.

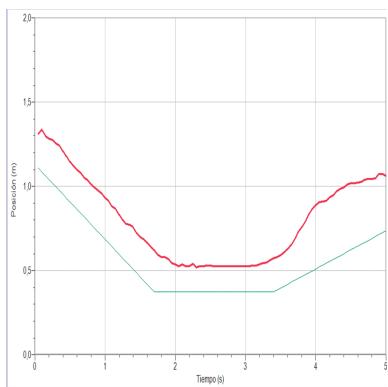
36
sum₉₀

Figura 2. Movimiento de un estudiante para reproducir una gráfica

No obstante, se percibe cómo el estudiante comprende la mecánica de la tecnología utilizada y responde ante los cambios de crecimiento y decrecimiento de la gráfica de forma correcta. Sin embargo, a medida que avanzamos con la actividad, vemos cómo los estudiantes consiguen traducir sus errores en cuanto al posicionamiento inicial. Esto queda reflejado en la figura 3.

En los resultados obtenidos en la segunda parte de la sesión, donde los estudiantes por parejas generaban gráficas con su movimiento, podemos definir dos grandes tendencias. Por un lado, observamos cómo algunos estudiantes, a

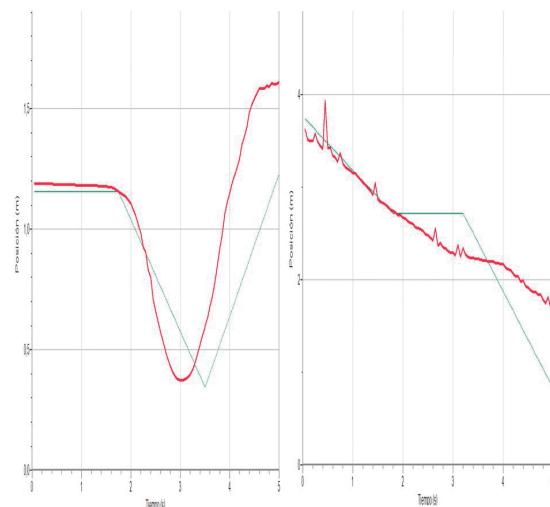


Figura 3. Corrección de posición inicial

pesar de realizar la prueba más de una vez, siguen reflejando carencias a la hora de utilizar su error de posición inicial como herramienta de medida para los posteriores experimentos, como se muestra en la gráfica roja de la figura 4.

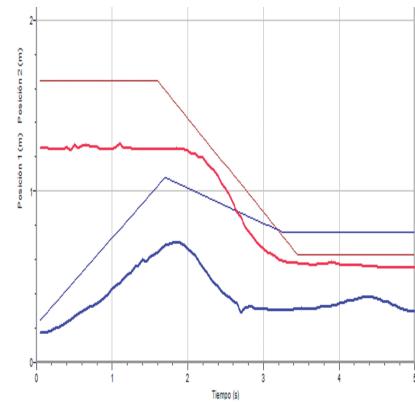


Figura 4. Desacertada posición

Por otro lado, algunos estudiantes que consiguen comenzar en una posición acertada evidencian dificultades para interpretar la gráfica en términos de crecimiento y decrecimiento y reproducirlas con su movimiento (figura 5, izquierda). En otras ocasiones, esas dificultades se debían a la modulación de la velocidad para reflejar fielmente la gráfica propuesta (figura 5, derecha).

