

El papel de las *Escape Room* virtuales como recurso para el fomento de la comunicación en el aula de matemáticas de Bachillerato

Francisco Luque Sánchez

Departamento de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial, Universidad de Granada (Granada, España), fluque@ugr.es

Resumen: Este trabajo presenta el diseño de una *escape room* virtual junto con una secuencia de problemas para trabajar la comunicación matemática en este formato, y una discusión final de las percepciones del profesorado tras su implementación en dos aulas del primer curso de Bachillerato. La *escape room*, cuyo material está disponible de forma abierta, permite la inclusión de herramientas de comunicación como videollamadas, hojas de cálculo o pizarras de GeoGebra compartidas. Estas herramientas son aprovechadas en el diseño de las tareas, que presentan información diferente a cada uno de los estudiantes de un equipo. Las experiencias de implementación de la *escape room* realizadas revelaron que los estudiantes hicieron un uso desigual de las herramientas de comunicación. También se observó la aparición de líderes de tarea que en algunos casos facilitaron la resolución de los problemas de forma colaborativa.

Palabras clave: bachillerato, recursos tecnológicos, comunicación matemática, *escape rooms*.

The role of virtual *Escape Rooms* as a resource for fostering communication in the high school mathematics classroom.

Abstract: This work presents the design of a virtual *escape room* together with a sequence of problems to promote the development of mathematical communication skills within this format, as well as a final discussion of some teachers' perceptions after the implementation of this proposal in two class groups of the first year of high school (16-17 year old students). The *escape room*, featuring open-access materials, enables the integration of various communication tools, such as video calls, spreadsheets, and shared GeoGebra boards. These tools are leveraged in the design of the tasks, which are tailored to provide unique information to each member of a team. The implementation of this *escape room* proposal revealed that the students used the communication tools differently. It was also observed that some students took on a leading role, in some cases facilitating collaborative problem solving.

Key words: high school, technological resources, mathematical communication, *escape rooms*.

1. INTRODUCCIÓN

Desde la instauración del modelo educativo basado en el desarrollo de competencias, las diferentes reformas curriculares vienen haciendo cada vez mayor hincapié en el desarrollo integral de los individuos, para fomentar su capacidad de desenvolverse en situaciones problemáticas cotidianas, profesionales o sociales. Respecto a la enseñanza de las matemáticas en educación secundaria y bachillerato, se promueve el desarrollo de destrezas matemáticas que

van más allá de la aplicación directa de procedimientos matemáticos: razonamiento, diseño de estrategias para resolver problemas, o establecimiento de conexiones entre diferentes contenidos. Estas ideas, que están alineadas con las diferentes concepciones de competencia matemática que se han desarrollado en los últimos años (p. e. National Council of Teachers of Mathematics, 2000; Niss & Højgaard, 2019; Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, 2013, 2018) quedan también materializadas en el marco de la reciente normativa LOMLOE. Concretamente, los Reales Decretos 217/2022 y 243/2022, que establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y Bachillerato, respectivamente, recogen un conjunto de diez competencias específicas que describen las habilidades matemáticas a desarrollar durante los niveles educativos preuniversitarios. Estas incluyen la competencia de comunicación matemática, que centra el interés del presente trabajo.

La comunicación matemática se puede entender desde diferentes enfoques teóricos. El marco PISA 2012 (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos, 2013) asume un punto de vista funcional, en el que comunicarse implica reconocer y comprender problemas presentados en situaciones contextualizadas, leer e interpretar enunciados, resumir argumentos matemáticos para exponerlos de forma oral y escrita y explicar y discutir las implicaciones de los resultados de un problema matemático en el contexto original en el que este se presenta. Desde una perspectiva más cognitiva, el National Council of Teachers of Mathematics (NCTM, 2002) establece que la comunicación permite a los estudiantes expresar su pensamiento de forma coherente, utilizar un vocabulario apropiado para informar de ideas matemáticas, organizar y consolidar el pensamiento matemático propio y analizar y evaluar las estrategias de los demás. Estos dos enfoques quedan, en cierto modo, recogidos en el Real Decreto 243/2022, que describe la competencia específica de comunicación como la capacidad de “comunicar las ideas matemáticas, de forma individual y colectiva, empleando el soporte, la terminología y el rigor apropiados, para organizar y consolidar el pensamiento matemático” (p. 216).

