

# **El uso de video-tutoriales en la docencia de Matemáticas Financieras. Una valoración con PLS-SEM**

## **Video tutorials in the teaching of Financial Mathematics. An assessment with PLS-SEM**

**María del Carmen Valls Martínez, Pedro Antonio Martín Cervantes,  
Ana María Sánchez Pérez, María del Carmen Martínez Victorira**

*Departamento de Economía y Empresa*

*Centro de Investigación Mediterráneo de Economía y Desarrollo Sostenible  
(CIMEDES). Universidad de Almería*

*La Cañada de San Urbano s/n, 04120, Almería*

[mcvalls@ual.es](mailto:mcvalls@ual.es) – [pmc552@ual.es](mailto:pmc552@ual.es) – [asp884@ual.es](mailto:asp884@ual.es) – [mcmvic@ual.es](mailto:mcmvic@ual.es)

Presentado en eXIDO 2021



Este artículo ha sido publicado en inglés:

Learning Mathematics of Financial Operations during the COVID-19 Era: An Assessment with Partial Least Squares Structural Equation Modeling *Mathematics* **2021**, 9 (17), 2120; <https://doi.org/10.3390/math9172120>

### **RESUMEN**

La pandemia de Covid-19 ha afectado a todos los ámbitos de la vida, incluida la educación. Las universidades se han visto obligadas a impartir sus clases en un entorno semipresencial u online, lo que ha llevado a los profesores a adaptar sus metodologías tradicionales de enseñanza-aprendizaje. Los profesores de la asignatura Matemáticas de las Operaciones Financieras de la Universidad de Almería (España) han creado video-tutoriales para que los alumnos puedan pre-parar de forma autónoma la parte teórica de la asignatura, dejando las clases presenciales para los ejercicios prácticos. Este artículo pretende analizar la eficacia de los video-tutoriales y la autonomía que finalmente consiguen los alumnos en su aprendizaje. Para ello, se ha realizado un cuestionario en el que, a través de 21 preguntas, se han evaluado los constructos Autonomía, Eficacia, Profundidad, Formato, Reto y Uso. A partir de estas seis variables latentes, el modelo propuesto mediante la metodología de Modelización de Ecuaciones Estructurales por Mínimos Cuadrados Parciales (PLS-SEM) reveló que los estudiantes consideraban que el Formato y la Profundidad de los video-tutoriales eran cruciales para un aprendizaje realmente efectivo en su desempeño y para promover su autonomía. En cambio, las variables Reto y Uso fueron mal valoradas. Este artículo presenta un modelo de valoración original, que tiene la virtud de lograr una predicción del 78,6% y, además, tiene un alto poder predictivo.

**Palabras clave:** video-tutoriales, aprendizaje semipresencial, aprendizaje online, matemáticas financieras, Covid-19, autonomía, efectividad, PLS-SEM.

## **ABSTRACT**

The Covid-19 pandemic has affected all walks of life, including education. Universities have been forced to teach in a blended or online environment, which has led professors to adapt their traditional teaching-learning methodologies. The professors of the subject Mathematics of Financial Operations at the University of Almeria (Spain) have created video tutorials so that students can autonomously prepare the theoretical part of the subject, leaving the face-to-face classes for the practical exercises. This article aims to analyse the effectiveness of video tutorials and the autonomy finally achieved by students in their learning. For this purpose, a questionnaire was carried out in which, through 21 questions, the constructs Autonomy, Effectiveness, Depth, Format, Challenge and Use were assessed. Based on these six latent variables, the proposed model using the Partial Least Squares Structural Equation Modelling (PLS-SEM) methodology revealed that students considered the Format and Depth of the video tutorials crucial for genuinely effective performance learning and promoting their autonomy. On the other hand, the variables Challenge and Use were poorly rated. This article presents an original valuation model, which has the virtue of achieving a prediction of 78.6% and, in addition, has high predictive power.

**Keywords:** video tutorials; blended learning; online learning; financial mathematics; Covid-19; autonomy; effectiveness; PLS-SEM.

## **1. Introducción**

A estas alturas, se puede haber dicho prácticamente todo sobre la expansión mundial de la COVID-19 [1], aunque lamentablemente aún queda un largo camino para su erradicación definitiva [2]. Ironías del destino, la expansión global de esta pandemia siguió un patrón expansivo bastante similar al de la peste negra del siglo XIV, con la que presenta una serie de similitudes [3]. En cierto sentido, también es comparable con los efectos que la gripe española traería a las economías y sociedades mundiales a principios del siglo XX [4], frenando su crecimiento y paralizando drásticamente cualquier actividad humana. A pesar de que la Organización Mundial de la Salud decretó el 11 de marzo de 2020 que la COVID-19 era una pandemia mundial y advirtió previamente de la gravedad de su potencial amenaza [5], los mecanismos de alerta temprana fallaron inexplicablemente durante las dos primeras semanas de marzo de 2020 en todos los países, contribuyendo a la propagación de la pandemia por todo el mundo.

Independientemente de la complejidad de este problema, las actividades humanas esenciales, como la educación, no podían cesar en ningún caso, por lo que los poderes públicos adoptaron diferentes medidas para combatir el brote, a la vez que intentaban garantizar la continuidad, en la medida de lo

posible, de la vida cotidiana anterior a la pandemia. En este contexto, el Gobierno español optó por declarar el Estado de Emergencia [6], garantizando la no interrupción de la educación a partir de su instrucción online.

Una de las asignaturas clave en el desarrollo integral de los estudiantes son las matemáticas [7], tal y como señalan Inglis y Foster [8] en su perspectiva semi-centenaria. Sin embargo, la entrada en escena del COVID-19 ha supuesto una redefinición de la relación alumno-profesor antes de la pandemia [9]. De ahí que la enseñanza de este campo de conocimiento ante el escenario actual haya sido denominada como una "Desventaja Histórica" por Chirinda *et al.* [10]. En efecto, frente a épocas muy recientes en las que la evaluación del apoyo al aprendizaje de las matemáticas sólo podía tener en cuenta la modalidad presencial en la enseñanza diaria [11], las dificultades provocadas por la pandemia han representado un fenómeno disruptivo respecto a la enseñanza tradicional y, más aún, en la enseñanza de las matemáticas, ya que ha dado lugar no sólo a la decisión cuasi-obligada de optar por la enseñanza online, sino también a la implantación de prácticamente cualquier elemento de apoyo procedente de las nuevas tecnologías [12]. En este sentido, la enseñanza online de las matemáticas se ha introducido con éxito en todas las etapas o ciclos educativos como la Educación Primaria [13], la Educación Secundaria [10,12,14-16], o en el ámbito universitario, donde se pueden encontrar este tipo de iniciativas en todo el mundo en sistemas universitarios de países geográficamente distantes y socioculturalmente heterogéneos, como Estados Unidos [17], Indonesia [18], Sudáfrica [19] o Eslovaquia [20]. Evidentemente, de estos hechos se deduce que la enseñanza de las matemáticas a partir de la llegada del COVID-19 se limitará probablemente a la enseñanza automatizada, de modo que los humanos tendrán que limitarse a interactuar con todo tipo de medios tecnológicos [21].

Precisamente las universidades españolas tomaron este camino tras la promulgación del Estado de Excepción [6], bajo el cual el profesorado en su conjunto tuvo que hacerse cargo de la situación de urgencia, al igual que sus colegas de otras latitudes, realizando su docencia vía online y aplicando como recursos docentes todos los medios tecnológicos disponibles a su alcance. En este contexto se subsumió el Departamento de Economía y Empresa de la Universidad de Almería, España, cuando fue necesario no cesar el proceso educativo, por lo que se decidió elaborar video-tutoriales de apoyo a la implantación de la asignatura *Matemáticas de las Operaciones Financieras*, parte de la cual se impartía online.

Así, al finalizar el curso académico 2020-2021, se distribuyó un cuestionario online estrictamente anónimo entre todo el alumnado. Los profesores pretendían analizar el impacto de los video-tutoriales, elaborados *ad hoc*, en el rendimiento final de los alumnos de esta disciplina académica. Esta encuesta se diseñó teniendo en cuenta las tres dimensiones elementales esquematizadas por Glass y Sue, haciendo hincapié en las preferencias del alumno, la satisfacción y el grado de autoaprendizaje [22]. Todas las encuestas fueron tabuladas y modeladas según la metodología de Modelización de Ecuaciones Estructurales por Mínimos Cuadrados Parciales (también conocida como PLS-SEM) [23-25], un conjunto de procedimientos que derivan de tres

líneas de investigación anteriores: los modelos iterativos orientados a la obtención de soluciones para modelos monocomponentes, multicomponentes y correlaciones canónicas [26], el algoritmo de mínimos cuadrados parciales iterativos no lineales (NIPALS) [27] y otros modelos preexistentes que optaron por la inclusión de variables latentes [28].

Aunque el ámbito de aplicación inicial de esta metodología se centró en el marketing [28], hoy en día se aplica a múltiples áreas de la Economía y la Empresa [29], como las finanzas [30] o la Contabilidad de Gestión [25], y a otros dominios del conocimiento como las Ciencias de la Información [31], en base a su versatilidad y flexibilidad. Se ha configurado, según Hair *et al.* [32], como una "varita mágica" de la Investigación Cuantitativa que puede ser utilizada tanto con fines exploratorios como predictivos, siendo especialmente fiable a la hora de validar modelos o verificar hipótesis [31]. La mayoría de los trabajos que han analizado previamente la incidencia de los vídeos explicativos en el proceso de aprendizaje de las matemáticas parten de una perspectiva puramente exploratoria [18]. Sin embargo, nuestro trabajo aplica también una dimensión predictiva, ya que el modelo obtenido se ha ajustado de forma óptima a la muestra empleada mediante la metodología PLS-SEM. Hasta donde sabemos, este enfoque ha sido utilizado por primera vez en el análisis de un cuestionario relacionado con el desempeño de la enseñanza de las matemáticas durante la época del COVID-19, destacando una valoración eminentemente positiva por parte de los alumnos que consideran que los video-tutoriales han sido útiles para acortar sus horas de estudio, primando factores como el aspecto visual y el formato de los vídeos producidos por los profesores encargados de esta inolvidable experiencia piloto.