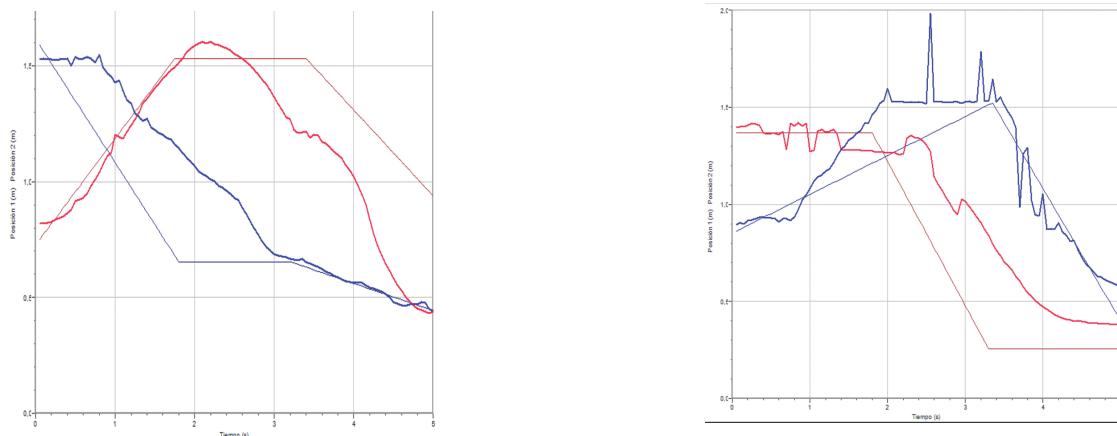


Figura 5. Uso de la herramienta y modulación de la velocidad

Respuestas al cuestionario

En la primera pregunta, todos los estudiantes relacionan correctamente a cada caminante con la gráfica pertinente, pero un 14% de ellos no justifica su respuesta. Un ejemplo de justificación que evidencia una buena capacidad a la hora de interpretar y traducir gráficas a otros lenguajes, es la siguiente: «El caminante 2 iba alejándose del sensor, por lo que la función es creciente».

A la hora de cumplimentar la tabla 1, la mayor parte de los estudiantes no sabían identificar los puntos como un par de componentes y mostraban carencias a la hora de aplicar una fórmula nueva, como era la de la pendiente. También manifestaron dificultades para reconocer el concepto de punto en el plano como dos componentes en una situación contextualizada. Además, aun habiéndoles facilitado las fórmulas correspondientes, los estudiantes no fueron capaces de aplicarlas de forma autónoma, demostrando una notable inseguridad a la hora de interpretar y aplicar una fórmula desconocida.

Por otra parte, aunque todos los estudiantes consiguieron obtener el punto de intersección de ambas rectas al resolver el sistema de ecuaciones, por la observación realizada al menos 14 de ellos presentaron graves problemas en la resolución del sistema de ecuaciones.

Dichos problemas iban asociados, en su mayoría, a la utilización de decimales durante la actividad.

En la segunda parte del cuestionario (preguntas 4, 5 y 6), se pretende que los alumnos y las alumnas pongan de manifiesto sus capacidades a la hora de extrapolar resultados a situaciones hipotéticas y a la hora de aplicar procedimientos en situaciones reales. Por un lado, aproximadamente el 10% de los estudiantes aportan una respuesta negativa ante la pregunta 4, mientras que un 90% responde afirmativamente. Sin embargo, dentro de dichas respuestas encontramos una variedad de procedimientos que englobaremos en tres grupos.

En un primer grupo, nos encontramos con que el 65% de los estudiantes que responden afirmativamente a la primera pregunta, no son capaces de aportar un procedimiento riguroso para conseguir las gráficas pedidas. Por el contrario, manifiestan debilidad a la hora de tener claras las condiciones necesarias para conseguirlo. Por ejemplo, un estudiante que responde: «Sí. Que ambos se queden quietos», olvida una condición fundamental que es la posición inicial, pues si ambos quedan quietos en la misma posición inicial las gráficas serán coincidentes. Otra tendencia, que representa el 10% del total, es aquella que en la propia respuesta los estudiantes imponen condiciones que llevan a un resultado erróneo. Este es el caso de un estudiante que responde: «Sí, por ejemplo, estando a la misma distancia (de los sensores) y uno se acera y otro se aleja». Al imponer como condición inicial estar a la misma distancia de los sensores, se genera

inevitablemente una gráfica que se corta al inicio de la misma. El tercer grupo, que representa un 25%, consigue aportar un procedimiento donde se manifiestan las condiciones necesarias para generar las gráficas pedidas. Un ejemplo de este caso es el estudiante que responde: «Sí. Quedándose los dos parados a diferentes distancias de los detectores». Este último conjunto de estudiantes demuestra una buena capacidad para extraer un procedimiento a una situación hipotética, y lo llevan a cabo de forma rigurosa.