En este contexto curricular, la importancia de trabajar la comunicación matemática en ESO y Bachillerato es doble. Por una parte, las habilidades involucradas facilitan al individuo enfrentarse a tareas cotidianas como comprender información o datos recogidos en los medios, seguir instrucciones o protocolos o elaborar argumentos matemáticos usando un vocabulario riguroso pero adecuado a diferentes interlocutores. Por otra parte, una capacidad de comunicación suficientemente desarrollada habilita a los estudiantes a aprender mejor matemáticas, ya que los individuos construimos los objetos matemáticos a través de la comunicación y de la interacción. En este sentido, Sfard (2008) afirmó que el razonamiento y pensamiento matemáticos pueden verse como formas particulares de comunicación en las que se activan los mismos procesos cognitivos que al mantener una conversación. Estas ideas teóricas fueron utilizadas para investigar la comunicación a través de recursos electrónicos. Por ejemplo, Ramírez et al. (2016) estudiaron el proceso de resolución colaborativa virtual de problemas de visualización por estudiantes con talento matemático, encontrando que este alumnado se involucró en la resolución de los problemas y que valoró positivamente el uso de videollamada como vía de comunicación.

Estudios como el mencionado sugieren la pertinencia de las videollamadas para trabajar la comunicación e invitan a aplicar otras herramientas tecnológicas con el mismo fin (Orrill & Polly, 2013). En este sentido, las *escape rooms* virtuales permiten combinar los beneficios del uso de la tecnología con el efecto motivador del entorno gamificado que proporcionan las *escape rooms* tradicionales. Una *escape room* se fundamenta en “encerrar” a un grupo de

personas en una habitación y pedirles que resuelvan un conjunto de enigmas para escapar, situación que da oportunidades al profesorado para plantear problemas matemáticos. El concepto de *escape room* virtual adapta este planteamiento a un formato digital en lugar de utilizar espacios físicos (Makri et al., 2021). Esta idea aporta un valor educativo añadido, ya que permite plantear situaciones que fuerzan la comunicación verbal a distancia y que no serían factibles en entornos presenciales. Los beneficios de este tipo de metodología han sido explorados para diferentes disciplinas (véase Makri et al., 2021), pero no se han estudiado específicamente para la comunicación matemática. Esto motivó el desarrollo de la propuesta didáctica que se presenta en este trabajo, que surgió con el fin de proporcionar una herramienta al profesorado que contribuya a desarrollar la comunicación matemática de los estudiantes de bachillerato.

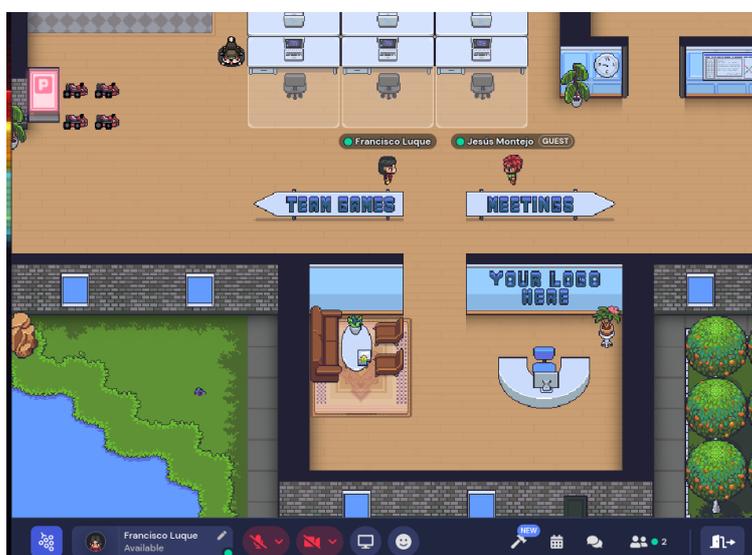
La estructura del artículo es la siguiente. La siguiente sección describe la plataforma virtual sobre la que se ha desarrollado la *escape room*, junto con los problemas matemáticos que se incluyeron para fomentar la comunicación entre los estudiantes. Por su parte, la tercera sección recoge las observaciones del profesorado durante dos implementaciones de la propuesta, y extrae conclusiones y sugerencias de mejora.