Esta investigación se ha estructurado de la siguiente manera: en primer lugar, el apartado 2 contextualiza las repercusiones y efectos del empleo de los video-tutoriales en el proceso de enseñanza-aprendizaje contemporáneo, estableciendo las hipótesis implicadas en esta investigación. A continuación, el apartado 3 define el conjunto de datos y la escala utilizados y los constructos e indicadores elaborados, definiendo las interrelaciones existentes entre las distintas variables. Posteriormente, la sección 4 recoge los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología PLS-SEM sobre el conjunto de datos de partida, finalizando con las secciones 5 y 6, en las que se detallan las principales discusiones y conclusiones alcanzadas a la luz de este manuscrito.

## **2. Antecedentes teóricos**

El progreso tecnológico es una realidad en el ámbito de la enseñanza superior, sobre todo desde la pandemia del COVID-19. La mayoría de las universidades han pasado a utilizar entornos de aprendizaje en línea para sustituir las clases presenciales [33]. El concepto de *e-learning* es el uso de las nuevas tecnologías e Internet para mejorar la calidad del aprendizaje, facilitando el acceso a los recursos, así como los intercambios y la colaboración a distancia [34].

En la actualidad, la tecnología se utiliza principalmente en entornos virtuales y asíncronos, mientras que su inclusión con las clases presenciales se conoce

como *blended learning*. Centrándonos en el uso de vídeos asíncronos, la literatura existente ha mostrado sus ventajas [33]. En general, los video-tutoriales tienden a tener un efecto positivo en el rendimiento de los estudiantes. En este sentido, los vídeos mejoran la motivación y la autonomía de los estudiantes [35] y les permiten regular su carga de trabajo volviendo a ver las clases en cualquier momento [36].

### *2.1. Impacto de los video-tutoriales en la eficacia*

La eficacia de los vídeos depende de varios factores [37]. De acuerdo con la teoría cognitiva del aprendizaje multimedia, es decir, el modo en que el aprendizaje multimedia afecta a los procesos cognitivos de los estudiantes en lo que respecta a la asimilación de conocimientos [38], los estudiantes necesitan procesar activamente la información entrante para que se produzca el aprendizaje. En este sentido, los estímulos visuales (como una imagen en la pantalla) y verbales (la voz del profesor) se abordan por separado en dos canales. Se ha demostrado empíricamente que las entradas de vídeo y audio aumentan simultáneamente el compromiso del alumno y, por tanto, conducen a un mejor rendimiento [39-41].

Además, hay que tener en cuenta que, dado que la capacidad humana para atender a toda la información presentada es limitada, un exceso de información inhibe la adquisición de conocimientos por parte del alumno. Varios autores [40,42] destacan que la presencia del instructor no consigue necesariamente un mayor compromiso, satisfacción y aprendizaje percibido en los alumnos. Otros autores [39,43] afirman que no existe un formato óptimo para los video-tutoriales.

Además, la disponibilidad de video-tutoriales, en los que se puede repetir su visualización (por ejemplo, rebobinando conceptos complejos), recuperando las clases perdidas, es una ventaja positiva para el proceso de aprendizaje del alumno [44,45]. En este sentido, Koumi [46] expone: "El vídeo por sí mismo no resultará eficaz y no alcanzará este potencial si está mal diseñado". Los vídeos deben ser pedagógicamente eficaces para lograr el aprendizaje de los alumnos. Por lo tanto, tienen que estar diseñados para el compromiso cognitivo y la reflexión constructiva [47]. Sin embargo, como se señala en el estudio empírico realizado por Miner & Stefaniak [48], el vídeo no debe sustituir a la enseñanza directa, siendo un complemento de la misma. Siguiendo esta línea, Means, Toyama, Murphy y Baki [49] demostraron que un método de aprendizaje mixto es más eficaz que las clases totalmente presenciales. Sin embargo, encontraron niveles similares de efectividad entre las clases puramente online y las presenciales.

Sobre la base de este entendimiento, proponemos las siguientes hipótesis:

- H1: El formato está relacionado positivamente con la eficacia.
- H2: El uso está relacionado positivamente con la eficacia.

La eficacia de los vídeos se basa en el conocimiento profundo [50,51]. La aplicación de técnicas de *e-learning* en el ámbito de las matemáticas aumenta la memorización, la comprensión y la interiorización de los contenidos [52]. Así,

es importante destacar que "no basta con que los alumnos reproduzcan fielmente los conocimientos, sino que deben dominar la estructura y las interrelaciones existentes y dar coherencia a los conocimientos" [37].

En este sentido, la comprensión en profundidad mediante el uso de métodos de investigación y el pensamiento reflexivo y crítico está relacionada con la eficacia del aprendizaje [37]. Según Dede [53], un método asíncrono desarrolla el pensamiento reflexivo de los estudiantes, mejorando el proceso de aprendizaje [54]. Del mismo modo, para conseguir eficacia en el proceso de aprendizaje, es esencial implementar tareas de aprendizaje de naturaleza desafiante. Los problemas complejos que requieren un pensamiento divergente pueden mejorar la creatividad y forjar relaciones y conexiones significativas en el aprendizaje [37].

Basándonos en lo anterior, proponemos las siguientes hipótesis:

- H3: La profundidad está relacionada positivamente con la eficacia.
- H4: El reto está relacionado positivamente con la eficacia.

## *2.2. Impacto de los video-tutoriales en la autonomía*

La autonomía del alumno es la capacidad de controlar su propio aprendizaje definiendo los objetivos, las estrategias de conocimiento y la evaluación de su desarrollo. En el aprendizaje electrónico, en el que la intervención del profesor no es directa, la motivación, el entorno, las tareas, los educadores y los materiales desempeñan un papel esencial para que los alumnos aprendan de forma autónoma [55].

Como hemos mencionado anteriormente, el uso del formato de videotutoriales promueve la autonomía del estudiante [35]. En concreto, el formato de vídeo da a los estudiantes la posibilidad de elegir cuándo participar, lo que se percibe como una herramienta que aumenta el grado de autonomía del estudiante [56]. Estos resultados están en consonancia con [57], donde se indica que los vídeos son eficaces cuando permiten el aprendizaje autónomo, utilizan una instrucción multimedia vívida y mejoran la comunicación profesor-alumno [48].

Normalmente, los métodos de e-learning tienen un impacto positivo porque favorecen la autorregulación, y los estudiantes desarrollan sus propios procesos de aprendizaje [58]. Como dicen Moreno-Guerrero *et al.* [52], "la autonomía es la dimensión en la que existe un mayor contraste al comparar el método expositivo-tradicional con el método e-learning. Este hecho puede deberse principalmente a que el método e-learning favorece la autorregulación del aprendizaje". La autonomía en el aprendizaje permite a cada alumno ahorrar tiempo de estudio gestionando su ritmo y espacio para adaptarse a sus necesidades educativas. Así, la eficacia del aprendizaje está relacionada con la autonomía [55].

Basándonos en la bibliografía mencionada, proponemos las siguientes hipótesis:

- H5: El formato está relacionado positivamente con la autonomía.
- H6: La eficacia está relacionada positivamente con la autonomía.

El pensamiento reflexivo y crítico conduce a una formación profunda. En este sentido, la implicación de los alumnos al utilizar los video-tutoriales, combinada con la autoevaluación en la que pueden aprender de sus propios errores, implica que el aprendizaje en profundidad se asocia a una mejora de la motivación y la autonomía [59].

Moreno-Guerrero *et al.* [52] también demostraron que estas técnicas favorecen la implicación de los estudiantes, aumentando su participación e interés en los contenidos, mientras que el profesor se convierte en un guía. Además, comprobaron que los video-tutoriales influyen directamente en la autonomía y, del mismo modo, pueden conducir a la adquisición de conceptos y resultados matemáticos. En este sentido, la autonomía permite a los estudiantes coordinar las actividades a desarrollar para lograr un aprendizaje efectivo de los conceptos, dando lugar al reto formativo.

De este modo, se proponen las siguientes hipótesis:

- H7: El reto está relacionado positivamente con la autonomía.
- H8: La profundidad está relacionada positivamente con la autonomía.

### 2.3. Efectos moderadores

Estudios anteriores demuestran que la eficacia de los vídeos está influida por una serie de características: profundidad, reto, formato y uso. Sin embargo, estos estudios no recogen el vaivén de la eficacia en la relación entre los anteriores constructos y la autonomía de los alumnos. En este sentido, nos referimos al efecto moderador de la eficacia.

Existe una gran cantidad de literatura que demuestra que variables como el género [60,61], el contexto educativo [62], el formato [49] o la disciplina de estudio [63] tienen un efecto moderador sobre la eficacia de los cursos en línea y el aprendizaje combinado.