En la quinta pregunta, donde se pide aportar una situación donde las gráficas se corten más de una vez en caso de ser posible, todos los estudiantes responden afirmativamente. Sin embargo, tan solo un 10% es capaz de aportar una respuesta rigurosa. Por ejemplo, un estudiante que responde: «Sí, moviéndose para adelante y para atrás varias veces», aporta un procedimiento que podría ocasionar gráficas que no se corten en ningún punto. Esto refleja una falta de rigurosidad a la hora de extraer procesos a situaciones hipotéticas. Los estudiantes, aunque describen condiciones que podrían generar la gráfica pedida, no exponen todas las condiciones necesarias para ello.

Finalmente, analizamos el conjunto de respuestas desde el punto de vista del indicador de invención, que como Morrison (2006) declara, tiene que ver con la capacidad de detectar y proponer soluciones a las necesidades del mundo actual. Tres estudiantes (1,5%) no aportan ninguna situación donde aplicar el proceso. Por otro lado, un 64% de los estudiantes aportan ideas pero que no encajan completamente con el procedimiento utilizado.

Así, por ejemplo, un estudiante considera que el proceso llevado a cabo podría servir de ayuda para saber la llegada de un tren, autobús o cualquier otro medio de transporte. Por otro lado, un 13% de la muestra aporta situaciones donde no tiene cabida el proceso, como puede ser la aportada por el siguiente estudiante: «En el PIB de un país desarrollado y otro no desarrollado a lo largo de un año». Por último, un 10% de los estudiantes aporta una situación y el posible beneficio producido, como por ejemplo: «Dos ascensores. Uno baja y sube y otro sube y baja.

Punto de intersección para saber la velocidad y cuál de ellos tiene un fallo».

Conclusión

En primer lugar, destacamos el hecho de que los estudiantes han manifestado facilidad para trabajar con unos dispositivos y aplicaciones desconocidos hasta el momento para ellos. Con los resultados obtenidos mediante el software y las anotaciones obtenidas durante la sesión, concluimos que todos los estudiantes consiguieron entender rápidamente el mecanismo de los sensores y elaboraron con prontitud protocolos para minimizar errores de medición y ajustes. Por otro lado, los resultados de las preguntas finales del cuestionario evidencian carencias de los estudiantes para trabajar y generar argumentos con datos contextualizados. Hay que destacar también, la confusión que pudo generar en el alumnado el uso del término posición reflejado en las gráficas, ya que realmente indica distancia con respecto al sensor.

En suma, afirmamos que los estudiantes han sabido trabajar con los sensores de una forma acertada y han sido capaces de contestar las tres primeras preguntas del cuestionario en un nivel aceptable. Sin embargo, en el momento de reflexionar, extraer e innovar, los estudiantes demuestran una falta de formación que se hace patente en las tres últimas preguntas del cuestionario.

La actividad propuesta articula varias habilidades fundamentalmente propias de las áreas de matemáticas, pero con un fuerte vínculo de actuaciones físicas y de manejo e interpretación de dispositivos tecnológicos. Los resultados evidencian un desempeño notable en destrezas técnicas y carencias claramente visibles en la argumentación en contextos aplicados. Esto último resulta clave en términos de la competencia STEM y pone de manifiesto la importancia de hacer más habituales propuestas didácticas con esa orientación. El avance tecnológico suministra un rico contexto de aplicación, pero la dificultad para diseñar y gestionar actividades ricas con ellos debe seguir siendo objeto de reflexión y estudio.