2. DISEÑO DE LA PLATAFORMA Y PROBLEMAS DE LA ESCAPE ROOM

La *escape room* virtual se creó con la finalidad ya comentada de crear un recurso para fomentar la comunicación matemática y la resolución colaborativa de problemas entre los estudiantes de bachillerato, y que este recurso esté disponible de forma abierta. La plataforma utilizada para crear el espacio virtual es Gather Town (Gather Presence, 2022), que es una aplicación web concebida para crear espacios virtuales compartidos, en los que los participantes pueden moverse libremente e interactuar entre sí (Figura 1).

Figura 1

Ejemplo 1. Ejemplo de espacio virtual en Gather Town.



Gather Town proporciona a los usuarios diferentes herramientas para crear y gestionar sus propios espacios virtuales. En dichos espacios, los propietarios y usuarios autorizados pueden definir la distribución de salas, y colocar distintos objetos en ella. Estos objetos se pueden dotar de propiedades interactivas, de forma que se pueden mostrar notas, imágenes o vídeos, e incluso insertar páginas web externas por completo. Adicionalmente, la plataforma ofrece una Interfaz de Programación de Aplicaciones (API, por sus siglas en inglés), que permite a los propietarios del espacio virtual automatizar la colocación de los objetos. Además, utilizando dicha API, es posible implementar un programa sencillo que reaccione a ciertos eventos que ocurren en la sala. De esta manera, se ha creado un programa que comprueba automáticamente las respuestas que los participantes ofrecen a las tareas propuestas, y abre las puertas que bloquean el camino si la respuesta es correcta. Los jugadores pueden proporcionar sus respuestas utilizando una serie de ordenadores con los que pueden interactuar en el entorno virtual. Una explicación más profunda del sistema, así como el material necesario para replicar la actividad, se puede encontrar en Luque-Sánchez (2022).

El diseño de la *escape room* virtual incluye cinco habitaciones, cuyas puertas se desbloquean resolviendo sendos problemas matemáticos. Estos serán abordados por equipos de tres jugadores, que tendrán papeles distintos en función de la tarea: J1, J2 y J3. El diseño y formato de los problemas busca que la dificultad de su resolución radique en la comunicación entre los jugadores del mismo equipo más que en las matemáticas. El camino que sigue cada jugador durante la actividad está separado del de sus compañeros, de forma que las salas visitables por un jugador no pueden ser visitadas por el resto. Así, la información necesaria para resolver cada problema se presenta diseminada por las salas de todos los jugadores, y se necesita toda la información para la resolución. De esta manera, los participantes están obligados a comunicarse con sus compañeros e interactuar correctamente para obtener la solución. Si uno de los participantes no colabora, la tarea no se puede resolver.

Los cinco problemas se muestran de forma secuencial y en orden ascendente de dificultad, que se define en función de la complejidad de los conceptos matemáticos que los jugadores tienen que comunicarse durante la resolución. Al principio del juego, los personajes de los jugadores se sitúan en la misma sala inicial, en el interior de un edificio, y el profesor les informa de que deben escapar del edificio abriendo una serie de puertas. Tras la explicación inicial, los jugadores se teletransportan a su punto de inicio y, a partir de ese momento, van encontrando una serie de salas, cada una con tres subespacios separados (uno por jugador), en las que se plantean los problemas. Tres puertas, una por subespacio, bloquean el avance del equipo a la tarea siguiente. En conjunto, los tres subespacios de cada sala contienen la información necesaria para resolver el problema correspondiente, así como un ordenador que permite introducir la solución para desbloquear la puerta de la habitación. Una vez se introduce en el ordenador la solución correcta del problema, las tres puertas se abren y permiten el paso a la siguiente sala. Cuando se resuelve el último problema, las últimas tres puertas se abren, los espacios de los jugadores se unen y se accede a la sala que permite la salida del edificio. En la Figura 2 se muestra la distribución de las dos primeras salas, donde se resuelven los dos primeros problemas.

Figura 2

Ejemplo 2. Distribución de las habitaciones para los dos primeros problemas.



Nota. La información de la tarea está fragmentada en los objetos marcados por (a). En el ordenador, marcado por (b), los jugadores pueden indicar su respuesta. Si es correcta, las puertas marcadas con (c) se abren para dar paso a la tarea siguiente.