Del mismo modo, existe una gran cantidad de investigaciones de meta-análisis que incluyen varios posibles moderadores de la eficacia de los vídeos. Por ejemplo, Van Alten, Phielix, Janssen y Kester [64] y Spanjers *et al.* [65] descubrieron que la inclusión de características de diseño como cuestionarios, actividades de clase o tareas en grupos pequeños aumenta la eficacia de las sesiones. Müller & Mildemberger [66] analizaron como efectos moderadores la investigación educativa, la condición de estudio (estudio, nivel) y los métodos, encontrando diferencias en la efectividad entre las clases mixtas y las convencionales. Por su parte, Means *et al.* [49] incluyeron varias variables moderadoras para explicar las diferencias en los resultados entre el aprendizaje en línea y los entornos presenciales. Müller y Mildemberger [66] también revelaron resultados moderadores similares. No encontraron un efecto significativo de estas variables. Vo *et al.* [63] comprobaron los efectos moderadores de las disciplinas y el método de evaluación final sobre los resultados de los estudiantes. Las disciplinas STEM tuvieron un impacto más significativo en los resultados de los estudiantes.

En consecuencia, hipotetizamos sobre la existencia de efectos moderadores derivados de la eficacia en el aprendizaje de las Matemáticas Financieras.

Teniendo en cuenta estos estudios, postulamos las siguientes hipótesis:

- H9: La eficacia modera positivamente la relación entre el formato y la autonomía.
- H10: La eficacia modera positivamente la relación entre la profundidad y la autonomía.
- H11: La eficacia modera positivamente la relación entre Desafío y Autonomía.

### 3. Materiales y Métodos

Los datos utilizados en la parte empírica de este trabajo son primarios, ya que se obtuvieron mediante una encuesta directa a los estudiantes.

Los autores son profesores de la asignatura *Matemáticas de las Operaciones Financieras*, correspondiente al segundo curso del *Grado en Finanzas y Contabilidad* de la Universidad de Almería, en España. Durante el curso académico 2020-2021, la asignatura estaba programada para impartirse de forma semipresencial, aunque finalmente se impartió íntegramente online debido a la pandemia provocada por la COVID-19. Sin embargo, siguiendo el espíritu inicial de la enseñanza semipresencial, la mitad de las clases teóricas online se impartieron en modo asíncrono, y el resto de las clases, incluidas las prácticas, en modo síncrono.

Con el software Camtasia 2020, los profesores grabaron video-tutoriales sobre los contenidos teóricos de la asignatura. Al final del curso, se envió un cuestionario anónimo a los alumnos, con la intención de conocer su opinión sobre el proceso de aprendizaje con video-tutoriales. Se analizaron un total de 6 variables latentes (*constructos*), todas ellas consideradas compuestas, y medidas por entre 2 y 5 variables manifiestas (*indicadores*), que indican diferentes dimensiones del constructo. La Tabla 1 resume todas las variables analizadas: constructos e indicadores correspondientes.

Se consideraron un total de 21 indicadores, todos ellos medidos en una escala Likert de 1 a 7, como se muestra en la Tabla 2. El constructo Eficacia se estimó en modo reflexivo, considerando la covariación de sus indicadores. Sin embargo, el resto de los constructos se estimaron en modo formativo, considerando una relación causal de los indicadores sobre el constructo.

**Tabla 1.** Constructos e indicadores

Constructo	Indicador	Descripción
Autonomía (Formativo)	A1	Los video-tutoriales favorecen mi aprendizaje autónomo
	A2	Los video-tutoriales me ayudan a gestionar mejor mi tiempo de estudio
	A3	Los video-tutoriales me permiten resolver dudas sin necesidad de asistir a tutorías presenciales
Uso (Formativo)	U1	El tiempo que he pasado estudiando con video-tutoriales ha sido suficiente y apropiado
	U2	Estimo que he pasado más tiempo que mis compañeros estudiando con video-tutoriales



Reto (Formativo)	R1	Los video-tutoriales me ayudan a establecer relaciones significativas entre las diferentes partes de la materia
	R2	Los video-tutoriales me ayudan a coordinar las actividades a desarrollar para lograr un aprendizaje efectivo de los conceptos
	R3	Los video-tutoriales me ayudan a buscar soluciones o perspectivas alternativas
	R4	Los video-tutoriales me ayudan a ser más creative en la búsqueda de soluciones
Efectividad (Reflexivo)	E1	Los video-tutoriales me han ayudado a aprender la materia
	E2	Los video-tutoriales me han ayudado a conocer mejor la materia
	E3	Los video-tutoriales me han ayudado a ahorrar tiempo en el estudio de la materia
Profundidad (Formativo)	P1	Los video-tutoriales me ayudan a usar métodos de indagación e investigación
	P2	Los video-tutoriales me ayudan a tener una comprensión más profunda de los conceptos e ideas fundamentales
	P3	Los video-tutoriales me ayudan a relacionar los conceptos fundamentales de la materia
	P4	Los video-tutoriales me ayudan a desarrollar el pensamiento crítico y reflexivo
Formato (Formativo)	F1	Prefiero que los video-tutoriales sean desarrollados por varios profesores más que por un solo profesor
	F2	La extensión de la material cubierta en cada video-tutorial es adecuada
	F3	La longitud de cada video-tutorial es adecuada
	F4	Considero que el aspecto visual (diseño, tamaño de letra, etc.) de los video-tutoriales es atractivo y claro
	F5	Considero que las explicaciones de los video-tutoriales son claras y precisas

**Table 2.** Likert scale

Valor	Significado
1	Completamente en desacuerdo
2	Bastante en desacuerdo
3	En desacuerdo
4	Ni de acuerdo ni en desacuerdo (neutral)
5	De acuerdo

6	Bastante de acuerdo
7	Completamente de acuerdo

---

Se consideraron tres indicadores para medir la *autonomía* conseguida por el alumno con el uso de los video-tutoriales: refuerzo del aprendizaje autónomo (A1), mejora en la gestión del tiempo de estudio (A2) y posibilidad de resolver dudas sin necesidad de asistir a las tutorías presenciales (A3). Hay que tener en cuenta que la enseñanza semipresencial requiere que los alumnos compensen con su capacidad autónoma la presencia del profesor en una parte más o menos extensa del curso.

El nivel de *efectividad* de los video-tutoriales se traducirá en el grado de autonomía alcanzado por el alumno. Si los video-tutoriales son útiles para el aprendizaje de la asignatura (E1), si ayudan a comprender mejor los contenidos (E2), y si ahorran tiempo en el estudio (E3), serán más efectivos.

A su vez, el tiempo que el alumno ha dedicado a los video-tutoriales, tanto de forma individual (U1) como en relación con los compañeros (U2), determina su *Uso*, que influirá en la efectividad.

Si los video-tutoriales suponen un reto para el alumno, deben fomentar su autonomía. Los video-tutoriales serán un *Reto* cuando les ayuden a relacionar la materia de forma significativa (R1), a coordinar las actividades de aprendizaje a desarrollar (R2), a buscar perspectivas alternativas (R3) y a ser creativos en la búsqueda de soluciones (R4).

La *profundidad de los video-tutoriales* favorecerá la autonomía del alumno. Un video-tutorial será profundo cuando conduzca al cuestionamiento y al uso de métodos de investigación (P1); ayude a profundizar en la comprensión de conceptos e ideas fundamentales (P2), a relacionar conceptos fundamentales (P3) y a desarrollar el pensamiento crítico y reflexivo (P4).

Por último, el *Formato* de los video-tutoriales, es decir, la forma en que están realizados, también influirá en la autonomía del alumno. En este sentido, la variedad o no de los profesores que aparecen en ellos (F1), la extensión de la materia tratada en cada video-tutorial (F2), su duración (F3), su aspecto visual (F4) y la claridad y precisión de las explicaciones (F5) serán determinantes en el aprendizaje del alumno y, en definitiva, en la autonomía alcanzada.

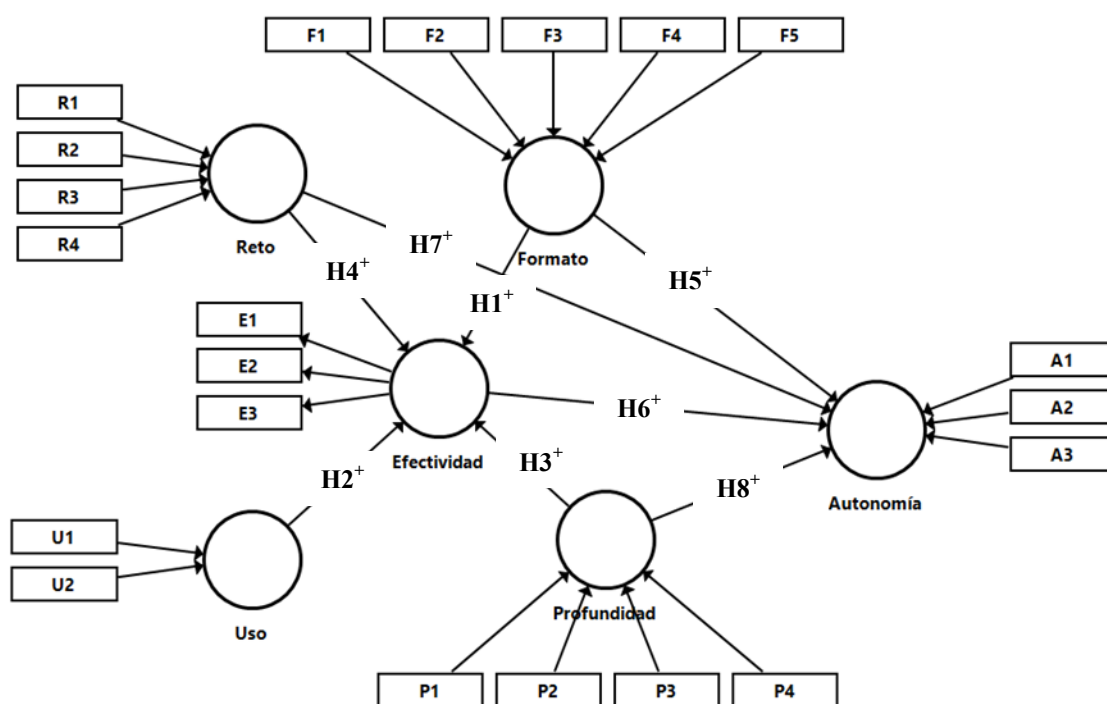
La figura 1 muestra todas las variables del estudio desarrolladas y las relaciones entre ellas derivadas de las hipótesis descritas anteriormente, es decir, el modelo conceptual de investigación conocido como nomograma.