Referencias bibliográficas

- BENJUMEDA, F. J., e I. ROMERO (2017), «Ciudad sostenible: un proyecto para integrar las materias científico-tecnológicas en Secundaria», *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, n.º 14(3), 621-637.
- BERUBE, C. T. (2014), *STEM and the City: A Report on STEM Education in the Great American Urban Public School System*, Charlotte, NC: Information Age Publishing.
- CAPRARO, R. M, M. M. CAPRARO y R. MORGAN (2013), *STEM Project-Based Learning. An Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approach*, SensePublishers, Rotterdam
- EGEDUS, S., C. LABORDE, C. BRADY, S. DALTON, S-H. SILLER, M. TABACH, J. TRGALOVA y L. MORENO-ARMEILLA (2017), *Uses of technology in Upper Secondary Mathematics Education*, Springer Open.
- GASTINEAU, J., C. BRUENINGSEN, B. BOWER, L. ANTINONE, y E. KERNER (2011), *Real-World math with Vernier*. Beaverton, OR: Vernier Software & Technology.
- LABOY-RUSH, D. (2011), *Integrated STEM Education through Project-Based Learning*, <<https://www.learning.com/>>.
- LAGRANGE, J. B., y J. MONAGHAN (2009), *On the adoption of a model to interpret teachers' use of technology in mathematics lessons*, Trabajo presentado en WG7, CERME 6 Conference, Lyon, Francia.
- LUPIÁÑEZ, J. L., y J. F. RUIZ (2017), «Diseño de tareas que promueven el desarrollo de la competencia STEM: los problemas de modelización matemática» [Artículo en blog educ@conTIC]. Recuperado de <<http://www.educaciontic.es/en/blog/di>
- seno-de-tareas-para-el-desarrollo-de-la-competencia-stem-los-problemas-de-modelizacion>.
- MATA, C. (2014), *Un estudio de casos para evaluar la competencia STEM*, Trabajo de Fin de Máster. Universidad de Granada.
- MORRISON, J. (2006), *Atributes of STEM education. The Student, the Academy, the Classroom*. TIES. <https://www.partnersforpubliced.org/uploaded-Files/Teachingand_Learning/Career_and_Technical_Education/Attributes%20of%20STEM%20Education%20with%20Cover%202%20.pdf>
- Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato, Boletín Oficial del Estado del 1 de marzo de 2015, Ministerio de Educación Cultura y Deporte, 381-422. <<https://www.boe.es/boe/dias/2015/01/03/pds/BOE-A-2015-37.pdf>>.
- RICO, L., y J. L. LUPIÁÑEZ (2008), *Competencias matemáticas desde una perspectiva curricular*, Anaya, Madrid.
- SANDERS, M. (2009). «STEM, STEM education, STEMmania», *The Technology Teacher*, n.º 68(4), 20-26.
- TAUB, M., R. AZEVEDO, A. BRADBURY, G. MILLAR y J. LESTER (2018), *Using sequence mining to reveal the efficiency in scientific reasoning during STEM learning with a game-based learning environment. Learning and Instruction*<<http://dx.doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.08.005>>
- TSUPROS, N., R. KOHLER y J. HALLINEN (2009), *STEM education: A project to identify the missing components*, Carnegie Mellon University, Pennsylvania.
- VALENCIA, S., O. MÉNDEZ y G. JIMÉNEZ (2008), «¿Enseñanza de las ciencias por disciplinas o interdisciplinariedad en la escuela?», *Tecné, Episteme y Díadaxis: Revista de la Facultad de Ciencias y Tecnología*, n.º 23, 78-88.

ADRIÁN CRUZ GUERRA

IES Tomás Iriarte, Santa Cruz de Tenerife
<adriancruzguerra94@gmail.com>

JOSÉ LUIS LUPIÁÑEZ GÓMEZ

Universidad de Granada
<lupi@ugr.es>

1 <<http://www.stemedcoalition.org>>
2 <<http://www.stemcoalition.eu>>
3 <<https://www.vernier.com/products/software/logger-lite/>>