2.1. Descripción de los problemas planteados en la experiencia

A continuación se muestra la descripción de los problemas propuestos para implementar la *escape room* con grupos de bachillerato de ciencias. Como se ha indicado anteriormente, se busca que la dificultad en la resolución de la *escape room* no sea matemática, por lo que los contenidos matemáticos involucrados en los problemas son conocidos por los jugadores (no presentan mayor dificultad que los que se trabajan usualmente en 4º ESO). Por el contrario, la dificultad de las tareas reside en que estas obligan a que los jugadores compartan información matemática. El esquema que se sigue para describir las tareas es el siguiente. Para dar una idea completa de la tarea, se presenta en primer lugar el enunciado completo, sin fragmentar. A continuación, se muestra la información fragmentada, tal y como la reciben los jugadores. Finalmente, se indica qué alumno tiene en su sala el ordenador que permite introducir la solución del problema.

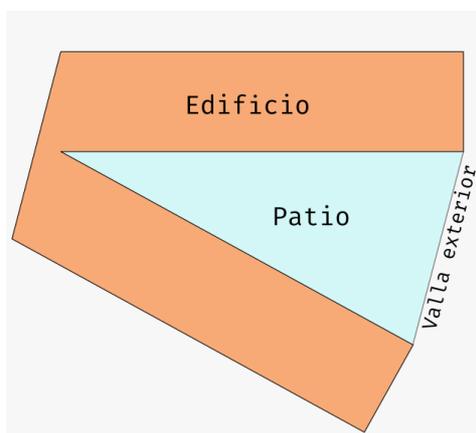
2.1.1. Problema 1. Cálculo de longitudes en un problema geométrico planteando sistemas de ecuaciones

En este problema los jugadores tendrán que plantear un sistema de ecuaciones a partir de información textual y visual. El enunciado completo es el siguiente:

Dado el siguiente esquema, y sabiendo que los muros del edificio que dan al patio tienen la misma longitud, que la valla exterior mide 5 m menos que cualquiera de los muros del edificio, y que el perímetro del patio son 25 m, ¿cuánto mide un muro del edificio?

Figura 3

Esquema del enunciado para el problema 1



Nota. La información anterior se presenta a los alumnos de forma fragmentada.

J1 encuentra una nota con la siguiente información: *Los muros del edificio que dan al patio tienen la misma longitud. El perímetro del patio mide 20 m.* J2 encuentra una nota con la siguiente información: *La valla exterior del patio mide 5 m menos que cualquiera de los dos muros del edificio.* J3 se encuentra el diagrama del enunciado completo (Figura 3). Adicionalmente, J2 encuentra un ordenador donde se formula la pregunta: *¿Cuánto mide un muro del edificio?*

2.1.2. Problema 2. Cálculo de un estadístico descriptivo a partir de información redundante

En esta tarea, los estudiantes deberán calcular la altura media de una población de personas. Dicha población se debe procesar correctamente a priori para eliminar cierta información redundante. Cada estudiante es capaz de ver a algunos individuos de la población, pero no la población completa. Además, algunos individuos aparecen repetidos. Los participantes deben filtrar la información y eliminar a los individuos repetidos antes de hacer el cálculo de la media. El enunciado completo de la tarea es el siguiente:

A través de las ventanas del edificio podéis ver a un conjunto de personas. Cada uno de vosotros puede ver algunas de ellas. Tened cuidado, porque a algunas de las personas las podéis ver más de uno, pero solo queremos tener en cuenta su información una vez. Sabemos que, en total, hay 9 personas. Necesitamos la media de las alturas de las 9 personas.

OJO: Al recopilar la información, os tendréis que poner de acuerdo para no contar a las personas repetidas varias veces.

Este enunciado completo está disponible para todos los jugadores, junto con una hoja de cálculo compartida en Google Sheets, que puede ser utilizada por todos para filtrar los datos repetidos y hacer los cálculos. Además, cada jugador puede ver información sobre cuatro individuos. Se les proporcionan diferentes atributos de cada individuo (Color favorito, talla de pie, altura y peso) para que los jugadores puedan discriminar individuos diferentes aunque tuvieran la misma altura. En este problema es J3 quien tiene el ordenador para introducir la media de las alturas de la población con el fin de desbloquear las puertas.