Las relaciones entre cada constructo y sus indicadores constituyen lo que se conoce como modelo de *medición*. Las relaciones entre los distintos constructos constituyen el modelo *estructural*. La evaluación de ambos modelos se llevó a cabo mediante la metodología estadística de *Modelización de Ecuaciones Estructurales por Mínimos Cuadrados Parciales* (PLS-SEM), implementada por el software *SmartPLS* (v .3.3.2.) [67].

PLS-SEM no requiere que los datos tengan una distribución normal, ya que utiliza una técnica *bootstrap* no paramétrica para probar la significación de los coeficientes [68-70]. En este análisis, se consideraron 10.000 muestras con reemplazo.

La evaluación del modelo de medición requiere un tratamiento diferente en los constructos de tipo reflexivo y formativo. Para evaluar el compuesto reflexivo es necesario contrastar la fiabilidad de cada uno de sus tres indicadores, así como la fiabilidad del constructo y su validez convergente y discriminante. Por otra parte, la evaluación del compuesto formativo implica el estudio de la multicolinealidad entre los distintos indicadores, así como la relevancia y significación de los pesos de cada indicador.

Por otra parte, la evaluación del modelo estructural implica determinar la ausencia de problemas de colinealidad entre los constructos; evaluar el signo, la magnitud y la significación estadística de los coeficientes de las relaciones; evaluar los tamaños del efecto y, por último, determinar el poder predictivo dentro de la muestra mediante el procedimiento de *blindfolding*. Además, el poder predictivo fuera de la muestra se analizará utilizando muestras *holdout* [71].



**Hipótesis de mediación:**

**H9<sup>+</sup>:** Formato → Efectividad → Autonomía

**H10<sup>+</sup>:** Profundidad → Efectividad → Autonomía

**H11<sup>+</sup>:** Reto → Efectividad → Autonomía

**Figura 1.** Modelo de investigación e hipótesis. R: Reto, U: Uso, E: Efectividad, F: Formato, P: Profundidad, A: Autonomía.

El número de observaciones necesarias para alcanzar niveles aceptables de potencia estadística en PLS-SEM y un modelo de medición de la calidad es de 100 [72]. Por otra parte, considerando un tamaño del efecto medio de 0,15, un

nivel de significación de 0,05 y una potencia estadística de 0,8, utilizando el software estadístico G\*Power (v. 3.1.9.6., Kiel, Alemania) [73] para el modelo propuesto, el tamaño de muestra necesario es de 85. Por lo tanto, dado que se obtuvieron 111 respuestas en el estudio, la muestra considerada fue adecuada.

## 4. Resultados

El cuadro 3 muestra los principales estadísticos descriptivos de la muestra. La opinión de los estudiantes ha sido muy variada, ya que todos los indicadores, excepto cuatro, cubren el rango completo entre 1 y 7. La valoración de los alumnos sobre los video-tutoriales es positiva, ya que la puntuación media supera el 4. Sólo está por debajo de 4, con un valor de 3,937, su valoración del tiempo de uso (U2). Los alumnos consideran que han dedicado menos tiempo que sus compañeros a estudiar con los video-tutoriales.

**Tabla 3.** Estadísticos descriptivos

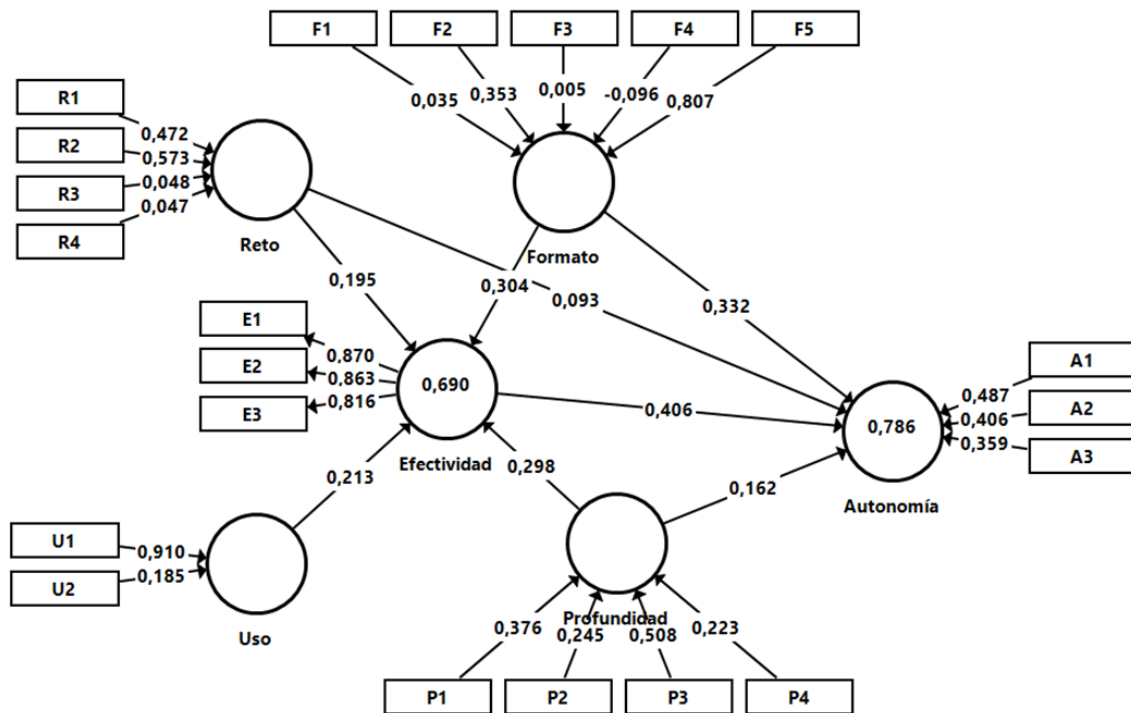
Construir	Indicador	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Autonomía (Formativo)	A1	4.982	1.395	1	7
	A2	4.766	1.571	1	7
	A3	4.216	1.365	1	7
Uso (Formativo)	U1	4.568	1.313	1	7
	U2	3.937	1.247	1	7
Reto (Formativo)	R1	4.943	1.262	1	7
	R2	4.811	1.346	1	7
	R3	4.649	1.205	1	7
	R4	4.423	1.399	1	7
Efectividad (Reflectivo)	E1	5.144	1.321	1	7
	E2	4.901	1.342	1	7
	E3	4.360	1.553	1	7
Profundidad (Formativo)	P1	4.261	1.250	1	7
	P2	4.622	1.440	1	7
	P3	5.054	1.184	2	7
	P4	4.577	1.220	1	7
Formato (Formativo)	F1	4.342	1.679	1	7
	F2	5.036	1.287	2	7
	F3	4.937	1.232	1	7
	F4	5.622	1.163	3	7
	F5	5.054	1.199	2	7

Tamaño de la muestra: 111 entrevistas.

Con una media de 5,622 y un valor mínimo de 3, el aspecto mejor valorado fue el visual, considerando que los video-tutoriales son atractivos y claros. El

constructo mejor valorado, en general, y con un menor rango de variación, fue el Formato, indicando que el diseño de los video-tutoriales por parte de los profesores era adecuado.

La figura 2 muestra una visión global de los modelos de medición y estructural.



**Figura 2.** Resultados del modelo.

#### 4.1. Modelo de medición

El cuadro 4 muestra los resultados correspondientes a la evaluación del modelo de medición.

**Tabla 4.** Valoración del modelo de medida

<b>Panel A. Constructo reflexivo (Efectividad)</b>				
<b>Panel A1. Cargas externas</b>				
<b>Indicador</b>	<b>Carga <math>\lambda</math></b>	<b>( CI 2,5%</b>	<b>CI 97,5%</b>	<b>Valor p</b>
E1	0.870	0.808	0.913	0.000
E2	0.863	0.795	0.913	0.000
E3	0.816	0.735	0.871	0.000