2.1.3. Problema 3. Cálculo del área de una figura construida con GeoGebra

En esta tarea, los jugadores tienen que construir una figura utilizando GeoGebra a partir de una serie de indicaciones que definen una ruta y calcular el área que queda encerrada por la figura. El enunciado de la tarea es el siguiente:

Uno de los espías del enemigo ha sido enviado en una misión secreta a visitar algunos de los edificios del gobierno. Para continuar, debéis trazar la ruta seguida por el espía a partir de las instrucciones que tenéis disponibles. El espía salió del edificio en el que os encontráis y volvió al mismo después de recorrer las demás localizaciones. La contraseña que os permitirá abrir la puerta es el área de la figura que aparece al trazar la ruta del espía por los distintos edificios. Podéis utilizar el sistema de dibujo de la sala para resolver este problema.

La ruta completa que sigue el espía está compuesta por 6 indicaciones: (i) *En primer lugar, el espía salió de estas instalaciones y recorrió 2 km hacia el norte, hacia el aeropuerto.* (ii) *Desde el aeropuerto, se desplazó 3 km hacia el este para llegar al hospital.* (iii) *A continuación, desde el hospital se desplazó a una base secreta, situada 4 km al norte.* (iv) *Desde la base secreta viajó 2 km al este para llegar a la estación espacial.* (v) *Luego, caminó 6 km hacia el sur para llegar a la estación de comunicaciones desde la estación espacial.* (vi) *Finalmente, recorrió 5 km hacia el oeste desde la estación de comunicaciones para volver a estas instalaciones.*

El párrafo introductorio está disponible para los tres jugadores. Además, J1 recibe una pizarra en la que puede ver la construcción de GeoGebra en tiempo real (pero no puede editarla), y las indicaciones (iii), (ii) y (v), en ese orden. J2 tiene disponible la pizarra editable de GeoGebra, en la que puede hacer la construcción, pero no tiene ninguna indicación disponible. J3 tiene una pizarra en la que puede ver la construcción en tiempo real (de nuevo sin poder de edición), y las indicaciones (vi), (iv) y (i), en ese orden. En este problema, J1 tiene disponible el ordenador en el que ofrecer la solución al problema, que consiste en el área de la figura que se forma cuando se completa el recorrido.

2.1.4. Problema 4. Selección de la función correcta para la trayectoria de un cohete y cálculo de su vértice

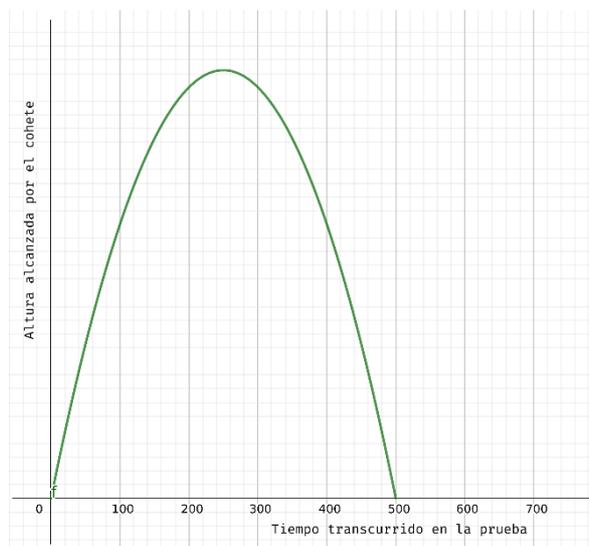
En este problema los participantes tendrán que identificar la expresión algebraica que corresponde a la gráfica que recibe uno de ellos. Uno de los participantes recibirá la representación gráfica de la función, mientras sus compañeros recibirán una serie de fórmulas

que pueden corresponderse con la gráfica en cuestión. Una vez identificada la fórmula correcta, se pide calcular la altura máxima que alcanza el cohete. El enunciado completo es el siguiente:

En el laboratorio en el que os encontráis se realizan investigaciones con instrumentos tecnológicos de última generación. Durante los últimos meses se ha probado un cohete de despegue vertical. En la última prueba, el cohete despegó desde el suelo en un tiempo $t=0$ s, se elevó hasta cierta altura (en m), y después volvió al suelo. Debéis averiguar qué función describe la trayectoria del cohete.

Figura 4

Esquema 2. Información accesible para el jugador J1 a la hora de resolver el problema 4



El párrafo introductorio está disponible para los tres jugadores. La gráfica con la trayectoria del cohete está disponible para J1 (Figura 4). El listado de funciones de la Figura 5 está disponible para J2. El listado de funciones de la Figura 6 está disponible para J3. Además, J3 tiene acceso al ordenador donde se pregunta por la altura máxima que alcanzó el cohete durante la prueba.

Figura 5

Esquema 3. Información accesible para para el jugador J2 a la hora de resolver el problema 4

Posibles trayectorias del cohete

$$h(t) = \frac{50}{t}$$

$$h(t) = 100t - 5$$

$$h(t) = \frac{1}{100}(500t - t^2)$$

Figura 6

Esquema 4. Información accesible para para el jugador J3 a la hora de resolver el problema 4

Posibles trayectorias del cohete

$$h(t) = -100t + 500$$

$$h(t) = \frac{1}{100}(t^2 - 500t)$$

$$h(t) = t^3 - 100t^2 + 50t - 200$$

2.1.5. Problema 5. Cálculo y ordenación de áreas de polígonos

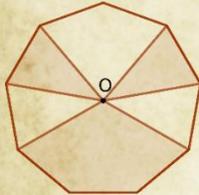
En esta tarea los estudiantes deberán ordenar una serie de polígonos en función de la fracción de área que aparece sombreada, en orden decreciente. Cada participante recibirá un documento como el que se muestra en la Figura 7, pero con cierta información eliminada. Concretamente, J1 recibe una versión en la que solo se puede ver el diseño A y el tercer y cuarto guión de la lista de información adicional. A su vez, J2 recibe un documento donde solo se pueden ver el diseño B y el segundo guión de la información adicional. Por su parte, J3 recibe una versión que solo permite leer el diseño C visible y el primer guión de la lista de información adicional. Adicionalmente, J2 tiene disponible un ordenador en el que se pregunta por el código de apertura de las puertas.

Figura 7

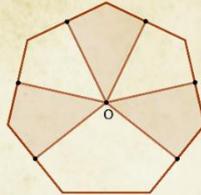
Esquema 6. Enunciado completo del problema 5

PROGRAMA DE ATERRIZAJE DE EMERGENCIA

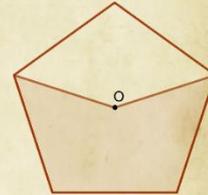
Algunas pruebas de vuelo de los cohetes disponibles en nuestras instalaciones no han salido como esperábamos, por lo que los ingenieros están diseñando estrategias de aterrizaje de emergencia para evitar riesgos en futuros ensayos. Se han obtenido los siguientes diseños para la zona de aterrizaje:



Diseño A



Diseño B



Diseño C

En los diseños anteriores, las partes oscuras representan las zonas de aterrizaje seguro. Los ingenieros quieren ordenar los diseños según la probabilidad de que el cohete aterrice de forma segura. La contraseña que abre las siguientes puertas se obtiene al ordenar los diseños anteriores por orden de probabilidad ascendente. Es decir, si la probabilidad de aterrizar de forma segura en el diseño A es $3/4$, la del diseño B es $2/4$, y la del diseño C es $1/4$, como $3/4 > 2/4 > 1/4$, la contraseña de apertura será ABC.

Además, conocemos la siguiente información adicional:

- Los puntos marcados como O son los centros de las figuras.
- Los polígonos exteriores son regulares.
- Los puntos marcados en la figura B son los centros de los lados.
- La probabilidad de aterrizar en cualquier punto de la figura es constante.

¿Cuál es el código que permite abrir las puertas?

Nota. Cada jugador puede acceder solo a algunos fragmentos de la información que se muestra.

3. DESARROLLO DE LAS EXPERIENCIAS Y CONCLUSIONES

La *escape room* virtual fue implementada en dos grupos de bachillerato de Ciencias de dos colegios andaluces. El primero de los grupos estuvo compuesto por 21 estudiantes, mientras que el segundo grupo tenía 15 alumnos. En ambos grupos los estudiantes fueron distribuidos en equipos de tres jugadores para abordar la actividad. Estos equipos fueron seleccionados por los profesores de la asignatura de matemáticas, procurando que el nivel académico entre los diferentes grupos estuviera todo lo equilibrado que fuera posible.