Panel A2. Fiabilidad del constructo y varianza extraída media							
Criterio	Valor	CI 2,5%	CI 97,5%	Valor p			
Alfa de Cronbach	0.807	0.734	0.860	0.000			
Rho de Dijkstra-Henseler	0.809	0.739	0.864	0.000			
Fiabilidad de los compuestos	0.886	0.849	0.915	0.000			
AVE	0.722	0.653	0.782	0.000			
Panel A3. Validez discriminante (criterio de Fornell-Larcker)							
Constructo	Autonomía	Reto	Profund.	Efectiv.	Formato	Uso	
Autonomía	n.d.						
Reto	0.739	n.d.					
Profundidad	0.751	0.751	n.d.				
Efectividad	0.826	0.725	0.746	0.850			
Formato	0.784	0.693	0.649	0.696	n.d.		
Uso	0.447	0.448	0.492	0.537	0.298	n.d.	
Panel B. Constructos formativos							
Constructo	Ind.	VIF	Peso	CI 2,5%	CI 97,5%	t	Carga
Autonomía	A1	1.67	0.487***	0.316	0.644	5.746	0.878**
	A2	1.36	0.406***	0.250	0.569	4.966	0.766**
	A3	1.35	0.359***	0.200	0.504	4.652	0.730**
Uso	U1	1.19	0.910***	0.647	1.059	8.386	0.986**
	U2	1.19	0.185ns	-0.189	0.546	0.983	0.556**
Reto	C1	1.77	0.472***	0.245	0.680	4.261	0.876**
	C2	1.95	0.573***	0.354	0.763	5.540	0.919**
	C3	1.89	0,048ns	-0.203	0.292	0.377	0.608**
	C4	2.04	0,047ns	-0.202	0.298	0.367	0.646**
Profundidad	D1	1.72	0.376***	0.165	0.605	3.335	0.687**
	D2	1.73	0.245**	0.007	0.445	2.201	0.727**
	D3	1.69	0.508***	0.312	0.728	4.788	0.807**
	D4	1.81	0.223**	0.020	0.406	2.239	0.684**
Formato	F1	1.12	0,035ns	-0.120	0.181	0.457	0.236*
	F2	1.58	0.353***	0.084	0.593	2.686	0.744**
	F3	1.60	0,005ns	-0.213	0.238	0.043	0.534**
	F4	1.35	-0,096ns	-0.291	0.099	0.955	0.388**
	F5	1.79	0.807***	0.566	0.982	7.585	0.945**

n.a. significa no aplicable; <sup>ns</sup> significa no significativo; <sup>\*\*</sup>valor p < 0,05; <sup>\*\*\*</sup> valor p < 0,01.

En primer lugar, el Panel A muestra los datos de validación del constructo reflexivo, Efectividad. Los indicadores del constructo son válidos cuando sus cargas ( $\lambda$ ) son  $\geq 0,707$  [74], lo que se verifica en E1, E2 y E3 (Panel A1), e implica que la varianza compartida entre el constructo y sus indicadores es mayor que la varianza debida al error. La comunalidad de los indicadores ( $\lambda^2$ ) indica que su variación es explicada entre el 66,59% y el 75,69% por el constructo.

Por otro lado, la fiabilidad del constructo o consistencia interna está garantizada siempre que el coeficiente alfa de Cronbach, la fiabilidad compuesta [75] y el Rho de Dijkstra-Henseler (panel A2) sean  $\geq 0,7$  [76]. En este estudio, se encontró una fiabilidad más estricta, con valores  $> 0,8$ , que corresponden a etapas de investigación más avanzadas [77]. Además, los intervalos de confianza del 95%, obtenidos con un *bootstrapping* de 10.000 muestras, verificaron que el límite inferior es  $> 0,7$  y el límite superior es  $< 0,95$  [71].

Además, la validez convergente viene determinada por la varianza media extraída (AVE), que debe ser  $\geq 0,5$  [78]. En este caso, la eficacia explica, por término medio, el 72,2% de la varianza de los indicadores.

Por último, la validez discriminante de la Efectividad se comprueba mediante el Criterio de Fornell-Larcker (Panel A3), según el cual la raíz cuadrada del AVE (0,850, resaltado en negrita en la diagonal) debe ser mayor que la correlación del constructo con el resto de los constructos (los valores situados horizontal y verticalmente en la misma línea) [23].

En segundo lugar, el panel B refleja los resultados de la evaluación de los constructos formativos. Todos los factores de inflación de la varianza son  $< 3$ , por lo que no hay problemas de colinealidad entre los indicadores [71,79]. Es importante señalar que el valor de las ponderaciones indica la contribución del indicador al constructo correspondiente. Los seis indicadores con pesos no significativos permanecieron en el modelo: U2, R3, R4 y F3 tenían cargas  $> 0,5$ ; F1 y F4, cuyas cargas eran  $< 0,5$ , mostraron cargas significativas [23]. Los indicadores más valorados en cada variable latente fueron A1, U1, R2, P3 y F5.

#### 4.2. Modelo estructural

La Tabla 5 presenta los principales parámetros relacionados con la evaluación del modelo estructural. Todos los valores del VIF son  $\leq 3$ , por lo que el modelo no presentó problemas de colinealidad [71]. Cabe señalar que, dado que los coeficientes de trayectoria se muestran como valores estandarizados, sus posibles valores oscilan entre +1 y -1. En este caso, se consideró un *bootstrapping* de una cola para probar las hipótesis con su correspondiente signo [80]. De acuerdo con los últimos requisitos, el número de muestras consideradas fue de 10.000 [81].

**Tabla 5.** Valoración del modelo estructural

<b>Panel A. Efectos directos</b>						
	<b>Efecto</b>	<b>t</b>	<b>CI 5%</b>	<b>CI 95%</b>	<b>f<sup>2</sup></b>	<b>VIF</b>
Reto→Autonomía	0,093 <sup>ns</sup>	1.040	-0.053	0.240	0.014	2.930
Profundidad→Autonomía	0.162**	2.103	0.042	0.295	0.043	2.894
Efectividad→Autonomía	0.406***	3.522	0.228	0.609	0.266	2.909
Formato→Autonomía	0.332***	3.430	0.161	0.479	0.224	2.300
Reto→Efectividad	0.195**	1.971	0.040	0.366	0.043	2.831
Profundidad→Efectividad	0.298***	3.238	0.137	0.439	0.106	2.680
Formato→Efectividad	0.304***	3.485	0.168	0.455	0.142	2.096

Uso→ Efectividad	0.213***	2.835	0.088	0.338	0.108	1.358
------------------	----------	-------	-------	-------	-------	-------

**Panel B. Efectos indirectos**

	Efecto	t	CI 5%	CI 95%
Reto→Autonomía	0.079*	1.546	0.013	0.180
Profundidad→Autonomía	0.121***	2.522	0.047	0.202
Formato→Autonomía	0.124**	2.182	0.050	0.234
Uso→ Autonomía	0.087***	2.772	0.035	0.138

**Panel C. Efectos totales**

	Efecto	t	CI 5%	CI 95%
Reto→Autonomía	0.172**	1.956	0.033	0.323
Profundidad→Autonomía	0.283***	3.725	0.163	0.410
Efectividad→Autonomía	0.406***	3.522	0.228	0.609
Formato→Autonomía	0.455***	6.055	0.329	0.578
Uso→ Autonomía	0.087***	2.772	0.035	0.138
Reto→Efectividad	0.195**	1.971	0.040	0.366
Profundidad→Efectividad	0.298***	3.238	0.137	0.439
Formato→Efectividad	0.304***	3.485	0.168	0.455
Uso→ Efectividad	0.213***	2.835	0.088	0.338

Los resultados mostraron que el Formato, el Uso y la Profundidad influyeron positivamente en la Efectividad con un nivel de significación del 99% ( $p = 0,001$ ,  $0,000$  y  $0,002$ , respectivamente), mientras que el Reto lo hizo al 95% ( $p = 0,024$ ), lo que confirmó las hipótesis H1, H2, H3 y H4. Asimismo, el Formato y la Efectividad influyeron positivamente en la Autonomía, con un nivel de significación del 99% ( $p = 0,000$  en ambos casos), mientras que la Profundidad lo hizo al 95% ( $p = 0,018$ ) y el Reto no presentó una influencia significativa ( $p = 0,149$ ), por lo que se confirmaron las hipótesis H5, H6 y H8, pero no se confirmó la hipótesis H7.

En cuanto a las hipótesis de mediación, los efectos indirectos indican que se verificó una mediación parcial de la Efectividad entre la Profundidad y la Autonomía, con un nivel de significación del 99% ( $p = 0,006$ ), verificando así la hipótesis H10. Asimismo, la Efectividad ejerció una mediación parcial, con una significación del 95% ( $p = 0,015$ ), entre el Formato y la Autonomía, verificando la hipótesis H9. Además, con una significación del 90% ( $p = 0,061$ ), la Efectividad medió totalmente entre Desafío y Autonomía, validando la hipótesis H11.

Por último, el Uso ejerció una influencia positiva y significativa sobre la Autonomía a través de la Eficacia, con una significación del 99% ( $p = 0,003$ ).

El coeficiente de determinación  $R^2$  da la varianza explicada de las variables dependientes latentes. El cuadro 6 muestra la parte de esa varianza que explica cada constructo precedente.

**Tabla 6.** Descomposición de la varianza explicada

Variable dependiente	$R^2$	Variables antecedentes	Coeficientes path	Correlaciones	Varianza explicada
----------------------	-------	------------------------	-------------------	---------------	--------------------



Autonomía	0.786	Reto	0.093	0.739	0.069
		Profundidad	0.162	0.751	0.122
		Efectividad	0.406	0.826	0.336
		Formato	0.332	0.784	0.260
Efectividad	0.690	Reto	0.195	0.725	0.142
		Profundidad	0.298	0.746	0.222
		Formato	0.304	0.696	0.212
		Uso	0.213	0.537	0.114

La eficacia se explicó en un 69%, y los constructos que más contribuyeron fueron Profundidad (22,2%) y Formato (21,2%), seguidos de Reto (14,2%) y Uso (11,4%). En cuanto a la última variable dependiente, Autonomía, el modelo explicó el 78,6% de su varianza. En este caso, el constructo más influyente fue la Efectividad (33,6%), seguido de Formato (26%), Profundidad (12,2%) y Reto (6,9%). Por tanto, el poder explicativo del modelo es sustancial [23,82].