En cuanto al desarrollo de la actividad, los estudiantes del primer colegio trabajaron en un aula de ordenadores y fueron provistos con unos cascos y un micrófono, y distribuidos por el espacio disponible del aula de forma que ningún jugador pudiera ver las pantallas de otros. En el segundo colegio, por su parte, los estudiantes dispusieron cada uno de un portátil, también con cascos y micrófono, y trabajaron en dos aulas separadas, dos equipos de trabajo en un aula y los tres equipos restantes en otra. Todos los equipos de trabajo se conectaron a una copia de la *escape room* virtual creada en Gather Town y se unieron a una videollamada por equipo, para que los jugadores pudieran comunicarse oralmente. Una vez estuvieron todos los estudiantes conectados, se les indicó que debían escapar del edificio virtual tan pronto como pudieran, y que debían explorar el espacio virtual e interactuar con los objetos que encontraran para recabar información útil para desbloquear las puertas. A partir de este momento, los equipos dispusieron de una hora para completar la *escape room*.

3.1. Observaciones durante las experiencias de aula

En casi todos los casos, los equipos de trabajo lograron completar la *escape room*, aunque hay indicios de que algunos copiaron respuestas de sus compañeros. Más allá del resultado final, surgieron diferentes cuestiones de interés a la hora de valorar la utilidad de la propuesta didáctica para trabajar la comunicación matemática de los estudiantes de bachillerato. Las más destacadas se discuten a continuación.

Respecto al funcionamiento del entorno desde el punto de vista técnico, los alumnos del primer colegio sufrieron problemas con los auriculares. Como resultado, optaron por hablar en voz alta, lo que derivó en una sensación constante de ruido. Esto generó que, en ocasiones, algunos jugadores renunciaran a la comunicación por videollamada y optaran por conversar directamente (diciéndose en ocasiones las soluciones a los problemas), mostrarse las pantallas de sus ordenadores, o utilizar el chat de la videollamada para compartir información. En el segundo colegio no hubo problemas importantes con el audio ni los cascos. A pesar de ello, algunos jugadores pidieron silencio en diferentes ocasiones a los compañeros de los demás equipos, y otros estudiantes mostraron a distancia sus anotaciones en papel. Estas situaciones llevan a recomendar la implementación de esta actividad en una modalidad no presencial, con el fin de impedir interacciones que desvirtúen la comunicación matemática entre los jugadores.

Otro aspecto destacable de la implementación fue su efecto sobre la tendencia de los estudiantes a utilizar el papel y el lápiz para resolver problemas matemáticos. En el primer colegio se constató que el trabajo en la *escape room* virtual disuadió de utilizar papel y lápiz a casi todos los estudiantes. Estos usaron las herramientas de comunicación virtual (hoja de excel y pizarra de Geogebra) y renunciaron a tomar notas en papel. Por el contrario, en el segundo colegio se dio una situación bastante opuesta: los jugadores mostraron mayor tendencia a

trabajar en papel y apenas hicieron uso de las herramientas colaborativas de comunicación. Concretamente, la hoja de cálculo fue usada de calculadora, y la pizarra de Geogebra fue prácticamente ignorada. En este sentido, se percibe que los estudiantes de mayor rendimiento muestran más reticencia a emplear las herramientas digitales, quizá por la formación recibida en años anteriores, basada en el papel, y su apego a la misma (ya que han tenido éxito trabajando en papel).

Una tercera cuestión de relevancia está relacionada con la familiaridad de los estudiantes con el entorno virtual. A este respecto se observó que el alumnado tuvo ciertas dificultades para habituarse a la plataforma, sobre todo a la hora de interactuar con los objetos de las diferentes salas, y a la de poner en común y ordenar información recibida de forma diseminada. Estas dificultades, que fueron más acusadas en el primer colegio, sugieren la necesidad de dar a los estudiantes mayor tiempo de interacción libre con el entorno de la *escape room* antes de plantear el reto de “escapar”. En este sentido, se recomienda celebrar una sesión previa de toma de contacto con la plataforma en la que los estudiantes interactúen libremente con el entorno sin la premura de resolver un problema concreto. Esta interacción libre también se podría lograr si se plantea la *escape room* virtual durante un periodo de tiempo mayor a una hora.