El valor de  $f^2$  da el tamaño del efecto de los constructos exógenos sobre los constructos endógenos. Considerando que  $0,02 \leq f^2 < 0,15$  es un efecto pequeño, que  $0,15 \leq f^2 < 0,35$  es un efecto moderado, y que  $f^2 \geq 0,35$  es un efecto grande [83], se encontró que las variables latentes Efectividad y Formato ejercen un efecto moderado sobre Autonomía ( $f^2 = 0,266$  y  $0,224$ , respectivamente), mientras que el resto de los efectos resultaron ser pequeños. Por último, la relevancia predictiva dentro de la muestra de la Efectividad (constructo dependiente reflectivo) viene dada por el test de Stone-Geisser [84], que arroja un valor de 0,475, lo que indica una predicción que podría considerarse alta.

#### 4.3. Predicción fuera de la muestra

El modelo analizado también muestra un alto poder de predicción fuera de la muestra, como demuestran los resultados de la Tabla 7, que se derivan de un procedimiento de *holdout sample* [84] implementado en SmartPLS. Por tanto, el modelo es potente para predecir los valores de los resultados de un nuevo caso, es decir, de los casos no incluidos en la muestra analizada. De hecho, esto puede deducirse del hecho de que la diferencia PLS - LM es negativa para todos los indicadores.

**Tabla 7.** Valoración predictiva PLS

Panel A. Resumen de la predicción del constructo									
$Q^2$									
Autonomía	0.669								
Eficacia	0.631								
Panel B. Resumen de predicción de indicadores									
	PLS			LM			PLS - LM		
	RMSE	MAE	$Q^2$	RMSE	MAE	$Q^2$	RMSE	MAE	$Q^2$
A1	0.991	0.766	0.502	1.095	0.854	0.393	-0.104	-0.088	0.109
A2	1.285	1.052	0.342	1.433	1.142	0.182	-0.148	-0.090	0.160

A3	1.054	0.866	0.419	1.250	0.994	0.182	-0.196	-0.128	0.237
E1	0.983	0.687	0.460	1.068	0.782	0.363	-0.085	-0.095	0.097
E2	0.990	0.772	0.467	1.073	0.855	0.373	-0.083	-0.083	0.094
E3	1.184	0.971	0.431	1.291	1.014	0.324	-0.107	-0.043	0.107

PLS: Modelo de trayectoria de mínimos cuadrados parciales; LM: modelo de regresión lineal; RMSE: error medio cuadrático; MAE: error medio absoluto

## 5. Discusión y conclusiones

A partir de los resultados obtenidos en esta investigación, las conclusiones son bastante evidentes. Por ejemplo, los estadísticos descriptivos (ver Tabla 3) revelan que el nivel de puntuación más bajo dado en el cuestionario corresponde al indicador U2 (constructo "Uso"), lo que permite inferir que los estudiantes consideran que han dedicado menos tiempo que sus compañeros a los video-tutoriales, reconociendo que no dedican suficiente tiempo al estudio. Sin embargo, en U1 (tiempo de estudio suficiente y adecuado) tienen una media de 4,568. Entre todos los constructos obtenidos, "Formato" es el más destacado, lo que sugiere que los alumnos han valorado satisfactoriamente la presentación audiovisual contenida en los video-tutoriales, aunque la media de F1 (preferencia por la grabación por parte de varios profesores en lugar de un único profesor) es una de las más bajas. Este factor puede deberse a que los alumnos no están del todo satisfechos con los video-tutoriales elaborados por varios profesores, en lugar de uno solo, o incluso por el mismo profesor que impartió previamente la asignatura en la modalidad presencial. También podría deberse a la existencia de alumnos que siguen echando de menos la modalidad presencial o que no han podido asimilar la transición del aula tradicional a la modalidad online [19].

Según las medias obtenidas en el cuestionario, el orden de prioridad en que los alumnos han valorado cada constructo es el siguiente 1) Formato, 2) Efectividad, 3) Profundidad, 4) Autonomía, 5) Reto, y 6) Uso. Efectivamente, el último constructo es el que presenta un menor grado de aceptación entre los alumnos, lo que puede derivarse de que los alumnos prefieren interactuar con el profesor a través del *streaming* online o simplemente porque muchos prefieren escribir personalmente en la pizarra del aula [20,85]. Precisamente, los cuatro primeros constructores mencionados son también los que presentan un mayor grado de dispersión entre las respuestas de los alumnos. Esta heterogeneidad puede ser una consecuencia directa del hecho de que los cuestionarios se cumplimentaron de forma totalmente libre y anónima, permitiendo a los alumnos expresarse con total libertad. De ahí que la interactividad ofrecida por los video-tutoriales haya tenido efectos especialmente positivos, uno de los aspectos a potenciar en la *era de la Enseñanza post-Covid*, tal y como informan Rey López *et al.* [17] en una investigación pedagógica en la que los entrevistados fueron los propios profesores.

A través de la preponderancia de los pesos estadísticamente significativos de cada constructo (ver Panel B, Tabla 4), se puede determinar claramente el aspecto más tenido en cuenta por los alumnos en cada pregunta del cuestionario. A la vista de los indicadores más valorados (A1, U1, R2, P3 y F5), se puede concluir que los video-tutoriales favorecen el aprendizaje autónomo, ayudando a identificar los conceptos clave de la asignatura y a coordinar las actividades de aprendizaje imprescindibles para su asimilación. Por otro lado, los alumnos sostienen que las instrucciones les parecieron claras y precisas, considerando que el tiempo dedicado a su estudio fue suficiente y adecuado. Cabe destacar que las consideraciones realizadas por los alumnos ya habían sido previstas por los profesores con anterioridad. Especialmente los que valoran que las explicaciones son claras y precisas o no dan mucha importancia a la duración de cada vídeo. Ambas cuestiones se justifican por el hecho de que los profesores diseñaron cada vídeo en sí mismo como una "píldora de conocimiento" cuyo contenido resumía y condensaba cada uno de los temas de la asignatura. En otras palabras, el contenido de los vídeos pretendía ser limitado y condensado.

El modelo ha revelado las relaciones entre las diferentes variables latentes. Para que los video-tutoriales sean eficaces en el proceso de enseñanza-aprendizaje, es fundamental que su contenido tenga profundidad y que el formato (color, tipo de letra, duración, velocidad de explicación, etc.) en el que se realizan sea el adecuado. Aunque en menor medida, también es importante que el contenido se explique de forma que suponga un reto para el alumno. Por último, los estudiantes calificaron la frecuencia de uso como menos crítica. Por tanto, podemos concluir que los alumnos no necesitan ver los video-tutoriales repetidamente para aprender si están bien diseñados.

Con respecto al objetivo deseado de autonomía en el aprendizaje del alumno, que fue explicado en un 78,6%, las variables más importantes son, por este orden, la efectividad y el formato. La profundidad también desempeña un papel esencial en la consecución de la autonomía del alumno. Sin embargo, el hecho de que los video-tutoriales supongan un reto para los alumnos contribuyó poco. Resumiendo, podemos afirmar que el formato y la profundidad de los contenidos tienen una importancia central en el estudio con video-tutoriales. Además, en este caso concreto, los alumnos valoraron positivamente el trabajo realizado por los profesores en los video-tutoriales grabados, considerando que el formato elegido era bastante adecuado.

Otro aspecto significativo a destacar es el carácter predictivo del modelo generado. En la práctica, la aplicación de la metodología PLS-SEM sólo garantiza que el modelo ajustado sea exploratorio o explicativo para la muestra considerada. Sólo en algunos casos se garantiza que el modelo ajustado tenga relevancia predictiva "fuera de la muestra". Sin embargo, dado que los valores de  $Q^2$  son superiores a 0 [23] y que, por ello, la diferencia PLS-LM es negativa para todos los indicadores (Tabla 7), el modelo obtenido puede considerarse totalmente predictivo. Finalmente, en consonancia con el trabajo de Karmila *et al.* [18], los resultados de este estudio demuestran que el empleo de video-tutoriales ha servido para mejorar tres aspectos críticos del proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura *Matemáticas de las Operaciones*

*Financieras* en plena época COVID-19: la mejora de las habilidades de comprensión conceptual de los alumnos y de sus resultados de aprendizaje, a la vez que el aumento de su motivación e interés por la asignatura.

La principal limitación de este trabajo radica en la muestra utilizada, ya que corresponde a estudiantes de una determinada asignatura en una única universidad. En el futuro, sería interesante obtener datos de alumnos de otras universidades con los mismos video-tutoriales. También sería deseable ampliar el estudio a otras asignaturas, en cuyo caso habría que elaborar nuevos video-tutoriales adaptados a la materia. Todo ello permitiría comparar los resultados y, por tanto, dar mayor firmeza a las conclusiones obtenidas.

## Bibliografía

1. Sasidharan S, Dhillon HS, Singh V, Manalikuzhiyil B. COVID-19: Pan(info)demic. *Turkish J Anaesthesiol & Reanim.* 2020;48:438–42.
2. Torjesen I. Covid-19 will become endemic but with decreased potency over time, scientists believe. *BMJ.* 2021;372:n494.
3. Shamekh A, Mahmoodpoor A, Sanaie S. COVID-19: Is it the black death of the 21st century? *Heal Promot Perspect.* 2020;10(3):166–7.
4. King PT, Londrigan SL. The 1918 influenza and COVID-19 pandemics: The effect of age on outcomes. *Respirology.* 2021;1–2.
5. Cucinotta D, Vanelli M. WHO Declares COVID-19 a Pandemic. *Acta bio-medica Atenei Parm.* 2020;91(1):157–60.
6. Council of Ministers. Government decrees state of emergency to stop spread of coronavirus COVID-19. 2020.
7. Sun KL. The Role of Mathematics Teaching in Fostering Student Growth Mindset. *J Res Math Educ.* 2018;49(3):330–55.
8. Inglis M, Foster C. Five Decades of Mathematics Education Research. *J Res Math Educ.* 2018;49(4):462–500.
9. Carr ME. Student and/or Teacher Valuing in Mathematics Classrooms: Where Are We Now, and Where Should We Go? Clarkson P, Seah WT, Pang J, editors. *Values and Valuing in Mathematics Education: Scanning and Scoping the Territory.* Cham, Switzerland: Springer International Publishing; 2019. 25–52 p. (ICME-13 Monographs).
10. Chirinda B, Ndlovu M, Spangenberg E. Teaching Mathematics during the COVID-19 Lockdown in a Context of Historical Disadvantage. *Educ Sci.* 2021;11(4):177.
11. O'Sullivan C, an Bhaird C Mac, Fitzmaurice O, Ní Fhloinn E. An Irish Mathematics Learning Support Network (IMLSN) Report on Student Evaluation of Mathematics Learning Support: Insights from a large scale multi-institutional survey. Limerick, Ireland: National Centre for Excellence in Mathematics and Science Teaching and Learning (NCE-MSTL); 2014.
12. Alabdulaziz MS. COVID-19 and the use of digital technology in mathematics education. *Educ Inf Technol.* 2021;
13. Kalogeropoulos P, Roche A, Russo J, Vats S, Russo T. Learning Mathematics From Home During COVID-19: Insights From Two Inquiry-Focussed Primary Schools. *Eurasia J Math Sci Technol Educ.* 2021;17(5):1957.
14. Almarashdi H, Jarrah AM. Mathematics Distance Learning amid the COVID-19 Pandemic in the UAE: High School Students' Perspectives. *Int J Learn Teach Educ Res.* 2021;20(1):292–307.
15. Fitzmaurice O, Ní Fhloinn E. Alternative mathematics assessment during university closures due to Covid-19. *Irish Educ Stud.* 2021;40(2):187–95.
16. Hodgen J, Taylor B, Jacques L, Tereshchenko A, Kwok R, Cockerill M. Remote mathematics teaching during COVID-19: intentions, practices and equity. London, UK: UCL Institute of Education; 2020.

17. Rey Lopez S, Bruun GR, Mader MJ, Reardon RF. The Pandemic Pivot: The Impact of COVID-19 on Mathematics and Statistics Post-Secondary Educators. *Int J Cross-Disciplinary Subj Educ.* 2021;12(1):4369–78.
18. Karmila D, Putri DM, Berlian M, Pratama DO, Fatrima. The Role of Interactive Videos in Mathematics Learning Activities During the Covid-19 Pandemic. In: *Proceedings of the International Conference on Educational Sciences and Teacher Profession (ICETeP 2020)*. Bengkulu, Indonesia: Atlantic Press; 2021. p. 141–4. (*Advances in Social Science, Education and Humanities Research*; vol. 352).
19. Chisadza C, Clance Matthew abd Mthembu T, Nicholls N, Yitbarek E. Online and face-to-face learning: Evidence from students' performance during the Covid-19 pandemic. *African Dev Rev.* 2021;33(S1):S114–S125.
20. Pócsová J, Mojžišová A, Takáč M, Klein D. The Impact of the COVID-19 Pandemic on Teaching Mathematics and Students' Knowledge, Skills, and Grades. *Educ Sci.* 2021;11(5):225.
21. Borba MC. The future of mathematics education since COVID-19: humans-with-media or humans-with-non-living-things. *Educ Stud Math.* 2021;
22. Glass J, Sue V. Student preferences, satisfaction, and perceived learning in an online mathematics class. *MERLOT J Online Learn Teach.* 2008;4(3):325–38.
23. Hair J, Hult G, Ringle C, Sarstedt M. *A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM)*. 2nd ed. Sage Publications; 2017.
24. Hair JF, Sarstedt M, Ringle CM, Gudergan SP. *Advanced Issues in Partial Least Squares Structural Equation Modeling*. Thousand Oaks, US: SAGE Publications; 2018.
25. Nitzl C. The use of partial least squares structural equation modelling (PLS-SEM) in management accounting research: Directions for future theory development. *J Account Lit.* 2016;37:19–35.
26. Wold HOA. Estimation of principal components and related methods by iterative least squares. In: Krishnaiah PR, editor. *Multivariate analysis*. New York, US: Academic Press; 1966. p. 391–420.
27. Wold HOA. Nonlinear iterative partial least squares (NIPALS) modeling: Some current developments. In: Krishnaiah PR, editor. *Multivariate analysis III*. New York, US: Academic Press; 1973. p. 383–407.
28. Hair JF, Sarstedt M, Ringle CM, Mena JM. An assessment of the use of partial least squares structural equation modeling in marketing research. *J Acad Mark Sci.* 2012;40:414–33.
29. Sarstedt M, Ringle CM, Smith D, Reams R, Hair JF. Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM): A useful tool for family business researchers. *J Fam Bus Strateg.* 2014;5(1):105–15.
30. Avkiran NK. Rise of the Partial Least Squares Structural Equation Modeling: An Application in Banking. In: Avkiran NK, Ringle CM, editors. *Partial Least Squares Structural Equation Modeling: Recent Advances in Banking and Finance*. Cham, Switzerland: Springer International Publishing; 2018. p. 1–29. (*International Series in Operations Research & Management Science*; vol. 267).
31. Romo-González JR, Tarango J, Machin-Mastromatteo JD. PLS SEM, a quantitative methodology to test theoretical models from library and information science. *Inf Dev.* 2018;34(5):526–31.
32. Hair JF, Ringle CM, Sarstedt M. PLS-SEM: Indeed a silver bullet. *J Mark Theory Pract.* 2011;19(2):139–52.
33. Noetel M, Griffith S, Delaney O, Sanders T, Parker P, del Pozo Cruz B, et al. Video Improves Learning in Higher Education: A Systematic Review. Vol. 91, *Review of Educational Research*. 2021. 204–236 p.
34. Commission of the European Communities. *The eLearning action plan. Designing tomorrow's education*. 2001.
35. Aelterman N, Vansteenkiste M, Haerens L, Soenens B, Fontaine JRJ, Reeve J. Toward an integrative and fine-grained insight in motivating and demotivating teaching styles: The merits of a circumplex approach. *J Educ Psychol.* 2019;111(3):497–521.
36. McNulty JA, Hoyt A, Chandrasekhar AJ, Gruener G, Price Jr. R, Naheedy R. A Three-year Study of Lecture Multimedia Utilization in the Medical Curriculum: Associations with Performances in the Basic Sciences. *Med Sci Educ.* 2011;21:29–36.
37. Ibarra-Sáiz MS, Rodríguez-Gómez G. Evaluating Assessment. Validation with PLS-SEM of ATAE Scale for the Analysis of Assessment Tasks. *Reli - e-Journal Educ Res Assess Eval.* 2020;26(1):art.

M4.

38. Mayer RE. Cognitive theory of multimedia. *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. 2005. p. 31–48.
39. Lackmann S, Léger PM, Charland P, Aubé C, Talbot J. The influence of video format on engagement and performance in online learning. *Brain Sci*. 2021;11(2):1–21.
40. Homer BD, Plass JL, Blake L. The effects of video on cognitive load and social presence in multimedia-learning. *Comput Human Behav*. 2008;24(3):786–97.
41. Korving H, Hernández M, De Groot E. Look at me and pay attention! A study on the relation between visibility and attention in weblectures. *Comput Educ*. 2016;94:151–61.
42. Wang J, Antonenko PD. Instructor presence in instructional video: Effects on visual attention, recall, and perceived learning. *Comput Human Behav* [Internet]. 2017;71:79–89. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2017.01.049>
43. Ilioudi C, Giannakos MN, Chorianopoulos K. Investigating differences among the commonly used video lecture styles. *CEUR Workshop Proc*. 2013;983(January):21–6.
44. Al-Samarrie H. A Scoping Review of Videoconferencing Systems in Higher Education: Learning Paradigms, Opportunities, and Challenges. *Int Rev Res Open Distrib Learn*. 2019;20(3):121–40.
45. Moore WA, Smith AR. Effects of video podcasting on psychomotor and cognitive performance, attitudes and study behaviour of student physical therapists. *Innov Educ Teach Int*. 2012;49(4):401–14.
46. Koumi J. Potent Pedagogic Roles for Video. *Media Learn Assoc* [Internet]. 2014;1:1–13. Available from: <http://association.media-and-learning.eu/portal/resource/potent-pedagogic-roles-video>
47. Woolfitt Z. The Effective Use of Videos in Medical Education. *Acad Med*. 2015;1(1):45.
48. Miner S, Stefaniak JE. Learning via video in higher education: An exploration of instructor and student perceptions. *J Univ Teach Learn Pract*. 2018;15(2).
49. Means B, Toyama Y, Murphy R, Baki M. The effectiveness of online and blended learning: A meta-analysis of the empirical literature. *Teach Coll Rec*. 2013;115(3).
50. Entwistle, N., & McArthur J. Perceptions of assessment and their influences on learning. In: *Advances and innovations in university assessment and feedback* Edinburgh: Edinburgh UP. 2014. p. 75–98.
51. O'Donovan B. How student beliefs knowledge and knowing influence their satisfaction with assessment and feedback. *High Educ*. 2017;74(4):613–33.
52. Moreno-Guerrero AJ, Aznar-Díaz I, Cáceres-Reche P, Alonso-García S. E-learning in the teaching of mathematics: An educational experience in adult high school. *Mathematics*. 2020;8(5).
53. Dede C. Emerging Influences of Information Technology on School Curriculum. *J Curric Stud* [Internet]. 2000;32(2):281–303. Available from: [papers2://publication/uuid/D2AF01B6-5B0A-45FB-99B2-AABF7AC06756](https://papers2://publication/uuid/D2AF01B6-5B0A-45FB-99B2-AABF7AC06756)
54. Veerman A, Veldhuis-Diermanse E. Collaborative learning through computer-mediated communication in academic education. *Euro CSCL*. 2001;625–32.
55. Warni S, Aziz TA, Febriawan D. The use of technology in English as a foreign language learning outside the classroom: An insight into learner autonomy. *LLT J*. 2018;21(2):148–56.
56. Poot R, de Kleijn RAM, van Rijen HVM, van Tartwijk J. Students generate items for an online formative assessment: Is it motivating? *Med Teach*. 2017;39(3):315–20.
57. Liaw SS, Huang HM, Chen GD. Surveying instructor and learner attitudes toward e-learning. *Comput Educ*. 2007;49(4):1066–80.
58. Akugizibwe E, Ahn JY. Perspectives for effective integration of e-learning tools in university mathematics instruction for developing countries. *Educ Inf Technol*. 2020;25(2):889–903.
59. García Pujals A. The effect of formative assessment and instructional feedback on perception of learning, autonomy and motivation of German students of Spanish as a foreign language: a didactic proposal. Vol. 2019. 2019.
60. Zhang YG, Dang MY. Understanding essential factors in influencing technology-supported learning: A model toward blended learning success. *J Inf Technol Educ Res*. 2020;19:489–510.
61. Wongwatkit C, Panjaburee P, Srisawasdi N, Seprum P. Moderating effects of gender differences on the relationships between perceived learning support, intention to use, and learning performance in a personalized e-learning. *J Comput Educ* [Internet]. 2020;7(2):229–55. Available