Finalmente, y en relación directa con las interacciones entre jugadores que se observaron, debe destacarse la aparición de líderes de tarea emergentes durante la resolución de los problemas. Estos líderes fueron, en la mayor parte de los casos, estudiantes que ya ejercían liderazgo en otros ámbitos escolares, aunque en el primer colegio también se encontraron estudiantes que no suelen ser protagonistas en otras circunstancias de clase. En el segundo colegio también surgieron equipos de trabajo totalmente “horizontales”, en los que todos los jugadores del equipo colaboraron con idéntica jerarquía, sin que ninguno de los estudiantes fuera más proactivo en la toma de decisiones que sus compañeros de equipo.

3.2. Conclusiones

Este trabajo presenta una *escape room* virtual, cuyo material está disponible de forma abierta para su replicación. Por una parte, este recurso supone una herramienta didáctica que tiene potencial para estimular la comunicación matemática. De hecho, el uso de esta herramienta obliga a los compañeros de equipo a comunicarse de forma eficaz a la hora de resolver problemas, debido a que la información que se proporciona para resolver estos se presenta de forma fragmentada. Esta obligación para comunicarse da lugar a situaciones de aprendizaje que son poco usuales en entornos de aprendizaje tradicionales, lo que pone de manifiesto el interés del recurso presentado para promover una educación por competencias a los estudiantes de secundaria y bachillerato.

La experiencia de aula descrita puso de manifiesto la importancia de disponer de espacios adecuados para implementar la *escape room* virtual. Del mismo modo, se constató la pertinencia de utilizar este recurso en un formato puramente no presencial. También se constató la necesidad de conceder a los estudiantes un periodo de aclimatación al entorno antes de plantear los problemas a resolver. Por otra parte, también se encontraron estudiantes con dificultades para encontrar e interactuar con ciertos objetos, debido a que su posición en la sala, o su visibilidad no eran óptimas. Todas estas situaciones dan lugar a oportunidades de mejora que se espera poder incluir en el recurso para futuras implementaciones.

Agradecimientos

Muchas gracias al Colegio Ave María Casa Madre de Granada y al IES Medina Azahara de Córdoba por su colaboración con esta experiencia y, de forma especial, a Victoria y a Paco, por cedernos su tiempo para implementar la *escape room* virtual con su alumnado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Gather Presence Inc. (2022). Gather Town. <https://www.gather.town>
- Luque-Sánchez, F. (2022). Mathematical Virtual Escape Room Based on Gather Town. https://github.com/fluque1995/maths_escape_room
- Makri, A., Vlachopoulos, D., & Martina, R. A. (2021). Digital escape rooms as innovative pedagogical tools in education: a systematic literature review. *Sustainability*, 13(8), 4587. <https://doi.org/10.3390/su13084587>
- National Council of Teachers of Mathematics (2000). *Principios y estándares para la matemática escolar*. National Council of Teachers of Mathematics (Traducido por la SAEM Thales).
- Niss, M., & Højgaard, T. (2019). Mathematical competencies revisited. *Educational Studies in Mathematics*, 102, 9-28. <https://doi.org/10.1007/s10649-019-09903-9>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (2013). *Marcos y pruebas de evaluación de PISA 2012. Matemáticas, lectura y ciencias*. OCDE. https://sede.educacion.gob.es/publivena/descarga.action?f_codigo_agc=16134
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (2018). *Marco para la prueba de matemáticas PISA 2021*. <https://www.educacionyfp.gob.es/dam/jcr:b7f0ba60-38ec-4523-af38-5b4d752fec96/pisa-2021-mr-matem-ticas-es.pdf>
- Orrill, C. H. & Polly, D. (2013). Supporting mathematical communication through technology. In D. Polly (Ed.), *Common Core Mathematics Standards and Implementing Digital Technologies*, 23-37. IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-4086-3.ch002>
- Ramírez, R., Beltrán-Meneu, M. J., Jaime, A., & Gutiérrez, Á. (2016). Resolución por Skype de una tarea de visualización cooperativa por una pareja de estudiantes con talento. En J.A. Macías, A. Jiménez, J.L. González, M.T. Sánchez, P. Hernández, C. Fernández, F.J. Ruiz, T. Fernández y A. Berciano (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XX*, 447-457. SEIEM.
- Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria. Boletín Oficial del Estado, núm. 76 (2022).
- Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas del Bachillerato. Boletín Oficial del Estado, núm. 82 (2022).
- Sfard, A. (2008). *Thinking as communicating: Human development, the growth of discourses, and mathematizing*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511499944>