- from: <https://doi.org/10.1007/s40692-020-00154-9>
62. Strelan P, Osborn A, Palmer E. The flipped classroom: A meta-analysis of effects on student performance across disciplines and education levels. *Educ Res Rev* [Internet]. 2020;30(April 2019):100314. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100314>
  63. Vo HM, Zhu C, Diep NA. The effect of blended learning on student performance at course-level in higher education: A meta-analysis. *Stud Educ Eval* [Internet]. 2017;53:17–28. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.stueduc.2017.01.002>
  64. van Alten DCD, Phielix C, Janssen J, Kester L. Effects of flipping the classroom on learning outcomes and satisfaction: A meta-analysis. *Educ Res Rev*. 2019;28(March):1–18.
  65. Spanjers IAE, Könings KD, Leppink J, Verstegen DML, de Jong N, Czabanowska K, et al. The promised land of blended learning: Quizzes as a moderator. *Educ Res Rev* [Internet]. 2015;15:59–74. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.edurev.2015.05.001>
  66. Müller C, Mildenerberger T. Facilitating Flexible Learning by Replacing Classroom Time With an Online Learning Environment: A Systematic Review of Blended Learning in Higher Education. *Educ Res Rev* [Internet]. 2021;34(June):100394. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2021.100394>
  67. Valls Martínez MC, Cruz Rambaud S, Muñoz Torrecillas MJ, Ramírez Orellana A, García Pérez J. Presentaciones interactivas y videotutoriales en asignaturas de Finanzas y Contabilidad. In: VII Memoria sobre Innovación Docente en la University of Almería (Curso Académico 2012-2013). Almería: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Almería; 2014.
  68. Ringle CM, Wende S, Becker JM. *SmartPLS 3* [Internet]. Boenningstedt: SmartPLS GmbH; 2015. Available from: <http://www.smartpls.com>
  69. Davison AC, Hinkley D V. *Bootstrap method and their application*. Cambridge, UK: Cambridge University Press; 1997.
  70. Efron B, Tibshirani R. Bootstrap methods for standard errors, confidence intervals, and other measures of statistical accuracy. *Stat Sci*. 1986;1(1):54–75.
  71. Debashis K. Bootstrap Methods and Their Application. *Tecnnometrics*. 2000;42(2):216–7.
  72. Sarstedt M, Ringle CM, Hair JF. Partial least squares structural equation modeling. In: Homburg C, Klarmann M, Vomberg A, editors. *Handbook of Market Research*. Cham: Springer; 2017. p. 1–40.
  73. Henseler J, Hubona G, Ray PA. Using PLS path modeling in new technology research: Updated guidelines. *Ind Manag Data Syst*. 2016;116(1):2–20.
  74. Henseler J. On the convergence of the partial least squares path modeling algorithm. *Comput Stat*. 2010;25(1):107–20.
  75. Dijkstra TK, Henseler J. Consistent Partial Least Squares Path Modeling. *MIS Q*. 2015;39(2):297–316.
  76. Henseler J, Ringle CM, Sarstedt M. A new criterion for assessing discriminant validity in variance-based structural equation modeling. *J Acad Mark Sci*. 2015;43(1):115–35.
  77. Sarstedt M, Ringle CM, Smith D, Reams R, Hair JF. Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM): A useful tool for family business researchers. *J Fam Bus Strateg* [Internet]. 2014;5(1):105–15. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfbs.2014.01.002>
  78. Hair J, Risher J, Sarstedt M, Ringle C. When to use and how to report the results of PLS-SEM. *Eur Bus Rev*. 2019;31(1):2–24.
  79. Reinartz W, Haenlein M, Henseler J. An empirical comparison of the efficacy of covariance-based and variance-based SEM. *Int J Res Mark* [Internet]. 2009;26(4):332–44. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijresmar.2009.08.001>
  80. Faul F, Erdfelder E, Buchner A, Lang A-G. Statistical power analyses using G\*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behav Res Methods*. 2009;41(4):1149–60.
  81. Carmines EG, Zeller RA. *Reliability and Validity Assessment*. London: Sage Publications; 1979.
  82. Werts CE, Linn RL, Jöreskog KG. Interclass Reliability Estimates: Testing Structural Assumptions. *Educ Psychol Meas*. 1974;34:25–33.
  83. Nunnally J, Bernstein IH. *Psychometric theory* (3rd ed.). New York: McGraw-Hill; 1994.
  84. Fornell C, Larcker DF. Evaluating Structural Equation Models with Unobservable Variables and Measurement Error. *J Mark Res*. 1981;18(1):39.

85. Diamantopoulos A, Siguaw JA. Formative versus reflective indicators in organizational measure development: A comparison and empirical illustration. *Br J Manag.* 2006;17(4):263–82.
86. Kock N. One-tailed or two-tailed P values in PLS-SEM? *Int J e-Collaboration.* 2015;11(2):1–7.
87. Streukens S, Leroi-Werelds S. Bootstrapping and PLS-SEM: A step-by-step guide to get more out of your bootstrap results. *Eur Manag J* [Internet]. 2016;34(6):618–32. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.emj.2016.06.003>
88. Chin XW. The partial least squares approach to structural equation modeling. In: Marcoulides G, editor. *Modern methods for business research.* London: Lawrence Erlbaum Associates; 1998. p. 295–336.
89. Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences.* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum; 1988.
90. Shmueli G, Ray S, Velasquez Estrada JM, Chatla SB. The elephant in the room: Predictive performance of PLS models. *J Bus Res.* 2016;69(10):4552–64.
91. Busto S, Dumbser M, Gaburro E. A Simple but Efficient Concept of Blended Teaching of Mathematics for Engineering Students during the COVID-19 Pandemic. *Educ Sci.* 2021;11(2):56.
92. Anggraini TW, Mahmudi A. Exploring the students' adversity quotient in online mathematics learning during the Covid-19 pandemic. *J Res Adv Math Educ.* 2021;6(3):221–38.
93. Cassibba R, Ferrarello D, Mammata MF, Musso P, Pennisi M, Taranto E. Teaching mathematics at distance: A challenge for universities. *Educ Sci.* 2021;11(1):1–20.
94. Fakhrunisa F, Prabawanto S. Online Learning in COVID-19 Pandemic: An Investigation of Mathematics Teachers' Perception. In: *ACM International Conference Proceeding Series.* 2020. p. 207–13.
95. Hidayah IN, Sa'dijah C, Subanji, Sudirman. The students' cognitive engagement in online mathematics learning in the pandemic Covid-19 era. In: *AIP Conference Proceedings Vol 040010.* 2021.
96. Libasin Z, Azudin AR, Idris NA, Rahman MSA, Umar N. Comparison of Students' Academic Performance in Mathematics Course with Synchronous and Asynchronous Online Learning Environments during COVID-19 Crisis. *Int J Acad Res Progress Educ Dev.* 2021;10(2):492–501.
97. Mohammadi MK, Mohibbi AA, Hedayati MH. Investigating the challenges and factors influencing the use of the learning management system during the Covid-19 pandemic in Afghanistan [Internet]. *Education and Information Technologies.* Springer US; 2021. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10517-z>
98. Kamsurya R. Learning Evaluation of Mathematics during the Pandemic Period COVID-19 in Jakarta. *Int J Pedagog Dev Lifelong Learn.* 2020;1(2):2008.
99. Yohannes Y, Juandi D, Diana N, Sukma Y. Mathematics Teachers' Difficulties in Implementing Online Learning during the COVID-19 Pandemic. *J Hunan Univ Sci.* 2021;48(5):1–12.
100. Wardani ER, Mardiyana, Saputro DRS. Online Mathematics Learning during the Covid-19 Pandemic. *J Phys Conf Ser.* 2021;1808(012044).
101. ECLAC-UNESCO. *Education in the time of COVID-19.* Santiago de Chile; 2020.
102. Lockee BB. Online education in the post-COVID era. *Nat Electron.* 2021;4:5–6.